

Człowiek – najlepsza inwestycja

Podstawy wizualizacji kartograficznej



UMCS

dla rynku pracy
i gospodarki
opartej na wiedzy

Podstawy wizualizacji kartograficznej



Lublin 2015

© by Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2015

PUBLIKACJA BEZPŁATNA

Autorzy:

Andrzej Głazewski², Krzysztof Kałamucki¹, Paweł J. Kowalski², Michał Stankiewicz²

¹Zakład Kartografii i Geomatyki UMCS w Lublinie

²Zakład Kartografii Politechniki Warszawskiej

Łamanie:  MAC Arkadiusz Makowski

Recenzja: dr hab. Beata Konopska

isbn: 978-83-939172-1-1

Publikacja jest współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

AUTORSTWO ROZDZIAŁÓW

dr inż. Andrzej Głażewski ①

dr Krzysztof Kałamucki ②

dr inż. Paweł J. Kowalski ③

dr inż. Michał Stankiewicz ④

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	7
1. Podstawy kartografii	9
1.1. Kartografia jako nauka, sztuka i technologia ①	9
1.2. Działy kartografii ①	10
1.3. Wybrane koncepcje teoretyczne kartografii ①	11
1.4. Zadania współczesnej kartografii ①	13
1.5. Modelowanie kartograficzne ①	16
1.6. Pojęcie mapy i jej funkcje.....	17
1.6.1. Definicja mapy ②	17
1.6.2. Cechy map ②	18
1.6.3. Funkcje map ②	19
1.6.4. Klasyfikacja map ①	20
1.7. Pojęcie geoprezentacji ③	21
1.8. Wizualizacja kartograficzna ③	23
2. Podstawy teoretyczne wizualizacji kartograficznej	24
2.1. Matematyczne podstawy opracowań kartograficznych ①④	24
2.1.1. Powierzchnie odniesienia stosowane w geodezji i kartografii.....	24
2.1.2. Odwzorowanie kartograficzne i jego własności	289
2.1.3. Skala mapy.....	322
2.1.4. Układy współrzędnych stosowane w urzędowych opracowaniach kartograficznych...	333
2.2. Skalowanie danych geograficznych ④	38
2.2.1. Dane przestrzenne i ich skalowanie	38
2.2.2. Skalowanie cech czasoprzestrzennych obiektów	39
2.2.3. Skalowanie cech charakterystycznych obiektów	42
2.3. Generalizacja kartograficzna	43
2.3.1. Istota generalizacji kartograficznej ④	43
2.3.2. Czynniki wpływające na generalizację kartograficzną ④	43
2.3.3. Rodzaje generalizacji kartograficznej ④	45

2.3.4.	Wpływ generalizacji na jakość obrazu kartograficznego ^④	50
2.3.5.	Generalizacja danych przestrzennych ^③	51
2.4.	Podstawy grafiki.....	52
2.4.1.	Zasady percepcji obrazów graficznych ^①	52
2.4.2.	Postaciowa teoria percepcji ^①	54
2.4.3.	Teoria znaku kartograficznego ^①	57
2.4.4.	Semiotyczne aspekty wizualizacji kartograficznej ^①	61
2.4.5.	Graficzne zmienne wizualne ^④	62
3.	Metody prezentacji kartograficznej ^④	66
3.1.	Klasyfikacja metod prezentacji kartograficznej	66
3.2.	Metody znakowe jakościowe	68
3.2.1.	Metoda sygnatur	68
3.2.2.	Metoda zasięgów	72
3.2.3.	Metoda kresk orograficznych	75
3.2.4.	Metoda cieniowania	77
3.3.	Metody znakowe ilościowe	78
3.3.1.	Metoda sygnatur ilościowych	78
3.3.2.	Metoda kropkowa.....	78
3.3.3.	Metoda kartodiagramu	79
3.3.4.	Metoda kartogramu	83
3.3.5.	Metoda punktów cechowanych.....	87
3.3.6.	Metoda kresk skalowanych	88
3.3.7.	Metoda izolinii	90
3.4.	Metody znakowe perspektywiczne	93
3.4.1.	Metoda kopczyków	93
3.4.2.	Metoda bryłowa (blokowa).....	93
3.4.3.	Metoda blokdiagramu ilościowego	95
3.5.	Metody pozaznakowe graficzne.....	97
3.5.1.	Metoda miniatur obiektów	97
3.5.2.	Metoda panoramiczno-krajobrazowa	97
3.5.3.	Metoda kartowykresu	98
3.6.	Metody pisemne	99
3.6.1.	Metoda zasięgu opisowego	99
3.6.2.	Metoda skrótów i opisów objaśniających	99
3.6.3.	Metoda różnicowania nazw własnych	100
4.	Aspekty technologiczne modelowania kartograficznego	102
4.1.	Zasady modelowania danych przestrzennych ^①	102

4.1.1.	Etapy modelowania kartograficznego	102
4.1.2.	Model kartograficzny wśród innych modeli przestrzeni geograficznej	103
4.1.3.	Zapis geometrii i topologii w bazie danych przestrzennych GIS.....	108
4.2.	Systemy informacji geograficznej (GIS) ^①	112
4.2.1.	Kartografia i GIS.....	112
4.2.2.	Systemy informacji geograficznej - definicja, projektowanie i zadania.....	113
4.2.3.	Projektowanie bazy danych	116
4.2.4.	Podstawowe funkcje aplikacji GIS.....	117
4.2.5.	Oprogramowanie kartograficzne i pomocnicze	120
4.2.6.	Ewolucja GIS, usługi geoinformacyjne, aplikacje GIS w chmurze	123
4.2.7.	Infrastruktura informacji przestrzennej	125
4.3.	Analizy przestrzenne	130
4.3.1.	Istota analiz przestrzennych, przetwarzanie danych przestrzennych ^③	130
4.3.2.	Etapy procesu analiz przestrzennych ^②	130
4.3.3.	Klasyfikacja analiz przestrzennych ^③	133
4.3.4.	Przykłady rozwiązań aplikacyjnych ^①	136
5.	Redakcja kartograficzna i publikacja mapy	137
5.1.	Koncepcja mapy i materiały źródłowe ^②	137
5.2.	Etapy opracowania redakcyjnego.....	140
5.2.1.	Proces redakcji mapy w środowisku GIS ^③	140
5.2.2.	Opracowanie kompozycji i elementów arkusza mapy ^②	145
5.2.3.	Legenda mapy ^②	149
5.2.4.	Zasady opisywania map nazwami i skrótami ^①	151
5.3.	Multimedialne opracowania kartograficzne ^③	152
5.3.1.	Multimedia w kartografii.....	152
5.3.2.	Wielowymiarowe prezentacje kartograficzne.....	154
5.3.3.	Geoprezentacje dynamiczne i interaktywne	156
5.3.4.	Dynamiczne zmienne wizualne.....	159
5.3.5.	Metody dynamicznej prezentacji kartograficznej	161
5.3.6.	Podstawy projektowania prezentacji multimedialnych	166
5.4.	Publikacje internetowe i usługi geoinformacyjne ^③	170
5.4.1.	Standaryzacja danych i usług w internecie	170
5.4.2.	Internetowe serwisy geoinformacyjne.....	172
5.4.3.	Rola map w internecie społecznościowym.....	177
5.4.4.	Problematyka użyteczności publikacji internetowych	178
6.	Bibliografia	181

6.1.	Publikacje	181
6.2.	Mapy i atlasy	185
6.3.	Źródła internetowe	186
	Spis ilustracji.....	187

Wprowadzenie

Czym jest mapa we współczesnym świecie? Odpowiedź wydaje się prosta: jest graficzną formą wizualizacji informacji geograficznej zgodnie z teorią i praktyką kartografii. Nie odzwierciedla ona jednak istotnych cech współczesnych opracowań kartograficznych jakimi są mapy. Definicje mapy zmieniały się na przestrzeni wieków, tak jak zmieniała się kartografia jako nauka i jak zmieniały technologie sporządzania i wydania map. Współczesna definicja mapy musi uwzględniać możliwości cyfrowego przetwarzania i wizualizowania danych przestrzennych, co uzasadnia rozumienie mapy wieloaspektowo: nie tylko w kontekście graficznym, ale w równej mierze także modelowym i systemowym.

Spostrzeżenie to ujęte zostało w definicji A. Makowskiego (1995c), w której *mapa geograficzna jest systemową modelowo-obrazową całością informacyjną, odwzorowującą czasoprzestrzenne sytuacje praktyczne, jako obszary działań celowych w przyjętym układzie odniesienia*. Definicja ta kryje w sobie złożoność procesów modelowania rzeczywistości geograficznej (odwzorowanie relacji metrycznych, generalizację treści, klasyfikację zjawisk) oraz wizualizacji, czyli obrazowania, obejmującego symbolizację, uogólnienie formy i kompozycję treści mapy. Zarówno wymienione procesy powiązane przyczynowo-skutkowo (kolejny wynika z poprzedniego), jak i produkty (model bazy danych, obraz mapy) mają charakter systemowy.

Uwidaczniają się tu dwa najbardziej obszerne działy kartografii: modelowanie i wizualizacja geoinformacji. O ile wizualizacja danych, jej metodyka i technologia od setek lat były w centrum zainteresowania kartografii, o tyle modelowanie danych przestrzennych to dział rozwijający się równocześnie z rozwojem geoinformatyki, więc stosunkowo nowy. Tak jak opracowując mapę wybranego zjawiska, zlokalizowanego na danym obszarze, konieczne jest elementarne poznanie tego obszaru i dogłębne zrozumienie zjawiska, podobnie, aby zdobyć pełną umiejętność wizualizowania, niezbędna jest elementarna wiedza z dziedziny modelowania danych przestrzennych.

W niniejszym opracowaniu problematyka wizualizacji kartograficznej przedstawiona została w kontekście wspomnianej definicji mapy, w której uwypuklona jest jej trójdzielna jedność - jako obrazu, modelu i systemu. W kolejnych rozdziałach omówione zostały podstawy teoretyczne odwzorowań kartograficznych, relacji skalowych, generalizacji kartograficznej i metodyki prezentacji, a następnie aspekty technologiczne projektowania baz danych, funkcjonalności systemów informacji geograficznej, analiz przestrzennych i publikacji kartograficznych. Znalazły się tu zarówno podstawy metodyczne, jak i praktyczne wskazówki postępowania na różnych etapach modelowania i wizualizowania danych geograficznych.

Prezentowany materiał jest owocem wieloletniej pracy naukowej i dydaktycznej autorów, ale także efektem realizowanych tematów badawczych. Konieczne okazało się usystematyzowanie wielu pojęć funkcjonujących od lat, takich jak geowizualizacja, czy wizualizacja kartograficzna, oraz takich, które nie doczekały się jeszcze definicji encyklopedycznej (np. geoprezentacja). W zakresie treści znalazły się tematy, które nie mają spójnego opisu (skalowanie danych przestrzennych), a także i takie, które wymagały nowego spojrzenia w kontekście rozwoju technik wizualizacyjnych. Jednym z kluczowych fragmentów opracowania jest rozdział zawierający autorskie ujęcie klasyfikacji metod prezentacji kartograficznej, uwzględniające zarówno aspekt prezentacji obiektów trójwymiarowych, jak i dynamiki zmian w wymiarze wieloczasowym.

Ukształtowane pod wpływem technologii geoinformatycznych nowe zastosowania kartografii w środowiskach multimedialnych, aplikacjach internetowych, czy mobilnych, ale również popularyzacja narzędzi kartograficznych wśród użytkowników informacji geograficznej otwierają nowe pola badawcze określane mianem neokartografii lub kartografii społecznościowej. Powoduje to dynamiczny rozwój całej dyscypliny. To nowe spojrzenie na kartografię znajduje swoje odzwierciedlenie w kierunkach badawczych oraz w programach kształcenia kartografów i geoinformatyków. Znalazło ono także swoje miejsce w niniejszej publikacji.

Mamy nadzieję, że zaprezentowane tematy spotkają się z zainteresowaniem i zainspirują do dalszych poszukiwań badawczych naukowców: kartografów, geografów, geodetów i

geoinformatyków, a także praktyków, dla których mapa jest przedmiotem zawodowych zainteresowań oraz studentów kształcących się na powyższych kierunkach.

Jesteśmy przekonani, że przedstawione definicje nowych pojęć i terminów oraz inne od dotychczasowych podejścia do tematów już znanych i prezentowanych w szeregu publikacjach a także nowe treści mogą budzić wśród Czytelników pewne kontrowersje, inspirować do dyskusji i do stawiania nowych pytań. Jeśli tak będzie, to niniejsza publikacja spełni nasze oczekiwania.

Andrzej Głażewski
Krzysztof Kałamucki
Paweł J. Kowalski
Michał Stankiewicz

1. Podstawy kartografii

1.1 Kartografia jako nauka, sztuka i technologia ^①

Kartografia jest nauką dotyczącą modelowania komponentów przestrzeni geograficznej – obiektów i zjawisk odniesionych przestrzennie. Obejmuje teorię i technologię opracowania i wykorzystania modeli czasoprzestrzennych, w tym: baz danych przestrzennych, map, atlasów, modeli fizycznych, geoprezentacji. Kartografia zajmuje się też modelowaniem komponentów czasoprzestrzeni innych planet i ciał niebieskich, a także sfery niebieskiej.

Kartografia, chociaż nosi znamiona sztuki, jak wynika z jej definicji sformułowanej przez The British Cartographic Society (<http://www.cartography.org.uk/>, maj 2011), jest najczęściej klasyfikowana jako dyscyplina nauk technicznych o nazwie *geodezja i kartografia*. Bywa też osadzona w naukach o Ziemi, jako dyscyplina geograficzna, tak dzieje się zwłaszcza na polu edukacyjnym. Właściwe miejsce kartografii wyznacza sąsiedztwo tych dwóch wielkich nauk: geografii i geodezji. Nie można przecież badać istoty procesów geograficznych bez ich metrycznego usadowienia, ale też nie można pozyskiwać i modelować informacji przestrzennych bez specjalistycznej wiedzy z różnych gałęzi geografii. Ta klasyfikacja poprawnie odzwierciedla szeroki zakres zainteresowań kartografów: od geodezyjnych układów odniesienia i teorii odwzorowań powierzchni, poprzez teorię baz danych i statystykę aż po optykę, psychofizykę, semiotykę, grafikę i teorię barwy.

Kartografia jest więc spokrewniona z geodezją, nauką o figurze Ziemi, jej dynamice i pomiarach wielkości odniesionych przestrzennie. Teorię zaś w dużym stopniu czerpie z wiedzy matematycznej, geograficznej, fizycznej, chemicznej, psychologicznej, informatycznej. Przedmiotem zainteresowania kartografii pozostaje zarówno geometria i jej trójwymiarowe zastosowania, topologia, jak i optyka czy grafika.

Pierwszym zadaniem kartografii jest takie modelowanie procesów, zjawisk czy komponentów środowiska przyrodniczego i infrastruktury, aby powstawały możliwie pełne, użyteczne i ciekawe ich modele, a następnym: badanie tych modeli i sposobów ich wykorzystania. Modele te mają różną postać i wielorakie zastosowania, najczęściej jednak w procesie pomiaru (geodezja), badania (geografia) i mapowania (budowy modelu) powstaje mapa lub szerzej: geoprezentacja.

Mapą, wg prof. A. Makowskiego (2007), jest systemowa modelowo-obrazowa całość informacyjna, odwzorowująca czasoprzestrzenne sytuacje praktyczne jako obszary działań celowych w przyjętym układzie odniesienia. Zasadnicze, konstytutywne cechy mapy obejmują:

- uporządkowanie przestrzenne, związane z modelowaniem topologicznych zależności pomiędzy obiektami,
- zgeneralizowanie obrazu poprzez celowe i metodyczne uogólnianie pojęć i dokonywanie ich doboru,
- osadzenie w systemie współrzędnych i przez to zachowanie metrycznych własności, stosownie do poziomu skalowego (pomniejszenia) i poziomu szczegółowości,
- celowa klasyfikacja elementów treści oraz zastosowanie systemu znaków kartograficznych.

Model, który spełnia wyżej wymienione cechy będzie czymś znacznie więcej niż tylko obrazem powierzchni Ziemi, ponieważ może stanowić podstawę analiz, badań, pomiarów, studiów, porównań i syntez.

Współczesną kartografię, rozważając poszczególne jej specjalności, należałoby podzielić na teorię (naukę stricte) oraz praktykę, związaną z technologią i metodami modelowania danych przestrzennych, opracowania i publikacji map. Teoria kartografii, związana z podstawami matematycznymi wizualizacji czy też metodyką prezentacji danych przestrzennych, jest dziedziną

niezbyt podatną na zmiany technologiczne, a nawet w pewnym stopniu od nich niezależną. Natomiast technologie kartograficzne i zasady modelowania, wizualizowania i udostępniania danych przestrzennych pozostają w stałej łączności z szybkozmiennymi technologiami wizualizacji, przekazu informacji, teleinformatyki, budowy baz danych i innymi. Obecnie kartografia działa nie tylko na styku geodezji i geografii, ale też zatacza krąg w stronę nauk statystycznych (geostatystyka), sztuk pięknych (grafika) i czerpie z dziedzin sąsiednich: informatyki, grafiki komputerowej, psychologii.

1.2 Działy kartografii ^①

Współcześnie można wyróżnić kilka obszernych działów kartografii, takich jak: kartologia, kartografia matematyczna, mapoznawstwo (kartoznawstwo), modelowanie kartograficzne, kartograficzna metoda badań, obrazowanie i udostępnianie informacji przestrzennej, historia kartografii.

Kartografia teoretyczna (kartologia), obejmuje teorię przekazu kartograficznego, bazuje na teorii poznania i dotyczy budowy teorii naukowych służących w odnajdywaniu ścieżek rozwoju kartografii. Zajmuje się najpełniej teorią przekazu kartograficznego, kartoznawstwem, ale także historią kartografii i metodyką kartograficzną.

Kartografia matematyczna (teoria odwzorowań kartograficznych i jej zastosowanie), najsilniej związana z geodezją wyższą i teorią odwzorowań powierzchni zajmuje się nie tylko poszukiwaniem coraz doskonalszych powierzchni odniesienia jako aproksymacji bryły Ziemi, ale też badaniem i wieloaspektowym rozwijaniem odwzorowań kartograficznych oraz ich implementacją w różnych zadaniach geodezyjnych i kartograficznych. Jednym z ciekawszych zagadnień tego działu kartografii jest badanie własności odwzorowań kartograficznych oraz badanie i optymalizacja rozkładu zniekształceń odwzorowawczych.

Mapoznawstwo (inaczej kartoznawstwo) zajmuje się klasyfikacją, systematyką oraz opisem poszczególnych edycji map, ze szczególnym uwzględnieniem map ogólnogeograficznych, a wśród nich - topograficznych. W odniesieniu do map dawnych mapoznawstwo przenika się z historią kartografii, tym bardziej, że zakończona edycja map drukowanych dokumentuje stan przeszły i przez to niebawem wchodzi w zakres zainteresowania historii kartografii.

Modelowanie informacji przestrzennej (teoria baz danych przestrzennych i modelowanie tych baz) to zasadniczy dział kartografii, bazujący na teorii baz danych i posługujący się językami modelowania i przetwarzania baz danych przestrzennych. Kartografia stosuje tu dorobek informatyki, wykorzystując modele danych przestrzennych, zasady organizacji danych, w tym struktury danych, badając i modelując relacje (zwłaszcza przestrzenne) zachodzące pomiędzy obiektami i klasami obiektów. W zakres zainteresowań modelowania informacji przestrzennej wchodzi także jej analizowanie, za pomocą geoprzetwarzania, zwykle opartego o rozszerzoną składnię SQL. Analizy przestrzenne mieszczą się w zakresie zainteresowań geoinformatyki (są zasadniczym zastosowaniem GIS), ale ich podstawy teoretyczne sięgają do kartograficznej metody badań.

Obrazowanie informacji przestrzennej (wizualizacja kartograficzna, redakcja i opracowanie map i geoprezentacji) to dział kartografii często błędnie postrzegany jako jedyna jej domena, ale jednocześnie najbardziej osadzony w podstawach teoretycznych tej dziedziny, wykształcający metodykę prezentacji kartograficznej, zasady konstruowania systemów znaków kartograficznych odpowiednich do przeznaczenia i zakresu treści wizualizacji; stosujący gamę zmiennych wizualnych grafiki statycznej i dynamicznej oraz kanony sztuki kartograficznej prezentacji obiektów i zjawisk na mapach. Elementem każdej wizualizacji kartograficznej są nazwy i opisy, stąd zasady opisywania map są także przedmiotem zainteresowania redakcji kartograficznej, a osiągnięcia toponomastyków (językoznawców zajmujących się toponimią) są przedmiotem zainteresowania kartografów.

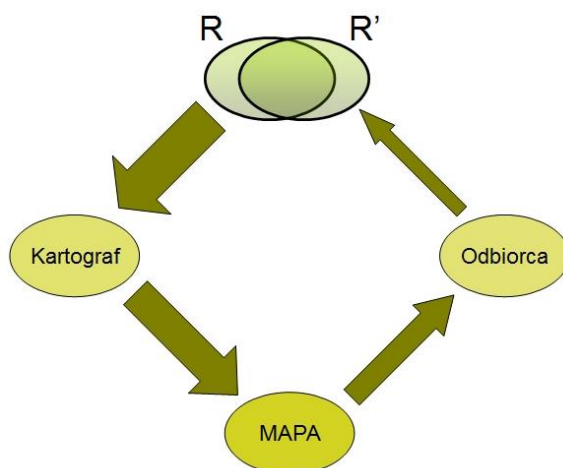
Udostępnianie informacji przestrzennej (reprodukcja kartograficzna, kartografia internetowa, kartografia mobilna) - dział kartografii obecnie najszybciej rozwijający się i obficie korzystający ze zdobyczy współczesnej techniki: teleinformatyki i telekomunikacji. Ta dziedzina kartografii najszybciej pozbawia złudzeń pesymistów wróżących jej schyłek. W roku 2003 rozpoczęła pracę komisja Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej (ICA) o wdzięcznej nazwie Ubiquitous Mapping - którą zwykle tłumaczy się jako kartografię wszędziebylską lub lepiej: mobilną. Komisja pierwotnie miała zajmować się próbami standaryzacji znaków kartograficznych map wyświetlanych na ekranach telefonicznych, ale wkrótce okazało się, że spektrum zainteresowań jest dużo szersze (widoczne chociażby na poziomie platform sprzętowych, wśród których pojawiły się urządzenia typu PDA, czy tablet).

Historia kartografii – dział zajmujący się mapami dawnymi, ich badaniem i interpretacją, a także dokumentujący rozwój myśli kartologicznej oraz metodyk i technik kartograficznych. Powiązany jest naturalnie z historią geografii, a szczególnie z historią odkryć geograficznych. Wyróżnia się zwykle trzy zasadnicze okresy historyczne związane z rozwojem kartografii: czasy od starożytności do renesansu, XVI – XX w oraz współczesność (umownie rozumiana jako ostatnie półwiecze). W połowie XX w zaczęto używać określeń związanych ze stosowanymi technologiami, np. *kartografia cyfrowa*, ale włączanie do określenia dziedziny wiedzy przymiotnika związanego z technikami nie jest poprawne. Nie wyróżnialiśmy przecież kartografii *fotomechanicznej* czy też *drzeworytniczej*, a dodajmy, że współcześnie wszystkie opracowania kartograficzne powstają przy użyciu różnych technologii cyfrowych.

1.3 Wybrane koncepcje teoretyczne kartografii ^①

W kartografii można odnaleźć trzy współczesne koncepcje teoretyczne, które były rozwijane w 2. poł. XX i w XXI wieku. Jest to koncepcja komunikacyjna, koncepcja modelowo-poznawcza oraz koncepcja semiotyczna.

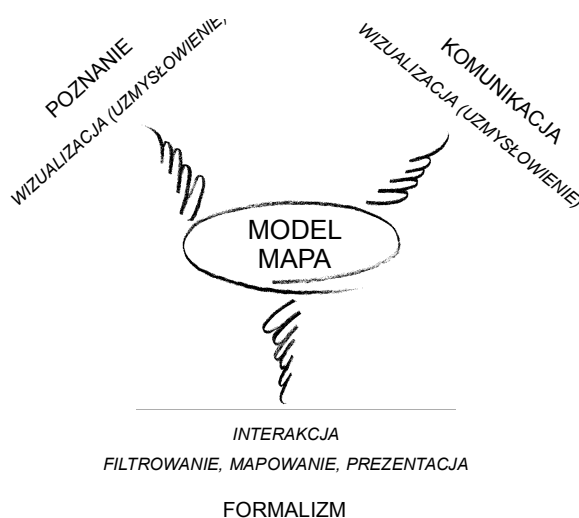
Koncepcja komunikacyjna utożsamia mapę ze swoistym komunikatem, czyli zbiorem informacji przekazywanym odbiorcy przez nadawcę. Podstawy tej teorii kształtował schemat przekazu informacji opracowany przez Claude'a Shannona (1916-2001) w 1948 r. Szersze ramy tej teorii nadał A. Koláčný w 1967 r., twierdząc, iż mapa powinna uwzględniać potrzeby, zainteresowania użytkownika oraz warunki jej użytkowania. Przedstawił wtedy pierwszy zwarty model kartograficznego przekazu informacji prowadzący od rzeczywistości postrzeganej przez kartografa poprzez podmiot prezentujący wybrane aspekty tej rzeczywistości (właśnie kartografa), dalej - mapę, stosującą swoisty *język kartograficzny* (system znaków wraz z zasadami jego stosowania) aż do użytkownika mapy i obrazu rzeczywistości przez niego odczytanego. Kontynuatorem myśli A. Koláčného był polski teoretyk kartografii, L. Ratajski, który w 1970 r. zaprezentował swój model przekazu kartograficznego. Model prezentuje przepływ informacji (z jednoczesną ilustracją strat informacyjnych – co obrazuje zmienna grubość strzałek) od rzeczywistości (R) do nadawcy komunikatu kartograficznego (kartografa) poprzez mapę (jako informatora - nośnika informacji) do odbiorcy (użytkownika mapy), który buduje swoje wyobrażenia o opisywanej rzeczywistości (R').



Ryc. 1. Model przekazu kartograficznego wg L. Ratajskiego (1970)

Problemem badawczym pozostaje więc nie tylko samo opracowanie mapy, ale też zasady i warunki jej użytkowania, a także stopień spełniania oczekiwań użytkownika w kontekście użyteczności mapy. Powstała w ten sposób dziedzina zwana kartologią, synonim kartografii teoretycznej, zajmująca się zagadnieniem funkcjonowania kartograficznego przekazu informacji. Rozwój tego kierunku kontynuował W. Grygorenko, prezentując w 1982r. referat pt. *Cybernetyczny model procesu przekazu kartograficznego*.

Orientacja modelowo-poznawcza wychodzi z założenia, iż w procesie poznania rzeczywistości mapa pośredniczy pomiędzy podmiotem poznającym a przedmiotem poznawanym. Osiągnięciem orientacji poznawczej jest stworzenie koncepcji modelu i modelowania kartograficznego. W. Ostrowski (2010) wyróżnia kilka źródeł leżących u jej podstaw: kartograficzną metodę badań, teorię poznania, teorię modelowania oraz psychologiczne badania percepcji map. Kartograficzna metoda badań ujawnia dodatkowe informacje, nieczytelne przy standardowej percepcji treści mapy, na drodze porównywania, analiz, syntez, abstrahowania, uogólniania informacji. Była najsilniej rozwijana przez K.A. Saliszczewa oraz A.M. Berlanta. Na rozwój koncepcji modelowania kartograficznego znakomity wpływ wywarła praca Ch. Boarda *Maps and models* (1967), w której rozpatrywał mapy jako modele obrazowe, prezentacyjne, ale też pojęciowe, ujmujące istotne fragmenty rzeczywistości w odpowiednim uogólnieniu. W Polsce A. Czerny oraz W. Ostrowski rozwijali analizę mapy jako modelu, a ostatnio do modelowo-obrazowej natury mapy odwoływał się A. Makowski (1997) formując diagram modelowania kartograficznego i uznając, iż model (mapa) służy ukazaniu charakterystycznych aspektów prezentowanego fragmentu rzeczywistości czasoprzestrzennej w stopniu umożliwiającym jego poznanie. Podstawowym założeniem orientacji modelowo-poznawczej jest twierdzenie, iż proces opracowania mapy (a także innych modeli geoinformacyjnych np. baz danych przestrzennych) musi być poprzedzony procesem poznania przestrzennych aspektów modelowanej rzeczywistości (Ostrowski, 2010).



Ryc. 2. Modelowanie kartograficzne wg A. Makowskiego (1997)

Koncepcja semiotyczna kształtowana jest pod wpływem semiotyki jako dziedziny wiedzy, a semiotyka kartograficzna jest uznawana za podstawę kartografii praktycznej (Ostrowski, 2010). W kartografii można wyróżnić trzy współczesne podejścia:

- graficzno-semiotyczne (rozwijane przez J. Bertina)
- syntaktyczno-semantyczno-pragmatyczne (U. Freitag)
- lingwistyczno-semiotyczne (A. Lutyj, J. Pravda, L. Ratajski, W. Żyszkowska, P. Neytchev)

Semiotyka, rozwijana w odniesieniu do grafiki przez Ch. Pierce'a oraz W. Morrisa, jako nauka o naturze znaków oparta na logicznej analizie, może być rozpatrywana w trzech aspektach: syntaktycznym (ujmującym wzajemne relacje pomiędzy znakami w ramach systemu znaków), semantycznym (zajmującym się relacjami pomiędzy znakami a obiektami przez nie reprezentowanymi) oraz pragmatycznym (badającym relacje pomiędzy znakami a ich odbiorcami). Podział ten w kartografii jest do dziś aktualny, pomimo braku zgody co do pełnej odpowiedniości pomiędzy teorią języka mapy a lingwistyką, z której ta teoria wyrasta.

Według Ostrowskiego (2010) na te uznane kierunki teoretyczne można niejako nałożyć trzy koncepcje teoretyczne, ściśle związane z rozwojem technologicznym. Są to **geoikonika** (rozwijana przez A.M. Berlanta), **geoinformatyka** oraz **geowizualizacja** (E. MacEachren). Istotą tych koncepcji jest przyjęcie, iż prezentacja kartograficzna jest tylko jednym ze środków wizualizacji czy analizowania informacji geograficznej. Szczęólnego znaczenia nabiera współcześnie zwłaszcza pojęcie geoinformatyki, które integruje dziedzinę kartografii z teorią baz danych i innymi działami informatyki, szczególnie rozwijając zagadnienia programowania wspomagającego modelowanie i analizowanie informacji geograficznej.

1.4 Zadania współczesnej kartografii ^①

Od strony praktycznej ważne jest wskazanie najistotniejszych zadań, jakie stoją obecnie przed kartografią:

- optymalizacja rozkładu zniekształceń odwzorowawczych,
- badanie i konstruowanie odwzorowań kartograficznych,
- modelowanie baz danych przestrzennych, zwłaszcza w aspekcie pojęciowym,
- generalizacja modeli bazowych (topograficznych, topologicznych) i graficznych (obrazowych, znakowych),

- metodyka wizualizacji, w tym wykorzystanie geostatystyki,
- kartograficzna metoda badań (w tym analizy przestrzenne i algebra map),
- udostępnianie modeli kartograficznych poprzez narzędzia sieciowe i mobilne.

Dwa pierwsze zagadnienia są najważniejszymi zadaniami kartografii matematycznej. Po pierwsze zadaniem kartografa jest często znalezienie takiego odwzorowania kartograficznego, które w interesujących nas obszarach (a czasem na całej elipsoidzie) minimalizowałoby zniekształcenia, czyli różnice pomiędzy wielkościami (np. długościami) na powierzchni oryginału (powierzchni odniesienia) a ich odpowiednikami na powierzchni obrazu (płaszczyźnie odwzorowawczej). Zniekształcenia te powinny uwzględniać konieczność zachowania dokładności metrycznej opracowań, które będą wykorzystywały przyjęte odwzorowanie, a ich rozkład powinien nawiązywać do kształtu obszaru zainteresowań. Zasadniczą cechą odwzorowania jest jego zdolność do zachowania zerowych zniekształceń wielkości pewnej kategorii, z czego wynika klasyfikacja odwzorowań ze względu na rodzaje zniekształceń: konforemne, równopolowe czy izometryczne. Stąd już na wstępie można zdecydować jakie miary muszą być zachowane bez zniekształceń w konkretnym typie opracowania. W katastrze geodezyjnym, gdzie działka ewidencyjna jest podstawowym elementem modelu, a jej zasadniczymi atrybutami są stosunki własnościowe, relacje (m.in. sąsiedztwa) oraz powierzchnia i wartość, należałoby korzystać z odwzorowań zachowujących na całym obszarze bez zniekształceń właśnie pola powierzchni - odwzorowań równopolowych.

Zagadnienie budowy bazodanowych modeli przestrzeni geograficznej podlega naturalnym ograniczeniom i prawidłom wynikającym z teorii baz danych, znanej z informatyki. Bazy danych przestrzennych podlegają tym samym regułom, a nawet stosują bardziej rygorystyczne wymagania, właśnie ze względu na przestrzenny, geograficzny charakter ich elementów. Modelowanie pojęciowe tych baz, abstrahujące od konkretnej specyfikacji modelu logicznego (a tym bardziej fizycznego, aplikacyjnego), musi opierać się o znajomość trzech typów zagadnień: informatycznych (wspomnianej teorii baz danych), geograficznych (zwykle związanych z tematem modelowanego zagadnienia) oraz kartograficznych (odnoszących się do możliwych zastosowań analitycznych i wizualizacyjnych opracowania).

W dziedzinie baz danych widoczne są obecnie tendencje do modelowania w jednolitej strukturze informatycznej obiektów związanych z wieloma poziomami uogólnienia, co prowadzi do baz typu MRDB (*Multi-Resolution/Multiple Representation DataBases*). Taka postać bazy danych posługuje się pojęciami wielorozdzielczości - umożliwiając tworzenie i funkcjonowanie jednolitej struktury (zarówno pojęciowej jak i fizycznej) dla danych odniesionych do różnych poziomów uogólnienia pojęciowego oraz wieloreprezentacyjności - związanej z modelowaniem wielu reprezentacji tych samych obiektów rzeczywistych, odniesionych do różnych poziomów szczegółowości (LoD – Level of Details). Zwykle obie te cechy modelu występują jednocześnie. Trudność w modelowaniu polega na poprawnym zdefiniowaniu relacji pomiędzy obiektami reprezentującymi (na różnych poziomach szczegółowości) ten sam obiekt rzeczywisty oraz na zachowaniu spójności pojęciowej całego modelu. Korzyści z zastosowania takiego podejścia są nie do przecenienia, ponieważ baza danych zawiera implementację zasad i strukturę wyników generalizacji kartograficznej modelu topograficznego (bazodanowego), a więc modeluje wszystkie niezbędne w analizach przestrzennych i wizualizowaniu klasy obiektów wraz z relacjami zachodzącymi między nimi. To dlatego pojawia się możliwość wieloskalowej analizy danych przestrzennych przy użyciu rozszerzonej wersji języka SQL (MultiSQL), który jest w fazie koncepcyjnego opracowania, a także możliwość propagacji danych wewnątrz bazy, co prowadzi do automatycznego jej zasilania na kolejnych poziomach uogólnienia. W przypadku baz danych referencyjnych o dużej liczbie klas obiektów i szerokiej atrybutyzacji, dużego znaczenia nabiera spójność modelu pojęciowego wszystkich klas obiektów związanych z wieloma poziomami uogólnienia.

Jednym z najtrudniejszych zagadnień teoretycznych jakimi zajmuje się kartografia jest **generalizacja kartograficzna**. Jest ona celowym doбором i uogólnianiem pojęć i zagadnień, które mają być prezentowane oraz uproszczeniem samej prezentacji w trosce o jej jednoznaczność i czytelność. W praktyce kartograficznej wyróżnia się co najmniej dwa etapy generalizowania:

- generalizację pojęciową, która obejmuje abstrahowanie informacji i uogólnianie modelowanych pojęć, czasem prowadzące do wyróżniania tworów wyższych rzędów, uogólnień
- generalizację graficzną, związaną z zastosowaniem algorytmów upraszczania kształtów oraz symbolizacją kartograficzną.

Metodyka prezentacji (wizualizacji) kartograficznej, czyli dział kartografii obejmujący sposoby przetworzenia i prezentowania zjawisk rzeczywistych na mapach, bazuje na trzech filarach:

- klasyfikacji metod prezentacji kartograficznej, które zawierają zestaw zasad przetworzenia i prezentacji graficznej danych przestrzennych (reprezentacji obiektów geograficznych);
- skalach (poziomach) pomiarowych danych przestrzennych, czyli sposobach pomiaru zjawisk modelowanych w celu wizualizacji kartograficznej;
- zmiennych wizualnych jako elementarnych cechach komponentów znaków kartograficznych i własnościach tych zmiennych, zwłaszcza zdolnościach do przekazywania różnych typów relacji pomiędzy obiektami.

W zadaniu przetworzenia danych przestrzennych w celu ich wizualizacji ważną rolę odgrywa **geostatystyka**, jako dział statystyki przyjmujący za obiekt zainteresowania dane odniesione geograficznie. Okazuje się, że niemalże cały aparat statystyczny, badający rozkład zjawiska, jego zmienność, korelacje pomiędzy zjawiskami, trendy i inne parametry, doskonale można wykorzystać w odniesieniu do danych przestrzennych, którymi zajmuje się kartografia.

Kartograficzna metoda badań obecnie skupia się na geoprzetwarzaniu przy użyciu narzędzi GIS. Nie ma lepszego aparatu narzędziowego do efektywnego przetwarzania danych przestrzennych, stąd wszelkie analizy przestrzenne, w tym obliczenia przy użyciu tzw. algebry map prowadzi się stosując aplikacje GIS (na różnych poziomach funkcjonalnych). Biorąc pod uwagę różnorodność modeli danych (wektorowe i rastrowe) oraz własności ich odmian i możliwości integracji, analizy przestrzenne są jednym z najszybciej rozwijających się zagadnień we współczesnej kartografii, stąd tak wiele miejsca poświęcono im w niniejszym podręczniku.

Współczesne kierunki rozwoju kartografii bardzo silnie związane są z rozwojem internetu, telekomunikacji i usług bazujących na lokalizacji LBS (ang. Location-Based Services). Osiągnięcia technologiczne ostatnich lat w zakresie geoinformacyjnych standardów internetowych spowodowały popularyzację map, atlasów i serwisów internetowych, w których przeważające znaczenie mają dane przestrzenne. W internecie można znaleźć wiele opracowań kartograficznych z powodzeniem wypierających tradycyjne tj. drukowane mapy i atlasy. Najbardziej charakterystycznym przykładem zmian zachodzących w użytkowaniu map jest rosnąca popularność serwisów lokalizacyjnych i nawigacyjnych, pełniących podobną rolę jak mapy turystyczne czy samochodowe. Z kolei urzędowe portale geoinformacyjne udostępniają obszerny zestaw danych geodezyjno-kartograficznych, które mogą nie tylko zastąpić drukowane arkusze map topograficznych i przeglądowych, ale zdecydowanie poszerzyć zakres zadań realizowanych na wszystkich poziomach nauczania geografii.

Podstawową różnicą pomiędzy tradycyjną publikacją kartograficzną, a jej internetowym odpowiednikiem jest znacznie rozszerzona, dzięki zastosowaniu technologii informatycznych, funkcjonalność mapy – o wiele większa niż publikacji drukowanej czy nawet opracowań numerycznych – desktopowych (dostępnych w trybie off-line), takich jak atlasy elektroniczne na płytach CD lub DVD. Obraz kartograficzny w internecie jest najczęściej interaktywny. Często ma

charakter hipergrafiki (hipermapy), w treści której znajdują się odnośniki do opisów tekstowych, zdjęć, innych map lub materiałów multimedialnych. Wreszcie dzięki zastosowaniu odpowiednich mechanizmów aplikacyjnych mapa może pełnić w internecie funkcję interfejsu systemów informacji geograficznej. Ta wielorakość zastosowań sprawia, że kartografia w sieci globalnej zadomowiła się na dobre w nowym, atrakcyjnym miejscu zwanym z ang. geoweb, dostępnym także poprzez urządzenia mobilne.

Okazuje się bowiem, że kartografia dostarcza najlepszych rozwiązań do internetowego przekazu geoinformacji w wielu różnych postaciach - od klasycznych serwisów kartograficznych, poprzez wirtualne globusy aż po serwisy nawigacyjne i czterowymiarowe modele rzeczywistości geograficznej. Jest też niezastąpiona w organizacji (także tej wizualnej) informacji przestrzennej dostępnej w systemach nawigacji (lotniczej, morskiej i lądowej różnych typów) i usługach lokalizacyjnych - zarówno w urządzeniach dedykowanych jak w urządzeniach mobilnych wszystkich typów.

1.5 Modelowanie kartograficzne ^①

Koncepcje modelowania kartograficznego na świecie rozwijano od lat sześćdziesiątych minionego wieku. W Polsce mapę jako model rzeczywistości przedstawiano od lat siedemdziesiątych. W latach osiemdziesiątych badania nad strukturą i właściwościami mapy prowadził w ramach pracy doktorskiej A. Czerny (1989). W 1994 r. opublikował w Polskim Przeglądzie Kartograficznym artykuł na temat rozwoju koncepcji modelowania kartograficznego, w którym podsumował dotychczasowy dorobek kartografii teoretycznej w zakresie badań nad mapami jako modelami rzeczywistości (Czerny, 1994). Duży wkład w rozwój tych poglądów wnieśli kartografowie europejscy, m. in.: A., M. Berlant, C. Board, B. Koen, J. Krcho, K.A. Saliszczew, W. Stams. W Polsce oprócz Czernego tematyką tą zajmowali się: W. Ostrowski i W. Grygorenko.

Prace teoretyczne dotyczące mapy, jej cech, właściwości i funkcji jako modelu stanowiły solidne podstawy dla rozwoju kartografii cyfrowej a przede wszystkim systemów informacji geograficznej. Dlatego proces modelowania kartograficznego jest obecnie nierozdzielnie związany z modelowaniem systemów informatycznych.

W modelowaniu systemów informatycznych projektant posługuje się wieloma typami modeli. W ogólnym modelu systemu część z nich ma znaczenie zasadnicze, inne pomocnicze, część z nich stanowi komponenty modelu systemu, inne są elementami zewnętrznymi.

Odróżnić trzeba przynajmniej podstawowe typy tych modeli. Zewnętrznymi modelami, niezależnymi w żadnej mierze od projektowanego systemu, są: model bazy danych oraz model wiedzy. Projektowany system informatyczny (np. GIS) po prostu korzysta z tych modeli, jako z tworzywa projektowego, w odniesieniu warstw informatycznej oraz merytorycznej.

Model bazy danych to typ przyjętego rozwiązania służącego jako zbiór zasad (specyfikacji) opisujących strukturę danych i dozwolone operacje w bazie danych. Rozwojem modeli baz danych zajmuje się informatyka w teorii baz danych. Obecnie w dziedzinie geoinformacji dominuje typ O-R czyli obiektowo-relacyjny, chociaż korzenie tego modelu tkwią w modelu relacyjnym i należałoby określać go mianem relacyjnego z elementami obiektowości.

Różne postaci rejestracji rzeczywistości przestrzennej, dokonywane przez człowieka, jeśli mają stać się elementem systemu informacji geograficznej (GIS), są zapisywane w postaci tzw. **modeli danych przestrzennych**, zgodnie z zasadą, że *model danych* stanowi element *modelu* każdego *systemu informatycznego*. W systemach informacji geograficznej funkcjonują więc modele danych, które na etapie konceptualnym projektowania stanowią matematyczny wzorzec do tworzenia reprezentacji obiektów geograficznych, a na etapie implementacji – zestaw specyfikacji projektowych dla obiektów bazy danych (w konkretnym systemie zarządzania bazą danych), który obejmuje: klasy obiektów (abstrakcje elementów rzeczywistości), atrybuty czyli cechy „opisowe” obiektów, więzy integralności danych oraz relacje zachodzące pomiędzy obiektami.

Rzeczywistość geograficzną o nieskończonej liczbie relacji wzajemnych zachodzących pomiędzy obiektami (i zjawiskami) modeluje się za pomocą systemów informacji geograficznej o konstrukcjach czytelnych dla narzędzi informatycznych. W modelach tych systemów, należy więc wyróżnić *modele danych przestrzennych* oraz dwie zasadnicze, znane powszechnie, kategorie tych modeli danych: **wektorowe** i **rastrowe**. W zależności od zastosowanej kategorii można modelować różne rodzaje obiektów, wykorzystywać różne źródła danych, stosować różne sposoby reprezentacji i wykorzystywać unikalne *struktury danych*. Kategorie te różnią się także rodzajami dostępnych analiz przestrzennych, sposobami i zakresem odtwarzania relacji topologicznych, metodami generalizacji oraz sposobami wizualizacji danych. Etapy modelowania kartograficznego przybliżono w rozdz. 4.1.

1.6 Pojęcie mapy i jej funkcje

1.6.1 Definicja mapy ^②

Mapa jako narzędzie poznania i prezentacji przestrzeni w rozwoju cywilizacji ewoluowała zarówno swoją formą, jak i sposobami (metodami) jej wykonywania oraz wykorzystania. Stąd też zmieniało się podejście do jej definiowania. W trakcie rozwoju nauki i techniki ulegały zmianie metody, techniki i przyrządy pomiarowe, co zwiększało kartometryczność map. Rozwijająca się geografia a szerzej nauki o ziemi potrzebowały map zarówno jako narzędzia do swoich badań jak i form prezentacji uzyskiwanych wyników badań. Dodawało to impulsów rozwojowych kartografii jako nauce. Pojawiła się konieczność powstania nowych działów kartografii, między innymi, teorii kartografii, metodyki prezentacji kartograficznej, redakcji map, kartografii tematycznej, kartografii internetowej, kartografii mobilnej, itp.

Słowo **mapa**, którym od średniowiecza nazywano opracowania kartograficzne pochodzi od łacińskiego słowa „*mappa*”, co oznacza kawałek płótna lub serwetkę. Niewątpliwie przyjęcie takiej nazwy podkreślało jej materialną postać, a przede wszystkim materiał (medium), na którym ówczesne mapy rysowano. W trakcie rozwoju kartografii jako nauki i techniki zmieniały się poglądy na istotę mapy. Najczęściej mapa była rozumiana jako zmniejszony obraz powierzchni ziemi przedstawiony na płaskiej powierzchni zachowujący ściśle określone właściwości: wierność matematyczna, zmniejszenie, uogólnienie treści (generalizacja), zastosowanie metod kartograficznych i znaków umownych. W latach 70. Saliszczew (2002) definiował mapę w następujący sposób: „... *określone matematycznie, uogólnione przedstawienie obrazowo-znakowe powierzchni Ziemi na płaszczyźnie, pokazujące rozmieszczenie, stan i powiązania różnorodnych zjawisk przyrodniczych i społecznych, wybieranych i charakteryzowanych odpowiednio do przeznaczenia każdej konkretnej mapy*” (Saliszczew 2002, s. 17.) Tak rozumiane pojęcie mapy jest także używane obecnie, najczęściej w podręcznikach szkolnych. Jednak wśród kartografów mapa współcześnie jest rozumiana nie tylko jako obraz lub rysunek przestrzeni i zbiór znaków, ale jako przekaz informacji a przede wszystkim jako model i system (Paślawski red. 2010, Makowski 2005a).

Mapa, która przez większość jej użytkowników była i czasem jeszcze jest traktowana tylko jako obraz lub rysunek, przez kartografów rozumiana jest znacznie szerzej. Próbę podjęcia szerokiej dyskusji nad zredefiniowaniem pojęcia „mapa” podjął w 1997 r. prof. A. Makowski. Przedstawiona wówczas definicja była efektem przemyśleń Profesora w wyniku szybko postępującego wówczas automatyzowania warsztatu kartograficznego. Czym zatem jest mapa wg prof. A. Makowskiego?: „... *jest modelem czasoprzestrzennym odniesionym do wybranego fragmentu rzeczywistości (geograficznej), spełniającym cechy jednoznacznego lokalizowania poznania (obiektów, zjawisk, odczuć – ogólnie bytów) wraz z opisanymi w czasie ich atrybutami i zachodzącymi między nimi relacjami, wynikającymi z faktu przyjętej koncepcji modelowania (mapowanej) rzeczywistości. Mapa jako model ma też swoją prezentację, czyli materialnie uformowaną postać nadającą się do*

postrzegania, zgodną z kulturowo wykształconym rodzajem percepcji przekazu.” (Makowski 1997, s. 17).

Swoje rozmyślenia nad definicją mapy A. Makowski kontynuował przez następne kilkanaście lat, zachęcając kartografów nie tylko w Polsce do szerszej dyskusji na ten temat. Dalsze rozważania nad mapą oparł na gruncie prakseologii. Powiązał mapę z działaniem celowym i systemem. Mapa jest systemem bo system jest właściwością mapy i działanie w wyniku czego powstaje mapa jest także systemowe. Według tak przyjętych założeń prof. A. Makowski (2005b, 2007.) stwierdził, że *„...mapa (geograficzna) jest systemową modelowo-obrazową całością informacyjną, odwzorowującą czasoprzestrzenne sytuacje praktyczne jako obszary działań celowych w przyjętym układzie odniesienia. (Makowski 2007, s. 71)*

Pojęcie mapy, funkcjonującej w dziedzinie nauk o Ziemi i astronomii, możemy zdefiniować poniższym sformułowaniem, korzystając z opisanych wyżej wskazówek: **mapa** - *modelowo-obrazowa całość informacyjna, ukazująca w pomniejszeniu i uogólnieniu, przy użyciu systemu znaków kartograficznych rozmieszczenie, cechy i związki obiektów (zjawisk i procesów) czasoprzestrzennych, odwzorowanych w przyjętym układzie odniesienia.*

Mapa jest więc obrazem, modelem kartograficznym. Grafika jest formą przekazu informacji a jej nośnikiem nie musi być wyłącznie ekran monitora czy też papier. Istnieją przecież mapy dotykowe (tyflomapy), które są odbierane zmysłem dotyku (przez osoby niewidome i niedowidzące). Wówczas nośnikiem informacji są elementy wklęsłe, wypukłe i wyraźne granice pomiędzy nimi (relief).

1.6.2 Cechy map^②

Mapa z racji swej złożoności informacyjnej i graficznej posiada następujące cechy:

- odzwierciedla rozmieszczenie obiektów i zjawisk,
- stanowi zbiór znaków,
- zawiera informacje o charakterze przestrzennym,
- odzwierciedla fragment rzeczywistości w specyficzny uogólniony sposób – może więc być traktowana jako model,
- stanowi źródło danych (Paślawski J. red. 2010).

Przyjmując mapę jako model rzeczywistości zapisany w formie cyfrowej i prezentowany na różnych nośnikach to jej zasadnicze cechy konstytutywne obejmują:

- uporządkowanie przestrzenne, związane z modelowaniem topologicznych zależności pomiędzy obiektami,
- zgeneralizowanie obrazu poprzez celowe i metodyczne uogólnianie pojęć i dokonywanie ich doboru,
- osadzenie w systemie współrzędnych i przez to zachowanie metrycznych własności, stosownie do poziomu skalowego (pomniejszenia) i poziomu szczegółowości,
- celowa i oparta na metodycznych założeniach klasyfikacja i prezentacja elementów treści,
- zastosowanie systemu umownych znaków kartograficznych.

Model, który spełnia wyżej wymienione cechy będzie czymś znacznie więcej niż tylko obrazem powierzchni Ziemi, ponieważ może stanowić podstawę analiz, badań, pomiarów, studiów, porównań i syntez.

1.6.3 Funkcje map^②

Proces wizualizacji, oprócz wielu innych czynników i procesów, niewątpliwie istotnie wpływa na mnogość i różnorodność funkcji jakie spełniają mapy. Jest więc uzasadnione poświęcenie problemowi funkcji map trochę miejsca w niniejszym opracowaniu.

Mapa jako efekt świadomej i celowej działalności człowieka spełnia wiele funkcji. Zadania jakie były i są stawiane mapom ewoluowały na przestrzeni wieków niemalże równolegle wraz ze zmianami zachodzącymi w metodach i technikach opracowywania map, ich reprodukcji i sposobach wykorzystania. Ponadto funkcje map zależą bezpośrednio od cech, którymi wyróżnia się mapa (patrz akapit wyżej). Istnieje ścisła zależność pomiędzy mapą, jej cechami i funkcjami (rolami) jakie pełnią w społeczeństwie. Nierzadko to oczekiwania społeczne wymuszają zmiany funkcji map. Możliwości wykorzystywania map znacznie się zwiększają jeśli mapę nie będziemy traktować jedynie jako efekt i narzędzie poznania i badania rzeczywistości ale także jako wyraz świadomości i wiedzy przestrzennej a także jako wytwór umysłu i rąk ludzkich w którym znajduje odbicie aktualna dla danego okresu lub momentu sytuacja polityczna i społeczna oraz poziom rozwoju technologicznego. O funkcjach jakie ma spełniać mapa myśli zarówno jej twórca na etapie redagowania (projektowania) mapy, często dba o nie mecenas a więc sponsor dzieła kartograficznego a także oczekuje na ich spełnienie ostateczny jej użytkownik.

Ogólny podział funkcji map przedstawił Saliszczew (2002). Wyróżnił on **funkcję komunikacyjną, operacyjną i poznawczą**. Funkcja komunikacyjna polega na przechowywaniu i przekazywaniu informacji przestrzennej. Operacyjna związana jest z rozwiązywaniem zadań praktycznych. Natomiast funkcja poznawcza ma zastosowanie w badaniach zjawisk przestrzennych oraz pozyskiwaniu o nich nowych informacji.

Na gruncie ontologii uwzględniając charakter i strukturę opracowań kartograficznych oraz podejście historyczne, funkcje map można opisać na czterech poziomach (Żyszkowska 2005):

- poziom pierwszy – funkcje podstawowe,
- poziom drugi – funkcje wyższe (związane z wykorzystaniem właściwości map),
- poziom trzeci – funkcje użyteczne
- poziom czwarty – funkcje społeczne.

Funkcje podstawowe wynikają z właściwości map. Według G. Papay (1973) takie funkcje jak **zapisu, modelowania i przekazu informacji** mają charakter niezmienny i towarzyszą człowiekowi od początku. Funkcje wyższe związane z wykorzystaniem właściwości map wynikają bezpośrednio z funkcji podstawowych. Są one najczęściej omawiane przez kartografów i wydają się oczywiste z punktu widzenia mapy jako przekazu informacji. Do nich należą: **funkcja informacyjna, orientacyjna, analityczna i wyjaśniająca oraz prognostyczna**.

Najbardziej rozwinięte i w zasadzie nieograniczone są funkcje użyteczne, związane z praktycznym wykorzystaniem map w różnych dziedzinach życia i działalności człowieka. Żyszkowska (2005) nazywa je od dziedzin, w których są one wykorzystywane, np.: **funkcja militarna, naukowa, badawcza, dydaktyczna, inwentaryzacyjna, planistyczna i prognostyczna**. W edukacji mapy pełnią **funkcje poznawczą i kształcącą**. Funkcja poznawcza występuje w procesach poznawania i zapamiętywania. Funkcja kształcąca mapy rozwija zdolności poznawcze, szczególnie spostrzegawczość, wyzwala aktywność myślową, rozwija wyobraźnię przestrzenną i pobudza zdolności twórczego myślenia (Kałamucki 2005a). Poziom czwarty budują funkcje społeczne. Są one ważne w życiu nie tylko grup społecznych ale także pojedynczego człowieka. Do nich należą, np.: **funkcja kształtowania postaw, kierowania postępowaniem, kulturotwórcza**. Wraz z rozwojem społeczeństw funkcje te mogą ulegać zmianie. Współcześnie często wykorzystywane są **funkcje popularyzacyjne mapy, promocyjne a nawet propagandowe**.

Wraz z rozwojem nauki i postępem technologicznym oraz opracowywaniem map cyfrowych zwiększyła się znacznie funkcjonalność map. Technologia cyfrowa umożliwiła nadanie mapom nowych właściwości (cech), które bezpośrednio przełożyły się na wydzielenie nowych funkcji map. MacEachren prezentując w 1994 nowy trójwymiarowy model wizualizacji kartograficznej, wyróżnił 4 podstawowe funkcje wizualizacji kartograficznej: **prezentacja, synteza, analiza, i eksploracja**. MacEachren uważa, że współcześnie następuje zmiana funkcji mapy wyrażająca się przejściem od **funkcji informacyjnej (komunikacyjnej)** do funkcji określanej jako **wizualizacyjna** (wizualizacja kartograficzna). Funkcja informacyjna spełniana jest przede wszystkim przez mapy przeznaczone dla szerokiego grona czytelników, przedstawiające znane fakty i odznaczające się niską interaktywnością. Wizualizację cechuje natomiast wyższa interaktywność, indywidualne wykorzystanie map oraz poznanie nowych, nieznanych faktów i prawidłowości (W. Ostrowski 2008). W przypadku interaktywnych map internetowych znacznie zwiększa się ich funkcjonalność, rozumiana jako zakres dostępnych funkcji, co wpływa na wzrost użyteczności omawiany publikacji kartograficznych (Kowalski 2012).

Wraz z pojawieniem się map cyfrowych na urządzeniach mobilnych wykorzystujących technologię GPS znacznie rozbudowana została **funkcja nawigacyjna** map. Mapy przeznaczone na urządzenia mobilne w tak dużym stopniu zdominowały **funkcje nawigacyjne, lokalizacyjne i orientacyjne**, że w mapach tradycyjnych (drukowanych) zaczynają one pełnić już podrzędną rolę (Grzechnik i in. 2013).

1.6.4 Klasyfikacja map ^①

Mapy geograficzne, modelujące obiekty, zjawiska i procesy odniesione do przestrzeni ziemskiej, można podzielić ze względu na kilka kryteriów. Są nimi: treść, skala, przeznaczenie, zasięg terytorialny oraz odniesienie czasowe.

- Ze względu na **treść (tematykę)** wyróżnia się dwie zasadnicze grupy map: ogólnogeograficzne i tematyczne. Mapy ogólnogeograficzne przekazują (naturalnie z uwzględnieniem skali, przeznaczenia i innych cech) możliwie pełną charakterystykę geograficzną przedstawianego obszaru, obejmującą zarówno krajobraz naturalny jak i kulturowy. Przedstawiają przede wszystkim elementy topografii terenu i jego cechy fizyczne, przy równorzędnym traktowaniu rzeźby terenu i innych elementów treści, w tym osadnictwa i infrastruktury technicznej.

Mapy tematyczne dotyczą zawsze wybranego zjawiska, ukazując w ten sposób charakterystykę jednego tematu przyrodniczego, społecznego, gospodarczego, historycznego lub związanego z inną dziedziną wiedzy, a pomijając niektóre elementy krajobrazu geograficznego. Traktują one topografię prezentowanego obszaru jako element uzupełniający, orientujący, a czasem wręcz zbędny. Mapy te można podzielić na: przyrodnicze (dotyczące elementów krajobrazu naturalnego, jego zagrożeń i ochrony), i społeczno-gospodarcze (dotyczące różnych form działalności człowieka, w tym *mapa zasadnicza*, a także problemów społecznych i ludnościowych, w tym m.in. mapy administracyjne).

Ze względu na **skalę** w naukach geograficznych mapy dzielimy na poniższe, umowne grupy, które w różnych krajach cechują się różnymi progami skalowymi:

- wielkoskalowe (w skali 1:250 000 i powyżej)
- średnioskalowe (w skalach poniżej 1:250 000 do 1: 1 000 000)
- małoskalowe (w skalach mniejszych od 1:1 000 000)

W praktyce korzysta się często z podziału uwzględniającego oba powyższe kryteria i wśród map ogólnogeograficznych wyróżnia się następujące grupy:

- sytuacyjno-wysokościowe, w tym mapy zasadnicze, katastralne i inne (w skalach wielkich, powyżej 1:10000)

- topograficzne (w skalach 1:10000 - 1: 250000)
- topograficzno-przeglądowe (w skalach poniżej 1:250000 do 1:1 mln.)
- przeglądowe (w skalach mniejszych od 1:1 mln.) i fizyczne (rzeźba prezentowana w skali barw hipsometrycznych)

Przeznaczenie mapy to jedno z najważniejszych kryteriów przyjęcia metodyki i technologii jej opracowania i udostępniania. Od warunków w jakich będzie ona wykorzystywana i rodzaju użytkownika, któremu ma służyć, zależą inne jej cechy: skala główna, zasięg terytorialny, zakres treści i szczegółowość, metody prezentacji kartograficznej. Mapy można podzielić ze względu na przeznaczenie na dwie zasadnicze grupy:

- mapy ogólnego stosowania (użytkowane powszechnie), jak np. mapy szkolne, turystyczne, drogowe, nawigacyjne powszechne, ilustracyjne itp.
- mapy specjalistyczne (przeznaczone dla wąskich kręgów odbiorców, specjalistów z różnych dziedzin), np.: mapy inżynieryjno-gospodarcze, ewidencyjne (katastralne), nawigacyjne specjalistyczne, np. morskie, mapy wojskowe.

Specyficznym przeznaczeniem cechują się również mapy tyflogiczne (tyflomapy), które służą osobom niewidomym i słabowidzącym. Jest to specyficzna grupa map ogólnego stosowania (użytkowane jednak przez dość wąską grupę niepełnosprawnych wzrokowo), których postać umożliwia dotykową percepcję treści. Są wykonane na podłożach twardych lub w technice druku wypukłego i służą jako pomoce szkolne, ilustracje książkowe, czy elementy atlasów dla niewidomych.

Mapy możemy także grupować ze względu na **zasięg terytorialny** (mapy świata, kontynentów, państw, regionów, obiektów przyrodniczych, społecznych czy infrastrukturalnych) oraz **odniesienie czasowe**. To ostatnie kryterium pozwala wyróżnić mapy:

- historyczne i rekonstrukcyjne (prezentujące treść istniejącą w przeszłości - w stosunku do daty opracowania)
- dokumentacyjne (treść odniesiona do stanu bliskiego dacie opracowania, dokumentująca ten stan)
- prognostyczne i planistyczne (odnoszące się do stanów prognozowanych lub sytuacji planowanych, w tym tzw. plany zagospodarowania przestrzennego).

Zauważmy, że ostatnie kryterium nie mówi nic o wieku map i klasyfikacja wg niego nie zależy od daty opracowania mapy. Mogą istnieć dawne mapy dokumentacyjne (np. mapa Polski Wacława Grodeckiego z 1562 r.), ale też często spotykamy współczesne (nowe) mapy historyczne czy rekonstrukcyjne (jak np. mapa Powstania Warszawskiego wydana obecnie).

1.7 Pojęcie geoprezentacji [®]

Przedmiotem badań kartografii, jak podano w rozdz. 1.1, jest mapa, czyli obraz posiadający takie niezbywalne cechy jak: kartometryczność, dzięki zastosowaniu odwzorowania kartograficznego, poglądowość, dzięki symbolizacji i uogólnienie - uzyskane w drodze generalizacji. Mapa ma zazwyczaj charakter graficzny (model obrazowo-znakowy), nie wyklucza się jednak przedstawień innych niż wizualne, np.: map dotykowych czy dźwiękowych. Podobnie – płaskość i statyczność obrazu są cechami tradycyjnie przypisywanymi modelom kartograficznym, ale nie są one obligatoryjne. Szczególnymi mapami są przecież globusy i mapy plastyczne, dla których trzeci wymiar prezentacji realizowany jest w sposób fizyczny (materialny). Dzięki zastosowaniu na potrzeby kartografii techniki cyfrowej możliwe stało się graficzne przedstawienie trójwymiarowej przestrzeni, a także czwartego wymiaru rzeczywistości – czasu. Dlatego też konieczne jest

wprowadzenie nadrzędnego terminu **geoprezentacji**, rozumianej jako forma przedstawienia rzeczywistości geograficznej.

W pojęciu geoprezentacji mieszczą się zarówno opracowania analogowe jak i cyfrowe. Jednak o ile w przypadku opracowań analogowych formę prezentacji można utożsamiać z modelem rzeczywistości -modelem materialnym, o tyle w technologiach cyfrowych istotne staje się wyraźne rozdzielenie pojęciowe źródłowego modelu danych przestrzennych opisanego współrzędnymi X, Y, Z (lub B, L i H), a często także wymiarem czasu, od formy jego prezentacji. Relacje, jakie zachodzą między modelem numerycznym, a formą prezentacji modelu, określa **proces geowizualizacji**, który w niniejszej publikacji będzie używany wyłącznie w tym kontekście.

Do geoprezentacji możemy zaliczyć: mapy, zdjęcia naziemne, lotnicze i satelitarne, rysunki, filmy, modele fizyczne, wizualizacje trójwymiarowe, animacje itd. Jako konstytutywną cechę geoprezentacji należy uznać **uporządkowanie przestrzenne** (ściślej: geoprzestrzenne) elementów tworzących model. Pozostałe własności można traktować jako zmienne i zależne od przeznaczenia, zakresu treści i zasięgu przestrzennego geoprezentacji. Trzy cechy współczesnych prezentacji kartograficznych mają szczególne znaczenie: wielowymiarowość, dynamika i interaktywność przekazu oraz multimedialność – cecha właściwa mediom elektronicznym.

Określenie wizualnych własności geoprezentacji, jako dominujących, nie wyklucza możliwości wzbogacenia jej o dodatkowe, niegraficzne elementy np. opisy tekstowe oraz efekty audiowizualne np. narrację czy muzykę. W szczególnych przypadkach (modeli dotykowych lub dźwiękowych) sfera wizualna może zostać całkowicie zredukowana, co nie wyklucza ich z grupy geoprezentacji.

Spośród wielu prób kompleksowego omówienia różnorodnych prezentacji przestrzeni i ich klasyfikacji warto wymienić teorię geoprzedstawień Berlanta. Wychodząc poza tradycyjną definicję kartografii A. Berlant zaproponował pod koniec lat 80-tych koncepcję nowej dyscypliny – **geoikoniki** oraz podał klasyfikację **geoprzedstawień** tj. wszelkich zobrazowań przestrzeni geograficznej (Berlant 1993). Zaznaczający się w owym czasie wzrost wykorzystania obrazów teledetekcyjnych i fotogrametrycznych oraz rozszerzenie warsztatu specjalistów o narzędzia komputerowe było naturalną przyczyną pojawienia się prezentacji hybrydowych oraz form obcych klasycznej kartografii, stąd propozycja wprowadzenia ogólnego terminu określającego *przestrzenno-czasowe, skalowe, zgeneralizowane modele obiektów ziemskich (planetarnych) lub procesów, przedstawione w obrazowej formie graficznej*. W tym zakresie mieszczą się modele proste i złożone (kombinowane), które można klasyfikować w sposób właściwy tradycyjnej kartografii: tematyki, skali (stopnia abstrahowania), zakresu przestrzennego, ale także według zupełnie nowych kryteriów. W systemie geoprzedstawień Berlanta znalazło się miejsce dla prezentacji trójwymiarowych i czterowymiarowych.

Systematykę różnorodnych prezentacji przedstawia także Kozieł (2001) określając je mianem **geokompozycji**. Zgodnie z podaną definicją geokompozycja jest to *techniczno-estetyczna kompozycja celowo dobranych i właściwie uporządkowanych elementów* graficznych, dźwiękowych i tekstowych, jako zmiennych komponentów samoistnych lub współwystępujących z sobą w różnych konfiguracjach, z możliwymi funkcjami interaktywnego modyfikowania treści, a informujących o obiektach, procesach oraz zjawiskach społeczno-przyrodniczych zachodzących w geosferze. Geokompozycja jest tu traktowana jako twór niejednorodny, złożony z elementów ikonicznych, fonicznych oraz tekstowych. Kozieł podaje wśród potencjalnych elementów składowych takie komponenty jak: mapa, plan, rysunek, zdjęcie naziemne, zdjęcie lotnicze, zdjęcie satelitarne, tekst, narracja, muzyka, efekty dźwiękowe.

Jednym z efektywniejszych sposobów klasyfikacji tak różnorodnego zbioru różnych form i struktur jest ujęcie modelowe, bazujące na wybranych cechach zdefiniowanego wcześniej **modelu przestrzeni geograficznej**. Wymieniony w rodz. 3 podział na modele mentalne i materialne stanowi właśnie jeden z możliwych poziomów klasyfikacyjnych modeli przestrzeni geograficznej. Podział na modele: topograficzny, kartograficzny i teledetekcyjny jest niezwykle praktyczny ze

względu na ścisłe powiązanie z **modelami danych przestrzennych**. Inny podział modeli przestrzeni geograficznej można wyprowadzić wprost z definicji modelu. *Modelem można nazwać taki opis (odzworowanie) bytów rzeczywistych*, który służy wydobyciu charakterystycznych aspektów badanego fragmentu rzeczywistości w stopniu umożliwiającym poznanie, z pominięciem cech i związków nieistotnych (Makowski 1998). Można więc powiedzieć, że spektrum własności danego modelu wynika z charakterystyki prezentowanych zjawisk i obiektów, a więc cechy rzeczywistości mogą być kryterium klasyfikacji modeli. Trzy istotne cechy rzeczywistości to wielowymiarowość przestrzenna, zmienność czasowa oraz multisensoryczność - oddziaływanie na różne zmysły człowieka. Te cechy odzwierciedlają odpowiednio: wielowymiarowość prezentacji, dynamiczność obrazu i multimedialność (Kowalski 2003).

1.8 Wizualizacja kartograficzna³

Przed dwudziestu laty zaczęto rozwijać nowy kierunek badawczy – **wizualizację naukową** (ViSC – Visualization in Scientific Computing), którą najczęściej określano jako „zastosowanie technologii komputerowej do tworzenia wizualnych prezentacji analiz zjawisk” (McCormick i in., 1987). Z wizualizacji naukowej wywodzi się pojęcie **wizualizacji kartograficznej**, jako kierunku badawczego zajmującego się metodami poznania i analizy zjawisk oraz ich wizualnego przedstawiania za pomocą nowych technologii komputerowych (Taylor, 1994). Funkcjonują także inne określenia np.: wizualizacja geograficzna (GVIS – z ang. Geographic Visualization). Powyższe definicje są bliskie pojęciu modelowania kartograficznego - w szerokim kontekście teoretycznym. W niniejszym opracowaniu przyjęto ujednolaczenie pojęcia **wizualizacji** w sensie procesu i **prezentacji** jako efektu realizowanych w ramach wizualizacji zadań, choć potocznie używa się obu pojęć wymiennie.

Wizualizacja kartograficzna (geowizualizacja) jest rozumiana jako proces obejmujący przetworzenie i analizę danych przestrzennych oraz ich przedstawienie (zobrazowanie) zgodnie z metodyką prezentacji kartograficznej oraz zastosowaną technologią opracowania. Charakterystycznymi cechami tego procesu jest przede wszystkim realizacja wybranego odwzorowania kartograficznego, dynamiczna symbolizacja oraz automatyczna generalizacja danych źródłowych.

Prezentacja kartograficzna (geoprezentacja), oparta na formach i metodach wypracowanych w kartografii, stanowi efekt procesu wizualizacji kartograficznej i tak rozumiana może służyć zarówno do indywidualnego przeglądania danych geograficznych, także obrazowania efektów ich przetwarzania, jak i do opracowania na jej podstawie publikacji kartograficznej skierowanej do pewnej grupy odbiorców.

Publikacja kartograficzna to jednolite co do zakresu treści, osnowy matematycznej, symbolizacji i generalizacji opracowanie kartograficzne (także złożone, tworzące systemową całość, np. mapy wieloarkuszowe, atlasy, serwisy geoinformacyjne) przygotowane zgodnie z przeznaczeniem. Cel opracowania, a zatem również potencjalny odbiorca publikacji, determinuje konieczność wzbogacenia właściwego obrazu kartograficznego o elementy osnowy kartograficznej (ramka mapy, siatki współrzędnych, opisy i inne elementy pozaramkowe) oraz osnowy funkcjonalnej (w przypadku publikacji multimedialnych).

Współczesne kartograficzne techniki wizualizacyjne (redakcyjne) i publikacyjne (reprodukcyjne) pozwalają w dużym stopniu zautomatyzować większość czynności prowadzących od danych źródłowych do ostatecznego obrazu mapy. Zastosowanie technologii cyfrowej, zwykle środowiska aplikacyjnego systemów informacji geograficznej, w całym procesie opracowania mapy zasadniczo skraca i upraszcza wiele procedur stosowanych dotychczas w analogowym warsztacie redakcyjnym i mechaniczno-fotograficznych technologiach reprodukcji.

Obecnie proces redagowania mapy w środowisku GIS obejmuje dwa etapy przetworzenia danych źródłowych: wstępną wizualizację kartograficzną i końcową redakcję obrazu kartograficznego

gotowego do wydruku lub publikacji elektronicznej. Tylko pierwszy etap - wstępnej wizualizacji kartograficznej, w którym mieści się proces odwzorowania kartograficznego, pełna symbolizacja oraz częściowa generalizacja danych, może być całkowicie zautomatyzowany, a więc powtarzalny.

Drugi etap opracowania polega na przeprowadzeniu generalizacji kartograficznej, manualnej redakcji graficznej treści mapy i doprowadzeniu do postaci końcowej np. arkusza mapy, zawierającego opisy, nazwy obiektów oraz ramki, siatki i opisy pozaramkowe (zwykle wymagane instrukcją techniczną). Redagowanie ostatecznego obrazu kartograficznego (swoistego czystorysu, czyli oryginału wydawniczego) nadal wymaga przeprowadzenia wielu operacji manualnych. Najbardziej czasochłonny etap opracowania redakcyjnego polega na dokonaniu manualnych korekt redakcyjnych, które obejmują zarówno dyslokacje i kasowanie znaków w celu unikania wzajemnych kolizji, jak i edycję nazw i opisów. Obraz graficzny uzyskuje dzięki tym operacjom walor czytelności i jednoznaczności przekazu. Redakcyjne opracowanie mapy kończy proces generowania ramek arkusza, siatek i objaśnień znaków, a także wniesienie opisów wewnątrz- i pozaramkowych.

Przygotowanie arkusza mapy do druku lub publikacji elektronicznej obejmuje dodatkowe procesy technologiczne np. rasteryzację obrazu. Inaczej niż w technologiach tradycyjnych etap publikacyjny nie ogranicza się do technologii drukarskich. Poza stosowanym w publikacjach wielonakładowych drukiem offsetowym istnieje możliwość druku ploterowego (zwykle niskonakładowego) lub publikacji elektronicznej w formie dokumentów elektronicznych (off-line) lub serwisów internetowych (on-line).

2. Podstawy teoretyczne wizualizacji kartograficznej

2.1 Matematyczne podstawy opracowań kartograficznych ^{①④}

Matematyczna konstrukcja mapy jest realizowana przez dobór odpowiedniej powierzchni odniesienia i określenie zasad jej odwzorowania na płaszczyznę w przyjętej skali. Zapewnia to mapie jej własności metryczne, umożliwiające dokonywanie na mapie wybranych pomiarów z określoną dokładnością wynikającą ze skali i rozkładu zniekształceń odwzorowawczych. Konstrukcja ta jest realizowana przez przyjęcie konkretnych rozwiązań w zakresie osnowy geodezyjno-kartograficznej opracowań kartograficznych.

Chociaż mowa tu będzie o osnowie geodezyjno-kartograficznej map, to niemalże wszystkie elementy ich konstrukcji matematycznej stosuje się także w odniesieniu do baz danych przestrzennych. W zakres tej osnowy wchodzi: system współrzędnych geodezyjnych wraz z definicją zastosowanej powierzchni odniesienia, skala mapy (lub stopień szczegółowości bazy danych), odwzorowanie kartograficzne i układ współrzędnych prostokątnych na płaszczyźnie obrazu oraz system podziału na arkusze (moduły opracowania).

2.1.1 Powierzchnie odniesienia stosowane w geodezji i kartografii

Fizyczna powierzchnia Ziemi, ze względu na wysoki stopień skomplikowania, nie nadaje się do analitycznie sformalizowanego matematycznego opisu. Najściślej kształt Ziemi aproksymuje *geoida*, czyli powierzchnia, która ma w każdym punkcie stałą wartość potencjału siły ciężkości o wartości równej potencjałowi dla średniego poziomu wód morskich. Dlatego w geodezji i kartografii geoida przyjmowana jest jako powierzchnia odniesienia przy określaniu wysokości punktów fizycznej powierzchni Ziemi.

Na podstawie dokładnych pomiarów stwierdzono, że kształt Ziemi jest zbliżony do elipsoidy trójosiowej, nieco wydłużonej w kierunku północnego bieguna Ziemi. Przyjęcie takiej powierzchni skomplikowałoby obliczenia. Stąd na potrzeby geodezji i kartografii topograficznej jako

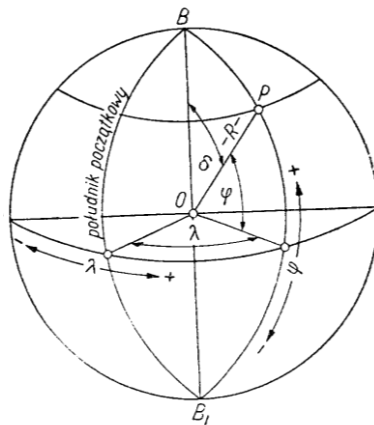
matematyczny model Ziemi lub jej części przyjmuje się *elipsoidę obrotową spłaszczoną*, powierzchnię o stosunkowo prostym opisie matematycznym.

Dla szczegółowych opracowań niewielkich obszarów (mieszczących się w okręgu o promieniu do 20 km) można jako powierzchnię odniesienia przyjąć *płaszczyznę*. Tak opracowane mapy (zwane także planami) są w lokalnym, prostokątnym układzie współrzędnych. Nie ma to jednak zastosowania do map topograficznych.

Do opracowania map ogólnogeograficznych przeglądowych oraz map w skalach małych, np. map atlasowych, jako powierzchnię odniesienia wystarczy przyjąć *sferę*, jako najprostszy model powierzchni kuli ziemskiej.

Sfera i układ współrzędnych geograficznych

Istnieje kilka sposobów obliczenia promienia sfery, jako modelu powierzchni kuli Ziemskiej, na podstawie półosi wybranej elipsoidy, jednak najczęściej jako promień sfery przyjmuje się $R = 6371$ km. Na sferze przyjęto siatkę geograficzną, stanowiącą zbiór południków i równoleżników. Południk początkowy (zerowy) i równik stanowią osie układu współrzędnych geograficznych.



Ryc. 3. Układ współrzędnych geograficznych (opracowanie własne)

Położenie punktów na kuli ziemskiej w układzie współrzędnych geograficznych określają:

- *szerokość geograficzna* φ (kąt zawarty między płaszczyzną równika a normalną do sfery w danym punkcie),
- *długość geograficzna* λ (kąt dwuścienny zawarty między płaszczyzną południka początkowego a płaszczyzną południka zawierającego dany punkt).

Elipsoida obrotowa spłaszczona i układ współrzędnych geodezyjnych

Elipsoida obrotowa spłaszczona powstaje w wyniku obrotu elipsy dookoła osi małej. Elipsoida ziemską jest spłaszczona na biegunach. Odstępstwo elipsoidy od sfery wyraża spłaszczenie α lub mimośród ε przekroju południkowego:

$$\alpha = \frac{a - b}{a}, \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}},$$

gdzie: a – długość dużej półosi elipsoidy, b – długość małej półosi elipsoidy.

Elipsoida obrotowa spłaszczona jest wystarczająco dobrym modelem geoidy wykorzystywanym w pracach geodezyjnych i przy opracowaniu map topograficznych i topograficzno-przeglądowych.

Elipsoidę aproksymującą geoidę lokalnie nazywamy *elipsoidą referencyjną* (lub *elipsoidą odniesienia*). Elipsoida taka ma punkt przyłożenia do geoidy w wybranym punkcie astronomicznym (jego położenie jest wyznaczone z pomiarów astronomicznych) na powierzchni Ziemi. Elipsoidy odniesienia przyjmowano do prowadzenia prac geodezyjnych i topograficznych na terenie poszczególnych państw lub ich bloków.

Rozwój grawimetrycznych i satelitarnych metod pomiarowych w geodezji umożliwił zdefiniowanie elipsoidy najlepiej aproksymującą geoidę na obszarze całej Ziemi. Elipsoidę taką nazywamy *elipsoidą geocentryczną*. Przyjmuje się ją jako powierzchnię odniesienia w systemie globalnym. Obecnie zachodzi proces zastępowania elipsoid referencyjnych elipsoidą geocentryczną.

W ostatnim półwieczu w Polsce do opracowania map topograficznych i topograficzno - przeglądowych, a także do prac geodezyjnych znalazły zastosowanie elipsoidy: Krasowskiego, GRS'80 oraz WGS-84. Podstawowe parametry wymienionych elipsoid podano w Tab. 1.

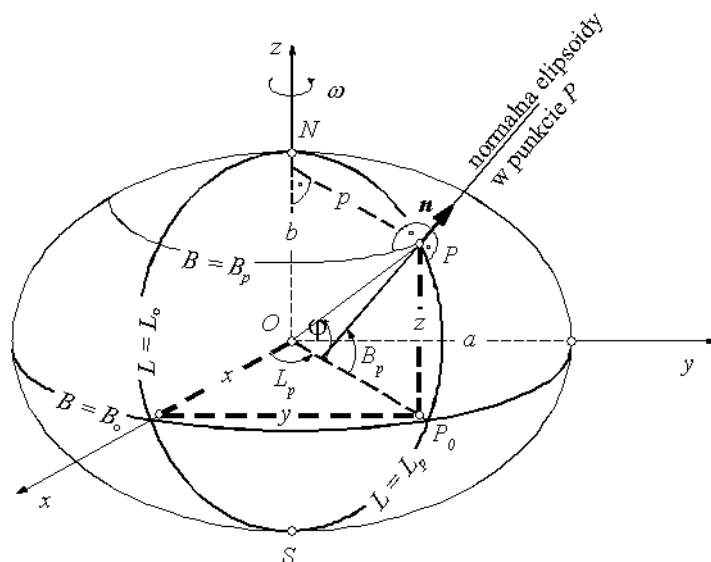
Elipsoida Krasowskiego, referencyjna, wyznaczona w ZSRR w 1940 r., w Polsce przyjęta w 1953 r. wraz z układem współrzędnych „1942”, zastosowana została także w układzie współrzędnych „1965”.

Elipsoidy: GRS'80 i WGS-84, geocentryczne, wyznaczone zostały na podstawie pomiarów grawimetrycznych i satelitarnych. Elipsoida WGS-84 jest powierzchnią odniesienia Światowego Systemu Geodezyjnego (World Geodetic System 1984). Różni się minimalnie z wcześniej wyznaczoną elipsoidą GRS'80 (Geodetic Reference System 1980), która jest podstawą europejskiego systemu geodezyjnego. Wynikające z tych różnic rozbieżności w obliczeniach położenia punktów nie przekraczają 1mm. Dlatego też, gdy chodzi o kształt i wymiar obu elipsoid, nie wprowadza się między nimi rozróżnienia (Czarnecki, 1996). W Polsce elipsoidę GRS'80 zastosowano w układzie „1992”, a elipsoidę WGS-84 do opracowania map topograficznych w standardach NATO od 1995 r.

Tab. 1. Podstawowe parametry elipsoid stosowanych w Polsce w pracach geodezyjnych i topograficzno-kartograficznych od połowy XX w.

Elipsoida	Długość dużej półosi (a)	Długość małej półosi (b)	Spłaszczenie (α)
Krasowskiego	6 378 245 m	6 356 863 m	1/298,3
GRS'80	6 378 137 m	6 356 749 m	1/298,257 222 101
WGS-84	6 378 137 m	6 356 752 m	1/298,257 223 563

Położenie punktu na elipsoidzie można określić za pomocą współrzędnych kartezjańskich X , Y , Z lub w mierze kątowej za pomocą współrzędnych geograficznych elipsoidalnych, zwanych *współrzędnymi geodezyjnymi* (Ryc. 4).



Ryc. 4. Współrzędne prostokątne i współrzędne geodezyjne (Czarnecki, 1996)

Szerokość geodezyjna B punktu P jest kątem między płaszczyzną równika a normalną do elipsoidy w punkcie P , mierzonym w płaszczyźnie południka zawierającego punkt P .

Długość geodezyjna L punktu P jest kątem mierzonym w płaszczyźnie równika, między płaszczyzną południka początkowego a płaszczyzną południka zawierającego punkt P .

Współrzędne geodezyjne tego samego punktu na powierzchni Ziemi mogą różnić się między sobą w zależności od parametrów przyjętej elipsoidy i jej orientacji względem bryły ziemskiej. Dawniej wyznaczane elipsoidy były zorientowane lokalnie poprzez przyjęcie danych wyjściowych tj. położenia punktu i azymutu początkowego. Dane te wyznaczano bezpośrednimi pomiarami astronomicznymi, dokonywanymi na powierzchni Ziemi i odniesionymi do geoidy. Przyjmowano współrzędne punktu i azymutu początkowego jako równe elipsoidalnym: $\varphi = B$, $\lambda = L$, $\alpha = A$, uznając, że elipsoida została przyłożona do geoidy w punkcie początkowym, nazywanym także punktem przyłożenia lub punktem głównym. Współcześnie stosowane elipsoidy geocentryczne (ziemskie) spełniają cały szereg warunków geofizycznych mających wpływ na ich odniesienie do geoidy.

Elipsoida wraz z przyjętymi dla niej danymi wyjściowymi tworzy *układ współrzędnych geodezyjnych*, dla którego przyjmuje się indywidualną nazwę.

W 1953 r. wprowadzono dla państwowej sieci geodezyjnej układ współrzędnych geodezyjnych „**Pulkowo’42**”, stanowiący integralną część układu „1942”. Stosowano go również do opracowania map topograficznych (od 1953 r. do połowy lat 90. XX w.).

W latach 1995 – 2003 opracowywano cywilne mapy topograficzne 1:10 000 i 1:50 000, a od 2003 r. tworzy się Bazę Danych Topograficznych (TBD), przekształconą w 2011 r. w Bazę Danych Obiektów Topograficznych w układzie „1992”, którego integralną część stanowi układ współrzędnych geodezyjnych **EUREF-89** na elipsoidzie ziemskiej GRS’80.

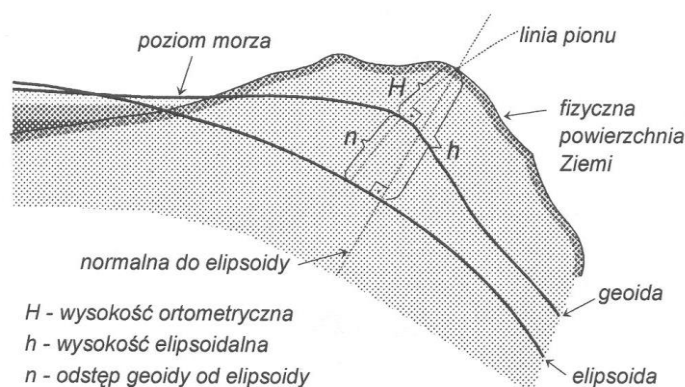
Również od 1995 r. zaczęto opracowywać wojskowe mapy topograficzne 1:50 000, 1:100 000 i 1:250 000 oraz bazę danych topograficznych VMapLevel2, w układzie współrzędnych geodezyjnych **WGS-84** na elipsoidzie o tej samej nazwie. Przeliczenie współrzędnych z układu WGS-84 do współrzędnych B, L układu „1942” lub innego, jest możliwe na drodze transformacji. Różnice między współrzędnymi geodezyjnymi tego samego punktu w układzie „1942” i WGS-84, na obszarze Polski, nie przekraczają 2" szerokości geodezyjnej i 7" długości geodezyjnej.

Geoida i systemy wysokościowe

Jak wspomniano wcześniej, geoida jest powierzchnią, która w każdym punkcie ma stałą wartość potencjału siły ciężkości i odpowiada średniemu poziomowi mórz i oceanów.

Średni poziom wody morskiej wyznaczany był bardzo dokładnie w wyniku wieloletnich obserwacji za pomocą mareografu w wielu portach na kuli ziemskiej, stąd mnogość systemów wysokościowych stosowanych na świecie. W 1928 r. w Polsce, jako zerowy poziom odniesienia przyjęto poziom Morza Północnego w Amsterdamie. W 1953 r. przyjęto dowiązanie wszystkich punktów wysokościowych na obszarze Polski do średniego poziomu Morza Bałtyckiego, wyznaczonego przez mareograf umieszczony w porcie Kronsztadt na wyspie Kotlin, położonej w Zatoce Fińskiej i należącej do Rosji. System ten ma obowiązywać do końca 2019 r. Obok niego od 2012 r. obowiązuje ponownie system wysokości Amsterdam.

Jako współrzędną pionową punktu położonego na powierzchni Ziemi przyjmuje się zwykle jego wysokość mierzoną względem geoidy, czyli tzw. wysokość ortometryczną (Ryc. 5). W Polsce i w krajach byłego obozu państw socjalistycznych obowiązuje nadal, wprowadzony w 1960 r. i zmodyfikowany w 1986 r. system tzw. wysokości normalnych, liczonych nie względem geoidy, ale od tzw. quasigeoidy Mołodeńskiego, która nie jest powierzchnią ekwipotencjalną, ale na obszarach mórz i oceanów pokrywa się z geoidą (Czarnecki, 1996). Wysokości normalne tworzą wartości geopotencjalne podzielone przez przeciętne wartości przyspieszenia normalnego siły ciężkości, odniesione do średniego poziomu Morza Bałtyckiego, wyznaczonego dla mareografu w Kronsztadzie. Tak zdefiniowany układ wysokości stanowi element Państwowego Systemu Odniesień Przestrzennych, określonego w rozporządzeniach Rady Ministrów z 2000 r. i 2012 r.



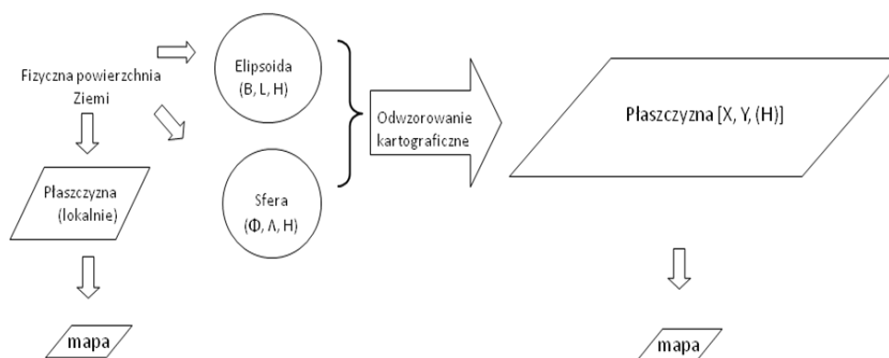
Ryc. 5. Wysokości: ortometryczna i elipsoidalna (opracowanie własne)

W geocentrycznych systemach odniesienia, opartych na pomiarach satelitarnych, odbiorniki GNSS (Global Navigation Satellite System) pozwalają na określenie wysokości elipsoidalnych. Wysokość elipsoidalna, nazywana również wysokością geodezyjną, jest mierzona między elipsoidą odniesienia a fizyczną powierzchnią Ziemi wzdłuż normalnej do elipsoidy przechodzącej przez dany punkt (Ryc. 5). Wysokość ortometryczną można wyznaczyć z przybliżonej zależności:

$$H = h - n,$$

gdzie: H – poszukiwana wysokość ortometryczna, h – wysokość elipsoidalna, n – odstęp geoidy od elipsoidy.

2.1.2 Odwzorowanie kartograficzne i jego własności



Ryc. 6. Od powierzchni odniesienia do płaszczyzny mapy (M. Stankiewicz, 2010)

Odwzorowanie kartograficzne pozwala na przejście z powierzchni odniesienia (sfery lub elipsoidy) w płaszczyznę (Ryc. 6). Przekształcenie to musi spełniać następujący warunek: każdemu punktowi na powierzchni odniesienia odpowiada dokładnie jeden punkt na płaszczyźnie i odwrotnie.

Położenie dowolnego punktu na powierzchni odniesienia można wyznaczyć za pomocą współrzędnych geograficznych (φ , λ – na sferze) lub geodezyjnych (B , L – na elipsoidzie), zaś współrzędne odpowiadającego mu punktu na płaszczyźnie obrazu za pomocą współrzędnych prostokątnych (X , Y). Jeżeli odwzorowanie jest analityczne, zależność między współrzędnymi określają następujące funkcje:

$$X = f_1(\varphi, \lambda), \quad Y = f_2(\varphi, \lambda) \quad \text{lub} \quad X = f_1(B, L), \quad Y = f_2(B, L).$$

Funkcje f_1 i f_2 nazywane są *funkcjami odwzorowawczymi* lub *prawami odwzorowania*. W rozpatrywanym obszarze muszą być określone, ciągłe, odwracalne i przynajmniej jednokrotnie różniczkowalne.

Część odwzorowań kartograficznych sprowadza się do prostego, geometrycznego rzutowania punktów powierzchni odniesienia na płaszczyznę albo na pobocznice walca lub stożka, które po rozcięciu dają się rozwinąć na płaszczyznę. Taki sposób realizowania odwzorowań nazywa się *rzutowaniem kartograficznym*.

Wszystkie odwzorowania zniekształcają rzeczywisty obraz powierzchni Ziemi. Jest to wynikiem nierozwijalności powierzchni sfery i elipsoidy w płaszczyznę. W zależności od charakteru powstających zniekształceń wyróżnia się odwzorowania:

- *równopolowe*, które zachowują równość pól powierzchni odpowiadających sobie figur na powierzchni odniesienia i na powierzchni obrazu;
- *równokątne*, które zachowują równość odpowiadających sobie kątów na powierzchni odniesienia i na powierzchni obrazu;
- *dowolne*, w których występują zarówno zniekształcenia kątów, jak i zniekształcenia pól. W grupie tej wyróżniamy m.in. odwzorowania *równoodległościowe*, które zachowują bez zniekształceń przynajmniej jedną rodzinę linii.

Charakter, wielkość i rozkład zniekształceń jest jednym z podstawowych czynników warunkujących dobór odwzorowania dla mapy o określonym przeznaczeniu. Po doświadczeniach z wykorzystaniem map topograficznych z przełomu XIX i XX w. oraz w czasie pierwszej wojny światowej, zaczęto powszechnie stosować do opracowania wielko- i średnioskalowych map topograficznych odwzorowania równokątne. Wielkość zniekształceń odwzorowawczych zależy nie tylko od praw odwzorowania, ale również od wielkości odwzorowywanego obszaru.

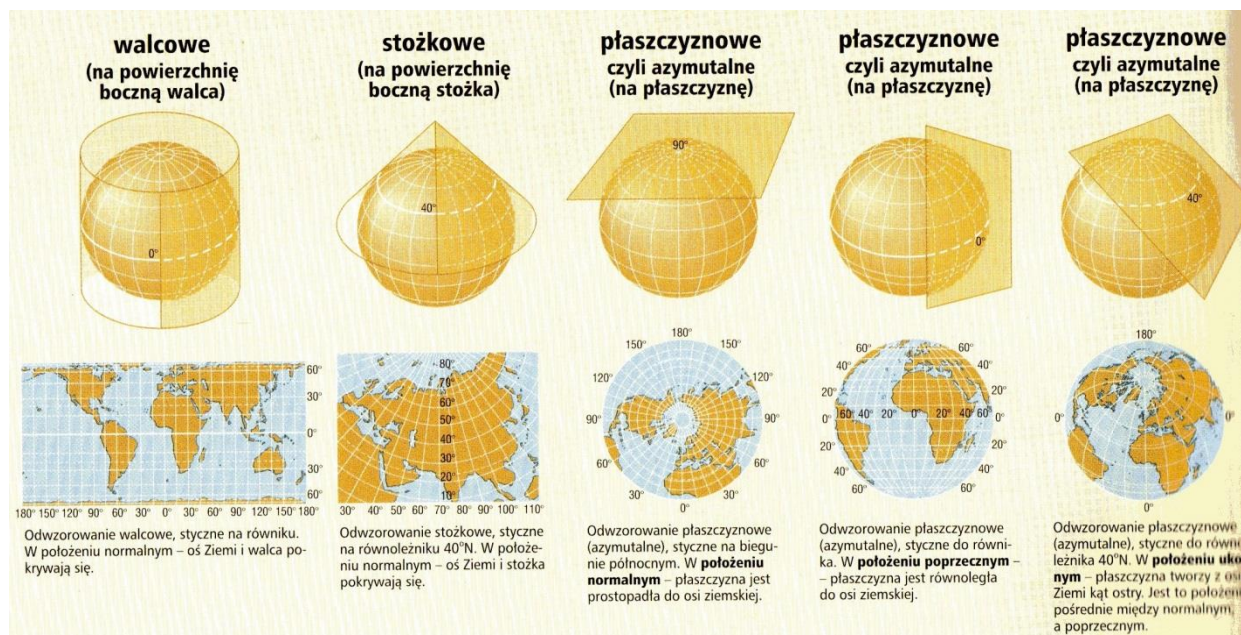
Najmniejsze zniekształcenia można uzyskać stosując *odwzorowania wielościennne*. Polegają one na podziale odwzorowanego obszaru na trapezy sferoidalne lub sferyczne, odpowiednio do skali i formatu arkusza mapy, a następnie na odwzorowaniu oddzielnie każdego z trapezów według jednolitych praw odwzorowawczych. W odwzorowaniach wielościennych dla każdego arkusza

mapy przyjmuje się z konieczności oddzielny układ współrzędnych prostokątnych. Wadą tych odwzorowań jest brak możliwości zestawiania sąsiadujących ze sobą arkuszy mapy bez luk między nimi. Odwzorowania wielościennie były powszechnie stosowane do opracowania map topograficznych do pierwszej wojny światowej.

Jeżeli odwzorowywany obszar jest stosunkowo niewielki (np. Polski), można zastosować *odwzorowanie jednolite*, o jednym układzie współrzędnych prostokątnych płaskich dla całego obszaru. Daje to możliwość zestawiania ze sobą dowolnej liczby arkuszy mapy bez luk między sąsiednimi arkuszami.

Jeżeli odwzorowywany jest duży obszar, stosuje się najczęściej *odwzorowanie wielopasowe*. Polega ono na podziale całego obszaru na strefy w postaci pasów południkowych lub równoleżnikowych i odwzorowaniu każdej strefy odrębnie, zgodnie z przyjętymi dla mapy prawami odwzorowawczymi. W odwzorowaniu wielopasowym można zestawiać ze sobą bez luk jedynie arkusze położone w obrębie jednej strefy odwzorowawczej.

Wpływ cech odwzorowania kartograficznego na kształt obrazu południków i równoleżników na płaszczyźnie mapy najlepiej zauważyć na mapach wielkich obszarów w małej skali, np. na mapach atlasowych. Stąd obraz tej samej siatki geograficznej (na sferze lub elipsoidzie) może przybierać różne formy w postaci siatki kartograficznej na mapie (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła dwołania.**).



Ryc. 7. Rodzaje odwzorowań i ich wpływ na kształt siatki kartograficznej
(Atlas geograficzny - liceum. Świat. Polska, wyd. Demart, 2005)

Siatki współrzędnych na mapach topograficznych

Położenie każdego punktu na mapie topograficznej może być określone we współrzędnych geograficznych elipsoidalnych – geodezyjnych (B, L) oraz we współrzędnych prostokątnych płaskich (X, Y) w danym odwzorowaniu. Współrzędne geodezyjne B, L wyznacza się na mapie bazując na siatce kartograficznej, natomiast współrzędne prostokątne X, Y – w oparciu o siatkę topograficzną, nazywaną również siatką kilometrową.

Siatka kartograficzna

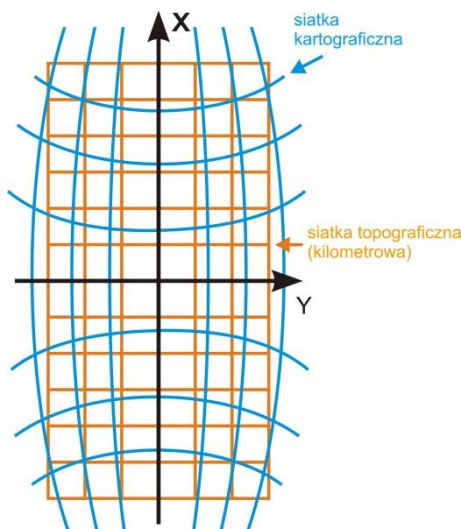
Siatka kartograficzna na mapie jest obrazem siatki geograficznej w danym odwzorowaniu, a jej kształt zmienia się zależnie od przyjętego odwzorowania, tworząc na ogół krzywoliniowy układ współrzędnych.

Pełna siatka kartograficzna występuje na mapach topograficzno-przeglądowych i przeglądowych, natomiast na pozostałych mapach topograficznych najczęściej zaznacza się i opisuje w polu wewnątrzramkowym jedynie wyloty linii siatki. Dokładniejsze wyznaczenie współrzędnych geodezyjnych umożliwia, zamieszczona także w polu wewnątrzramkowym, ramka minutowa, przedstawiająca jednominutowe odcinki obrazów południków i równoleżników tworzących ramkę wewnętrzną arkusza mapy.

Siatka topograficzna (kilometrowa)

Przy praktycznym wykorzystaniu map, np. do obliczenia odległości między punktami leżącymi na różnych arkuszach mapy, obliczenia azymutu linii, wyznaczenia pola powierzchni wybranego obszaru itp., korzystanie ze współrzędnych geograficznych wyznaczanych na podstawie siatki kartograficznej jest bardzo utrudnione. Względy praktyczne zdecydowały więc o tym, że na mapach topograficznych obok siatki kartograficznej pojawiła się siatka topograficzna w układzie współrzędnych prostokątnych w odwzorowaniu przyjętym dla danej mapy.

Siatka topograficzna jest zbiorem linii prostych równoległych do osi przyjętego układu współrzędnych prostokątnych X, Y na płaszczyźnie obrazu (odwzorowawczej). Ponieważ linie te są odległe od osi układu współrzędnych o równe wielokrotności kilometrów, siatka ta nazywana jest także siatką kilometrową (Ryc. 8).



Ryc. 8. Konstrukcja siatki topograficznej (kilometrowej) w oparciu o prostoliniowy obraz południka środkowego strefy odwzorowawczej (opracowanie własne)

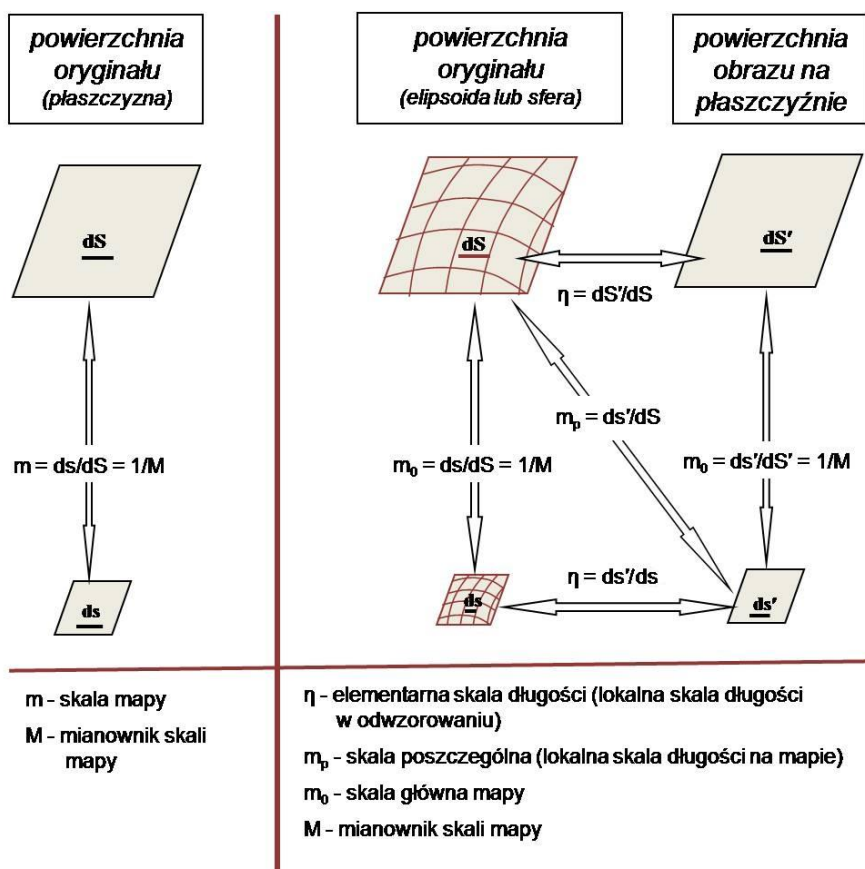
Dla większości map topograficznych konstrukcja siatki topograficznej w danej strefie odwzorowawczej opiera się na przyjęciu założenia, że wybrany południk środkowy strefy odwzorowuje się w linię prostą. Linię tą przyjmuje się za oś X układu współrzędnych ortogonalnych. W wybranym punkcie osi X prowadzi się linię prostopadłą, która wyznacza oś Y. Dla punktu początkowego układu współrzędnych prostokątnych na ogół przyjmuje się pewne dostatecznie duże liczby dodatnie, dobrane tak, aby dla całego odwzorowywanego obszaru nie było współrzędnych ujemnych.

2.1.3 Skala mapy

Skala na mapie jest ściśle związana z przyjętym dla danej mapy odwzorowaniem kartograficznym. Dokonując odwzorowania, przechodzimy z powierzchni odniesienia, nazywanej również powierzchnią oryginału, na powierzchnię odwzorowawczą (płaski obraz powierzchni odniesienia). Elementowi liniowemu dS na powierzchni oryginału odpowiada element liniowy dS' na powierzchni obrazu. Przyporządkowanie to jest dokonywane w skali naturalnej, tj. w jednostce długości przyjętej dla powierzchni odniesienia. W efekcie zmniejszenia powierzchni obrazu w stosunku $1/M$ otrzymujemy mapę, a elementowi liniowemu dS' na powierzchni obrazu odpowiada element liniowy ds' na mapie.

Identyczny efekt uzyska się, gdy najpierw pomniejszymy powierzchnię oryginału w stosunku $1/M$ tak, że elementowi liniowemu dS na powierzchni oryginału będzie odpowiadał element liniowy ds na zmniejszonej powierzchni oryginału, a następnie dokonamy odwzorowania tak zmniejszonej powierzchni oryginału na płaszczyznę mapy.

Rozpatrzmy relacje zachodzące między elementami liniowymi dS , ds , dS' , ds' definiując, wiążące się z tym pojęcia skal długości (Ryc. 9).



Ryc. 9. Wpływ lokalnych skal długości na skalę mapy (K. Buczkowski, M. Stankiewicz)
z lewej strony - wariant nie uwzględniający krzywizny Ziemi (opracowania dotyczące niewielkich obszarów),
z prawej - przypadek ogólny.

Elementarna skala długości (lokalna skala długości w odwzorowaniu)

Elementarna skala długości, nazywana także lokalną skalą długości w odwzorowaniu, jest liczbą wyrażającą stosunek elementu liniowego dS' położonego na powierzchni obrazu do odpowiadającego mu elementowi liniowemu dS na powierzchni oryginału (powierzchni odniesienia). Jeżeli stosunek ten oznaczmy literą η , to elementarną skalę długości określa wzór:

$$\eta = \frac{ds'}{dS}$$

Lokalna skala długości w odwzorowaniu na ogół jest funkcją trzech zmiennych: współrzędnych określających położenie punktu na powierzchni odniesienia (B , L – na elipsoidzie, φ , λ – na sferze) oraz kąta kierunkowego α (azymutu), wyznaczającego kierunek elementu liniowego w rozpatrywanym punkcie. Oznacza to praktycznie, że lokalna skala długości zmienia się przy przejściu od jednego punktu powierzchni obrazu do drugiego, a w danym punkcie przy przejściu od jednego kierunku do drugiego. Możemy to zapisać w postaci: $\eta = f(B, L, \alpha)$ dla elipsoidy lub $\eta = f(\varphi, \lambda, \alpha)$ dla sfery. W szczególnych przypadkach elementarna skala długości może być funkcją tylko dwóch lub nawet jednej zmiennej. Może to mieć miejsce, na przykład w odwzorowaniach konforemnych, gdzie skala długości nie zależy od kąta kierunkowego α .

Lokalna skala długości w odwzorowaniu jest zawsze dodatnia. Może być większa, równa lub mniejsza od jedności. Odchylenie lokalnej skali długości od jedności nazywamy lokalnym zniekształceniem długości lub wprost zniekształceniem długości: $z = \eta - 1$.

Skala główna mapy

Skala główna mapy, nazywana wprost *skalą mapy*, może być definiowana jako stosunek elementu liniowego ds' na mapie do odpowiadającego mu elementowi liniowemu dS' na powierzchni obrazu lub też, jako stosunek elementu liniowego ds na zmniejszonej powierzchni odniesienia do odpowiadającego mu elementowi liniowemu dS na powierzchni odniesienia. Jeżeli stosunek ten oznaczymy przez m_0 , to skalę mapy określa wzór:

$$m_0 = \frac{ds'}{dS'} = \frac{ds}{dS}.$$

Stosunek ten, jest zwykle podawany na mapie w postaci $m_0 = 1/M$ i określa ile razy została zmniejszona powierzchnia oryginału lub powierzchnia obrazu. Skala główna mapy jest zachowana tylko w tych punktach lub liniach na mapie, w których nie występują zniekształcenia długości. W pozostałych punktach na mapie skala główna nie jest zachowana.

Skala poszczególna (lokalna skala długości na mapie)

Skalą poszczególną, nazywaną także *lokalną skalą długości na mapie* nazywamy stosunek elementu liniowego ds' na mapie do odpowiadającego mu elementowi liniowemu dS na powierzchni odniesienia, co można wyrazić wzorem:

$$m_p = \frac{ds'}{dS}.$$

Między lokalną skalą długości na mapie, skalą główną i lokalną skalą długości w odwzorowaniu zachodzi zależność:

$$m_p = \eta \cdot m_0$$

W przypadku map topograficznych zredukowano wpływ lokalnej skali długości w odwzorowaniu na skalę główną mapy w dowolnym jej punkcie poprzez taki dobór wielkości strefy odwzorowawczej, aby zniekształcenia wynikające z przyjętego odwzorowania mieściły się w niedokładnościach konstrukcji obrazu kartograficznego.

2.1.4 Układy współrzędnych stosowane w urzędowych opracowaniach kartograficznych

Państwowy układ współrzędnych „1942”

Układ współrzędnych „1942” został wprowadzony w Polsce w 1953 r. w celu założenia jednolitej państwowej sieci geodezyjnej i opracowania mapy podstawowej państwa w skali 1:25000. Kolejna uchwała Prezydium Rządu, podjęta w 1955 r. zobowiązywała do opracowania mapy topograficznej

w skali 1:10000. Jako układ związany z obronnością kraju był układem tajnym, od chwili jego wprowadzenia do 1990 r., tj. do czasu zdjęcia klauzuli tajności. Topograficzna Służba Wojskowa opracowywała i wydawała mapy w tym układzie do r. 1997. W latach 1990–1995 także państwowa służba geodezyjno-kartograficzna wydawała (pod egidą Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii) arkusze map topograficznych w układzie „1942” (w wersji cywilnej).

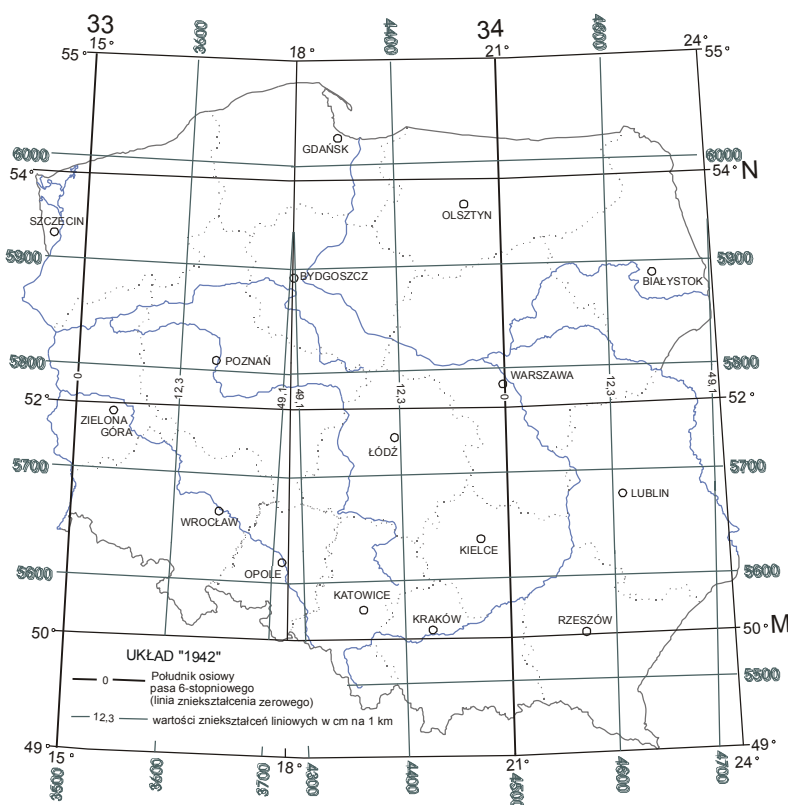
Państwowy układ współrzędnych „1942” opiera się na następujących założeniach:

- *powierzchnia odniesienia*: elipsoida Krasowskiego w układzie współrzędnych geodezyjnych Pułkowo’42. Punkt początkowy układu znajduje się w obserwatorium astronomicznym w Pułkowie (przedmieście Petersburga). Przyjęto, że w punkcie początkowym układu elipsoida Krasowskiego jest styczna do geoidy;

- *odwzorowanie*: Gaussa – Krügera, równokątne odwzorowanie powierzchni elipsoidy obrotowej na płaszczyznę dla wąskich, 3 i 6-cio stopniowych pasów południkowych.

Terytorium Polski mieści się na czterech 3 stopniowych pasach o południkach środkowych: 15°, 18°, 21° i 24° oraz na trzech 6-cio stopniowych pasach o południkach środkowych: 15°, 21° i 27° długości geograficznej wschodniej. Pasy 6-cio stopniowe pokrywają się z pasami 33, 34 i 35 przyjętymi w podziale na arkusze Międzynarodowej Mapy Świata 1:1000000. Każdy południk środkowy strefy odwzorowuje się bez zniekształceń liniowych. Linie jednakowych zniekształceń długości układają się równolegle do obrazów południków osiowych poszczególnych pasów, osiągając na granicy stref wartości bliskie +59 cm/1 km (w strefach 6°) i +15 cm/1km (w strefach 3°);

Układ współrzędnych prostokątnych płaskich: każda strefa ma odrębny układ zbudowany według takiej samej zasady, tj. oś X pokrywa się z obrazem południka środkowego strefy, zaś oś Y z obrazem równika. W punktach początkowych każdego układu współrzędnych (na przecięciu południka środkowego strefy i równika) przyjęto wartości $x_0 = 0$ km, $y_0 = N500$ km; przy czym N oznacza numer strefy odwzorowawczej, liczonej kolejno na wschód od południka Greenwich (w Polsce odpowiednio 3, 4 i 5 dla stref 6. stopniowych oraz 5, 6, 7 i 8 dla stref 3. stopniowych) (Ryc. 10).



Ryc. 10. Siatki: kartograficzna i kilometrowa w układzie „1942” na obszarze Polski, (oprac. M. Stankiewicz, w: *Skorowidz map topograficznych Polski*, GUGiK, 2001)

Państwowy układ współrzędnych płaskich „1965”

Wymogi obronności państwa oraz ówczesna doktryna militarna spowodowały, że wprowadzony w 1953r. państwowy układ współrzędnych „1942” był układem tajnym. Celem zaspokojenia potrzeb służb cywilnych przyjęto w 1968r. państwowy układ współrzędnych płaskich „1965”, w którym zaczęto wydawać mapy topograficzne do celów gospodarczych: od 1970 r. – mapę w skali 1:10000 i 1:5000, a od 1977 r. – mapy w skalach 1:10000, 1:25000 i 1:50000. Na początku lat 90. XX w. zaprzestano wydawania map w tym układzie.

W dotychczasowej praktyce kartograficznej projektując mapę dla dużego obszaru stosowano jego podział na strefy południkowe lub równoleżnikowe. Tworząc układ „1965” postąpiono zupełnie inaczej - podstawą do wydzielenia stref były granice podziału administracyjnego. Każda strefa objęła pewną liczbę województw, oczywiście zgodnie z ówczesnym podziałem administracyjnym.

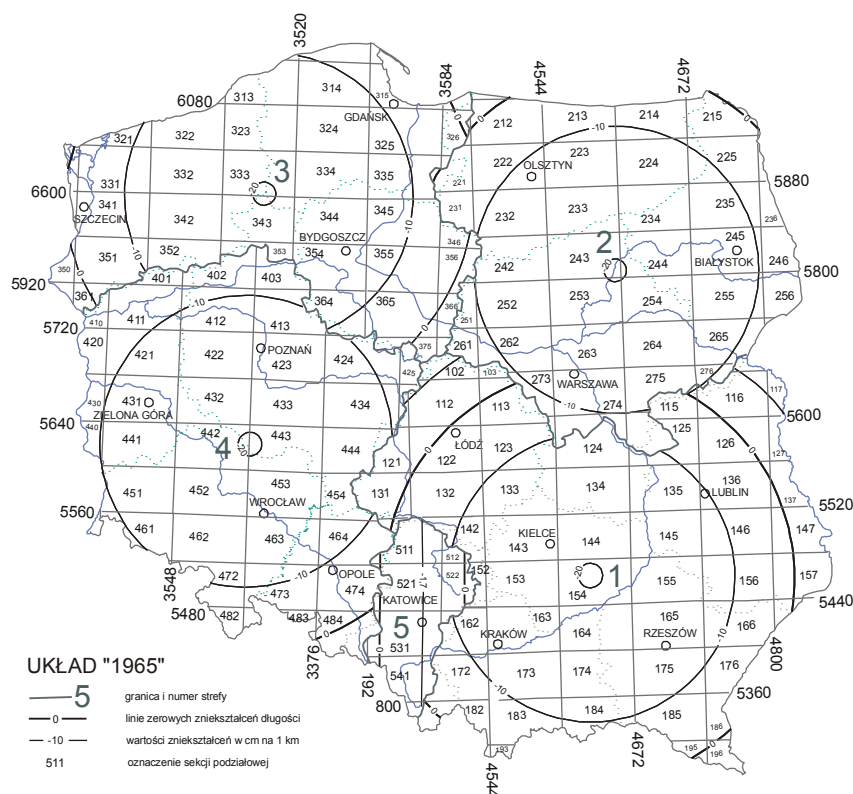
Zastosowany podział jest oczywistym absurdem. Strefy mają różną wielkość, a nonsens oparcia ich granic na podziale administracyjnym ujawnił się już w 1975 r., kiedy wprowadzono nowy podział administracyjny kraju. Okazało się wówczas, że niektóre województwa znalazły się w dwóch a nawet trzech strefach odwzorowawczych.

Jako *powierzchnię odniesienia* przyjęto elipsoidę Krasowskiego z punktem przyłożenia do geoidy w Puławie.

Odwzorowania. Każda strefa została oddzielnie odwzorowana na płaszczyznę.

Dla stref: I, II, III i IV przyjęto wiernokątne odwzorowanie quasi-stereograficzne na płaszczyznę sieczną, dlatego też zniekształcenia odwzorowawcze rozkładają koncentrycznie do punktu głównego. W punkcie centralnym każdej ze stref elementarna skala długości jest bliska 0,9998 (zniekształcenie długości -20 cm/1km). Linie zerowych zniekształceń długości są okręgami o promieniu równym ok. 178,7 km, a więc położonymi niemal na skrajach poszczególnych stref, a w wielu miejscach wychodzącymi poza ich granice.

W strefie V przyjęto odwzorowanie Gaussa-Krügera w pasie 3° z południkiem środkowym $L_0 = 18^\circ 57' 30''$ i elementarnej skali długości na tym południku równej 0,999983 (zniekształcenie długości -1,7 cm/1km). W strefie tej występują dwie linie zerowych zniekształceń, równoległe do południka środkowego strefy i odległe od niego o ok. 35,5 km, a więc także na skraju strefy (Ryc. 11).



Ryc. 11. Strefy układu „1965” i ich podział na sekcje podziałowe (oprac. M. Stankiewicz, w: *Skorowidz map topograficznych Polski*, GUGiK, 2001)

Układy współrzędnych prostokątnych płaskich. Każda strefa ma odrębny układ współrzędnych prostokątnych. Osie rzędnych (X) układów współrzędnych nie są skierowane w kierunku północy geograficznej. Dla każdej strefy mają one inny kąt skręcenia dochodzący do kilku stopni. Przyjęte współrzędne płaskie w układzie „1965” mają w strefach I – IV cztery cyfry znaczące w km, i są zbliżone w zapisie do współrzędnych w układzie „1942”, ale przesunięte względem nich liniowo nie mniej niż o 100 km. W strefie V współrzędne mają trzy cyfry znaczące w km.

Państwowy układ współrzędnych „1992”

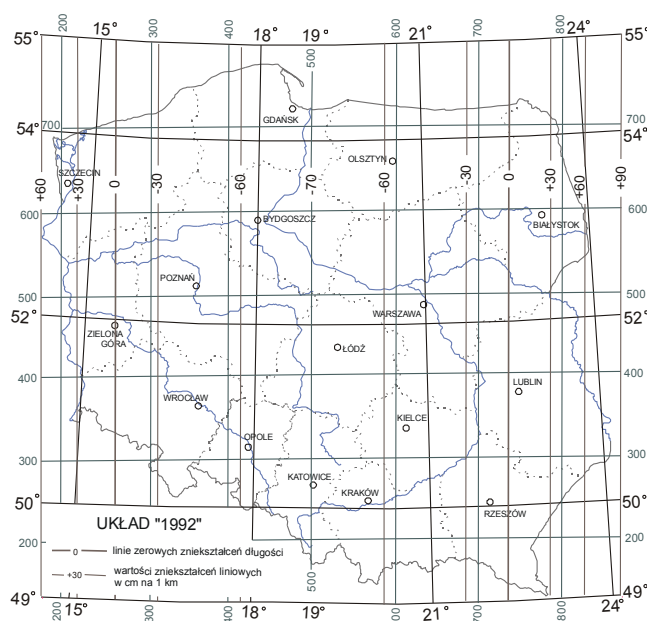
Opracowany na początku lat 90-ych XX w. dla cywilnych map topograficznych układ współrzędnych płaskich prostokątnych, nazwany układem „1992”, oparty jest na geodezyjnym układzie odniesienia EUREF-89. Jest on rozszerzeniem europejskiego układu odniesienia ETRF (European Terrestrial Reference Frame) na obszar Polski. W EUREF-89 stosuje się Geodezyjny System Odniesienia 1980 (GRS 80) oparty na teorii geocentrycznej elipsoidy ekwipotencjalnej GRS 80 (Geodetic Reference System 1980). Układ ten stanowi element państwowego systemu odniesień przestrzennych, realizowany w postaci geodezyjnych układów odniesienia ETRF2000 i ETRF89 (*Rozporządzenie RM z dnia 15.10.2012 w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych*).

Elipsoida GRS 80 stanowi powierzchnię odniesienia dla układu „1992”. Zmiana powierzchni odniesienia w stosunku do powierzchni przyjętej w układzie „1942” powoduje kilkusekundowe przesunięcia współrzędnych geodezyjnych B, L w układzie „1992”, w porównaniu ze współrzędnymi w układzie „1942”.

Układ „1992” (od 1998r. nazywany także PSWG „1992” – Państwowy System Współrzędnych Geodezyjnych „1992”) przeznaczony do stosowania w mapach urzędowych w skalach 1:10000 i mniejszych. Układ „1992” jest jednolity dla całego obszaru Polski.

Odwzorowanie: Gaussa - Krügera w pasie południkowym obejmującym cały obszar Kraju (ponad 10°), z południkiem osiowym $L_0 = 19^\circ$ E, na którym elementarna skala długości wynosi 0,9993 (zniekształcenie długości -70 cm na 1 km). Podobne, co do wartości bezwzględnej, zniekształcenia występują na krańcu wschodnim (+90 cm na 1 km) i zachodnim (+60 cm na 1 km) Polski. Linie zerowych zniekształceń przebiegają w odległości ok. 240 km od południka osiowego.

Układ współrzędnych prostokątnych płaskich: początkiem układu „1992” jest punkt przecięcia obrazu południka osiowego 19° (oś X) z obrazem równika (oś Y), przy czym punkt ten ma współrzędne: $x = -5300000$ m, $y = 500000$ m. Stąd współrzędne punktów wyrażone w km na obszarze Polski mają trzy cyfry znaczące.



Ryc. 12. Siatki współrzędnych w układzie „1992” na obszarze Polski (oprac. M. Stankiewicz, w: *Skorowidz map topograficznych Polski*, GUGiK, 2001)

W układzie współrzędnych prostokątnych płaskich „1992” od 1995 r. opracowywano i wydawano drukiem arkusze cywilnych map topograficznych nowej generacji w skalach 1:10000 i 1:50000, a od 2003r. opracowuje się Bazę Danych Topograficznych (TBD), która od roku 2010 nosi nazwę Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) i jest od 2014 r. dostępna dla całego obszaru kraju, stanowiąc także podstawę urzędowych opracowań topograficznych.

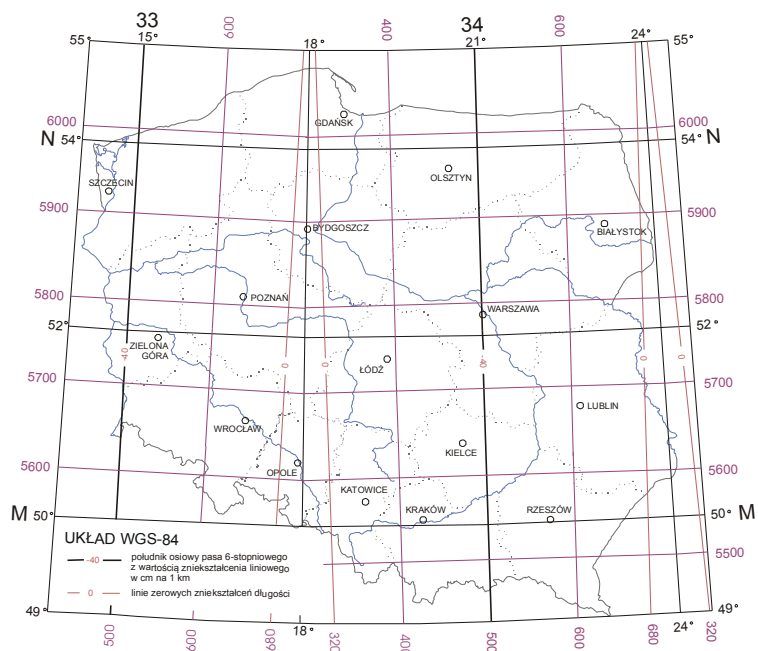
Geodezyjny układ odniesienia WGS-84 i układ współrzędnych płaskich prostokątnych UTM

Geodezyjny układ odniesienia WGS-84 bazuje na geocentrycznej, ekwipotencjalnej elipsoidzie ziemskiej o tej samej nazwie, w części metrycznej praktycznie identycznej z elipsoidą GRS-80.

Uniwersalne poprzeczne odwzorowanie Merkatora (UTM - Universe Transverse Mercator projection) nazwane zostało na cześć twórcy m.in. *Wielkiej Mapy Ziemi* z 1569 r., przeznaczonej dla żeglugi i opracowanej w odwzorowaniu walcowym równokątnym, znanym w kartografii jako odwzorowanie Merkatora, od pseudonimu jaki nosił słynny flamandzki geometra i kartograf Gerard Kremer. W efekcie odwzorowanie UTM jest zbliżone do odwzorowania Gaussa – Krügera.

Odwzorowanie UTM jest przedstawiane jako wiernokątne, poprzeczne, sieczne, walcowe odwzorowanie w 6-stopniowych pasach południkowych, pokrywających się z pasami przyjętymi w podziale na arkusze Międzynarodowej Mapy Świata 1:1000000. Na południkach środkowych poszczególnych pasów skala liniowa (lokalna skala długości w odwzorowaniu) ma wartość 0,9996 (co odpowiada wielkości zniekształcenia liniowego -40cm na 1km). Sieczne koła, równoległe do południka środkowego i odległe od niego o 180 km, odwzorowują się bez zniekształceń długości. W najbardziej oddalonych od południka osiowego punktach strefy, położonych na równiku, skala

liniowa równa się 1,00097. Odwzorowanie UTM obejmuje obszar Ziemi położony pomiędzy równoleżnikami 80°S i 84°N . Jako powierzchnię odniesienia przyjęto elipsoidę WGS-84 (Ryc. 13).



Ryc. 13. Siatki współrzędnych w układach WGS-84 i UTM na obszarze Polski (oprac. M. Stankiewicz, w: *Skorowidz map topograficznych Polski*, GUGiK, 2001)

Układ współrzędnych płaskich prostokątnych UTM oparty jest na osiach: N (Northing - odpowiadającej osi X w układzie Gaussa - Krügera) i E (Easting - odpowiadającej osi Y w układzie Gaussa - Krügera). Punkty początkowe układów współrzędnych prostokątnych w każdym pasie południkowym mają współrzędne (w kolejności przyjętej w układzie UTM): E=500km, N=0km. Odwzorowanie UTM stosuje się dla powierzchni kuli ziemskiej pomiędzy równoleżnikami 80°N a 80°S .

Odwzorowanie i układ UTM znalazły zastosowanie w konstrukcji map wydawanych od 1994r. przez Służbę Topograficzną Wojska Polskiego, początkowo w wersji dostosowanej do standardów NATO (cała mapa Polski 1:100000, część arkuszy map 1:50000 i 1:25000), a od 1998 r. – wyłącznie w standardach NATO, w tym mapa operacyjna 1:250000.

Od końca roku 2012 odwzorowanie UTM jest zalecane do opracowania cywilnych map topograficznych, mieszczących się w pojęciu standardowych opracowań kartograficznych, przytoczonym w *Rozporządzeniu RM z dnia 15.10.2012 w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych*. Najnowsze edycje map topograficznych, opracowywanych na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) – od 2014 r., we wszystkich skalach są wydawane właśnie w odwzorowaniu strefowym UTM.

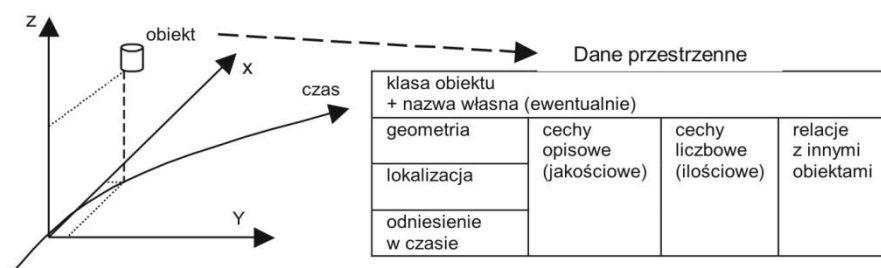
2.2 Skalowanie danych geograficznych^④

2.2.1 Dane przestrzenne i ich skalowanie

Dane przestrzenne (Ryc. 14) funkcjonują w odniesieniu do obiektów (a właściwie klas obiektów, czyli abstrakcji elementów rzeczywistości ustalonych w wyniku ich klasyfikacji) i obejmują informacje o klasie obiektu, jego cechach metrycznych, lokalizacji w przestrzeni geograficznej, cechach opisowych lub/i liczbowych, a także relacje zachodzące między obiektami (Głazewski, 2006).

Klasy obiektów, jako efekt przetworzenia elementów rzeczywistości, mogą odnosić się m. in. do:

- terenowych obiektów materialnych, takich jak: rzeźba terenu i jej formy, elementy pokrycia terenu, utwory podpowierzchniowe (o naturalnej lokalizacji w przestrzeni geograficznej),
- struktury władania, użytkowania i administrowania powierzchnią ziemi,
- wyników badań zjawisk fizyczno – geograficznych i społecznych, najczęściej w postaci danych statystycznych,
- faktów i wydarzeń zaistniałych w przeszłości.



Ryc. 14. Dane przestrzenne o obiekcie niezbędne do jego wizualizacji (Stankiewicz, 2010)

Przetworzenie danych przestrzennych w ramach procesu wizualizacji kartograficznej wymaga zastosowania tzw. skal pomiarowych. Różnią się one między sobą funkcją pomiarową, czyli sposobem przyporządkowania znaków mierzonym wartościom (J. Korycka – Skorupa, 2002). W literaturze przedstawia się skale pomiarowe jako te, które umożliwiają przetworzenie danych opisowych (tzw. jakościowych i ilościowych) do postaci znaku kartograficznego. A przecież taki wpływ mają także odniesienie obiektu w czasie i przestrzeni oraz proces geometryzacji obiektu.

Proponuje się zatem przyjęcie dwóch grup skal pomiarowych stosowanych w kartografii:

- skale odnoszące dane do czasoprzestrzennej lokalizacji obiektu,
- skale odnoszące się do cech i charakterystyk obiektów.

2.2.2 Skalowanie cech czasoprzestrzennych obiektów

Ta grupa skal pomiarowych obejmuje:

1) **skalę czasu**, odnosząc dane do wybranych momentów lub przedziałów czasowych. Ma to znaczenie dla kartograficznej prezentacji dynamiki zjawisk, przy czym może ona występować jako:

- dynamika ruchu, gdy obiekt zmienia w czasie swoje położenie lub swój zasięg;
- dynamika stanu, gdy obiekt zachowując położenie podlega istotnym zmianom w zakresie jego cech lub przeznaczenia;
- dynamika złożona, gdy zmianom położenia towarzyszą zmiany stanu.

Stąd prezentacja kartograficzna może mieć charakter statyczny na określony moment czasowy lub kilka momentów, albo dynamiczny w postaci animacji kartograficznej;

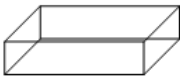
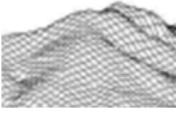
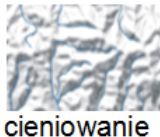
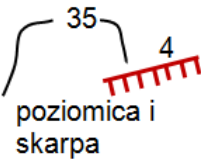
2) **skalę przestrzeni geograficznej**, która dotyczy wyboru zasięgu i stopnia pomniejszenia obszaru kartograficznego opracowania, co ma wpływ na przebieg generalizacji mapy;

3) **skalę geometryzacji obiektu**, która wiąże proces generalizacji obiektu z jego wizualizacją i lokalizacją na mapie. Geometryzacja obiektu dotyczy ustalenia, na podstawie jego wymiarów przestrzennych oraz przyjętej skali modelowania, dominującej lub preferowanej cechy geometrycznej obiektu, co ma decydujący wpływ na sposób jego lokalizacji na mapie oraz prezentacji graficznej (M. Stankiewicz, 2010).

Większość obiektów materialnych występujących w przestrzeni geograficznej to twory trójwymiarowe przybierające kształty brył lub różnych form rzeźby terenu. Również większość obiektów niematerialnych stanowią dane odniesione bądź do geometrii obiektów naturalnych, bądź do sztucznych tworów geometrycznych, jakimi są np. pseudotrójwymiarowe powierzchnie statystyczne.

Biorąc pod uwagę efekty procesu geometryzacji obiektów, należy wyróżnić:

1. *obiekty punktowe* - zarówno punkty w sensie geometrycznym (np. punkty wysokościowe) jak i obiekty o wymiarach przestrzennych nie dających się przedstawić w przyjętej skali modelowania przestrzeni geograficznej. Tym samym uważane są za obiekty 0D (zerowymiarowe) lub 0+D (zerowymiarowe z podaną wielkością wybranego wymiaru obiektu). Lokalizację tych obiektów wskazuje para współrzędnych B,L lub X,Y, odniesionych do wybranego punktu obiektu (np. punktu środkowego obiektu).
2. *obiekty liniowe* - zarówno linie w sensie geometrycznym (np. izolinie, granice administracyjne, granice własności) jak i obiekty, których jeden wymiar przestrzenny daje się przedstawić w przyjętej skali modelowania przestrzeni geograficznej. Tym samym uważane są za obiekty 1D (jednowymiarowe) lub 1+D (jednowymiarowe z podaną wielkością innego wymiaru obiektu). Lokalizację tych obiektów wskazuje ciąg par współrzędnych B,L lub X,Y, odniesionych do osi podłużnej obiektu. Część obiektów liniowych występuje w postaci sieci zamkniętych (np. sieć dróg) lub otwartych (np. sieć cieków wodnych).
3. *obiekty powierzchniowe płaskie* - obiekty, które w rzucie ortogonalnym na płaszczyznę dają się przedstawić w przyjętej skali modelowania przestrzeni geograficznej (np. jeziora, lasy). Tym samym uważane są za obiekty 2D (dwuwymiarowe) lub 2+D (dwuwymiarowe z podaną wielkością trzeciego wymiaru obiektu). Lokalizację tych obiektów wskazuje ciąg par współrzędnych B,L lub X,Y, odniesionych do powierzchni figury reprezentującej obiekt.
4. *obiekty powierzchniowe przestrzenne* - obiekty w postaci trójwymiarowych powierzchni naturalnych lub statystycznych (ich trzeci wymiar jest w jednostkach niemetrycznych, np. w stopniach Celsjusza), które w rzucie ortogonalnym na płaszczyznę dają się przedstawić w przyjętej skali modelowania przestrzeni geograficznej wraz ze swoją, graficznie odrębną, prezentacją ich trzeciego wymiaru. Tym samym uważane są za obiekty 2+D (dwuwymiarowe z prezentacją metryczną trzeciego wymiaru obiektu, np. wysokości za pomocą poziomic). Lokalizację tych obiektów wskazuje ciąg par współrzędnych B,L lub X,Y, odniesionych do izoliny lub innej graficznej metody prezentacji trzeciego wymiaru obiektu. Obiekty te mogą być przedstawiane w rzucie perspektywicznym na powierzchni mapy i wówczas uważane są za obiekty 3D (trójwymiarowe, np. modele rzeźby terenu TIN lub GRID, model przestrzenny ciśnienia powietrza itp.). Lokalizację tych obiektów wskazuje ciąg par współrzędnych B,L,H (dla rzeźby terenu) lub X,Y,Z.
5. *obiekty bryłowe* - obiekty przedstawiane w rzucie perspektywicznym na powierzchni mapy (np. prezentacja rzeźby terenu w postaci blokdiagramu, perspektywiczne rysunki budowli). Tym samym uważane są za obiekty 3D (trójwymiarowe, z prezentacją trzeciego wymiaru obiektu). Lokalizację tych obiektów wskazuje ciąg współrzędnych X,Y,Z odniesionych do obrysu lub konturu obiektu.

obiekty	geometryzacja obiektu zgodna z przyjętą skalą modelu (mapy)				
	3 D	2+ D	2 D	1 D	0 D
			 kontur podstawy		 środek podstawy
			 długość i szerokość	 oś mostu w skali	 środek mostu
		 warstwy + punkty	 cieniowanie	 poziomica i skarpa	 120 punkt wysokościowy

Ryc. 15. Przykład geometryzacji wybranych trzech obiektów (budynek, most, formy rzeźby terenu), które w zależności od skali modelowania mogą być uznane za obiekty bryłowe, powierzchniowe, liniowe lub punktowe, co ma wpływ na sposób ich lokalizacji oraz metodę prezentacji (opracowanie własne)

Geometryzacja zbiorów obiektów należących do tej samej klasy powinna uwzględniać relacje przestrzenne i powiązania, jakie mogą występować między obiektami.

Sposób rozmieszczenia obiektów w przestrzeni geograficznej może być:

- rozproszony - brak relacji między obiektami tego samego typu, np. budynki w zabudowie rozproszonej;
- dyskretny (nieciągły), częściowo oparty na relacjach sąsiedztwa, np. lasy;
- zwarty:
 - a) sieciowy - układ oparty na relacji połączeń niektórych obiektów liniowych (np. sieć dróg) i wektorowych,
 - b) kompleksowy – układ zespołu obiektów powierzchniowych uzupełniających się wzajemnie, tworzących pewną całość, np. budynki w zabudowie zwartej, jednostki podziału administracyjnego;
- ciągły – obiekt występuje w każdym punkcie rozpatrywanej przestrzeni geograficznej, np. rzeźba terenu, rozkład temperatur powietrza.

2.2.3 Skalowanie cech charakterystycznych obiektów

Skale pomiarowe odnoszące się do cech obiektów pozostają w zależności zarówno od przyjętego modelu pojęciowego mapy, jak i od przyjętej skali opracowania. Sama liczba wydzielanych poziomów pomiarowych waha się od 3 (J. Bertin 1973) po kilkanaście (D. Forrest, 1999). Wydaje się, że najszerszą akceptację ma stosowanie 3 poziomów pomiarowych: jakościowego, porządkowego i ilościowego (Paślawski, 2010).

Niektórzy kartografowie (np. I. Frączek, 1981) proponują operować sześcioma skalami pomiarowymi. Propozycja ta jest godna uwagi:

- **skala nominalna**, służy identyfikacji poszczególnych obiektów (zjawisk) za pomocą indywidualnych obrazów (np. miniatur) lub odpowiednio zróżnicowanych znaków zgodnie z

relacją podobieństwa i różności, a także poprzez wprowadzenie nazwy własnej obiektu, co pozwala odróżniać indywidualne zdarzenia (obiekty materialne, zjawiska, fakty);

- **skala klasyfikacyjna** służy typizacji obiektów charakteryzowanych przez ich cechy jakościowe lub wartości liczbowe poprzez ich zaszeregowanie do równorzędnych klas obiektów. Każda klasa obiektów jest reprezentowana przez jeden rodzaj znaków, co odzwierciedla klasyfikację treści mapy;
- **skala porządkowa** grupuje dane w uporządkowane, wzajemnie wykluczające się klasy na podstawie hierarchii (znaczenia, funkcji, ważności itp.), wielkości (np. duży, średni, mały, bez informacji liczbowej) lub intensywności (np. słaby, średni, silny);
- **skala interwałowa**, grupuje dane liczbowe, których porównywanie możliwe jest poprzez porównanie różnic wartości (jeden z punktów skali jest punktem zerowym);
- **skala ilorazowa**, grupuje dane liczbowe, których porównywanie możliwe jest poprzez porównanie zarówno różnic, jak i ilorazu wartości (istnieje „naturalny” punkt zerowy oznaczający brak zdarzenia);
- **skala absolutna** (tożsamościowa) przypisuje każdemu elementowi zbioru konkretną wartość liczbową odniesioną do „naturalnego zera” i naturalnej jednostki pomiarowej.

Operowanie skalami pomiarowymi w połączeniu z właściwie dobraną grafiką w ramach przyjętej metody prezentacji daje szerokie możliwości wizualizacji kartograficznej danych geograficznych zapisanych w bazie danych w postaci atrybutów. Są to:

- 1) **atrybuty przestrzenne** dotyczące przede wszystkim lokalizacji odniesionej do przyjętego matematycznego układu odniesienia lub innych układów przestrzennych, np. jednostek podziału administracyjnego lub jednostek sieci osadniczej. Dotyczą one również relacji topologicznych, określających związki przestrzenne obiektu z innymi obiektami. Z tych dwóch podstawowych atrybutów wynikają pochodne charakterystyki przestrzenne obiektów, takie jak kształt, wymiary przestrzenne, pole powierzchni, kierunek, rozciągłość, gęstość. Liczba możliwych do uzyskania atrybutów przestrzennych zależy od tego czy mamy do czynienia z obiektami punktowymi (najmniejsza liczba atrybutów), liniowymi, powierzchniowymi czy bryłowymi (największa liczba możliwych atrybutów);
- 2) **atrybuty czasowe** dotyczą umiejscowienia obiektu w czasie. Mogą też pokazywać czas trwania obiektu lub zjawiska, a także zmienności w czasie jego lokalizacji lub/i jego cech.
- 3) **atrybuty opisowe** dotyczą wybranych cech obiektu, które mogą mieć charakter jakościowy, porządkowy lub ilościowy. Charakterystyki jakościowe to przeważnie cechy fizjonomiczne, funkcjonalne lub genetyczne. Do atrybutów jakościowych zaliczamy również nazwy własne obiektów, które służą do ich identyfikacji. Charakterystyki porządkowe określają najczęściej stopień przydatności, znaczenia lub rangi obiektu (np. klasy gleb, klasy dróg, ranga administracyjna miejscowości).

Dane ilościowe mogą obejmować:

- dane absolutne – wyrażane w naturalnych jednostkach miary, np. kilogramy, metry, stopnie, kilometry kwadratowe, hektolitry, sztuki itd.;
- dane pochodne – stanowiące wyniki przeliczeń danych pierwotnych, np.:
 a) średnia arytmetyczna $X_{\text{sr}} = \Sigma X : N$ (np. średnia opadów wieloletnich);
 b) dane relatywne – ukazują relację dwu zjawisk lub faktów, z których jedno jest traktowane jako zmienne i odnoszone do drugiego, traktowanego jako wielkość stała.

Przykładami danych relatywnych są:

- udział w całości: n_a (zmienna) : N (całość), np. udział województw w ogólnej produkcji rolnej;

- udział procentowy: n_a (zmienna) $\times 100\% : N$ (całość), np. procent zatrudnionych w przemyśle w stosunku do ogółu zatrudnionych;
- natężenie: n_a (zmienna) : n_b (element odniesienia), przy czym elementem odniesienia może być punkt, linia, powierzchnia, jak też człowiek, zakład itd. Np. średni dochód na głowę ludności w województwie;
- gęstość: N (zmienna) : P (powierzchnia jednostki), np. gęstość zaludnienia.

2.3 Generalizacja kartograficzna

2.3.1 Istota generalizacji kartograficznej^④

Mapa stanowi jeden z wielu *środków przekazu informacji* o rozmieszczeniu obiektów i zjawisk w przestrzeni geograficznej oraz relacjach zachodzących między nimi. Każdy rodzaj przekazu informacji podlega pewnym ograniczeniom wynikającym z pojemności kanału, jakim przekazywana jest informacja, a także z możliwości odbiorczych adresata. W przypadku przekazu kartograficznego dotyczy to pojemności graficznej mapy oraz zdolności odbiorczych jej użytkowników.

Pojemność graficzna mapy jest każdorazowo określona jej skalą, przeznaczeniem, zastosowanymi metodami prezentacji kartograficznej oraz metodą jej wizualizacji, w tym sposobem udostępniania. Istnieje więc konieczność odpowiedniego doboru określonej liczby obiektów, zjawisk lub faktów oraz ich cech, a także pewnych interpretacji relacji zachodzących między nimi, stosownie do pojemności graficznej mapy i możliwości percepcyjnych odbiorcy. Ma to istotny wpływ na proces generalizacji kartograficznej.

Termin *generalizacja* pochodzi od łacińskiego słowa *generalis*, co znaczy ogólny, główny. Dobrze oddaje to istotę generalizacji kartograficznej, jako wyboru najważniejszych i istotnych informacji o obiektach i zjawiskach oraz ich celowe uogólnienie.

Generalizacja kartograficzna jest to sposób **doboru i uogólnienia** treści bazy danych lub mapy, polegający na celowym wyjawieniu i wyodrębnieniu istotnych, typowych cech i charakterystycznych właściwości przedstawianych obiektów, zjawisk lub faktów, tworzących naukowo uzasadniony czasoprzestrzenny model danych geograficznych np. w postaci obrazu kartograficznego, zgodnie z jego przeznaczeniem.

2.3.2 Czynniki wpływające na generalizację kartograficzną^④

Sformułowanie zasad generalizacji, a także proces jej przeprowadzenia na mapie zależy od następujących czynników:

- - tematu i przeznaczenia mapy,
- - skali opracowania,
- - właściwości geograficznych kartowanego obszaru lub cech przedstawianych zjawisk,
- - charakteru danych źródłowych,
- - przyjętych metod prezentacji kartograficznej,
- - możliwości percepcji obrazu kartograficznego.

Temat i przeznaczenie mapy determinują zakres treści mapy, jej szczegółowość, a także dobór skali, co ma istotny wpływ na generalizację informacji geograficznej. Mapy urzędowe: zasadnicza, topograficzna w skalach 1:10 000, 1:25 000, 1: 50 000 i 1:100 000 (generowane z BDOT10k), ogólnogeograficzne w skalach 1:250 000, 1:500 000 i 1:1 000 000 (mają być generowane z Bazy Danych Obiektów Ogólnogeograficznych poziomu 1:250 000 - BDOO250k) oraz mapy tematyczne w skali 1:50 000: sozologiczna i hydrograficzna, mają zakresy treści wraz z wytycznymi jej

generalizacji ustalone w odpowiednich instrukcjach sporządzania tych map. Instrukcje przedstawiają pojęciowo - graficzne modele map, a praktyczny proces generalizacji towarzyszy redakcji mapy. W przypadku map topograficznych duży wpływ na zakres treści i jej generalizację ma przeznaczenie, tj. czy są to mapy cywilne (dla celów społeczno - gospodarczych), czy mapy wojskowe. Podobnie wpływ na zakres i sposób przedstawienia treści map szkolnych ma ich przeznaczenie dla uczniów szkoły podstawowej, gimnazjum lub liceum. Z kolei na mapach tematycznych silnej redukcji podlega treść podkładowa mapy, ograniczająca się do najważniejszych obiektów ułatwiających orientację geograficzną prezentowanych zjawisk.

Skala mapy ma istotny wpływ na generalizację ponieważ wraz ze zmniejszaniem się skali mapy następuje szybka redukcja powierzchni przedstawianego obszaru ograniczając jednocześnie pojemność graficzną mapy, a tym samym możliwość przekazania informacji geograficznej za pomocą znaków kartograficznych.

Właściwości geograficzne kartowanego obszaru mają wpływ na generalizację w sytuacji konieczności uwypuklenia charakterystycznych cech przedstawianego obszaru za pomocą prezentacji obiektów specyficznych dla danego obszaru w oderwaniu od skali mapy, np. małe osady w terenach pustynnych, skupiska małych jezior, niewysokie formy terenowe w terenie nizinnym. Podobny wpływ na generalizację ma konieczność uwzględnienia charakterystycznych jakościowych lub ilościowych cech przedstawianych zjawisk na mapach tematycznych.

Charakter danych źródłowych dotyczy ich rodzaju (wyniki pomiarów geodezyjnych i topograficznych, zdjęcia lotnicze i satelitarne, bazy danych, mapy, dane statystyczne) oraz ich jakości (wiarygodność, szczegółowość i aktualność danych). Wszystko to ma wpływ na przebieg generalizacji kartograficznej, często w sposób dyskretny, bez celowej ingerencji kartografa.

Przyjęte metody prezentacji kartograficznej mają także wpływ na sposób generalizacji treści mapy. W szczególności dotyczy przedstawienia danych liczbowych za pomocą ilościowych metod prezentacji, np. zwiększenia wagi kropki, rozpiętości przedziałów klasowych kartogramu lub kartodiagramu skokowego, odstępu wartości izolinii. W każdym przypadku dobór metody prezentacji jak i stopnia generalizacji treści musi uwzględniać możliwości percepcji obrazu kartograficznego.

Możliwości percepcji obrazu kartograficznego wpływają na generalizację mapy poprzez wpływ na selekcję treści mapy, komunikatywność symboli, w tym stosowanie odpowiednich rozmiarów elementów pozaskalowych znaków z uwzględnieniem warunków czytania mapy. Współcześnie mapy są użytkowane jako wizualizacja danych bazy wektorowej (bez pełnej symbolizacji) oraz obrazu kartograficznego na monitorze komputera, a także w postaci mapy drukowanej podręcznej lub ściennej. Każdorazowo musi być zapewniona czytelność i rozumienie mapy. Istnieje pewna sprzeczność pomiędzy tendencją kartografa do przekazywania możliwie największej liczby informacji a ograniczeniami grafiki mapy, jak i możliwościami jej odbioru. Nadmierna ilość treści, często kosztem wielkości znaków, utrudnia percepcję mapy, a tym samym zmniejsza jej komunikatywność (Ryc. 16).



Ryc. 16. Przykład zmniejszenia percepcji mapy przez zbyt dużą liczbę zamieszczonych miast
(Popularny Atlas Świata, PPWK, 1976)

Każdy proces tworzenia obrazu kartograficznego obejmuje jego koncepcję, dotyczącą m.in. zakresu treści oraz zasad redakcji i opracowania. Celem jest opracowanie modelu pojęciowego bazy danych lub mapy zgodnie z przyjętą tematyką i poziomem skalowym. Jest to jednocześnie **etap metodyczny generalizacji kartograficznej**, obejmujący:

- dobór elementów treści i ich klasyfikację,
- przyjęcie kryteriów generalizacji dla ustalonych elementów treści, z uwzględnieniem geometryzacji obiektów odpowiadającej skali opracowania,
- symbolizację, zgodnie z przyjętymi metodami prezentacji kartograficznej.

Etap redakcyjny generalizacji kartograficznej ma miejsce w trakcie opracowania modelu bazodanowego (szkieletowego) a następnie modelu kartograficznego (mapy) na podstawie zebranych danych geograficznych, zgodnie z zasadami ustalonymi w etapie metodycznym generalizacji kartograficznej.

2.3.3 Rodzaje generalizacji kartograficznej^④

Na mapie istnieje możliwość przedstawienia i scharakteryzowania obiektów, zjawisk i faktów za pomocą trzech parametrów treści mapy. Dwa z nich, odnoszące się do położenia obiektu w płaszczyźnie mapy można określić współrzędnymi x i y . Trzeci odnosi się do atrybutu obiektu w postaci informacji liczbowej z lub charakterystyki jakościowej q (Ratajski, 1989).

Generalizacja treści mapy dotyczy zarówno położenia w układzie x, y , jak i charakterystyk z lub q . Generalizacja w układzie x, y dotyczy redukcji obiektów, zjawisk bądź faktów lub zmniejszenia ilości sygnałów reprezentujących ich położenie, a więc dotyczy uogólnienia odbicia ich położenia w rzeczywistości. Mamy wówczas do czynienia z tzw. **generalizacją ilościową**. Generalizacja charakterystyk z lub q odnosi się do uogólnienia charakterystyki liczbowej z lub jakościowej q prezentowanych zdarzeń. W tym przypadku mamy do czynienia z tzw. **generalizacją jakościową**.

Ponieważ generalizacja ilościowa (w układzie x, y) jest bezpośrednio związana z pojemnością mapy determinowaną jej skalą, to powoduje siłą rzeczy konieczność generalizacji jakościowej (charakterystyk z lub q). Natomiast generalizacja charakterystyk z lub q nie musi powodować generalizacji w układzie x, y , ponieważ może wynikać z przeznaczenia, a nie ze skali mapy.

W literaturze kartograficznej światowej termin generalizacja jakościowa występuje najczęściej jako **generalizacja pojęciowa**, a generalizacja ilościowa jako **generalizacja geometryczna** lub rzadziej **graficzna**.

Podział ten ma charakter teoretyczny, bowiem w praktyce generalizacja ilościowa i jakościowa często zachodzą jednocześnie, zarówno na etapie koncepcji treści i formy mapy, jak również na etapie jej redakcji i opracowania.

2.3.3.1 Generalizacja jakościowa (pojęciowa)

Generalizacja jakościowa dotyczy uogólnienia pojęć odnoszących się do obiektów lub zjawisk przedstawianych na mapie w wyniku generalizowania ich cech (atrybutów) jakościowych q lub ilościowych z .

Generalizacja jakościowa pojawia się już w momencie **klasyfikacji** elementów treści mapy oraz budowania systemu znaków kartograficznych. Występuje więc jednocześnie z generalizacją ilościową. Generalizacja jakościowa zachodzi na etapie szczegółowego tworzenia koncepcji mapy, w trakcie budowy jej legendy, a także w kolejnych etapach procesu redakcji i opracowania mapy.

Generalizacja jakościowa przejawia się w takich procesach jak:

1. **Symbolizacja** – nadanie znaku, zgodnie z przyjętą metodą prezentacji kartograficznej, dla danej kategorii obiektu, zjawiska lub faktu, ustalonej w trakcie klasyfikacji treści mapy. Symbolizacja polega na zastąpieniu relacji (pojęć) jedno-jednoznacznych przez relacje (pojęcia) jedno-wieloznaczne, czyli na grupowaniu obserwacji jednostkowych (np. Wisłę, Tamizę, Nil..., Warszawę, Berlin, Oslo...) w kategorii posiadające wspólne cechy (rzeki, miasta...) oraz przypisaniu każdej kategorii odpowiedniego znaku. Prowadzi więc do zbudowania legendy mapy;
2. **Grupowanie** – tworzenie kategorii pojęciowo wyższych (o wyższym stopniu uogólnienia) prowadzące do zmniejszenia liczby oznaczeń na mapie, a tym samym do zwiększenia czytelności mapy. L. Ratajski wyróżnia:
 - a) **grupowanie jakościowe (taksonomiczne)** – oparte na grupowaniu charakterystyk jakościowych (generalizacja według cechy *q*). Polega na łączeniu w określone kategorie grup obiektów lub zjawisk pokrewnych pod względem jakościowym i nadawaniu im postaci jednorodnych kartograficznie, np. las liściasty, las iglasty, las mieszany, zagajnik (4 znaki) – w jedną kategorię las (1 znak). Grupowanie to często opiera się na istniejących systemach klasyfikacyjnych odpowiednich dziedzin wiedzy;
 - b) **grupowanie ilościowe** – dotyczy generalizacji obserwacji jednostkowych według ich cech ilościowych (liczbowych) *z*. Polega ono na grupowaniu całego zbioru w *przedziały klasowe*, zgodnie z przyjętą zasadą, np. przedstawienie miast według przedziałów odnoszących się do liczby mieszkańców;
 - c) **grupowanie pól odniesienia** – dotyczy zastępowania odniesienia danych do pól elementarnych (podziału terytorialnego lub geometrycznego) odniesieniem do jednostek nadrzędnych (jednostka wyższego rzędu, większe pole geometryczne). Wymaga to jednocześnie odpowiednich zmian (np. przeliczeń) informacji odnoszonych do nowych, większych pól;
3. **zmiana ujęcia zjawiska** – polega na przejściu od ujęcia bezpośredniego do ujęcia pośredniego, w wyniku czego obraz izolowanego rozłożenia informacji na mapie zostaje zastąpiony relacją tego zjawiska do powierzchni, np. przejście od pokazania przebiegu dróg do przedstawienia gęstości dróg na danym obszarze. Wiąże się to jednocześnie ze zmianą metody prezentacji kartograficznej (w podanym przykładzie z metody sygnatur liniowych na kartogram).

2.3.3.2 Generalizacja ilościowa (geometryczna)

W wyniku generalizacji ilościowej redukcji ulega liczba sygnałów, składających się na informacje notowane w płaszczyźnie *x, y*. Zmniejszenie ilości informacji na mapie nie zawsze jest równoznaczne ze zmniejszeniem wartości informacji, a często prowadzi do poprawy jej odbioru poprzez zwiększenie czytelności mapy. Generalizacja ilościowa odnosi się zarówno do treści, jak i do formy mapy.

Generalizacja ilościowa treści, nazywana też **selekcją treści** lub uproszczeniem dotyczy doboru elementów treści mapy zgodnie z jej przeznaczeniem i ma miejsce:

- a) na etapie koncepcyjnym redakcji mapy (klasyfikacja treści mapy) i wyraża się całkowitą eliminacją pewnych kategorii treści,
- b) w trakcie redakcji i opracowania mapy w postaci wyboru (selekcji) obiektów w ramach poszczególnych kategorii treści.

Generalizację ilościową treści dokonuje się w oparciu o przyjęte **kryteria wyboru**. Są to:

1. **kryterium wielkości** – wskaźnik ilościowy odnoszący się do prezentowanego obiektu, np. minimalny obszar dla lasów, minimalna długość dla cieków, minimalna liczba mieszkańców dla miast itp.;

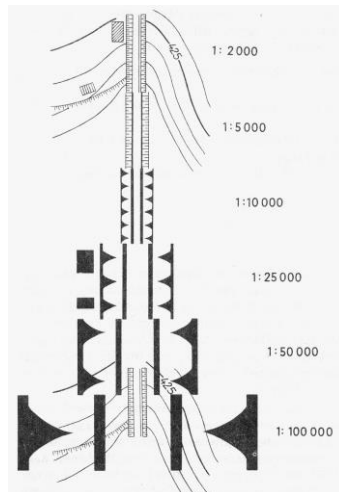
2. **kryterium funkcjonalności** – biorące pod uwagę funkcję, jaką spełnia obiekt w danym zespole lub na danym obszarze, np. dla miasta może to być funkcja: administracyjna (np. stolica powiatu), komunikacyjna (np. węzeł kolejowy), lecznicza (np. uzdrowisko), gospodarcza (np. ośrodek przemysłowy, handlowy), społeczna (np. ośrodek naukowy, turystyczny) itp.;
3. **kryterium ośrodkowości** – dotyczy oddziaływania danego obiektu na pewien obszar oraz relacji z innymi obiektami w bliższym lub dalszym jego otoczeniu, co niekiedy może wynikać z jego funkcji, np. administracyjnej lub użytkowej. Przykłady: wieś gminna, odosobnione drzewo lub głąz jako obiekt orientacyjny, studnia w terenie ubogim w wodę, niewielka miejscowość na obszarze o bardzo małym zaludnieniu;
4. **kryterium aktualności** – dotyczy zamieszczania obiektów, przede wszystkim miejscowości związanych z ważnymi wydarzeniami jakie miały tam miejsce w niedawnej przeszłości;
5. **kryterium historyczno – tradycyjne** – dotyczy wyróżniania obiektów lub miejsc mających znaczenie w przeszłości lub które były świadkami ważnych wydarzeń historycznych;
6. **kryterium tendencji zmian** – dotyczy uwypuklenia grupy obiektów lub zjawisk wykazujących tendencje rozwojowe, przy zastosowaniu ostrzejszych kryteriów doboru dla obiektów lub zjawisk tracących na ważności lub zanikających;
7. **kryterium osobliwości lub typowości lokalnych** – dotyczy zachowania wierności geograficznej w odniesieniu do obiektów lub zjawisk o niewielkiej wadze, ale mających znaczenie lokalne, np. zachowanie na mapie skupiska małych oczek wodnych, uwzględnienie charakterystycznej produkcji regionalnej na mapie gospodarczej itp.

Drugim aspektem generalizacji ilościowej (geometrycznej) jest generalizacja formy mapy. Za formę w tym przypadku uważa się strukturę modelu stosunków przestrzennych w sensie lokalizacyjnym, a więc w układzie x, y mapy. Generalizacja geometryczna formy ma miejsce już na etapie koncepcyjnym tworzenia mapy jako element **symbolizacji** w zakresie geometryzacji danych przestrzennych, co w efekcie decyduje o zastosowaniu dla poszczególnych obiektów znaków punktowych, liniowych, powierzchniowych lub bryłowych, a tym samym o dokładności ich lokalizacji na mapie.

Generalizacja geometryczna formy wiąże się też z zachowaniem percepcji i czytelności znaków kartograficznych w kolejnych pomniejszeniach skali mapy. Stąd konieczność przestrzegania **minimalnych wymiarów znaków**, co zależy nie tylko od technicznych możliwości ich zamieszczenia na mapie, ale przede wszystkim od rozdzielczości optycznej oka, umożliwiającej czytanie mapy z odległości dobrego widzenia (ok. 30 – 40 cm).

I tak:

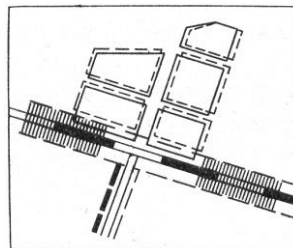
- *kropka* • widoczna jest pod kątem 1', co z odległości dobrego widzenia daje 0,09 mm średnicy, ale odosobniona kropka musi mieć co najmniej 0,2 mm średnicy, a jako znak w metodzie kropkowej minimum 0,5 mm średnicy,
- *linia* — widoczna jest pod kątem 0,7', tj. 0,06 mm grubości (w praktyce – 0,1 mm),
- *kwadrat wypełniony* ■ widoczny jest pod kątem 6' (0,5 mm długości boku), *pusty* □ pod kątem 7', tj. 0,6 mm długości boku,
- *linie równoległe* || 0,1mm grubości wymagają minimalnego odstępu 0,17 mm, ale wypełniony barwą prześwit między liniami 0,15 mm,
- *wygięcia linii 0,1 mm* ∩ są widoczne przy średnicy nie mniejszej niż 0,5 mm (Saliszczew, 2002).



Ryc. 17. Efekt konieczności zachowania percepcji znaków (droga i skarpa) na mapach w różnych skalach (Töpfer, 1979)

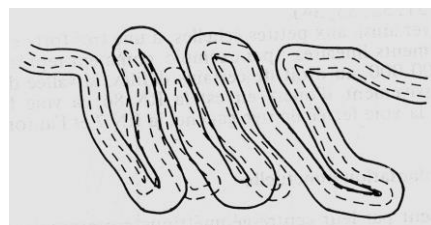
Budując znaki geometryczne punktowe oraz liniowe, a także oznaczając minimalne powierzchnie najczęściej stosuje się wielkości znaków znacznie przekraczające wymagane wartości minimalne, co dodatkowo powoduje, że przy kolejnych zmniejszeniach skali znaki te przysłaniają coraz większe partie terenu. Skutkuje to zachodzeniem znaków na siebie w wielu miejscach na mapie (Ryc. 17) i wymusza nie związane z odwzorowaniem kartograficznym, dodatkowe zmiany odległości, kierunku i kształtu znaków. Stąd podział generalizacji ilościowej formy na:

1. **generalizację odległości** – powodującą nieproporcjonalne do zmiany skali zmiany odległości między obiektami, w wyniku konieczności zachowania czytelności znaków, a także dokonywania ich przesunięć;



Ryc. 18. Przesunięcie kwartałów zabudowy po wprowadzeniu znaku linii kolejowej (Grygorenko, 1970)

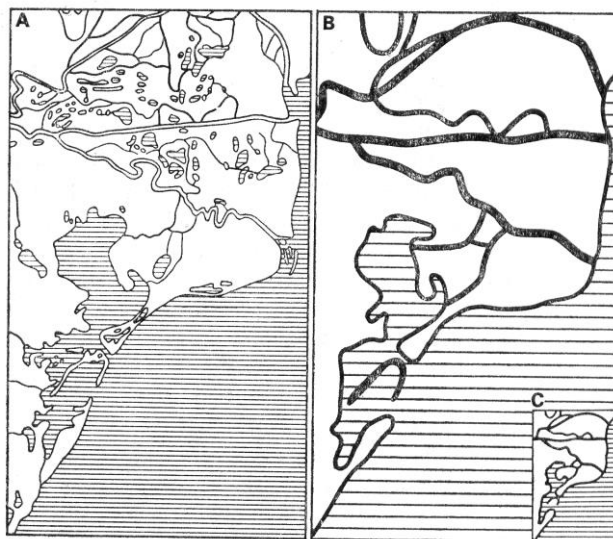
2. **generalizację kierunku** – powodującą zmiany kierunków (azymutów) w wyniku zarówno przesunięcia znaków niektórych obiektów, jak również upraszczania przebiegu obiektów liniowych oraz konturów obiektów powierzchniowych;
3. **generalizację kształtów** – powodującą wygładzanie przebiegu obiektów liniowych i konturów obiektów powierzchniowych. Niestety lokalnie prowadzić to może do znacznej deformacji kształtu przedstawianego obiektu.



Ryc. 19. Generalizacja kształtu serpenty powodująca selekcję zakrętów, redukcję długości drogi oraz zmiany kierunku jej przebiegu w poszczególnych fragmentach (Steinberg, 1982)

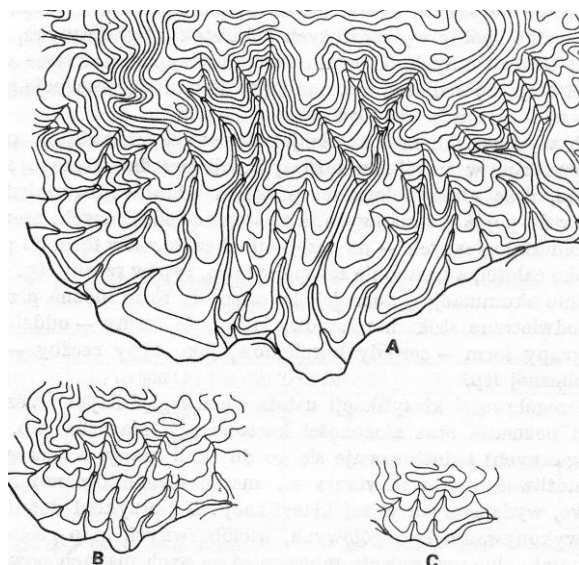
Generalizacja kształtów (uogólnienie zarysów) realizowana jest w trakcie redakcji i opracowania mapy poprzez:

- a) **uproszczenie (schematyzację) kształtów** (zarysów) - jako eliminację form drobnych, drugorzędnych z zachowaniem form charakterystycznych, bardziej ogólnych;
- b) **powiększenie pewnych elementów liniowych lub obiektów powierzchniowych** - ponad wymiary wynikające ze skali mapy, np. powiększenie znaku jeziora, szerokości półwyspu, cieśniny itp.;
- c) **połączenie kilku obiektów w jeden** – dotyczy to obiektów położonych blisko siebie i stanowiących obiekty tej samej kategorii, np. kompleksy leśne, kompleksy zabudowy tej samej kategorii itp. Niedopuszczalne jest łączenie w jeden obiekt np. małych oczek wodnych (tworzy się wówczas jedno duże jezioro), wyjątek stanowią blisko siebie położone stawy hodowlane.



Ryc. 20. Przykład generalizacji kształtów obiektów liniowych i konturów obiektów powierzchniowych (Saliszczew, 2002)
Delta Dunaju na mapach w skali: A - 1:250 000, B - 1:5 000 000 (powiększenie do skali 1:250 000)

Generalizacja zjawisk ciągłych przedstawianych za pomocą izolinii przejawia się w powiększeniu interwałów między nimi (uogólnienie charakterystyki ilościowej) i w uogólnieniu zarysów izolinii.



Ryc. 21. Generalizacja rzeźby przedstawionej warstwicami na mapach w skalach: 1:200 000, 1:500 000 i 1:1 000 000
(Saliszczew, 2002)

Przedstawiony na Ryc. 21 przykład generalizacji rzeźby terenu obejmuje zwiększenie cięcia warstwiczowego (generalizacja jakościowa form terenu) oraz uproszczenie kształtów warstw (generalizacja ilościowa).

2.3.4 Wpływ generalizacji na jakość obrazu kartograficznego^④

Generalizacja mapy jako proces uogólnienia i uproszczenia kartograficznego jest aktem twórczym autora mapy, od którego zależy poprawność jej przebiegu, co ma wpływ na jakość merytoryczną treści i grafikę mapy.

Proces generalizacji kartograficznej opiera się na pewnych ogólnych prawidłowościach:

- a) generalizacja może być przeprowadzana jedynie w sytuacji przejścia od map bardziej szczegółowych do map mniej szczegółowych, co wiąże się z pomniejszeniem skali mapy, ale może mieć miejsce także w przypadku zachowania skali mapy (uproszczenie treści mapy),
- b) generalizacji dokonuje się w oparciu o zasadę przechodzenia „od szczegółu do ogółu”,
- c) o kolejności przeprowadzenia generalizacji poszczególnych elementów treści mapy decydują relacje zachodzące między nimi.

W procesie generalizacji niezbędne jest wyważenie możliwości zachowania niezbędnej geometrycznej dokładności lokalizacji obiektów na mapie oraz geograficznej wierności obrazu kartograficznego.

Zachowanie **geometrycznej dokładności** wymaga, aby każdy obiekt przedstawiany był zgodnie ze swym położeniem i w swych rzeczywistych zarysach. Jest to możliwe (a i tak nie całkowicie) tylko na mapach w skalach wielkich, w Bazie Danych Obiektów Topograficznych poziomu 1:10000 (BDOT10k) oraz w niektórych resortowych szczegółowych bazach danych.

Zachowanie **geograficznej wierności** wymaga, aby mapa oddawała rzeczywistość w jej głównych, typowych cechach, prawidłowo ukazywała wzajemne związki przedstawianych stron rzeczywistości, w tym relacje topologiczne, a także ukazywała charakterystyczne osobliwości, np. geograficzną specyfikę terenu.

W miarę zmniejszania skali mapy maleją możliwości zachowania dokładności geometrycznych, rośnie natomiast znaczenie zachowania geograficznej wierności, zarówno kartowanego terenu, jak i zjawisk zachodzących na jego obszarze.

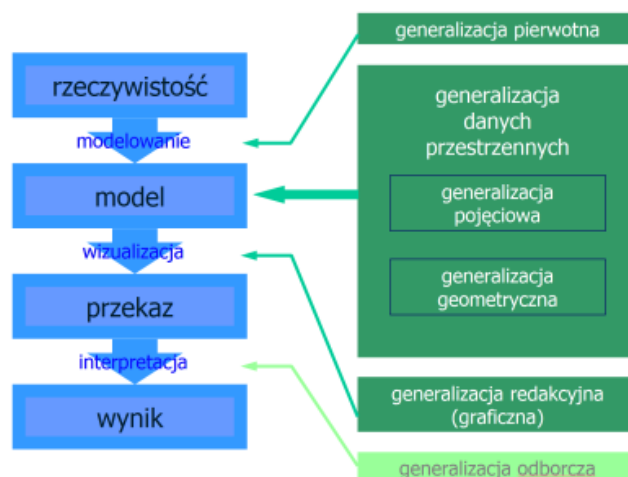
Istotne znaczenie dla wiarygodności mapy ma dostęp do możliwie najbardziej aktualnych danych źródłowych. Stosowanie ogólnie przyjętych zasad generalizacji ze szczególnym uwzględnieniem przeznaczenia mapy oraz zapewnienie dobrej percepcji obrazu kartograficznego ma decydujący wpływ na jakość mapy.

2.3.5 Generalizacja danych przestrzennych^③

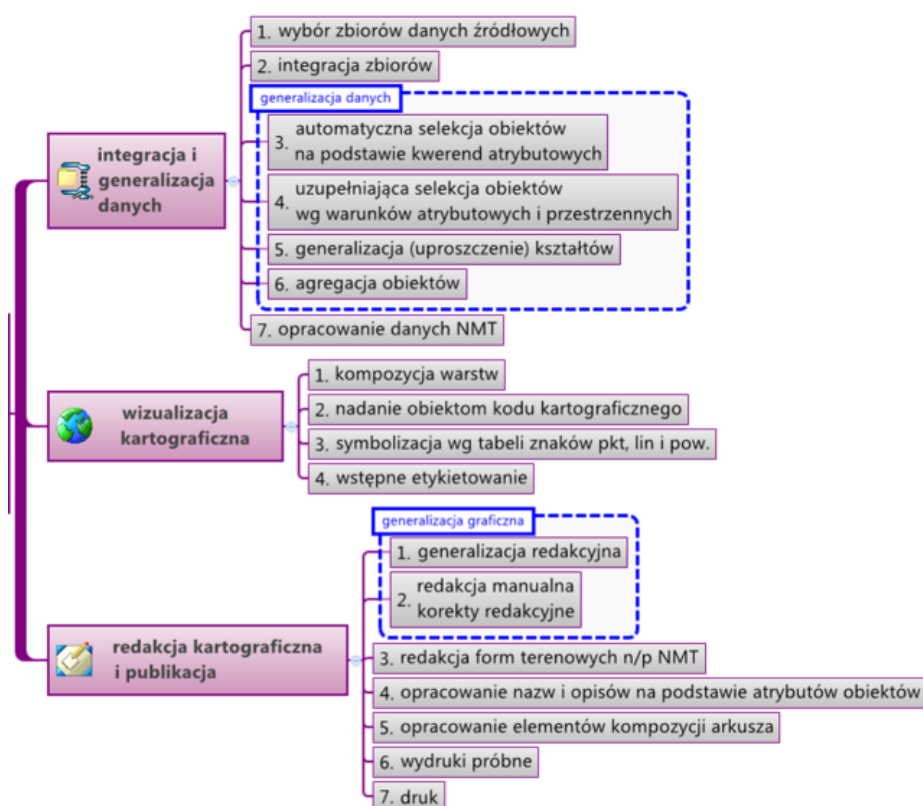
Proces generalizacji kartograficznej rozpatrywany w kontekście technologicznym obejmuje dwa obszerne zagadnienia (Ryc. 22): uogólnienia modelu – bazy danych (generalizacja danych przestrzennych lub generalizacja obiektowa) i upraszczania obrazu kartograficznego (generalizacja redakcyjna lub graficzna). Operacje generalizacyjne ingerujące w zapis danych przestrzennych można podzielić na generalizację pojęciową (selekcje atrybutowe i rekasyfikacje) i geometryczną, inaczej: strukturalną (selekcje przestrzenne, upraszczanie kształtów, redukcja geometrii, agregacje).

W przypadku generalizacji danych dąży się zwykle do maksymalnej automatyzacji procesu. Z kolei istotą generalizacji redakcyjnej jest zapewnienie odpowiedniej jakości obrazu kartograficznego i tu tylko część operacji może być automatyzowana, zwykle doraźnie. W ramach czynności redakcyjnych o charakterze generalizacyjnym można wymienić:

- redukcję liczby znaków i korekty położenia sygnatur,
- uproszczenie konturów,
- przewiększenia znaków, zastosowanie ekwidystant,
- zmianę formy znaku w zależności od kontekstu.



Ryc. 22. Generalizacja na poszczególnych etapach modelowania kartograficznego (opracowanie własne)



Ryc. 23. Typowe zadania generalizacyjne w procesie opracowania mapy (opracowanie własne)

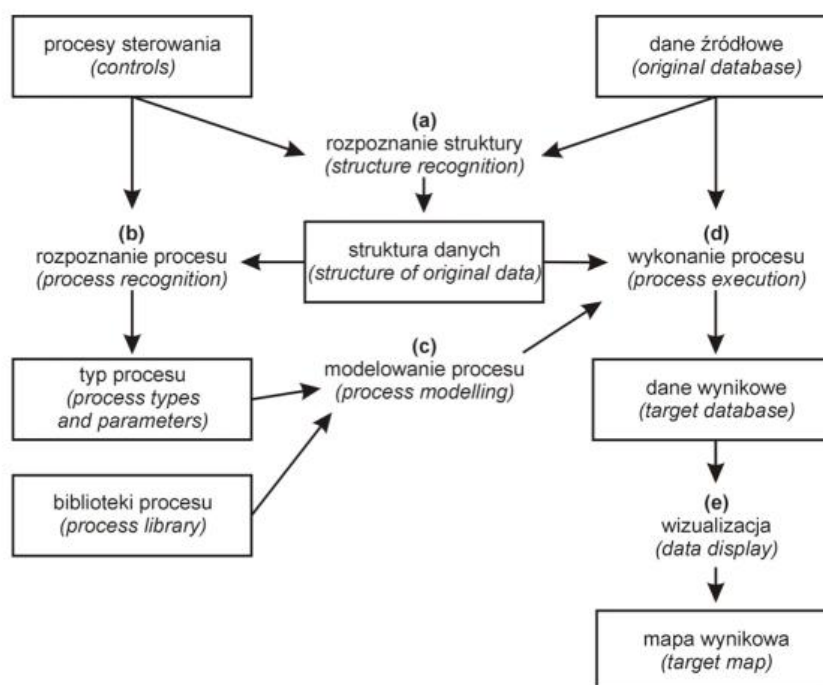
Ze względu na fakt, iż tak ważna jest maksymalna automatyzacja generalizacji danych niezbędna staje się standaryzacja procedur. Pierwsze eksperymenty w zakresie generalizacji komputerowej sięgają połowy lat 60-tych. Dotyczyły one automatycznej redukcji liczby punktów wyznaczających kształt obiektu geometrycznego. Obecnie większość procedur generalizacyjnych można sparametryzować - zarówno w trybie interaktywnym, jak i wsadowym. W generalizacji interaktywnej (ang. human interaction modelling) wykorzystuje się tzw. wzmocnioną inteligencję (amplified intelligence), rozumianą jako specjalistyczne środowisko aplikacyjne GIS, pozwalające na interaktywną współpracę użytkownika, który etapowo wskazuje metodę generalizacji i określa jej parametry.

W zakresie generalizacji wsadowej (ang. batch processing) wyróżnia się: podejście regułowe (condition-action modelling), określające cechy obiektów i relacje pomiędzy oraz wynikające z nich reguły decyzyjne i algorytmy, oraz modelowanie restrykcyjne (constraint based modelling) z

określonymi warunkami brzegowymi – ograniczeniami natury geometrycznej i topologicznej dla generalizowanej mapy. Zarówno podejście regułowe, jak i metody restrykcyjne nie wymagają ingerencji użytkownika podczas wykonywania obliczeń, ale wymagają zdefiniowania i formalizacji bazy wiedzy systemu. Baza wiedzy oraz opis operatorów, algorytmów i parametrów generalizacji umożliwia zarówno wspomaganie procesu tworzenia wyższych poziomów informacyjnych wielorozdzielczych baz danych przestrzennych typu MRDB, jak i generowanie map topograficznych i przeglądowych w różnych skalach.

Jedna z koncepcji standaryzacji procesu generalizacji (Brassel i Weibel 1988) obejmuje pięć etapów generalizacji (Ryc. 24):

1. rozpoznanie struktury danych,
2. określenie typu procesu generalizacji
3. modelowanie procesu (dobór parametrów)
4. wykonanie procesu
5. weryfikacja i wizualizacja rezultatów



Ryc. 24. Jedna z koncepcji standaryzacji procesu generalizacji (Brassel i Weibel 1988)

Ważnym polem zastosowań automatycznych mechanizmów generalizacji jest uogólnienie rzeźby terenu, którego istotą jest generalizacji numerycznego modelu terenu (NMT), nie zaś uproszczenie rysunku warstwicowego. Generalizacja NMT wiąże się z zastosowaniem jednej z metod (Weibel, 1992): filtracji globalnej, filtracji lokalnej (z reguły wieloetapowej) lub podejścia heurystycznego. Wieloskalowa reprezentacja rzeźby terenu w bazie danych przestrzennych jest logicznym uzupełnieniem idei budowy wieloreprezentacyjnej (wieloskalowej) bazy danych przestrzennych.

2.4 Podstawy grafiki

2.4.1 Zasady percepcji obrazów graficznych ^①

Widzenie jest procesem myślowym, w pełni twórczym, nie ograniczonym jedynie do odwzorowywania obrazu na siatkówce oka. Sam narząd wzroku nie pozostaje jedynie rejestratorem obrazów i ich dynamiki, ale dostarcza korze mózgowej wysoce uporządkowanej i przetworzonej

informacji. Proces analizowania danych przez wyższe ośrodki mózgowe polega już bardziej na interpretacji niż odzwierciedlaniu. Interpretacja ta nie byłaby możliwa bez wykorzystania zdobytych uprzednio doświadczeń, zdolności mózgu do porównywania i dopasowywania oraz stawiania i weryfikacji hipotez na temat oglądanego obrazu. Percepcję wzrokową można więc bardziej wiązać z etapem analizy czy interpretacji niż z etapem wzrokowego pozyskiwania danych o obiekcie.

Siatkówka pozwala widzieć zarówno obiekty statyczne, jak i w ruchu, oświetlone, jak i w półmroku, chromatyczne i achromatyczne, wszystko to dzięki wyspecjalizowanemu systemowi receptorów i komórek nerwowych. Reakcje chemiczne fotoreceptorów, które powodują zmiany potencjałów w komórkach nerwowych oraz właściwości tzw. pól recepcyjnych komórek zwojowych siatkówki są jeszcze przedmiotem badań, a całość procesu analizowania informacji wzrokowej – przedmiotem hipotez, jednak już niektóre z tych badań zweryfikowano eksperymentalnie. Komórki receptorowe siatkówki w liczbie około 130 mln reagują na światło dzięki światłoczułym związkom chemicznym. Nie są to reakcje jednakowe: czopki reagują głównie na barwy chromatyczne i zmiany natężeń bodźców, nie działając w słabym świetle, natomiast pręciki umożliwiają widzenie nocne i percepcję ruchu.

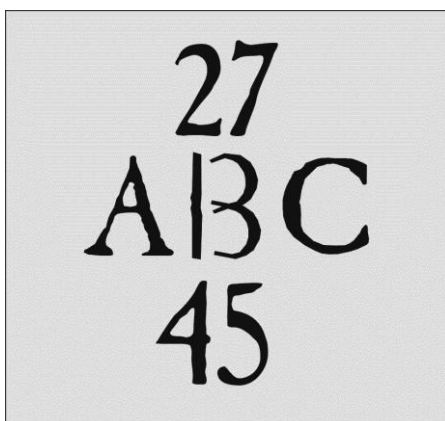
Pole widzenia każdego oka można podzielić płaszczyzną pionową, przechodzącą przez dołek centralny siatkówki na dwie części. Prawe części obu pól widzenia (lewego i prawego oka) zostają interpretowane w lewej części kory wzrokowej (padają też na lewe części obu siatkówek), lewe części tych pól widzenia są analizowane przez prawą półkulę mózgową. Uporządkowane włókna nerwowe trafiają do wzgórza, które stanowi ośrodek koordynacji zmysłów i przekazuje informacje bezpośrednio do kory mózgowej. Z takiej budowy narządów wzrokowych wynika możliwość odbioru szeregu informacji o obiekcie, które pozwalają na ocenę odległości i percepcję głębi. Jeśli jeden przedmiot zasłania częściowo inny, to będzie postrzegany jako bliższy obserwatorowi. Co więcej obiekty znajdujące się na jednej płaszczyźnie (np. figury geometryczne) jeśli sprawiają wrażenie przesłoniętych przez inne obiekty, to będą postrzegane jako leżące „głębiej” – poniżej obiektów przesłaniających. Do głosu dochodzi tu jedno z tzw. praw postrzegania, które będą omówione nieco później.

Jedną z najciekawszych właściwości narządu wzroku jest jego duża bezwładność, którą można nazwać zdolnością do utrzymywania wrażenia wzrokowego. Czas tego „zatrzymania” obrazu, zależnie od miejsca padania bodźca na siatkówce i rodzaju światła, waha się w granicach 50-200 ms (Zabrodzki i in. 1994). Jeżeli w tym czasie pojawi się następny, podobny bodziec, to wystąpi połączenie obu sygnałów i powstanie wrażenie ciągłości bodźców (np. krople deszczu zauważane jako linie). Minimalna częstotliwość powtarzania bodźców wymagana do uzyskania efektu tej ciągłości wynosi 20 Hz, skąd wynikają parametry częstości wyświetlania klatek filmowych, obrazów animacji komputerowych i częstotliwości odświeżania monitorów. Parametry monitorów są jeszcze korygowane ze względu na dużą luminancję (która przy stosunkowo niewielkiej powierzchni ekranu sięga 200 cd/m²) i wtedy częstotliwość powtarzania obrazu powinna wynosić minimum 50-60 Hz (obecnie parametr ten wynosi zwykle 70-90 Hz).

Okazuje się, że receptory siatkówki poza zróżnicowaniem funkcjonalnym są także zorganizowane przestrzennie. W obrębie siatkówki można wyróżnić pole szczególne – tzw. dołek centralny, który zawiera jedynie czopki, ale w ogromnym skupieniu (rozdzielczość siatki czopków sięga tu 1 mikrona, średnio w tym rejonie – 2.5 mikrona) oraz peryferia – gdzie czopki przeplatają się z pręcikami. Zwiększona gęstość czopków w centrum siatkówki pozwala na precyzyjne rozpoznawanie szczegółów i barw, dlatego też oko kierowane tą zdolnością weryfikuje stale swoje położenie względem oglądanego przedmiotu i stara się tak ustawić, aby obraz interesującego szczegółu padał w centrum siatkówki. Już od dawna medycyna podaje wartość 1' jako minimalny kąt widzenia, co wielokrotnie zostało zweryfikowane doświadczalnie. Jednocześnie wiadomo, że rozdzielczość widzenia zależy od chwilowej średnicy otworu źrenicy oka, której wartość optymalną (dla uzyskania maksimum rozdzielczości) szacuje się na 3 mm. Średnica otworu źrenicy oka

warunkuje wielkość aberracji sferycznej, ponieważ zmienia szerokość wiązki promieni przechodzących przez soczewkę oka i padających na siatkówkę. Aberracja jest zjawiskiem znacznie obniżającym zdolności rozdzielcze, podobnie jak zjawiska dyfrakcyjne. Zwykle się przyjmuje, że dwa punkty będą rozróżniane, jeśli zachowana zostanie między nimi odległość równa promieniowi plamek będących obrazami tych punktów na siatkówce oka – tzw. kryterium Rayleigha (Grabowska, Budohoska 1992).

System wzrokowy jest ukierunkowany na przetwarzanie docierających z zewnątrz informacji i organizowanie obrazu w zrozumiałą strukturę. Kształty pamiętanych figur są wyodrębniane z obrazu i obserwowane nawet pomimo rzeczywistego utajenia lub wtedy, gdy pozostają jedynie złudzeniem optycznym. Mózg wraz z narządami wzroku ma tendencje do wyróżniania sensu spośród pozornego chaosu, jaki może być przedmiotem obserwacji, próbuje stworzyć z tego nieporządku pewne całości, które miałyby logiczne uzasadnienie. Całości te zawsze są organizowane względem zapamiętanych wzorców i podlegają weryfikacji na ich podstawie. Nie jest do końca jasne jak mózg jest w stanie odebrać formy obiektów, ale wiadomo, że stara się przyjmować coraz to nowe hipotezy na temat obiektów aż do uzyskania poparcia w znanych już doświadczeniach. Innymi słowy bez doświadczenia i bez wcześniejszego poznania oglądanego obrazu, obserwowany obiekt będzie nierozpoznany. Często podczas percepcji do głosu dochodzi kilka hipotez – jedna po drugiej (nigdy na raz) i umysł ma wątpliwości: jaki kształt jest obserwowany. Na pojawiające się hipotezy, obok właściwości samego obrazu, mają wpływ predyspozycje obserwatora (krąg kulturowy, zawód, samopoczucie itp.) oraz kontekst, w jakim dany kształt jest dostrzegany.



Ryc. 25. Wpływ kontekstu na odbiór treści (opracowanie własne)

Znak zbliżony kształtem do litery B w zależności od kontekstu raz jest postrzegany jako litera innym razem jako cyfra 13 (Ryc. 25). Jest to ilustracja znanego w psychologii doświadczenia Brunera na temat percepcji kształtów niejednoznacznych.

Percepcję wzrokową można z całą pewnością nazwać aktywnym, twórczym odbiorem informacji graficznej. Jest to zawsze swoista interpretacja poparta doświadczeniem, błyskawiczna analiza polegająca na budowaniu tez i ich porównywaniu z dotychczasową wiedzą. Te operacje myślowe wpływają z kolei na działanie aparatu wzroku, gdyż weryfikacja hipotez percepcyjnych prowadzi do takiego kierowania ruchem oczu, aby potwierdziły się postawione już spostrzeżenia. Takich sprzężeń w narządach zmysłu wzroku jest więcej, a przecież wzrok podlega relacjom z innymi zmysłami, najczęściej wpływając na nie, jako zmysł dominujący.

2.4.2 Postaciowa teoria percepcji ^①

Już w początku XX stulecia percepcją wzrokową zajmowali się psycholodzy formułujący tzw. teorię postaci. Za inicjatora tych myśli uważa się Maxa Wertheimera, który bazował na twierdzeniu, że całość jest bardziej pierwotna niż części, które nigdy nie występują w psychice samoistnie, a

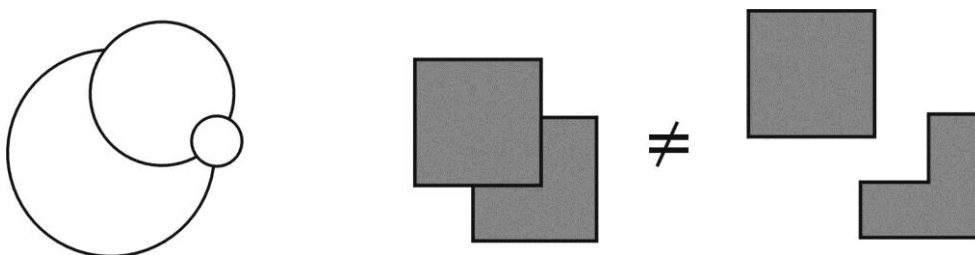
człowiek ma naturalną tendencję do ujmowania i postrzegania całości. Działanie samodzielnych bodźców jest organizowane w całość zwaną przez psychologów postacią lub układem spoistym (Köhler 1959). Prawa dotyczące percepcji, wynikające z przyjęcia teorii postaci, sformułowane pierwotnie przez Wertheimera w 1923 r., zostały zmodyfikowane i odniesione do grafiki statycznej (Lindsay, Norman 1984). Tłumaczą one w pewnym sensie prawidłowości, które prowadzą układ wzrokowy do takich czy innych hipotez percepcyjnych, a jednocześnie pozwolą na sformułowanie poniższych wniosków pragmatycznych, co do metodyki projektowania znaków kartograficznych dla map topograficznych. Psychologia postaci w odniesieniu do percepcji wzrokowej, rozwinęła się na bazie znanego, elementarnego rozróżnienia w postrzeganiu grafiki, polegającego na zdefiniowaniu figury i tła. W rozróżnieniu tym pomaga kilka poniższych aksjomatów:

- pole percepcyjne musi być zróżnicowane; w przypadku jego jednolitości graficznej nie można mówić o wyróżnieniach figur z tła;
- figury posiadają kontur, który oddziela je od tła; wyrazistość tego konturu (różnicowaną np. grubością linii) warunkuje stopień zróżnicowania pola percepcyjnego (np. różnice w natężeniach barw figury i tła);
- obiekty widoczne w całości i otoczone innymi obiektami postrzegane są jako figury;
- obiekty o szczególnej orientacji (pionowa, pozioma) są odbierane jako figury na tle; łączy się to z wieloma doświadczeniami percepcyjnymi z rzeczywistości, w której wiele obiektów ma orientację wertykalną i horyzontalną;
- obiekt mniejszy jest zawsze łatwiej postrzegany jako figura niż obiekt relatywnie duży;

Podstawowym prawem postrzegania wzrokowego jest prawo *doświadczenia i nawyku* mówiące, że to, co oglądamy jest porównywane ze znanymi wzorcami i przede wszystkim tak interpretowane, jak wskazują przeprowadzone porównania. Jak wspomniano wyżej, nie ma postrzegania bez doświadczenia, gdyż patrząc na obiekt nieznany, nie pasujący do wcześniejszych doświadczeń, nie jesteśmy pewni co tak naprawdę widzimy. Doświadczenia te tworzą się już na etapie początkowym wzrastania człowieka, kiedy to uczy się on rozpoznawania twarzy i innych obrazów. Pojawia się wtedy konieczność porównania i oceny czy to, co jest postrzegane, jest znane i jak dobrze.

Na mapie prawo to wykorzystuje się wnosząc do systemu znaków kartograficznych elementy gwarantujące dużą asocjatywność cech tych znaków z cechami reprezentowanych obiektów i zjawisk. Odbiorca mapy nie musi mieć dużej praktyki w posługiwaniu się modelami kartograficznymi, aby dzięki jasnym odniesieniom pomiędzy nośnikiem znaczenia danego znaku a oznaczanym przedmiotem (zjawiskiem), móc precyzyjnie odczytać o jaki obiekt (zjawisko) chodzi. Kluczową rolę w interpretacji tego prawa odgrywa krąg kulturowy, w jakim przebiega percepcja danej mapy. Proces tworzenia doświadczeń odbiorcy przebiega wprawdzie dzięki jego własnemu zaangażowaniu, ale jest osadzony w realiach dydaktycznych (szkoła), kulturowych (kontakty ze sztuką i wpływ mediów), geograficznych (wygląd bliskiego, znanego krajobrazu i obraz elementów środowiska) itd. Wiele wyobrażeń na temat wyglądu elementów egzotycznego krajobrazu człowiek tworzy sobie np. na podstawie przekazów medialnych, literatury czy sztuki. Zasób doświadczeń percepcyjnych powiększa się w ten sposób nieustannie. Znaczenie będzie miało również zainteresowanie odbiorcy mapy bezpośrednią percepcją krajobrazu, doświadczenia turystyczne czy kierunek wykształcenia. W rozważaniach nad zasadami projektowania znaków kartograficznych należy zauważyć, że znaki kartograficzne będą odnoszone do zapamiętanych przez odbiorcę modeli obiektów krajobrazu, a nie do elementów rzeczywistych. Grafika mapy będzie w procesie percepcji interpretowana w oparciu o własne wyobrażenia odbiorcy. Z kolei na kształtowanie wzorców percepcyjnych człowieka decydujący wpływ będzie miał wygląd tych elementów które są postrzegane względnie często. Dla elementów krajobrazu wzorcami pozostają najczęściej obiekty najbliższej rzeczywistości, obserwowanej codziennie lub dość często.

Istnieje prawo *dobrych intencji*, które wyraża tendencję do postrzegania elementów graficznych tak, aby pasowały do jak najprostszego zapamiętanego wzorca (uogólnianie i zamykanie domyślne). Dotyczy to zwykle kształtu obiektu, który jesteśmy w stanie zmienić i uznać część obiektu za przysłoniętą, tak, aby widzieć obiekt jak najprostszy, znany. Domyślnie traktujemy obiekty jakbyśmy nie odbierali ich faktycznego wyglądu, a znali intencje tego, kto je tworzył, które zawsze kojarzą się z kształtami prostymi i figurami zamkniętymi. Dlatego nie jest niczym nieprawidłowym przedstawianie diagramów nakładających się częściowo lub innych figur, które częściowo przesłaniają się wzajemnie - będą one z pewnością odebrane jako zamknięte całości, zwłaszcza wtedy, gdy podobna figura (widoczna w całości) sąsiaduje z tymi obiektami. Przy kilku pozornie przesłaniających się figurach pojawia się wrażenie wielopłaszczyznowości rysunku i wrażenie swoistej głębi (Ryc. 26). Aczkolwiek jest ona jedynie pozorna, można ją wykorzystać w tzw. wyświetlaniu znaków graficznych – czyli uwydatnianiu ich kształtu drogą różnych zabiegów (np. białe halo wokół znaku).



Ryc. 26. Ilustracja prawa dobrych intencji (opracowanie własne)

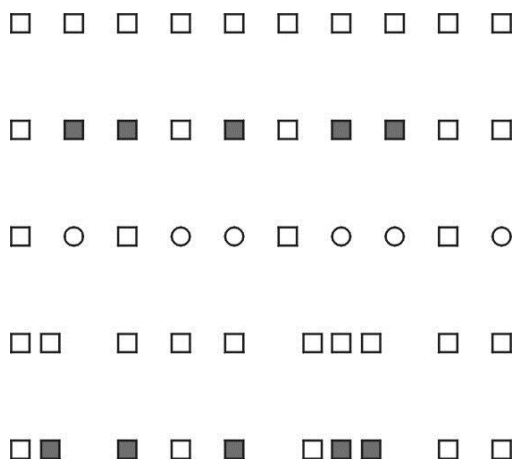
Podobnie prawo *dobrej kontynuacji* jest tendencją do grupowania obiektów zgodnie z intuicyjnie wyczuwaną konsekwencją położenia i kształtu obiektów, która nie musi być zamierzona, ale narzuca się obserwatorowi. Podczas procesu analizowania obrazu powstać mogą w umyśle obserwatora kształty i struktury utworzone z połączeń faktycznych (jawnych i zamierzonych przez nadawcę) obiektów graficznych. Może się więc okazać, że znaki kartograficzne rozmieszczone na mapie w sposób tworzący kształt litery będą odczytywane najpierw jako ta litera, a dopiero później jako zespół obiektów, które miały oznaczać (Ryc. 27).



Ryc. 27. Ilustracja prawa dobrej kontynuacji

Grupowanie przez bliskość i podobieństwo to prawo które przy obserwacji obrazu narzucają nam wydzielania pewnych grup, zgodnie z położeniem obiektów (bliskość) lub cechami graficznymi (podobieństwo). Są to prawa percepcji, dla których obiektywność jest stosunkowo duża, gdyż podbudowa teoretyczna jest dość oczywista. Takie obiekty graficzne (np. znaki kartograficzne), które są położone w pewnej bliskości będą w naturalny sposób tworzyć pewną grupę, w rezultacie można na podstawie tej bliskości wyróżnić pewne rejony geograficzne. Najszerzej wykorzystywane prawo percepcji w kartografii to zdolność odbiorcy do naturalnego grupowania obiektów podobnych ze względu na poszczególne zmienne graficzne (ale rozrzuconych w różnych miejscach pola percepcyjnego). Można np. z powodzeniem wyróżnić grupę tych samych obiektów położonych na całej mapie, kiedy są przedstawione znakiem o takim samym kształcie, barwie, wielkości lub gdy, po wskazaniu użytkownika, ukazuje się na mapie jednocześnie grupa obiektów, można wtedy mówić o grupowaniu poprzez wspólne występowanie. Wynika z tego praktyczny wniosek o tym, że

podobieństwo cech graficznych znaków jest dla odbiorcy ważniejsze, jest przedkładane ponad ich bliskość przestrzenną. Wynika to z przygotowania teoretycznego obserwatora i jego wiedzy na temat znaku, która jednoznacznie odnosi nośnik znaczenia znaku do oznaczanego obiektu. Istnieje słuszną tendencja do oddzielania zmiennej graficznej położenia od pozostałych cech znaku, które kształtują jego formę. Tendencja ta jest najczęściej utrzymywana również przy odczytywaniu map i jest kształtowana już na wstępnym etapie edukacji, kiedy to przeprowadza się analizowanie matematyczne zadań na zbiorach obiektów. Grupowanie odbywa się tam na zasadzie różnego rodzaju podobieństw, nigdy zaś w odniesieniu do bliskości położenia elementów zbioru. Z tego prawa korzysta się również przy tworzeniu deseni powierzchniowych, które przez identyczność powtarzających się elementów (często również bliskich w położeniu) pozwalają na łatwe wyróżnienie obszaru pokrytego deseniem.



Ryc. 28. Ilustracja prawa grupowania przez bliskość i podobieństwo (opracowanie własne)

2.4.3 Teoria znaku kartograficznego ^①

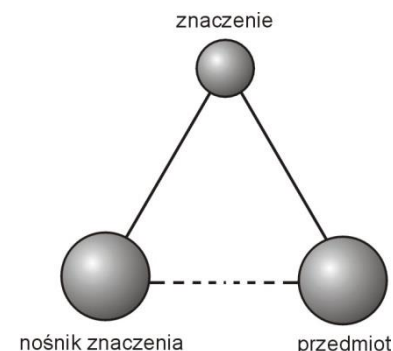
Jedną z teorii budowy znaku kartograficznego jest triada znakowa Peirce'a, modelująca znak jako obiekt semiotyczny. Badania te zapoczątkował Charles Sanders Peirce (1839-1914), którego teorię uznano w Instytucie Filozofii Uniwersytetu Sztutgardzkiego za podstawową i na niej buduje się nowe analizy w świecie znaków, traktowanych jako obiekty zainteresowania filozofii. W semiotyce Peirce'a znak jest zdefiniowany jako trójczłonowa relacja łącząca *nośnik znaczenia* (środek przekazu), *przedmiot* oraz *znaczenie* (interpretant). Tak sformułowana triada razem stanowi znak, którego ogólna teoria pomaga w zdefiniowaniu pojęcia znaku topograficznego.

Środek przekazu jest to każde zjawisko empiryczne, które popadnie we wspomnianą relację triadową, tworząc znak, czyli wszystkie rzeczy, dźwięki, zachowania, przedmioty itp. stanowią potencjalne *nośniki znaczenia* dla znaków, ale dopóki nie wejdą w skład triady jako łącznik opisywanego *przedmiotu* ze *znaczeniem*, dopóty stanowią tylko potencjalnie *nośnik znaczenia* dla jakiegoś znaku. *Nośnikiem znaczenia* dla znaku pozostają tylko te wybrane doświadczenia i zjawiska, które faktycznie są podstawą do przekazania *znaczenia* (interpretant) o oznaczanym obiekcie.

Drugi element triady znakowej Peirce'a – *przedmiot*, nieco inaczej niż w kartografii, nie jest ważny sam w sobie – jako pewien byt, ale istotna jest tylko ta jego część, której znak bezpośrednio dotyczy, rzeczywistość tego przedmiotu, jego istnienie i realia są tu z gruntu nieważne, chodzi tylko o to, co daje się odczytać ze znaku jako *przedmiot* znakowej relacji. W kartografii natomiast wiadomo, że przedmiot rzeczywisty (obiekt, zjawisko), na który wskazuje znak jest o wiele bardziej złożony niż to wynika bezpośrednio z treści modelu kartograficznego, chociaż poznany może być na tyle, na ile jakość, złożoność, czytelność tego modelu pozwalają. Dodajmy, że oznaczany na mapie *przedmiot* (jego położenie i cechy) jest najczęściej wynikiem interpretacji znaku i to on pojawia się w wyobrażeniach użytkownika. Innymi słowy, chociaż model kartograficzny posługuje

się językiem znakowym, opisywanym przez zasady semiotyczne, to jednak użytkownik odbiera jego treść jako informacje dotyczące fragmentu rzeczywistości odniesionej geograficznie.

Pomiędzy *przedmiotem* a *środkiem przekazu* istnieje wiążący element – *znaczenie*, interpretant, którego zadanie polega na faktycznym tworzeniu znaku. Mówi on pod jakim względem znak odnosi się do opisywanego przedmiotu, nadaje sens *nośnikowi znaczenia* w odniesieniu do *przedmiotu*. Pełni on więc rolę pośredniczącą pomiędzy *nośnikiem znaku* a jego *przedmiotem* (jako elementami trójczałonowej relacji); nie jest związany w żaden sposób z percepcją znaku, z odbiorcą. (Bense 1980)



Ryc. 29. Triada znakowa wg Peirce'a

W kartografii praktycznej znak na mapie można więc utożsamiać z nośnikiem znaczenia w modelu Peirce'a, a jego cechy izomorficzne i nadany sens - z interpretantem (znaczeniem w tym modelu znaku). Nośnik znaczenia (zastosowany znak kartograficzny) można potraktować jako zestaw pewnych komponentów graficznych, którym nadawane są poszczególne wartości zmiennych wizualnych. Komponenty te są graficznymi elementami znaku, których cechy można różnicować (technicznie) niezależnie, ale razem stanowią jeden znak określonego typu (punktowego, liniowego, powierzchniowego, objętościowego czy tekstowego).

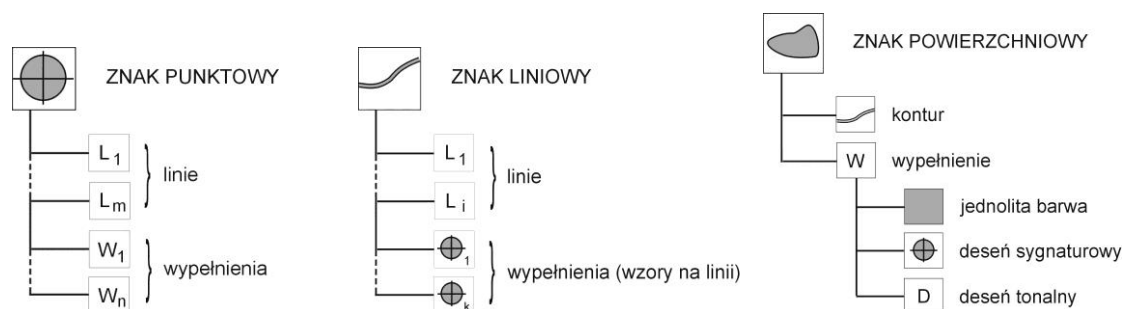
Każdy znak kartograficzny składa się z dwóch zasadniczych elementów: konturu i wypełnienia figur. W formowaniu znaku różnicowaniu podlegają atrybuty graficzne tych elementów.

Znak punktowy tworzą 2 typy komponentów: linie i wypełnienia. Linie (których liczba wynika z liczby figur tworzących znak) tworzą kontury figur składowych i posiadają następujące atrybuty: wielkość (grubość), orientacja, ostrość, przezroczystość, barwa. Wypełnienia to wnętrza figur tworzących znak, ograniczone konturami; ich cechami mogą być: przezroczystość i barwa. Określenie „komponent” jest tu użyte celowo, dla podkreślenia, że może istnieć znak składający się z linii i wypełnień o odmiennych cechach graficznych, np. o wypełnieniu w pełni przezroczystym, albo zawierającym figury o niewidocznej linii konturu. Liczba komponentów obydwu typów jest dowolna i wiąże się z liczbą figur tworzących znak. Całość, określana jako znak punktowy, może stanowić komponent znaków następnych kategorii geometrycznych.

Na znak liniowy składają się 2 grupy komponentów: linie i wzory. Linie posiadają takie same atrybuty jak składowe znaku punktowego, z tym, że komponenty znaku liniowego mają dodatkową cechę zwaną odstępem, oznaczającą odległość linii składowej (komponentu) od osi znaku. Wiele ze znaków liniowych składa się z kilku linii, odległych od osi znaku i tzw. wypełnień światła pomiędzy liniami skrajnymi, które też stanowi linię (o odpowiedniej grubości i rozjaśnionej barwie). Drugi komponent znaku liniowego – wzór – oznacza znaki punktowe rozmieszczone wzdłuż osi znaku liniowego w ustalonym szyku. Zmiennymi tego komponentu będą więc wszystkie cechy znaku punktowego (tworzących go linii i obszarów). Komponent ten posiada też dodatkowe parametry: krok, czyli odstęp pomiędzy kolejnymi powtórzeniami znaku punktowego, mierzony wzdłuż linii bazowej (osi znaku) oraz odległość pierwszego i ostatniego wystąpienia znaku punktowego na linii bazowej od początku i końca tej linii. Daje to możliwość zaprojektowania takiego wzoru, który będzie się składał z dwóch wystąpień znaku punktowego – znajdujących się jedynie na początku i końcu odcinka linii bazowej (osi znaku liniowego). W ogólnym przypadku

znak liniowy może się składać z kilku nałożonych wzorów (zbudowanych z różnych znaków punktowych).

Dla znaku powierzchniowego wyróżniono 4 typy komponentów, są to: kontur, wypełnienie barwą, deseń sygnaturowy, deseń tonalny. Komponent pierwszy jest znakiem liniowym (i składa się z linii i wzorów). Wypełnienie barwą jest komponentem identycznym ze składowymi znaku punktowego (stąd ta sama nazwa) i ma też identyczne cechy (przezroczystość i barwa). Znak powierzchniowy może składać się maksymalnie z jednego brzegu i jednego wypełnienia barwnego, a dodatkowo może wystąpić deseń sygnaturowy, a zamiast niego - deseń tonalny. Deseń sygnaturowy składa się ze znaków punktowych odpowiednio rozmieszczonych we wnętrzu znaku. Cechami desenia (obok cech komponentów znaku punktowego) są ziarnistość i uporządkowanie. Parametry dodatkowe określają gęstość desenia, czyli odstęp między znakami punktowymi, będącymi elementami desenia, determinując jego rytm. W skrajnym przypadku we wnętrzu znaku powierzchniowego może wystąpić jeden znak punktowy, np. położony w punkcie centralnym obszaru. Praktycznie możliwe jest zastosowanie kilku deseni sygnaturowych jednocześnie – w tym samym znaku, ale tak zawile rozwiązanie nie jest konieczne, gdyż stopień skomplikowania elementu tworzącego deseń można zawsze zwiększyć uzyskując deseń bardziej wyrafinowany. Ostatni komponent, jaki może być elementem znaku powierzchniowego to deseń tonalny, czyli obraz zapisany w rastrowym modelu danych, pokrywający wnętrze znaku. Definicja desenia tonalnego opiera się na wzorcu elementu powtarzanego regularnie (o określonym kształcie i barwie), zapisanym w postaci zbioru rastrowego. Wypełnienie powierzchni barwą i deseń tonalny występują w znaku jako elementy alternatywne. Zestaw wymienionych komponentów ujęto w schematach (Ryc. 30)



Ryc. 30. Komponenty graficzne znaków o różnych typach geometrycznych (opracowanie własne)

Jak wynika z Ryc. 30 znaki punktowe, wraz z dodatkowymi parametrami, są wykorzystywane jako komponenty znaków liniowych i powierzchniowych, natomiast znaki liniowe, bez żadnych dodatkowych cech, mogą stanowić komponent znaków powierzchniowych.

Znaki kartograficzne tworzą często dość skomplikowane systemy oznaczeń na mapie, które tworzy się bazując na zasadach metodycznych. Powinny być one czytelne i na tyle rozróżnialne, aby czytelnik nie miał żadnych wątpliwości z jednoznacznym przyporządkowaniem znaczeń zaprojektowanych przez kartografa i objaśnionych w legendzie. Cechę tę zapewnia pogładowość znaków, czyli nawiązywanie poprzez ich formę graficzną do cech prezentowanych przedmiotów i zjawisk oraz wykorzystywanie konwencji graficznych, które w wizualizacji kartograficznej są powszechne: np. obiekty hydrograficzne z reguły są prezentowane w barwach niebieskich, a roślinność - w zieleniach. Znaki powinny tworzyć spójny i logiczny system, który będzie wskazywał pewne nadrzędne kategorie treści, poprzez zastosowanie tzw. zmiennych graficznych przewodnich, którymi najczęściej są kształt lub barwa. Stosuje się tutaj zasadę hierarchicznego uporządkowania (kategoryzowania elementów treści mapy) oraz logicznego grupowania, które ma szczególne znaczenie na mapach o wielu elementach treści, takich jak mapy topograficzne, gdzie liczba wyróżnień sięga często 150 czy nawet 200. Znaczenie poszczególnych obiektów i zjawisk może być podkreślone odpowiednią wagą optyczną, rozmiarami czy atrybutami barwy. Znaki obiektów ważniejszych z pewnością powinny się wyróżniać ciemniejszymi barwami czy większymi rozmiarami, w ten sposób będą widoczne jako pierwsze i czytane jako istotniejsze. Całość prezentacji kartograficznej powinna cechować równowagę graficzną, osiąganą poprzez dobór

odpowiednich natężeń barw, jednolity styl graficznym znaków, zapewnienie spokojnych przejść pomiędzy kolejnymi (hierarchicznie zaprojektowanymi) planami percepcji treści mapy.

2.4.4 Semiotyczne aspekty wizualizacji kartograficznej ^①

Niezależnie od różnych koncepcji modelowania kartograficznego, wyrażanych w tzw. orientacji poznawczej i orientacji komunikacyjnej (Czerny 1994), mapa pozostanie zawsze modelem znakowym o cechach semiotycznych. Za pomocą systemu znaków przekazuje ona różne (bezpośrednio odbierane, pośrednio dedukowane, np. jako wyniki analiz, pomierzone itp.) informacje, które uzmysławiają odbiorcy przekazywaną treść.

Najistotniejszym środkiem przekazu w kartografii pozostanie system znaków kartograficznych utożsamiany czasem z tzw. *językiem mapy* (Żyszkowska 2000). Nie istnieje tu bezpośrednie podobieństwo do języka naturalnego, ale pewne jest, że prawa semiotyki mają pełne zastosowanie w wizualizacji kartograficznej, gdzie wyróżnia się trzy rodzaje relacji semiotycznych, wzajemnie zależnych:

- semantyczne, odnoszące znak do przedstawianego obiektu (zjawiska),
- syntaktyczne, określające wzajemne stosunki pomiędzy znakami,
- pragmatyczne, wynikające z odbioru znaków przez użytkownika mapy.

Jak wynika z przedstawionej definicji znaku kartograficznego, zaczerpniętej z jego triadycznej koncepcji, od *znaczenia* znaku, rozumianego jako element triady znakowej, będzie zależała prawidłowość odbioru relacji semantycznej zachodzącej pomiędzy *nośnikiem znaczenia* a *przedmiotem* znaku. Można tu wyraźnie stwierdzić, że dla znaków kartograficznych wszelkie relacje semantyczne mogą być badane jedynie w odniesieniu do *przedmiotów* będących obiektami lub zjawiskami, wyróżnionymi na etapie budowy bazy danych i reprezentującymi elementy rzeczywistości przestrzennej. Każdy taki przedmiot posiada pewne unikalne własności, najczęściej zapisane w formie atrybutów obiektu przestrzennego, stosownie do których przyporządkowano mu jedną lub kilka reprezentacji znakowych. Reprezentacje te powinny być charakterystyczne wyłącznie dla tego samego rodzaju obiektu przestrzennego, jednego wyróżnienia w bazie danych.

Oczywiste wydaje się założenie, iż na mapie powinna zachodzić zgodność kategorii ontologicznych wyróżnianych na etapie budowy bazy danych i pewnych wyróżnień (klasyfikacji) syntaktycznych wewnątrz systemu znaków kartograficznych. Zgodność taką można uzyskać wyłącznie dostosowując graficzne cechy znaków do charakteru i atrybutów prezentowanych obiektów. Klasyfikacja obiektów - ich uporządkowanie i grupowanie odbywa się według zjawisk i faktów, których dotyczą. Podobnie: dobierając cechy graficzne znaków kartograficznych warto, poprzez zachowanie podobieństw i uwypuklenie różnic w tych cechach, oddać relacje pomiędzy danymi (obektami, zjawiskami) reprezentowanymi przez te znaki. Inna zasada - izomorfizmu postaci, mówi, że cechy indywidualnego znaku kartograficznego powinny wskazywać na własności przedstawianego przez ten znak obiektu. Znak ten będzie wtedy wywoływał poprawne skojarzenia i ułatwiał odbiór reprezentowanej przez siebie informacji. W projektowaniu znaków kartograficznych, zwłaszcza dotyczących obiektów terenowych, kierować się należy również wyglądem tych obiektów, znanym z oglądu zewnętrznego lub z obrazów fotograficznych (w tym lotniczych i satelitarnych).

2.4.5 Graficzne zmienne wizualne ^④

Kartograficzna wizualizacja znakowa opiera się na tworzonych systemach znaków, stanowiących graficzne modele przetworzonych danych geograficznych w oparciu o stosowane skale pomiarowe.

Znakiem jest „...wszelki przedmiot, właściwość, wydarzenie funkcjonujące w procesie porozumienia się ludzi (w ramach określonego języka). Znaki dzielimy na naturalne (oznaki) i sztuczne (właściwe). Z kolei znaki sztuczne dzielimy na słowne, sygnały i znaki zastępcze (np.

symbole). Symbole pełnią funkcję zastępowania określonego przedmiotu, pojęcia abstrakcyjnego, stanu rzeczy, zdarzenia itp. Symbol występuje zazwyczaj w formie obrazowej, wizualnej i jest zawsze znakiem konwencjonalnym, tj. ukonstytuowanym i funkcjonującym na podstawie umowy między używającymi go. Znajomość tej umowy jest niezbędnym warunkiem adekwatnego rozumienia danego symbolu” (Nowa Encyklopedia Powszechna PWN t. VI, 1997). Podane wyżej cechy symboli odnoszą się w pełni do znaków kartograficznych, które są znakami konwencjonalnymi.

Forma graficzna znaku wykorzystuje graficzne zmienne wizualne, zgodnie z przyjętą metodą prezentacji i odzwierciedla skalowanie danych odnoszących się do cech jakościowych lub ilościowych obiektów.

Symbolizacja danych przestrzennych, czyli nadanie im odpowiedniej formy graficznej w postaci znaków kartograficznych, opiera się na zastosowaniu odpowiednich środków graficznych, umożliwiających przedstawienie na dwuwymiarowej płaszczyźnie (X, Y) mapy zarówno lokalizację obiektu (zgodnie z przyjętą geometryzacją), jak i jego charakterystyki jakościowej lub ilościowej.

Jako pierwszy klasyfikację środków graficznych, uwzględniając możliwości percepcyjne odbiorcy (czytelnika mapy), uporządkował Jacques Bertin w książce *Semiologie graphique* w 1967 r. Bertin wyróżnił, oprócz położenia, 6 zmiennych graficznych: wielkość, jasność, ziarnistość, barwę, orientację i kształt.

W następnych latach koncepcja zmiennych wizualnych była modyfikowana i rozwijana także przez innych autorów. W efekcie mamy do czynienia z różniącymi się nieco koncepcjami klasyfikacji graficznych zmiennych wizualnych stosowanych do budowy znaku kartograficznego. W przedstawionych poniżej graficznych zmiennych wizualnych do zmiennych ustalonych przez Bertina dodano nasycenie, które jako zmienną graficzną wprowadził Morrison w 1984 r.

Położenie

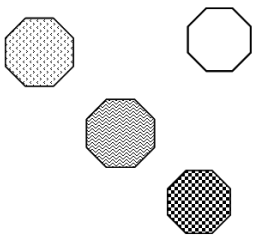
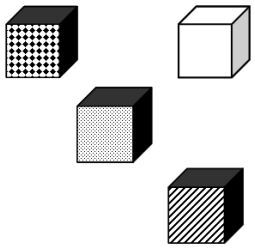
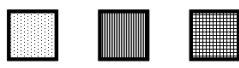
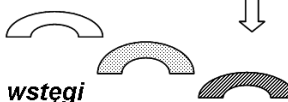
Wg Bertina położenie znaku reprezentowane jest przez dwie zmienne graficzne, którymi są dwa wymiary płaszczyzny (X, Y). W istocie jest to efekt geograficznego uporządkowania danych przestrzennych na podstawie cech geometrycznych obiektów, przyjętego odwzorowania kartograficznego, skali opracowania i wynikającego z niej stopnia generalizacji.

Zgodnie z dokonaną geometryzacją obiektów stosowane dla nich znaki dzielimy także na znaki: punktowe, liniowe, powierzchniowe i bryłowe, co ma wpływ na ich lokalizację na mapie.

Zmiany położenia znaku (całego lub jego części) wynikające z procesu generalizacji kartograficznej mogą dotyczyć: przesunięcia znaku, uproszczenia lub wygładzenia jego kształtu, logicznie uzasadnionej agregacji znaków obiektów jednorodnych, położonych blisko siebie. Zmiany te powodują nie tylko zmianę położenia przedstawianych obiektów, ale pociągają za sobą także zmiany długości, kierunku i pól powierzchni tych obiektów.

Kształt

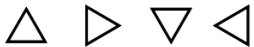
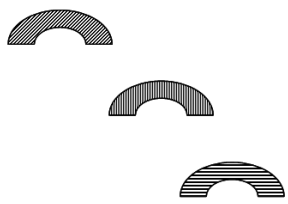
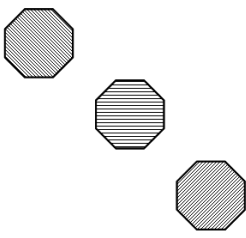
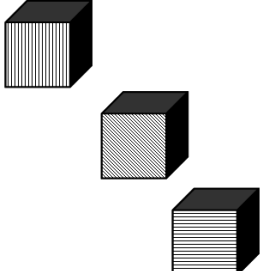
Kształt pozwala na rozróżnienie znaków zarówno na poziomie jakościowym jak i ilościowym. Dotyczy to przede wszystkim znaków punktowych. W przypadku znaków liniowych, powierzchniowych i bryłowych ogólny kształt znaku odzwierciedla wybrane elementy geometrii obiektów, a zmienna graficzna kształtu tych znaków odnosi się do zastosowanych rodzajów linii lub typów deseni wypełniających strzałki, wstęgi, powierzchnie i bryły (Ryc. 31).

znaki			
punktowe	liniowe	powierzchniowe	bryłowe
<i>kropka</i> • 			
<i>desenie</i> 	<i>strzałka</i>  <i>wstęgi</i> 		

Ryc. 31. Kształt jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego lub jego wypełnienia (opracowanie własne)

Orientacja

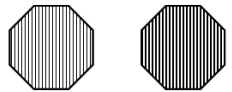
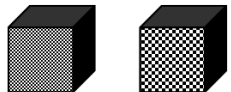
Orientacja (zwana także kierunkiem) pozwala na rozróżnienie znaków na poziomie jakościowym. Dotyczy to przede wszystkim znaków punktowych. W przypadku znaków liniowych, powierzchniowych i bryłowych orientacja znaku wiąże się z geometrią obiektów, a zmienna graficzna orientacji tych znaków odnosi się do orientacji elementów deseni wypełniających wstęgi, powierzchnie i bryły (Ryc. 32).

znaki			
punktowe	liniowe	powierzchniowe	bryłowe
			
			

Ryc. 32. Orientacja jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego lub jego wypełnienia (opracowanie własne)

Ziarnistość

Ziarnistość to zmienna pozwalająca na rozróżnienie znaków na poziomie jakościowym. Dotyczy ona zmiany grubości elementów składowych desenia, przy zachowaniu tego samego stosunku bieli do barwy desenia wypełniającego znak kartograficzny (Ryc. 33).

znaki			
punktowe	liniowe	powierzchniowe	bryłowe
			

Ryc. 33. Ziarnistość jako graficzna zmienna wizualna wypełnienia znaku kartograficznego (opracowanie własne)

Barwa

Barwy dzielimy na achromatyczne (niekolorowe) – biel, czern i odcienie szarości, różniące się jasnością oraz na chromatyczne, rozróżniane na podstawie 3 cech barwy: koloru, jasności i nasycenia.

Kolor (zwany także tonem lub chromatycznością) najczęściej służy do przedstawienia określonych cech obiektów na poziomie jakościowym. W ograniczonym zakresie może być użyty do przedstawienia rangi obiektu oraz danych ilościowych w postaci przedziałów klasowych (Ryc. 34).

barwy	znaki			
	punktowe	liniowe	powierzchniowe	bryłowe
achromatyczne (niekolorowe)	  	  	  	  
chromatyczne (kolorowe)	  	 	 	 

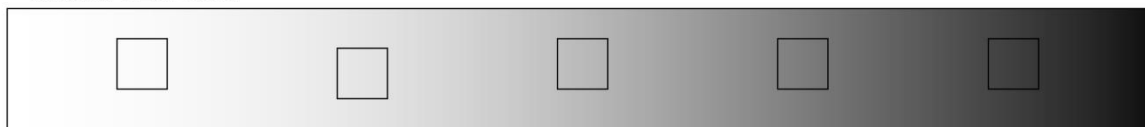
Ryc. 34. Barwa jako graficzna zmienna wizualna wypełnienia znaku kartograficznego (opracowanie własne)

Jasność

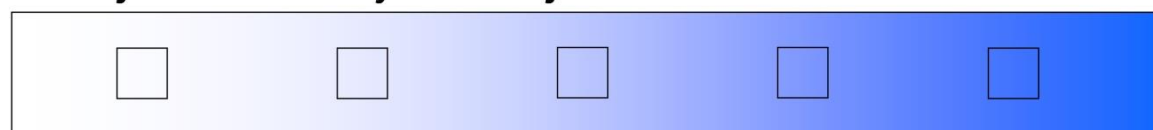
Jasność (zwana też walorem) jest cechą powierzchni barwnej. Wzorcem jest tzw. skala szarości, począwszy od bieli (najwyższy walor) a skończywszy na czerni (najniższy walor). Liczba stopni jasności, które mogą być dostrzegane, zależą od barwy: w zakresie barwy żółtej można rozróżnić tylko 3 stopnie, natomiast 6 lub 7 dla barwy czerwonej lub niebieskiej (Ryc. 35).

Użycie zmiennej jasności pozwala na prezentację danych na poziomie porządkowym oraz ilościowym interwałowym.

skala szarości



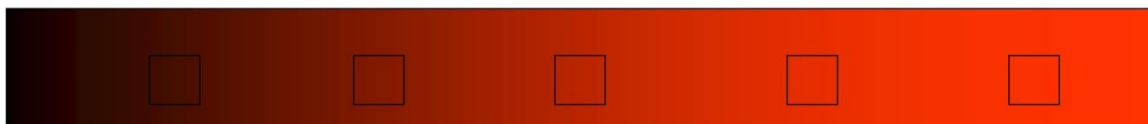
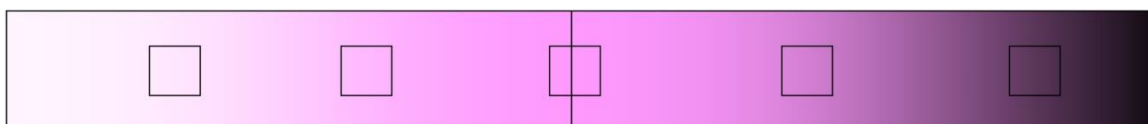
skala jasności dla barwy niebieskiej



Ryc. 35. Jasność jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego tej samej barwy - 5 wyróżnień (opracowanie własne)

Nasycenie

Nasycenie (zwane także intensywnością, czystością lub soczystością) stanowi trzecią cechę barwy. Nasycenie określa stopień czystości barwy chromatycznej i w ciągu skalowym zmienia się zachowując tą samą jasność od barwy szarej do czystego koloru danej barwy (Ryc. 36).

skala nasycenia dla barwy czerwonej**skala barwy przedłużona przez połączenie skali jasności ze skalą nasycenia**

Ryc. 36. Nasycenie jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego tej samej barwy - 5 wyróżnień (opracowanie własne)

Wielkość

Wielkość znaku dotyczy graficznej prezentacji danych odniesionych do znaków ukazujących lokalizację obiektu lub do desena wypełniającego znak. Jest to zmienna graficzna najlepiej dostosowana do przedstawienia danych na poziomie porządkowym i ilościowym (Ryc. 37).

znaki			
punktowe	liniowe	powierzchniowe	bryłowe

Ryc. 37. Wielkość jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego (opracowanie własne)

Zmienne wizualne stosowane dla napisów na mapach

Dla zamieszczanych na mapach nazw obiektów, skrótów objaśniających, wartości liczbowych itp.) nie będących przecież znakami kartograficznymi, stosuje się także pewne zmienne wizualne jako dodatkowy nośnik informacji o obiektach, do których te napisy się odnoszą (Tab. 2).

Tab. 2. Zmienne wizualne pisma stosowane dla napisów na mapach

Zmienne wizualne	Przykłady napisów	Uwagi
krój pisma określa wygląd i budowę pisma	1. WARSZAWA 2. BIAŁOWIESKI PARK NARODOWY	1. Times New Roman 2. Arial Narrow
zmienne wizualne różnicujące krój pisma		
rodzaj pisma	1. KUTNO 2. Kutno	1. wersaliki, 2. tekst
pochylenie	1. UZNAM 2. PIENINY	pismo: 1. proste, 2. pochyle (kursywa)
grubość	1. Maszewo 2. Maszewo 3. Maszewo 4. Maszewo	pismo: 1.cienkie, 2.zwykłe, 3.półgrube, 4.grube
szerokość	1. Adamów 2. Adamów 3. Adamów	pismo: 1.wąskie, 2.normalne, 3.szerokie
wielkość lub stopień pisma na podstawie rozmiaru czcionki	1. Turowice 2. Słomczyn 3. Raków	1. 10; 2. 16; 3. 20 punktów typograficznych; 1 pt typ. = 0,376 mm
barwa	KOŁO ODRA REZERWAT BANIE	

Graficzne zmienne wizualne stanowią dla kartografa niezbędny zasób narzędzi do projektowania znaków kartograficznych zgodnie z wynikami skalowania informacji geograficznej (tj. danych przestrzennych i informacji o cechach obiektów) oraz z przyjętą metodą prezentacji kartograficznej.

W modelowaniu grafiki każdej mapy zwykle nawiązuje się do istniejących konwencji graficznych, wynikających z różnych źródeł. Najszerzej wykorzystuje się konwencje związane ze stosowaniem barw, wynikające z doświadczeń odbiorców i naturalnych skojarzeń. Np. roślinność (powierzchnie zadrzewione, parki, zieleńce, sady, łąki itp.) z reguły przedstawia się na mapach w tonach zielonych, co jest związane z naturalnym jej wyglądem. Podobnie wody, kojarzone z barwami niebieskimi, są na mapach niemal zawsze oznaczane w ten sposób. Skojarzenia te są odczytywane bez problemu i są wykorzystywane w wielu, także urzędowych i zestandaryzowanych systemach znaków kartograficznych.

3. Metody prezentacji kartograficznej^④

3.1 Klasyfikacja metod prezentacji kartograficznej

Pod pojęciem metody rozumiemy „...zespół celowych czynności i środków, w szczególności prowadzących do wykonania określonego zadania lub rozwiązania danego problemu” (*Nowa Encyklopedia Powszechna PWN t. IV, 1996*).

W odniesieniu do kartograficznych prezentacji danych geograficznych oznacza to ustalenie takich reguł przetworzenia i symbolizacji danych, które zapewniłyby uzyskanie określonych kategorii form graficznych o swoistych cechach różnicujących, form rozpoznawalnych i jednoznacznie rozumianych.

Nie ma całkowicie jednoznacznych klasyfikacji metod prezentacji kartograficznych. W Polsce najpowszechniej znana jest klasyfikacja Lecha Ratajskiego z początku lat 70. XX w., nieco zmodyfikowana w drugim wydaniu jego podręcznika „*Metodyka kartografii społeczno – gospodarczej*” (1988). Klasyfikacją metod zajmowali się także m.in. A.H. Robinson (1953, 1988), J. Bertin (1973), K.A. Saliszczew (2002), B.D. Dent (1993), a w Polsce J. Pasławski (2005, 2009), W. Żyszkowska i W. Spallek (2012).

Wyodrębniając metodę prezentacji kartograficznej należy brać pod uwagę:

- sposób lokalizacji znaków zgodny z wynikiem geometryzacji reprezentowanych przez nie obiektów;
- podstawowe formy graficzne znaków ustalone na podstawie cech jakościowych obiektów w przyjętej skali nominalnej, klasyfikacyjnej lub porządkowej;
- podstawowe formy graficzne znaków ustalone na podstawie cech ilościowych obiektów w przyjętej skali interwałowej, ilorazowej lub absolutnej;
- relacje pomiędzy znakami tej samej klasy obiektów:
 - brak relacji oznacza prezentację obiektów rozproszonych,
 - relacja łączenia się znaków liniowych oznacza prezentację układów sieciowych,
 - relacja grupowania znaków oznacza prezentację obiektów zwartych nieciągłych,
 - relacja sąsiedztwa znaków powierzchniowych oznacza efekt regionalizacji kartowanego obszaru,
 - zbiór punktów cechowanych liczbowo oraz/lub zbiór izolinii oznacza metryczną prezentację obiektów powierzchniowych ciągłych (rzeźby terenu lub powierzchni statystycznej).

Niektóre metody prezentacji kartograficznej umożliwiają ukazanie zmian obiektów w czasie lub zmian ich położenia w przestrzeni. Określa to się jako kartograficzny sposób prezentacji dynamiki obiektów, zarówno materialnych, jak również procesów i zjawisk oraz faktów i wydarzeń.

Kartograficzne modelowanie rzeczywistości geograficznej może przybrać formę obrazkową, ukazującą indywidualne cechy przedstawianych obiektów lub formę opartą na systemie znaków odnoszących się do wybranych klas obiektów.

Wizualizacja kartograficzna obrazkowa może mieć charakter ciągły lub obiektowy, najczęściej w ujęciu perspektywicznym, np. prezentacja krajobrazu lub terenowego obiektu materialnego w postaci jego miniatury. Między obiektem a jego obrazem na mapie zachodzi wówczas relacja jedno – jednoznaczności.

Wizualizacja kartograficzna znakowa opiera się na zaprojektowanych systemach znaków, symbolizujących klasy obiektów, a więc reprezentujących wszystkie obiekty spełniające warunki przynależności do danej klasy. Tym samym między obiektem a znakiem kartograficznym, który go reprezentuje zachodzi relacja jedno – wieloznaczności, tzn. znak nie uwzględnia indywidualnych cech obiektów należących do tej samej kategorii obiektów.

Zgodnie z rodzajem atrybutów kartowanych obiektów, klasę obiektu oraz jego cechy jakościowe prezentuje się za pomocą metod jakościowych, natomiast klasę obiektu oraz jego charakterystykę liczbową prezentuje się za pomocą metod ilościowych (Tab. 3).

Tab. 3. Klasyfikacja metod prezentacji informacji geograficznej na mapach
(propozycja M. Stankiewicza)

sposób wizualizacji		metody prezentacji	
		jakościowe	ilościowe
znakowy	ortogonalny	sygnatur zasięgów kresek orograficznych cieniowania	sygnatur ilościowych kropkowa kartodiagramu kartogramu punktów cechowanych kresek skalowanych izolinii
	perspektywiczny	kopczyków brytowa (blokowa)	blokdigramu ilościowego
poznakowy	graficzny	miniatur obiektów panoramiczno-krajobrazowa	kartowykresu
	pisemny	zasięgu opisowego skrótów i opisów objaśniających różnicowania nazw własnych	

Wizualizacja ortogonalna znakowa oznacza, że wszystkie wybrane obiekty są rzutowane na horyzontalną płaszczyznę obrazu prostopadłymi do niej promieniami, a następnie prezentowane na mapie za pomocą znaków punktowych (0D), liniowych (1D) i powierzchniowych (2D i 2+D z graficznym oznaczeniem trzeciego wymiaru).

Wizualizacja perspektywiczna oznacza, że wszystkie wybrane obiekty są rzutowane na ukośną lub pionową płaszczyznę obrazu prostopadłymi do niej promieniami lub wiązką promieni wychodzących z jednego punktu obserwacji (środka rzutowania), a następnie prezentowane na mapie za pomocą znaków bryłowych lub powierzchniowych przestrzennych (3D) albo za pomocą rysunków obiektów w postaci miniatur lub rysunku pejzażowego.

Nietypową formą wizualizacji danych statystycznych na mapie jest ich prezentacja za pomocą wykresu co najmniej dwu zmiennych. Wykresy takie nie mają cech znaków kartograficznych. Istotne znaczenie w przekazie informacji za pomocą mapy odgrywa forma pisemna przekazu, odnosząca się do wybranych cech obiektów oraz ich nazw własnych.

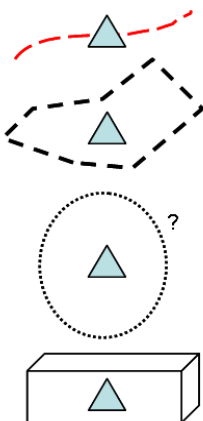
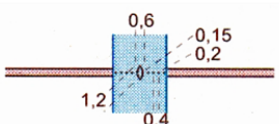
3.2 Metody znakowe jakościowe

3.2.1 Metoda sygnatur

Metoda sygnatur jest metodą prezentacji klas obiektów i ich cech jakościowych za pomocą zwartych graficznych znaków umownych zwanych sygnaturami.

Sygnatury prezentujące obiekty punktowe (0D, nie dające się przedstawić w skali mapy) nazywamy **sygnaturami punktowymi**, a lokalizację obiektu wyznacza ustalony punkt sygnatury, np. środek znaku. Elementarną sygnaturę punktową stanowi punkt (kropka) - tak wizualizowane są obiekty punktowe w bazie danych. W przypadku danych o obiektach określonych według skali porządkowej możemy mówić o **sygnaturach punktowych rangowych**. Wówczas sygnatury tego samego kształtu mogą różnić się między sobą wielkością, barwą lub deseniem.

Takie same sygnatury mogą występować jako znaki *odnoszące się* do innych obiektów: liniowych, powierzchniowych lub bryłowych oznaczonych odpowiednimi znakami i wówczas nazywamy je **sygnaturami objaśniającymi**. Takie sygnatury mogą być umieszczone także pod nazwą miejscowości informując o występowaniu danego (jednego lub wielu) obiektu bez wskazywania lokalizacji (Ryc. 38).

	sygnatura objaśniająca odnosząca się do: - obiektu liniowego - obiektu powierzchniowego - zbioru obiektów rozproszonych na pewnym obszarze bez oznaczenia zasięgu tego obszaru (sygnatura zbiorowa) - obiektu bryłowego
	sygnatura informująca o występowaniu jednego lub wielu obiektów na obszarze, np. miasta umieszczona pod jego nazwą
	przykład zastosowania sygnatury objaśniającej: znak przewozu łodziami na rzece (<i>Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998</i>); sygnatura prezentująca łódź na znaku liniowym trasy przewozu

Ryc. 38. Przykłady stosowania na mapach sygnatur objaśniających (opracowanie własne)

Zarówno sygnatury punktowe jak i objaśniające, ze względu na kształt znaku i jego interpretację, dzielimy na:

- **sygnatury geometryczne** - mają kształt prostych figur geometrycznych, nie przypominający rzeczywistego kształtu przedstawianego obiektu, obowiązuje jednak zasada poglądowości znaku. Zaletą sygnatur geometrycznych jest łatwość grupowania ich według kształtu przewodniego oraz dogodność przy oznaczaniu dokładnego położenia obiektu (łatwo wyznaczalny środek ciężkości);
- **sygnatury symboliczne geometryczne** - są rozwinięciem sygnatur geometrycznych w celu zwiększenia poglądowości znaku zgodnie z zasadą izomorfizmu treści i postaci. Wyglądem nawiązują do cech geometrycznych obiektów lub do szeroko znanych symptomów obiektów;
- **sygnatury symboliczne obrazkowe** - mogą przedstawiać w sposób obrazkowy wybrane elementy obiektu lub symbole, przedmioty, rośliny, zwierzęta, figury postaci mogące kojarzyć się z danym obiektem;
- **obrazkowe** - nawiązują swym kształtem do typowego zewnętrznego wyglądu reprezentowanej klasy obiektów, mogą przedstawiać cały obiekt, jego część, także grupę obiektów lub produkt wytworzony przez dany dział produkcji.
- **literowe** lub **cyfrowe** - mają postać liter, często wpisanych w figurę geometryczną, co pozwala na zaklasyfikowanie jako sygnatur. Jednak posługując się znakami pisma nie są właściwymi znakami kartograficznymi (Ryc. 39).

a)	 123,5 punkt sieci triangulacyjnej z opisem wysokości	 oczyszczalnia ścieków	 mały las
b)	 budowla o charakterze wieży	 kościół lub cerkiew	
	 kopiec lub hałda		
c)	 szyb kopalniany, sztolnia	 dworzec autobusowy	
	 stacja benzynowa		
d)	 wiatrak	 drzewo iglaste - pomnik przyrody	 skałka
e)	 stacja metra		

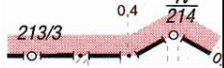
Ryc. 39. Przykłady zastosowania na mapie topograficznej 1:50 000 sygnatur punktowych:

a) geometrycznych, b) symbolicznych geometrycznych, c) symbolicznych obrazkowych, d) obrazkowych, e) literowych. (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)

Sygnatury prezentujące obiekty liniowe (1D) nazywamy **sygnaturami liniowymi**, a lokalizację obiektu wyznacza oś znaku tożsama z osią obiektu. Lokalizacja i długość znaku zależą od skali mapy, a tym samym od stopnia generalizacji obrazu kartograficznego. Elementarną sygnaturę liniową stanowi linia (kreska) - tak wizualizowane są obiekty liniowe w bazie danych. Szerokość sygnatury liniowej na mapie zależy od percepcji znaku, ale może być także użyta do podkreślenia rangi obiektu (**sygnatury liniowe rangowe**).

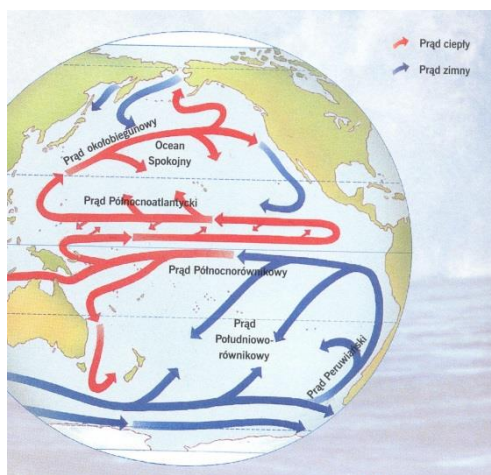
Sygnatury liniowe o znacznej szerokości znaku bywają nazywane **sygnaturami wstęgowymi** lub wprost **wstęgami**.

Ze względu graficzną konstrukcję znaku **sygnatury liniowe** dzielą się na: **geometryczne** (linie ciągłe, przerywane itp.), **symboliczne** (elementy znaku nawiązują do cech zewnętrznych obiektu) i **obrazkowe** (elementy znaku w postaci ciągu małych sygnatur obrazkowych nawiązują do cech lub funkcji obiektu).

	Granica państwa ze znakami granicznymi
	Granica województwa i miasta stołecznego
	Granica powiatu
	Granica miasta lub gminy
	Wąski pas lasu lub zagajnika o szerokości mniejszej niż 30 m oraz rząd drzew

Ryc. 40. Przykłady zastosowania na mapie topograficznej 1:50 000 sygnatur liniowych geometrycznych rangowych (granice) oraz sygnatury liniowej symbolicznej (wąski pas lasu lub zagajnika).
(Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)

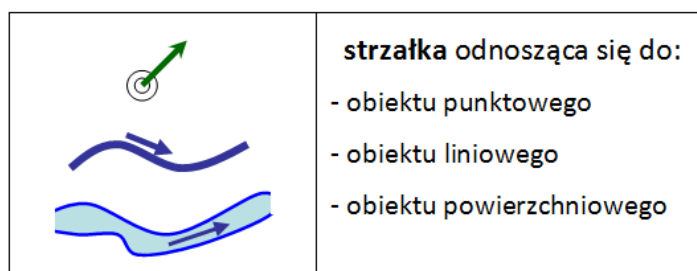
Istotną odmianę sygnatur liniowych stanowią **sygnatury liniowe kierunkowe**, zwane także **strzałkami ruchu**, ponieważ elementarną sygnaturę liniową kierunkową stanowi strzałka. Sygnatury te przedstawiają dane jakościowe o kierunku i trasie przemieszczania się (stałego lub cyklicznego) obiektów (w tym zjawisk), bądź przemieszczenia obiektów w określonym czasie (np. dotyczy danych historycznych). Oś znaku odpowiada lokalizacji trasy (Ryc. 41).



Ryc. 41. Sygnatury wstępne kierunkowe Ilustrowany (Atlas Świata, Przegląd Reader's Digest, 1999)

W przypadku danych określonych według skali porządkowej możemy mówić o **sygnaturach liniowych kierunkowych (strzałkach) rangowych**. Rangę obiektu uwypukla szerokość strzałki na mapie.

Strzałki używane są także jako sygnatury objaśniające odnoszące się do obiektów punktowych, liniowych lub powierzchniowych (Ryc. 42).



strzałka odnosząca się do:

- obiektu punktowego
- obiektu liniowego
- obiektu powierzchniowego

Ryc. 42. Przykłady stosowania strzałek jako sygnatur objaśniających (opracowanie własne)

Do konstrukcji sygnatur punktowych i liniowych prezentujących naturalne lub antropogeniczne obiekty rzeźby terenu (np. kopce, doły, skarpy) w celu ukazania kierunku nachylenia terenu wykorzystuje się krótkie kreski jako wskaźniki spadów. Tak opracowane znaki wybranych obiektów przedstawiono na Ryc. 52 w podrozdziale 3.2.3.

Przykłady modyfikacji sygnatur za pomocą graficznych zmiennych wizualnych przedstawia Ryc. 43. Każda zmienna graficzna może być wykorzystana jako nośnik pewnej informacji.

Graficzna zmienna wizualna	Sygnatury pozaskalowe (punktowe lub objaśniające)	Sygnatury liniowe
orientacja		
ziarnistość		
barwa (kolor)		
jasność		
nasycenie		
wielkość		

Ryc. 43. Modyfikacja sygnatur tego samego kształtu za pomocą graficznych zmiennych wizualnych (opracowanie własne)

3.2.2 Metoda zasięgów

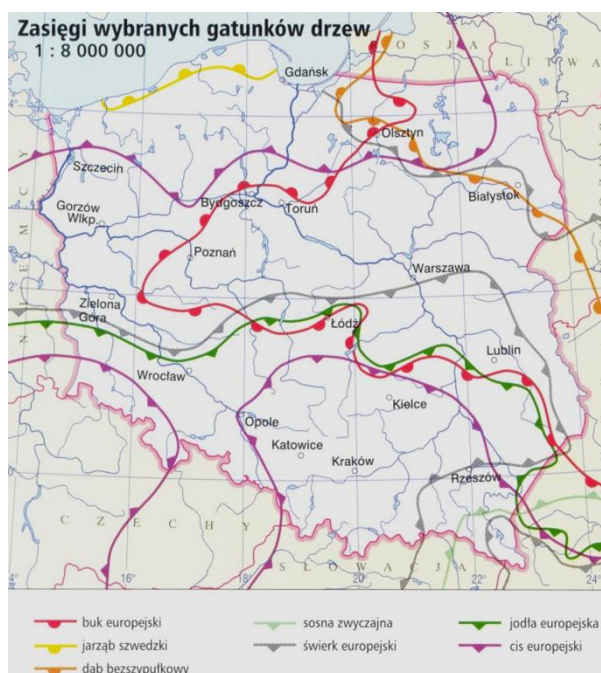
Zasięg (wg *Słownika języka polskiego*, PWN 1989) to: „granica sięgania, rozprzestrzeniania się czegoś, największa odległość na jaką coś dociera, coś się rozciąga, ..., obszar czymś objęty”.

Metoda zasięgów jest metodą prezentacji klas obiektów powierzchniowych dwuwymiarowych (2D) i ich cech jakościowych za pomocą graficznych znaków umownych zwanych zasięgami, które przedstawiają lokalizację obiektów w skali mapy.

Ze względu na sposób graficznego różnicowania zasięgów wyróżnia się:

- **zasięg liniowy**, przedstawiający granicę rozprzestrzeniania się obiektu lub jego kontur za pomocą sygnatury liniowej, co umożliwia prezentowanie wielu obiektów wzajemnie na siebie zachodzących. Część linii zasięgu danego obiektu może stanowić granicę innego obiektu (np. brzeg morski wyznacza zasięg zarówno lądu jak i morza). Znak zasięgu liniowego powinien mieć oznaczenie po której jego stronie znajduje się obszar reprezentowanego obiektu (Ryc. 44);
- **zasięg powierzchniowy** przedstawia obszar występowania obiektu przez wypełnienie jego powierzchni barwą, deseniem lub wyraźnie czytelnymi jednakowymi sygnaturami (Ryc. 45). Stąd można podzielić zasięgi powierzchniowe na: **barwne**, **deseniowe** (łącznie nazwane przez L. Ratajskiego plamowymi) i **sygnaturowe**. Zasięg powierzchniowy może być obrysowany konturem (sygnatura liniowa), którego brak może oznaczać niepewny przebieg granicy obiektu. Zasięgi obiektów częściowo zachodzących na siebie mogą być przedstawione znakami przenikającymi się (paski barwne), nakładającymi się (desenie), mieszanymi (sygnatury mieszane) lub przez wydzielenie obszaru o cechach mieszanych.

W literaturze (także u Lecha Ratajskiego) występuje także **zasięg opisowy** całkowicie oparty na informacji w postaci napisu na mapie, a więc za pomocą pisma, a nie znaków kartograficznych.



Ryc. 44. Zastosowanie zasięgów liniowych (Atlas geograficzny liceum. Świat Polska, Demart, 2005)

 zbiornik wodny	zasięg barwny
 piaski, usypiska, pola rumowisk skalnych	zasięg deseniowy
 cmentarz chrześcijański niezadrzewiony	zasięg sygnaturowy
 las mieszany	zasięg barwno-sygnaturowy

Ryc. 45. Przykłady zastosowania na mapie topograficznej w skali 1:50 000 zasięgów powierzchniowych.
(Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)

Do konstrukcji zasięgów liniowych i powierzchniowych prezentujących naturalne lub antropogeniczne obiekty rzeźby terenu (np. hałdy, doły, skarpy, wąwozy) w celu ukazania kierunku nachylenia terenu wykorzystuje się krótkie kreski jako wskaźniki spadów. Tak opracowane znaki wybranych obiektów przedstawiono na Ryc. 52 w podrozdziale 3.2.3.

Zasięgi powierzchniowe barwne i deseniowe mogą być modyfikowane za pomocą graficznych zmiennych wizualnych (Ryc. 46). Każda zmienna graficzna może być wykorzystana jako nośnik pewnej informacji.

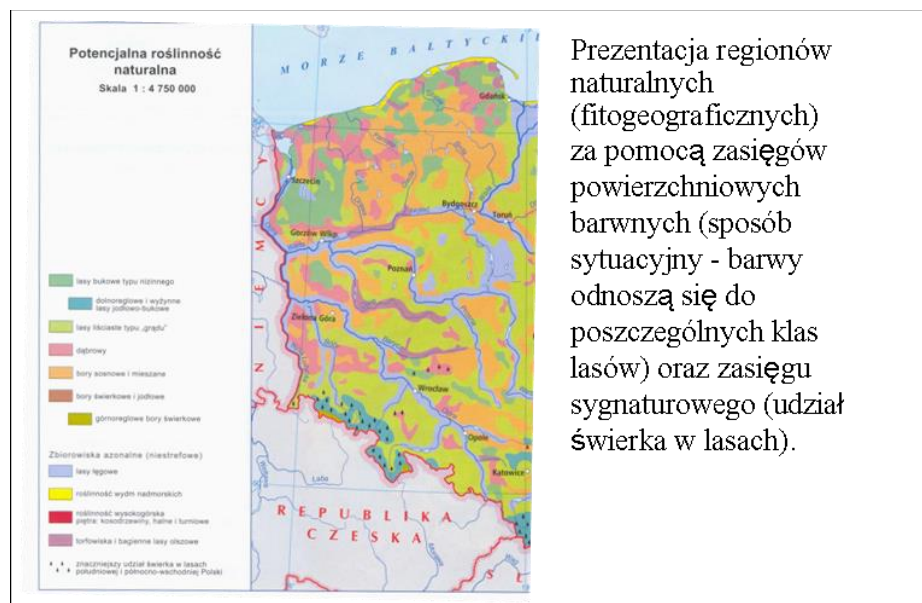
Graficzna zmienna wizualna	Zasięgi powierzchniowe barwne i deseniowe
kształt	
orientacja	
ziarnistość	
barwa (kolor)	
jasność	
nasycenie	
wielkość	

Ryc. 46. Modyfikacja zasięgów powierzchniowych za pomocą graficznych zmiennych wizualnych (opracowanie własne)

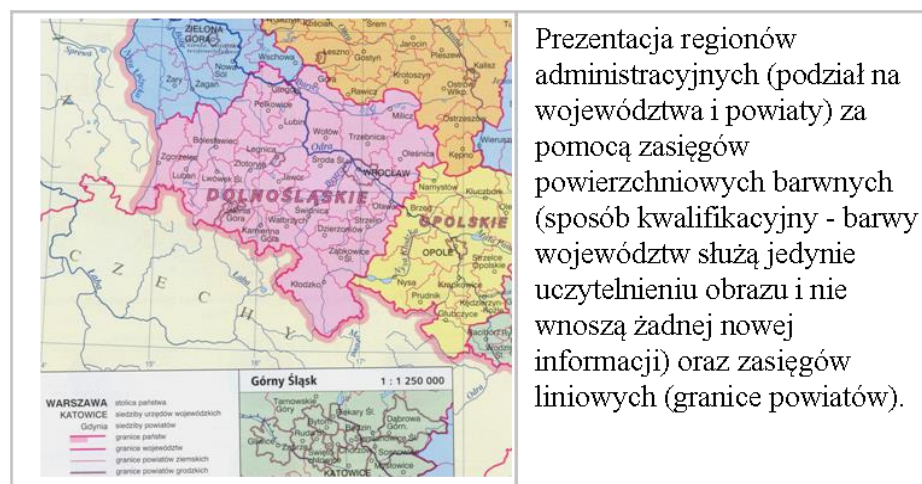
Szczególnym przypadkiem metody zasięgów jest prezentacja klas obiektów powierzchniowych powstałych w wyniku podziału obszaru mapy na mniejsze obszary (regiony), różne lub równorzędne pod względem jakościowym, tworzące mozaikę, co powoduje że nie ma tu obszarów zachodzących na siebie.

Regiony stanowią jednostki terytorialne wydzielone na podstawie np. wyników badań naukowych (regiony fizycznogeograficzne, klimatyczne itp.), zarządzeń urzędowych (jednostki administracyjne, okręgi gospodarcze itp.) lub organizacyjnych (np. jednostki terytorialne wyznaniowe). Sąsiadują ze sobą wykluczając się nawzajem i są względem siebie równorzędne. Droga regionalizacji wielostopniowej uzyskuje się podział regionów na podregiony niższych rzędów. Możliwy jest także podział obszaru mapy na jednostki terytorialne sztuczne o kształcie figur geometrycznych (pola podstawowe), np. siatką kwadratów. Każdemu polu przypisuje się wówczas cechę dominującą prezentowanego zjawiska. Dla celów prezentacji tak wydzielonych

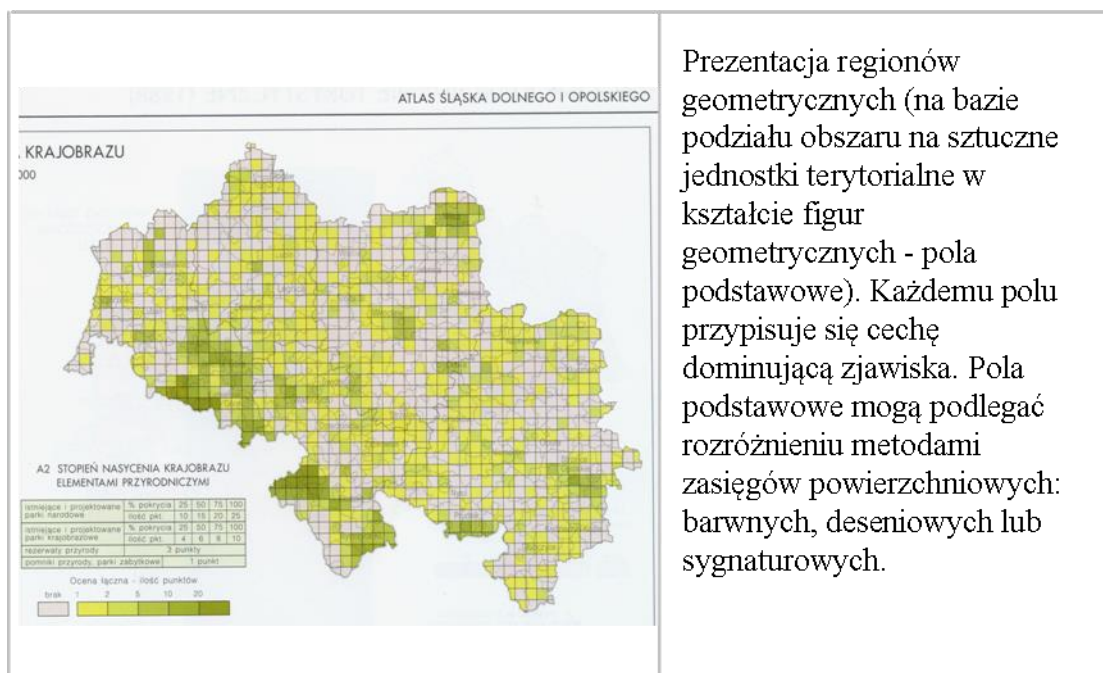
jednostek powierzchniowych możliwe jest zastosowanie zasięgów liniowych, jak i powierzchniowych (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** Ryc. 47, Ryc. 48, Ryc. 49).



Ryc. 47. Przykład prezentacji regionów naturalnych metodą zasięgów (Atlas Geograficzny Polska, kontynenty, świat, Nowa Era, 2005)



Ryc. 48. Przykład prezentacji podziału administracyjnego metodą zasięgów (Atlas geograficzny liceum. Świat Polska, Demart, 2005)



Ryc. 49. Przykład prezentacji zjawiska metodą zasięgów geometrycznych powierzchniowych barwnych rangowych - na podstawie punktacji zamieszczonej w legendzie (Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego, Uniwersytet Wrocławski, 1997)

Pomimo braku odrębnych zasad przedstawiania zasięgu jednostek terytorialnych powstałych w wyniku regionalizacji, w literaturze światowej wydziela się ten przypadek stosowania metody zasięgów jako odrębną metodę prezentacji kartograficznej pod różnymi nazwami np. metoda powierzchniowa, barwnego tła. Lech Ratajski wprowadził nazwę metoda chorochromatyczna. Termin powstał z połączenia greckich słów *choros* (powierzchnia) i *chroma* (kolor), co sugeruje prezentację wyłącznie za pomocą barwnych powierzchni. Biorąc powyższe pod uwagę proponuje się włączenie metody chorochromatycznej (bez używania tej nazwy) do metody zasięgów jako szczególnego przypadku tej metody.

3.2.3 Metoda kresek orograficznych

W połowie XVIII w. pojawiły się próby przedstawienia rzeźby terenu za pomocą kresek wskazujących na kierunek nachylenia powierzchni terenu. Pojedyncza kreska nie stanowi odrębnego znaku, dopiero ich zbiór jest graficzną prezentacją trójwymiarowej ciągłej powierzchni Ziemi ze szczególnym podkreśleniem charakterystycznych form rzeźby terenu. Stąd metoda ta dawniej nazywana była metodą kresek orograficznych.

Metodę tą zmodyfikował na mapie topograficznej Francji Cassini wyróżniając stoki o większym nachyleniu kreskami pogubionymi. Jednak ówczesny rysunek kreskowy był w znacznym stopniu subiektywny, nie oparty na terenowych pomiarach ani nachylenia stoku, ani względnych wysokości terenu. Miał charakter szkicu terenowego (Ryc. 50).



Ryc. 50. Metoda kreskowa prezentacji rzeźby terenu na mapie topograficznej Francji Cassiniego (skala 1:86400, opracowanie 1750-1815)

Takie, względnie szczegółowe przedstawienie form terenowych mogło mieć miejsce na mapach topograficznych wielko i średnioskalowych. W XIX w. na mapach małoskalowych (w tym atlasowych) rysunek perspektywiczny zastąpiono kreskowaniem wypukłości i krawędzi terenowych oraz całych łańcuchów górskich, które ze względu na znaczny stopień generalizacji miały wygląd owłosionych gąsienic.

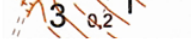
Pod koniec XVIII w. początkowo Müller, a następnie Lehmann udoskonaliли metodę kreskową podając naukowe podstawy jej stosowania. Zachowując zasadę "im stromiej, tym ciemniej" przy pionowym oświetleniu terenu Lehmann skonstruował skalę kresek, w której stosunek szerokości kresek do odstępów między nimi odpowiadał danemu nachyleniu stoku. Znacznie poprawiło to wizualizację i szczegółowość form rzeźby terenu, a ponadto dawało możliwość odczytu z mapy kąta nachylenia stoku w określonym przedziale liczbowym. Ta wersja metody kreskowej stała się wersją ilościową, dla odróżnienia nazwaną w niniejszym opracowaniu **metodą kresek skalowanych**.

Pomimo zaprzestania, jeszcze przed drugą wojną światową, stosowania metody kreskowej dla obrazowania całej powierzchni terenu, to nadal ją się stosuje na mapach topograficznych do przedstawienia niektórych obiektów rzeźby terenu (Ryc. 51).



Ryc. 51. Rysunek kreskowy skał na współczesnych polskich mapach topograficznych w skali 1:50 000: a) cywilnej w układzie "1992" (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, GUGiK 1998), b) wojskowej w odwzorowaniu UTM (Znaki umowne do mapy topograficznej w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, MON 1995)

Idea stosowania kresek jako wskaźników spadów terenu nadal jest wykorzystywana w prezentacji wielu form terenowych nie dających przedstawić się za pomocą poziomic. Jednak ich przedstawienia zaliczane są do innych niż kreskowa metod prezentacji kartograficznych (Ryc. 52).

znak	nazwa znaku	metoda prezentacji
	wskaźnik spad	sygnatura geometryczna objaśniająca (kreska spad) odniesiona do poziomic
1  2 	1 kopiec, hałda 2 dół	sygnatura geometryczna punktowa z kreskami spad
	skarpa (urwisko) wał, grobla, nasyp	sygnatura geometryczna liniowa z kreskami spad
	skarpa /w skali mapy/	zasięg powierzchniowy kreskami spad
1  2  3 	1 kopiec, hałda /w skali mapy/ 2 wąwóz lub wcios 2.1 o szerokości poniżej 10 m 2.2 o szerokości od 10 do 50 m 2.3 o szerokości powyżej 50 m	1 zasięg liniowy z kreskami spad 2.1 sygnatura geometryczna liniowa 2.2 zasięg liniowy 2.3 zasięg liniowy z kreskami spad

Ryc. 52. Znaki umowne wybranych obiektów rzeźby terenu nawiązujące do metody kreskowej
(Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)

3.2.4 Metoda cieniowania

Metoda cieniowania, jako sposób ukazania plastyczności powierzchni Ziemi, była stosowana na mapach wykonywanych ręcznie już w XVIII wieku. Jej rozwój nastąpił w połowie XIX w., gdy zbocza zaczęto przedstawiać różnymi odcieniami barwy (najczęściej w skali szarości) w zależności od nachylenia terenu i oświetlenia. Początkowo stosowano zasadę oświetlenia pionowego, a następnie przyjęto oświetlenie ukośne, najczęściej północno-zachodnie lub południowe. Duży wpływ na rozwój metody miało stosowanie na mapach topograficznych metody kresk cieniowanych.

Prezentację rzeźby terenu metodą cieniowania zaczęto łączyć z metodą poziomicową co daje dobre efekty ukazania trójwymiarowości powierzchni terenu. Metoda ta stosowana jest nadal, także na niektórych mapach topograficznych i turystycznych, szczególnie dla terenów wyżynnych, podgórskich i górzystych. Efekt cieniowania nosi cechy prezentacji informacji o stopniu nachylenia stoków w skali porządkowej ciągłej (Ryc. 53).

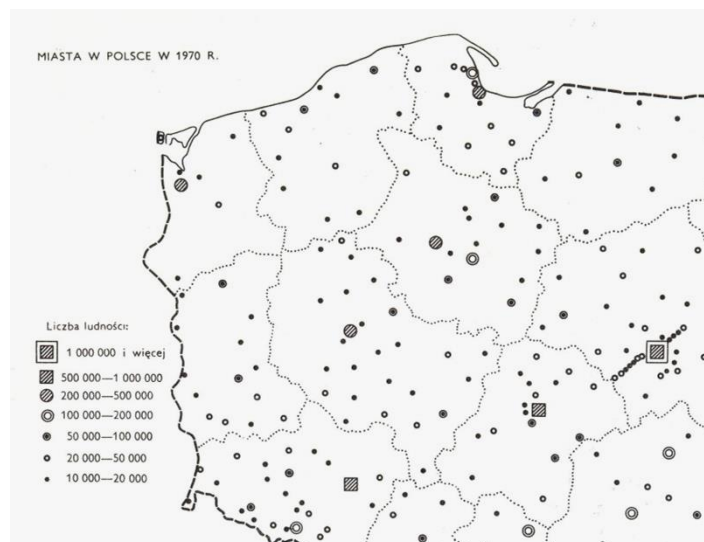


Ryc. 53. Cieniowanie uzyskane w sposób: a) ręczny, b) automatyczny z Numerycznego Modelu Terenu (Wikipedia 2015)

3.3 Metody znakowe ilościowe

3.3.1 Metoda sygnatur ilościowych

Sygnatury punktowe mogą być użyte do reprezentowania wielkości liczbowych w skali skokowej tj. w przyjętych przedziałach klasowych (interwałach). Budowa kolejnych znaków opiera się na różnicowaniu ich wagi optycznej zgodnie ze wzrostem prezentowanej wartości liczbowej (Ryc. 54).



Ryc. 54. Sygnatury ilościowe wielkości miast na podstawie liczby ich mieszkańców (Kocimowski, Kwiatek, 1977)

3.3.2 Metoda kropkowa

Metodą kropkową przedstawia się rozmieszczenie bezwzględnych wielkości zjawiska występującego na danej powierzchni w sposób zwarty nieciągły lub rozproszony (np. rozmieszczenie ludności) za pomocą zbioru znaków niewielkich rozmiarów (najczęściej kropek, ale mogą to być inne znaki graficznie przypominające sygnatury), z których każdy odpowiada jednakowej, określonej liczbie elementów zbiorowości.

Liczba elementów, której odpowiada znak (kropka) nosi nazwę wagi kropki. Dobór wagi kropki ma istotny wpływ na zobrazowanie całości zagadnienia na danym obszarze. Możliwe jest zastosowanie kropek różnych wag, odpowiednio różnicując wielkość kropki.

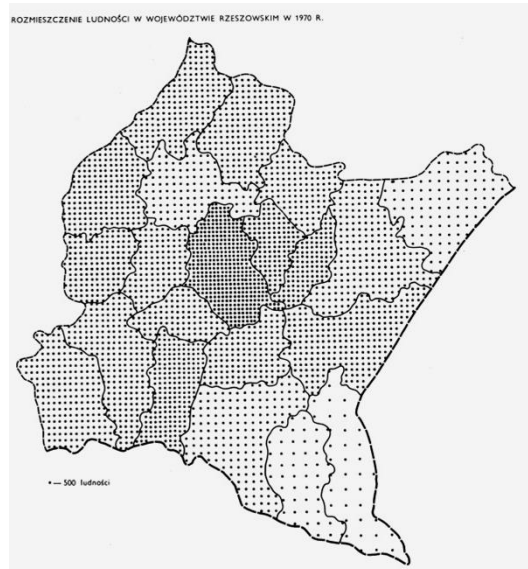
Znaki (kropki), chociaż lokalizowane punktowo, reprezentują wielkość zjawiska w swym otoczeniu z dokładnością równą połowie wagi kropki. Stąd ujęcie danych uważane jest za skokowe, a metoda za powierzchniową, ponieważ dopiero zbiór kropek na wybranej powierzchni i suma ich wag przedstawia wielkość zjawiska.

Wyróżnia się dwa sposoby interpretacji rozmieszczenia zjawiska, pociągające za sobą dwa różne sposoby rozmieszczenia znaków (kropek) na mapie: sposób topograficzny, odzwierciedlający w miarę rzeczywisty rozkład zjawiska w odniesieniu do terenu (Ryc. 55), oraz sposób kartogramiczny (w nawiązaniu do metody kartogramu).

Sposób kartogramiczny polega na równomiernym rozmieszczeniu kropek w granicach danej jednostki terytorialnej, tym samym położenie znaku nie odpowiada rzeczywistemu położeniu zjawiska. Ten sposób rozmieszczenia znaków wizualizuje jednocześnie (według skali porządkowej) średnie natężenie (gęstość) zjawiska w poszczególnych jednostkach terytorialnych (Ryc. 56).



Ryc. 55. Mapa kropkowa z zastosowaniem sygnatur (sposób lokalizacji topograficzny) (Kocimowski, Kwiatek, 1977)



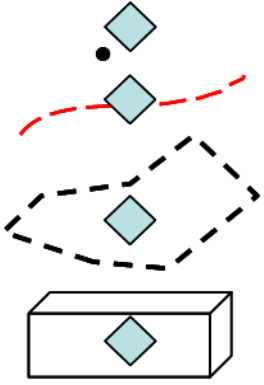
Ryc. 56. Mapa kropkowa z zastosowaniem kartograficznego sposobu rozmieszczenia kropek (Kocimowski, Kwiatek, 1977)

Wpływ na dobór wagi znaków w metodzie kropkowej ma skala i przeznaczenie mapy oraz szczegółowość danych statystycznych i kartograficznych materiałów źródłowych. Zbyt mała waga powoduje duży wzrost liczby kropek na mapie, co zwiększa szczegółowość prezentacji, ale często doprowadza do zlewania się znaków w rejonach ich dużego zagęszczenia. Wyjściem może być wprowadzenie nowych kropek o większej wadze dla obszarów o dużej wartości liczbowej zjawiska lub wprowadzenie dla tych obszarów innej metody prezentacji np. diagramów kolistych. Tak często postępuje się na mapach rozmieszczenia ludności, na których metoda kropkowa jest metodą najczęściej stosowaną.

3.3.3 Metoda kartodiagramu

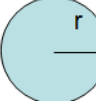
Kartodiagram określany jest jako zbiór diagramów, prezentujących na mapie charakterystykę ilościową przedstawianych obiektów na podstawie danych liczbowych, najczęściej statystycznych. Ponieważ formalnie diagramy można uznać za szczególny przypadek graficznej formy wykresu statystycznego, w literaturze kartograficznej do metody kartodiagramu obok prezentacji danych za pomocą diagramów zalicza się prezentacje w postaci wykresów dwu lub trójosiowych. Diagramami są najczęściej figury geometryczne, których mierzalna wielkość wyraża dane liczbowe, i które spełniają wszelkie warunki wymagane od znaków kartograficznych. Warunków tych nie spełniają wykresy właściwe, stąd prezentacja danych za ich pomocą w przyjętej klasyfikacji została wyodrębniona jako pozaznakowa metoda kartowykresu.

Mapy prezentujące charakterystyki liczbowe obiektów punktowych nazywamy **kartodiagramami punktowymi**, a lokalizację obiektu wyznacza ustalony punkt diagramu, np. środek znaku. Takie same diagramy mogą być użyte jako znaki odniesione do punktów, linii, powierzchni i brył, prezentowanych w postaci odrębnych znaków kartograficznych (Ryc. 57).

Diagram punktowy	Diagram odnoszący się do:	
 powierzchnia znaku prezentuje indywidualną wielkość lub przedział liczbowy zjawiska punkt środkowy znaku wskazuje lokalizację obiektu na mapie	- punktu	
	- linii	
	- powierzchni	
	- bryły	

Ryc. 57. Diagram kwadratowy i jego zastosowanie w kartodiagramach (opracowanie własne)

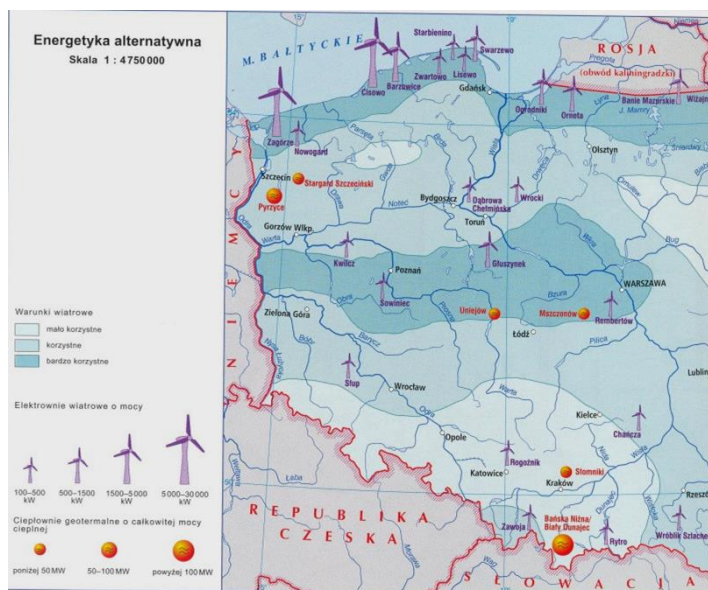
W kartodiagramach najczęściej stosowane są **diagramy jednoparametrowe**. Są to figury geometryczne, których wyznaczony parametr (wysokość lub długość, pole powierzchni, objętość) są proporcjonalne do przedstawianej wartości (Ryc. 58). Dobór figury i jej parametru zależy od rozpiętości danych statystycznych prezentowanego zbioru oraz od możliwości zachowania dobrej percepcji diagramów na mapie.

parametr	diagram	
wysokość	 stupkowy $W=mh$	
pole powierzchni	 kwadratowy $W=ma^2$	 kołowy $W=m\pi r^2$
objętość	 sześcienne $W=ma^3$	 kulisty $W=m(4\pi r^3:3)$
W - reprezentowana wartość liczbową, m - wartość liczbową zjawiska odniesiona do jednostki miary parametru diagramu		

Ryc. 58. Najczęściej stosowane diagramy jednoparametrowe (opracowanie własne)

W legendzie kartogramów rzadko podaje się wartość liczbową zjawiska odniesioną do jednostki miary parametru diagramu, np. 1 mm² powierzchni diagramu kołowego równa się 1000 mieszkańców miasta. Najczęściej umieszcza się wykres zależności wielkości diagramu (np. średnicy koła) od wartości liczbowej prezentowanego zjawiska. Tak jest w przypadku stosowania skali ciągłej wartości (każdy znak prezentuje indywidualną wartość zjawiska) i wówczas mówimy o **kartodiagramie ciągłym**. Przyjmując natomiast skalę skokową, klasyfikującą zbiór danych w ustalonych przedziałach liczbowych (interwałach), diagramy zatracają swe indywidualne rozmiary na rzecz rozmiarów proporcjonalnych do średnich wartości poszczególnych klas. Wówczas mówimy o **kartodiagramie skokowym**.

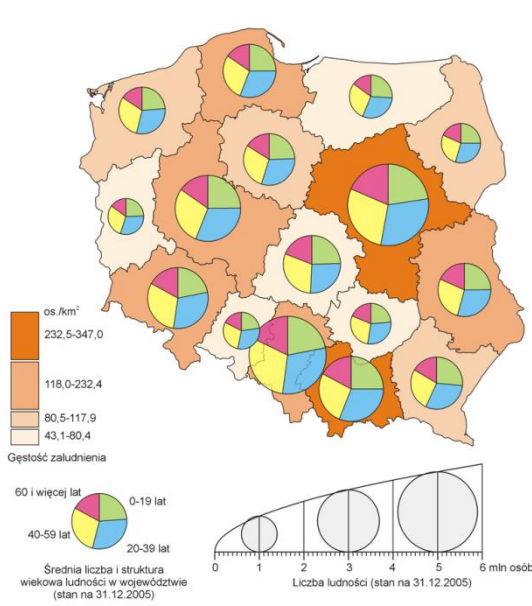
Najbardziej sugestywną formą przekazu informacji stanowi zastosowanie **diagramu obrazkowego** w skokowej skali wartości. Wówczas pole prostokąta opisującego znak jest proporcjonalne do średniej wartości przedziału klasowego (Ryc. 59).



Kartodiagram skokowy punktowy obrazkowy (moc elektrowni wiatrowych) i geometryczny kulisty (moc ciepłowni geotermalnych) na tle zasięgów powierzchniowych barwnych w ujęciu porządkowym (obszary o różnych warunkach wiatrowych)

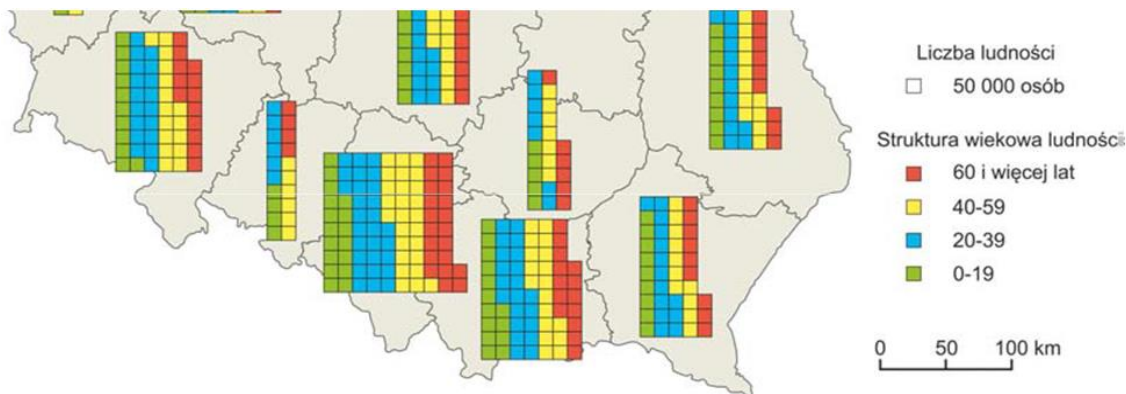
Ryc. 59. Zastosowanie różnych form kartodiagramu skokowego (Atlas Geograficzny Polska, kontynenty, świat, Nowa Era, 2005)

Diagramy charakteryzujące obiekt jedną daną liczbową to diagramy proste. Można ich treść rozbudować np. przez ukazanie podziału wewnętrznego (struktury) zjawiska przez odpowiedni podział znaku. Kartodiagramy ciągle prezentujące także strukturę zjawiska możemy nazwać **kartodiagramami sumaryczno-strukturalnymi** (diagramy prezentują wartość liczbową zjawiska jako sumę wartości jego elementów składowych). Strukturę zjawiska można ukazać także w kartodiagramie skokowym lub w postaci **kartodiagramu strukturalnego**, w którym wszystkie zastosowane diagramy mają tę samą wielkość prezentując jedynie indywidualną strukturę zjawiska (Ryc. 60).



Ryc. 60. Przykład kartodiagramu sumaryczno-strukturalnego odniesionego do powierzchni (województwa) na tle kartogramu (Wikipedia)

Chętnie stosowaną odmianą kartodiagramu jest **kartodiagram segmentowy**, w którym użyte diagramy składają się z wielokrotnie powtórzonych figur jednostkowych (geometrycznych lub obrazkowych) o przypisanej, określonej w legendzie wartości. Mnożąc tę wartość przez liczbę elementów diagramu można policzyć całą wartość statystyczną reprezentowaną przez diagram. Ukazując strukturę zjawiska można uzyskać dobrze czytelne kartodiagramy segmentowe sumaryczne lub strukturalne.

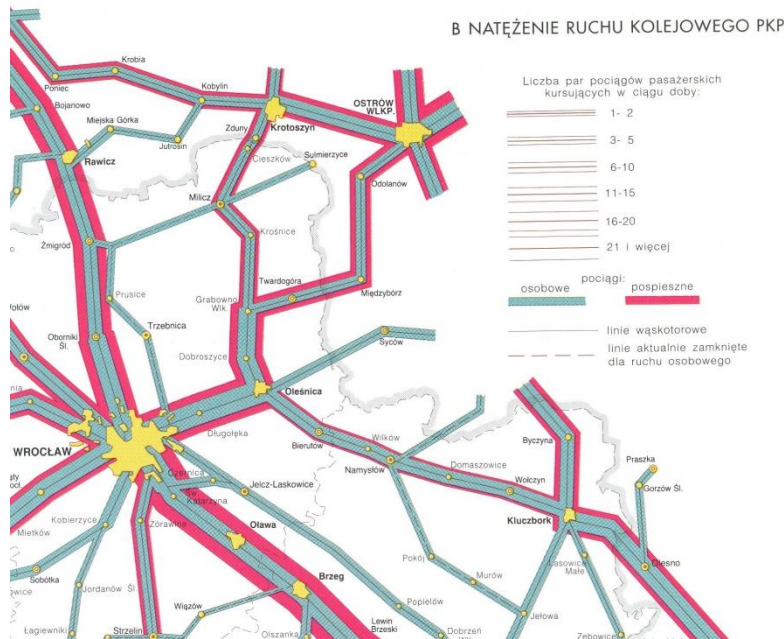


Ryc. 61. Fragment kartodiagramu segmentowego sumaryczno-strukturalnego odniesionego do powierzchni (Graficzna prezentacja danych statystycznych, GUS, 2014)

Rzadko stosowane w kartodiagramach **diagramy wieloparametrowe** cechuje zmienność powierzchni lub objętości przyjętych figur geometrycznych zależna od każdorazowej zmienności wszystkich parametrów figur niezależnie od siebie. Np. diagram prostokątny wieloparametrowy ma dwa zmienne parametry - boki a i b . Informacja liczbową jest wówczas reprezentowana przez każdy z boków, ale jednocześnie także przez powierzchnię prostokąta. Prezentowana treść merytoryczna powinna spełniać warunek $P = ab$ (np. a - powierzchnia powiatu w km^2 , b - średnia gęstość zaludnienia w liczbie mieszkańców na km^2 , P - liczba ludności powiatu).

Ze względu na sposób lokalizacji i prezentacji danych ilościowych o wielkości i zmienności zjawiska wzdłuż obiektów liniowych, a także natężenia powiązań pomiędzy punktami lub obszarami wyróżniamy kartodiagramy liniowe wstępowe i wektorowe.

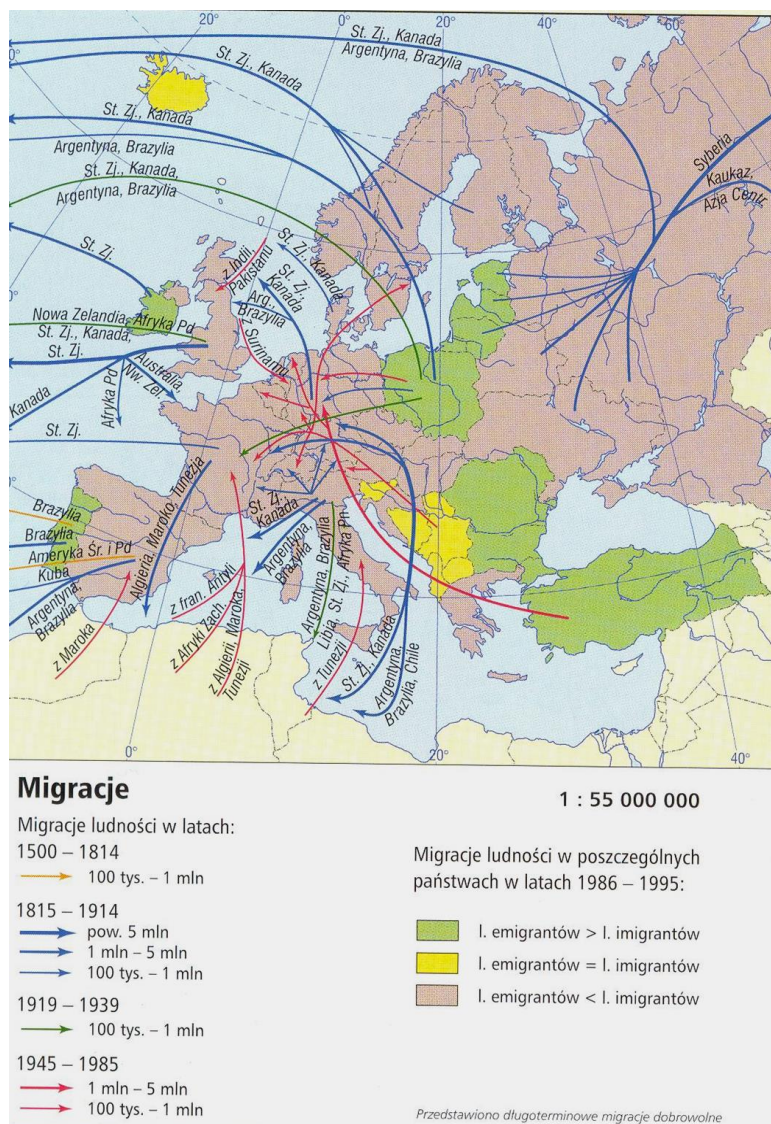
Kartodiagramy liniowe wstępowe mają kształt linii łączących punkty lub obszary, wzdłuż których przemieszcza się dane zjawisko. Szerokość wstęgi uzależniona jest od wielkości przedstawianego zjawiska, zaś jej długości nie jest przypisywana jakakolwiek wartość statystyczna. Kartodiagramy wstępowe mogą być: ciągłe lub skokowe, jedno lub dwukierunkowe, sumaryczne i strukturalne (Ryc. 62).



Kartodiagram
liniowy wstęgowy
dwukierunkowy
skokowy strukturalny

Ryc. 62. Fragment kartodiagramu ukazującego zmienność zjawiska wzdłuż obiektu liniowego
(Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego, Uniwersytet Wrocławski, 1997)

Kartodiagramy liniowe wektorowe wskazują powiązania pomiędzy punktami lub obszarami, a także zachodzące między nimi natężenie ruchu lub przepływu zjawisk. Szerokość linii wektorowej (w formie strzałki) uzależniona jest od wielkości przedstawianego zjawiska (Ryc. 63).



Kartodiagram liniowy wektorowy skokowy wieloczasowy (odniesienie do różnych okresów czasowych) na tle zasięgów powierzchniowych barwnych (regiony porównawcze w skali porządkowej)

Ryc. 63. Przykład kartodiagramu liniowego wektorowego (Atlas geograficzny liceum, Wydawnictwo Demart, 2005)

Dla podkreślenia ciągłości przemieszczeń w określonym kierunku stosuje się często **kartodiagram wektorowy potokowy** powielający diagramy strzałkowe wzdłuż prezentowanego kierunku przemieszczeń. Najczęściej dotyczy to prezentacji zjawisk o charakterze powierzchniowym, wówczas kartodiagramy wektorowe potokowe odnoszą się w rzeczywistości do przemieszczeń powierzchni o nieokreślonym zasięgu.

W metodzie kartodiagramu jest możliwe ukazanie dynamiki zjawiska w danym miejscu przez układ kilku diagramów nakładających się na siebie, z których każdy odnosi się do innego okresu czasowego. Mówimy wówczas o **kartodiagramie wieloczasowym**, zwanym dotychczas w literaturze kartodiagramem dynamicznym. Podobnie mogą być tworzone kartodiagramy wieloczasowe liniowe. Możliwa jest także prezentacja na jednej mapie zbioru odrębnych diagramów odnoszących się do różnych okresów czasowych, co łącznie także tworzy kartodiagram wieloczasowy (Ryc. 63). Współcześnie pojęcie dynamicznych metod prezentacji, jak np. kartodiagram dynamiczny, należy wiązać z geoprezentacjami animowanymi, które zostaną omówione w dalszych rozdziałach.

3.3.4 Metoda kartogramu

Metodą kartogramu przedstawia się średnią intensywność zjawiska (wyrażonego w wartościach względnych) w przyjętych polach odniesienia za pomocą skali barw lub deseni. Tym samym

stosowane znaki są znakami powierzchniowymi. Mapę opracowaną tą metodą nazywa się **kartogramem**.

Metodę tą stosuje się w celu wyrażenia relacji dwu wielkości w odniesieniu do przyjętej jednostki terytorialnej takich, jak:

- porównanie wielkości statystycznej zjawiska do jednostki powierzchni, np. gęstość zaludnienia (liczba mieszkańców na 1 km²);
- porównanie wielkości statystycznych dwu zjawisk, np. plony zbóż z 1 ha zasiewów;
- porównanie wielkości statystycznej zjawiska między dwoma okresami, np. procentowy wzrost ludności w latach $T_1 - T_2$;
- udział jednego elementu w całej zbiorowości na obszarze jednostki odniesienia, np. odsetek powierzchni leśnej w powierzchni ogółem.

Jako pola odniesienia najczęściej przyjmuje się jednostki podziału administracyjnego, co ułatwia pozyskanie większości danych statystycznych. Wartości danych liczbowych mogą być przedstawione w sposób skokowy (w przedziałach klasowych) w kartogramach właściwych lub w sposób ciągły w rzadko stosowanych kartogramach ciągłych.

Tworząc **kartogram właściwy** (skokowy), po doborze pól odniesienia istotnym zagadnieniem jest dobór przedziałów klasowych oraz odniesionej do nich skali barw lub deseni.

Dobór przedziałów klasowych, polegający na grupowaniu całej zbiorowości danych liczbowych w uporządkowane klasy, powinien uwzględniać:

- specyfikę zjawiska,
- charakter zmienności szeregu uporządkowanego,
- liczbę jednostek odniesienia,
- uznane zasady klasyfikacji szeregów liczbowych,
- możliwości graficznego różnicowania przyjętych przedziałów klasowych.

Istotnym zagadnieniem w konstrukcji kartogramu jest określenie liczby przedziałów klasowych. Wprawdzie wynika to także z cech zjawiska oraz rozpiętości danych, ale biorąc pod uwagę możliwości percepcyjne odbiorcy nie należy w zasadzie przekraczać liczby 7 – 8 przedziałów (5 - w przypadku stosowania skali szarości), przy czym nie powinno być tzw. przedziałów pustych (jest w legendzie, nie ma na mapie).

Wyznaczenie granic przedziałów klasowych może być dokonane w sposób:

- a) normatywny - wartości graniczne przedziałów wynikają z cech lub funkcji zjawiska;
- b) matematyczny – oparty na wybranych funkcjach matematycznych w odniesieniu do zbioru danych statystycznych;
- c) analityczno – graficzny, oparty na analizie wykresów ilustrujących rozkład danych.

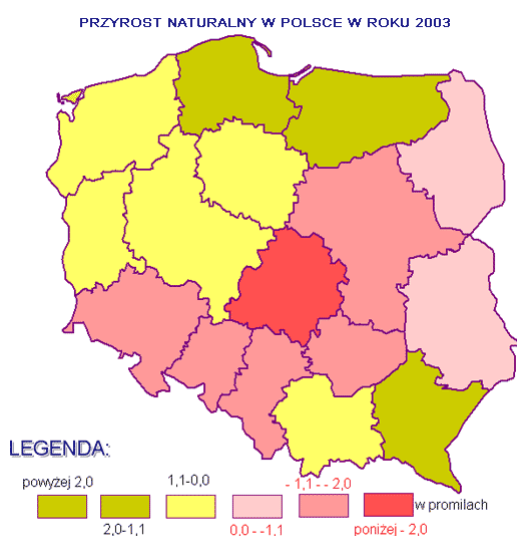
Dwa ostatnie sposoby mogą być wykonane automatycznie poprzez wykorzystanie odpowiednich programów komputerowych.

Dobór skali barw wiąże się z oddaniem, za pomocą uporządkowanego zbioru kolorów lub różnych odcieni szarości z uwzględnieniem jasności barw, intensywności zjawiska określonej granicami przedziałów klasowych (Ryc. 64, Ryc. 65). Podobna zasada dotyczy skali deseni, w której optyczna waga desenia powinna odpowiadać stopniowi intensywności zjawiska (Ryc. 66).

skale barwne

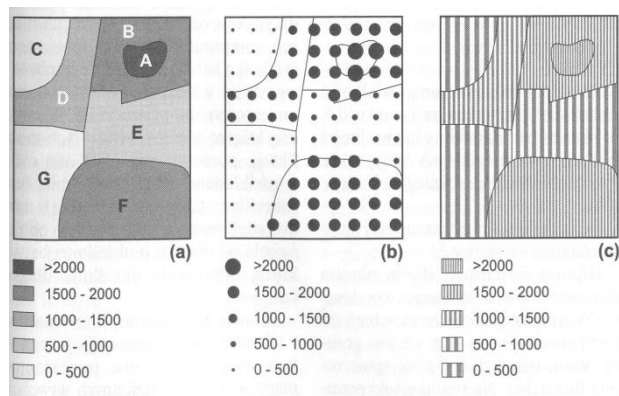


Ryc. 64. Graficzne różnicowanie skal barwnych dla przedziałów klasowych (opracowanie własne)



Kartogram wskaźnikowy powstaje w wyniku przyjęcia pewnych wartości rozdzielających ustalone przedziały klasowe, a tym samym odpowiadające im jednostki odniesienia na obszary o zbliżonych cechach, np. powyżej i poniżej naturalnego zera, średniej lub innej wybranej liczby. Podział ten podkreśla zróżnicowanie barw (najczęściej na ciepłe i zimne) lub struktury desenia.

Ryc. 65. Przykład kartogramu wskaźnikowego (odrębne skale barwne dla wartości dodatnich i ujemnych zjawiska)



(a) kartogram w skali szarości;

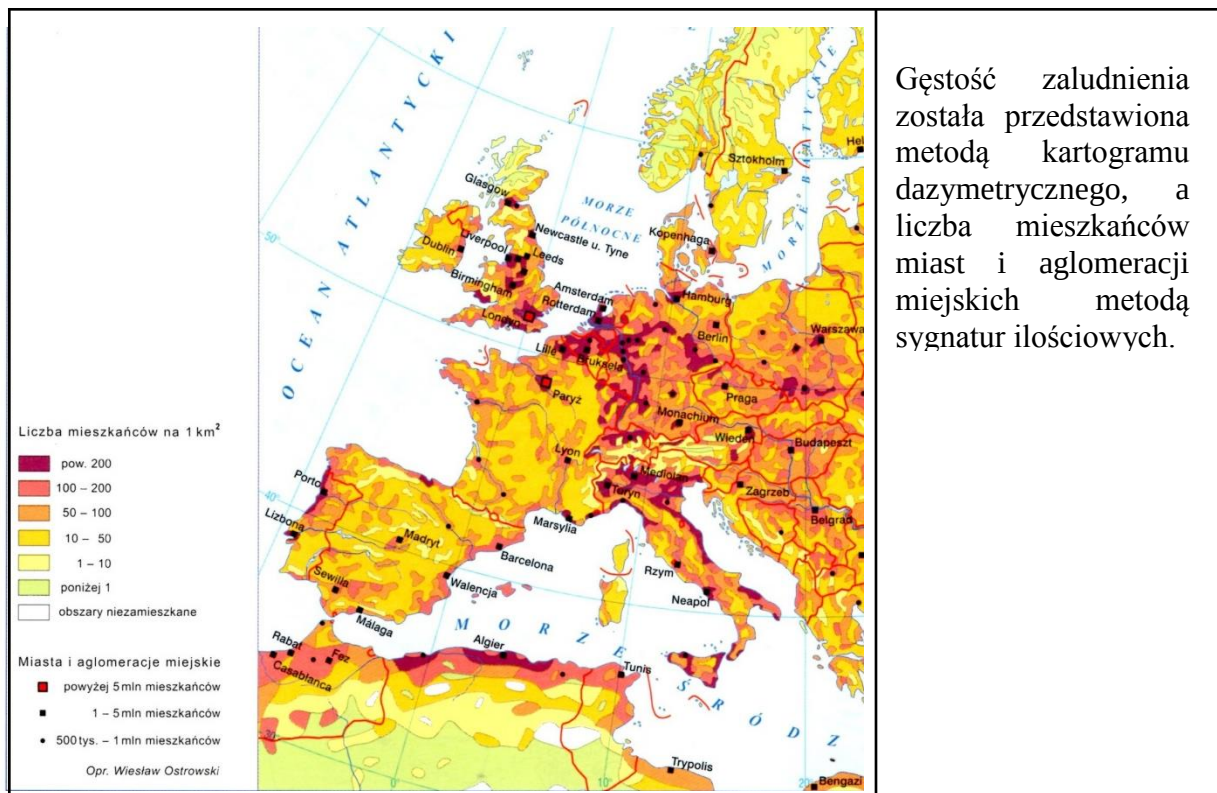
(b) **kartogram desenia kropkowego**

Bertina obejmuje skalę deseni składających się z kropek o ściśle obliczonych wielkościach przyporządkowanych wartościom statystycznym. Kropki umieszczone są w węzłach jednej siatki kwadratów dla całej mapy odpowiednio do danych statystycznych w poszczególnych jednostkach odniesienia;

(c) kartogram desenia liniowego.

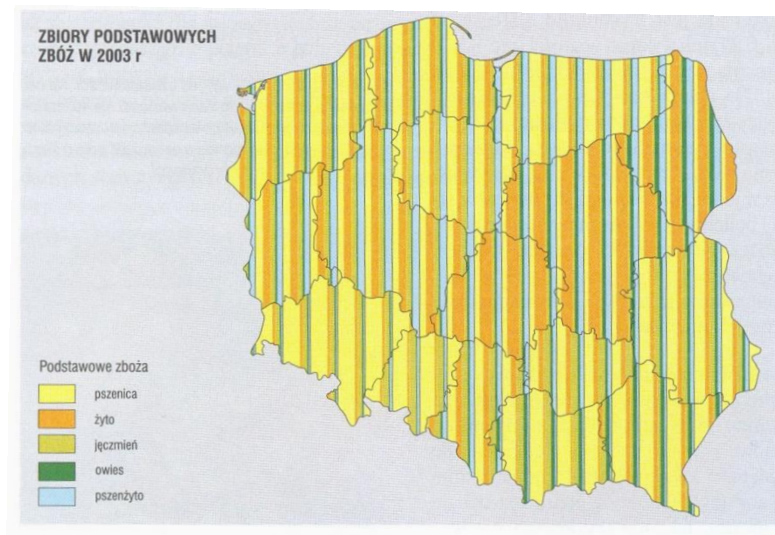
Ryc. 66. Zróżnicowanie prezentacji gęstości zaludnienia za pomocą: (a) jasności barwy szarej, (b) wielkości desenia kropkowego, (c) ziarnistości desenia liniowego (M.J. Kraak, F. Ormeling, 1998)

Niekiedy, w określony sposób, wyróżnia się pola odniesienia dostosowując także dane statystyczne tak, aby lepiej pokazać zmienność prezentowanego zjawiska. Taki kartogram nazywany jest **kartogramem dazymetrycznym** (Ryc. 67). Mogą być także stosowane geometryczne pola podstawowe tworzące sieci regularnych pól o kształcie trójkątów, kwadratów lub sześcioboków. W tym przypadku dane muszą być pozyskane odrębnymi metodami, najczęściej wykorzystując inne opracowania kartograficzne, np. mapę kropkową.



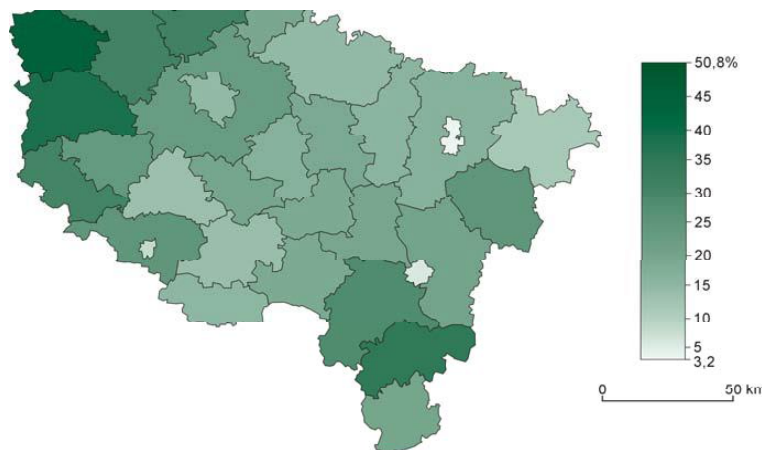
Ryc. 67. Przykład kartogramu dazymetrycznego: fragment mapy gęstości zaludnienia Europy (Atlas geograficzny. Polska, kontynenty, świat. Wydawnictwo Nowa Era, 2009)

Rzadziej stosowane są **kartogramy strukturalne** prezentujące strukturę zjawiska w odpowiednio zróżnicowanych pasach o szerokości odpowiadającej 100% zjawiska, wypełniających powierzchnie przyjętych jednostek odniesienia (Ryc. 68).



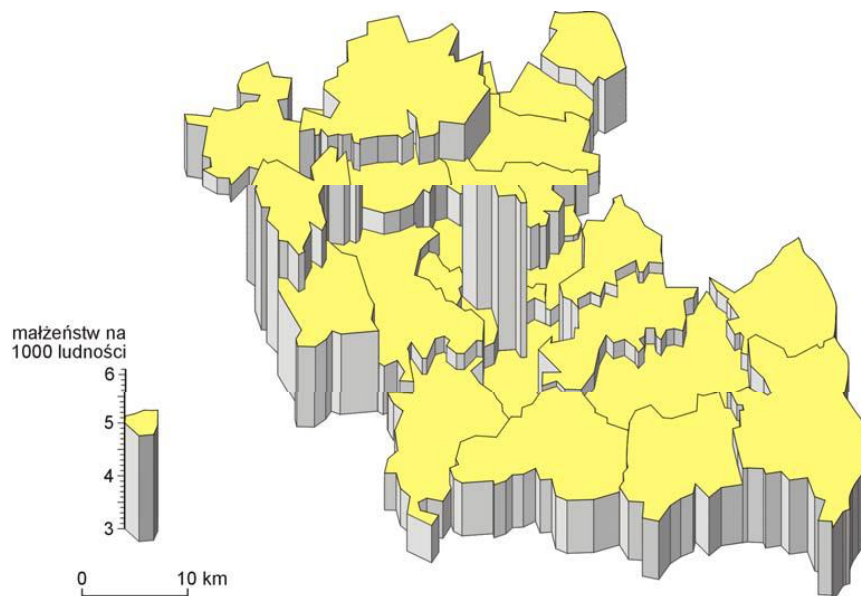
Ryc. 68. Przykład kartogramu strukturalnego (Paślowski 2010)

W bardzo rzadko stosowanych **kartogramach ciągłych** stosuje się desenie kropkowe i kreskowe, których policzalne elementy odpowiadają przyjętym wartościom liczbowym. Innym sposobem jest zastosowanie skali ciągłej opartej na różnych poziomach jasności przyjętej barwy (Ryc. 69).



Ryc. 69. Przykład kartogramu ciągłego barwnego – fragment mapy lesistości w powiatach województwa wielkopolskiego w 2013 r. (Graficzna prezentacja danych statystycznych. GUS, 2014)

Ciekawym graficznie rozwiązaniem jest **kartogram bryłowy**, w którym parametrem prezentującym dane statystyczne są wysokości brył budowanych na obrazie jednostek odniesienia bez stosowania zniekształceń perspektywicznych. Wielkość zjawiska, proporcjonalna do wysokości bryły, może być przedstawiona w sposób ciągły lub skokowy (Ryc. 70).



Ryc. 70. Przykład kartogramu bryłowego ciągłego – małżeństwa na 1000 ludności w gminach czterech powiatów województwa mazowieckiego w 2013 r. (Graficzna prezentacja danych statystycznych. GUS, 2014)

3.3.5 Metoda punktów cechowanych

Punktami cechowanymi na mapie są znaki punktowe (kropki lub proste figury geometryczne), których opis odnosi się do charakterystyki liczbowej powierzchni rzeczywistej (np. rzeźby terenu) lub statystycznej (np. rozkład temperatur) prezentowanych w postaci zbioru punktów cechowanych. W praktyce jest to metoda uzupełniająca prezentacje zjawisk przestrzennych za pomocą innych metod, przede wszystkim metody izolinii.

W przypadku rzeźby terenu mówimy o sposobie **punktów wysokościowych**, prezentujących charakterystyczne punkty terenowe wybrane w trakcie pomiaru terenowego lub na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych. Na mapach topograficznych obok punktów wysokościowych (kot) podobną rolę pełnią punkty osnowy geodezyjnej z opisem wysokości bezwzględnej (Ryc. 71).

Punkty wysokościowe i punkty osnowy (oznaczone sygnaturami geometrycznymi) z przykładowym opisem wysokości

• 287	Punkt wysokościowy (kota)
▲ 1895	Punkt wysokościowy na szczycie górskim z przykładowym opisem wysokości
△ 123,5	Punkt poziomej osnowy geodezyjnej wyodrębniony jako punkt sieci triangulacji państwowej wraz z przykładowym opisem wysokości
⊙ 234,6	Punkt poziomej osnowy geodezyjnej nie będący punktem sieci triangulacji państwowej i znak graniczny
▼ 123,5	Punkt wysokościowej osnowy geodezyjnej wraz z przykładowym opisem wysokości

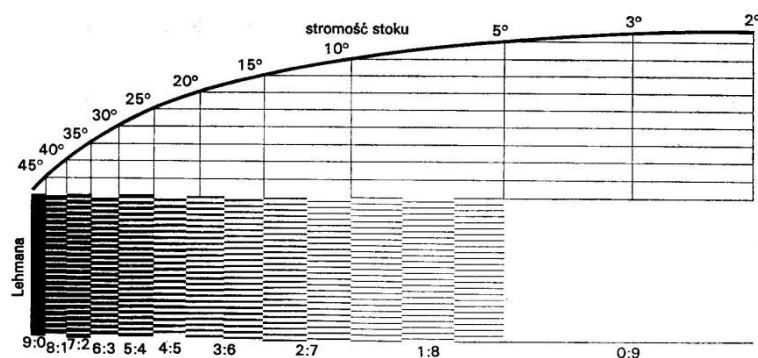
Ryc. 71. Punkty osnowy geodezyjnej jako punkty cechowane odnoszące się do rzeźby terenu na mapie topograficznej w skali 1:50 000 (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)

Na mapach morskich oraz na mapach topograficznych w morskim pasie przybrzeżnym i na obszarach dużych jezior umieszcza się punkty głębokości, najczęściej w postaci opisu głębokości bez znaku punktowego, a więc w formie pozaznakowej.

Metoda punktów wysokościowych uzupełnia sposoby prezentacji rzeźby terenu metodami kresek i izolinii (poziomic).

3.3.6 Metoda kresek skalowanych

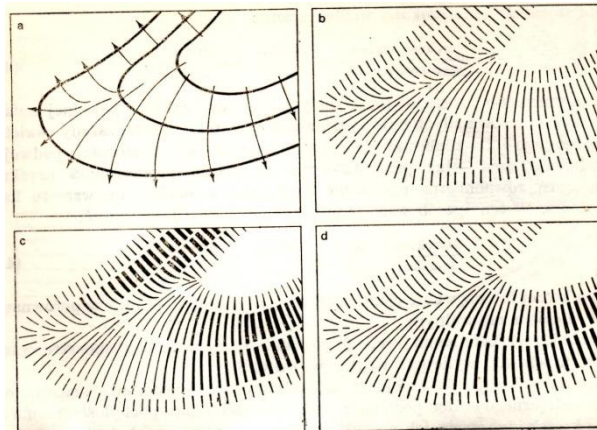
W 1799 r. saski kartograf Johann Lehmann w pracy o „nowej teorii oznaczania płaszczyzn pochyłych” przedstawił teoretyczne podstawy matematycznego ujęcia metody kresek orograficznych. Lehmann przyjął zasadę pionowego oświetlenia ziemi, zakładając że ta sama powierzchnia otrzymuje tym mniej światła, im większy jest jej kąt nachylenia. Lehmann zaproponował, aby rzeźbę terenu przedstawiać zależnie od nachylenia stoku za pomocą czarnych kresek (element cienia) i występujących pomiędzy nimi białych odstępów (element światła), opierając się na stosunku cienia (grubość czarnej kreski - c) do światła (szerokość białego odstępu - b) według zmodyfikowanego wzoru: $c : b = \alpha : (45^\circ - \alpha)$, gdzie α - kąt nachylenia terenu. Lehmann przyjął dla skali 10 klas, przy czym w przedziale do 5° stopni występuje brak kresek ($c : b = 0 : 9$), a w przedziale powyżej 45° pełne zaczerwienie ($c : b = 9 : 0$), (Ryc. 72).



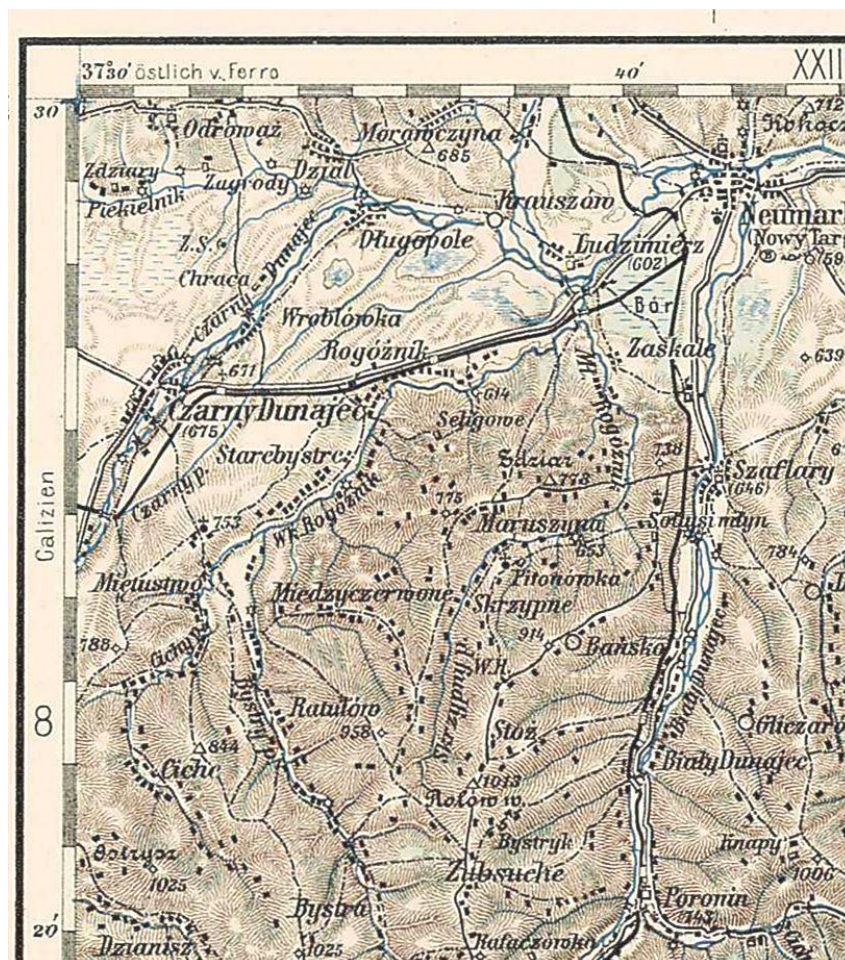
Ryc. 72. Skala kresek Lehmana (Saliszczew, 2002)

Skala ta była szeroko stosowana na mapach topograficznych w XIX w., a w niektórych krajach nawet do połowy XX w. Ulegała także wielu modyfikacjom dostosowującym do cech rzeźby terenu w różnych krajach.

Prawidłowe opracowanie rzeźby terenu za pomocą kresek możliwe jest jedynie na podstawie rysunku warstwicowego. W tym celu w trakcie pomiaru terenowego na stoliku topograficznym rysowano przebieg wybranych warstwic, które usuwano po wprowadzeniu kresek stromości. Dla jeszcze lepszego uplastycznienia obrazu terenu zaczęto stosować kreskowanie cieniujące w oświetleniu ukośnym, najczęściej północno-zachodnim, dobrze podkreślającym cechy form terenowych (Ryc. 73).



Ryc. 73. Schemat wypełniania rysunku kreskowego rzeźby terenu: a) poziomic i linie zboczy, b) rozmieszczenie kreski, c) wykreślenie kreski stromości, d) wykreślenie kreski cieniującej (Saliszczew, 2002)



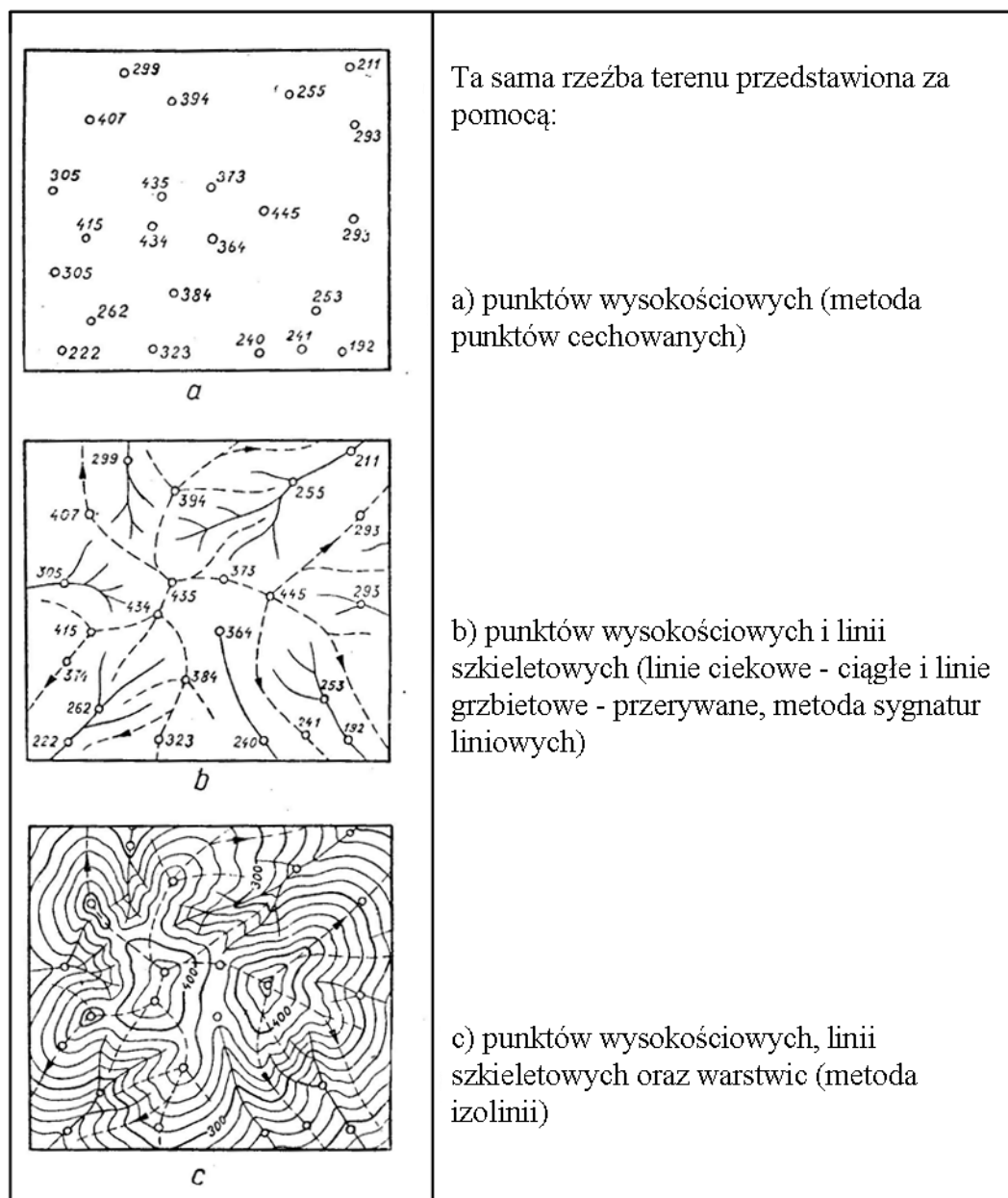
Ryc. 74. Podhale zachodnie na mapie austriackiej w skali 1:25 000 z drugiej połowy XIX w. (Wikipedia, 2015)

Metoda kresek skalowanych jest metodą bardzo plastyczną, dobrze oddającą obraz rzeźby terenu. Ma też wady: nie pozwala na określenie wysokości terenu, a w terenach wysokogórskich, gdzie występują silnie nachylone stoki zaczernienie mapy utrudnia czytelność innych elementów jej treści. Stosowanie tej metody zostało zaniechane w latach 20. XX w.

3.3.7 Metoda izolinii

Izolinie są to linie łączące na mapie punkty o jednakowej wartości liczbowej prezentowanego zjawiska. Tym samym charakterystykę liczbową zjawiska przedstawia cały zbiór izolinii zamieszczony na mapie, a zjawisko występuje lub jest traktowane jako ciągłe na całym badanym obszarze.

Jedynie powierzchnia rzeźby terenu stanowi trójwymiarową powierzchnię, której obraz w postaci izolinii oparty na zbiorze punktów o wyznaczonych wysokościach może być zweryfikowany pomiarem w terenie lub metodą fotogrametryczną. Oczywiście dotyczy to map wielko i częściowo średnioskalowych o niewielkim stopniu generalizacji treści mapy. Ten rodzaj izolinii nosi nazwę **linii izometrycznych**, w geodezji i topografii zwanych **warstwicami**, w geografii **poziomicami**. Obie nazwy oddają istotę tych izolinii, które odpowiadają konturom przekrojów powierzchni terenu powierzchniami równoległymi do przyjętej powierzchni zerowej, co tworzy warstwy o wysokości równej różnicy wysokości między poziomami kolejnych przekrojów. Wysokość warstwowa (różnica wysokości między sąsiednimi warstwicami), zależna od skali mapy i cech rzeźby terenu, ma bezpośredni wpływ na szczegółowość i dokładność prezentacji form rzeźby terenu.



Ryc. 75. Tworzenie rysunku warstwicowego na podstawie punktów wysokościowych i przebiegu linii szkieletowych (Dzikiewicz B., 1965)

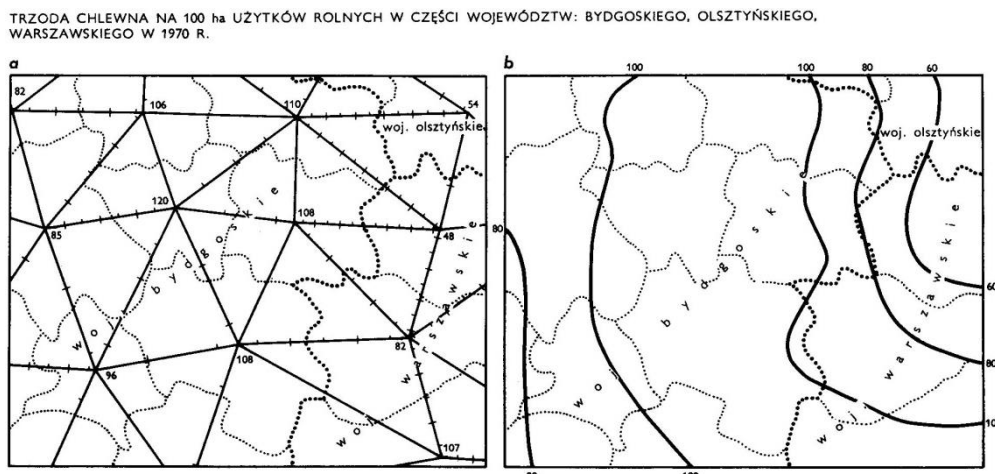
Poziomice prezentujące ukształtowanie lądów nazywane są także *izohipsami*, natomiast ilustrujące ukształtowanie dna mórz i oceanów oraz zbiorników wodnych *izobatami*.

Metodą izolinii prezentuje się w postaci tzw. powierzchni statystycznej zjawiska o charakterze ciągłym (np. temperaturę powietrza, wielkość opadów, ciśnienia itp.) lub przyjętych za ciągłe (np. gęstość zaludnienia, plony zbóż itp.) na podstawie zbioru punktowych danych statystycznych. Przestrzenną zmienność natężenia zjawiska obrazuje zbiór izolinii zwanych izarytmami.

Izarytmy rzeczywiste powstają w wyniku interpolacji wartości liczbowych pomiędzy punktami odniesienia, których położenie jest określone współrzędnymi geograficznymi, a ich wartość liczbowa prezentuje wyniki pomiaru zjawiska w terenie (np. na stacjach meteorologicznych). W zależności od typu zjawiska izarytmy rzeczywiste mają odrębne nazwy, np. *izotermy* (linie jednakowej temperatury), *izohiety* (linie jednakowych opadów), *izobary* (linie jednakowego ciśnienia).

Izarytmy teoretyczne (zwane też **izoplekami**) powstają w wyniku interpolacji wartości liczbowych pomiędzy umownymi punktami odniesienia, stanowiącymi reprezentację jednostek

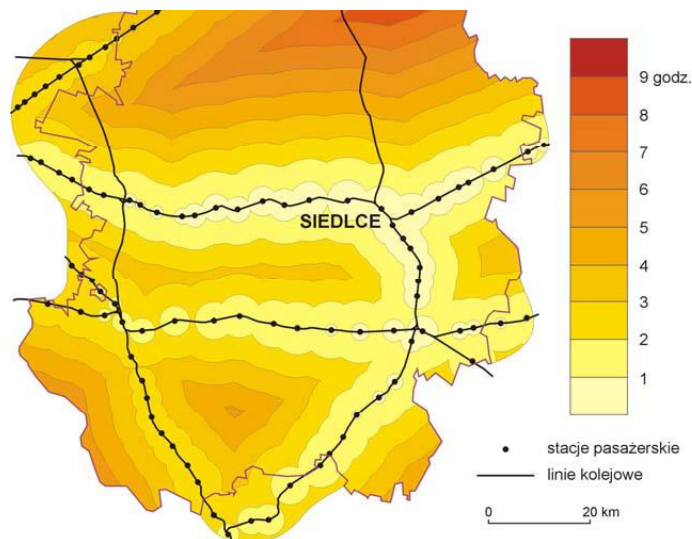
powierzchniowych, którymi mogą być zarówno jednostki naturalne lub administracyjne, jak i geometryczne, przy czym wartości liczbowe w punktach odniesienia stanowią dane statystyczne obliczone dla jednostek podziału terytorialnego. W zależności od typu zjawiska niektóre izoplety mają własne nazwy, np. *izodensy* (linie jednakowych gęstości zaludnienia), *izohyle* (linie jednakowej lesistości). Tego typu prezentacja zjawiska ma jedynie charakter orientacyjny (Ryc. 76).



Ryc. 76. Przykład konstruowania izarytm teoretycznych na podstawie danych odniesionych do umownie przyjętych punktów reprezentujących administracyjne jednostki powierzchniowe (powiaty): a) sieć osi interpolacyjnych, b) izoplety (Kocimowski, Kwiatek, 1977)

Odrębną grupę stanowią **izolinie odległości i ruchu**. Są to linie na mapie wskazujące określone odległości, zarówno faktyczne, jak i np. czasowe od danego obiektu. Najbardziej znane są *ekwidystanty*, czyli linie jednakowej odległości od punktów, linii lub obszarów, np. ekwidystanty od sieci kolejowej. Na mapach topograficznych ekwidystantami są linie siatki kilometrowej, jako linie jednakowej odległości od osi X i Y przyjętego układu współrzędnych prostokątnych. Natomiast siatka kartograficzna stanowi zbiór ekwidystant kątowych, tj. linii jednakowych odległości kątowych od południka zerowego (obrazy południków) oraz od równika i biegunów geograficznych (obrazy równoleżników).

Izolinie ruchu pokazują prędkość pokonywania odległości w określonych jednostkach czasu. Zależnie od przyjętych założeń wyróżniamy (Ratajski L., 1988): *izotachy* (linie łączące punkty o takiej samej wartości prędkości zjawiska, np. wiatru, prądów morskich), *izochrony* (linie jednakowej dostępności czasowej do lub od wybranego punktu, linii, obszaru biorąc pod uwagę określone środki lokomocji, Ryc. 77), *izodaty* (linie jednakowej daty cyklicznego pojawiania się zasięgu zjawiska na danym obszarze, np. początek zbiorów żyta ozimego).



Ryc. 77. Przykład metody izolinii ze skalą barw, z zastosowaniem izochron – czas najkrótszych pasażerskich przejazdów kolejowych z Siedlec w obrębie województwa siedleckiego w 1997 r.
(Graficzna prezentacja danych statystycznych. GUS, 2014)

W celu zwiększenia przejrzystości i plastyczności mapy izolinijnej często wprowadza się pokrycie powierzchni pomiędzy sąsiednimi izoliniami barwami lub deseniami zgodnie z przyjętą skalą barw lub deseni odzwierciedlającą zmiany natężenia zjawiska (Ryc. 77).

Dla map poziomicowych, przeważnie małoskalowych przyjmuje się skalę hipsometryczną (barw uwzględniających strefy wysokościowe od nizin poprzez wyżyny po wysokie góry), a mapy takie nazywa się mapami hipsometrycznymi. Na mapach tych, dla obszarów wód morskich stosowana jest skala barw batymetrycznych.

Skale barw lub deseni stosowane na innych mapach izolinijnych budowane są według takiej samej zasady jak w przypadku kartogramów, jednak przekazywane przez nie informacje mają zupełnie różny charakter, a zasięg pojedynczej powierzchni wyróżnionej barwą lub deseniem w pierwszym przypadku wyznaczają izolinie, natomiast w kartogramie granice jednostek terytorialnych.

3.4 Metody znakowe perspektywiczne

3.4.1 Metoda kopczyków

Metoda kopczyków (kopczykowa) jest najstarszą metodą prezentacji rzeźby terenu na mapach. Graficznie polega ona na oznaczeniu obszarów górskich i wyżynnych za pomocą różnej wielkości i kształtów kopczyków w ujęciu perspektywicznym, ukazujących zasięg prezentowanych obszarów. Kopce pojedyncze, zgrupowane po kilka, tworzące szeregi lub ich zbiory pojawiły się na mapach już w starożytności. Początkowo rysunek był prosty, bez uwzględnienia rzeczywistego charakteru gór i proporcji wysokościowych. Od XV. wieku następował rozwój metody w kierunku różnicowania rysunku kopczyków ze względu na odrębności krajobrazowe. W XVIII. wieku trójwymiarowość form rzeźby terenu zaczęto podkreślać kreskowaniem, a następnie cieniowaniem kopczyków. Jednak w dalszym ciągu było to przedstawienie rzeźby terenu pogładowe, a nie kartometryczne. Na początku XIX. wieku metoda kopczykowa została całkowicie zaniechana.



Ryc. 78. Zastosowanie metody kopczyków na mapie z 1540 r. - fragment mapy z obszarem wokół Jeziora Bodeńskiego
(Wikipedia, 2015)

3.4.2 Metoda bryłowa (blokowa)

Metoda ta bazuje na perspektywicznym ujęciu obiektów trójwymiarowych w postaci znaków kartograficznych. Najczęściej jest to ujęcie ciągłe. Znaki w postaci bloków lub mniej foremnych brył zajmują właściwą sobie powierzchnię mapy, natomiast ich trzeci wymiar podlega odrębnemu skalowaniu (Ryc. 79). Do takiej wizualizacji stosuje się najczęściej perspektywę równoległą (rzut aksonometryczny) z ukośnymi promieniami rzutowania na horyzontalną (perspektywa wojskowa)

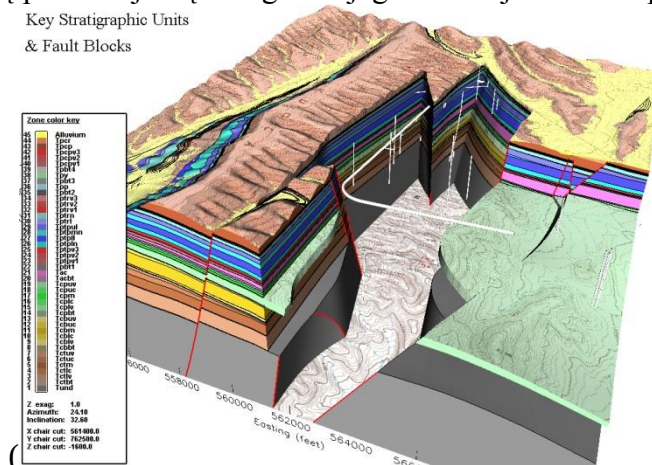
lub wertykalną (perspektywa kawaleryjska) powierzchnię obrazu. Rzadziej stosuje się perspektywę równoległą z prostopadłymi promieniami rzutowania na ukośną powierzchnię obrazu oraz perspektywę środkową z jednym, centralnym punktem rzutowania wiązką promieni także na ukośną powierzchnię obrazu (Medyńska-Gulij B., 2010).



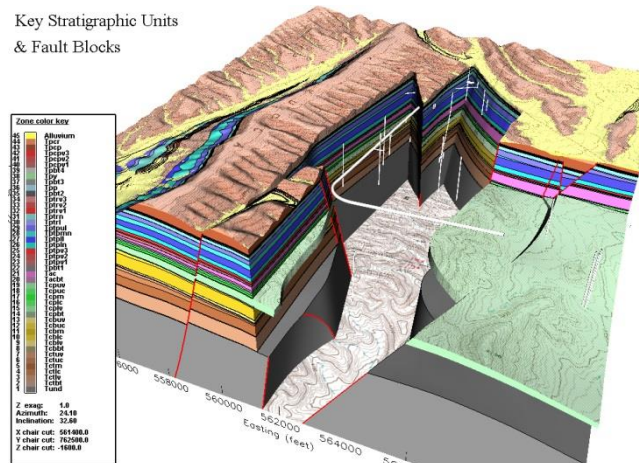
Ryc. 79. Znaki blokowe budynków, podkreślone cieniowaniem, zostały wyróżnione barwą zgodnie z przyjętą klasyfikacją (Geo-System, 2015)

Przykładem trójwymiarowego, perspektywicznego (bryłowego) modelu terenu jest **blokdiagram prosty**, który może być wykonany na podstawie mapy topograficznej. Obraz powierzchni ziemi może mieć charakter znakowy lub obrazkowy, bez możliwości odczytania wysokości bezwzględnych lub względnych wybranych punktów terenu.

Blokdiagramów używa się głównie do przedstawienia związków pomiędzy rzeźbą terenu a budową geologiczną, którą prezentuje się na ogół na jego bocznej ścianie w postaci przekrojów



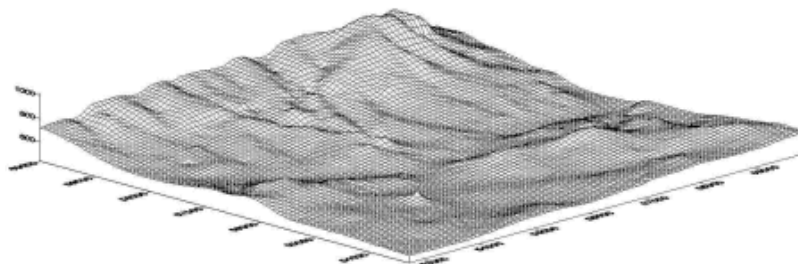
Ryc. 80).



Ryc. 80. Blokdiagram z zaznaczeniem jednostek stratygraficznych (źródło: GeoHydros LLC, Nevada, USA)

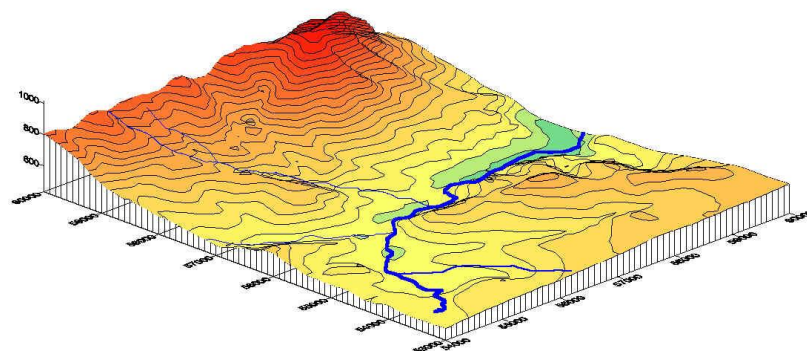
3.4.3 Metoda blokdiagramu ilościowego

Metoda ta dotyczy prezentacji na powierzchni mapy fizycznej powierzchni Ziemi lub tzw. powierzchni statystycznych w postaci perspektywicznych modeli trójwymiarowych, wyznaczonych w oparciu o zbiór danych liczbowych charakteryzujących te powierzchnie. W przypadku rzeźby terenu jest to zbiór punktów wysokościowych oraz informacji dodatkowych zawartych w Numerycznym Modelu Terenu (NMT). Wizualizację modelu trójwymiarowego dokonuje się przez automatowe wykreślenie śladów przekrojów perspektywicznych wzdłuż jednego kierunku lub dwóch wzajemnie prostopadłych kierunków. W tym drugim przypadku prezentację stanowi sieć złożona z linii ukazujących trzeci wymiar prezentowanego zjawiska (Ryc. 81).



Ryc. 81. Przykład trójwymiarowego modelu siatkowego powierzchni rzeźby terenu - blokdiagram siatkowy (Blog Poziomica 2012)

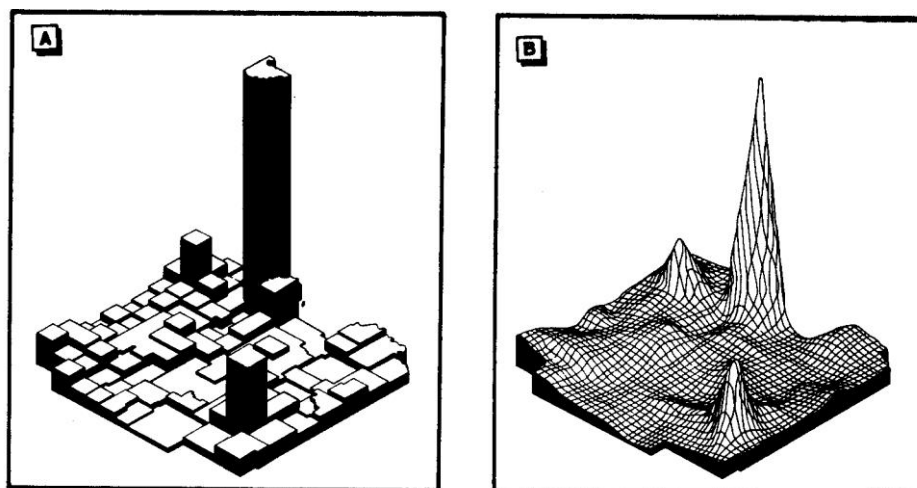
Modele powierzchni trójwymiarowych mogą być uzupełnione cieniowaniem lub rysunkiem izolinii ze skalą barw (Ryc. 82).



Ryc. 82. Przykład trójwymiarowego modelu hipsometrycznego powierzchni rzeźby terenu - blokdiagram hipsometryczny (Blog Poziomica 2012)

Przedstawione na Ryc. 81 i Ryc. 82 prezentacje, mimo braku struktury warstw geologicznych, także nazywane są **blokdiagramami**. Jednak w tym przypadku wprowadzona powierzchnia odniesienia służy nie tylko zwiększeniu poglądowości przedstawianego modelu rzeźby terenu, ale przez wprowadzenie wyskalowanych osi 3D daje ogólny pogląd o rozmiarach przestrzennych prezentowanej powierzchni.

Powierzchnię statystyczną stanowić może zbiór wybranych pól odniesienia (np. jednostki podziału administracyjnego) lub umowna powierzchnia zjawiska uznanego za zjawisko ciągłe na wybranym obszarze i którego trzeci wymiar stanowią przeskalowane wartości danych statystycznych odniesione do punktów naturalnych (np. dane liczbowe dotyczące zjawisk meteorologicznych) lub do punktów umownych (np. do geometrycznych środków jednostek terytorialnych, przykładowo wartości gęstości zaludnienia).



Ryc. 83. Blokdiagramy statystyczne. Gęstość zaludnienia wschodniej części stanu Kansas (G. F. Jenks, 1963).
A - blokdiagram statystyczny bryłowy; B - blokdiagram statystyczny siatkowy o uogólnionej tzw. powierzchni statystycznej

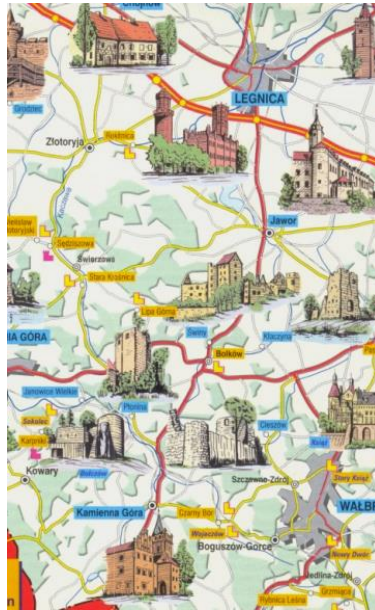
Zaletą wizualizacji NMT, jak i powierzchni statystycznych jest duża wyrazistość trójwymiarowego obrazu, dobrze ukazującego ogólne tendencje zjawiska. Wadą jest to, że ze względu na użycie perspektywy nie jest możliwe dokładne odczytanie wartości, lecz jedynie ich szacowanie. Ponadto w trójwymiarowym modelu mogą wystąpić obszary przesłonięte przez partie wyższe. W przypadku opracowań komputerowych wada ta jest niwelowana przez możliwość obrotu oraz zmiany wysokości i kąta obserwacji modelu na ekranie monitora, a także odczytania wartości liczbowej w wybranym punkcie prezentowanej powierzchni. Stąd metoda ta została zaliczona do grupy metod ilościowych.

3.5 Metody pozaznakowe graficzne

Pozaznakowe graficzne metody wizualizacji informacji geograficznej o obiektach dotyczą prezentacji danych na mapie za pomocą obrazków lub wykresów. Do pozaznakowych metod obrazkowych zaliczono metody: miniatur obiektów i panoramiczno-krajobrazową. Wykresy (co najmniej dwu zmiennych) lokalizowane na mapie stanowią istotę metody kartowykresu.

3.5.1 Metoda miniatur obiektów

Na mapach turystycznych często stosuje się do przedstawienia obiektów o wybitnych walorach historycznych lub przyrodniczych ich obrazkowe wizerunki w postaci miniatur o punktowej lub przybliżonej lokalizacji. Miniatury stanowią szczegółowe lub nieco uproszczone, indywidualne wizerunki obiektów w ujęciu perspektywicznym, tym samym nie stanowią właściwych znaków kartograficznych, ponieważ nie reprezentują klas obiektów (Ryc. 84).



Ryc. 84. Miniatury obiektów na tle typowej prezentacji znakowej /sygnatury punktowe i liniowe, zasięgi powierzchniowe barwne/, (Zamki Dolnego Śląska w: Polska - Mapa zamków 1:750 000, PPWK, Warszawa 2006)

3.5.2 Metoda panoramiczno-krajobrazowa

Część map, głównie terenów górskich o szczególnych walorach turystycznych przedstawiana jest w ujęciu perspektywicznym w postaci panoramy obserwowanej z wysoko umieszczonego punktu aż po horyzont, co powoduje że prezentacja rzeźby terenu i jego pokrycia oddaje istotne cechy krajobrazu w formie zbliżonej do malarskiego obrazu (Ryc. 85).



Ryc. 85. Panoramiczna mapa Ustronia. Obiekty punktowe i liniowe przedstawiono metodą sygnatur (Folder reklamowy miasta Ustronia)

3.5.3 Metoda kartowykresu

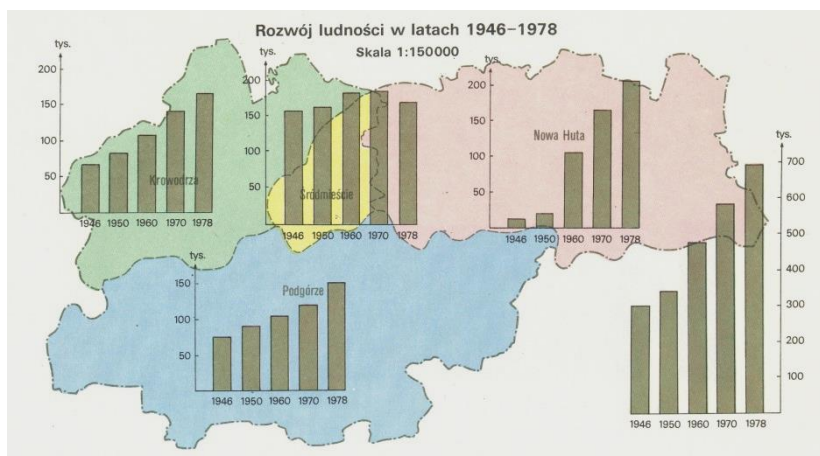
W przyjętej klasyfikacji metod prezentacji danych statystycznych na mapach wyodrębniono metodę kartowykresu, jako metodę pozaznakową, ponieważ wykresy właściwe (co najmniej dwu zmiennych) nie mają cech znaków kartograficznych. W klasyfikacjach metod prezentacji kartograficznych wykresy umieszczane na mapie zaliczane są do metody kartodiagramu.

Za L. Ratajskim (1989) wykres jest pojmowany jako graficzne przedstawienie funkcji jednej lub wielu zmiennych i zawsze jest budowany w układzie współrzędnych, które zwykle są pokazane na rysunku. Tym samym kartowykres to mapa, na której ilościowa charakterystyka zjawisk i faktów przedstawiona jest za pomocą wykresów.

Dane statystyczne w zależności od typu i zakresu, mogą być prezentowane za pomocą różnych rodzajów wykresów. Wyróżnia się (L. Ratajski, 1989):

1. wykresy zależności dwóch zmiennych:
 - a) wykresy prostokątne (liniowe, słupkowe, punktowe, obrazkowe...);
 - b) wykresy biegunowe (liniowe, słupkowe, punktowe...);
2. wykresy zależności trzech zmiennych (trójkątne, bryłowe...).

Wykresy na mapie mogą być odniesione do obiektów punktowych (np. miast oznaczonych sygnaturą punktową), liniowych (np. rzek) lub powierzchniowych (np. jednostek podziału administracyjnego).



Ryc. 86. Kartowykres słupkowy: wykresy odniesione do dzielnic m. Krakowa (Atlas Krakowa, PPWK, 1988)

Metoda kartowykresu jest metodą rzadko stosowaną, ze względu na to, że utrudniona jest percepcja informacji przy dużej liczbie danych, a ponadto zamieszczane wykresy zajmują dużo miejsca przysłaniając treść tłową mapy.

3.6 Metody pisemne

Pozaznakową formę prezentacji informacji na mapach stanowią napisy. Większość stanowią napisy odnoszące się do obiektów przedstawionych za pomocą znaków kartograficznych, tj. nazwy własne i objaśnienia dotyczące jakościowych lub liczbowych charakterystyk obiektów. Niekiedy pismo stosowane jest zamiast znaków kartograficznych (tak jest w metodzie zasięgów opisowych) lub jest wpisane w znak (sygnatury literowe i cyfrowe).

3.6.1 Metoda zasięgu opisowego

Informacja o obiektach i zjawiskach, których zasięg występowania nie jest ściśle określony może być zamieszczona na mapie w postaci napisu określającego typ zjawiska, rozmieszczonego tak, aby wskazywał do jakiego obszaru się odnosi. Sposób ten stosuje się także do opisu nazw dużych obiektów powierzchniowych oznaczonych metodami graficznymi, np. nazwy regionów fizycznogeograficznych na tle mapy hipsometrycznej.



Ryc. 87. Oznaczenie obszarów występowania małych grup etnograficznych za pomocą zasięgu opisowego (Atlas geograficzny Polska, kontynenty, świat, Nowa Era 2005)

3.6.2 Metoda skrótów i opisów objaśniających

Skróty i opisy objaśniające odnoszą się zazwyczaj do obiektów prezentowanych za pomocą znaków kartograficznych i stanowią rozszerzenie informacji o tych obiektach. Dotyczą one:

- jakościowych cech obiektów, takich, jak: typ obiektu (np. las liściasty), funkcja obiektu (np. skrót szk. - szkoła, przy znaku budynku), wybrane elementy składowe itp.;
- liczbowych charakterystyk obiektów, takich, jak: rozmiar (np. wysokość hałdy), szybkość prądu rzeki, liczba ludności miasta, wielkość produkcji zakładu itp.,
- przedziałów chronologicznych i dat wydarzeń związanych z prezentowanym obiektem np. okres okupacji kraju, data odkrycia wyspy itp.

Liczbową charakterystykę obiektu stanowi cyfrowy opis znaku integralnie związany z metodą prezentacji kartograficznej, np. opis poziomicy lub punktu wysokościowego jako element charakterystyki liczbowej rzeźby terenu.

Rozbudowane jakościowe i ilościowe charakterystyki obiektów w postaci skrótów objaśniających stosuje się na wojskowych mapach topograficznych ze względu na ich przeznaczenie (Ryc. 88).



Ryc. 88. Charakterystyka lasu mieszanego na wojskowej mapie topograficznej: sosna, klon - dominujące gatunki drzew, 25 - średnia wysokość drzew (w metrach), 0,30 - średnia grubość pni (w setnych częściach metra) na wysokości piersi tj. w pierśnicy, 6 - średnia odległość między drzewami (w metrach) (Znaki umowne do mapy topograficznej w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, MON 1995)

Odczyt położenia danego obiektu w przyjętym układzie współrzędnych zapewniają opisy siatki kartograficznej i siatki kilometrowej (na mapach topograficznych).

3.6.3 Metoda różnicowania nazw własnych

Nazwy własne obiektów to nazwy nadane przez ludzi w celu ich identyfikacji w procesie porozumiewania się, a także orientacji w terenie. Nazwy własne obiektów dotyczą:

- nazw geograficznych o różnym zasięgu i znaczeniu, np. nazwy regionów geograficznych i historycznych, jednostek podziału administracyjnego, nazwy miast i osiedli, rzek i jezior, itd;
- nazw wybranych obiektów społecznych i gospodarczych, np. sportowych i kulturowych, stacji kolejowych, dużych zakładów pracy itp.;
- nazw porządkowych, najczęściej w postaci numerów przypisanych obiektom, np. numery dróg, oddziałów leśnych, słupów granicznych, domów itp.

Nazwy geograficzne są istotnym elementem przekazu informacji o obiektach na mapach. Stanowią element tożsamości obiektu, a także służą jego identyfikacji jako punktu odniesienia przestrzennego. Na mapach są one różnicowane w zależności od kategorii obiektów i ich funkcji, przede wszystkim za pomocą kroju pisma, jego wielkości i barwy. Zmienne wizualne pisma stosowane dla napisów na mapach przedstawiono w Tab. 2 w rozdziale 2.4.5.

Tak prezentowane nazwy można nazwać **nazwami kwalifikowanymi**, tj. odzwierciedlającymi na mapie ich zakwalifikowanie do określonej kategorii obiektów. Dodatkowo sposób zapisu nazwy może odzwierciedlać charakterystykę liczbową obiektu. Tak jest na mapach topograficznych, gdzie wielkość opisu nazwy miejscowości jest ściśle uzależniona (skokowo) od liczby mieszkańców (Ryc. 89). Tak prezentowane nazwy można nazwać **nazwami cechowanymi**.

10. WZORY PISM STOSOWANYCH NA MAPIE

Nr znaku	Nazwa główna Nazwa dodatkowa	Nr i wielkość pisma Linotype 300	Liczba ludn. w tys.
1	2	3	4
NAZWA MIASTA			
167	WARSZAWA	122/7,2W - 4,9mm	1000,1 i więcej
	WARSZAWA	123/6,0W - 4,1mm	
168	ŁÓDŹ	122/6,6W - 4,5mm	500,1 – 1000,0
	ŁÓDŹ	123/5,6W - 3,8mm	
169	KIELCE	122/6,0W - 4,1mm	100,1 – 500,0
	KIELCE	123/5,1W - 3,5mm	
170	KUTNO	122/5,6W - 3,8mm	50,1 – 100,0
	KUTNO	123/4,8W - 3,3mm	
171	ŁUKÓW	122/5,1W - 3,5mm	25,1 – 50,0
	ŁUKÓW	123/4,4W - 3,0mm	
172	ŁAŃCUT	122/4,7W - 3,2mm	10,1 – 25,0
	ŁAŃCUT	123/4,0W - 2,7mm	
173	PNIEWY	122/4,4W - 3,0mm	5,1 – 10,0
	PNIEWY	123/3,7W - 2,5mm	
174	MORDY	122/4,1W - 2,8mm	5,0 i mniej
	MORDY	123/3,4W - 2,3mm	

Ryc. 89. Przykład stosowania nazw cechowanych. Powiązanie wielkości (stopnia) pisma z informacją o liczbie (skokowo) mieszkańców miast na mapie topograficznej w skali 1:50 000 (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)

Przedstawione wyżej autorskie spojrzenie na metodykę prezentacji kartograficznej, a przede wszystkim na klasyfikację metod stanowi propozycję takiego ujęcia zagadnienia, które obejmuje możliwie pełną liczbę wyróżnianych metod prezentacji od tych stosowanych dawniej po nowe, wsparte technologią cyfrową.

4. Aspekty technologiczne modelowania kartograficznego

4.1 Zasady modelowania danych przestrzennych ^①

4.1.1 Etapy modelowania kartograficznego

Kartografia zajmuje się modelowaniem i obrazowaniem (wizualizacją) szeroko pojętej informacji przestrzennej, warto więc zatrzymać się nad zasadami modelowania kartograficznego. Jest to proces, który prowadzi od rzeczywistości - o niemalże nieskończonej złożonej strukturze, relacjach i dynamice - do modelu kartograficznego, który przekazuje zestaw wybranych informacji w postaci opracowania kartograficznego. Istotne w modelowaniu kartograficznym są zasadnicze cechy końcowego produktu, którym najczęściej jest mapa, bądź inna geoprezentacja. Jest to model, który pomija nieistotne (z punktu widzenia zastosowania) cechy obiektów, zjawisk i procesów, a tak je klasyfikuje, generalizuje i symbolizuje, aby ich percepcja nie tylko była ułatwiona, ale też dawała użytkownikowi możliwie pełną informację na ich temat. Będzie to informacja na tyle pełna, na ile uda się przekazać rozmieszczenie przestrzenne, najważniejsze cechy i relacje pomiędzy prezentowanymi zagadnieniami, a pomijając te mniej ważne lub szybko zmienne.

Modelowanie kartograficzne wymaga nie tylko znajomości metod, narzędzi i technologii przetwarzania i wizualizacji, szerzej: modelowania danych przestrzennych, ale też, jak wskazuje Weibel (1995) wymaga zrozumienia modelowanej przestrzeni. Bez wnikięcia w genezę obiektów, zasady rządzące dynamiką zjawisk czy też wzajemne odniesienia elementów przestrzeni (np. ekosystemów czy elementów infrastruktury technicznej) nie możliwe jest skonstruowanie poprawnego modelu w postaci bazy danych przestrzennych ani przetwarzanie i wizualizowanie tego modelu.

Poznanie przestrzeni geograficznej, której model dotyczy, struktury, genezy i własności modelowanych obiektów i zjawisk, ich wzajemnych relacji oraz procesów wpływających na ich genezę i dynamikę jest więc warunkiem niezbędnym do poprawnego przeprowadzenia modelowania kartograficznego. Modelowanie to prowadzi przez etap budowy bazy (zbiorów) danych przestrzennych do ich wizualizowania (obrazowania).

Etap pierwszy - budowa bazy danych przestrzennych przebiega praktycznie przy użyciu elementów systemu informacji geograficznej (ludzi i ich wiedzy, metod, technologii, sprzętu i narzędzi software'owych oraz środków ekonomicznych i organizacyjnych) zawsze w odniesieniu do przyjętej koncepcji. To właśnie ta koncepcja modelowania, zawierająca charakterystykę użytkową modelu, jego przeznaczenie i zakres zastosowań, jest punktem wyjścia w całym procesie modelowania kartograficznego. Innymi słowy: od tego dla kogo i w jakim celu tworzę bazę danych (czy dalej idąc: mapę), będzie zależała ścieżka postępowania, w tym: zakres modelowanych obiektów, ich charakterystyk, przyjęty stopień uogólnienia, sposób geometryzacji obiektów, czy przyjęcie odniesienia przestrzennego dla zjawisk. Naturalne też jest, że ten etap jest realizowany przy użyciu systemów zarządzania bazami danych, przy użyciu wiedzy z dziedziny projektowania baz danych, własności modeli danych przestrzennych i w nawiązaniu do cech budowanego w tym etapie modelu: czytelności dla narzędzi informatycznych (DBMS, GIS) i uporządkowania zgodnego z wymogami teorii baz danych.

Drugi etap modelowania prowadzi od bazy danych (zbioru danych) przestrzennych do mapy lub innej geoprezentacji, ale może też kończyć się w momencie generalizacji treści bazy danych, zasilenia innej bazy danych czy też przeprowadzenia analiz przestrzennych. Naturalnym zakończeniem procesu modelowania kartograficznego jest opracowanie, gotowego do udostępnienia, modelu kartograficznego. Prowadzą do tego efektu następujące kroki: przyjęcie koncepcji treści i formy prezentacji, generalizacja danych przestrzennych, w tym ich selekcja i uogólnienie, klasyfikacja treści modelu, symbolizacja i redakcja kartograficzna, kompozycja,

opracowanie elementów interaktywnych i otoczka funkcjonalnej. Potem następuje etap przygotowania geoprezentacji do udostępnienia użytkownikom.

Pierwszy krok to opracowanie koncepcji postaci, treści i formy graficznej prezentacji kartograficznej, która powinna odpowiadać na zasadnicze pytania: jak będzie wyglądało wykorzystanie modelu, kto będzie użytkownikiem, jakie będzie jaka będzie postać tej prezentacji i środowisko jej funkcjonowania, jaki będzie stopień uogólnienia treści, w nawiązaniu do przyjętego poziomu szczegółowości (np. skala mapy statycznej, stopnie szczegółowości treści i zakresy powiększeń obrazu mapy interaktywnej). Z tak przyjętego zestawu problemów wyłaniają się dwa segmenty zadań: sklasyfikowanie elementów treści modelu kartograficznego (na przyjętych poziomach szczegółowości) oraz przyjęcie postaci graficznej tych elementów (poprzez budowę i wykorzystanie systemu znaków kartograficznych). Kolejne kroki opracowania modelu końcowego stanowią etapy opracowania wizualizacji kartograficznej.

Opracowanie modelu kartograficznego otwiera jednocześnie etap jego udostępniania użytkownikowi. Model kartograficzny (np. w postaci gotowego obrazu treści mapy) jest więc końcowym efektem opisywanego procesu, ale też model w postaci bazy danych przestrzennych jest ważnym wynikiem pierwszego etapu tego modelowania. Postać tego wyniku: zastosowane modele danych, struktura bazy danych, przyjęte wyróżnienia klas obiektów, ich atrybuty i wzajemne relacje jest tak ważna, ponieważ determinuje późniejszą treść mapy, czy innej wizualizacji. Nie można użytkownikowi udostępnić informacji w formie kartograficznej, jeśli wcześniej nie uporządkuje się ich w bazie danych przestrzennych. Dotyczy to zwłaszcza modeli o bardziej skomplikowanej treści. Prawdą jest, że czasem baza ta może mieć postać prostej tabeli z listą elementów treści mapy, ale także coraz częściej ma formę rozbudowanej geobazy, która przechowuje w jednej strukturze dane wieloźródłowe, wielorozdzielcze, wieloreprezentacyjne i stosuje różne modele danych przestrzennych, systemy współrzędnych i typy geometryczne, a nawet reprezentacje kartograficzne obiektów.

Modelowanie kartograficzne można z angielskiego odpowiednika: *mapping* przełożyć jako mapowanie, i właśnie tutaj takie podejście ma uzasadnienie. Mapowanie przestrzeni, zestawu obiektów czy zjawisk jest właśnie zamianą fragmentu rzeczywistości geograficznej na model kartograficzny, odpowiednio zgeneralizowany i spełniający pozostałe własności szeroko rozumianej mapy, ale zawsze jest to proces dwuetapowy. W etapie budowy bazy danych tworzy się **osnowę pojęciową** (klasyfikacja elementów treści) i **geometryczną** (system odniesień przestrzennych) **mapy**, jest to odpowiednik modelu z definicji trzech spójnych elementów pojęcia mapy. Jej zadanie sprowadza się do formowania, a następnie przechowywania obiektów modelujących opisywane fragmenty świata rzeczywistego. Natomiast w etapie wizualizowania tworzy się reprezentację graficzną - **obraz mapy**, którego zadaniem jest przekazywanie informacji o przestrzeni geograficznej do zmysłów użytkownika.

W modelowaniu kartograficznym można zatem mówić o przebyciu drogi od rzeczywistości geograficznej poprzez model typu bazodanowego (model do wizualizacji) do modelu graficznego (model zwizualizowany) - mapy.

4.1.2 Model kartograficzny wśród innych modeli przestrzeni geograficznej

Jakiegolwiek modele przestrzeni geograficznej (bazy danych, mapy, geoprezentacje), jeśli mają stać się elementem systemu informacji geograficznej (GIS), są zapisywane w postaci tzw. modeli danych przestrzennych, zgodnie z zasadą, że model danych stanowi wewnętrzny element modelu każdego systemu informatycznego. Wykorzystuje się modele danych, które na etapie konceptualnym projektowania stanowią matematyczny wzorzec do tworzenia reprezentacji obiektów przestrzennych, a na etapie implementacji – zestaw specyfikacji projektowych dla obiektów bazy danych (w konkretnym systemie zarządzania bazą danych), który obejmuje:

definicje klas obiektów (abstrakcji elementów rzeczywistości), atrybuty czyli cechy „opisowe” obiektów, więzy integralności danych oraz relacje zachodzące pomiędzy klasami obiektów.

Notacją przestrzeni geograficznej (modelem geoprzestrzennym) nazwiemy określony typ opisu tej rzeczywistości (zestawu obiektów, zjawisk, procesów, relacji), który jest zwięzły, czytelny dla odbiorcy (czyli komunikatywny), sformalizowany i abstrakcyjny. Do ich materializowania zawsze służą konkretne modele danych przestrzennych i są budowane przy użyciu określonych technologii informatycznych, znanych w aplikacjach GIS. Zainteresowaniem obejmowane są tu jedynie te typy notacji, które posiadają postać umożliwiającą ich wykorzystanie w środowisku cyfrowych systemów informacyjnych i posiadają jednoznaczne odniesienie przestrzenne, pomijane są więc takie notacje jak: opisy słowne, zestawy danych statystycznych, obrazy i grafiki artystyczne, szkice.

Notacje te można sklasyfikować ze względu na przeznaczenie oraz sposób odbioru i interpretacji przez człowieka. Z takiej klasyfikacji, odnośnie każdego z typów, wyłoni się także zakres możliwych zastosowań.

W pierwszym rzędzie wyróżnić należy dwie kategorie nadrzędne: *model mentalny*, który można określić przestrzenną mapą mentalną i *modele materialne*, które są realizowane w systemach informatycznych.

Przestrzenna mapa mentalna powstaje w mózgu człowieka na drodze własnych doświadczeń, pod wpływem bezpośredniego odbioru przestrzeni geograficznej oraz interpretacji różnych materialnych notacji tej przestrzeni. Jest to model myślowy, rozwijany od najmłodszych lat kształcenia (Ryc. 90) wraz z ogólną świadomością człowieka w sposób wielopłaszczyznowy, odniesiony do różnych zagadnień i do coraz szerszych obszarów. Zauważmy, że za pomocą zmysłów człowiek poznaje przestrzeń, na początku swojego życia niewielką, związaną najpierw z wnętrzem, a niedługo potem - z najbliższym otoczeniem domu, a później uczy się trafiać bezbłędnie do szkoły czy innych znanych miejsc. Zaczyna w ten sposób rozwijać w swoim mózgu model mentalny przestrzeni, który także z powodzeniem może być odtwarzany w dowolnym momencie i porównywany z innymi modelami. Model ten charakteryzuje się obiektową organizacją, czyli jest zbudowany z zestawu powiązanych elementów, zapamiętanych jako całości (obiekty), ponieważ człowiek postrzega rzeczywistość przestrzenną wyróżniając interesujące go kategorie obiektów, takich jak ulica, budynek, posesja, las. Jest także wieloskalowy, ponieważ różne kategorie obiektów są zapamiętywane na różnym poziomie uogólnienia. Pamiętamy z dość dużą szczegółowością okolice miejsca zamieszkania, nauki czy pracy, ale także potrafimy odtworzyć rozmieszczenie najważniejszych obiektów geograficznych w naszym kraju (rzeki, miasta, wyspy, łańcuchy górskie) oraz znanych państw i całych kontynentów.

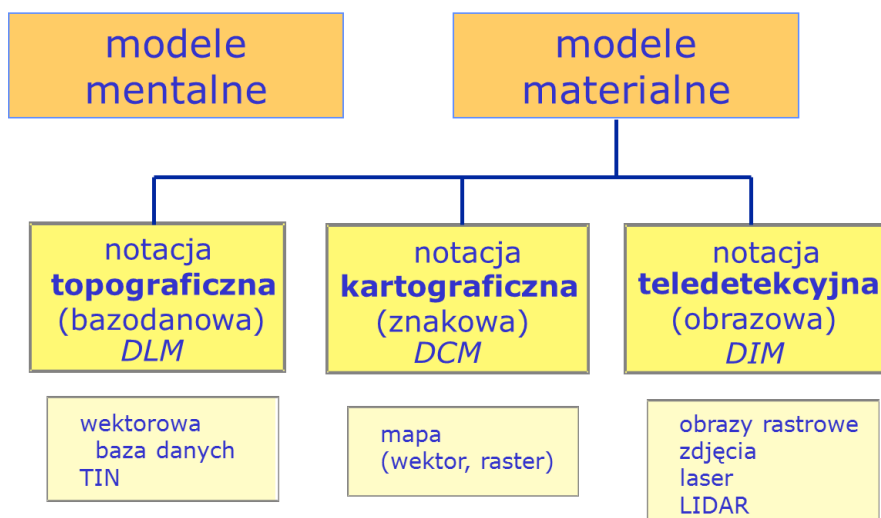


Ryc. 90. Porównanie obrazu modelu mentalnego (rysunek okolic szkoły wykonany przez ucznia kl. IV) z treścią mapy topograficznej tego samego obszaru (orientację mapy topograficznej dostosowano do rysunku). (Głażewski, 2006)

Model ten posiada także cechę dużej wierności oryginałowi, pomimo braku precyzyjnego osadzenia matematycznego (ściślej georeferencji), a relacje przestrzenne pomiędzy jego elementami są ważną jego częścią. Sąsiedztwo obiektów, ich położenie względem kierunku ruchu czy stosunki rozmiarów są to własności dobrze zapamiętane i odtwarzane, ponieważ mamy do czynienia z topologiczną zgodnością mapy mentalnej z obserwowaną rzeczywistością.

Modelami materialnymi rzeczywistości odniesionej przestrzennie są wszystkie te notacje, które można zapisać w systemach informacyjnych. Ze względu na ich sposób użytkowania można wyróżnić trzy kategorie tych notacji:

- topograficzną, zwaną też krajobrazową (DLM),
- kartograficzną – znakową (DCM),
- teledetekcyjną – obrazową (DIM).



Ryc. 91. Typy notacji rzeczywistości geograficznej (Głażewski, 2006)

Notacja topograficzna (E. Spiess i in., 2005), zwana najczęściej w literaturze cyfrowym modelem krajobrazowym (z ang. Digital Landscape Model – DLM), może być też określana mianem modelu analitycznego, albo (za W. Ostrowskim) wiernoprzestrzennego, czy mniej ściśle: bazodanowego. Model topograficzny (*topos* – z gr. miejsce) zawiera informacje o obiektach przestrzennych (modelujących zjawiska, związki, procesy), których położenie zostało określone zgodnie ze współrzędnymi związanymi z wybraną powierzchnią odniesienia i zachowuje to położenie w sposób ścisły. Przymiotnik 'topograficzny' ma tu znaczenie niepowiązane z modelowanym zagadnieniem, tzn. można modelować w ten sposób dowolne dane przestrzenne, a nie wyłącznie dane typu topograficznego (odnoszące się do powierzchni Ziemi), podobnie jak w wyrażeniu 'rozmieszczenie topograficzne', czyli zgodne z faktycznym położeniem. Nośnikiem informacji w tym modelu jest obiekt bazy danych – najczęściej reprezentowany przez wektor (zbiór wektorów), bazy, która wykorzystuje relacyjne, obiektowe lub relacyjno-obiektowe struktury. Notacja ta charakteryzuje się ścisłą georeferencją, co pozwala na pełne, precyzyjne zachowanie topologicznych własności obiektów oraz tworzenie (w jego praktycznej implementacji) struktur danych, takich jak drzewa, sieci, wypełnienia powierzchni (partycje). Ona także w sposób jednoznaczny jest w stanie modelować relacje przestrzenne, jakie zachodzą pomiędzy obiektami i jest najlepszą podstawą analiz przestrzennych prowadzonych przy użyciu technik numerycznych. Stanowi także podstawę uogólnień, przedmiot właściwej generalizacji danych przestrzennych (tzw. generalizacji modelu) i podstawę modelowania przestrzeni geograficznej w bazach danych przestrzennych. Model tego typu nie jest dobrze czytelny w odbiorze wzrokowym i nie służy do wizualnego przekazywania informacji przestrzennej, ale stanowi najlepszy sposób organizacji danych do wszelkich zastosowań analitycznych, prowadzonych w wektorowym modelu danych.

Notacja topograficzna stanowi podstawową kategorię modeli przestrzeni geograficznej, najszerzej stosowaną w implementacji baz danych przestrzennych jako elementów systemów geoinformacyjnych. Przy wizualizacji danych tego modelu należy oczywiście użyć znaków graficznych i użytkownik ma wtedy do czynienia z elementarną (szkieletową) wizualizacją danych. Jednak w swojej istocie tak przekazany obraz nadal pozostanie modelem topograficznym (typu DLM), ponieważ brak jest całego etapu opracowania, redakcji i generalizacji redakcyjnej prezentacji, ukierunkowanej na graficzny przekaz informacji. Powstaje wizualizacja treści bazy danych służąca właśnie do analizowania, generowania zapytań, selekcji, generalizacji danych i innego typu przetwarzania. Model ten stanowi więc zapis *mapy bez obrazu*, podstawę czy ośnowę mapy w najszerszym tego słowa znaczeniu (A. Makowski, 2006). Przykładem zastosowania modelu topograficznego jest organizacja danych w wektorowej bazie danych przestrzennych.

Notacja kartograficzna – cyfrowy model znakowy (z ang. Digital Cartographic Model – DCM) przekazuje informacje o obiektach (zjawiskach) za pomocą ustalonych konwencji graficznych – systemu znaków kartograficznych, które są tu nośnikami informacji geograficznej. Jest więc obrazem przestrzeni geograficznej, który został przygotowany do bezpośredniego odbioru za pomocą zmysłów człowieka. Najbardziej dobitnym przykładem znakowego modelu kartograficznego jest mapa geograficzna, która wyposażona w odpowiednią funkcjonalność, może nosić znamiona prezentacji interaktywnej, dynamicznej czy multimedialnej. Własności topologiczne prezentowanych obiektów są tu zachowywane, ale w sposób pośredni, poprzez cechę zwaną wiernością geograficzną i mogą być odczytywane metodą interpretacji obrazu. Obraz ten powstaje w wyniku redakcji kartograficznej i nosi jej znamiona np. w postaci graficznych korekcji, związanych z dyslokacjami znaków w stosunku do ścisłego położenia prezentowanych obiektów. Może być zapisywany zarówno w wektorowym jak i rastrowym modelu danych. Tym samym terminem DCM określa się często same zbiory danych przestrzennych (najczęściej zapisane w wektorowym modelu danych), które tworzone są pod kątem prezentacji graficznej (wizualizacji) danych, ale nie są jeszcze skonwencjonalizowane – nie zastosowano tam narzędzi komponujących obraz. Są to cyfrowe zapisy map (dane odpowiednio uogólnione i częściowo zredukowane), których nie można udostępnić i jednoznacznie zinterpretować ze względu na brak zastosowania systemu znaków graficznych. Z całą pewnością takie zestawy danych można będzie określić mianem modeli

kartograficznych (choć jeszcze nie w pełni znakowych). Zaznaczmy też wyraźnie, że taki zestaw danych jest jedynie półproduktem, pozwalającym na przygotowanie prezentacji graficznej, a duży zakres prac redakcyjnych wykonuje się w nawiązaniu do konkretnego systemu znaków kartograficznych – wraz z etapem symbolizacji każdej prezentacji kartograficznej (Ryc. 91, Ryc. 92).

Notacja teledetekcyjna, często zwana po prostu modelem obrazowym (ang. Digital Image Model - DIM) jest takim modelem przestrzeni geograficznej, który przekazuje wygląd obszaru zarejestrowany w sposób automatyczny w różnych zakresach spektrum elektromagnetycznego lub przy użyciu innego typu zdalnych sensorów. Nie ma tu zastosowania obiektowa klasyfikacja elementów treści, więc nie można też bezpośrednio modelować klas obiektów i ich atrybutów. Nośnikiem informacji w tym modelu jest ziarno (piksel, pojedynczy sygnał punktowy, drobina srebra obrazu fotograficznego itp.), które może być elementem obrazu (stąd „model obrazowy”) lub innego zbioru danych – np. element chmury punktów pozyskanej metodą skaningu laserowego (LIDAR). Jest to notacja, która znakomicie minimalizuje koszty pozyskiwania danych, poprzez pełną automatyzację tego procesu, co jest naturalne w teledetekcji, a także stosuje proste, i najczęściej łatwe do przetwarzania i zarządzania, struktury danych. W przypadku notacji modelującej dane topograficzne (dotyczące powierzchni Ziemi), istotną cechą tej notacji jest zapewnienie możliwości obejrzenia obrazu danego obszaru, a przez to nawiązania do własnych wyobrażeń przestrzennych i znaczny wpływ na model mentalny rzeczywistości. Właśnie stąd wynika tak duża popularność globusów wirtualnych, fotomap, np. dostępnych jako aplikacje internetowe, a także przeglądarek zdjęć lotniczych i satelitarnych. Sceny satelitarne, chmury punktów ze skaningu laserowego, zobrazowania radarowe i sonarowe czy fotorealistyczne obrazy przestrzeni są typowymi przykładami tej notacji. (Ryc. 92).



Ryc. 92. Porównanie notacji kartograficznej (DCM) - fragmentu Mapy topograficznej Polski 1:10000 z notacją teledetekcyjną (DIM) - fragmentem ortofotomapy lotniczej

Często, zwłaszcza w portalach informacyjnych przekazujących wieloźródłową informację przestrzenną, dostępne są wizualizacje kartograficzne typu hybrydowego. Hybrydowa wizualizacja kartograficzna jest połączeniem dwóch powyższych typów notacji w jeden, (najlepiej) spójny model. Stopień tej integracji zależy od celu budowy modelu hybrydowego i może odbywać się na różnych płaszczyznach: formalnej, czasowej, wizualnej. Z reguły łączeniu podlegają pary modeli: topograficzny (DLM) z teledetekcyjnym (DIM) lub kartograficzny (DCM) z teledetekcyjnym

(DIM). Notacja teledetekcyjna jest tutaj nośnikiem informacji ciągłej, obrazowej, najczęściej rejestrowanej w widmie światła widzialnego i dzięki temu staje się doskonałym uzupełnieniem modelu typu DLM lub DCM, które najczęściej ograniczone są do wybranych zagadnień (obiektów, zjawisk, procesów) i prezentują je w sposób dyskretny. Efektem wizualizacji hybrydowej może być mapa hybrydowa, czyli taka, która na wszystkich wymienionych płaszczyznach integruje notacje DCM i DIM. Różnią się wieloma własnościami, stąd ich integracja, prowadzi do ciekawych rozwiązań graficznych. Zestawmy własności każdego z jej komponentów (Tab. 4).

Tab. 4. Zestawienie cech modeli kartograficznego (znakowego) i teledetekcyjnego (tonalnego) – jako typów notacji przestrzeni geograficznej i komponentów mapy hybrydowej

cecha notacji	komponent "kreskowy" - notacja kartograficzna (znakowa) – DCM	komponent "tonalny" - notacja teledetekcyjna – DIM
element podstawowy	znak (grafika wektorowa)	piksel (element rastra)
reprezentacje obiektów	odniesione do obiektów DLM, punkty, linie, obszary, multipatch, opisy,	macierze pikseli, brak odniesień do struktury obiektowej
źródła danych	DLM, teren, DIM, inne DCMs	teren, pozyskiwanie danych wysoce zautomatyzowane
generalizacja danych	generalizacja pierwotna, generalizacja danych, generalizacja redakcyjna	obraz wszystkich zarejestrowanych obiektów
szczegółowość	zależna od źródła danych, wyraża ją skala mapy	zależna od sensorów i warunków zewnętrznych, wyraża ją terenowa wielkość piksela obrazu
sposób wizualizacji	kreskowy, wektorowy	tonalny, rastrowy
interpretacja	ułatwiona przez jednoznaczność systemu znaków	zależy od zdolności i doświadczenia użytkownika

Odpowiednio przygotowane zbiory danych notacji DCM oraz DIM mogą stać się elementem zintegrowanej wizualizacji hybrydowej, która jest odbierana jako model znakowy uzupełniony za pomocą obrazu terenu. Podstawą wizualizacji pozostaje model kartograficzny (DCM). Model teledetekcyjny podlega tu regionalizacji, prowadzącej do wyróżnienia poziomów jego widoczności. Proces ten prowadzi do rozdziału obrazu teledetekcyjnego na plany percepcyjne, wkomponowane w hierarchiczną strukturę planów percepcyjnych całej wizualizacji. Wzrasta pojemność informacyjna przekazu (czytelne stają się informacje niedostępne w bazie wektorowej: kierunki i rodzaje upraw rolnych, rozdrobnienie działek, zróżnicowanie wysokości budynków, jakość wód, zdrowie roślinności, wilgotność podłoża, etc.). Treść mapy nadal pozostaje jednoznaczna, co jest podstawowym warunkiem prawidłowego jej odbioru. Istnieją tu szersze, niż w przypadku elementarnego modelu kartograficznego, odniesienia do mapy mentalnej i rzeczywistej fizjonomii obiektów, a to podnosi jej atrakcyjność graficzną i wartość użytkową.

4.1.3 Zapis geometrii i topologii w bazie danych przestrzennych GIS

Najpopularniejszą postacią danych przestrzennych wykorzystywaną obecnie w wizualizacji kartograficznej są wektorowe modele danych. Podstawowym elementem tworzącym obiekt bazy danych jest tu wektor (znany z geometrii). Każdy wektor zapisany jest jako uporządkowany ciąg współrzędnych punktów go tworzących (para (2D) lub trójka (3D) liczb) w zdefiniowanym systemie współrzędnych. Są modelami zorientowanymi obiektowo, tzn. wektor (lub ich zbiór) reprezentuje jakiś obiekt bazy danych, wyróżniony na etapie modelowania jej struktury i wynikający z przyjętych zasad klasyfikacji obiektów.

Obiekty punktowe są zapisywane jako wektory zerowymiarowe, za pomocą jednej pary (trójki) współrzędnych, obiekty liniowe i powierzchniowe - w różny sposób, zależny od typu modelu.

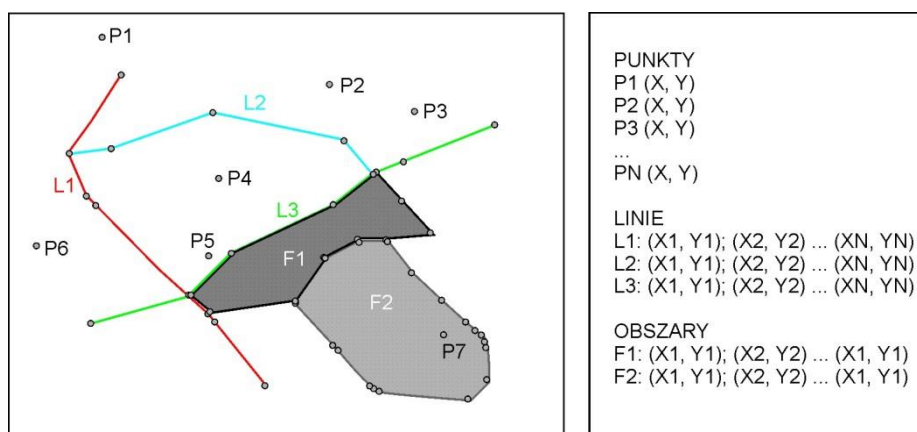
Wektorowa postać danych może być zapisana w:

- prostym modelu wektorowym (spaghetti),
- topologicznym modelu wektorowym,
- nieregularnej sieci trójkątów - modelu triangulacyjnym (TIN), jeśli dotyczy danych ciągłych – np. reprezentacji powierzchni statystycznej.

Prosty model wektorowy (spaghetti) konstruuje elementy bazy danych z wektorów w najprostszy sposób, tak, że:

- punkt jest wektorem zerowymiarowym (jak w każdym modelu wektorowym);
- linia jest zapisana uporządkowanym ciągiem współrzędnych punktów, jako odcinek, łamana, bądź krzywa;
- obszar jest zapisany jako kontur, utworzony przez uporządkowany ciąg współrzędnych punktów, z których jeden jest powtórzony (jako punkt początkowy i końcowy konturu).

Jak wynika z powyższego opisu każdemu elementowi musi odpowiadać własny zapis współrzędnych wektorów, które go tworzą, a co za tym idzie obiekty posiadające wspólne punkty lub inne wspólne wektory ten zapis po prostu powtarzają (redundancja danych, zwiększona wielkość zbiorów danych). Co ważniejsze relacje przestrzenne (zwane też często związkami lub zależnościami topologicznymi) pomiędzy obiektami nie są tu modelowane, mogą być odtwarzane w razie potrzeby („w locie”) i przechowywane jedynie w oddzielnych strukturach danych. Na Ryc. 93. Prosty model wektorowy pokazano jeszcze jedną wadę tego modelu – możliwość wystąpienia niespójności geometrycznej danych. Co prawda współczesne narzędzia pozwalają na wyeliminowanie tych niedociągnięć geometrii, ale jest to przyczyna większego (w porównaniu z modelem topologicznym) skomplikowania przy pozyskiwaniu danych.



Ryc. 93. Prosty model wektorowy

Topologiczny model wektorowy posługuje się identyfikatorami obiektów geometrycznych (punktów, linii i obszarów) w celu ich wykorzystania do opisu innych obiektów. Współrzędne punktów tworzących wektory są zapisywane jednokrotnie, a następnie, dzięki identyfikatorom punktów, są używane do zapisu (przebiegu i kierunku) linii. Oznaczenia obiektów liniowych mogą być użyte do zapisu obiektów powierzchniowych. Można więc zapisać relacje topologiczne zachodzące pomiędzy obiektami (np. poprzez identyfikatory obszarów leżących po lewej i prawej stronie linii), a zapis danych nie jest tu w żaden sposób powtarzany. Pozyskiwanie danych zawierających obiekty wektorowe o różnych wymiarach (0D, 1D, 2D i 3D) i zapisywanie w tym modelu danych jest dużo szybsze, ponieważ ułatwia je odtworzenie relacji przestrzennych, np. zapis

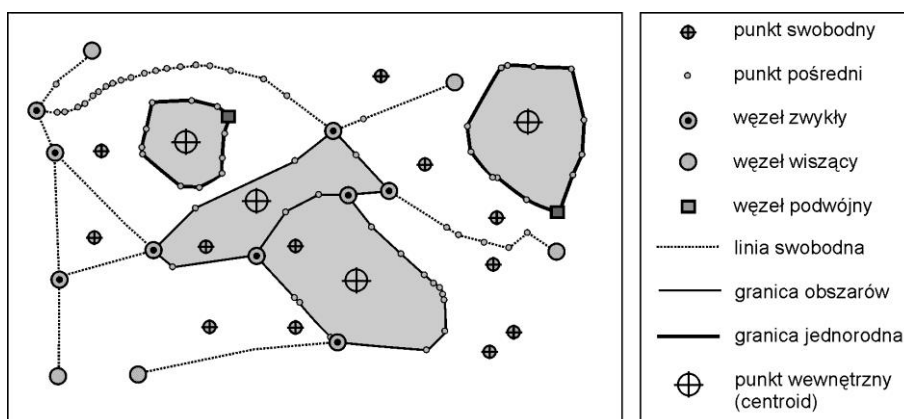
sieci poligonów (obszarów) sprowadza się do (jednokrotnego) zapisu ich linii granicznych, a następnie na ich podstawie zbudowania obszarów.

W modelu tym obiekty liniowe łączą się w miejscach zwanych węzłami (ang. nodes), co nawiązuje do struktury sieci i powstają w ten sposób obszary, ograniczone (pojedynczymi) liniami. Każdy punkt i linia może więc pełnić określone role (Ryc. 93). Topologiczny model danych wymusza precyzyjne odtworzenie relacji przestrzennych, co zabezpiecza przed wystąpieniem niespójności geometrycznej danych. Tę własność precyzyjnego (ściśłego geometrycznie) odtwarzania relacji przestrzennych, potocznie nazywaną „topologią”, można w niektórych przypadkach uznać za nieistotną i zachować jedynie w odniesieniu do wybranych zbiorów danych.

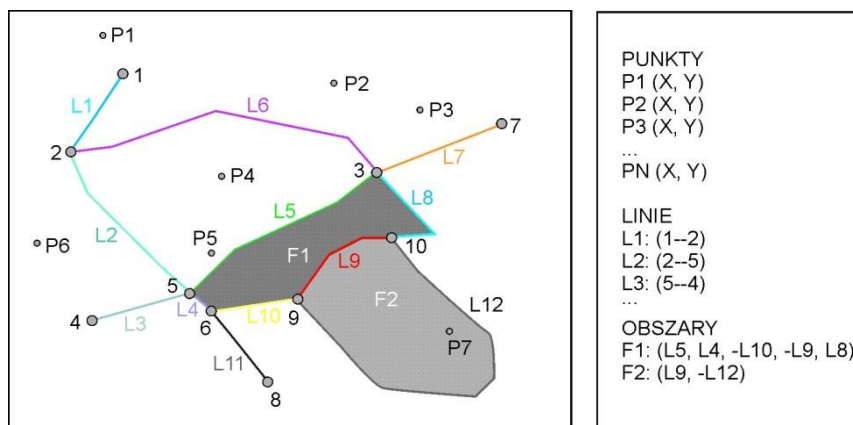
Relacje topologiczne pomiędzy obiektami w przestrzeni geograficznej powinny być zachowane pomiędzy reprezentującymi je obiektami geometrycznymi. Dla zrozumienia istoty relacji topologicznych konieczne jest zdefiniowanie ich granicy, wnętrza i zewnątrz. Granicą obiektu geometrycznego o danym wymiarze jest zbiór obiektów geometrycznych o kolejnym niższym wymiarze. Granicą obiektu punktowego oraz liniowego zamkniętego jest zbiór pusty. Granicą obiektu liniowego niezamkniętego są dwa punkty końcowe. Granicą obiektu składającego się z wielu linii są punkt początkowy pierwszego elementu i punkt końcowy ostatniego elementu. Granica obiektu powierzchniowego składa się ze zbioru łamanych zamkniętych ograniczających obszar. Wnętrze obiektu geometrycznego składa się z tych punktów, które pozostają po odjęciu punktów należących do jego granicy. Natomiast zewnątrz obiektu geometrycznego składa się z tych punktów, które nie leżą ani w jego wnętrzu ani na jego granicy.

Wyróżnia się następujące relacje topologiczne zachodzące pomiędzy obiektami geometrycznymi (E. Bielecka 2008):

1. równości - zachodzi pomiędzy obiektami geometrycznymi tego samego typu, co oznacza, że dany obiekt ma dokładnie takie samo położenie jak inny obiekt geometryczny;
2. rozłączności - obiekty geometryczne nie mają punktów wspólnych;
3. przecinania się - obiekty geometryczne mają punkty wspólne, np. zwykłe skrzyżowanie dróg;
4. stykania się, gdy dany obiekt geometryczny "przestrzennie dotyka" inny obiekt geometryczny;
5. krzyżowania się, gdy obiekt powstały w wyniku przecięcia obiektów *a* i *b* jest różny zarówno od obiektu *a* jak i *b*, np. rondo na skrzyżowaniu dróg;
6. zawierania się w - zachodzi wówczas, gdy jeden obiekt geometryczny zawiera się w drugim obiekcie;
7. zawierania - zachodzi wówczas, gdy jeden obiekt geometryczny zawiera drugi obiekt;
8. nakładania się, gdy jeden obiekt geometryczny ma część wspólną z innym obiektem geometrycznym w wyniku "przestrzennego nachodzenia" jednego obiektu geometrycznego na drugi, np. most nakłada się na rzekę.

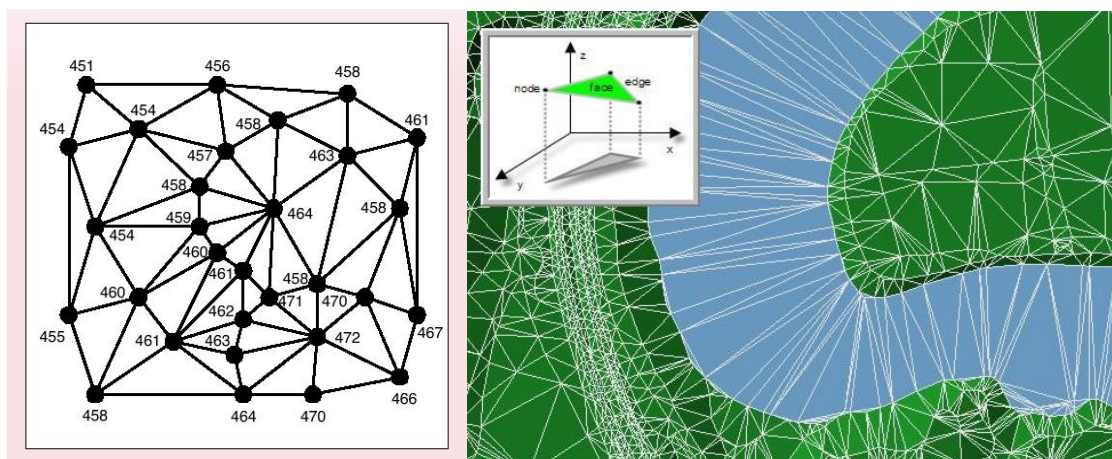


Ryc. 94. Role obiektów geometrycznych w topologicznym modelu wektorowym (opracowanie własne)



Ryc. 95. Topologiczny model wektorowy (opracowanie własne)

Odrębną klasą modeli wektorowych jest model TIN (Triangulated Irregular Network), który służy do modelowania powierzchni statystycznych (a także rzeźby terenu) za pomocą sieci wektorów. Wektory te tworzą zbiór nieregularnych trójkątów (sieć triangulacyjną) łącznie odtwarzający modelowaną powierzchnię trójwymiarową. Nieregularność tego modelu danych (nawiązanie do naturalnych cech powierzchni) pozwala na możliwość znacznego zróżnicowania gęstości punktów (i wektorów) modelu – w zależności od rzeczywistego zróżnicowania modelowanego obiektu (zjawiska), które powinny odzwierciedlać dane źródłowe (sieć punktów pomiarowych). Trójkąty tworzące model powstają na drodze algorytmu Delaunay’a, który pozwala na zbudowanie takiej sieci krawędzi (wektorów – boków trójkątów) w ten sposób, aby okrąg opisany na dowolnym trójkącie nie zawierał żadnych innych wierzchołków. W modelu tym wykorzystuje się tzw. obszary wyłączeń, czyli obiekty powierzchniowe, dla których nie prowadzi się triangulacji, linie nieciągłości (*hard breaklines*) oraz linie szkieletowe (*soft breaklines*), dla których znane są wartości zjawiska. W modelowaniu rzeźby terenu obszary wyłączeń służą do zapisu powierzchni o stałych wartościach wysokości (np. powierzchnie wód stojących), natomiast linie nieciągłości reprezentują linie, wzdłuż których następuje przerwanie powierzchni topograficznej (np. uskoki, osuwiska, nawisy itp.), a linie szkieletowe są zestawami linii grzbietowych i ciekowych form terenu, zwiększającymi prawidłowość modelowania.



Ryc. 96. Zapis cyfrowego modelu rzeźby terenu w modelu danych typu TIN (ESRI, 2015)

Obecnie, w wielu zastosowaniach, najczęściej wykorzystywany jest prosty model wektorowy z zastrzeżeniem poprawności topologicznej danych – czyli z pozamodelowym zapewnieniem wymaganych relacji przestrzennych (topologicznych). Należy zadbać o ich zapewnienie na etapie pozyskiwania danych, przy użyciu „narzędzi topologicznych” (np. *dociąganie precyzyjne*, ang. *snapping*) – zapewniających ściśle zachowanie relacji przestrzennych, a przez to i poprawności

geometrycznej obiektów. Można więc powiedzieć, że współcześnie w wielu systemach mamy do czynienia z szerokim użyciem prostego modelu wektorowego z elementami „topologii”.

4.2 Systemy informacji geograficznej (GIS) ^①

4.2.1 Kartografia i GIS

Kartografia posługuje się współcześnie wieloma narzędziami i technologiami, które prowadzą do rozwiązań, posiadających ze względu na zastosowania i użyteczność dwojaką naturę. Pierwszy rodzaj stosowanych narzędzi i technologii, który z powodzeniem można nazwać klasycznym, jest związany z zastosowaniem aplikacji typu desktop. Druga ścieżka rozwoju technologicznego obejmuje kartografię mobilną i sieciową, której narzędzia związane są z dostępnością map na wielu różnych platformach sprzętowych.

Tak więc klasyczna kartografia, prowadzi od pomiaru zjawiska (obiektu geograficznego) do jego prezentacji na mapie, której udostępnianie może odbywać się analogowo - np. poprzez druk offsetowy lub cyfrowo - poprzez wiele różnych kanałów dystrybucji. Ten rodzaj narzędzi i technologii wiąże się z koncepcją "jednostanowiskowego" - lokalnego (w sensie operacyjnym) systemu informacji przestrzennej, którego idea dała początek rozwojowi dzisiejszych platform GIS. Klasyczna kartografia technologicznie jest związana więc z modelowaniem i wizualizowaniem zjawisk i obiektów przestrzennych przy użyciu technologii typu desktop, z wyłączeniem sfery mobilnej i sieciowej. Jednym z historycznych wzorców tych rozwiązań była tzw. kartografia "analogowa" (w odróżnieniu od "cyfrowej"), która w płaszczyźnie technologicznej korzystała z metod przetwarzania optycznego i fotomechanicznego. Technologie te były przedmiotem kształcenia jeszcze pod koniec XX w., a ich elementy nawet współcześnie stanowią ważne punkty akademickich programów edukacyjnych, ponieważ zrozumienie zasad analogowej reprodukcji kartograficznej, pozwala łatwiej wnikać w zasady przetwarzania obrazów cyfrowych, współczesną technologię reprodukcji i druku cyfrowego. Współcześnie podział kartografii na analogową i cyfrową (czy komputerową) jest niemożliwy, ponieważ nie opracowuje się poważnych projektów kartograficznych (zarówno w zakresie modelowania danych przestrzennych, jak i samej wizualizacji i publikacji map) inaczej jak przy użyciu technik cyfrowych. Mówienie o kartografii "komputerowej" ma taki sens jak nazywanie kartografii "przed-komputerowej" mianem "fotomechanicznej" czy "tuszowej" (od nazwy podstawowego materiału kreślarskiego). W ramach historii kartografii warto poznać rozwój warsztatu kartograficznego, metod i technologii opracowania i wydawania map. Jak wiadomo pozostaje on w ścisłym związku nie tylko z badaniami i odkryciami geograficznymi, ale jest też świadkiem postępu technicznego w dziedzinie reprodukcji, a później druku.

Ścieżka rozwoju kartografii mobilnej i internetowej jako stosunkowo nowy rozdział w historii kartografii, pojawiła się wraz z przełomem wieków XX i XXI, i prowadzi od pozyskania danych przestrzennych (np. pomiaru zjawiska) aż do udostępniania (sieciowego i mobilnego) produktu kartograficznego, często w postaci wizualizacji interaktywnej, prezentacji dynamicznej czy animacji. Jest ona związana z rozwojem usług geoinformacyjnych, portali internetowych, sieci społecznościowych i usług typu LBS. Problemami technologicznymi, przed jakimi stoi kartografia na tej ścieżce rozwoju są zagadnienia optymalizacji parametrów oprogramowań sieciowych (w tym usług danych przestrzennych), osadzanie funkcjonalności GIS w zewnętrznych aplikacjach (embedded GIS), rozwój protokołów sieciowych i ich zastosowanie w przesyłaniu geoinformacji, projektowanie serwisów internetowych udostępniających dane przestrzenne i mapy, projektowanie zasad dostępu do zasobów danych, usług i wizualizacji, integracja, zapewnienie spójności (harmonizacja) i interoperacyjności danych i usług przestrzennych, projektowanie i wykorzystanie metadanych przestrzennych. Współcześnie (szczególnie w pierwszej dekadzie XXI w.) podjęto szersze działania, zarówno na forum europejskim (Infrastructure for Spatial Information in the European Community - INSPIRE) jak i światowym (Spatial Data Infrastructure - SDI) w celu

koordynacji przedsięwzięć w zakresie standaryzacji i koordynacji budowy infrastruktury informacji przestrzennej.

Jak słusznie zauważył Keith Clarke w swojej publikacji *Getting started with GIS* (Clarke 1996), systemy informacji geograficznej – Geographic Information Systems (GIS), wyrosły z dorobku kartografii i tam posiadają swoje merytoryczne korzenie. Przedmiotem zainteresowania kartografii jest zarówno opis świata rzeczywistego (elementy geografii), organizowanie informacji dotyczących tego opisu w bazach danych przestrzennych (teoria baz danych, informatyka), jak i zasady wizualizacji danych przestrzennych (percepcja wzrokowa, optyka, metodyka kartograficzna, grafika komputerowa) oraz ich udostępniania (Internet, reprodukcja, techniki druku). **Z dorobku kartografii obejmującego takie dziedziny jak: kartograficzne metody badań, geostatystyka, generalizacja kartograficzna, metodyka prezentacji, wyrosły systemy informacji przestrzennej oparte o technologie informatyczne, bez których systemowe obrazowanie geoinformacji nie jest obecnie możliwe.** Każda poważna, zaawansowana prezentacja kartograficzna ma swój początek w źródle informacji jakim jest baza danych przestrzennych. Stąd poprawną organizacją danych na etapie modelowania pojęciowego zainteresowani są także specjaliści kartografowie, aktywnie uczestniczący we wszystkich dużych projektach GIS. Na końcu szeregu przetworzeń informacji przestrzennej znajduje się jej odbiorca, dla którego wszystkie mapy są przygotowywane. Przyjęcie poprawnej koncepcji budowy bazy danych przestrzennych, zasad pozyskiwania danych, klasyfikacji, uogólniania (generalizacji) oraz prezentacji (wizualizacji) umożliwia spełnienie oczekiwań odbiorcy. Najczęściej oczekiwania te można zamknąć w postulatach jednoznaczności przekazu, pogładowości i czytelności prezentacji, łatwych skojarzeniach z rzeczywistością geograficzną, szybkiego dostępu i niskich kosztów użytkowania. Tak więc kartografia zasila systemy informacji przestrzennej koncepcjami (np. organizacji zapisu informacji), metodami analiz i interpretacji danych, które rodziły się na długo przed pojawieniem się informatyki i umożliwiają uporządkowanie informacji, prowadzą też do tworzenia modeli przestrzeni geograficznej, wśród nich – także map.

4.2.2 Systemy informacji geograficznej - definicja, projektowanie i zadania

Systemy informacji geograficznej są definiowane jako systemy informatyczne (o charakterze informacyjnym, więc przetwarzające, ale i kreujące informację) które służą pozyskiwaniu, przetwarzaniu, a szczególnie analizowaniu oraz udostępnianiu danych przestrzennych, czyli odniesionych geograficznie. Niezbędnymi elementami każdego systemu, obok samych danych przestrzennych, są także narzędzia (obecnie komputery i urządzenia mobilne wraz z oprogramowaniem i infrastrukturą sieciową), metody i technologie oraz ludzie (twórcy i użytkownicy systemu). Każdy z tych elementów przyczynia się do realizacji celów budowy GIS, które skupiają się na: wspomaganie procesów projektowych, decyzyjnych i inwestycyjnych, dokumentacji stanu środowiska geograficznego i przestrzennego rozkładu zjawisk oraz wyników badań i prac naukowych, budowie rejestrów publicznych i wspomaganie administracji, planowania i gospodarowania przestrzenią, zasilaniu danymi i wspomaganie narzędziowym opracowań kartograficznych oraz popularyzowaniu wiedzy o przestrzeni geograficznej i edukacji.

Zważmy także, że wiele z wymienionych zadań, szczególnie z zakresu pozyskiwania danych przestrzennych lub ich udostępniania, z powodzeniem może zostać zrealizowanych poza systemami informacji geograficznej, a już z pewnością bez użycia oprogramowania klasy GIS. Z pozyskiwaniem danych przestrzennych doskonale radzi sobie geodezja, fotogrametria i teledetekcja, chociażby przy użyciu aplikacji CAD czy technik zdalnej rejestracji danych (np. metody teledetekcji aktywnej); a wizualizacja kartograficzna jest przecież możliwa wyłącznie z wykorzystaniem programów graficznych, specjalistycznych kartograficznych czy DTP. Na tym tle trzeba podkreślić rolę GIS w przetwarzaniu danych przestrzennych, ponieważ żaden inny system i aplikacje innych typów nie są w stanie z taką efektywnością i precyzją analizować informacji geograficznej. Bez współczesnych narzędzi GIS (aplikacji), jak i samych systemów informacji

geograficznej dokonywanie tak wyrafinowanych, szybkich i zaawansowanych metodycznie analiz przestrzennych nie byłoby możliwe.

Tab. 5. Elementy składowe systemów informacji geograficznej

Element GIS	Dawniej	Obecnie
dane	mapa geograficzna (model graficzny)	baza danych przestrzennych (model analityczny)
narzędzia	linijka, podziałka, cyrkiel, koordynatograf	systemy operacyjne, oprogramowanie użytkowe, aplikacje rozszerzające, Internet
ludzie	użytkownik o dużej wiedzy specjalistycznej	twórca (o dużej wiedzy) użytkownik (o małej wiedzy)
metody i technologie	syntezy i analizy danych przy dużym udziale pracy użytkownika, konieczna interpretacja treści map	syntezy i analizy danych zautomatyzowane, konieczny system zarządzania bazą danych, usługi sieciowe, standardy

Aby dane mogły stać się elementem systemu informacji geograficznej i być przedmiotem analiz, muszą być zorganizowane w uporządkowany sposób, w bazie danych. Teoria baz danych wyróżnia kilka tzw. *modeli baz danych*, które kształtowały się wraz z historycznym rozwojem myśli i technologii informatycznej. Obecnie w GIS stosuje się najczęściej model relacyjny z elementami obiektowości. Natomiast pojęcie *model danych* określa zasady przetworzenia elementów rzeczywistości na zbiory danych przestrzennych. Ta organizacja danych, determinująca także sposoby ich wykorzystania i możliwości całego GIS, może mieć dwie zasadnicze postaci: *wektorową* i *rastrową*. Innymi słowy obiekty rzeczywistości geograficznej możemy modelować na dwa sposoby: wektorowy i rastrowy, w zależności od:

- rodzajów modelowanych danych (ciągłe / dyskretne; obiekty rzeczywiste / teoretyczne; elementy zjawisk naturalnych, czy obiekty antropogeniczne; procesy przyrodnicze, czy też wyniki działalności człowieka),
- wyników tzw. generalizacji pierwotnej (uogólnienia wstępnego, polegającego na określeniu jakie kategorie obiektów rzeczywistości będą treścią bazy danych),
- przewidywanych źródeł danych (stopnia automatyzacji pozyskiwania danych),
- przewidywanych zastosowań systemu.

Różnorodność ta jest widoczna w każdym współcześnie projektowanym GIS, gdzie prawie zawsze wykorzystuje się oba typy modeli danych.

Można też wyróżnić różne pewne kategorie danych, ich cech i zachowań, z jakimi twórca baz danych przestrzennych na pewno się zetknie:

- geometria (położenie i kształt) obiektów geograficznych – dane zawierające zapis położenia reprezentacji obiektów przestrzennych w wybranym systemie współrzędnych – *dane geometryczne*;
- atrybuty obiektów geograficznych, zwykle ujmowane w relacyjne struktury tzw. *danych opisowych*, charakterystycznych dla informacji tekstowych, liczbowych, logicznych, czy multimedialnych;
- relacje pomiędzy danymi – najczęściej w postaci tabelarycznego ujęcia atrybutów i ustalonych z góry połączeń między tymi tabelami oraz w postaci topologicznych zależności między danymi geometrycznymi;

- metody (funkcje, procedury) operowania na danych (wykorzystania własności struktur danych), zwykle definiowane jako sposoby zachowania się obiektów bazy danych, określone poprzez: rodzaj obiektu, powiązania topologiczne, relacje pomiędzy atrybutami, domeny atrybutów;
- metadane – informacje dotyczące danych geometrycznych i ich atrybutów oraz zbiorów danych, ułatwiające pracę z tymi zbiorami, takie jak: dokładności współrzędnych, daty zamian wartości itp.. Metadane dotyczą też usług sieciowych oraz stosowanych aplikacji i służą do wyszukiwania i rozpoznawania zbiorów i usług danych przestrzennych.

Kategorie te są tworzone i przechowywane we właściwych *strukturach danych*, podlegających przetwarzaniu według określonych metod i technologii.

Dane w GIS przechowywane są w zaprojektowanych bazach danych, dzięki czemu mogą być efektywnie analizowane, a w wyniku analiz można otrzymać poprawną odpowiedź na postawione problemy.

W przetwarzaniu danych przestrzennych na samym początku procesu modelowania rzeczywistości dochodzi do tzw. generalizacji pierwotnej, czyli uogólnienia wynikającego z wzięcia pod uwagę tylko tych kategorii obiektów i zjawisk (bytów rzeczywistych), które są przedmiotem zainteresowania twórcy bazy danych. Czyli na wstępie określa się jaki pułap uogólnienia będzie charakteryzował obserwację modelowanej rzeczywistości i jak szczegółowo definiowane będą poszczególne klasy obiektów (wyróżnień) bazy danych. W wyniku generalizacji pierwotnej okazuje się jak szczegółowe podejście do zapisu elementów rzeczywistości będzie charakteryzowało tworzoną bazę danych. Z dokonania tego wstępnego rozstrzygnięcia będzie wynikał przyjęty poziom skalowy, na jakim będzie prowadzone modelowanie elementów rzeczywistości geograficznej – budowa bazy danych przestrzennych.

Może się oczywiście okazać, że użytkownika interesują dane odniesione do różnych poziomów tego uogólnienia i wtedy zamiast budować odrębne bazy danych dotyczące tych samych zagadnień – różnie zgeneralizowanych, należy zastosować podejście MRDB (Multi-Resolution / Multi-Representation DataBase) czyli rozwiązanie w postaci wielorozdzielczej / wieloreprezentacyjnej bazy danych. Takie podejście nie ogranicza stopni wprowadzonych uogólnień – najczęściej dla różnych obszarów informacje są zapisywane na różnych poziomach szczegółowości, pozwalając na zapis wielu reprezentacji bazodanowych tego samego obiektu rzeczywistego (różnie uogólnionego).

Tak jak w projektowaniu każdej bazy danych, również projektowanie bazy danych przestrzennych można podzielić na trzy podstawowe etapy zwane: konceptualnym, logicznym i fizycznym.

Pierwszy z nich, zwany też modelowaniem pojęciowym, polega na tworzeniu konceptualnego modelu danych mających znaleźć się w bazie. Model ten jest często konsultowany z przyszłymi użytkownikami, aby spełnić wszystkie ich wymagania, co do funkcjonalności systemu. Jest to etap całkowicie niezależny od wszelkich aspektów fizycznych bazy danych, takich jak oprogramowanie czy docelowy system zarządzania bazą danych (DBMS). Stanowi on niezbędne źródło informacji dla następnego – logicznego – etapu projektowania.

Po zakończeniu etapu pojęciowego otrzymany model konceptualny jest precyzowany i przekształcany w logiczny model danych z uwzględnieniem jakiego typu baza będzie tworzona. Na tym etapie projektowania niezbędnym staje się uwzględnienie możliwości docelowego DBMS, ale wciąż jest ono niezależne od szczegółów fizycznych, takich jak struktury danych czy indeksy. Na tym etapie sprawdza się model pod kątem realizacji wszystkich przypadków użycia wskazanych przez użytkowników, jak też czy relacje wyprowadzone z logicznego modelu danych nie będą zawierać redundancji, czyli wielokrotnego przechowywania w bazie tych samych informacji. Do ostatecznego sprawdzenia poprawności projektu używa się techniki zwanej normalizacją. Efektem tej części projektu są środki ułatwiające podjęcie właściwych decyzji, co do implementacji bazy danych, które będą miały duży wpływ na jej efektywność i późniejszą bieżącą konserwację systemu.

Ostatni z etapów projektowania to etap fizyczny, w którym rozstrzyga się sposób implementacji logicznego modelu bazy danych. Na samym początku trzeba wybrać konkretny DBMS. Mając np. do czynienia z relacyjną bazą danych, na tym etapie tworzone będą konkretne tabele relacji i projektowane ich związki, określane właściwe struktury służące do zapamiętywania danych oraz metody dostępu gwarantujące optymalną wydajność systemu i bezpieczeństwo danych.

Tworzenie bazy danych jest procesem iteracyjnym, który prowadzi do coraz poprawniejszych i ściślejszych rozwiązań.

4.2.3 Projektowanie bazy danych

Do typowej bazy relacyjnej, obejmującej współcześnie wybrane cechy modelu obiektowego, aplikuje się takie elementy jak:

- obiekty złożone
- typy danych definiowane przez użytkownika
- posługiwanie się tzw. tożsamością obiektów
- implementacja powiązań pomiędzy obiektami
- hermetyzacja (enkapsulacja) służąca zawężaniu dostępu do danych z poziomu zewnętrznego
- typy i/lub klasy oraz hierarchia dziedziczenia

Od połowy lat 90. XX w. następował rozwój modeli baz danych, który pozwalał na coraz większą integrację narzędzi obsługujących element przestrzenny baz danych ze standardowym systemem zarządzania bazą danych (ang. DBMS). Aż wraz z pojawieniem się modelu implementującego elementy podejścia obiektowego do baz relacyjnych (tzw. bazy O-R), wniknęły one do wnętrza DBMS i stanowią jego element. Rozwój ten (Stoter, 2004) obejmował:

- architekturę dualną, gdzie niezależnie manipulowano danymi geometrycznymi i opisowymi (atributami obiektów),
- architekturę warstwową, w której przechowywano obiekty przestrzenne jako binarne (BLOB), a „wiedzę” o nich – w tzw. GEO-pośredniku, czyli w zewnętrznym w stosunku do DBMS zestawie narzędzi umożliwiających ich przetwarzanie,
- architekturę zintegrowaną, w której system zarządzania bazą danych obsługuje również obiekty przestrzenne – jako abstrakcyjne typy danych (ang. ADT).

Od strony praktycznej projektowanie pojęciowe bazy danych składa się z następujących etapów:

- Tworzenie konceptualnego modelu danych
- Weryfikacja utworzonego modelu pod kątem występowania redundancji i możliwości realizacji transakcji
- Omówienie konceptualnego modelu danych z użytkownikami

Tworzenie konceptualnego modelu danych

Wstępem do skonstruowania bazy danych jest określenie obiektów, jakich baza będzie dotyczyć, czyli zdefiniowanie zbiorów encji (obiektów bazy danych), które powinno zawierać słownik danych i wykorzystywać jednoznaczne nazwy. Następnie ustala się typy związków występujących pomiędzy zdefiniowanymi encjami, przedstawiane zwykle za pomocą diagramów.

Kolejnym punktem projektowania jest określenie atrybutów poszczególnych zbiorów encji i ich związków. Jest to zdefiniowanie cech obiektów umieszczonych w bazie danych. Każdy atrybut powinien mieć wyraźnie określoną nazwę, opis, typ danych oraz długość (rozmiar). Dla poszczególnych atrybutów można dopisać wartości, jakie będą mogły one przyjmować, co jest

określane jako definiowanie ich domen. Na większość atrybutów narzuca się określone warunki, sprawdzane przy wprowadzaniu danych, a czasem projektuje się też domyślne wartości atrybutów.

Dla każdego obiektu należy spośród jego atrybutów wybrać taki, który będzie go jednoznacznie identyfikował i ustanowić go tzw. kluczem głównym. Jeśli nie ma takiego atrybutu można wybrać kilka atrybutów (klucz złożony). Dobrze jest wybierać klucze w sposób intuicyjny, gdyż będą łatwiejsze do stosowania. Klucze główne można zamieścić na diagramie związków encji.

Weryfikacja utworzonego modelu pod kątem występowania redundancji i możliwości realizacji transakcji

W tym etapie należy przyjrzeć się szczegółowo wszystkim związkom i sprawdzić czy nie zostały utworzone dwa różne zbiory reprezentujące to same obiekty ze rzeczywistości. Inny przypadek redundancji, czyli przechowywania tych samych danych w różnych miejscach bazy, jest sytuacja, gdy jedną informację da się uzyskać na podstawie innych. W takim przypadku trzeba zdecydować się na usunięcie pewnych informacji z bazy.

Gotowy model konceptualny należy sprawdzić pod kątem realizacji wszystkich transakcji użytkownika. Można to zrobić poprzez sporządzenie opisu transakcji lub poprzez graficzne rozrysowanie ścieżek, przez które one przechodzą na diagramie związków encji. Dzięki tej drugiej metodzie widać będzie które elementy modelu będą wykorzystywane bardzo często, a które prawie wcale.

Omówienie konceptualnego modelu danych z użytkownikami

Zakończeniu prac nad częścią projektową powinno towarzyszyć spotkanie z użytkownikiem w celu przedyskutowania poprawności i kompletności modelu. Po konsultacji za pewne będzie konieczność powrotu do kilku wcześniejszych punktów i naniesienie poprawek.

Tak zaprojektowany model konceptualny pozwala na przejście do etapu projektowania logicznego, a później do projektowania fizycznego i implementacji.

W projektowaniu logicznym istotnym zagadnieniem jest tzw. normalizacja relacji. Jednak może się zdarzyć, że końcowa wydajność systemu nie jest zadowalająca i należy wziąć pod uwagę wprowadzenie kontrolowanej redundancji, zwanej denormalizacją lub uściśleniem użytkowym. Normalizacja przeprowadzona podczas logicznego projektowania bazy danych daje strukturalnie spójny i zapewniający minimalną redundancję system, ale czasem tak znormalizowana baza nie daje maksimum wydajności. W celu podniesienia wydajności można zastosować denormalizację, ale tylko do relacji, które są bardzo często przeszukiwane i bardzo rzadko modyfikowane.

Baza danych podlega ciągłym zmianom, można powiedzieć że żyje. Stąd, obok zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania, ważne jest także monitorowanie działania systemu i regularne wnoszenie poprawek, chociażby związanych ze zmieniającymi się wymaganiami użytkowników, a także konserwacja bazy, m.in. związana z aktualizacją jej treści.

4.2.4 Podstawowe funkcje aplikacji GIS

Podstawowy zakres funkcjonalności oprogramowania typu GIS obejmuje następujące grupy zadań:

- modelowanie struktury bazy danych przestrzennych i zarządzanie bazą;
- wprowadzanie danych, dostęp do zewnętrznych zbiorów danych, import danych;
- wyszukiwanie i przekształcanie danych, obliczenia statystyczne, pomiary na mapie;
- analizy przestrzenne, analizy sieciowe, generalizacja, regionalizacja, geokodowanie;
- redagowanie prezentacji kartograficznych i tworzenie raportów;
- publikacja w formie dokumentów, stron internetowych oraz drukowanie.

W każdym z systemów można przeprowadzić implementację projektu bazy danych lub wykorzystać istniejące zasoby bazodanowe. Dostęp do danych zewnętrznych odbywa się w drodze importowania danych lub poprzez połączenie z zewnętrzną bazą danych np. poprzez interfejs ODBC lub usługi internetowe. W celu wykorzystania narzędzi edycyjnych wprowadzane do systemu dane muszą być gromadzone w formacie natywnym każdego z programów. Ważnym momentem na etapie budowania bazy danych geograficznych jest wybór układu odniesień przestrzennych (układu współrzędnych geodezyjnych i kartezyjańskich) oraz określenie jednostek pomiaru długości i kątów. Zazwyczaj wystarczy wskazać predefiniowany układ współrzędnych geodezyjnych i odwzorowanie kartograficzne (pliki csf, prj). Użytkownik może także definiować własne systemy podając dowolne parametry powierzchni odniesienia i odwzorowania.

W zakresie zarządzania bazą danych i mapą aplikacja GIS umożliwia:

- wyszukiwanie i przekształcanie danych np. za pomocą języka SQL, zarządzanie tabelami;
- zarządzanie warstwami mapy numerycznej: włączanie/wyłączanie widoczności, dostępności i edytowalności, sortowanie warstw;
- zapytania aktualizujące, obliczenia statystyczne, pomiary: położenia, długości i powierzchni;
- edycję obiektów poprzez interaktywną edycję graficzną;
- analizy przestrzenne, w tym: określanie relacji między obiektami, przecinanie warstw itp.;
- operacje syntezujące: generalizację, regionalizację itp.;
- geokodowanie – wykorzystanie informacji adresowej do lokalizacji obiektów.

Inne zaawansowane przetwarzanie danych, takie jak analizy sieciowe, analizy rastrowe, czy też analizy numerycznych modeli powierzchni, analizy czasowe i prezentacje dynamiczne obsługują osobne moduły w systemach GIS. Ewolucja oprogramowania systemów informacji geograficznej zmierza w stronę większej użyteczności i uniwersalności środowiska narzędziowego zapewniającego kompleksową obsługę geoprzetwarzania, symbolizacji i publikacji. Każdy z producentów stosuje jednak własne rozwiązania w zakresie ergonomii aplikacji a także dodaje oryginalne opcje wzbogacające podstawową funkcjonalność GIS. Wybór konkretnego produktu powinien więc uwzględniać przede wszystkim doświadczenie użytkownika oraz specyfikę realizowanych projektów.

Dobrym przykładem przybliżającym zakres możliwości typowej aplikacji GIS jest program ArcGIS firmy ESRI. Jego funkcjonalność można ukazać w podstawowych zakresach funkcjonalnych, jakie obsługują narzędzia tej aplikacji, są to: wizualizacja danych, w tym tworzenie map tematycznych, przygotowywanie obrazów do publikacji, szeroko rozumiane przetwarzanie danych przestrzennych, w tym zaawansowane analizy przestrzenne (ok. 200 narzędzi), wymiana formatów danych, edycja danych (zarówno geometrii, jak i części opisowej), digitalizacja i edycja obrazów rastrowych. Aplikacja jest skalowalna (3 poziomy zaawansowania funkcjonalnego) oraz posiada możliwość rozbudowy.

Funkcjonalność tę uzupełniają dodatkowe moduły zwane rozszerzeniami (extensions), które dedykowane są specyficznym zadaniom. Poniżej wymieniono najważniejsze z programów rozszerzających funkcjonalność aplikacji ArcGIS.

- ArcGIS 3D Analyst – obejmuje swoją funkcjonalnością aplikację ArcGlobe i służy do trójwymiarowej i dynamicznej prezentacji zbiorów danych, w tym trójwymiarowych modeli powierzchni statystycznej i topograficznej, zapewnia integrację obrazów (draping); daje też możliwości analiz modeli trójwymiarowych oraz tworzenia i prezentowania animacji kartograficznych.
- ArcGIS Business Analyst – to aplikacja dająca możliwości analiz biznesowych, demograficznych, służąca do poszukiwań nowych centrów i obszarów rynków, a także do

modelowania zjawisk kryzysowych i katastrofalnych wraz z generowaniem raportów. Znalazły tu zastosowanie narzędzia geomarketingu i statystyki demograficznej.

- ArcGIS Data Interoperability – stanowi narzędzie do wymiany danych pomiędzy kilkudziesięcioma najbardziej popularnymi formatami wektorowych danych przestrzennych. Można skorzystać z danych zapisanych w 60 różnych formatach (aplikacja czyta 65 formatów danych), a także zapisać zbiory danych (eksport) w ponad 50 formatach danych. Niektóre z formatów danych mogą być bezpośrednio przetwarzane za pomocą aplikacji z grupy ArcGIS.
- ArcGIS Geostatistical Analyst – służy do analiz i wizualizacji danych ciągłych dotyczących powierzchni statystycznych i zawiera narzędzia najpopularniejszych analiz statystycznych, takich jak dystrybucja, trend, korelacja.
- ArcGIS Network Analyst – służy do przeprowadzania analiz sieciowych, w strukturze sieci liniowych, polegających na rozwiązywaniu typowych problemów sieciowych, takich jak: poszukiwanie najkrótszej / najdogodniejszej trasy pomiędzy dwoma punktami, optymalizacja trasy, poszukiwanie obszarów obsługi, poszukiwanie najbliższego centrum.
- ArcGIS Publisher – to aplikacja wspierająca publikację map opracowanych w ArcGIS jako plików w formacie PMF, który jest używany w darmowej przeglądarce danych ArcReader. Źródłem wizualizacji kartograficznych może być zarówno projekt MXD (aplikacji ArcMap), jak i wizualizacja 3D np. opracowana w ArcGlobe.
- ArcGIS Schematics – to rozszerzenie aplikacyjne służące do konstruowania grafów i schematów struktur sieciowych, jakie mogą tworzyć dane przestrzenne. Grafy powstają bezpośrednio na podstawie bazy danych i mogą stanowić treść wizualizacji lub innych dokumentów ArcGIS.
- ArcGIS Spatial Analyst – stanowi ciekawe narzędzie rozszerzające możliwości analityczne programu. Zasadniczo umożliwia modelowanie, wizualizację oraz analizy prowadzone w rastrowym modelu danych, ale możliwe jest też prowadzenie analiz zintegrowanych (wektor-raster). Przykładami analiz udostępnionych poprzez to narzędzie mogą być: odnajdywanie optymalnej lokalizacji obiektu, czy obliczanie sumarycznego kosztu przebycia trasy z punktu do punktu.
- ArcGIS Survey Analyst – umożliwia integrację zbiorów danych zawierających przetworzone wyniki obserwacji geodezyjnych z innymi bazami danych przestrzennych. Można tu uzupełniać bazy danych, aktualizować je, a także określać ich precyzję przestrzenną na podstawie pomiarów (bezpośrednich i satelitarnych).
- ArcGIS Tracking Analyst – to aplikacja do tworzenia wizualizacji dynamicznych i analizowania danych geograficznych odniesionych czasowo. Można z jej pomocą prezentować zmiany czasowe obiektów baz danych (np. ruch obiektu wzdłuż trajektorii) i tworzyć dynamiczne prezentacje (użycie zmiennych graficznych do przedstawienia cech obiektu uzależnionych od czasu), a także nagrywać animacje kartograficzne (np. w postaci plików AVI).
- ArcScan for ArcGIS – rozszerza funkcjonalność aplikacji ArcGIS o możliwości automatycznej wektoryzacji rastra binarnego. Rozszerzenie to umożliwia też czyszczenie obrazu rastrowego, precyzyjne dołączanie (snapping) elementów wektorowych do rastra oraz wektoryzację nadzorowaną (trasowanie).
- ArcWeb Services for ArcGIS – jak wskazuje nazwa, zapewnia dostęp do usług sieciowych korzystających z metadanych oraz różnych funkcji GIS. Funkcje te mogą pracować łącznie z usługami udostępniającymi zestawy danych geograficznych. Użytkownik może pozyskać określone wtyczki (plugins) i korzystać z sieciowych danych i narzędzi, posługując się własnymi aplikacjami. W celu ułatwienia wymiany informacji, rozwoju środowiska aplikacji ArcGIS oraz udostępnienia wspólnej platformy dla użytkowników, utworzono Sieć Rozwoju ESRI – ESRI

Developer Network (EDN). Dostęp do EDN (<http://edn.esri.com/>) jest zapewniony po wykupieniu abonamentu lub bloku jednostek dostępowych.

- Maplex for ArcGIS – to narzędzie wspomagające ArcMap, pomocne w zaawansowanym etykietowaniu zbiorów danych, pozwalające na wykrywanie konfliktów napisów i wstępną automatyczną redakcję opisów. Wprowadzone etykiety mogą stać się elementem mapy (projektu graficznego MXD) lub częścią bazy danych (np. klasą obiektów typu opisy w geobazie) i mogą podlegać dalszej edycji i redakcji (np. korekcie położenia).

Najciekawsze zastosowania aplikacji GIS - analizy przestrzenne - zostały zgrupowane w odrębnym module ArcToolbox, obejmującym ponad 400 narzędzi do przetwarzania danych przestrzennych. Ten "elementarz" analizowania danych uzupełniony jest o następne 16 grup zawierających zestawy narzędzi do szeroko rozumianego przetwarzania, z których najliczniejszą stanowi grupa narzędzi Data Management, zawierająca 210 narzędzi (w 23 zestawach) do wielu różnych przetworzeń danych przestrzennych.

4.2.5 Oprogramowanie kartograficzne i pomocnicze

Oprogramowanie GIS

Specjalistyczne aplikacje do budowy GIS stanowią najczęściej wielomodułowe systemy zapewniające możliwość wydajnego wprowadzania danych do systemu, integrowania danych zapisanych w różnych modelach danych, przetwarzania danych zapisanych w różnych formatach danych oraz możliwość udostępniania danych w różnych postaciach. Programy te mogą działać jako jednostanowiskowe aplikacje (desktop GIS) lub też w architekturze bardziej zaawansowanej, gdzie dane i aplikacje zlokalizowane są na serwerach, a użytkownicy mają do nich zdalny dostęp (nie wchodząc w szczegóły różnych możliwych konfiguracji tej architektury sprzętowej systemów). Ogólnie biorąc funkcjonalność takiego wielomodułowego oprogramowania sprowadza się do zapewnienia możliwości:

- wprowadzania danych przestrzennych oraz integrowania danych opisowych
- weryfikacji poprawności geometrycznej, topologicznej i semantycznej danych
- edycji danych
- definiowania i zmiany systemów współrzędnych geodezyjnych oraz odwzorowań kartograficznych
- wykorzystywania innych niż geodezyjne systemy referencji (w tym tzw. geokodowanie)
- wymiany danych z innymi systemami zarządzania bazami danych (DBMS) i korzystania z zewnętrznych (np. internetowych) źródeł danych
- wymiany danych z innymi typami oprogramowania GIS i innych kategorii
- konwersji formatów (zapisu) danych
- dokonywania zaawansowanych analiz przestrzennych, również związanych z unikalnymi strukturami danych
- zamiany kategorii modeli (rastrowy/wektorowy)
- udostępniania danych w formie elektronicznej i analogowej, w tym przygotowywania map poprzez wykorzystanie elementów generalizacji i redakcji kartograficznej
- konwersji danych do systemów produkcji map analogowych

Powyższe funkcje będą zróżnicowane w zależności od przeznaczenia aplikacji, a można wyróżnić 4 kategorie aplikacji GIS, różniące się także sposobem ich użytkowania:

- lokalny GIS (desktop GIS) – do budowy i użytkowania „małych” systemów funkcjonujących na „jednym” komputerze,
- sieciowy GIS (web GIS) – do budowy systemów działających w Internecie, zwykle poprzez przeglądarkę,
- mobilny GIS (mobile GIS) – do budowy i użytkowania systemów mobilnych (przeznaczonych na sprzęt ruchomy lub kieszonkowy),
- korporacyjny GIS (server GIS) - do budowy poważnych systemów intranetowych, często obejmujący swą funkcjonalnością cechy większości powyższych grup użytkowych.

Każda z poważnych platform aplikacyjnych zapewnia także możliwość rozwoju dostępnych aplikacji, pod kątem ich optymalizacji użytkowej. Stosuje się w tym celu dedykowane języki programowania, które są najczęściej nieco zmodyfikowanymi popularnymi językami, jak VB, C++, Java, COM, .NET czy XML. Narzędzia te pozwalają na budowę własnych aplikacji, a także udostępnianie wybranego zakresu funkcjonalności aplikacji GIS metodą osadzenia w innych, „nie-GIS’owych” narzędziach (np. edytorach tekstu, arkuszach kalkulacyjnych itp.). Te programistyczne „narzędzia rozwoju” pozwalają na integrację funkcji GIS z innymi aplikacjami, przez co powstają często nowe narzędzia, dedykowane konkretnym zastosowaniom.

Zasadniczym elementem aplikacji umożliwiających budowę i prowadzenie baz danych jest system zarządzania bazą danych – *DataBase Management System (DBMS)*. Jest to oprogramowanie, z pomocą którego użytkownicy mogą wykonywać na operacje w bazie danych, obejmujące tradycyjne funkcje wyszukiwania informacji na podstawie różnych kluczy, porządkowania, dodawania nowych danych, edycji zapisów istniejących, analizowania informacji oraz ich wymiany. DBMS zapewnia indywidualny widok udostępnionej części bazy danych każdemu użytkownikowi, gwarantuje też organizację całości zagadnienia dostępności informacji, m.in. przez optymalizację czasu dostępu czy też egzekwowanie uprawnień użytkowników. Ważnym elementem pozostaje język zapytań, który – jako czytelny dla użytkownika – staje się wygodnym tłumaczem jego żądań na formę zapisu wymaganą przez DBMS i daje w ten sposób możliwość korzystania z wszelkich dobrodziejstw zaprojektowanej organizacji danych.

Współczesne bazy danych przestrzennych mają postać relacyjną z elementami obiektowości (tzw. bazy obiektowo-relacyjne, z ang.: object relational – OR_DBMS). Pozwalają one na zniwelowanie pewnych niedostatków technologii relacyjnej, szczególnie w zakresie danych multimedialnych, dołączania metod lub reguł zachowania się danych, czy modelowania pojęciowego. Do relacyjnego modelu baz danych wprowadzono wiele cech obiektowości, takich jak: klasy, metody, dziedziczenie, abstrakcyjne typy danych (z ang.: ADT), uzyskując modele baz danych o większych możliwościach modelowania danych złożonych i wzajemnie powiązanych, większej niezależności danych od aplikacji, a także współpracujące (w ograniczonym zakresie) z obiektowymi językami programowania.

Oprogramowanie geostatystyczne

Główną rolą oprogramowania grupy analitycznej (realizującego np. zadania geostatystyczne) jest wspomaganie przetwarzania, często zaawansowanego analitycznie, danych opisowych (atrybutowych). Ta grupa programów pozwala na prowadzenie szeroko rozumianych analiz geostatystycznych, służących w przetwarzaniu i wizualizacji danych. Narzędzia te najszerzej są wykorzystywane w analizach danych ciągłych, modelowanych jako powierzchnie statystyczne, ale też wspomagają interpolację, generalizację danych, samą budowę modeli (np. NMT). Stosuje się tu m.in. takie algorytmy jak dystrybucja, trend, korelacja, wykorzystuje się sieci neuronowe i cały aparat logiki rozmytej, który odpowiada kontekstowemu charakterowi niektórych zadań z zakresu przetwarzania danych geograficznych, np. generalizacji. Narzędzia te wychodzą na przeciw zastosowaniom analitycznym GIS, rozwijając często funkcje wbudowane w możliwości pakietów służących budowie systemów informacji geograficznej, korzystając przy tym z podstaw

teoretycznych, metodyk i algorytmów wywodzących się z tzw. kartograficznych metod badań i geostatystyki.

Oprogramowanie wspomagające projektowanie

Z punktu widzenia twórców baz danych przestrzennych, zasadniczą zaletą programów wspomagających projektowanie - CAD (Computer Aided Design) jest zbiór wyrafinowanych narzędzi do edycji obiektów geometrycznych oraz rozbudowane możliwości ich graficznej prezentacji, przy jednoczesnym zapewnieniu najwyższej precyzji geometrycznej. Jednak funkcjonalność narzędzi z grupy CAD w coraz większym stopniu jest obecna w oprogramowaniach do projektowania GIS, chociaż funkcje edycji wektorów, dostępne w narzędziach GIS, prawdopodobnie nigdy nie osiągną sprawności czołowych produktów CAD, nie jest to zasadniczym zadaniem oprogramowania GIS. Właśnie w systemach informacji geograficznej posługujących się wektorowym modelem danych tak zaawansowana edycja obiektów projektu do niedawna była istotnym argumentem przemawiającym za wykorzystaniem funkcjonalności CAD. Współcześnie stosowane w GIS rozwiązania trójwymiarowe, takie jak np. technika multipatch są wzorowane na rozwiązaniach obecnych w grupie programów wspomagających projektowanie.

Aplikacje graficzne i DTP (DeskTop Publishing)

Aplikacje graficzne i DTP stanowią ważną grupę oprogramowania wykorzystywaną przy tworzeniu i funkcjonowaniu GIS do prezentacji i edycji danych przestrzennych. Jest to szeroka gama oprogramowania służąca w projektowaniu graficznym, przygotowywaniu grafiki do publikacji, składzie tekstów, przetwarzaniu obrazów, zmianach formatów danych graficznych i innych zadaniach. Najważniejszymi zaletami tej grupy oprogramowania są:

- wysoka precyzja geometryczna tworzenia projektów;
- profesjonalne i rozbudowane narzędzia edycji graficznej i transformacji obiektów;
- zaawansowane efekty wizualne w postaci cieniowania, głębi, fazowania, tworzenia brył i innych;
- możliwości definiowania barwy w wielu modelach barw, stosowania wypełnień tonalnych, postscriptowych, deseni powierzchniowych itp.;
- opcje przygotowania obrazu do reprodukcji, tworzenie wyciągów barwnych i optymalizacja pod kątem publikacji elektronicznych (np. internetowych);
- możliwość pracy zarówno na wektorowych jak i rastrowych zbiorach danych oraz konwersji pomiędzy tymi modelami;
- zapewnienie wymiany pomiędzy wieloma formatami danych graficznych.

Przeglądarki danych przestrzennych i przeglądarki internetowe

Większość z indywidualnych użytkowników GIS wymaga aby pracować z systemem informacji przestrzennej bez żadnych profesjonalnych narzędzi – w przeglądarce internetowej lub za pomocą przeglądarki dedykowanej GIS. Jest to grupa narzędzi najchętniej używanych, i to nie tylko z uwagi na dostępność, ale przede wszystkim ze względu na prostą i intuicyjną obsługę. W związku z naturalną ewolucją GIS w kierunku szerokiego dostępu indywidualnego, przed tymi narzędziami stoi teraz największe zadanie poprawy funkcjonalności w zgodzie z podstawowymi zasadami obrazowego przekazu geoinformacji. Można wyróżnić dwie ścieżki takiego szerokiego udostępniania GIS: lokalną, opartą o dedykowane przeglądarki GIS i sieciową (*webGIS*). Ścieżka sieciowa współpracuje zawsze z pewnym środowiskiem funkcjonowania GIS, indywidualnym interfejsem użytkownika, np. portalem. Jest też oparta na architekturze, wynikającej z przyjętego rozwiązania technologicznego, można np. przysyłać do klienta „gotowe obrazki” powstające na serwerze danych, będące wynikiem jego operacji (np. zapytań), ale też można przesłać całe zbiory

danych, z których tworzona jest wizualizacja na komputerze użytkownika (za pomocą apletu / „wtyczki”).

Tendencje rozwojowe współczesnej geomatyki i kartografii prowadzą do przekazania użytkownikowi (posługującemu się przeglądarką internetową) zestandaryzowanego dostępu do GIS (GeoWeb). Użytkownik, często nawet nieświadomie, posługuje się metadanymi w celu dotarcia do wachlarza usług geoprzestrzennych typu WMS (Web Mapping Service), czy WFS (Web Feature Service), zapewniających dostęp do danych (wizualizacja, pozyskanie).

Użytkownikowi najczęściej zależy na odpowiedzi w formie graficznej na postawione pytania, więc w WebGIS (jak i w lokalnym GIS) nie chodzi wyłącznie o odnalezienie odpowiedzi na stawiane pytania w formie szeregu cyfr lub tekstu, ale o przetworzenie danych na jeden z modeli graficznych (najczęściej znakowy – mapę). Właśnie dlatego obecnie szybki rozwój przeżywa dział kartografii zwany z ang. WebCartography, który zajmuje się sieciowym udostępnianiem map, a także funkcjonalnością i technikami tworzenia portali geoinformacyjnych. Obecnie widać daleko idącą integrację tych dwóch sposobów udostępniania danych przestrzennych, więc można zapewne utożsamić WebCartography i WebGIS.

4.2.6 Ewolucja GIS, usługi geoinformacyjne, aplikacje GIS w chmurze

Kierunki współczesnego rozwoju systemów informacji geograficznej (GIS) prowadzą na zewnątrz w stosunku do samych analiz, niejako na przekór zasadniczej ich roli. Chociaż np. na polu analiz geostatystycznych również dokonuje się jakiś postęp. Rozwijane są metody pozyskiwania danych, poprzez wdrażanie procedur edycji typu CAD, często zaawansowanych geometrycznie, czy też aplikowanie algorytmów pobierania danych ze skaningu laserowego (często o dużych rozmiarach plików). Udoskonalane są algorytmy generalizacji i wizualizacji danych, zwłaszcza poprzez wprowadzanie reguł generalizacyjnych i wizualizacyjnych, czy operowanie reprezentacjami graficznymi jako dodatkowymi (nakładkowymi w stosunku do danych oryginalnych) obiektami baz danych. Wdrażane są procedury usprawniające korzystanie z usług sieciowych oraz możliwości budowy i wykorzystania baz danych o charakterze wieloreprezentacyjnym i wielorozdzielczym (MRDB).

Zasadnicze zadania systemów informacji geograficznej, jak wspomniano sprowadzają się do gromadzenia (w tym pozyskiwania na podstawie materiałów źródłowych), przetwarzania (w tym zaawansowanego analizowania) oraz udostępniania (w tym wizualizacji kartograficznej) danych przestrzennych.

Funkcję pozyskiwania, gromadzenia danych przestrzennych trzeba rozpatrzeć w 3 aspektach, związanych z trzema etapami: projektowaniem struktur, przetworzeniem źródeł danych oraz wprowadzaniem danych. Najistotniejszy jest etap pierwszy, przygotowanie modelowe czyli zaprojektowanie struktur bazy danych - zasadniczy element projektowania GIS, jeden z głównych komponentów koncepcji całego systemu informacji geograficznej. W modelowaniu tym, na etapie pojęciowym, a więc definicyjnym, kiedy to wyróżniamy pojęcia zapisywane jako obiekty bazy danych, typy ich geometrii, atrybuty i wzajemne relacje, waży się losy całej bazy danych. Model pojęciowy (konceptualny) bazy danych, materializowany w postaci schematu pojęciowego bazy danych, przesądza o zasadniczych cechach projektowanej bazy danych. W zakres tego projektowania wchodzi, obok zdefiniowania pojęć ujętych w klasy obiektów konkretnego modelu bazy danych, także przyjęcie odpowiednich typów danych dla projektowanych atrybutów, zdefiniowanie relacji nieprzestrzennych (dotyczących powiązań atrybutowych) i przestrzennych (odnoszących się do własności topologicznych). Sposób modelowania tych własności i relacji ma zasadniczy wpływ na kształt bazy danych i w konsekwencji determinuje sposób jej wykorzystania, w tym wizualizacji kartograficznej.

Następne etapy tego projektowania (logiczny i fizyczny) są tylko przekształcaniem i uzupełnianiem projektu bazy danych. Stąd tak istotne, aby na tym pierwszym etapie modelowania bazy danych

kierować się przede wszystkim zakresem jej zastosowań, biorąc pod uwagę możliwe przypadki użycia bazy danych w konkretnym środowisku jej funkcjonowania. Etap wprowadzania danych powinien być poprzedzony studium materiałów źródłowych, które obecnie obejmują wiele kategorii opracowań, oto najważniejsze z nich:

- dane z pomiarów geodezyjnych, w tym dane pomiarowe GNSS
- dane z pomiarów radarowych i skaningu laserowego (lotniczego i naziemnego)
- zdjęcia lotnicze, sceny satelitarne i ich przetworzenia, w tym: ortofotomapy, true-ortho
- zbiory danych przestrzennych, dane systemów informacyjnych
- rejestry i zbiory danych statystycznych
- mapy i inne opracowania geodezyjne i kartograficzne

Warunkami, jakie powinny być brane pod uwagę w doborze materiałów źródłowych, obok ekonomicznych, dotyczą głównie ich wiarygodności (wynikającą z określenia organu odpowiedzialnego) szczegółowości (np. w przypadku danych fotogrametrycznych i teledetekcyjnych istotnym kryterium będzie rozdzielczość przestrzenna, w zastosowaniach specjalistycznych - również spektralna), aktualności (dane w postaci gotowych rejestrów, baz danych, a zwłaszcza i map i opracowań specjalistycznych są zwykle najstarsze ze wszystkich wymienionych kategorii). Najbardziej aktualnymi i jednocześnie spełniającymi wszelkie wymogi precyzji są dane z pomiarów geodezyjnych oraz skaningu radarowego i laserowego, są to źródła najdroższe, ale stosowane często do uzyskania precyzyjnych ($LoD = 2-3$ cm) informacji obejmujących stosunkowo niewielkie obszary. Na większych terenach (np. w jednostkach podziału administracyjnego) z powodzeniem stosuje się również aktualne, o precyzji schodzącej o 1 rząd niżej ($LoD = 0,5-1$ m), zdjęcia lotnicze i satelitarne, często przetworzone do wygodnej postaci ortofotomapy (w postaci tradycyjnej bądź tzw. true-ortho). Obrazy fotogrametryczne i teledetekcyjne ze względu na niskie koszty i wysoki stopień automatyzacji przetwarzania są najlepszym materiałem źródłowym do opracowań o charakterze referencyjnym. Zbiory danych przestrzennych istniejących systemów, rejestry publiczne i opracowania specjalistyczne, a także mapy, zwykle dotyczą danych na niższych poziomach dokładności i mogą być rozpatrywane dwojako. Wysoką aktualnością ale też różną wiarygodnością i zróżnicowanym stopniem precyzji cechują się dane z tych źródeł, udostępnione za pomocą usług sieciowych oraz dostępne bezpośrednio w geoportalach. Zwykle geoportale niosą ze sobą informacje aktualne, chociaż często są to dane wysoce przetworzone, gdyż pochodzą z funkcjonujących systemów i rejestrów. Inaczej jest z danymi pochodzącymi z tych samych źródeł, ale zamawianymi u dystrybutora bądź organu zarządzającego lub pozyskiwanymi drogą kupna. Takie rejestry, dane pochodzące z systemów informacyjnych czy opracowań geodezyjnych i kartograficznych, w tym mapy nie mogą być aktualne, nie tylko ze względu na wspomniany stopień przetworzenia, ale też na długi proces opracowania samego produktu (finalnej postaci danych). Baza danych, inny rejestr czy mapa podlegają pewnym sekwencjom technologicznym opracowania, które zwykle łączą w sobie procesy zabierające dość długi czas (jak na wymogi współczesnego pozyskiwania danych) - od kilku tygodni do kilku miesięcy czy nawet lat.

Od początku XXI wieku istnieje w Polsce i w krajach wysokorozwiniętych zdecydowany nadmiar nieprzetworzonych danych przestrzennych, brak natomiast opracowań wysoko przetworzonych i pochodnych od samych baz danych geograficznych. Nadmiar ten powoduje konieczność podejmowania zadań porządkowania rejestrów publicznych i tworzenia opracowań o charakterze skończonych baz danych przestrzennych. Z punktu widzenia odbiorcy najistotniejszą grupę takich rejestrów stanowią bazy danych referencyjnych, budowane na podstawie najbardziej wiarygodnych, aktualnych i wysoce precyzyjnych źródeł danych przestrzennych. Do tych rejestrów i baz z pewnością należą: mapa zasadnicza, kataster nieruchomości oraz bazy danych topograficznych czy też rejestr nazw geograficznych. Bazy danych referencyjnych są ponadto podstawą (osnową

przestrzenną) do budowy rejestrów i baz tematycznych o zastosowaniach specjalistycznych, dotyczących poszczególnych dziedzin nauki i branż życia społecznego czy gospodarczego.

Przetwarzanie danych przestrzennych jest zasadniczym przejawem przydatności systemów informacji geograficznej (GIS). Przetwarzanie to (obok typowych analiz) obejmuje: wymianę danych, czyli pozyskiwanie i udostępnianie danych przestrzennych w wielu formatach, zmiany modelu danych (wektoryzację i rasteryzację), modyfikacje struktury bazy danych oraz operacje na elementach tej struktury (np. indeksowanie, budowanie relacji, zarządzanie klasami obiektów, ich atrybutami, domenami), generalizację danych przestrzennych - w odniesieniu do notacji typu topograficznego (bazy danych), zarządzanie systemami współrzędnych zbiorów danych, operowanie własnościami topologicznymi obiektów, w tym budowę specyficznych struktur danych (jak sieci liniowe, TIN). W prowadzeniu analiz przestrzennych wykorzystywany jest strukturalny język zapytań (Structure Query Language - SQL) rozszerzony o operatory przestrzenne (bazujące na relacjach topologicznych).

Udostępnianie danych przestrzennych odbywa się najczęściej na drodze wizualizacji kartograficznej i wymaga wykorzystania metod i technologii prowadzących do uzyskania obrazu kartograficznego, dostępnego poprzez wydruk mapy, jej lokalną wizualizację na ekranie bądź poprzez Internet czy urządzenia mobilne. Niezależnie od ścieżki udostępniania danych przestrzennych, podstawowymi problemami będzie ich poprawne przetworzenie, zgeneralizowanie (selekcja, reklasyfikacja, uogólnienie) oraz uformowanie graficzne w sposób przystępny dla odbiorcy. Dotychczasowa ścieżka edycji mapy - druk offsetowy została uzupełniona ścieżką kartografii tradycyjnej, jak to zostało wspomniane, udostępniającej lokalnie mapę w postaci elektronicznej - poprzez chwilowy obraz na ekranie, bądź trwały obraz na nośniku danych, a także najnowszą ścieżką udostępniania mobilnego i internetowego map. Z rozwojem tej ostatniej drogi edycji map wiążą się następujące zagadnienia, uzupełniające opisane wyżej zadania systemów informacji geograficznej:

- wspomaganie budowy portali informacyjnych o charakterze nawigacyjnym, lokalizacyjnym i geoportali;
- rozwój usług bazujących na lokalizacji (Location Based Services - LBS);
- rozwój usług sieciowych i oprogramowania wspomagającego budowę i korzystanie z metadanych;
- rozwój oprogramowania inżynierskiego wspierającego rozbudowę aplikacji GIS, w tym języków programowania;
- rozwój standardów, w tym XML i innych formatów wymiany danych;
- rozwój i integracja modeli danych przestrzennych.

Każde z tych zagadnień stanowi przedmiot zainteresowania nauk geoinformacyjnych, (ang. Geographic Information Science), których rozwój obecnie obserwujemy i które obejmowane są działaniami standaryzacyjnymi w ramach budowy infrastruktury informacji przestrzennej.

4.2.7 Infrastruktura informacji przestrzennej

Infrastruktura informacji przestrzennej (IIP) to zespół środków organizacyjnych, technicznych, prawnych i ekonomicznych, który zapewnia powszechny dostęp do danych i usług przestrzennych dotyczących określonego obszaru, przyczynia się do efektywnego stosowania informacji przestrzennej, m.in. na rzecz rozwoju tego obszaru oraz umożliwia racjonalne gospodarowanie zasobami geoinformacyjnymi i koordynację działań w zakresie ich rozwoju. (na podst. Gaździcki, 2010). Nadrzędnym celem budowy IIP jest udostępnienie instytucjom i społeczeństwu wiedzy dotyczącej systemów informacji przestrzennej, rejestrów publicznych, zbiorów i baz danych przestrzennych, usług geoinformacyjnych oraz dotyczących ich metadanych, a także wspieranie i

koordynacja ich rozwoju. W latach 90. XX w. dostrzeżono potrzebę budowy IIP i podjęto problem standaryzacji informacji przestrzennej. Pierwsze próby sformalizowania tych wysiłków miały miejsce w USA, gdzie w kwietniu 1994 przyjęto dekret (*Executive Order 12906, Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: The National Spatial Data Infrastructure - NSDI*) ustanawiający krajową infrastrukturę danych przestrzennych, a funkcję koordynatora działań wyznaczono Federalnemu Komitetowi Danych Przestrzennych (*Federal Geographic Data Committee - FGDC*). W tym samym roku powstała organizacja standaryzacyjna non-profit *Open Geospatial Consortium (OGC)*, która już w dwa lata później rozpoczęła publikację dokumentów standaryzacyjnych w dziedzinie geoinformacji. Obok norm ISO oraz CEN są to dokumenty powszechnie przyjęte i uznane za obowiązujące, nie tylko ze względu na zasięg (członkami OGC 2015 r. było ponad 470 organizacji), ale też sposób procedowania i wysoką jakość ostatecznego kształtu publikowanych dokumentów. Standardy opublikowane przez ISO, CEN oraz OGC są podstawą merytoryczną budowy infrastruktury informacji przestrzennej w wielu krajach, głównie USA oraz UE, ale też powstawały one jako rezultat wielu działań prawnych i organizacyjnych z tego zakresu, więc w pewnym sensie są także jednym z owoców rozwoju tej infrastruktury.

Krok milowy na drodze budowy IIP w Europie było uchwalenie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 2007/2/WE z dnia 14 marca 2007 ustanawiającej infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE), opublikowanej 25.04.2007 (Dz. U. UE L 108). Dyrektywa ta wskazuje szereg podstawowych zasad, zgodnych z intencjami jej twórców, zapewniających efektywne budowanie IIP:

- dane przestrzenne powinny być pozyskiwane jednokrotnie na poziomie najbardziej szczegółowym i poddawane ew. generalizacji, dostosowanej do kilku poziomów szczegółowości, adekwatnych do ich zastosowań,
- informacja geograficzna powinna być dostępna dla instytucji publicznych oraz wszystkich obywateli,
- tworzone są metadane informacji geograficznej, które są dostępne bezpłatnie i wskazują m.in. zasady i koszty pozyskania określonych danych przestrzennych oraz wykorzystania usług,
- na poziomie krajów członkowskich tworzone są struktury odpowiedzialne za wdrożenie dyrektywy oraz punkty dostępowe do geoinformacji w postaci geoinformacyjnych serwisów www (np. portali geoinformacyjnych),
- całość geoinformacji podzielono na 3 grupy tematyczne i w każdej z nich wymieniono szereg tematów (łącznie - 34), których dotyczą (mogą dotyczyć) dane przestrzenne (wyłącznie w formie cyfrowej), dla których powinny być przygotowane rejestry publiczne danych, metadane i za rozwój których odpowiada wskazany organ wiodący,

Wdrożenie dyrektywy na poziomie ogólnoeuropejskim, które ma charakter długofalowy, wymaga skonstruowania i wykorzystania szeregu dokumentów wykonawczych (przepisów implementacyjnych) w postaci rozporządzeń, decyzji i wytycznych, które dotyczą następujących obszarów:

- specyfikacji danych przestrzennych,
- specyfikacji usług geoinformacyjnych,
- współdzielenia danych i usług oraz interoperacyjności,
- metadanych,
- koordynacji działań, monitoringu i sprawozdawczości.

Wszystkie te dokumenty przyjmują albo wskazują standardy wypracowane w dziedzinie geoinformacji (ISO, CEN, OGC) i są lub będą w niedalekiej przyszłości (zakończenie procesu

wdrożenia dyrektywy zaplanowano na koniec 2019 r.) przedmiotem implementacji na grunt prawa krajowego wszystkich członków UE.

W dokumentach tych często pojawiają się określenia harmonizacja, spójność, współdzielenie i interoperacyjność, które wiążą się ze sobą, ale mogą być różnie rozumiane.

Harmonizacja danych i usług geoinformacyjnych oznacza proces prowadzący do ich interoperacyjności (zdolności do współdziałania), która może być rozpatrywana w trzech aspektach:

- semantycznym (znaczeniowym) - polega na posługiwaniu się jednoznacznie rozumianymi pojęciami,
- technicznym - współdziałanie systemów informatycznych (protokołów transmisji, urządzeń, systemów operacyjnych)
- organizacyjnym - związanym ze współpracą międzyinstytucjonalną.

Interoperacyjność jest też rozumiana jako zdolność możliwości przetwarzania danych i korzystania z usług w sposób zautomatyzowany, tak, aby uzyskane rezultaty były spójne. Spójność rezultatów można określić jako ich poprawność znaczeniową (semantyczną zgodność z przyjętym standardem) oraz topologiczną (wynikającą z modelowania relacji topologicznych).

Harmonizacji mogą podlegać więc następujące własności i aspekty zbiorów i usług danych przestrzennych: terminologia, model podstawowy obiektów, reguły dla schematów aplikacyjnych, aspekty przestrzenne i czasowe, wielojęzyczność i regionalizacja kulturowa, odniesienia przestrzenne (metryczne i niemetryczne), model obrazowania, zarządzanie identyfikatorami, metadane, jakość, wieloreprezentacja, a nawet zasady pozyskiwania danych, zgodność ze specyfikacjami i innymi standardami oraz zarządzanie danymi i usługami sieciowymi.

Współdzielenie (współużytkowanie) danych i usług geoprzestrzennych podlega regulacji prawnej, w ramach rozporządzenia Komisji UE (Nr 269/2010 z dn. 29.03.2010), w którym określono następujące zagadnienia i parametry: zasady korzystania z danych i usług, istotę zawierania porozumień międzyinstytucjonalnych, przejrzystość działań, ograniczenia w dostępie do danych i usług (w tym wysokość ew. opłat) oraz czas reakcji na żądania użytkownika.

Rozwój infrastruktury informacji przestrzennej nie byłby możliwy bez metadanych. Metadane to zbiór informacji opisujący dane z taką precyzją, jakiej wymaga zastosowanie tego opisu, a więc, jeśli znamy kontekst metadanych, można mówić o metainformacji czyli informacji na temat danych, usług, systemów itp. W przypadku metadanych przestrzennych odnoszą się one do trzech kategorii: zbiorów danych, ich kolekcji oraz usług danych przestrzennych. Zbiorem danych przestrzennych może być klasa obiektów bazy danych, albo jednostkowe opracowanie kartograficzne (np. arkusz mapy topograficznej), kolekcję zbiorów danych może stanowić baza danych przestrzennych albo seria map (np. edycja mapy wieloarkuszowej), natomiast usługą jest oprogramowanie zapewniające dostęp do danych, ich kolekcji i metadanych.

Aby można było efektywnie korzystać z metadanych muszą one spełniać kilka warunków: posiadać standardową strukturę i ustalony zakres, być dostępne dla użytkownika, spełniać kryteria jednoznaczności semantycznej (znaczeniowej). Metadane przestrzenne (odnoszące się do elementów geoinformacyjnych) są tworzone na podstawie standardów. Standaryzację w zakresie metadanych zainicjowała organizacja Dublin Core Metadata Initiative (DCMI), która wypracowała w połowie lat 90. XX w. zakres bazowego zestawu metadanych wraz z definicją jego elementów, które mogą odnosić się do wielu różnych typów zasobów i dokumentów. Inicjatywę standaryzacyjną w zakresie metadanych przestrzennych przejęła następnie organizacja Global Spatial Data Infrastructure (GSDI) wyróżniając trzy kategorie metadanych:

- metadane wyszukiwania (służące do odnalezienia poszukiwanych zbiorów, kolekcji danych i usług), zawierające następujące elementy: nazwę i opis obiektu, przeznaczenie i zakres stosowania, datę pozyskania i aktualizacji, określenie producenta i dystrybutora, zakres przestrzenny, nazwy jednostek geograficznych (administracyjnych), formaty zapisu obiektów i zasady dostępu;
- metadane rozpoznania, wskazujące możliwości zastosowania obiektów oraz dające możliwość nawiązania kontaktu z podmiotami, a także umożliwiające ocenę jakości danych.
- metadane stosowania, zawierające informacje niezbędne do pozyskania i wykorzystania danych, ich kolekcji i usług przez konkretne środowiska aplikacyjne.

Dyrektywa INSPIRE, obowiązująca od roku 2007 w Unii Europejskiej, w zakresie metadanych wskazuje na Rozporządzenie Komisji Nr 1205/2008, będące dokumentem implementacyjnym, w którym wyróżniono następujące sekcje metadanych:

- identyfikacja zasobu (tytuł, streszczenie, typ zasobu),
- klasyfikacja danych przestrzennych (kategoria tematyczna),
- słowa kluczowe (wartości słów i słowniki źródłowe - tezauryusy),
- położenie geograficzne (zakres przestrzenny w postaci prostokąta ograniczającego),
- odniesienie czasowe (zakres czasowy, data utworzenia, aktualizacji i publikacji),
- jakość i ważność (pochodzenie, rozdzielczość przestrzenna),
- zgodność (specyfikacje i stopień zgodności),
- wymogi dotyczące dostępu i użytkowania (warunki dostępu do danych, ich użytkowania i ograniczenia w dostępie publicznym),
- organizacje odpowiedzialne (jednostka odpowiedzialna i ich role),
- metadane nt. metadanych (punkt kontaktowy, język i data utworzenia metadanych).

Rozporządzenie to stosuje definicje pojęć zawarte w normach światowych: ISO 19115 oraz ISO 19119, a także prezentuje sposób kodowania metadanych w języku XML, zgodny z normą ISO 19139. Weszło ono w życie w grudniu 2008, a państwa członkowskie otrzymały dwuletni termin realizacji jego postanowień, czyli opracowania metadanych, zgodnych z wytycznymi, dla zbiorów danych z załączników I i II dyrektywy INSPIRE. W celu łatwiejszej implementacji przepisów, w rozporządzeniu tym dokonano wyraźnego wyróżnienia tzw. bazowego profilu metadanych, zawierającego podstawowe komponenty metadanych, których obecność jest konieczna w opisie obiektu (zbioru, kolekcji bądź usługi) oraz profilu pełnego, zawierającego także szereg elementów warunkowych (nieobligatoryjnych). Państwa członkowskie mogą opracowywać własne profile metadanych czyli takie ich zakresy, które odpowiadają specyficznym wymogom (krajowym, tematycznym itp.), ale także uwzględniają wszystkie bazowe komponenty standardowego zbioru metadanych i wybrane elementy warunkowe.

Często zachodzi konieczność budowy i wykorzystania własnych profili metadanych z powodu niemożliwości rzetelnego i całościowego opisu zasobów posiadanych przez instytucję o specyficznym albo wysoce specjalistycznym profilu. Tak dzieje się w przypadku Państwowego Instytutu Geologicznego czy też Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, które tworzą własne profile metadanych oparte o standardy INSPIRE. Podstawę do budowy profili branżowych stanowi *Polski krajowy profil metadanych w zakresie geoinformacji*, opracowany w lutym 2008, zapewniający zachowanie zasad rozszerzania standardu, zgodnie z zapisami Rozporządzenia Komisji Nr 1205/2008. Oznacza to zbieranie wszystkich bazowych metadanych i wszystkich obligatoryjnych metadanych oraz tych warunkowych metadanych, które spełniają narzucone przez standard warunki. Istotą tego rozszerzenia jest więc zachowanie podstawowego trzonu co do

zakresu metadanych, a także projektowanie nowych elementów metadanych zgodnie z wytycznymi norm z grupy ISO 19100. W ten sposób całość metadanych, zarówno korzystających z krajowego profilu metadanych, jak i z profili rozszerzonych będzie zgodna ze standardem INSPIRE.

Polską transpozycją dyrektywy ustanawiającej infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE) na grunt prawa krajowego jest ustawa z dn. 4 marca 2010 o infrastrukturze informacji przestrzennej (IIP), opublikowana 7.05.2010 (Dz. U. RP Nr 76, poz. 489), która weszła w życie 7 czerwca 2010. Ustawa o IIP określa zasady tworzenia i funkcjonowania infrastruktury informacji przestrzennej w Polsce, którą są obejmowane wszystkie szczeble administracji publicznej, a której budowa ma służyć wszystkim użytkownikom informacji przestrzennej w kraju i całej Unii Europejskiej. Ustawa wprowadza mechanizmy umożliwiające osiągnięcie interoperacyjności w zakresie funkcjonowania danych przestrzennych, metadanych, usług sieciowych oraz rozwoju samej infrastruktury. Określono w niej kompetencje poszczególnych organów publicznych na etapie budowy IIP i ich odpowiedzialność za konkretne gałęzie tematyczne danych przestrzennych, usługi i metadane. Przedmiotem zainteresowania ustawy o IIP są dane przestrzenne w formie elektronicznej, odnoszące się do terytorium Polski, utrzymywane przez organ publiczny lub za jego zgodą i należące do jednej z grup tematycznych wymienionych w załączniku nr I do ustawy o IIP (odpowiednik listy tematów z załącznika do dyrektywy INSPIRE). Organem koordynującym działania budowy i rozwoju IIP w kraju jest minister właściwy ds. administracji publicznej, który działa przy pomocy Głównego Geodety Kraju, pełniącego rolę koordynatora krajowego. Przy ministrze powołano organ doradczy - Radę IIP, która gromadzi ekspertów i pełni rolę opiniodawczą. Organami wiodącymi w zakresie budowy IIP, które są odpowiedzialne za integrację i harmonizację danych w poszczególnych grupach tematycznych są ministrowie właściwi ds: środowiska, infrastruktury, rolnictwa, zdrowia, kultury oraz: Główny Geolog Kraju, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Główny Konserwator Przyrody, Prezes Głównego Urzędu Statystycznego, Prezes Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej.

Wśród zadań koordynatora IIP w Polsce znajduje się także prowadzenie centralnego punktu dostępowego do zbiorów i usług danych przestrzennych oraz metadanych przestrzennych. Punktem tym jest urzędowy geoportal (geoportal.gov.pl), który zapewnia możliwość współpracy z usługami sieciowymi oraz obsługę metadanych i wizualizację zbiorów danych przestrzennych. Obsługiwane usługi sieciowe można podzielić na 5 poniższych kategorii:

- wyszukiwania - umożliwiające odnalezienie w zasobach istniejących zbiorów i usług na podstawie metadanych oraz wyświetlenie metadanych,
- przeglądania - umożliwiające co najmniej minimalną funkcjonalność ułatwiającą przeglądanie zbiorów danych i metadanych przestrzennych w formie wizualizacji wraz z legendą,
- pobierania - umożliwiające pobranie kopii zbiorów lub ich części,
- przekształcania - umożliwiające przekształcenie zbiorów prowadzące do interoperacyjności,
- zapewniające uruchamianie innych usług.

Geoportal jest także wygodnym interfejsem do korzystania z ww usług odnoszących się do danych przestrzennych, obsługiwanym przy pomocy przeglądarki internetowej, chociaż funkcjonującym na specjalistycznym oprogramowaniu i przy pomocy sprzętu zgromadzonego w węzłach (centralnym i wojewódzkich) krajowej infrastruktury informacji przestrzennej.

Kolejnym zadaniem koordynatora krajowego jest prowadzenie monitoringu i sprawozdawczości z realizacji zapisów dyrektywy INSPIRE oraz prowadzenie i udostępnianie ewidencji zbiorów i usług danych przestrzennych. W celu udostępniania tej ewidencji wykorzystuje się także wspomniany krajowy geoportal urzędowy.

4.3 Analizy przestrzenne

4.3.1 Istota analiz przestrzennych, przetwarzanie danych przestrzennych ^③

Analiza jest to myślowe, pojęciowe, matematyczne, logiczne (lub inne) wyodrębnienie cech, części lub składników badanego zjawiska lub przedmiotu; badanie cech elementów lub struktury. W odniesieniu do danych przestrzennych w literaturze przedmiotu pojawia się wiele, mniej lub bardziej precyzyjnych definicji, w których zazwyczaj pojawia się określenie procedury lub zbioru procedur wykonywanych na danych geograficznych i prowadzących do uzyskania nowej informacji o badanych obiektach lub zjawiskach. Niektórzy autorzy podkreślają znaczenie charakterystyki przestrzennej danych wejściowych warunkujących wynik (Longley i in. 2006), wymierność i ocenę jakościową wyników analiz, czy wreszcie jeden z najważniejszych aspektów praktycznych: analizy przestrzenne mają prowadzić przede wszystkim do wniosków wspomagających procesy decyzyjne i projektowe. Analizy przestrzenne są zasadniczym zadaniem przetwarzania danych geograficznych, a jednocześnie stanowią centrum funkcjonalne każdego systemu informacji geograficznej.

W większości definicji pojawia się także aspekt technologiczny, ściśle: użycie podczas analiz technik i metod dostępnych w oprogramowaniu systemów informacji geograficznej. Ze względu na złożoność tych procesów jedynie narzędzia GIS, będące w praktyce systemami zarządzania bazą danych, mogą zagwarantować sprawne pozyskiwanie różnorodnych danych przestrzennych, przetwarzanie analityczne i wizualizację wyników analiz. Co prawda pojęcie analiz przestrzennych spopularyzowane zostało w epoce intensywnego rozwoju systemów informatycznych, należy jednak pamiętać, że analiza informacji geograficznej jest nierozdzielnie związana z użytkowaniem map i jako taka ma równie długą historię.

Warto również zauważyć, że w ramach analiz przestrzennych wykonywane są także operacje, których efektem jest synteza informacji, czyli łączenie wielu różnych elementów w całość lub całościowe ujęcie jakiegoś zjawiska oparte na uprzednim zbadaniu jego elementów. Syntezy występują w końcowej fazie analiz wielokryterialnych. Takie procedury charakterystyczne są również dla zadań związanych z generalizacją kartograficzną. Mimo to pojęcie syntez przestrzennych nie przyjęło się.

4.3.2 Etapy procesu analiz przestrzennych ^②

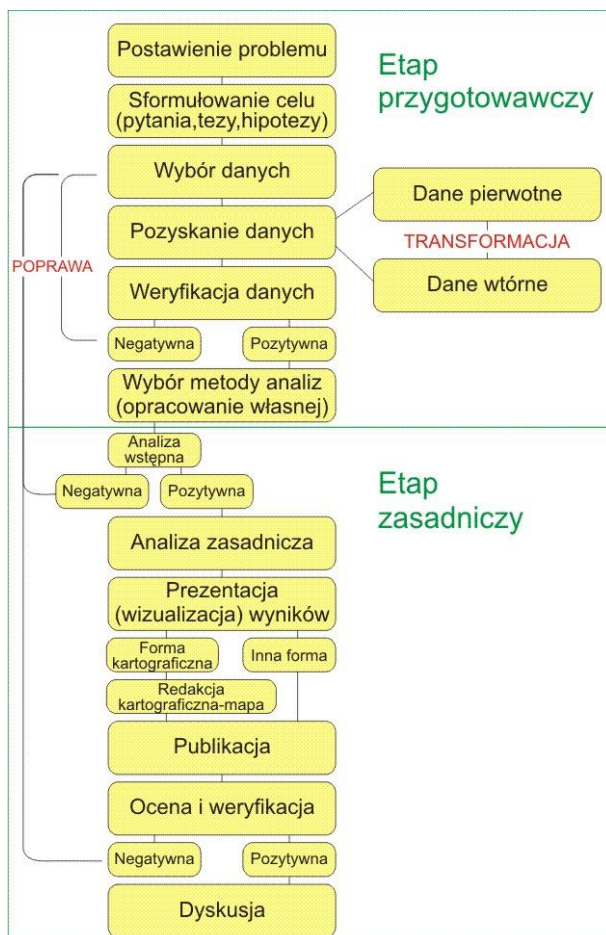
Analizy danych przestrzennych (w skrócie analizy przestrzenne) są meritum systemów geoinformacyjnych i obejmują one wszelkiego rodzaju przekształcenia, obliczenia, operacje na tabelach atrybutowych i inne, których celem jest uzyskanie nowej informacji, rozwiązanie konkretnego problemu naukowego lub decyzyjnego. Istotą analiz przestrzennych jest wykorzystanie danych, które muszą zawierać atrybut lokalizacyjny. Lokalizacja danych może być bardzo precyzyjna z wykorzystaniem np. współrzędnych geograficznych, geodezyjnych czy topograficznych, lub mniej precyzyjna, np. za pomocą adresów lub kodów pocztowych, lub podana dla danej miejscowości, miasta, jednostki terytorialnej jak np. gmina, powiat, województwo. Dokładność lokalizacji danych wpływa na stopień szczegółowości analiz przestrzennych.

W procesie analiz przestrzennych ważną rolę odgrywają mapy. Nierzadko służą one do pozyskiwania danych przestrzennych, do obrazowania ich przestrzennego rozmieszczenia, a przede wszystkim do wizualizacji końcowych wyników analiz. To właśnie mapy są najczęściej stosowane do prezentacji ostatecznych rezultatów analiz przestrzennych.

Analizy przestrzenne można zaliczyć do metod badawczych i w związku z tym ich praktyczne stosowanie wymaga spełnienia określonych warunków stawianych badaniom naukowym. Należą do nich: **jasność** (powszechna zrozumiałość), **jednoznaczność** (wykluczenie dowolności stosowania różnych sposobów i zasad), **ukierunkowanie** (podporządkowana określonej celowi), **skuteczność** (pewność osiągnięcia zamierzonego celu), **owocność** (aby była w stanie dostarczyć

oprócz zasadnych rezultatów jeszcze innych, pobocznych, lecz nie mniej ważnych dla tej samej lub innej dziedziny naukowej), **niezawodność** (pewność osiągnięcia zamierzonego celu o dużym stopniu prawdopodobieństwa), **ekonomiczność** (zamierzony rezultat powinien być osiągnięty przy najmniejszych kosztach, zużyciu sił, środków oraz czasu). (Sztumski 2005).

Analizy przestrzenne są procesem zaplanowanym, świadomym i celowym. Ich przebieg można podzielić na dwa etapy: przygotowawczy i zasadniczy. Na każdy z nich składa się kilka istotnych czynności, które warunkują poprawność i powtarzalność uzyskanych wyników (ryc. 94).



Ryc. 97. Etapy procesu analiz przestrzennych (opracowanie własne)

Etap przygotowawczy

1. Postawienie problemu. Każdy proces badawczy powinien dotyczyć konkretnego problemu badawczego. Ważnym jest nie tyle umiejętność dostrzeżenia problemu ale określenie wagi i możliwości jego rozwiązania. Sprecyzowanie problemu zawęży przestrzeń badawczą oraz, w naszym przypadku, rozpoczyna proces analiz przestrzennych.

2. Sformułowanie celu analizy (postawienie pytania, tezy, hipotezy). Etap ten jest jednym z najważniejszych w całym procesie analiz. Poprawne sformułowanie celu identyfikuje pole poszukiwań, ułatwia zaplanowanie procesu analiz. Zaplanowane analizy zwykle umożliwiają osiągnięcie postawionego celu. Ich końcowy rezultat pozwoli uzyskać odpowiedź na sformułowane pytania, potwierdzić lub zaprzeczyć postawionym tezom, hipotezom. Nieuzasadnione jest wykonywanie analiz tylko dla samych analiz bez z góry postawionego celu.

3. Wybór danych. Etap ten rozpoczyna prace nad materiałem roboczym. Dane w procesie analiz przestrzennych stanowią ważny element wpływający na poprawność końcowych wyników. Każde dane, które są wykorzystywane w analizach powinny posiadać podstawowe cechy, takie jak:

dokładność, precyzja, powtarzalność, rozdzielczość, zmienność, aktualność, wiarygodność, dostępność, kompletność, odpowiedniość, koszt oraz wartość (Gaździcki 1990). Należy wydzielić dane konieczne, bez których analizy nie można wykonać oraz dane uzupełniające, które spowodują, że oczekiwane rezultaty będą bardziej wiarygodne, szczegółowe, aktualniejsze, itp. Przed dokonaniem wyboru należy poznać ich charakterystykę oraz ocenić ich wartość użytkową. Współcześnie dysponujemy coraz większą liczbą danych, zbiorów danych i metadanych, co powoduje, że ich kwerenda, poznanie oraz wybór jest zadaniem niezwykle trudnym (Longley i in. 2006).

4. Pozyskanie danych. Po wyborze danych następuje proces ich pozyskania. Pozyskanie danych następować może w sposób automatyczny, półautomatyczny lub nawet „ręczny” wprowadzając do bazy pojedyncze dane (rekord po rekordzie). Nie wszystkie dane ważne z merytorycznego punktu widzenia mogą być wykorzystane bezpośrednio. Są to tak zwane **dane pierwotne**. Muszą być one poddane procesowi transformacji (przetworzenia) do takiej postaci, aby można je było wykorzystać bezpośrednio w analizach. Otrzymane wówczas dane noszą nazwę **danych wtórnych**.

5. Weryfikacja danych. W procesie analiz przestrzennych podobnie jak w trakcie prowadzenia innych badań ważnym etapem jest weryfikacja danych, materiałów, informacji źródłowych. Należy dokładnie sprawdzić pozyskane dane i wyeliminować błędy. Jest wiele błędów, które utrudniają a nawet wykluczają wykorzystanie danych w analizach. Przeprowadzona pozytywnie weryfikacja danych umożliwia kontynuowanie procesu. Jeżeli natomiast wypadnie ona negatywnie i danych nie można poprawić, wówczas należy powrócić do etapu wyboru danych.

6. Wybór metody analiz. Etap przygotowawczy kończy wybór metody analiz przestrzennych. Osiągnięcie konkretnego celu naukowego lub aplikacyjnego może następować dzięki zastosowaniu różnych metod. Jedne z nich upraszczają, skracają proces, inne go wydłużają dzieląc cały proces na pojedyncze czynności. Wybór metody jest także uzależniony od posiadanych narzędzi a więc oprogramowania GIS i dołączonych do nich konkretnych, szczegółowych aplikacji. Metody analiz przestrzennych oferowane przez producentów oprogramowania GIS współcześnie podlegają szybkiemu rozwojowi, co niewątpliwie poszerza możliwości ich zastosowania w badaniach naukowych i działalności praktycznej.

Etap zasadniczy

7. Analiza wstępna. Analizy przestrzenne należą do badań bardzo czasochłonnych wykorzystujących olbrzymie różnego typu zbiory danych. Jak każdy proces badawczy zawierają także określony stopień niepewności uzyskanych wyników. W związku z powyższym przed analizą zasadniczą celowe jest przeprowadzić analizę wstępną, która potwierdzi lub zaprzeczy słuszność zastosowanego procesu (wybory danych, i metody analiz). Istotą analizy wstępnej jest jej przeprowadzenie na niewielkiej liczbie danych (próbka danych) i na mniejszym obszarze (region testowy, pole testowe). Region testowy powinien być tak dobrany aby odzwierciedlał najważniejsze cechy badanego obszaru. Rezultat przeprowadzonej analizy wstępnej powinien być poddany ocenie. Jeśli wypadnie ona negatywnie, należy powrócić do etapów wcześniejszych i wyeliminować źródła błędów.

8. Analiza zasadnicza. Jest to najistotniejszy etap procesu analiz. W trakcie jego realizacji niezbędne jest korzystanie z narzędzi GIS-owych oraz wysokowydajnych komputerów. Zasadnicze analizy przestrzenne bazują na wielkiej liczbie danych i zwykle zajmuje wiele czasu. Stąd uzasadnione jest najpierw wykonać analizy wstępne. W przypadku negatywnej weryfikacji wyników pozwolą one oszczędzić czas i koszty.

9. Prezentacja (wizualizacja) wyników. Ostateczne wyniki analiz przestrzennych mogą mieć postać liczbową, np. wyliczony jeden dla całego obszaru wskaźnik korelacji przestrzennej, tabelaryczną a także graficzną (np. różnego rodzaju wykresy). Jednak najczęściej stosowane są różnego rodzaju **formy kartograficzne** (mapy i produkty pochodne: perspektywy, panoramy,

przekroje, itp.). Mapy najlepiej pokazują relacje przestrzenne. Dlatego ważne jest aby przed ich publikacją i oceną zostały one poddane **redakcji kartograficznej**, co zapewni im podstawowe cechy stawiane mapom i ułatwi poprawną ich ocenę.

10. Publikacja. Wyniki analizy przestrzennej w postaci map lub innych form graficznych mogą być publikowane w postaci cyfrowej (wyświetlane na ekranach wielu urządzeń elektronicznych) oraz drukowane na drukarkach cyfrowych lub na wielonakładowych maszynach drukujących. Zaletą publikacji map w formie wydruku na papierze lub innych materiałach jest wysoka jakość graficzna i techniczna, trwałość obrazu oraz zróżnicowany format (od małych do wielkoformatowych wydruków). Jednak najważniejszą cechą w przypadku map drukowanych jest możliwość poddania ich gruntownej ocenie i weryfikacji.

11. Ocena i weryfikacja. Jest to końcowy etap procesu analiz przestrzennych, jednak niezwykle ważny. Konieczność poddania map krytycznej ocenie spowodowane jest złożonością procesu analiz przestrzennych co może skutkować powstawaniem błędów, które są widoczne tylko na mapie. Etap ten jest często pomijany. Wykonujący analizy przestrzenne nierzadko zadawalają się samym faktem uzyskania mapy i bezkrytycznie przyjmują ją za produkt pozbawiony błędu. Jednak, często zdarza się, że uzyskana mapa nie pokazuje poprawnego obrazu. Obiektywna ocena map jest zagadnieniem trudnym i złożonym. Wymaga od jej autora włożenie dodatkowego wysiłku, na którego najczęściej brakuje sił na etapie końcowym prac. Stąd oceny map po prostu się nie wykonuje. Krytyczna ocena map, być może, jest pomijana również z tego względu, że wykonawcy analiz nierzadko mają trudności z prawidłową interpretacją treści uzyskanej mapy.

Jeżeli ocena mapy okaże się niezadowolająca, należy zastanowić się nad źródłami błędów i następnie powrócić do etapu, na którym błąd ten mógł wystąpić.

12. Dyskusja. Każdy końcowy rezultat przeprowadzonych badań naukowych powinien być poddany rzeczowej i merytorycznej dyskusji. W jej trakcie powinna być oceniona i podkreślona waga i znaczenie przeprowadzonej analizy oraz jej rezultatu. Nierzadko porównuje się go z innymi rezultatami uzyskanymi w wyniku wcześniej już wykonanych podobnych analiz. W trakcie dyskusji wskazuje się na, na przykład, unikalność uzyskanych wyników oraz na ich praktyczne zastosowanie.

4.3.3 Klasyfikacja analiz przestrzennych ^③

Biorąc pod uwagę większość definicji analiz przestrzennych spotykanych w literaturze należy wyłączyć z bogatego zbioru przekształceń danych i modeli te, które obejmują modyfikacje wyłącznie strukturalne bądź formalne. W grupie takich przekształceń charakterystyki danych znajdują się:

- zmiany układu odniesień przestrzennych, np.: rejestracja zbioru danych w układzie współrzędnych geodezyjnych (B,L,H) lub prostokątnych (X,Y,[Z]), określenie odwzorowania kartograficznego, transformacja danych pomiędzy układami współrzędnych;
- zmiany zasięgu terytorialnego: scalenie przestrzenne zbiorów (zwykle łączenie arkuszy), segmentacja baz danych wg jednostek terytorialnych (np. województw, powiatów itp.) lub podział sekcyjny (arkusze);
- zmiany modelu danych przestrzennych, np.: konwersja danych wektorowych (budowanie topologii, rasteryzacja), konwersja danych rastrowych (wektoryzacja), przemodelowanie struktury atrybutowej zbiorów.

Jeśli poprzez badanie cech, struktury i relacji obiektów przestrzennych uzyskujemy dowolną nową wartość informacyjną, to możemy mówić o przeprowadzonej analizie przestrzennej. W jej wyniku zwykle powstają zbiory danych pochodnych.

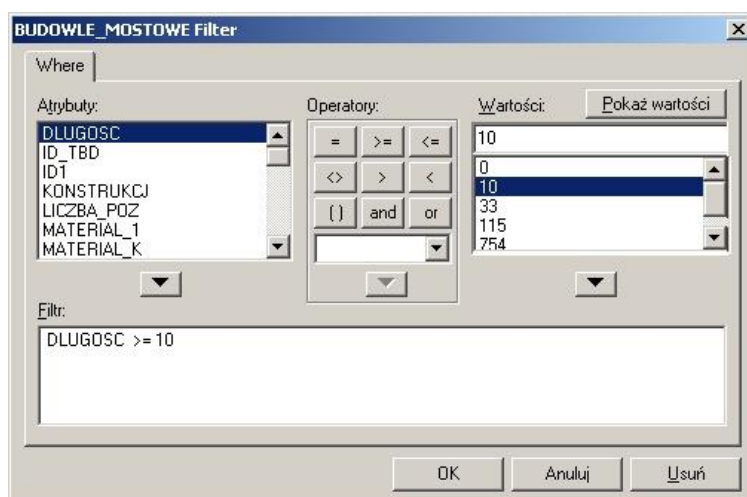
Analizy przestrzenne można podzielić na proste i złożone. Analizy proste obejmują:

- selekcje obiektów wg warunków atrybutowych lub lokalizacji i zależności topologicznych
- obliczenia argumentów (funkcje tekstowe, matematyczne) i pomiary geometrii obiektów (kartometria)
- generowanie pochodnej geometrii (np. strefy buforowe)
- reklasyfikacje atrybutowe i agregacje przestrzenne (właściwie: syntezy, generalizacja)

Analizy złożone prowadzone są zwykle na wielu zbiorach danych (warstwach tematycznych) i obejmują sekwencję zadań, w tym także analiz prostych, prowadzących do końcowego wyniku. Trudno jest podać wyczerpującą klasyfikację tego typu analiz. Najczęściej realizowane są:

- analizy zależności i wpływów;
- analizy sieciowe (w układach liniowych);
- analizy w rastrowych modelach danych (MapAlgebra);
- analizy powierzchni statystycznych (geostatystyczne);
- analizy wielokryterialne.

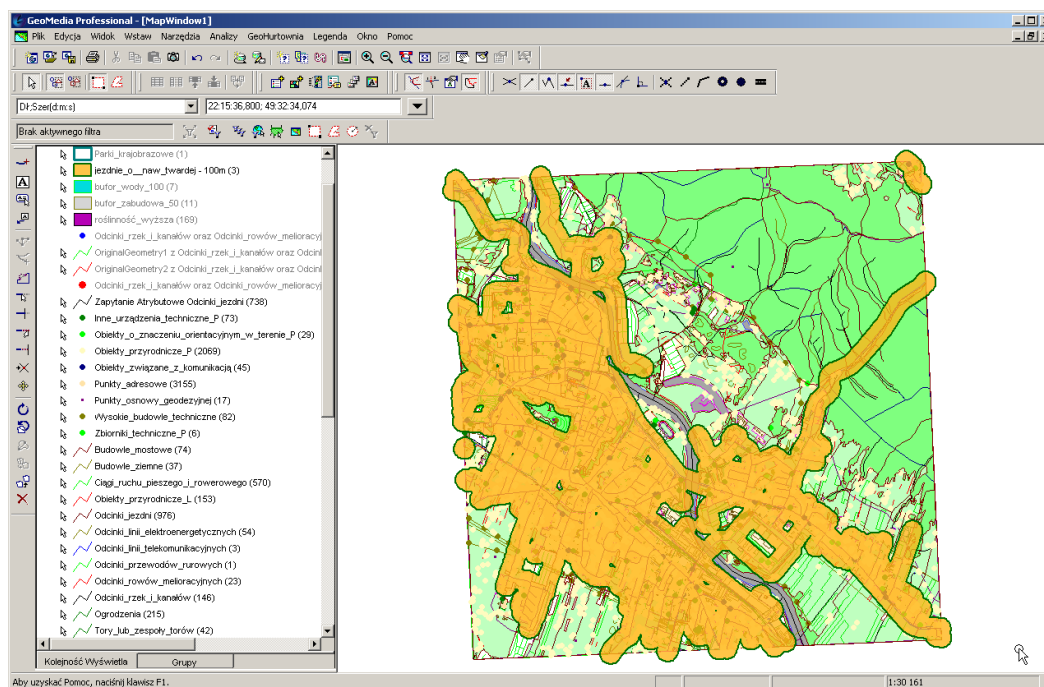
Najprostszym i najczęściej wykonywanym zadaniem analitycznym jest selekcja, czyli wybór obiektów wg zadanych kryteriów. **Selekcja atrybutowa** (według wartości atrybutów) jest implementowana we wszystkich typach baz danych. Językiem obsługującym zapytania tego typu jest SQL (Structured Query Language), który w sferze fizycznej korzysta z rozwiązań serwowanych przez system zarządzania bazą danych (DBMS - DataBase Management System) i jest typowym językiem służącym do komunikacji systemów relacyjnych baz danych z użytkownikiem. Każda aplikacja GIS posiada standardowy interfejs do projektowania zapytań SQL, który oferuje dostęp do zbiorów danych przestrzennych, ich pól (atrybutów w klasie obiektów), listy operatorów (arytmetycznych, logicznych oraz topologicznych), a także zestawu funkcji. SQL został w wielu systemach zaimplementowany jako standard rozszerzony, obsługujący także bazy danych przestrzennych. Przetwarzanie atrybutów opisowych obiektów jest koniecznym etapem każdej reklasyfikacji (zmiany kryterium albo poziomu klasyfikacyjnego) czy agregacji (łączenia danych) w zbiorze danych przestrzennych, które to operacje są wstępem do szerszych zadań analitycznych bądź wizualizacyjnych.



Ryc. 98. Standardowy dialog formułowania zapytań SQL w programie GeoMedia Professional: sformułowano warunek wyboru obiektów (budowli mostowych) o długości większej lub równej 10m (opracowanie własne)

Analizy zależności i wpływów bazują na własnościach topologicznych obiektów (zawierania, stykania, przecinania) i wykorzystują zestawy operatorów przestrzennych odzwierciedlających wzajemne relacje obiektów. Poza selekcją przestrzenną opierającą się na topologii często realizowanym zadaniem jest generowanie pochodnej geometrii, zwykle stref utworzonych na

podstawie ekwidystant wokół obiektów geograficznych. Strefy te określa się mianem buforów. Można je tworzyć zarówno dla pojedynczych obiektów, wybranych elementów zbioru, jak i całych zbiorów danych (z możliwością agregacji geometrycznej). Utworzone strefy, wyznaczając poszukiwane zasięgi oddziaływań, podlegają z reguły dalszym przetworzeniom, mogą np. posłużyć za podstawę geometryczną w **analizie wielokryterialnej**. Analiza wielokryterialna to wykorzystanie, w jednym zadaniu przetwarzania danych, wielu kryteriów przestrzennych (w odniesieniu do różnych zestawów danych) i złożenie w ten sposób wielu elementarnych analiz (najczęściej: analiz wpływów, analiz własności topologicznych obiektów, czy analiz geostatystycznych).



Ryc. 99. Strefa buforowa utworzona za pomocą ekwidystanty 100m wokół osi jezdni o nawierzchni twardej (obiekty zagregowane geometrycznie) w programie GeoMedia Professional (opracowanie własne)

Analizy sieciowe dotyczą obiektów tworzących strukturę znaną np. z informatyki pod nazwą sieć. Teoria grafów definiuje sieć jako graf skierowany o ważonych krawędziach. Krawędzie sieci (jak każdego grafu) łączą się w punktach zwanych węzłami, w których zdefiniować można dozwolony kierunek "przepływu" (znana z rozwiązań komunikacyjnych "tabela skrętów"). Natomiast krawędziom grafu można przyporządkować "koszty przepływu" poprzez zdefiniowanie wag, w granicznym przypadku posłużyć się można wartościami uniemożliwiającymi "przepływ" (np. krawędź grafu skierowanego: rzeka, jezdnia jednokierunkowa itp.). W takiej strukturze można dokonywać specyficznych analiz, bazujących na "kosztach przepływu" (można je rozumieć np. jako czas przejazdu siecią komunikacyjną albo prędkość przepływu wody w sieci rzecznej) oraz parametrach geometrycznych (odległości od wzdłuż krawędzi i odstępów od sieci). Przykładowe zadania wykorzystujące analizy sieciowe to: poszukiwanie najdogodniejszej trasy komunikacyjnej łączącej wybrane miejsca sieci, wybór lokalizacji centrum obsługi obszaru obejmowanego przez sieć, poszukiwanie obiektu (np. centrum obsługi) najbliższego do wskazanego punktu sieci, badanie zmian "kosztów przepływu" przy zmianach wag krawędzi.

Analizy geostatystyczne można rozważać w dwóch kategoriach, zależnych od charakteru modelowanego obiektu/zjawiska. Jeśli ma ono charakter dyskretny, to z powodzeniem wykorzystuje się model danych wektorowych. Natomiast przy zjawiskach o charakterze ciągłym można także użyć rastrowego modelu danych, co znakomicie wpłynie na efektywność analizy.

Analizy geostatystyczne prowadzone w **wektorowym modelu danych** polegają najczęściej na badaniu rozkładu zjawiska, które posiada postać dyskretną, przestrzennej eksploracji danych i ich weryfikacji oraz budowie modeli tego typu zjawiska, np. modeli interpolacyjnych czy symulacyjnych. W przypadku zjawisk o charakterze ciągłym do modelowania można użyć

wektorowego modelu danych przestrzennych w postaci nieregularnej sieci trójkątów (TIN - Triangulated Irregular Network).

Analizy geostatystyczne prowadzone przy wykorzystaniu **danych modelowanych rastrowo**, również stosowane do modelowania typu interpolacyjnego, symulacyjnego czy optymalizacyjnego, obejmują także szeroki dział analityczny zwany map-algebra, który dotyczy typowo matematycznych przetworzeń zestawów danych rastrowych (przy użyciu operatorów algebraicznych). Cechą charakterystyczną analiz tego typu jest daleko posunięta automatyzacja przetworzeń i łatwość formułowania algorytmów. Stąd przy zjawiskach o charakterze ciągłym, struktury rastrowe są najchętniej wykorzystywane. Wśród tych modeli popularny jest model regularnej sieci punktów o nazwie GRID, który co prawda ściśle pojęciowo jest tworem wektorowym, ale co do istoty modelu i zastosowań należy z pewnością do rastrowej kategorii modeli danych przestrzennych.

Poza w/w typowymi analizami przestrzennymi, systemy informacji geograficznej realizują wiele złożonych zadań, związanych ściśle z przetwarzaniem danych przestrzennych, takich jak: **geokodowanie** (wykorzystanie informacji opisowych, najczęściej adresowych, do lokalizacji – jako swoistego systemu odniesień przestrzennych dla danych), **dynamiczna segmentacja** (dynamiczne przyporządkowanie wartości wielu atrybutów odcinkom obiektów liniowych), czy różne aspekty **generalizacji danych** (m.in. agregacja, upraszczanie geometrii).

4.3.4 Przykłady rozwiązań aplikacyjnych ^①

W środowisku systemów informacji geograficznej klasyfikacja i terminologia narzędzi służących do przetwarzania danych jest zwykle specyficzna dla danego producenta. W nawiązaniu do omówionego w rozdz. 4.2.4 systemu firmy ESRI analizy przestrzenne zostały w nim zgrupowane w module ArcToolbox, obejmującym ponad 400 narzędzi do przetwarzania danych przestrzennych. Przykłady narzędzi zgromadzonych w zestawach z dwóch grup zamieszczono poniżej.

Przykładowe analizy przestrzenne danych 2D w modelu wektorowym (grupa narzędzi Analysis zawierająca 4 zestawy):

- Extract (zawiera narzędzia Clip, Select, Split oraz Table Select) – służy do wyboru / wycięcia wybranych elementów ze zbioru danych i zestawienie ich w wybraną klasę obiektów bazy danych;
- Overlay (narzędzia: Erase, Identity, Intersect, Symmetrical Difference, Union, Update) – to klasyczny zestaw umożliwiający podstawowe analizy integracji topologicznej („nakładania / przecinania”) zbiorów danych;
- Proximity (Buffer, Multiple Ring Buffer, Near, Point Distance) – narzędzia pozwalające tworzyć strefy ekwidystant (bufory) wokół obiektów i badać relacje pomiędzy zbiorami danych bazujące na pomiarze odległości – prowadzić proste analizy kartometryczne;
- Statistics (narzędzia: Frequency, Summary Statistics) – umożliwia obliczenie wybranych wskaźników statystycznych dla atrybutów opisowych obiektów.

Analizy danych 2D modelu rastrowego, łącznie z narzędziami konwersji, interpolacji i klasyfikacji (grupa narzędzi Spatial Analyst), zawierająca ponad 150 narzędzi, uporządkowanych w 21 zestawów, w tym:

- Density (zawiera narzędzia: Kernel Density, Line Density, Point Density) – to zestaw służący do obliczenia zagęszczenia obiektów wektorowych w zadanym promieniu od pikseli zbioru GRID;
- Generalization (zawiera 8 narzędzi) – zestaw służący do generalizacji zbiorów rastrowych drogą agregacji, wygładzania, usuwania szumów, filtrowania;

- Hydrology (zawiera 11 narzędzi) – umożliwia zastosowanie obliczeń hydrologicznych do symulacji przepływów wody po powierzchni NMT modelowanej przez GRID oraz generowanie sieci rzecznej w modelu wektorowym;
- Interpolation (zawiera 7 narzędzi) – służy do interpolacji sieci punktów (zbioru GRID) na podstawie danych punktowych (np. punktów pomiarowych) metodami: odwrotnych odległości, krigingu, naturalnego sąsiedztwa, funkcji sklepanych, trendu oraz umożliwia wygenerowanie NMT w formacie GRID na podstawie wektorowych danych hydrograficznych.
- Math (zawiera 20 narzędzi) – służy do wykonywania obliczeń matematycznych na zbiorach GRID (m.in. operacji arytmetycznych, potęgowania, pierwiastkowania, obliczania logarytmów, zaokrągleń);
- Logical (Math) (zawiera 15 narzędzi) – umożliwia zastosowanie na zbiorach GRID warunkowych operacji arytmetycznych i operacji logicznych typu: and, or, równy, większy od, mniejszy od, różny.
- Trigonometric (Math) (zawiera 13 narzędzi) – służy do stosowania funkcji trygonometrycznych w odniesieniu do (elementów) zbiorów rastrowych;
- Neighborhood (zawiera 6 narzędzi) – służy do filtrowania zbiorów rastrowych za pomocą filtrów lokalnych (bazujących na sąsiedztwie pikseli);
- Overlay (narzędzie Weighted Overlay) – służy do nakładania wielu zbiorów rastrowych i umożliwia wielokryterialną analizę z wagowaniem wpływu nakładanych zbiorów na wynik;
- Surface (zawiera 9 narzędzi) – umożliwia klasyczne analizy danych w modelu GRID (bazujące na wartościach Z) takie jak: obliczanie spadków, krzywizny, interpolacja izolinii, cieniowanie modelu czy też badanie widoczności powierzchni modelu zapisanego jako GRID;

Ten "elementarz" analizowania danych uzupełniony jest o następne 16 grup zawierających zestawy narzędzi do szeroko rozumianego przetwarzania, z których najliczniejszą stanowi grupa narzędzi Data Management, zawierająca 210 narzędzi (w 23 zestawach) i służąca do wielu różnych przetworzeń danych przestrzennych.

5. Redakcja kartograficzna i publikacja mapy

5.1 Koncepcja mapy i materiały źródłowe [®]

Ponad sześćdziesiąt lat temu Artur H. Robinson (1953) w swoim podręczniku pt. *Elements of Cartography* napisał: „Koncepcja mapy – jest to może najbardziej zawiła strona kartografii. Sposób przedstawienia licznych składników mapy tak, by razem wzięte sprawiały wrażenie zwartej całości, pomyślanej tak, by odpowiadać celowi – musi wychodzić z założeń sięgających od dziedziny matematyki aż do sztuki. Mapa – jeżeli nie była prawidłowo pomyślana jako całość – nie będzie udana” (Robinson 1965).

Dzisiaj słowa te nie tylko, że nie straciły na aktualności, ale w dobie technik komputerowych i map cyfrowych nabierają szczególnie dużego znaczenia. Mapa jako model rzeczywistości posiada niezwykle złożoną strukturę informacyjno-graficzną i w związku z tym jej opracowanie musi być oparte na przemyślanej i przyjętej koncepcji modelowania kartograficznego. Mapa nie może być dziełem przypadku, lub mniej czy bardziej udanego eksperymentu. Jest przygotowywana dla konkretnego odbiorcy i dlatego z myślą o nim powinna być redagowana. Projektowanie mapy nie powinno ograniczać się do uruchomienia sekwencji klawiszy na komputerze w celu uzyskania ostatecznego „wypłotu” z urządzenia drukującego lub do „zrzutu ekranowego” jako efektu

końcowego zastosowanych mniej lub bardziej zaawansowanych aplikacji (graficznych lub geoinformacyjnych). Celem mapy jest zaspokojenie wygórowanych potrzeb odbiorców. Jednocześnie powinna być ona czytelna, łatwa w odbiorze i zrozumiała a jej materialna postać winna wyróżniać się atrakcyjnością graficzną (estetyką). Spełnienie wszystkich wyżej wymienionych warunków w dużej mierze zapewnia dobrze przygotowana koncepcja mapy.

Koncepcja mapy jest rozumiana jako „pomysł na mapę” lub jako jej „idea” uwzględniająca złożoność prezentowanej problematyki, funkcję mapy związanej z jej celami i odbiorcami a więc jej użytkownikami. Koncepcja mapy powstaje w wyniku twórczego i kreatywnego działania, w oparciu o wiedzę i doświadczenie autora i kartografa, nierzadko poparte intuicją. Obejmuje ona nie tylko zaproponowane rozwiązania graficzne, ale także zakres treści, podstawy matematyczne i rozwiązania metodyczne. Na etapie koncepcyjnym redagowania map konieczne jest: ustalenie tematu mapy, jej tytułu oraz przeznaczenia, wyznaczenie zasięgu terytorialnego, ustalenie podstaw matematycznych (np. skali, odwzorowania, układów współrzędnych, sposobów cięcia arkuszowego w przypadku map wieloarkuszowych), przedstawienie ogólnego zakresu treści oraz sposobów ujęcia tematu, zaproponowanie metod prezentacji oraz ustalenie źródeł informacji, w tym kartograficznych materiałów źródłowych.

Należy podkreślić, że koncepcja ściśle zależy od rodzaju mapy, której ona dotyczy. Inaczej podchodzimy do idei map tematycznych, inaczej do ogólnogeograficznych, a jeszcze inaczej do map wieloarkuszowych (wielosekcyjnych), dla których opracowuje się instrukcje ich redagowania i wykonywania nierzadko dołączając arkusz wzorcowy mapy. W przypadku map ogólnogeograficznych, traktowane jako mapy „podstawowe”, dużo uwagi poświęcamy zagadnieniom teoretyczno-matematycznym. Mapy te należą do najstarszych opracowań kartograficznych i obecnie istnieje wiele wypracowanych wzorców (koncepcji) map ogólnogeograficznych. Służą one często jako kartograficzne materiały źródłowe lub podkładowe dla innych opracowań. Koncepcje oraz realizacja wszystkich następnych map powstałych w oparciu o mapy ogólnogeograficzne ograniczają się do wyboru z istniejących już map odpowiednich elementów, ewentualnej transformacji odwzorowania kartograficznego mapy źródłowej do odwzorowania projektowanej mapy. (Pawlak W., 2005).

Zdecydowanie bardziej zaawansowane koncepcyjnie są mapy tematyczne zwłaszcza te, które przedstawiają wiele zagadnień (mapy wieloaspektowe). Ich bogactwo i różnorodność wynika z szybkiego tempa rozwoju nauk, których przedmiotem badań są obiekty, zjawiska i procesy o charakterze przestrzennym. Autorami map tematycznych są najczęściej naukowcy, badacze oraz inni specjaliści, przedstawiciele dyscyplin naukowych zajmujących się aspektami przestrzennymi zjawisk. Zwykle przedstawiają oni na swoich mapach rozbudowane i zawile klasyfikacje, wielokryterialne i niezrozumiałe wskaźniki bez odpowiedniego stopnia ich uogólnienia. Prezentacje takie są z reguły zawile, trudne w odbiorze i niezrozumiałe dla wielu użytkowników. Nierzadko, w obawie przed utratą informacji autorzy umieszczają na mapie wszystkie interesujące ich informacje, nie zważając na fakt, że każda mapa ma ograniczoną pojemność informacyjną. W takich przypadkach konieczne jest uproszczenie przekazu kartograficznego i zredagowanie go zgodnie ze sztuką kartograficzną. W tym celu wskazany jest udział kartografa w opracowaniu mapy tematycznej już na wstępnym etapie koncepcyjnym, a nie jak to zwykle bywa w fazie tworzenia projektu grafiki dla autorskiej treści. Tak więc nie można ograniczyć roli kartografa tylko do wizualizacji danych. Jego współuczestnictwo obok autora w przygotowaniu koncepcji mapy tematycznej jest uzasadnione głównie z powodów merytorycznych, gdyż wiedza kartografa, jego umiejętności i doświadczenie gwarantują, że mapa zostanie dobrze przygotowana już na etapie koncepcyjnym, co w konsekwencji zapewni jej końcowy sukces.

Ważnym elementem etapu koncepcyjnego redagowania map jest wybór kartograficznych materiałów źródłowych i innych źródeł informacji niezbędnych do opracowania mapy. Materiały te są wykorzystywane do opracowania treści sytuacyjnej oraz tematycznej. Ze względu na ich różnorodność materiały te można podzielić na materiały kartograficzne, bazy danych

przestrzennych i źródła tekstowe. Należy stwierdzić, że obecnie dysponujemy bardzo bogatym zbiorem map, które mogą stanowić kartograficzne materiały źródłowe. Istotna jest nie tyle liczba tych materiałów ale ich jakość warunkującą przydatność w opracowaniu nowej mapy.

W ostatnich kilkudziesięciu latach dominujące znaczenie w projektowaniu map zaczynają spełniać bazy danych przestrzennych. Należą do nich bazy danych referencyjnych (bazy danych obiektów topograficznych, bazy danych ogólnogeograficznych) oraz różnego rodzaju rejestry przestrzenne, głównie urzędowe (państwowy rejestr granic, państwowy rejestr nazw geograficznych, przestrzenne dane statystyczne, itp.). Szybko rozwijają się tematyczne bazy danych przestrzennych opracowywane przez branżowe urzędy i instytuty naukowe (patrz rozdz. 4.2.3. Projektowanie bazy danych). Kolejnym źródłem informacji są także materiały tekstowe. Opis zjawisk, wydarzeń i obiektów dostarcza nam dodatkowych informacji wykorzystywanej jako atrybutów w bazie danych. Jednak użycie źródeł tekstowych jest uzależnione od precyzyjnego określenia lokalizacji opisywanego zjawiska.

Nieco inny podział kartograficznych materiałów źródłowych zaproponował Ostrowski i Kowalski (2010). Dzielią je na 3 grupy: podstawowe, pomocnicze i uzupełniające.

Do pierwszej grupy zaliczyli wszelkiego typu opracowania kartograficzne, teledetekcyjne i fotogrametryczne, które mogą stanowić źródło treści sytuacyjnej (referencyjnej) opracowanej mapy. Druga grupa obejmuje materiały uzupełniające. Materiały te najczęściej są wykorzystywane do aktualizacji i uzupełnienia treści sytuacyjnej. Z kolei materiały pomocnicze umożliwiają bliższe zapoznanie zarówno ze specyfiką obszaru jak i prezentowanego problemu. Do tej grupy zaliczono różnego rodzaju źródła tekstowe, takie jak przewodniki, monografie, leksykony oraz mapy tematyczne.

Wszelkiego typu materiały źródłowe powinny być poddane krytycznej ocenie, przed ich wykorzystaniem w procesie projektowania map. Zwykle analiza i ocena map pod kątem jakości, wiarygodności i ich przydatności do wykorzystania jako źródłowego materiału podstawowego jest zagadnieniem trudnym i wymaga znajomości metod i kryteriów oceny. Być może z tego względu jest pomijana przy wyborze źródeł. Jednak czynność ta jest konieczna w celu eliminacji źródeł błędnych i obarczonych różnego typu wadami. Warto w tym miejscu podkreślić, że mapy, podobnie jak i innego rodzaju materiały źródłowe, mogą posiadać błędy.

W trakcie analizy jakości kartograficznych materiałów źródłowych należy zbadać i ocenić następujące cechy map:

- aktualność treści - należy pamiętać, że nie necessarily musi być ona zgodna z datą wydania mapy,
- skala materiału źródłowego - powinna być z reguły większa niż skala projektowanej mapy, skala wpływa bowiem na stopień generalizacji treści mapy,
- zakres treści - wskazane jest aby treść dotyczyła tematu redagowanej mapy,
- pełność treści - mapa źródłowa powinna pokazywać rozmieszczenie rzeczywiste zjawiska na całym obszarze prezentowanym na mapie,
- poprawność merytoryczna - ważne jest aby prezentowana treść była poprawna pod względem merytorycznym, np. zastosowana prawidłowa klasyfikacja lub typologia, poprawna metoda prezentacji.

Opisane wyżej cechy powinny posiadać na podobnym wysokim poziomie wszystkie materiały źródłowe wykorzystywane w procesie projektowania nowej mapy. Zostanie wówczas spełniony wymóg jednolitości źródeł.

5.2 Etapy opracowania redakcyjnego

5.2.1 Proces redakcji mapy w środowisku GIS ^③

Współczesne kartograficzne techniki redakcyjne i reprodukcyjne pozwalają w dużym stopniu zautomatyzować większość czynności prowadzących od danych źródłowych do ostatecznego obrazu mapy. Zastosowanie technologii cyfrowej w całym procesie opracowania mapy zasadniczo skraca i upraszcza wiele procedur stosowanych w analogowym warsztacie redakcyjnym i mechaniczno-fotograficznych technologiach reprodukcji.

W klasycznej technologii opracowania mapy wyróżnia się kilka etapów pracy:

1. Koncepcja mapy – studium tematu głównego, zasięgu, skali i przeznaczenia mapy;
2. Prace przygotowawcze: zebranie i ocena źródłowych materiałów kartograficznych, geodezyjnych, fotogrametrycznych i opisowych;
3. Opracowanie planu redakcyjnego (wytycznych redakcyjnych): opracowanie zakresu treści mapy, osnowy matematycznej, wybór metod opracowania danych, generalizacji i metod prezentacji, ustalenie systematyki znaków umownych, kompozycji arkusza i zasad reprodukcji;
4. Opracowanie pierworysu redakcyjnego (oryginału autorskiego) konstrukcja matematyczna mapy, przedstawienie treści, uzgodnienie styków i opis pozaramkowy;
5. Opracowanie czystorysów mapy (oryginału wydawniczego);
6. Reprodukacja mapy: matryca, diapozytyw, negatyw, prepress, drukowanie.

Inaczej niż w technologiach tradycyjnych ostatni etap, czyli publikacja mapy nie ogranicza się do technologii drukarskich. Poza stosowanym w publikacjach wielonakładowym drukiem offsetowym istnieje możliwość druku ploterowego (zwykle niskonakładowego) lub publikacji elektronicznej w formie dokumentów elektronicznych (off-line) lub serwisów internetowych (on-line).

Wykorzystanie systemów informacji geograficznej w procesie opracowania dowolnej mapy daje realne korzyści już na pierwszym etapie, kiedy w tradycyjnej procedurze wykonuje się selekcję i dostosowanie materiałów źródłowych. Ale zasadniczym założeniem cyfrowej technologii produkcji map powinna być maksymalna automatyzacja całego procesu redagowania i publikacji arkuszy w środowisku narzędziowym systemów informacji geograficznej (np. ESRI ArcGIS) lub systemów kartograficznych (Intergraph Digital Cartographic Suite).

Na etapie redakcji wyróżnia się dwa poziomy przetworzenia danych źródłowych: poziom prezentacji wstępnej (zwanej potocznie wizualizacją) i poziom publikacji – obrazu gotowego do wydruku lub publikacji elektronicznej (Ryc. 100). Proces opracowania mapy przebiega więc dwuetapowo: od wizualizacji ekranowej, która może służyć jako prezentacja wstępna, aż po końcowy obraz publikacyjny utrwalony na dowolnym nośniku cyfrowym. Prezentacja wstępna jest wynikiem zastosowania reguł automatycznej reklasyfikacji obiektów, generalizacji danych przestrzennych oraz symbolizacji. Drugi etap opracowania polega na przeprowadzeniu generalizacji redakcyjnej (graficznej), manualnej redakcji szczegółów treści mapy i doprowadzeniu wstępnego obrazu do postaci końcowej prezentacji kartograficznej w postaci arkusza mapy, zawierającego opisy, nazwy obiektów oraz ramki, siatki i opisy pozaramkowe.

Etap wizualizacji kartograficznej, w którym mieści się proces odwzorowania kartograficznego, pełna symbolizacja oraz częściowa generalizacja danych, może być całkowicie zautomatyzowany, a więc powtarzalny. Część zadań redakcyjnych pozostaje do wykonania w drugim etapie – indywidualnie dla konkretnego opracowania. Można uznać, iż opracowana prezentacja kartograficzna jest szkieletem pierworysu mapy. Redagowanie ostatecznego obrazu kartograficznego (oryginału redakcyjnego z przeznaczeniem do publikacji) nadal wymaga

przeprowadzenia wielu operacji manualnych. Pełna automatyzacja niektórych etapów redakcji mapy, jak np. likwidacji kolizji pomiędzy znakami, niezależnie od stosowanego oprogramowania, nie jest nadal możliwa.

Niezależnie od skali docelowej proces technologiczny opracowania mapy w określonym kroju arkuszowym np. mapy topograficznej obejmuje niżej wymienione zadania:

- selekcja klas obiektów stanowiących zbiory bazy danych produkcyjnych, wraz z ograniczeniem zasięgu przestrzennego obiektów do granic opracowania (np. arkusza mapy topograficznej),
- generalizacja ilościowa treści mapy poprzez automatyczną selekcję atrybutową,
- generalizacja ilościowa formy - uproszczenie kształtów obiektów powierzchniowych oraz liniowych (z zachowaniem wzajemnych relacji topologicznych),
- generalizacja jakościowa: zmiana ujęcia geometrycznego zjawisk i reklasyfikacja treści,
- hierarchizacja warstw projektu mapowego – według wzorca danej aplikacji GIS,
- nadanie obiektom specyficznego lub standardowego kodu kartograficznego (przy użyciu zapytań SQL – przestrzennych i atrybutowych) i utworzenie zbiorów danych, zawierających zgeneralizowaną geometrię obiektów, odniesionych do skali prezentacji,
- nadanie obiektom, stanowiącym treść mapy, symboliki zgodnej ze wzorami znaków, stylami graficznymi i paletą barw,
- przeprowadzenie redakcji manualnej, polegającej na dokonaniu niezbędnych korekt geometrii elementów treści mapy,
- wniesienie dynamicznych etykiet zawierających nazwy i opisy obiektów
- wygenerowanie (na podstawie etykiet oraz treści atrybutów obiektów) niezbędnych opisów, wraz z ewentualnym ich uzupełnieniem,
- opracowanie elementów konstrukcji matematycznej arkusza oraz elementów pozaramkowych (w tym objaśnień znaków) i przygotowanie arkusza do wydruku.

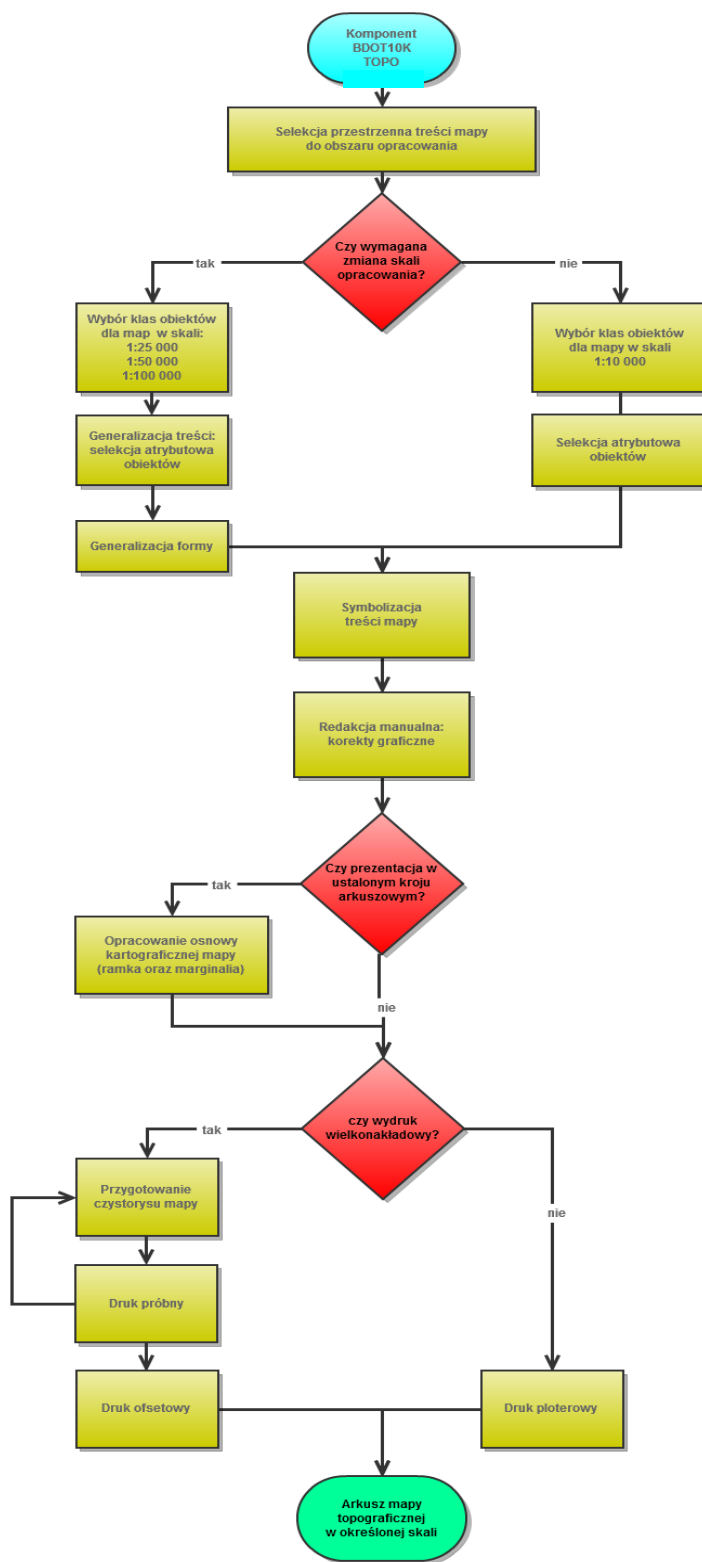


Ryc. 100. Porównanie wyniku wizualizacji danych topograficznych (góra) ze zredagowanym arkuszem mapy topograficznej (dół) (Gotlib, Olszewski, 2013)

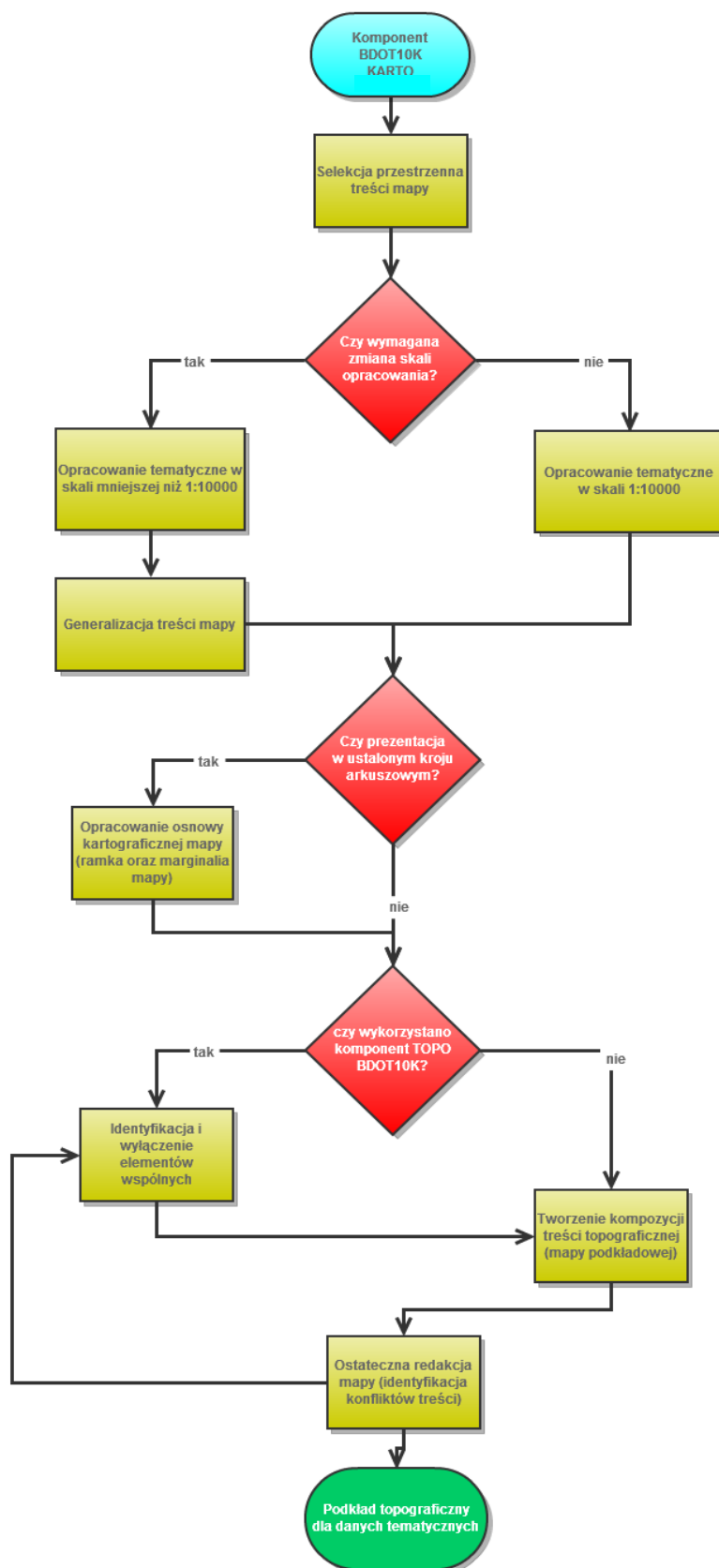
Najbardziej czasochłonny etap opracowania redakcyjnego polega na dokonaniu manualnych korekt redakcyjnych, które obejmują zarówno dyslokacje i kasowanie znaków w celu unikania wzajemnych kolizji, jak i edycję nazw i opisów. Obraz graficzny uzyskuje dzięki tym operacjom walor czytelności i jednoznaczności przekazu. Redakcyjne opracowanie mapy kończy proces generowania ramek arkusza, siatek i objaśnień znaków, a także wniesienie opisów wewnątrz- i pozaramkowych. Ostatnim etapem jest rasteryzacja i przygotowanie arkusza mapy do druku lub publikacji elektronicznej (Ryc. 101).

Dla kartograficznych opracowań tematycznych w technologii cyfrowej na etapie redakcyjno-przygotowawczym zwykle ma miejsce przygotowanie biblioteki znaków kartograficznych i stylów graficznych, przygotowanie zestawu czcionek i palety barw, zgodnych z opisaną systematyką obiektów. W przypadku drugiego scenariusza (Ryc. 102) po przygotowaniu podkładu ogólnogeograficznego następuje import zewnętrznych zbiorów baz danych do środowiska aplikacji GIS oraz ich integracja z danymi topograficznymi.

Analogicznie do scenariusza I na etapie opracowania oryginału wydawniczego redagowane są tzw. marginalia, a finalnie powstaje rastrowa lub wektorowo-rastrowa kopia mapy do publikacji.



Ryc. 101. Proces opracowania mapy topograficznej (Gotlib, Olszewski 2013)



Ryc. 102. Proces opracowania mapy tematycznej (Gotlib, Olszewski 2013)

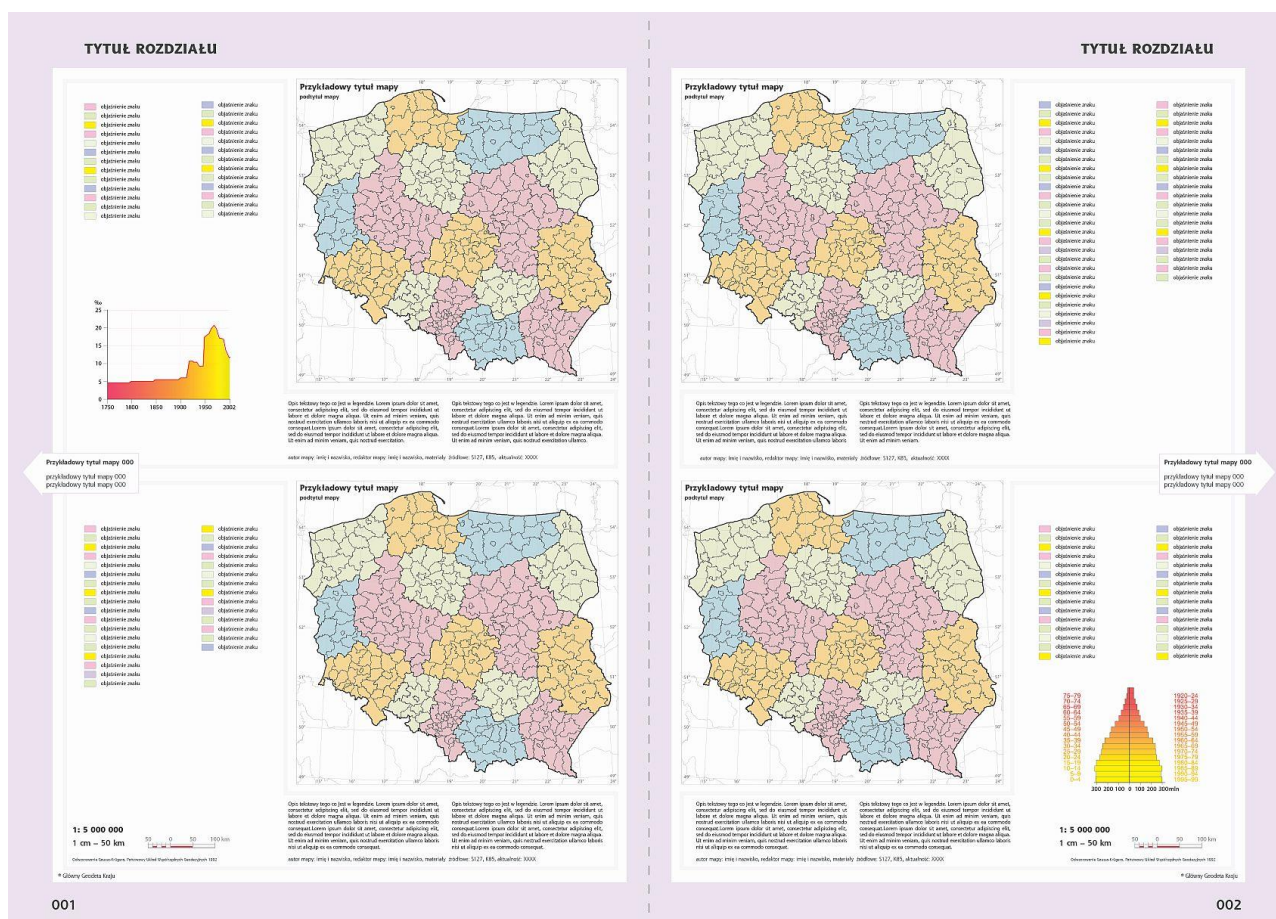
Poniżej omówiono zasady redagowania wybranych elementów kompozycji arkusza mapy.

5.2.2 Opracowanie kompozycji i elementów arkusza mapy ^②

Ważnym etapem redagowania mapy jest zaprojektowanie kompozycji mapy. Termin kompozycja pochodzi od łacińskiego słowa „*composito*”, co w języku polskim oznacza złożenie, układ. Wielki słownik języka polskiego definiuje kompozycję jako układ elementów tworzących pewną przemyślaną całość (<http://www.wsjp.pl>). Kompozycja ma zastosowanie w sztuce wizualnej oraz w innych dziedzinach z nią związanych, takich jak np. muzyka, architektura, grafika, literatura oraz kartografia. Wiele z tych dziedzin wykształciły specyficzne dla siebie zasady i układy kompozycyjne. Czerpały one i czerpią nadal z osiągnięć innych nauk. Dominuje tu geometria, z której wprowadzono do kompozycji symetrię lub np. złoty podział. Z historii sztuki znamy porządki architektoniczne, które bardzo ściśle określały zasady poprawnej kompozycji. Przykładem mogą być „porządki” architektury klasycznej.

W kartografii kompozycją mapy nazywamy zaplanowane rozmieszczenie części zasadniczych mapy na płaszczyźnie arkusza i zarządzanie hierarchią wizualną (Medyńska-Gulij 2015). Zatem, obejmuje ona nie tylko przestrzenne ułożenie elementów pozaramkowych mapy ale również nadanie im hierarchii wizualnej tzn. „umiejscowienie” na odpowiednich poziomach wizualnych. Końcowym rezultatem projektowania kompozycji mapy jest makieta mapy. Kompozycja najczęściej dotyczy wzajemnego ułożenia mapy głównej, której powierzchnia jest ograniczona ramką wewnętrzną oraz pozaramkowych elementów takich jak tytuł, skala, legenda, stopka wydawnicza, kartony, dodatkowe ilustracje, teksty objaśniające i informacje uzupełniające.

Kompozycje w kartografii nie mają sztywnych reguł dla różnych rodzajów map. Jednak w kilku ich przypadkach możemy mówić o pewnych zasadach, które należy uwzględniać przy projektowaniu kompozycji mapy. Każda nawet najprostsza mapa powinna zawierać następujące podstawowe elementy pozaramkowe: tytuł, legendę oraz skalę. Ułożenie kompozycji z tych trzech elementów względem mapy jest najprostszym zadaniem. Trudniejszym jest zaprojektowanie kompozycji map atlasowych bogatych w ilustracje, teksty objaśniające i informacje uzupełniające (Ryc. 103). Najbardziej złożone kompozycje, a jednocześnie w dużej mierze ujednolicone mają mapy wieloarkuszowe topograficzne oraz tematyczne, które oprócz wspomnianych wyżej elementów zawierają dodatkowe informacje takie jak godło, objaśnienia skrótów, schematy podziału arkuszy, kartony z informacją np. o podziale administracyjnym, itp. Na odbiór kompozycji wpływ ma nie tylko liczba dodatkowych elementów mapy, ale także przyjęta konwencja graficzna opracowania. Chodzi tu o ramki wewnętrzne i zewnętrzne ograniczające powierzchnię samej mapy oraz pola przeznaczonego na opis pozaramkowy. W przypadku opracowań pozbawionych ramek (tzw. mapy pływające lub wyspowe - kompozycja otwarta) dodatkowe elementy graficzne powinny być optycznie zamknięte w jedną całość. Natomiast kompozycja map wyposażonych w obie ramki wewnętrzną i zewnętrzną (kompozycja zamknięta) będzie przestrzenią ograniczoną a pozaramkowe elementy mapy powinny wyznaczać środek optyczny całego opracowania.

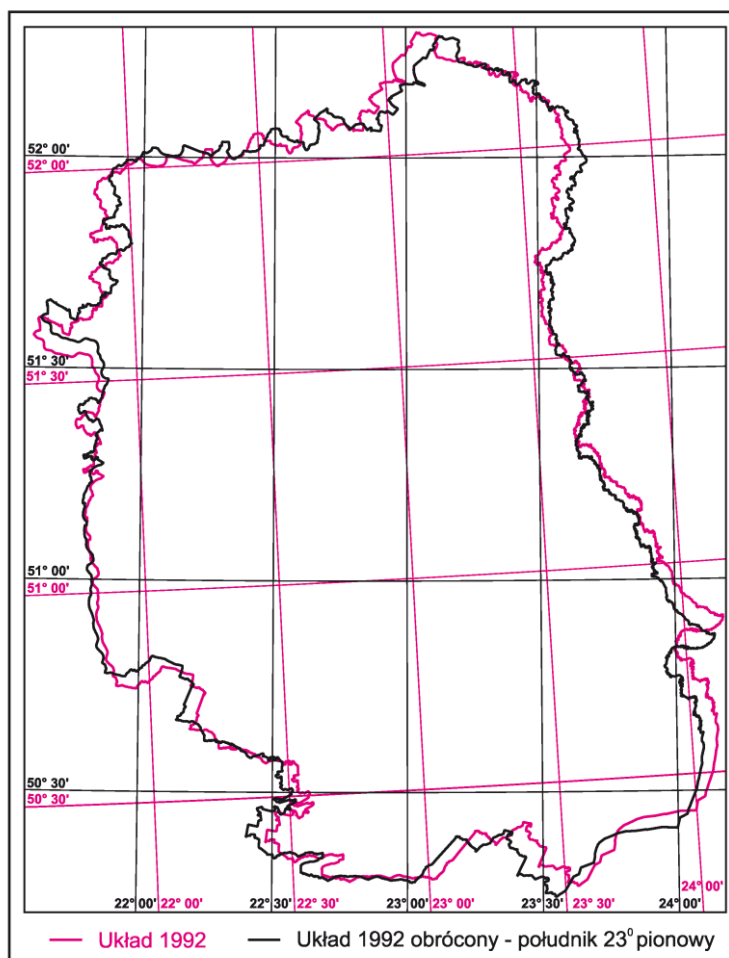


Ryc. 103. Przykład kompozycji planszy projektowanego Atlasu Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej (Głazewski, Kałamucki, Kowalski, Siwicki 2015)

Pierwszym etapem projektowania kompozycji mapy można nazwać etap przestrzenny. Polega ona na ułożeniu na określonym formacie wszystkich elementów pozaramkowych mapy. Etap ten składa się z kilku czynności. Najpierw należy ustalić format arkusza w przypadku map samoistnych (pojedynczych). Należy wówczas wziąć pod uwagę warunki techniczne (np. standardowe formaty papieru), estetyczne (wizualna równowaga kompozycji) oraz wymagania zasadnicze mające na celu prawidłowe przekazanie koncepcji mapy, zapewnienie jej wartości merytorycznej i wygodę posługiwania się nią. (Saliszczew 2002). W przypadku map umieszczonych w wydawnictwach zwartych (książkowych lub atlasowych) należy ustalić wielkość powierzchni przeznaczoną na mapę. Wielkość ta jest uzależniona od rozmiaru, kształtu oraz orientacji przedstawianego na mapie obszaru oraz od przyjętego odwzorowania i skali mapy. Wiadomym jest, że im większa skala tym prezentowany obszar będzie zajmował większą powierzchnię na mapie. Natomiast mniejszą powierzchnię zajmą obszary zwarte, zbliżone kształtem do okręgu lub kwadratu. Przyjęte odwzorowanie wpływa także na wielkość powierzchni mapy. Najbardziej je powiększają odwzorowania wiernokątne lub środkowe.

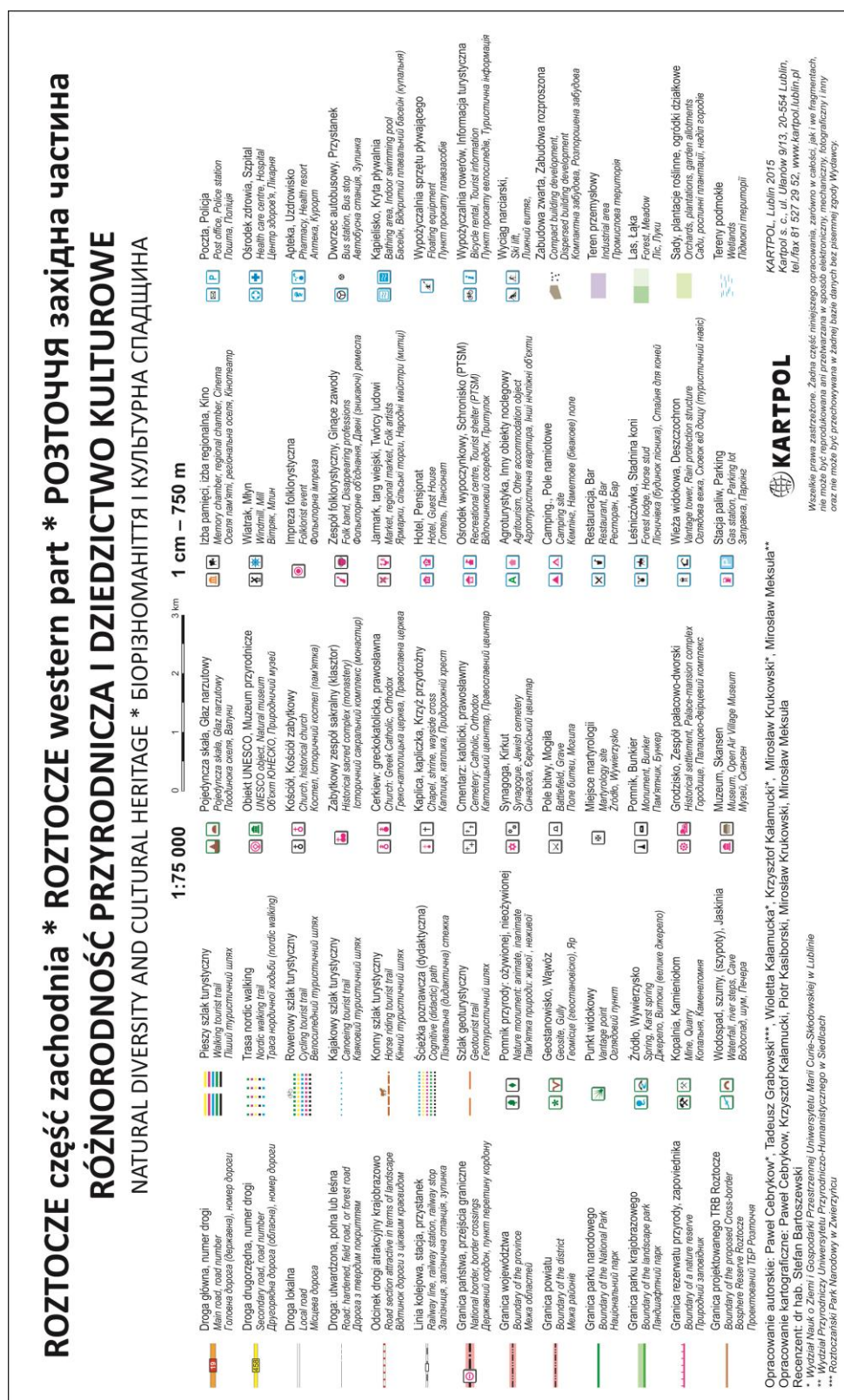
Kolejną czynnością jest ustalenie orientacji mapy. Ma ona również wpływ na wielkość powierzchni zajętej przez mapę. Standardem jest aby południk środkowy lub jeden z dwóch sąsiednich miał orientację pionową. Wówczas ramki pionowe mapy przynajmniej w przybliżeniu pokazują czytelnikowi prawidłową orientację mapy. Jakie są różnice w orientacji mapy przy zastosowaniu tego samego odwzorowania pokazuje ryc. 104. Niestety, coraz częściej spotykamy mapy, które warunek ten nie zachowują. Najczęściej dotyczy to map obszarów położonych na granicach stref odwzorowawczych. Ich północna orientacja jest obrócona o niewielki kąt wskutek na przykład przyjęcia jako podstawy do wyznaczenia orientacji mapy siatki topograficznej a nie siatki kartograficznej. W przypadku map wieloarkuszowych najlepszym rozwiązaniem i najczęściej

stosowanym jest cięcie arkuszy map według siatki kartograficznej. Wówczas lewa i prawa ramka mapy wyznacza przybliżoną orientację północ – południe.



Ryc. 104. Różnice w orientacji mapy w wyniku braku pionowej orientacji południka środkowego (opracowanie własne)

Następnym ważnym krokiem w projektowaniu kompozycji jest rozmieszczenie dodatkowych elementów pozaramkowych w stosunku do mapy głównej. Najważniejsze jest umiejscowienie legendy. Powinna ona znajdować się jak najbliżej mapy, gdyż jest wykorzystywana w procesie czytania i identyfikacji użytych na mapie znaków umownych. Zwykle umiejscawia się ją po prawej stronie mapy lub poniżej treści kartograficznej. Należy tu podkreślić, że zarówno merytoryczne jak i graficzne opracowanie legendy jest niezwykle ważnym zadaniem. Legenda, ze względu na jej złożoność (patrz rozdz. 5.2.3) powinna mieć także przemyślaną kompozycję. Dla map tematycznych nierzadko opracowuje się bardzo skomplikowaną i rozbudowaną tematycznie legendę zawierającą objaśnienia dla ponad 100 różnych znaków (ryc. 105). Korzystanie z takiej legendy bez jej poprawnej kompozycji może być bardzo utrudnione. W bliskim sąsiedztwie legendy powinien być umiejscowiony tytuł mapy oraz skala. Nie jest to jednak warunek konieczny. Często można spotkać przykłady kompozycji odstępujące od tej reguły.



Ryc. 105. Przykład rozbudowanej legendy mapy tematycznej
(Cebrykow, Grabowski, Kałamucka, Kałamucki 2016)

Kolejnym krokiem projektowania kompozycji mapy jest rozmieszczenie pozostałych elementów pozaramkowych. Ich ułożenie jest uzależnione od liczby elementów oraz od wielkości każdego z nich. Mniej ważne elementy takie jak informacja o roku wydania i roku aktualizacji mapy mogą być umiejscowione w narożnikach. Natomiast inne elementy mogą być rozmieszczone dowolnie wypełniając wolne przestrzenie arkusza mapy. Ważne jest aby wszystkie te elementy tworzyły zwartą kompozycję, zachowywały ład przestrzenny oraz nie wprowadzały wrażenia chaosu.

Drugi etap projektowania kompozycji mapy można nazwać etapem wizualnym. Polega on na zdefiniowaniu ważności poszczególnych pozaramkowych elementów mapy na kilku poziomach wizualnych (poziomach postrzegania). Jest to hierarchia wizualna lub hierarchia organizacyjna (Gulij-Medyńska, 2015). Wszystkie elementy pozaramkowe łączone są w trzy, lub cztery grupy (poziomy) różniące się pod względem znaczeniowym. Następnie nadaje się im taki wyraz graficzny aby elementy w grupie pierwszej, najważniejszej były postrzegane jako poziom pierwszy, a następnie elementy w grupie drugiej jako poziom drugi, dalej jako trzeci, itd. Do elementów poziomu pierwszego zaliczane są elementy tematyczne treści mapy. Powinny być one najbardziej widoczne i najłatwiej postrzegane. Drugi poziom wizualny dotyczy legendy i tytułu. Z kolei trzeci poziom powinien objąć skalę mapy, dodatkowe kartony i teksty objaśniające oraz inne elementy. Na najniższym poziomie winny znaleźć się elementy sytuacyjne (podkładowe, referencyjne) treści mapy. Zaproponowana hierarchia wizualna (organizacyjna) elementów treści mapy i elementów pozaramkowych może być dowolnie modyfikowana w zależności od celów mapy jej przeznaczenia i funkcji. Dobrze przemyślana i graficznie prawidłowo wykonana zapewni pozytywny odbiór treści mapy.

5.2.3 Legenda mapy[®]

Legenda mapy jest zaliczana przez jednych autorów do oznaczeń pomocniczych, przez innych do elementów objaśniających, czy opisu pozaramkowego. Legenda mapy jest często nazywana jako: „objaśnienia znaków”, „znaczenie znaków”, „zbiór, klucz lub tablica znaków umownych” lub po prostu „objaśnienia” (Saliszczew 2002, Gaebler 1968, Grygorenko 1970). Takie zdefiniowanie legendy jest dużym uproszczeniem i sugeruje, że spełnia ona jedynie funkcję objaśniającą znaczenia znaków użytych na mapie.

Ważne jest aby legenda zawierała możliwie jak najwięcej informacji, pomagających użytkownikowi mapy poprawne i pełne z niej korzystanie. Według tej opinii legenda oprócz znaków umownych i ich objaśnień, powinna zawierać takie informacje jak: tytuł, autora, skalę, odwzorowanie kartograficzne, materiały źródłowe i ich aktualność, itp. (Szaflarski 1965, Muehrcke i in. 2001).

Legenda na mapie pełni szereg funkcji. Pomaga czytelnikowi odczytać intencje autora mapy dotyczące prezentowanego problemu, ułatwia odróżnić zagadnienia ważne od mniej istotnych. Poprawnie skonstruowana legenda zapewnia mapie przejrzystość i czytelność, co w konsekwencji stanowi o jej sprawności jako środka przekazu kartograficznego. Legenda może służyć pomocą autorom innych map, którzy często korzystają z rozwiązań wcześniej już stosowanych i zaprezentowanych w legendzie (Kałamucki 2005b).

Znaczenie legendy należy rozpatrywać zarówno z punktu widzenia twórcy mapy jak i jej użytkownika. Problem ten był dostrzegany już prawie pięćdziesiąt lat temu. Według Gaeblera (1968) kształtowanie legendy nie może być traktowane przez redaktorów jako zło konieczne, lecz powinno iść w parze z tematyczną znajomością rzeczy i umiejętnością wycucia kartograficznego.

Dla twórców map legenda ma wyrażać całą koncepcję mapy. Od niej powinno rozpoczynać się redagowanie mapy i do niej autor powinien się odwoływać na każdym etapie tworzenia dzieła kartograficznego. Najpierw autor ma wizję mapy. Aby ją zaprezentować używa kodu (szyfru) w postaci znaków umownych. Problem tkwi w tym, aby kodowanie informacji na mapie w formie znaku przebiegało z uwzględnieniem wszystkich wymogów teorii informacji i znaku graficznego. Nie chodzi tu bynajmniej o utajnienie informacji na mapie, a wręcz przeciwnie, powinno prowadzić to do prostego, łatwego, pełnego i przejrzystego jej przedstawienia w sposób graficzny na mapie. Zbyt często, nie słusznie wydaje się kartografom, że przyjęty sposób kodowania informacji jest poprawny i tym samym łatwy do odczytania przez użytkownika. W rezultacie to nie legenda jest winna błędnie odczytanej informacji ale sam sposób zaszyfrowania tej informacji w znaku na mapie. Legenda powinna ułatwiać i przyspieszać rozszyfrowanie oraz wyjaśnienie przyjętego

kodu. Tak więc legenda z punktu widzenia kartografa powinna wskazywać na sposób zaszyfrowania informacji na mapie.

Inną funkcję pełni legenda dla użytkownika mapy. Dzięki niej czytelnik szybko dowiaduje się o zakresie treści na mapie i sposobach jej graficznej prezentacji. Pełni ona funkcję podobną do spisu treści w książce. W procesie czytania mapy jednym z pierwszych jej etapów powinna być identyfikacja symboli użytych na mapie. Proces ten jest zwykle dość intuicyjny w szczególności, gdy znaki umowne (symbole) są oczywiste (zrozumiałe). Na tym etapie korzystanie z legendy jest minimalne. Ta sytuacja często sprzyja powstawaniu wielu nieświadomych błędów przy czytaniu mapy. Użytkownicy raczej z konieczności korzystają z legendy dopiero wówczas, gdy nie mogą poradzić sobie z samodzielnym rozszyfrowaniem informacji „ukrytej” w znaku umownym. Wówczas legenda spełnia rolę „koła ratunkowego” które wyprowadza czytelnika z błędnej interpretacji mapy. Jednak w procesie czytania mapy jej użytkownik powinien najpierw korzystać z legendy, potwierdzając przyjęte przez siebie znaczenie znanych symboli i rozpoznając znaczenie znaków nieznanych.

Opracowanie legendy należy do najważniejszego etapu redagowania mapy. W literaturze brak jest jednoznacznego poglądu kiedy należy opracowywać i konstruować legendę. Jedni uważają, że wykonanie legendy należy do jednych z pierwszych etapów prac redakcyjnych, inni natomiast twierdzą, że jej konstruowanie należy do ostatnich etapów tworzenia mapy (np. Ratajski 1989, Paślawski 1992). Niejednolitość stanowisk jest uzasadniona różnorodnością map pod względem tematu, bogactwa treści, jej przestrzennego rozmieszczenia i stopniem zróżnicowania.

W przypadku prostych map tematycznych, prezentujących jedną lub dwie cechy jakościowe, wydaje się, że nie ma znaczenia, kiedy legenda będzie zaprojektowana i wykonana, gdyż z powyższych względów będzie ona mało skomplikowana i jednocześnie łatwa w zrozumieniu.

Jeżeli natomiast uwzględnimy fakt, że legenda mapy jest czymś więcej niż objaśnieniem znaków, to budowanie jej koncepcji i graficzne wykonanie powinno być prowadzone równolegle z redakcją samej mapy. Wówczas legenda odda charakter mapy, uwypukli istotne treści, ukaże jej strukturę oraz wzajemne powiązania obiektów i zjawisk. Wczesne projektowanie legendy zagwarantuje jej poprawność pod względem merytorycznym i graficznym. Jednocześnie będzie ona pomocna w kolejnych etapach redagowania mapy.

Projektowanie legendy zwykle rozpoczyna się od analizy zakresu treści. Najpierw należy uwzględnić wszystkie jej elementy. Następnie należy dokonać klasyfikacji treści, która ma doprowadzić do jej uporządkowania i zhierarchizowania. Poprawny wybór kryteriów klasyfikacji wymaga dobrej znajomości zagadnień, które będą prezentowane na mapie. One to decydują o wyborze odpowiednich systemów klasyfikacyjnych, które są stosowane w danej dziedzinie wiedzy. Kolejnym etapem jest zaprojektowanie do danej klasyfikacji systemu znaków uwzględniający hierarchiczność treści. Przy projektowaniu systemu znaków umownych wykorzystuje się zmienne graficzne (kształt, wielkość, orientacja, barwa, jasność, nasycenie, deseń). Ustala się znaki przewodnie i pochodne od nich. Jest to niezwykle ważny etap w projektowaniu legendy. Następuje tu proces kodowania informacji w postać graficzną. Kolejnym etapem redagowania legendy jest formułowanie objaśnień tekstowych. Objasnienia te rozszyfrowują informację zawartą w znaku graficznym. Od jasności, zwięzłości i jednoznaczności tekstów objaśniających zależy skuteczność legendy w procesie czytania mapy.

Ostatnim etapem jest wykonanie techniczne legendy. Dotychczas brak jest jednoznacznie przyjętych kryteriów, które mogą decydować o ostatecznym układzie legendy. Można tu wziąć pod uwagę hierarchiczność treści, logiczne uporządkowanie lub formę graficzną znaków. O kolejności ułożenia znaków w legendzie decyduje najczęściej wcześniej wspomniana hierarchizacja treści. Najpierw należy umieszczać znaki prezentujące najważniejsze informacje. W dalszej kolejności umiejscawia się znaki (informacje) mniej ważne. Na końcu dołącza się znaki wyjaśniające elementy podkładowe mapy (Kałamucki 2005b)

Innym kryterium ułożenia znaków w legendzie jest graficzny wyraz znaku (rodzaj znaku). Według tego kryterium wszystkie znaki łączy się w grupy znaków liniowych, punktowych i powierzchniowych. O kolejności znaków w obrębie w/w grup decyduje ich ranga. Znaki w legendzie powinny cechować logiczne uporządkowanie.

Podstawowa zasada, którą powinien kierować się redaktor mapy przy wyborze znaków do legendy mówi, że żaden znak, którego znaczenie nie jest samo przez się zrozumiałe, nie może być umieszczony na mapie bez objaśnienia go w legendzie (Robinson i inni, 1989). Chodzi tu o najważniejszą cechę legendy mianowicie kompletność. Problem istnieje w tym, które znaki należy uznać za powszechnie zrozumiałe. Decyduje o tym redaktor, często intuicyjnie, a czasami przypadkowo. Oczywiście występują znaki na mapie, które są powszechnie rozpoznawane i rozumiane jest ich znaczenie, ale jest i wiele takich, których jednoznaczne rozpoznawanie jest wątpliwe. W wątpliwych przypadkach należy zawsze wyjaśniać w legendzie znaczenie znaku umownego.

5.2.4 Zasady opisywania map nazwami i skrótami ^①

Jedną z ważniejszych konwencji stosowanych w kartografii jest zestaw zasad opisywania (nazwami własnymi i skrótami objaśniającymi) elementów treści map. Pewne zasady szczegółowe przyjęto także oddzielnie do trzech typów geometrycznych znaków, jednak zasady ogólne dotyczą wszystkich opisów.

Cechy graficzne opisu (barwa, krój pisma, wielkość czcionki) powinny jednoznacznie wskazywać na przyporządkowanie nazwy bądź skrótu do określonej kategorii treści mapy. Stosuje się tu zasadę kontynuacji barwy przewodniej użytej w prezentacji samych obiektów (np. niebieskie opisy wód, zielone opisy obiektów przyrodniczych).

Należy unikać konfliktów graficznych napisów ze znakami kartograficznymi, a jeśli takie konflikty występują - stosować zabieg maskowania treści o barwie zbliżonej do barwy tekstu. Ponieważ maskowanie utrudnia odbiór znaku kartograficznego, powinno być ograniczone do minimum. Maskowanie dotyczy znaków powierzchniowych (najczęściej ich konturów) i liniowych, nie powinno obejmować sygnatur punktowych.

Stosowane w grafice zasady kierunkowości opisów mają zastosowanie również w kartografii, tak więc nazwy poziome opisuje się zwykle równolegle do równoleżników (na mapach małoskalowych) lub równolegle do dolnej/górnej ramki (na mapach wielkoskalowych). Natomiast nazwy przebiegające pionowo, położone po lewej stronie opracowania i w jego centrum, opisuje się tekstem czytelnym z dołu do góry, a te położone po prawej stronie opracowania - odwrotnie. Obiekty liniowe opisuje się zwykle zgodnie z ich przebiegiem, najlepiej nad znakiem, czasem w osi znaku (jak np. warstwie) w miejscach pozbawionych ostrych załamań. Opis wysokości warstwic dodatkowo spełnia rolę informacyjną związaną z interpretacją rzeźby terenu, ponieważ jest sytuowany zawsze podstawą w kierunku obniżenia stoku.

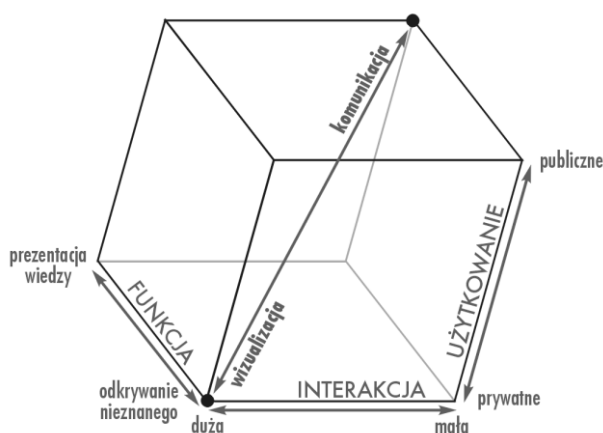
Opisy obiektów powierzchniowych, często wprowadza się poziomo, a te przebiegające skośnie należy umieszczać wzdłuż krzywych, nigdy wzdłuż prostych. Opisy i nazwy odnoszące się do rozległych obiektów powinny obejmować swoim zasięgiem cały obszar obiektu. Jeśli umieszcza się je krzywoliniowo, to znaki opisu (np. litery nazwy) powinny być rozłożone równomiernie wzdłuż dłuższej osi opisywanego obiektu powierzchniowego.

Wnoszenie na mapę nazw i opisów obiektów według przytoczonych zasad zapewni ich poprawną czytelność i zabezpieczy czytelnika przed wrażeniem braku uporządkowania graficznego, którym to uporządkowaniem, jak i zrównoważeniem, powinna cechować się każda prezentacja kartograficzna.

5.3 Multimedialne opracowania kartograficzne ^③

5.3.1 Multimedia w kartografii

Mapy, zgodnie z teorią przekazu informacji, pełnią tradycyjną rolę komunikacyjną, służąc przekazywaniu wiedzy o przestrzeni geograficznej. Z punktu widzenia użytkownika każda mapa pełni rolę poznawczą – służy do badania, odkrywania faktów, zależności przestrzennych, następstw przyczynowo-skutkowych. Druga z wymienionych – funkcja poznawcza geoprezentacji nabiera szczególnego znaczenia, jeśli weźmie się pod uwagę rewolucyjne zmiany warsztatu kartograficznego. To właśnie rozwój technologii cyfrowej zmienił zakres zadań kartografii i umożliwił użytkownikom geoinformacji samodzielną pracę – redagowanie map na własny użytek, w sposób interaktywny, w celu stymulowania myślenia i odkrywania świata. Kraak (1998) nazywa tę metodę badań **kartografią poszukiwawczą** (exploratory cartography) i stawia ją w opozycji do kartografii tradycyjnej: prezentacyjnej, publicznej (skrajne wierzchołki sześcianu użytkowania map na ryc. XIII-5).



Ryc. 106. Przestrzeń użytkowania map (MacEachren, Kraak 1998)

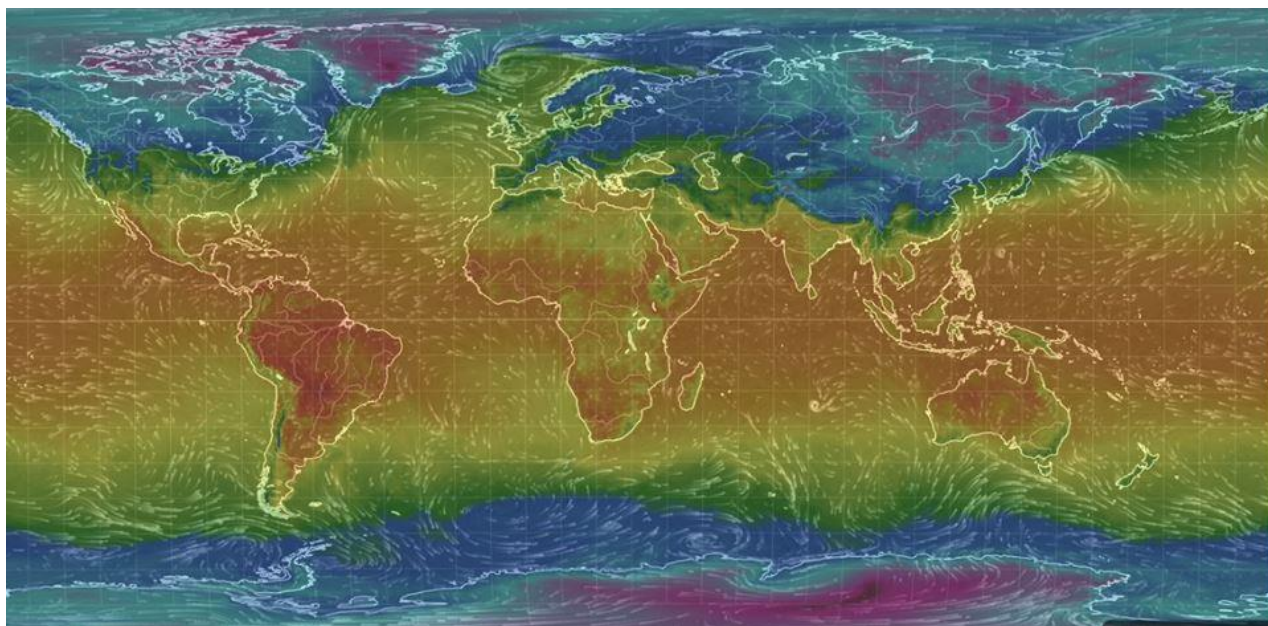
Istotą kartografii poszukiwawczej jest graficzne, dynamiczne i interaktywne ukazanie geoinformacji zgromadzonej w bazie danych i zazwyczaj wiąże się ją z pojęciem **wizualizacji kartograficznej** (zdefiniowanej w rodz. 1.8).

Pod hasłem **systemu multimedialnego** rozumie się *dowolny* system teleinformatyczny zdolny do przetwarzania, archiwizacji i dystrybucji danych w postaci dźwięku, ruchomych obrazów, fotografii, grafiki komputerowej i tekstów (PWN 1999). W takim systemie informatycznym niezbędna jest zarówno możliwość gromadzenia różnych postaci informacji w jednolitej bazie danych jak i udostępniania ich za pomocą urządzeń wyjściowych (monitor, głośniki, drukarka). Ze względu na wielowymiarowość prezentacji multimedialnych oraz konieczność integracji różnych kanałów informacji niezbywalną ich własnością jest interaktywność.

Interaktywność w systemie komputerowym polega na oddziaływaniu użytkownika (np. za pomocą myszy, klawiatury, joysticka) na przebieg realizacji programu komputerowego. W przypadku prezentacji graficznych, w tym kartograficznych, interaktywność może być własnością nie tylko aplikacji wykorzystywanej do ich wyświetlania, ale także poszczególnych elementów obrazu właściwego.

W sensie technicznym interakcja jest rodzajem nadzorowanej zmienności (akcji), jednocześnie bardziej zaawansowanym niż automatyczny – konwersacyjnym trybem wyświetlania. W aspekcie poznawczym klasyczny przekaz kartograficzny ma charakter aczasowy, czyli zgodnie ze słynną teorią Marshalla McLuhana (1964) byłby zakwalifikowany jako medium gorące, tak jak gazeta i dzisiejszy internet. Geoprezentacje dynamiczne jednak z narzuconą sekwencyjnością bliskie są mediom określanym jako zimne, jak telewizja czy kino – zakres swobody odbiorcy (widza) jest znikomy. Stąd tak istotne w przypadku prezentacji dynamicznych wyposażenie ich w narzędzia

kontroli i elementy aktywne, które zwalniają odbiorcę z konieczności oglądania spreparowanych szeregowo scen.



Ryc. 107. Animowana i interaktywna wizualizacja siły wiatru – wykorzystano dynamiczny kartodiagram wektorowy potokowy średnich kierunków i siły wiatrów (Earth Nullschool 2015)

Zakres funkcjonowania interaktywnych prezentacji kartograficznych może być bardzo szeroki: od konstrukcji zamkniętych przeznaczonych do automatycznego wyświetlenia (z ewentualną możliwością zatrzymania prezentacji tzw. stopklatki) poprzez wizualizacje uzupełnione funkcjami sterującymi (np. przewijanie poklatkowe, cofanie, powiększenia widoku) aż po prezentacje wyposażone w narzędzia kontroli parametrów prezentacji i aktywne elementy obrazu. Każdy aktywny element prezentacji (przycisk sterujący, element legendy, znak na mapie, opis mapy) może wywoływać określoną akcję (uruchomienie predefiniowanej funkcji) lub też może mieć charakter **hiperłącza** (hiperlink – odniesienia do innej części prezentacji (np. tekstu, dźwięku, obrazu) lub przeniesienia do innego dokumentu w systemie informacyjnym. Szczególnym rodzajem hiperłączy są odnośniki kierujące do dokumentów w zasobach sieciowych (np. w internecie lub intranecie). **Nawigacja hipermedialna** jest jako funkcja interfejsu użytkownika (hipertekstu, hipermapy itp.) często traktowana na równi z dynamicznością, interaktywnością i multimedialnością prezentacji (MacEachren 1998).

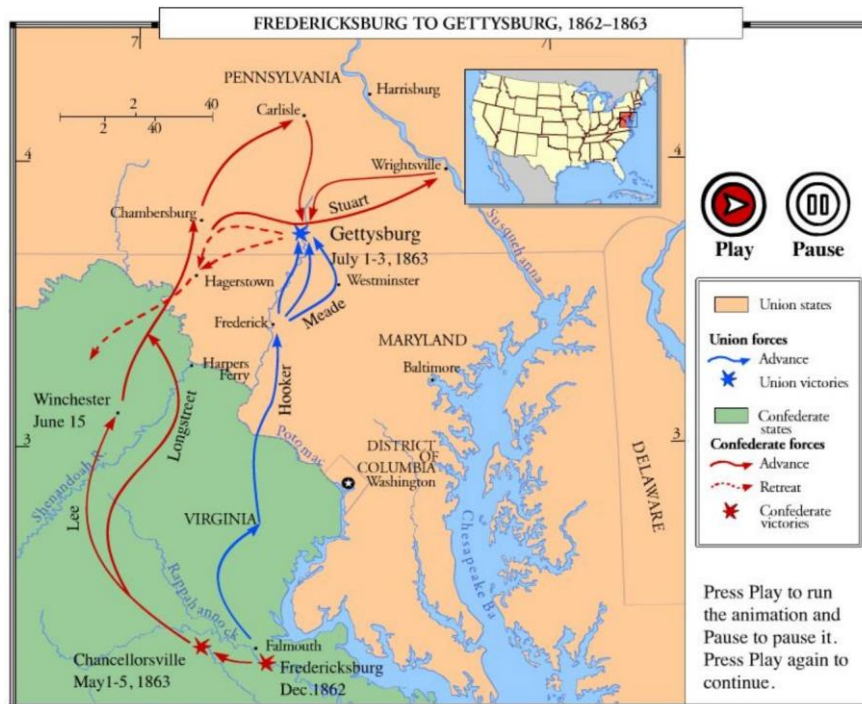
Geoprezentacje interaktywne będące elementem systemu informacyjnego mogą mieć ponadto powiązanie z bazą danych oraz możliwość wywołania funkcji analiz graficznych i statystycznych. Przy tak wysokim stopniu interaktywności częstokroć niemożliwe staje się określenie granic pojedynczej prezentacji, która w sposób nadzorowany może być modelowana w dowolnym zakresie: postaci i prezentowanej treści. Określenie zasad kontroli prezentacji jest najtrudniejszym etapem jej redagowania i wiąże się z opracowaniem scenariusza użytkowania.

W przypadku geoprezentacji multimedialnych centralnym kanałem komunikacyjnym jest zwykle obraz kartograficzny. Celem wykorzystania środków multimedialnych jest wspomaganie percepcji przekazu. Jednak jak się okazuje atrakcyjność środków formalnych przytłacza niejednokrotnie użytkownika, który nie jest w stanie prawidłowo interpretować treści przekazu. Wskazują na to badania zachowań użytkowników produktów multimedialnych przeprowadzone przez Cartwrighta (1998). Pozostaje więc zachowanie dużej rozwagi na etapie projektowania prezentacji a przede wszystkim jasne określenie celu, do jakiego media uzupełniające mają być wykorzystane.

Korzyści z zastosowania multimedii, w prezentacjach dynamicznych są jednak niepodważalne i płyną głównie z faktu odciążenia obrazu i wyniesienia części informacji poza pole widzenia użytkownika. Nośnikiem tej uzupełniającej informacji np. komentarzy może być dźwięk. Efekty

dźwiękowe mogą sygnalizować kluczowe momenty animacji, wskazywać na stan prezentowanych zjawisk zarówno sygnałami umownymi jak i dźwiękami naśladującymi rzeczywiste odgłosy, np. działań wojennych (Ryc. 108). Może to być także odczytywany przez lektora tekst uzupełniający legendę lub melodia związana skojarzeniowo z danym obiektem geograficznym.

We współczesnych systemach informacji geograficznej istnieją różne możliwości gromadzenia multimediów. Bardzo korzystnym przejawem integrowania różnych danych są połączenia modelu wektorowego i rastrowego zapisu danych przestrzennych oraz zagnieżdżania w bazie danych wielorakich dokumentów: tekstów, arkuszy kalkulacyjnych, filmów wideo i animacji. Dostępne z poziomu macierzystej aplikacji (edytora tekstów, programu graficznego, syntezy dźwięków) oraz z bazy danych mogą być elastycznie modyfikowane.



Ryc. 108. Obraz animowany z elementami multimedialnymi

Zalety geoprezentacji multimedialnych to przede wszystkim zwiększenie efektywności i atrakcyjności obrazowania przeobrażeń rzeczywistości (dokumentacja, monitoring) oraz możliwość symulacji lub prognozowania stanów wybranych elementów przestrzeni geograficznej. Dodatkowymi polami zastosowań są: generalizacje zjawisk geograficznych o różnej rozpiętości przestrzennej i czasowej, prezentacje zjawisk w kontekście naturalnego otoczenia (w relacji do innych zjawisk) oraz obrazowanie korelacji pomiędzy zjawiskami.

5.3.2 Wielowymiarowe prezentacje kartograficzne

Współczesna kartografia dzięki upowszechnieniu techniki cyfrowej w szerszym niż dawniej zakresie wykorzystuje wielowymiarowe przedstawienia przestrzeni geograficznej. W tradycyjnej kartografii przykładami trójwymiarowych opracowań kartograficznych były głównie mapy plastyczne oraz globusy. Obecnie zaawansowane aplikacje komputerowe umożliwiają precyzyjne i elastyczne modelowanie obiektów rzeczywistych w czterech wymiarach – w dowolnej perspektywie przestrzennej wyrażonej współrzędnymi X, Y, Z (lub B, L i H) i w wymiarze czasu. Przedstawiona w rozdz. 3. propozycja poszerzenia klasyfikacji metod prezentacji kartograficznej (podzbiór metod perspektywicznych) wynika właśnie z dostępności trójwymiarowych technik prezentacyjnych. Techniczne aspekty reprezentacji trzech wymiarów przestrzeni zostaną omówione zarówno w kontekście modelu danych, jak i metod prezentacji tegoż modelu (rozdz. 3.4.3).

Modelowanie trójwymiarowe przestrzeni geograficznej nie byłoby możliwe bez wydajnych technik pomiarowych. Poza tradycyjnym pomiarem geodezyjnym (np. z użyciem stolika topograficznego) do zbudowania modelu 3D można wykorzystać zdjęcia lotnicze oraz skanowanie laserowe (Lidar). Każdą z technik pomiarowych cechuje inna rozdzielczość przestrzenna (średnie odległości pomiędzy punktami pomiarowymi) oraz dokładność określenia położenia pojedynczego punktu. Najdokładniejszy (poniżej centymetra) jest pomiar geodezyjny, ale wiąże się z największym kosztem pozyskania pojedynczego punktu. W przypadku pomiarów fotogrametrycznych rozdzielczość przestrzenna i dokładność jest uzależniona od skali zdjęcia źródłowego (a zatem od rozmiaru terenowego piksela). Z kolei skanowanie laserowe dające dokładność rzędu kilkudziesięciu centymetrów i centymetrową gęstość punktów w przeliczeniu na jeden punkt pomiarowy jest zdecydowanie najtańsze. Dodatkową zaletą tej techniki pomiarowej jest możliwość ekstrakcji modelowanej powierzchni. Po przeprowadzeniu klasyfikacji punktów, możliwej dzięki uwzględnieniu zmienności pochłaniania, odbicia i rozpraszania impulsu laserowego na mierzonej powierzchni, następuje ekstrakcja modeli: numerycznego modelu terenu, modelu pokrycia terenu i uproszczonego modelu zabudowy. W większości opracowań kartograficznych korzysta się z numerycznych modeli terenu lub też, w kartografii tematycznej, z modeli powierzchni statystycznych.

Zarówno dla dalszego przetwarzania modelu, jak i podczas redagowania prezentacji kluczowy jest dobór źródła danych o odpowiedniej rozdzielczości przestrzennej. Jeśli zachodzi potrzeba zmniejszenia rozdzielczości dla opracowania w mniejszej skali, to operację taką zwykle wykonuje się na etapie transformacji modelu nieregularnego do modelu regularnego (rozdz. 4.1.3). Dobór metody interpolacji sieci regularnej i jej parametrów jest pierwszym etapem dopasowania modelu do prezentacji. Operacja ta jest zwykle konieczna, ponieważ w większości aplikacji wizualizacja generowana jest bezpośrednio na modelu gridowym. Drugim etapem, jest opcjonalna redukcja wymiarów modelu.

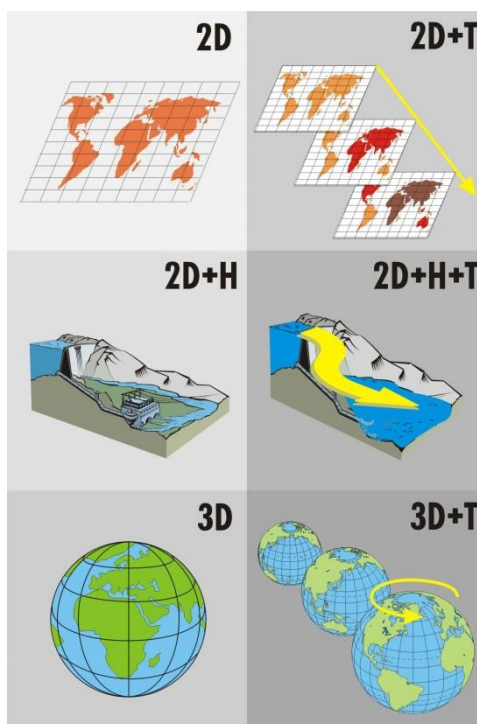
Formę prezentacji charakteryzować może mniejsza liczba wymiarów niż ta zdefiniowana dla modelu źródłowego - zależy ona od przeznaczenia, zakresu treści prezentacji i jej skali, a więc jest uwarunkowana podobnie jak generalizacja kartograficzna. I tak numeryczny model terenu może być źródłem prezentacji rzeźby terenu metodą izoliniową zarówno na arkuszu mapy topograficznej, jak i w wirtualnej przestrzeni trójwymiarowej. W zależności od zastosowanej metody prezentacji odczyt wartości wysokości może być dokładny (metoda izoliniowa), przybliżony (kreski Lehmana) lub zredukowany do skali nominalnej (w metodzie kopczykowej).

Specyficznym sposobem odwzorowania relacji metrycznych modelu 3D, są prezentacje pseudotrójwymiarowe. Są to: rzuty perspektywiczne, aksonometrie, stereogramy czy anaglify. W literaturze tego typu wizualizacje oznacza się czasem symbolem „2,5D”. Jednak bardziej uzasadniony byłby zapis „2D+H”, który podkreśla fakt separacji podprzestrzeni 2D (płaszczyzny obrazu) i H (np. wysokości n.p.m.), których suma nie jest tożsama z przestrzenią 3D (Buczkowski, Nowak 1997). W procesie percepcji dzięki zjawiskom perspektywy, światłocienia lub innych złudzeń optycznych generowany jest w wyobraźni odbiorcy mentalny model trójwymiarowy - model, który jest niemetryczny, a dodatkowo może powodować zaburzenie niektórych relacji topologicznych. Techniki pseudotrójwymiarowe są mimo oczywistych ograniczeń chętnie stosowane w materiałach dydaktycznych i opracowaniach popularnonaukowych dzięki niezwyklej pogładowości.

Rzeczywiste odwzorowanie trójwymiarowej przestrzeni geograficznej zapewniają wyłącznie **modele materialne** - fizyczne, takie jak mapy plastyczne, globusy czy reliefy. Ale zdecydowanie większą efektywnością użytkową niż modele analogowe charakteryzują się modele cyfrowe i ich trójwymiarowe zobrazowania. Warunkiem zakwalifikowania geoprezentacji do grupy trójwymiarowych (3D) jest związana z modelem osnowa funkcjonalna tj. zestaw interaktywnych narzędzi umożliwiających użytkownikowi ogląd i pomiar w trzech wymiarach. Najczęściej modelowanym elementem przestrzeni jest rzeźba terenu lub powierzchnia terenu (wraz z

rejestrowanymi obiektami, jak budowle, roślinność itp.). Reprezentacja obiektów topograficznych może mieć charakter kartograficzny, tj. znakowy, lub obrazowy. Materiały fotogrametryczne, zwykle ortofotomapa, są także znakomitym uzupełnieniem prezentacji kartograficznej w **geoprezentacjach hybrydowych**. W przypadku uzupełniających komponentów obrazowych ich dobór powinien odpowiadać skali prezentacji. Pomocna przy tym może być klasyfikacja modeli obrazowych wg ich szczegółowości.

Do każdej z prezentacji statycznych 2D, 2D+H i 3D – pierwsza kolumna) można dodać wymiar czasowy (Ryc. 109). Otrzymane w ten sposób formy prezentacji będą dynamicznymi odpowiednikami map, rzutów i prezentacji trójwymiarowych.



Ryc. 109. Wymiary prezentacyjne modelu przestrzeni geograficznej (Kowalski 2003)

5.3.3 Geoprezentacje dynamiczne i interaktywne

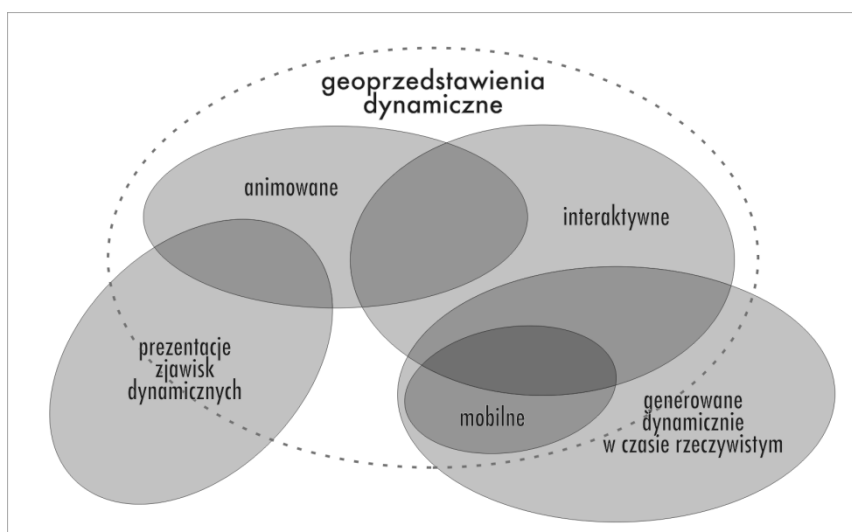
Mapa - obraz statyczny, zawiera informacje o zdarzeniach, faktach, stanach rzeczywistości zazwyczaj tylko w jednym, określonym momencie. Jakościowe metody prezentacji służą głównie przekazaniu informacji o położeniu i rodzaju zjawisk natomiast prezentacje ilościowe – zmienności przestrzennej wielkości lub natężenia zjawisk (rozdz. 3.2, 3.3). Zmienność czasowa jest jednak uwidaczniana w tradycyjnej kartografii dość rzadko. Pokazanie na mapie zmian obiektów geograficznych w czasie wymaga zdefiniowania funkcji przekształcającej czterowymiarową przestrzeń w płaszczyznę. Proces odwzorowania kartograficznego określa jednoznacznie metryczne zależności pomiędzy modelem Ziemi a płaszczyzną mapy. Problemатyczne pozostaje więc określenie relacji temporalnych: rzeczywistość – obraz przy założeniu, że najistotniejszą funkcją prezentacji ma być pokazanie zmienności danego zagadnienia w czasie.

Pierwszym sposobem kartograficznego prezentowania relacji czasoprzestrzennych jest umieszczenie na mapie wielu stanów przestrzeni z różnych punktów czasowych (zwanych też **przekrojami czasowymi**). W terminologii kartograficznej pojęcie mapy wieloczasowej (Gołaski 1997) lub wielofazowej (Meksuła 2002) jest mało popularne. Nie ulega jednak wątpliwości, że mapy tematyczne pokazujące różne stany zjawisk są niezbędne zwłaszcza dla pokazania zagadnień demograficznych i przyrodniczych. Takie mapy najczęściej prezentują tylko jeden element przestrzeni geograficznej (bądź nawet tylko jeden obiekt). Zależy to od złożoności geometrii obiektów. Skomplikowana charakterystyka zmian z kolei wpływa na liczbę przekrojów czasowych,

które mogą być odwzorowane na mapie. Rzadko spotyka się więcej niż dwa lub trzy ze względu na ograniczoną pojemność graficzną mapy. Do rozwiązania pozostaje tu problem odpowiedniego doboru znaków i zmiennych wizualnych oraz generalizacji treści mapy.

Drugi sposób prezentacji – ujęcie względne – to mapy zmian. Zredagowanie mapy zmian powinno być poprzedzone przekształceniem danych źródłowych. Odpowiednie zdefiniowanie parametrów będących funkcją czasu i wygenerowanie parametrów pochodnych (np. rocznego przyrostu powierzchni lasu, średniej wieloletniej prędkości przesuwania się koryta rzeki) umożliwia zakodowanie w postaci kartograficznej wielkości i dynamiki zmian przestrzennych obiektów. Wszędzie tam, gdzie tradycyjna mapa drukowana okazuje się niewystarczająca pozostają do wykorzystania inne sposoby kartograficznej prezentacji dynamiki: serie map i animacje kartograficzne.

Naturalnym sposobem pokazania zmienności czasowej lub czasoprzestrzennej, cechy niejako przyrodzonej rzeczywistości, która nas otacza, jest wykorzystanie **geoprezentacji dynamicznych**, które można zdefiniować jako animowane lub interaktywne obrazowo-znakowe przedstawienia Ziemi lub jej fragmentu, które w skali czasowej, w sposób pogładowy, uogólniony, a jednocześnie wymierny pokazują procesy i zjawiska geograficzne. Są one swoistym *continuum informacji jednocześnie zmiennych w czasie teraźniejszym* (Makowski 1998). Zatem wiodącą cechą **geoprezentacji dynamicznych** jest zmienność postaci (formy) lub zakresu informacyjnego (treści) pod wpływem działań użytkownika (aktywnego obserwatora).



Ryc. 110. Zbiór geoprezentacji dynamicznych (Kowalski 2003)

Lista terminów określających prezentacje dynamiczne jest obszerna: animacja kartograficzna, mapa animowana, mapa dynamiczna, wizualizacja dynamiczna, film kartograficzny. Mimo wielu publikacji naukowych (Petersom 1995, Berlant 2000, Bransch 1997) nie doczekały się one kompletnej systematyki i ścisłych definicji. Z tego powodu Kowalski (2003) zaproponował uściślenie pojęć i ogólną ich hierarchizację.

Dynamika **geoprezentacji** może przejawiać się w szczególności:

- ożywieniem (animacją) formy prezentacji,
- zmianami zakresu treści prezentacji,
- określonym zestawem predefiniowanych reakcji układu na działania użytkownika,

- określonym wyposażeniem funkcjonalnym prezentacji (przy tym nieograniczonym, zależnym od kreatywności użytkownika zestawem reakcji układu),
- wydłużeniem czasu trwania prezentacji, wynikającym z użycia dekodowanych sekwencyjnie środków przekazu (dźwięk, muzyka, odczytywany tekst).

Niezależnie od czynnika sprawczego (użytkownik, automat, zmiana warunków pracy) każdą kontrolowaną, tj. nieprzypadkową zmienność stanu prezentacji można zakwalifikować jako jej dynamiczność. Konsekwencją takiego spostrzeżenia jest uznanie terminu **geoprezentacja dynamiczna** jako nadrzędnego względem podzbiorów prezentacji określanych jako: animowane i interaktywne. Dwa niezależne tryby zmienności zakodowanej w prezentacji to: zmienność liniowa – sekwencyjna, oparta o pewien ustalony schemat (scenariusz) i nieliniowa – wielokierunkowa, kreowana ad hoc. Pierwszą można nazwać **animowaną**, drugą – **interaktywną**. Częstokroć interaktywne sterowanie animacją (zmiana zakresu, tempa, zatrzymanie) jest alternatywą dla automatycznego jej wyświetlenia zgodnie ze zredagowanym przez autora scenariuszem. Wyposażenie prezentacji zarówno w sekwencyjny jak i interaktywny sposób oglądu każe nazwać ją mapą lub prezentacją dynamiczną.

W odniesieniu do wymiaru czasowego można rozpatrywać takie pojęcia związane z mapą jak skala temporalna, zakres czasowy prezentacji, generalizacja dynamiczna itp.

Skala temporalna animacji opisuje proporcję czasu wyświetlania prezentacji do rzeczywistego trwania zjawiska. Ale może także w pewnych wypadkach tylko symbolicznie odwzorowywać czas. Dotyczy to animacji nietemporalnych. W przypadku skali proporcjonalnej mniej istotna jest liczbowa wartość tej proporcji natomiast określa się zwykle jednostki pomiaru czasu. Można tu podać analogię do skali mapy cyfrowej, która określa jedynie stopień szczegółowości treści, a nie matematyczne pomniejszenie obrazu. Animacje mogą dotyczyć zjawisk mierzonych w epokach, latach, miesiącach, aż do skal dobowych czy godzinnych. Rozpiętość między początkiem i końcem prezentacji będzie **zakresem czasowym** animacji zależnym głównie od charakteru zjawiska i dostępnych danych. W szczególnym przypadku – animowania formy mapy – zakres czasowy prezentacji może być zastąpiony zasięgiem przestrzennym, rozpiętością tematyczną lub wielkością zmiany innego parametru.

Generalizacja temporalna (lub chronologiczna) jest uogólnieniem obrazu w wymiarze czasu prezentacji. W opracowaniu Berlanta (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**) *eneralizacja dynamiczna to mechaniczne (kinematograficzne) uogólnienie obrazu pozwalające na obserwowanie głównych, najbardziej stabilnych w czasie prawidłowości i typowych, długotrwałych tendencji rozwoju zjawisk przez zmianę szybkości wyświetlania filmów i animacji. Dyskusyjne jest w takim ujęciu ograniczenie sposobu dokonania uogólnienia jedynie poprzez zmianę szybkości. W przypadku cyfrowego, wieloaspektowego redagowania prezentacji generalizacja temporalna znajduje wyraz w rozdzielczości animacji tj. ilości klatek wyświetlanych z zadaną prędkością.*

Ważnym aspektem generalizacji temporalnej jest wybór elementów odniesienia. Ze względu na dynamikę przestrzeni geograficznej nie jest możliwe znalezienie takich jej komponentów, które nie podlegają zmianom w czasie. Możliwe jest jednak znalezienie takich jej charakterystyk, które w określonych warunkach (zadany zakres badań, ustalony przedział czasowy) można uznać za stabilne. Parametry tych komponentów charakteryzują jednoznacznie obiekty i stan środowiska przyrodniczego i mogą być one rejestrowane w terenie. Parametrami tymi są m.in.: położenie (wyrażone we współrzędnych geodezyjnych lub prostokątnych płaskich), wielkość (długość, powierzchnia, wysokość, objętość), rodzaj (typ, gatunek, rząd, kwalifikacja branżowa). Te parametry, które wykazują niewielką zmienność czasoprzestrzenną mogą zostać uznane za stabilne w odniesieniu do danego modelu rzeczywistości. Będą one w tej sytuacji stałymi punktami odniesienia – niezmiennikami, umożliwiającymi identyfikację analogicznych obiektów w różnych zbiorach danych i stanowiącymi swoistą ośnowę czasoprzestrzenną bazy danych.

5.3.4 Dynamiczne zmienne wizualne

Każda prezentacja o charakterze kartograficznym może przedstawiać przestrzeń geograficzną w różnych zakresach:

- lokalizacyjnym – przez pokazanie położenia obiektów;
- geometrycznym – przez pokazanie wielkości, kształtów i orientacji;
- topologicznym – przez odzwierciedlenie relacji przestrzennych pomiędzy obiektami;
- semantycznym (opisowym) – przez ukazanie cech nieprzestrzennych, opisowych;
- dynamicznym – przez przekaz zmienności położenia i własności obiektów w przestrzeni i czasie.

Zarówno własności przestrzenno-czasowe (dynamiczne) poszczególnych obiektów i zjawisk, jak i relacje zachodzące pomiędzy nimi (następstwa oraz przyczynowo-skutkowe) powinny być odpowiednio zakodowane w języku mapy, ściśle w systemie znaków umownych. Niezbędne więc dla właściwego opisu metodyki prezentacji dynamicznych jest wprowadzenie i zdefiniowanie **dynamicznych zmiennych wizualnych**. Przez analogię do **zmiennych graficznych** wyróżnienie elementarnych cech zmienności znaków pozwoli właściwie, tj. wyczerpująco i z odpowiednią dozą ogólności, kodować relacje czasowe. DiBiase i MacEachren (1992) podają następujące zestawienie zmiennych dynamicznych:

- czas ekspozycji – moment rozpoczęcia prezentacji (pojawienie się znaku),
- trwanie – okres stabilności (bez zmian obrazu),
- częstość – powtarzalność wystąpienia znaku,
- porządek – kolejność jeśli jest inna niż chronologiczna (wynikająca np. z wielkości znaku),
- tempo zmian – różnica wielkości zmian (położenia lub atrybutów),
- synchronizacja – uzgodnienie okresów trwania serii czasowych.

Cechy te, wyróżnione na podstawie obserwacji animowanych map i grafik, opisane są następująco:

moment pojawienia się (znaku) – moment czasowy, w którym rozpoczęto prezentację znaku na mapie, wskazuje (w typowo nominalnej skali pomiarowej) czy nośnik znaczenia jest obecny czy też w danej chwili go brakuje na ekranie. Zmienną tą można przyrównać do zmiennej położenia (na płaszczyźnie), przy czym rolę współrzędnych lokalizujących pełni tu moment czasowy;

trwanie – oznacza odstęp pomiędzy chwilą pojawienia się znaku w prezentacji graficznej, a momentem jego zniknięcia, a więc w jednostkach czasu (bądź w liczbach ekspozycji) mierzy długość prezentacji obiektu. Zmienna ta doskonale przekazuje cechy obiektów wyrażone w skali porządkowej i skalach ilościowych, natomiast poprzez zmiany wartości tej cechy otrzymujemy obrazy różne jakościowo: stopniowo pojawiające się i niknące, pulsujące itp. Zmienna ta może odnosić się zarówno do pojedynczego znaku, jak i całej sceny. W przypadku powtarzających się sekwencji, definiuje odstęp pomiędzy kolejnymi powtórzeniami scen. Jeśli zachodzą zmiany innej cechy znaku – typowo graficznej (np. barwy), które mają charakter periodyczny, można mówić o trwaniu jako o odstępach pomiędzy kolejnymi cyklami tych zmian. Przykładem mogą być powtarzające się rozjaśnienia znaku, powodujące jego wyróżnienie i skupienie na nim uwagi odbiorcy grafiki. Odstęp czasowy pomiędzy kolejnymi rozjaśnieniami będzie odpowiadał wartości trwania danego nośnika znaczenia;

częstość – zmienna związana z wielkością fizyczną o tej samej nazwie i określana też jako ziarnistość czasowa;

porządek – zmienna lokująca w czasie wiele różnych wartości pojawienia się znaków lub poszczególnych sekwencji graficznych (scen). Kolejność pojawienia się znaków z reguły

odpowiada chronologii odpowiadających im obiektów rzeczywistych, będących przedmiotami zewnętrznymi tych znaków;

tempo zmian – wielkość zmian w jednostce czasu, jakie zachodzą w obserwowanej scenie. Może być stałe lub zmienne, a w przypadku braku zmian – przyjmować wartość zerową. Od tempa zmian zależą w dużej mierze wrażenia związane z pojawianiem się znaków i nakładaniem się poszczególnych sekwencji graficznych;

synchronizacja – cecha również znana z fizyki, odnosząca się do różnic czasowych pomiędzy wieloma cyklami zmian (stopień zgodności w fazie).

Możliwości w przekazywaniu przez te cechy znaków relacji pomiędzy przedmiotami zewnętrznymi wyrażonymi w różnych skalach pomiarowych pokazuje Tab. 6.

Tab. 6. Możliwości przekazywania przez zmienne graficzne różnych relacji pomiędzy cechami obiektów wyrażonych na różnych poziomach pomiarowych (na podstawie MacEachren'a)

poziom pomiarowy		jakościowy	porządkowy	ilościowy
zmienna wizualna				
graficzne zmienne wizualne				
położenie		☒	☒	☒
wielkość		☒	☒	☒
orientacja		☒	☐	☐
kształt		☒	☐	☐
ziarnistość		☒	☒	☒
uporządkowanie		☒	☐	☐
ostrość szczegółów		☐	☒	☐
przezroczystość		☒	☒	☐
rozdzielczość		☐	☒	☐
barwa	kolor	☒	☒	☒
	natężenie	☐	☒	☒
dynamiczne zmienne wizualne				
moment pojawienia się		☒	☒	☐
trwanie		☐	☒	☒
porządek		☐	☒	☐
tempo zmian		☒	☒	☒
częstość		☒	☒	☒
synchronizacja		☒	☐	☐

oznaczenia możliwości przekazania relacji pomiędzy wartościami wyrażonymi w skali pomiarowej danego typu:

- - dobrze
- - w ograniczonym zakresie
- - nie przekazuje

Konieczna wydaje się pewna modyfikacja i pogrupowanie tych cech. Podstawowymi parametrami czasowymi powinny być jedynie:

- moment pojawienia się znaku (czas ekspozycji),
- moment zniknięcia znaku,
- okres trwania (stabilności), jako pochodna powyższych.

Dla zmian następujących cyklicznie dodatkowymi parametrami będą:

- tempo (częstotliwość),
- rytm (sekwencja),
- szybkość zmian (położenia lub atrybutów). jako parametr względny odniesiony do czasu.

Zmienne dynamiczne mają charakter lokalizacyjny (na osi czasu) i porządkujący, są zatem temporalnymi odpowiednikami miar przestrzennych na płaszczyźnie X,Y. Moment odpowiada położeniu, trwanie – długości, tempo – gęstości, rytm – deseniomu. Wymienione powyżej parametry dotyczą pojedynczych znaków. Pomiędzy znakami, obok relacji znaczeniowych i przestrzennych, zachodzą także relacje czasowe, takie jak: następstwo zdarzeń, zbieżność (synchronizacja) lub wykluczanie się faktów. Zmienne dynamiczne oprócz wyrażania zmian graficznych poszczególnych znaków mogą służyć także do określania zmienności (czasu trwania, kolejności wystąpienia czy nakładania się) poszczególnych scen złożonych animacji kartograficznych. (rozd. 5.3.6).

5.3.5 Metody dynamicznej prezentacji kartograficznej

Metody dynamicznej prezentacji poprzez analogię do klasycznej (w tym kontekście: statycznej) metodyki kartograficznej (por. rozdz 3), są zbiorem zasad redagowania dynamicznych konstrukcji graficznych (geoprezentacji dynamicznych), mających na celu zobrazowanie położenia i przemieszczenia, stanu i zmian właściwości przedmiotów lub zjawisk geograficznych. Rozszerzenie klasyfikacji metod prezentacyjnych polega na wykorzystaniu dynamicznych środków graficznych dla pokazania cech zjawisk, takich jak: czas trwania, szybkość i kierunek zmian, powtarzalność, trendy i typowości przemian. Te dynamiczne środki formalne, m.in. dynamiczne zmienne wizualne są istotną nowością względem tradycji kartograficznej.

Dla metod dynamicznej prezentacji kartograficznej, zwanych dalej dla uproszczenia kartoanimacjami, wiodące kryteria klasyfikacji należy odnieść do istoty zmienności. Najprostszym sposobem klasyfikacji kartoanimacji, jest określenie przedmiotu przekształcenia (animacji), co jest równoznaczne z odpowiedzią na pytanie: „co ulega zmianom?”. Otrzymujemy nadrzędny podział na dwie grupy:

- kartoanimacji treści,
- kartoanimacji formy.

Kolejne poziomy klasyfikacyjne można wyprowadzić w oparciu o bardziej szczegółowe pytania: „jakiego rodzaju zmiany następują?”, „jak duże są zmiany?” itd. Zaproponowany podział (Kowalski 2002c) jest rozłączny i kompletny, jednakże w praktyce wiele z tych elementarnych

przekształceń jest silnie związanych z innymi tworząc złożone dynamiczne prezentacje kartograficzne.

Kartoanimacje treści

Kartoanimacje treści obejmują wszelkie przekształcenia odzwierciedlające zmiany położenia, wielkości i charakterystyki obiektów geograficznych. Czas prezentacji jest w nich ściśle związany z czasem rzeczywistym trwania zjawiska lub możliwymi wariantami przebiegu procesu, stąd tak ważnymi parametrami transformacji są skala czasowa, zakres mierzony w jednostkach czasu, a także stopień generalizacji temporalnej.

Tab. 7 Zestawienie przykładów transformacji

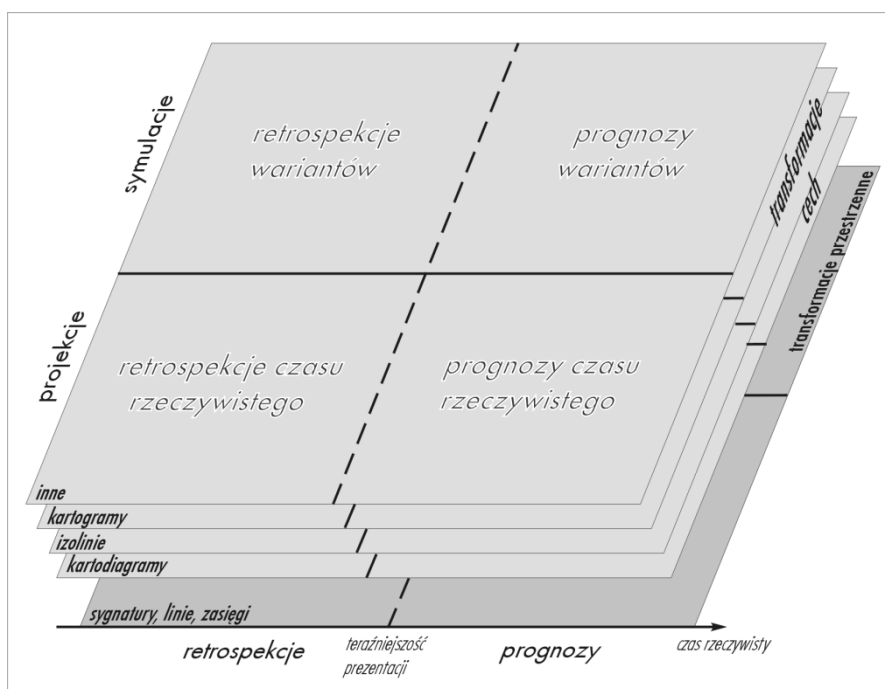
Rodzaj kartoanimacji	Przykład prezentacji
• położenia i wielkości (zasięgu)	trasa przejazdu autobusu, sezonowe przeloty bocianów , ewolucja zasięgu lodowca, rozwój terytorialny miasta
• cech (atrybutów)	wzrost bezrobocia w miastach, zmiana kierunków wiatrów, zmiana średnich, dziennych temperatur powietrza

Można zdefiniować dwie klasy kartoanimacji treści: kartoanimacje położenia i zasięgu oraz kartoanimacje cech. Najchętniej stosowane są kartoanimacje położenia znaków liniowych i powierzchniowych (Ryc. 111). Faktem jest, iż zmiana pola powierzchni czy długości linii jest zmianą położenia i zasięgu zjawiska, a jednocześnie zmianą wartości atrybutów geometrycznych. Jednak o istocie metody prezentacyjnej decydują te cechy, które odbiorca jest w stanie odczytać bezpośrednio z mapy. Informacją wtórną jest ta pozyskiwana interaktywnie z mapy lub tabeli atrybutów.



Ryc. 111. Animacja zasięgu sieci liniowej na przykładzie sieci kolejowej w Stanach Zjednoczonych (Grolier 1997)

Z punktu widzenia klasycznej metodyki kartograficznej w grupie kartoanimacji treści znajdą się dynamiczne odmiany wszystkich statycznych metod prezentacji. Będą to np.: dynamiczne sygnatury, kartodiagram dynamiczny, izoliny dynamiczne itd. (Ryc. 112).



Ryc. 112. Schemat klasyfikacji kartoanimacji treści (Kowalski 2003)

Ze względu na odniesienie zmian treści w czasie metody te można podzielić na:

- retrospekcje (kartoanimacje retrospektywne), odtwarzające historyczne fakty lub przeszłość jakiegoś zjawiska;
- prognozy (kartoanimacje prognostyczne) dotyczące przyszłych faktów i zdarzeń.

Warunkiem kwalifikacji do jednej z tych grup jest jedynie uprzedniość lub następność prezentowanych zdarzeń względem momentu powstania (daty i czasu redakcji) prezentacji. Nie jest istotna w tym przypadku prawdziwość zdarzeń, która związana jest ze stanem wiedzy redaktora na temat przedstawianych zjawisk. I tak na przykład hipotezy przebiegu zjawisk w przeszłości mają charakter retrospektywny, choć odtwarzają tylko prawdopodobne stany, a nie fakty. Przykładem może być prezentacja dryfu kontynentalnego. Z kolei realność zachodzących zmian może być kryterium podziału kartoanimacji treści na dwie grupy: projekcji – odtwarzających zaistniałe lub możliwe do zaistnienia procesy i symulacji – prezentujących możliwe warianty wystąpienia zjawiska lub przebiegu procesu. Projekcje są odtworzeniem czasu rzeczywistego w sposób naturalny, niezależnie od wspomnianej prawdziwości wydarzeń, natomiast grupa symulacji jest jedynym rodzajem kartoanimacji treści o charakterze nietemporalnym. Znajdują się w niej prezentacje nierzeczywistych zmian stanów np. animowana prezentacja kolejnych wariantów planowanego podziału administracyjnego kraju lub przewidywany zasięg skażenia przy różnych początkowych warunkach atmosferycznych. Jak więc widać bezpośrednia relacja między czasem przebiegu zjawiska a czasem prezentacji zostaje zastąpiona odwzorowaniem wariantów w skali temporalnej.

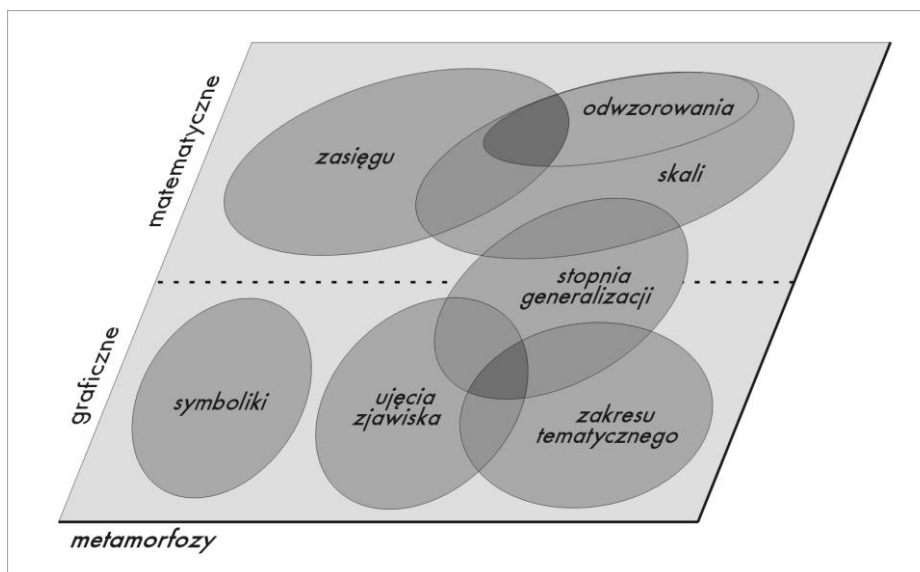
Kartoanimacje formy

W drugiej kategorii znajdują się kartoanimacje formy, związane z samą prezentacją i nie mające temporalnego odniesienia do przedstawianej rzeczywistości. Są to przekształcenia nietemporalne. Dynamika tego typu prezentacji nie wynika ze zmienności rzeczywistości – pokazują one określony, stabilny stan, ale z różnych punktów widzenia. Elementem podlegającym zmianie może być: skala i stopień generalizacji, zasięg terytorialny, odwzorowanie, symbolika, ewentualnie także metoda prezentacji (Tab. 8).

Tab. 8 Zestawienie przykładów metamorfoz

Rodzaj kartoanimacji formy	Przykład mapy
• skali	stopniowe powiększenie wybranego fragmentu mapy
• zasięgu terytorialnego	przelot (z ang. fly-by, flythrough) nad łańcuchem górskim
• odwzorowania	przemiana planiglobów w odwzorowanie całej powierzchni Ziemi
• stopnia generalizacji	stopniowe uszczegółowienie treści mapy
• symboliki	animowane sygnatury punktowe
• ujęcia zjawiska	zmiana grupy sygnatur na znak zasięgu
• zakresu tematycznego	pojawienie się na mapie podkładu hipsometrycznego

Rzadko kiedy mamy do czynienia z jednorodną zmianą. Łatwość łączenia algorytmów przekształcających powoduje, że jednoczesnym zmianom ulega zazwyczaj kilka parametrów obrazu. Można wyróżnić pewne naturalne współwystępowanie różnych kartoanimacji formy, np.: zasięgu, skali i odwzorowania lub też: stopnia generalizacji, ujęcia zjawiska i zakresu tematycznego. Na Ryc. 113 pokazano zależności pomiędzy elementarnymi metamorfozami, z podziałem na przekształcenia matematyczne i graficzne. Wydaje się, że jedynie animacja symboliki jest niezależna od pozostałych przekształceń. Animowane sygnatury mogą pełnić na mapie rolę podwójną: tradycyjnego oznaczania klasy obiektów zgodnie z przyjętym systemem znaków umownych, ale też wyróżnienia pojedynczych obiektów znakiem indywidualnym (np. podczas interaktywnej selekcji obiektów).



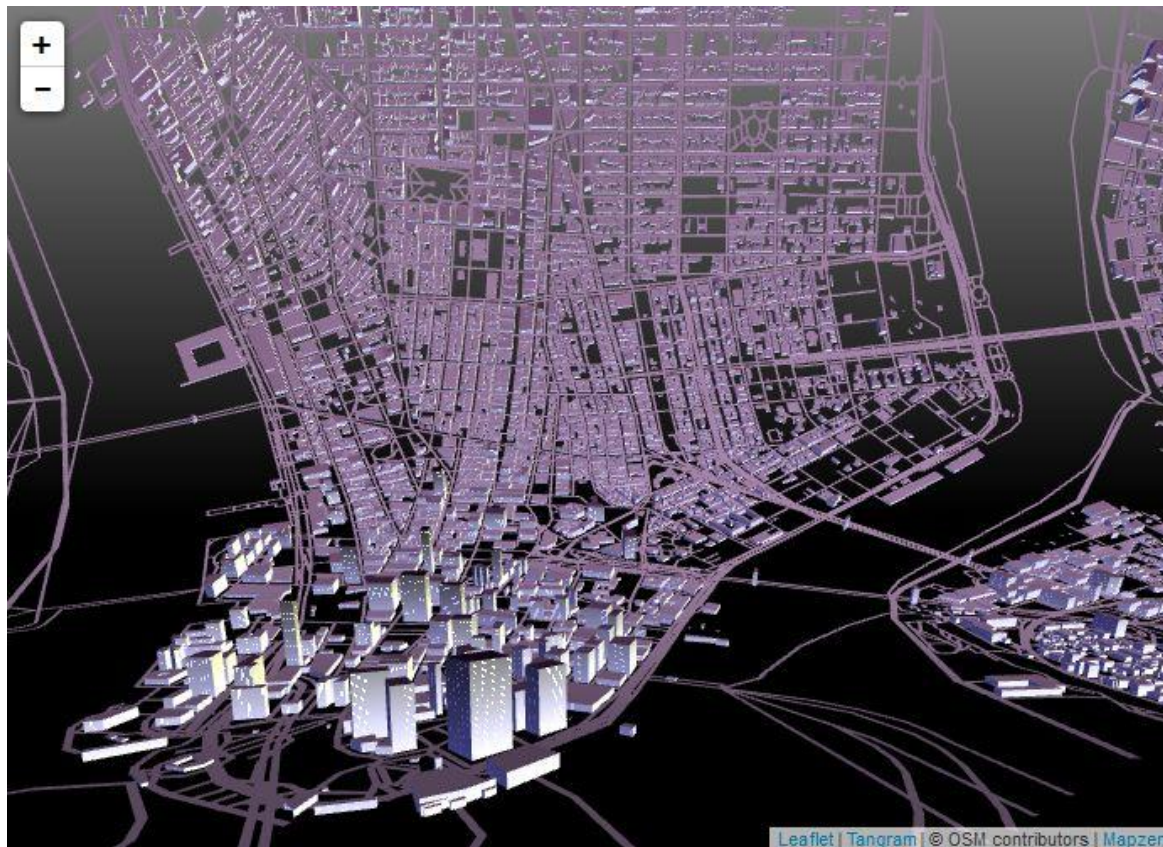
Ryc. 113. Zestawienie kartoanimacji formy (Kowalski 2003)

Najczęściej stosowane elementarne kartoanimacje formy obejmują zmiany trzech cech:

- metamorfoza zasięgu – zmiana zasięgu terytorialnego prezentacji jest dokonywana poprzez przesunięcie (translację) punktu obserwacji równoległe do płaszczyzny rzutowej;
- metamorfoza skali – polegająca na zmianie powiększenia widoku jest dokonywana poprzez przesunięcie (translację) punktu obserwacji prostopadle do płaszczyzny rzutowej;
- metamorfoza odwzorowania – polegająca na zmianie perspektywy jest dokonywana poprzez zmianę kierunku i rodzaju rzutowania, wiąże się każdorazowo ze zmianą skali;

Poszczególne przekształcenia łączone są współbieżnie (jednoczesne zmiany parametrów widoku), zwykle w celu osiągnięcia złudzenia przelotu (z ang. fly-by lub fly-through) nad wybranym

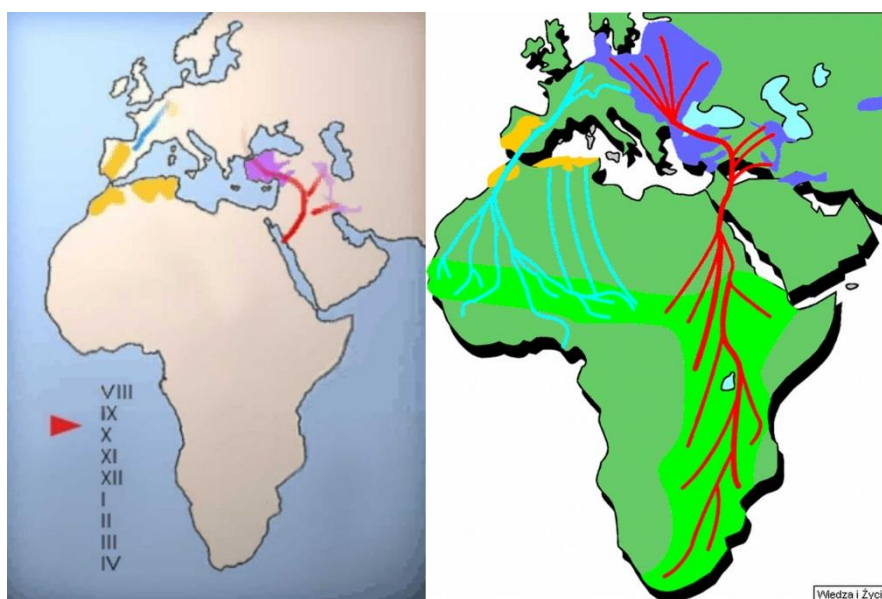
terytorium, lub sekwencyjnie (w kolejności występowania). Takie zmiany obrazu dają obserwatorowi możliwość poznania obszaru z różnych punktów widzenia, co ma duże znaczenie w przypadku obszarów o skomplikowanej strukturze przestrzennej np. w obszarach wysokogórskich. Ciekawym przypadkiem kartoanimacji formy jest zmiana odwzorowania dokonująca się w sposób interaktywny, co daje odbiorcy możliwość porównania i analizy treści w różnych ujęciach (Ryc. 114).



Ryc. 114. Przykład dynamicznej zmiany odwzorowania kartograficznego prezentacji przestrzeni miejskiej (Mapzen 2015)

Oczywistą konsekwencją zmiany skali obrazu powinna być zmiana poziomu uogólnienia kartograficznego czyli kartoanimacja stopnia generalizacji. Nie jest to jednak regułą ze względu na fakt, iż większość danych źródłowych dla animacji tego typu nie pochodzi z wieloskalowych baz danych. Najczęściej prezentacje takie opierają się na danych w dwóch poziomach skalowych, wzajemnie wymienianych w momencie osiągnięcia podczas pokazu pewnej granicznej wartości powiększenia. Inną wyodrębnioną w proponowanej klasyfikacji kartoanimacją, możliwą jednak do zaliczenia z zakres zadań generalizacyjnych jest zmiana zakresu treści prezentacji poprzez wprowadzenie lub ujęcie jednej lub kilku warstw tematycznych. Warstwa tematyczna zawierająca obiekty geograficzne tej samej klasy lub rodzaju może pojawić się zarówno chwilowo, jak też na stałe w celu wprowadzenia nowego wątku narracyjnego.

Ostatni przypadek kartoanimacji formy to zmiana sposobu ujęcia zjawiska polegająca najczęściej na zamianie prezentacji punktowej na powierzchniową lub powierzchniowej na punktową bądź liniową. W przykładzie pokazującym sezonowe wędrówki ptaków (Ryc. 115), zmiana ujęcia wynika z ewolucji zjawiska (plamy okresowych obszarów gniazdowania przeobrażają się w sygnatury liniowe tras przelotów). Można przyjąć, że zmiana ujęcia następuje w chwili zanikania jednego zjawiska (obszary siedlisk) i pojawiania się innego (migracje).



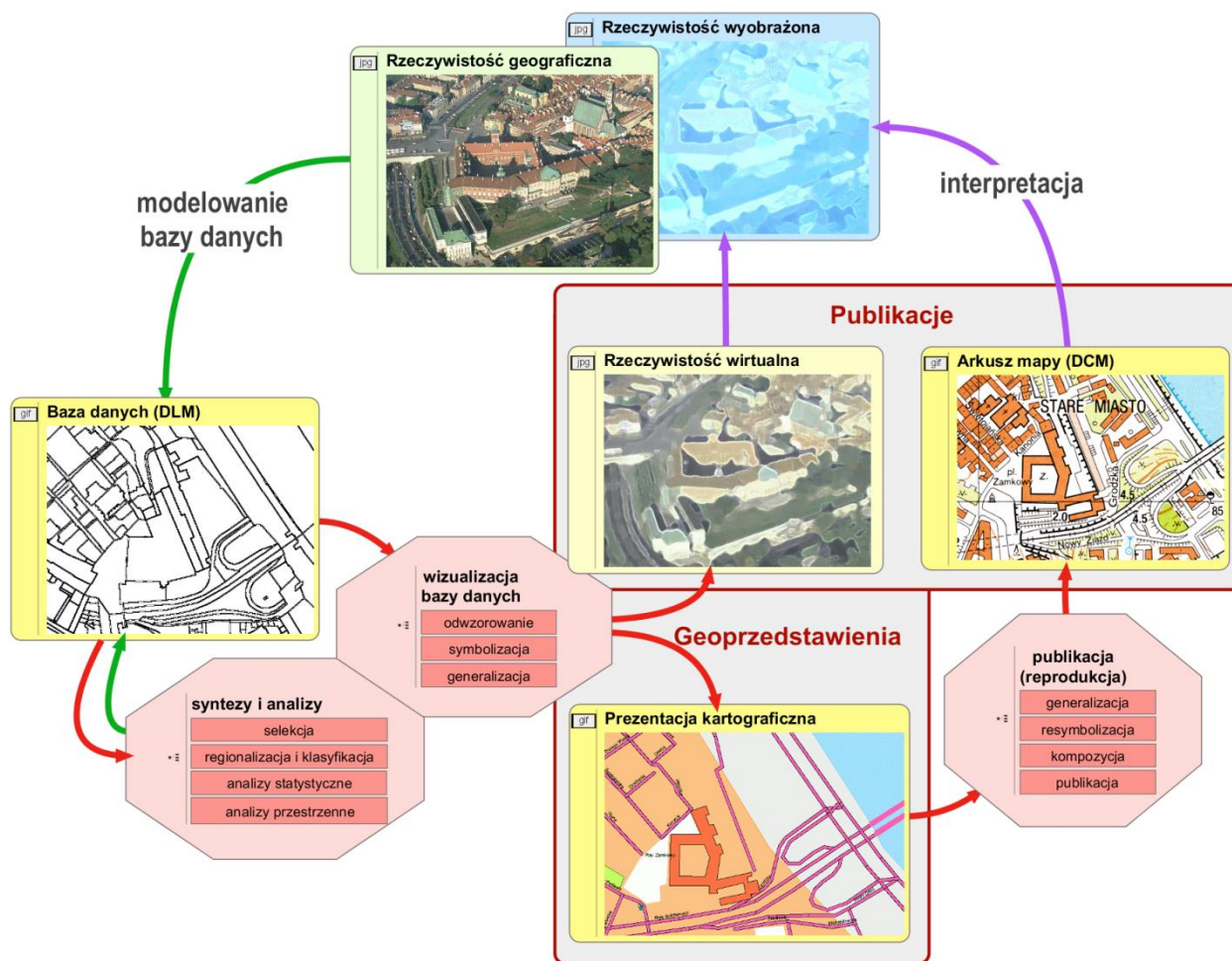
Ryc. 115. Przykład metamorfozy ujęcia zjawiska (z lewej) i statyczna wersja tej samej mapy (Ptaszyk 1996)

W tej grupie kartoanimacji formy znajdują się metody prezentacji stosowane w większości przypadków dla podniesienia walorów estetycznych, uplastycznienia lub uatrakcyjnienia pokazu. Z kolei dla badań kartograficznych duże znaczenie ma pokazanie zmiany metody prezentacji lub własności danej metody. Kartoanimacja formy można obejmować zmiany parametrów danej metody prezentacyjnej. Przykładem może być animacja stopniowej zmiany granic klas kartogramu lub wybranych parametrów interpolacyjnych dla metody izolinii. Ten rodzaj animacji może mieć duże znaczenie dla badań kartograficznych, a także w zastosowaniach dydaktycznych jako bardzo poglądowe przedstawianie procesu redakcyjnego map.

5.3.6 Podstawy projektowania prezentacji multimedialnych

W procesie modelowania kartograficznego następuje przekształcanie i kodowanie wybranych aspektów rzeczywistości geograficznej na różnych poziomach abstrakcji (Ryc. 116 **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**). Powstające modele rzeczywistości charakteryzuje różna struktura i własności, bo też inna jest ich rola w procesie przekazu informacji przestrzennej. Model topograficzny (bazodanowy) odzwierciedla możliwie precyzyjnie relacje geometryczne i semantyczne, znakomicie nadaje się do przekształcania (analizowania), ale jest mało poglądowy. Proces obrazowania (wizualizacji) prowadzi do modelu wizualnego, jakim jest geoprezentacja. Ma ono w efekcie poglądową formę, jest czytelne, graficznie uporządkowane i często uogólnione, a więc łatwiejsze w postrzeganiu. W oparciu o automatycznie generowaną wizualizację mogą być realizowane kolejne zadania np. redagowanie i reprodukcja kartograficzna (druk), której efektem jest arkusz tradycyjnej mapy.

Kartograficzna redakcja geoprezentacji rozumiana w szerokim kontekście modelowania kartograficznego nie sprowadza się jedynie do użycia graficznych środków rysunkowych (Grygorenko 1970). Obecnie: metodyka kartografii obejmuje pełny zakres operacji przyczynowo–skutkowych prowadzących do uzyskania postaci skończonej – mapy, zrealizowanej zgodnie z przyjętą koncepcją (Makowski 1998). Pojawiają się więc zadania nieobecne dotychczas w tradycyjnej redakcji i reprodukcji kartograficznej: generalizacja temporalna, dobór dynamicznych zmiennych wizualnych, definiowanie interaktywności i multimedialności prezentacji, a także konstrukcja zaawansowanej legendy i warstwy sterującej (funkcjonalnej) prezentacji.



Ryc. 116. Schemat procesów modelowania kartograficznego z uwzględnieniem przykładów opracowań (opracowanie własne)

W technologii cyfrowej w przypadku realizacji prezentacji multimedialnej plan redakcyjny obejmuje znacznie szerszy zestaw elementów niż w typowej procedurze opracowania mapy cyfrowej (porównaj rozdz. 5.2.1). Poniżej zestaw podstawowych elementów projektu prezentacji.

1. Scenariusz odzwierciedlający koncepcję opracowania przedstawienia;
2. Osnowa przestrzenna geoprezentacji: układ współrzędnych prostokątnych, geograficznych lub jednoznacznie określony zbiór elementów odniesienia;
3. Osnowa temporalna geoprezentacji: graficzne, tekstowe lub dźwiękowe zobrazowanie upływu czasu;
4. Osnowa funkcjonalna prezentacji: wszelkie aktywne elementy właściwego obrazu, legendy lub oddzielnych pól sterujących;
5. Komentarz: legenda, opis działania poszczególnych funkcji prezentacji.

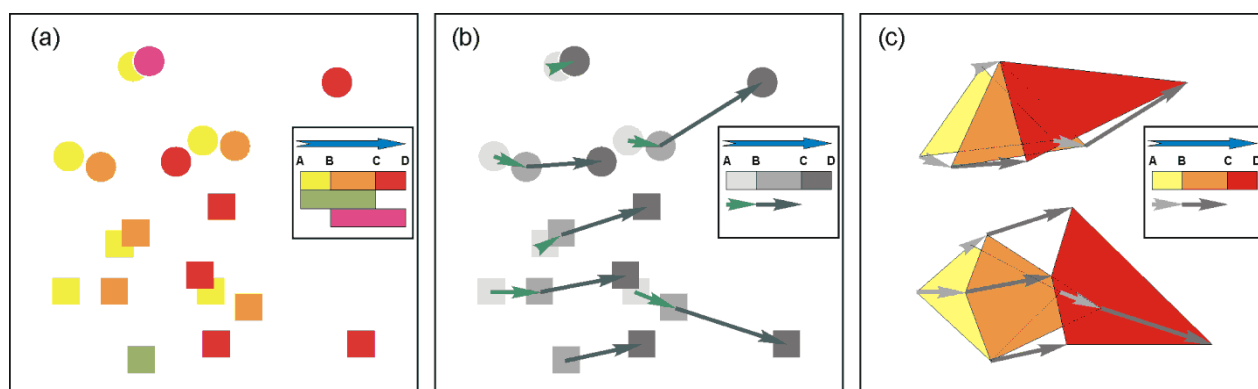
Przedstawiony zestaw zadań nie wyczerpuje wszystkich możliwości przetwarzania różnorodnych materiałów źródłowych i docelowych formatów prezentacji. Technologię opracowania każdorazowo należy dostosować do przeznaczenia prezentacji oraz formy dystrybucji. Inne uwarunkowania projektowe określa publikacja internetowa np. formie serwisu geoinformacyjnego (patrz rozdz. 5.4) , a inne publikacja na nośniku optycznym.

Podstawowym elementem projektu opracowania jest scenariusz, w którym powinien być uwzględniony komplet założeń koncepcyjnych, takich jak: zakres treści, zasięg, skala, ale również czas i sposób wywołania zmian tychże parametrów. Opracowanie scenariusza prezentacji obejmuje

ustalenie liczby, zawartości i kolejności poszczególnych sekwencji i scen prezentacji. Jego celem jest określenie jasnego i kompletnego przekazu informacji wizualnej prowadzącego do jej zrozumienia i zapamiętania. Scenariusz odwołuje się bezpośrednio do elementów osnowy funkcjonalnej – kolejnej nowości w stosunku do tradycyjnej technologii reprodukcji.

Rozpatrując najprostszą prezentację wykorzystującą metodę kartoanimacji położenia (rozdz. 5.3.5) można przyjąć, że składa się ona z chronologicznego złożenia wielu map stanów (scen) z poszczególnych przekrojów czasowych (momentów rejestracji) pokazujących rozmieszczenie wybranych elementów w odniesieniu do stabilnego podkładu topograficznego lub układu współrzędnych. Istotne jest przy tym określenie szeregu parametrów prezentacji:

1. kluczowych stanów prezentacji (klatek kluczowych),
2. sposobu przekształcenia obrazu pomiędzy stanami (algorytmu generowania klatek pośrednich),
3. symbolizacji przemieszczenia (Ryc. 117)



Ryc. 117. Przykłady symbolizacji przemieszczenia: punktowej (a), liniowo-wektorowej (b) lub powierzchniowej (c) w metodzie kartoanimacji położenia i zasięgu (Kowalski 2003)

Powyższy – modelowy przykład pokazuje przewagę dynamicznych metod prezentacyjnych nad formami statycznymi dostatecznie czytelnie oddającymi zmiany zasięgu zjawisk, ale w ograniczonym zakresie – zwykle tylko dla kilku przekrojów czasowych i mających określony kierunek rozwoju (ekspansja lub regresja). W przypadku jednoczesnych przemieszczeń i nieregularnych zmian powierzchni tylko kartoanimacje gwarantują pogładowość i czytelność obrazu. Przy dużej ilości danych należy oczywiście przeprowadzić odpowiednią generalizację temporalną modelu uwypuklającą najważniejsze trendy zmian. Ponadto należy przewidzieć charakterystyczne dla zjawisk powierzchniowych agregacje i dezagregacje poszczególnych jednostek powierzchniowych zachodzące w czasie. Wreszcie dla zjawisk występujących wyspowo (kontynenty, lasy, rejony zagrożenia powodziowego itp.) możliwe jest ciągłe przedstawienie takich zmian, natomiast w przypadku regionalizacji o charakterze partycji (jednostki geologiczne, botaniczne, podział administracyjny) – tylko skokowe.

Ukazanie zmienności cech nieprzestrzennych, zwanych też atrybutami, jest możliwe tylko w takim zakresie, na jaki pozwalają dane źródłowe oraz przeznaczenie prezentacji. Można rzec, że kartoanimacja cech dziedziczy wszystkie zalety jej statycznego odpowiednika. Przykładowo dla prostego kartodiagramu kołowego, punktowego i ciągłego animacja dokonuje się tylko w zakresie wielkości koła reprezentującego wartość zjawiska w danym punkcie a skala zmienności jest skalą ciągłą. Logicznym rozwinięciem definicji kartodiagramu – zbioru zróżnicowanych przestrzennie diagramów w wymiar czasu będzie więc dynamiczny kartodiagram – zbiór zróżnicowanych przestrzennie i czasowo diagramów będących graficzną prezentacją zmienności wybranych cech zjawiska.

Redagowanie prezentacji multimedialnej powinno uwzględniać wykorzystanie dostępnych środków graficznych (metod prezentacji dynamicznej i dynamicznych zmiennych wizualnych) oraz dodatkowych zabiegów technicznych (np. multimedia) dla wspomagania postrzegania (obioru) informacji. O sukcesie przekazu decyduje odpowiedni dobór metod prezentacji (**kartoanimacji**) dla każdej z sekwencji i logiczne zestawienie scen w układzie chronologicznym. Zgodnie z tymi zasadami przygotowana została animowana prezentacja przewidywanej powodzi (Buziek 1998). Poszczególne sekwencje prezentują w kolejności: tytuł, dokumentację kartograficzną, legendę, obszar testowy, proces powodzi w skali regionalnej oraz w skali lokalnej (Ryc. 118). Wykorzystano kartoanimacje formy (skali i zasięgu) oraz kartoanimacje treści: zmian zasięgów (projekcja prognozy). Całość prezentacji zredagowana jest zgodnie z zasadą prowadzenia użytkownika od „znanego” do „nieznanego”, przechodzenia od ogółu do szczegółów. Uzupełnieniem obrazu jest narracja oraz efekty dźwiękowe podkreślające kluczowe momenty prezentacji (faza powodzi).



Ryc. 118. Złożona geoprezentacja zagrożenia powodziowego wykorzystujące różne metody dynamicznej prezentacji kartograficznej (Buziek 1998).

Ważnym elementem kompozycyjnym złożonych prezentacji są efekty przejścia (transitions) łączące poszczególne sceny prezentacji. Można uznać, iż przejścia są sekwencjami specjalnymi o charakterze łączącym lub oddzielającym. W przeciwieństwie do sekwencji opisowych takich jak: pojawienie się tytułu, wyświetlenie komentarza lub legendy, pojawienie się opisów treści mapy itd., sekwencje przejść nie mają znaczenia informacyjnego, a jedynie scalają fragmenty prezentacji nadając jej ciągłość i pewną dramaturgię. Stąd tak ważny jest sposób montażu przejść podkreślający charakter łączenia: ostre, szybkie przejścia określają punkty zwrotne prezentacji, oddzielają sceny, natomiast miękkie przenikanie jednej sceny w kolejną ma za zadanie podtrzymać akcję lub ułatwić wizualne porównanie sąsiadujących scen.

Niezbywalnym komponentem geoprezentacji multimedialnej jest legenda. Legenda mapy jest elementem decydującym o sukcesie mapy jako medium informacji - jest kluczem do zrozumienia mapy. Legenda geoprezentacji dynamicznych pełni nie tylko rolę wzorca znaków umownych, ale także jest komentarzem bieżącego stanu prezentacji. Powinna być zatem sprzężona z obrazem, by w sposób dynamiczny reagować na zmiany treści lub formy obrazu. Symbolizacja upływu czasu, w zależności od skali czasowej prezentacji, może przybrać postać zegara (dla skal dobowych); kalendarza (dla skal miesięcznych) lub np. osi czasu (dla zmian wieloletnich). Niezależnie od formy podziałka czasowa jest zwykle narzędziem sterującym w wymiarze czasu. Podobne funkcje pełni podziałka liniowa i inne elementy pola nawigacyjnego w zakresie zmian widoku: powiększenia i zasięgu terytorialnego (Ryc. 119). Jeśli prezentacja ma charakter multimedialny, legenda może być uzupełniona komentarzem w postaci dźwięków lub narracji (Kraak, Edsall, MacEachren 1997).



Ryc. 119. Propozycja legendy dla geoprezentacji dynamicznych (Kowalski 1999b)

5.4 Publikacje internetowe i usługi geoinformacyjne³

5.4.1 Standaryzacja danych i usług w internecie

Zapewnienie dostępu do informacji użytkownikom znajdującym się w różnych miejscach, wykorzystujących informacje z różnych dziedzin oraz posługujących się różnymi platformami narzędziowymi jest celem normalizacji informacji (wg CEN). Obejmuje ona metody opisu i modelowania struktur baz danych i kodowania informacji, metod dostępu, aktualizacji i transferu.

Jednym z ważniejszych osiągnięć ostatnich lat jest powszechne stosowanie otwartego, uniwersalnego metajęzyka XML (eXtensible Markup Language), opracowanego przez World Wide Web Consortium (W3C). XML służy do uporządkowanego opisu różnych struktur logicznych oraz treści dokumentów i ma fundamentalne znaczenie dla współczesnych publikacji internetowych. Popularyzacja standardów bazujących na XML-u ma ułatwić użytkownikom internetu dostęp do specjalistycznych publikacji (np. map i geoserwisów) za pośrednictwem standardowego narzędzia – przeglądarki internetowej.

Poszczególne odmiany XML (nazywane aplikacjami lub dialektami), znajdują różne zastosowania specjalistyczne. Jedną z odmian XML jest na przykład HTML (HyperText Markup Language) – standard formatowania stron internetowych. W geomatyce XML może być wykorzystywany jako uniwersalny, niezależny środowiskowo, darmowy język zapisu danych geoprzestrzennych i metadanych, także jako język komunikacji (wymiany danych) pomiędzy serwerami usług geoinformacyjnych a aplikacjami klienckimi, jako format zapisu prezentacji kartograficznych (map, wizualizacji), wreszcie jako język programowania aplikacji użytkownika (np. transformacji pomiędzy układami współrzędnych)..

Korzyści płynące z użycia XML opierają się głównie na jego wszechstronności: zarówno w roli magazynu danych, nośnika prezentacji, jak i języka programowania zaawansowanej funkcjonalności. Ten sam rodowód poszczególnych odmian XML ułatwia wszelkie transformacje i wymianę danych pomiędzy systemami informacyjnymi.

Podstawową aplikacją XML przeznaczoną do zapisu geoinformacji jest GML (Geography Markup Language), utworzony przez Open Geospatial Consortium (OGC) w oparciu o grupę standardów z serii ISO 19100. Podstawową cechą tego języka jest efektywność przechowywania geoinformacji w sposób niezależny od platformy sprzętowo-systemowej. Dlatego też GML można wykorzystywać jako format wymiany danych obejmujący część geometryczną wraz z definicją układu odniesień przestrzennych, część atrybutową (opisową) i metadane. Od wersji 3.0 GML umożliwia zapis topologii, obrazów rastrowych oraz danych geograficznych w czterech wymiarach (4D). Większość geoinformacyjnych aplikacji GML opisuje J. Michalak (2008)

W zakresie udostępniania informacji dwa najpopularniejsze standardy serwerów mapowych to WMS – Web Map Server oraz WFS – Web Feature Server, oba rozwijane pod patronatem OGC. Pierwszy umożliwia publikację map w postaci obrazów rastrowych, drugi – z wykorzystaniem języka XML (GML) także edycję poprzez standardowe zapytania. Standardy WMS i WFS uzupełnia szereg innych dedykowanych poszczególnym zadaniom. Można przypuszczać, że dotychczas wykorzystywane różnorodne komercyjne technologie serwerowe w zakresie geoinformacji będą sukcesywnie zastępowane rozwiązaniami uniwersalnymi.

SVG (Scalable Vector Graphics) jest językiem z rodziny XML służącym do opisu dwuwymiarowej grafiki. Stworzony został od podstaw z myślą o interaktywnych, dynamicznych prezentacjach internetowych z uwzględnieniem wszystkich własności graficznych, w tym gradientów, przezroczystości i warstw. Wsparcie rozwoju SVG przez W3C oraz największe firmy informatyczne już owocuje, zarówno bogatą dokumentacją techniczną, jak i zestawami narzędzi importu i eksportu grafiki dla popularnych pakietów oprogramowania.

Niezależnie od prac standaryzacyjnych w ciągu ostatnich kilku lat spopularyzowana została jeszcze inna – komercyjna odmiana XML o nazwie KML (Keyhole Markup Language). Jest to format danych geograficznych używany w serwisie Google Maps i aplikacji Google Earth. Pozwala na zapis wraz z danymi źródłowymi także symboli, etykiet i opisów obiektów geograficznych, warstw i widoków 3D oraz dowolnej interaktywności elementów wizualizacji. KML stał się standardem de facto wymiany danych i geoprezentacji, o czym świadczy nie tylko intensywny rozwój serwisów internetowych wykorzystujących technologię i dane tego dostawcy, ale także fakt implementacji tego formatu w programach GIS czołowych producentów.

W internecie, niezależnie od obowiązującego standardu zapisu stron XHTML, funkcjonuje bardzo wiele towarzyszących form zapisu informacji, zarówno tekstowej, obrazowej jak i multimedialnej. Niektóre mają rangę standardu (**standardu de jure**), inne dzięki uznaniu użytkowników stały się **standardami de facto** w cyberprzestrzeni. W tej mnogości formatów znajdują się takie, które nadają się do publikacji prac kartograficznych. Tu trzeba wymienić dwa najpopularniejsze w sieci formaty: PDF i Flash.

Stworzony przez firmę Adobe format zapisu dokumentów elektronicznych PDF (Portable Document Format) okazał się znakomitą dopełnieniem hipertekstowego zapisu stron internetowych i jest obecnie standardem ISO 32000-1. Dokumenty PDF można zarówno udostępniać w sieci, dzięki znakomitym parametrom kompresji oraz systemowi zabezpieczeń i autoryzacji, jak i wykorzystywać w procesie reprodukcji i drukowaniu materiałów, wymiennie z PostScriptem. PDF jest jakościowo stabilny, znakomicie zachowując kroje pisma i justowanie tekstu, odwzorowując symbolikę i barwy, łącząc rysunek wektorowy i obrazy rastrowe. Od pierwszych wersji znajdował zastosowanie w kartografii do zapisu map, a w ostatniej wersji wprowadzono pełną obsługę oryginalnych warstw projektu kartograficznego i współrzędnych globalnych (GeoPDF).

Format SWF (oryginalnie Shockwave Flash firmy Macromedia, a obecnie Adobe) w porównaniu do wspomnianego PDF jest zdecydowanie bardziej użyteczny w zakresie prezentacji multimedialnych dzięki obsłudze animacji i interaktywności prezentacji oraz efektywnej kompresji dźwięków, obrazów i filmów. Możliwość definiowania własnych akcji w języku skryptowym ActionScript może być wykorzystana do redagowania zaawansowanej interaktywności i integracji projektu Flash z innymi źródłami danych np. poprzez łączenie obiektów graficznych z informacjami opisowymi z bazy danych.

Jeszcze kilka lat temu opisane formaty (zarówno PDF, Flash jak i omówiony wyżej SVG) wykorzystywano wyłącznie do publikacji ostatecznych wyników prac kartograficznych (Kowalski 2000). To nadal najchętniej stosowane rozwiązanie. Należy jednak dodać, że coraz popularniejsze stają się takie aplikacje serwisów informacji geograficznej, które dynamicznie generują obraz mapy w tych formatach jako wektorową alternatywę dla typowej postaci rastrowej JPG czy PNG. Póki co

bezpośrednia interpretacja dokumentu PDF czy Flash w przeglądarce internetowej jest możliwa tylko dzięki dodatkom aplikacyjnym (wtyczkom), ale procedura ich instalacji i integracji w środowisku systemowym jest automatyczna i bezproblemowa.

Zarówno dostępne standardy kodowania informacji jak i możliwości oprogramowania dają obecnie przeciętnemu użytkownikowi pełną swobodę dysponowania tymi zasobami, do których ma dostęp i uprawnienia.

5.4.2 Internetowe serwisy geoinformacyjne

Wizualizacja kartograficzna w urzędowych serwisach geoinformacyjnych

Rozwój technologii internetowych spowodował w sieci popularyzację map, atlasów i serwisów geoinformacyjnych. Od kilku lat wzrasta popularność serwisów lokalizacyjnych i nawigacyjnych, pełniących podobną rolę jak mapy turystyczne czy samochodowe. Urzędowe portale geoinformacyjne udostępniają obszerny zestaw danych geodezyjno-kartograficznych, które mogą zastąpić drukowane arkusze map topograficznych i przeglądowych. Serwisy społecznościowe wykorzystują mapy do lokalizacji faktów, obiektów i ludzi. Opracowania kartograficzne mają już ugruntowaną pozycję w internecie.

Podstawową różnicą pomiędzy tradycyjną publikacją kartograficzną, a jej internetowym odpowiednikiem jest rozszerzona funkcjonalność mapy – większa niż publikacji drukowanej, czy nawet opracowań numerycznych – takich jak atlasy elektroniczne na płytach CD lub DVD. Obraz kartograficzny w internecie jest najczęściej interaktywny. Często ma charakter hipergrafiki (hipermapy), w obrębie której znajdują się odnośniki do opisów tekstowych, zdjęć, innych map lub materiałów multimedialnych. Wreszcie dzięki zastosowaniu odpowiednich mechanizmów aplikacyjnych mapa może pełnić w internecie funkcję interfejsu użytkownika bazy danych przestrzennych, tak jak dzieje się w przypadku większości serwisów geoinformacyjnych.

Uproszczony podział internetowych opracowań kartograficznych w oparciu o funkcjonalność obejmuje dwie grupy (Kowalski, 2006): **publikacje kartograficzne** oraz **serwisy geoinformacyjne** (serwisy informacji geograficznej). W pierwszej grupie znajdują się wszelkie opracowania kartograficzne charakteryzujące się określoną formą graficzną i ściśle zaprojektowaną treścią, których wyróżniającą cechą jest zamknięte źródło danych (Tab. 9). W tej grupie poza rastrowymi kopiami map drukowanych mieszczą się mapy redagowane pod kątem wyświetlania na stronach internetowych. Bywają także publikacje internetowe o rozbudowanej funkcjonalności dającej użytkownikowi możliwość modyfikacji wybranych parametrów mapy: zmiany powiększenia, zasięgu, zakresu treści itp., ale w ograniczonym zakresie.

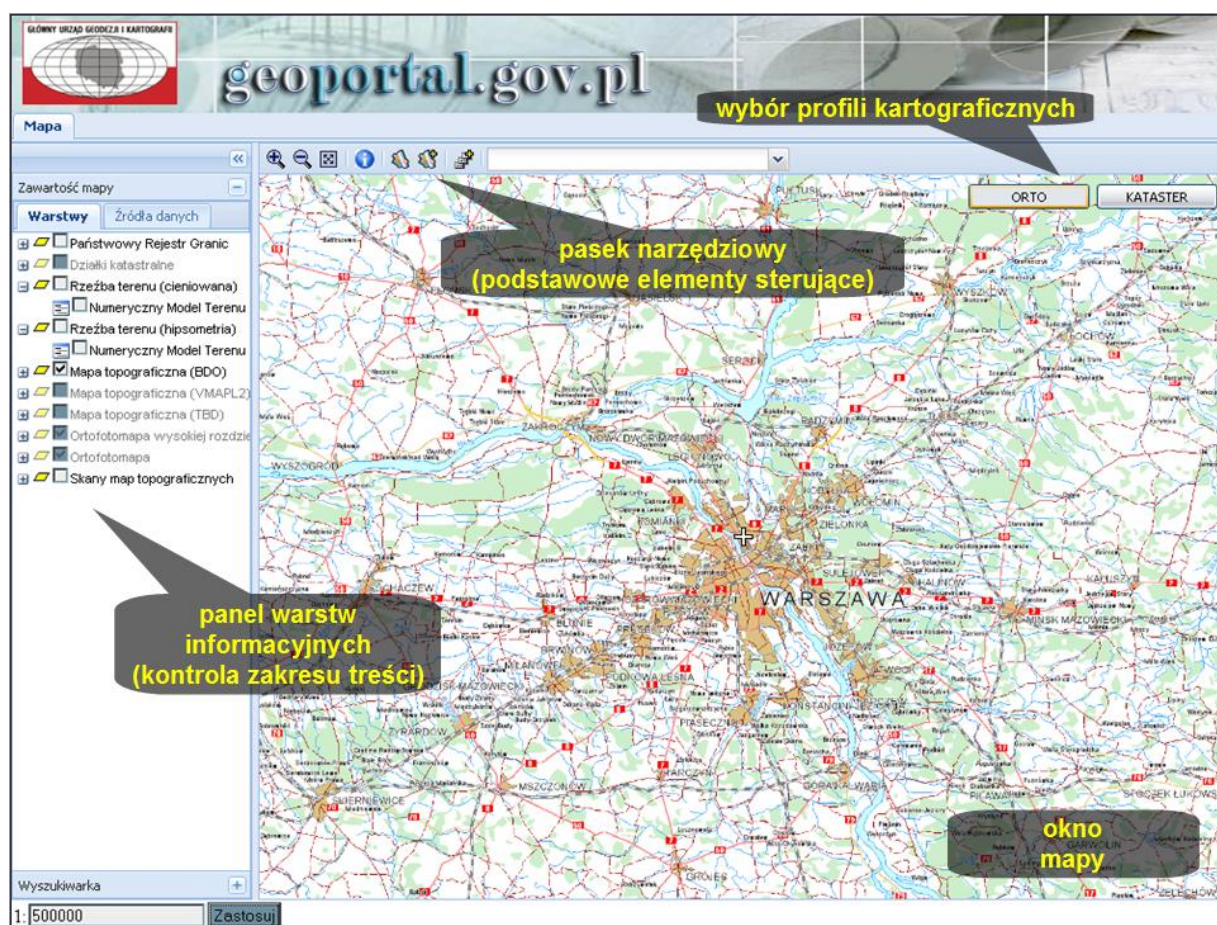
Tab. 9. Porównanie użytkowe typowych publikacji kartograficznych i serwisów geoinformacyjnych

	Publikacja kartograficzna	Serwis geoinformacyjny
Narzędzia redakcji	proste w obsłudze, ogólnodostępne: edytor tekstu lub dedykowany edytor HTML / JavaScript + program graficzny (lub CAD)	zaawansowane, najczęściej kosztowne (alternatywnie: open source): system informacji geograficznej + oprogramowanie serwera mapowego (alternatywnie środowisko programistyczne)
Format	dokument XHTML + obraz rastrowy, Flash lub PDF (rzadziej SVG)	dokument XML (np. SVG) lub dynamicznie generowany obraz (JPG, PNG)
Odczyt	przeglądarki internetowe + wtyczki (plug-in) instalowane zwykle automatycznie i jednorazowo	przeglądarki internetowe (zwykle z aplikacją integrującą się z przeglądarką) lub samodzielne geoprzeglądarki

Jakość	symbolizacja – pełna czytelność obrazu – doskonała (wektor), dostateczna (obrazy rastrowe) długi cykl lub brak aktualizacji	symbolizacja – ograniczona czytelność obrazu – bardzo dobra (niezależnie od formatu docelowego) częsta aktualizacja (uzależniona od bazy źródłowej)
Funkcjonalność	niska interaktywność, brak funkcji analitycznych	zaawansowana interaktywność, funkcje analityczne (+ zapytania do bazy danych), możliwość samodzielnej modyfikacji prezentacji

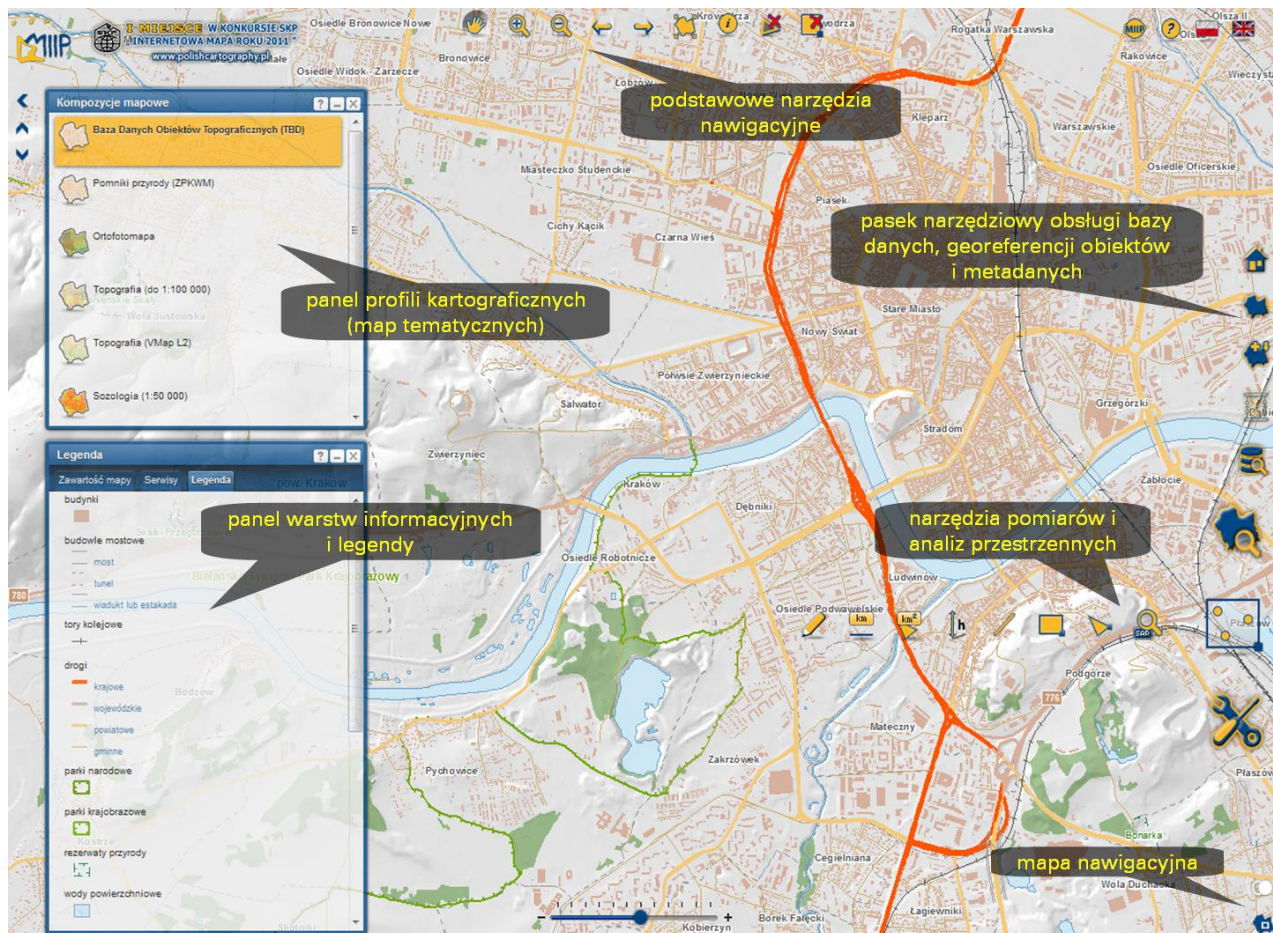
Do drugiej grupy można zaliczyć serwisy geoinformacyjne, które są internetowymi odpowiednikami systemów informacji geograficznej. System informacji przestrzennej jest bazą danych geometrycznych i opisowych wraz z oprogramowaniem do zarządzania strukturą bazy i zasobem danych. Podobnie internetowe serwisy geoinformacyjne są przeważnie systemami ukierunkowanymi na dane. Mapy, czy też szerzej: wizualizacje kartograficzne powstają na życzenie użytkownika i według jego zapotrzebowania, a ich dystrybucja odbywa się poprzez aplikacje sieciowe, które poza wyświetlaniem mapy umożliwiają kontrolę i modyfikację obrazu (zasięgu i powiększenia, często również symbolizacji) i zakresu treści (widoczności poszczególnych warstw informacyjnych).

Zastosowana technologia umożliwia pełną obsługę bazy danych z poziomu aplikacji internetowej, choć oczywiście ze względów prawnych, ekonomicznych i organizacyjnych na większości publicznie udostępnionych serwisów geoinformacyjnych nałożone są ograniczenia funkcjonalne – przede wszystkim blokada edycji danych. Pomimo silnej generalizacji, ograniczeń treści i uproszczonej symboliki zalety użytkowe tego typu wizualizacji czynią z nich najpopularniejsze w ostatnim czasie opracowania kartograficzne w internecie (Ryc. 120).

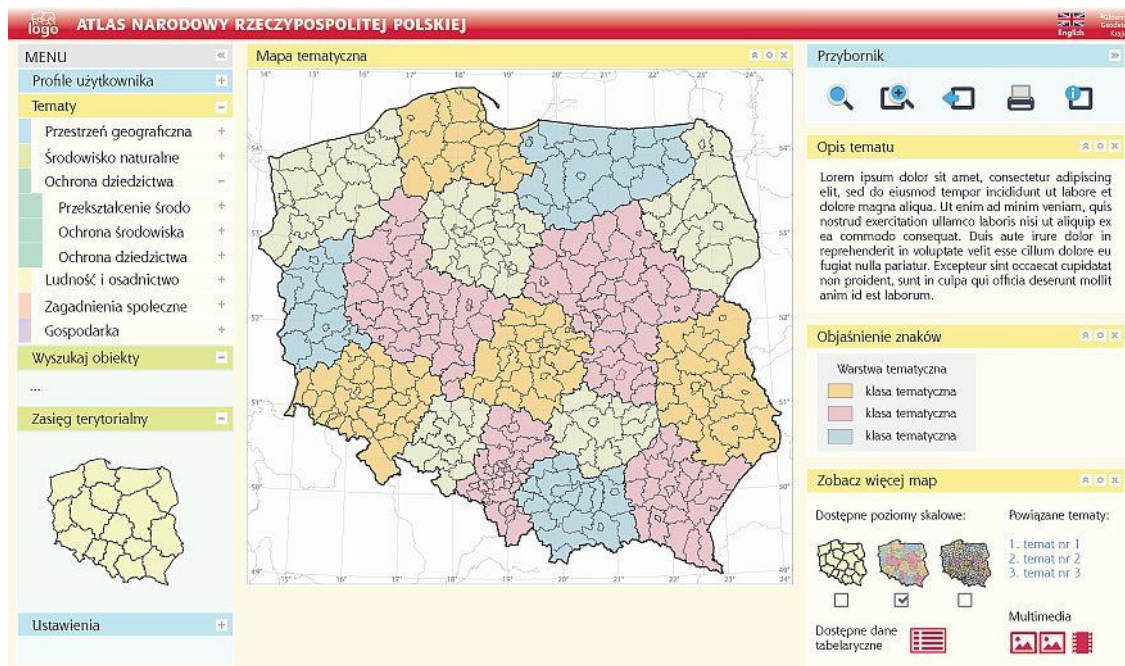


Ryc. 120. Typowe elementy kartograficznego interfejsu użytkownika w urzędowym serwisie mapowym Geoportalu.gov.pl

W podstawowym zakresie funkcjonalnym każdej interaktywnej mapy internetowej znajdują się zwykle narzędzia zarządzania obrazem, tj. zmiany powiększenia (*zoom*), zasięgu terytorialnego (przesuwanie widoku) oraz modyfikacji zakresu treści: włączanie widoczności lub zmiana przezroczystości warstw informacyjnych. Dopiero jednak funkcje bazodanowe i analityczne nadają szczególne znaczenie mapom internetowym. Wyszukiwanie obiektów i zdarzeń poprzez zapytania bazodanowe: według atrybutów opisowych np. adresu lub nazwy, a także lokalizowanie obiektów poprzez interaktywne wskazanie pozycji na mapie to minimum funkcjonalne. Serwisy lokalizacyjne udostępniają także funkcje wyznaczania tras przejazdu lub przejścia pomiędzy określonymi punktami według zadanego algorytmu.



Ryc. 121. Zaawansowany zestaw paneli użytkownika i pasków narzędziowych w regionalnym serwisie Małopolskiej Infrastruktury Informacji Przestrzennej (serwis Geomałopolska)



Ryc. 122. Przykład kartograficznego interfejsu użytkownika projektowanego Atlasu Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej (Głażewski, Kałamucki, Kowalski, Siwicki 2015)

Specyfika wizualizacji w systemach nawigacyjnych i mobilnych

Możliwość publikacji map w internecie nie pozostała bez wpływu na rozwój całej dyscypliny kartograficznej. Według Ormelinga (2010) jesteśmy świadkami przemiany mapy w „wielofunkcyjny drogowskaz” – w narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji. To właśnie serwisy geoinformacyjne o charakterze lokalizacyjnym stały się dla użytkowników internetu najpopularniejszym źródłem informacji przestrzennej. Pełniły one od początku, poza wspomnianymi na wstępie zastosowaniami ogólnoinformacyjnymi (jak mapy turystyczne) czy nawigacyjnymi (mapy samochodowe), także rolę georeferencyjną.

Jedną z największych zalet serwisów lokalizacyjnych jest wieloskalowa reprezentacja kartograficzna sięgająca od skal wielkich właściwych planom miast do skal obejmujących cały glob. Przy takim zakresie skalowym odpowiedni dobór treści i uogólnienie formy jest zadaniem skomplikowanym, dlatego zakres treści ogólnogeograficznej jest ograniczony i obejmuje zwykle: sieć komunikacyjną, zabudowę, hydrografię, elementy pokrycia terenu i wybrane obiekty użyteczności publicznej. Dodatkowo serwis lokalizacyjny może dysponować uzupełniającym komponentem obrazowym (np. zdjęcia satelitarne) oraz warstwami tematycznymi pochodzącymi z innych serwisów internetowych (np. komunikacja miejska, informacje encyklopedyczne itd.). Wśród najpopularniejszych serwisów lokalizacyjnych są Google Maps, Yahoo Maps, MapQuest i MSN Live Maps, a w Polsce: MapGO, Zumi, Targeo i DoCelu, czy też niekomercyjny serwis Open Street Map.

Zakres treści baz danych do celów nawigacyjnych obejmuje ograniczoną treść ogólnogeograficzną – zbyt ubogą jak na potrzeby planistyczne i gospodarcze. Ale to właśnie internetowe serwisy lokalizacyjne dostarczały jeszcze niedawno podstawowe dane referencyjne, wypełniając lukę rynkową – brak serwisów topograficznych (P.J. Kowalski, R. Olszewski 2008). Było to spowodowane przede wszystkim ich zaletami funkcjonalnymi. Nacisk położony na użyteczność serwisu: jego dostępność, aktualność i łatwość obsługi (ergonomię) przyciągnął klientów i wyznaczył standard w tej grupie produktów.



Ryc. 123. Przykłady uzupełniających elementów kartograficznego interfejsu użytkownika na przykładzie serwisu lokalizacyjnego Targeo.pl

Zakres funkcjonalny serwisów geoinformacyjnych

Obecnie pojawia się coraz więcej serwisów bazujących na informacji o charakterze urzędowym. Są to serwisy geoinformacyjne pełniące rolę węzłów krajowej czy regionalnej infrastruktury informacji przestrzennej (IIP). Dane referencyjne: przeglądowe, topograficzne, katastralne i fotogrametryczne zgromadzone w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym są udostępnione użytkownikom w portalu internetowym Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii www.geoportal.gov.pl (Ryc. 120). Umożliwia on bezpośredni dostęp do poszczególnych komponentów krajowej infrastruktury danych przestrzennych, m.in. ośrodków wojewódzkich czy powiatowych. Sukcesywnie rozwijana jest funkcjonalność urzędowego Geoportalu, ale równocześnie rośnie zasób danych przestrzennych i udostępnianych opracowań kartograficznych w serwisach wojewódzkich. Przodują w tej działalności urzędy marszałkowskie województw dolnośląskiego, małopolskiego (Ryc. 121), mazowieckiego, opolskiego i podkarpackiego.

Specyfika serwisów IIP takich jak Geoportal czyni z nich świetne źródło informacji przestrzennej podanej w różnorodnych formach wizualnych – będą to zarówno opracowania kartograficzne jak i fotogrametryczne w różnych skalach. Korzystając z narzędzi zmiany widoku (powiększenia obrazu) w panelu warstw można obserwować zmianę predefiniowanych źródeł danych, ale użytkownik może także samodzielnie dostosowywać zakres treści mapy. Obecnie w serwisie GUGiK dostępne są między innymi:

- wersje rastrowe arkuszy drukowanych map topograficznych 1:10 000, 1:25 000 i 1:50 000;
- prezentacje bazy danych obiektów topograficznych (BDOT zapewnia pokrycie terytorium kraju danymi o szczegółowości mapy 1:10 000), – bazy danych topograficznych VMap Level2

(odpowiadającej skali 1:50 000), Bazy Danych Ogólnogeograficznych w zakresie skalowym 1:250 000 do 1:4 000 000, Państwowego Rejestru Granic, Państwowego Rejestru Nazw Geograficznych;

- dane katastralne o działkach ewidencyjnych;
- ortofotomapy lotnicze i satelitarne.

W zależności od przeznaczenia i zaawansowania funkcjonalnego serwisu użytkownik, który znalazł szukaną informację może podjąć kolejne czynności, np. może oznaczyć obiekty własnym znakiem, komentarzem lub opisem. Dodatkowe funkcje to zapisanie wyników wyszukiwania lub analiz w postaci mapy, wysłanie jej pocztą lub umieszczenie na własnej stronie WWW w formie obrazu lub odnośnika do serwisu głównego (Kowalski, 2007b). Wartościową z perspektywy użytkownika funkcją serwisu geoinformacyjnego jest personalizacja: możliwość przechowania wyników wykonanych działań: zapisania własnych obiektów i map. Jest to zazwyczaj realizowane poprzez logowanie na koncie użytkownika. Większość serwisów oferuje takie darmowe konto.

Poza standardowym wyposażeniem każdy internauta może odnaleźć także inne funkcje - dopasowane do jego potrzeb. W Google Maps można interaktywnie kreślić za pomocą narzędzi rysowania punktów, linii i kształtów zamkniętych oraz ustawień symboliki, koloru, przezroczystości i szerokości linii. Obiektom można przypisać teksty, zdjęcia lub pliki wideo. Z gotową mapą mogą być integrowane warstwy tematyczne z innych serwisów np. pogodowych, komunikacyjnych, turystycznych itp. W serwisie Targeo użytkownik może zapisywać własne mapy wraz z dodanymi obiektami i śladami tras, a następnie udostępniać poprzez adres lub załącznik do listu. Z kolei aplikację serwisu DoCelu cechuje rozbudowana baza adresowa i zaawansowany interaktywny tryb modelowania trasy przejazdu.

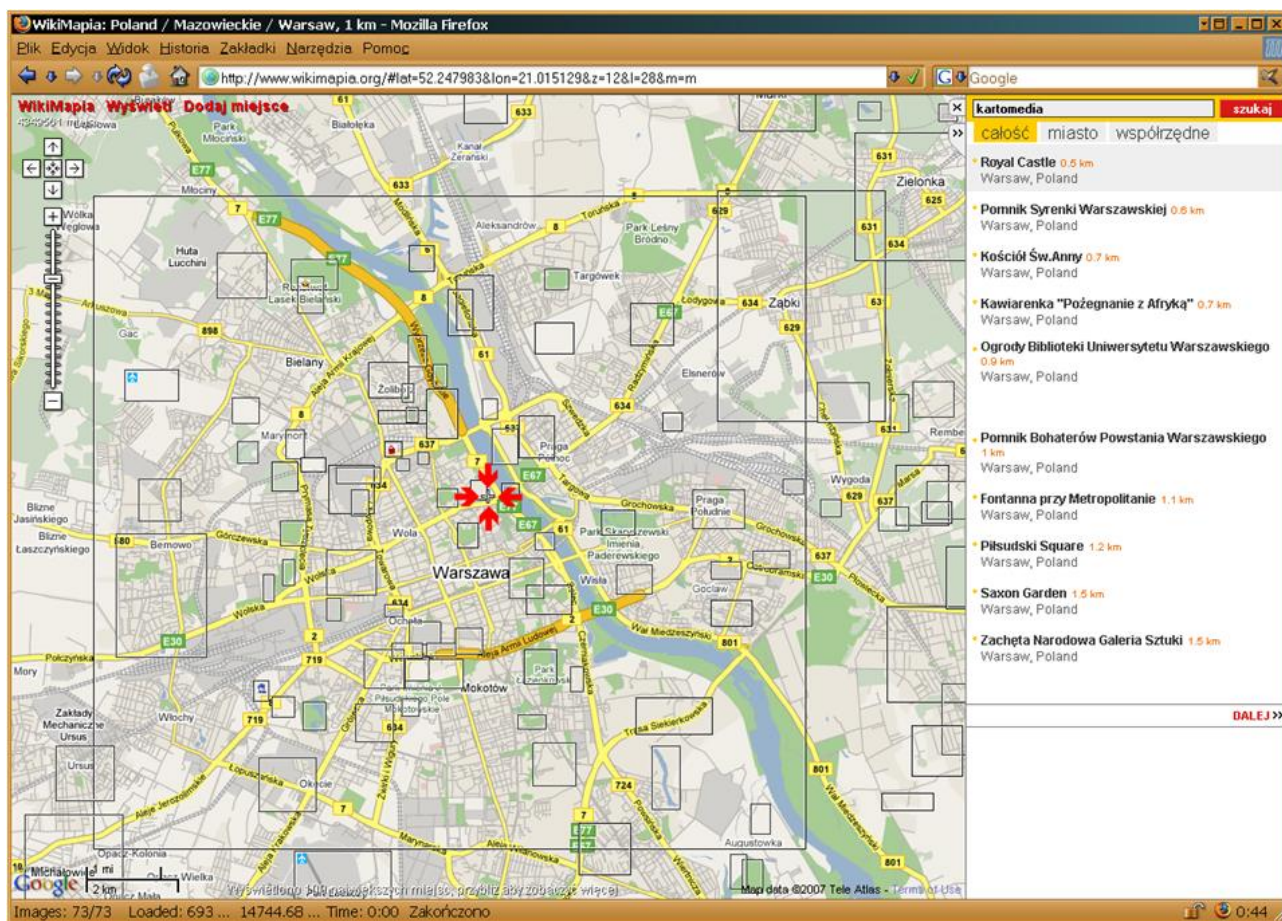
5.4.3 Rola map w internecie społecznościowym

Interesującym aspektem użytkowym informacji geograficznej w internecie jest jej popularność w przestrzeni społecznościowej, w której użytkownicy są współtwórcami treści publikowanych w sieci (Kowalski, 2007a). W serwisach społecznościowych komunikacja odbywa się wielokierunkowo, a więc także mapa, jak każdy inny otwarty (wikimedialny) dokument, może być odczytywana i redagowana przez wielu użytkowników jednocześnie.

Oczywiście warunkiem koniecznym pomyślnego współredagowania mapy jest zastosowanie określonych reguł odwzorowania treści i symbolizacji, a więc przynajmniej podstaw wiedzy kartograficznej. Jest ona o tyle ważna, że uniwersalny język graficzny mapy czyni z niej platformę wymiany wszelkich informacji – swoisty kartograficzny interfejs komunikacyjny. Dotyczy to nie tylko stricte geoinformacyjnych serwisów, jak np. popularny Open Street Map, ale też serwisów o charakterze mieszanym (tzw. *mashup*) łączących własne treści tematyczne (artykuły, fotografie, materiały multimedialne) z udostępnionymi usługami geoinformacyjnymi – najczęściej w postaci podkładu mapowego (Ryc. 124).

Najpopularniejszym rozwiązaniem stosowanym dla stron i blogów osobistych oraz prostych serwisów społecznościowych jest oczywiście wykorzystanie gotowych wzorców aplikacyjnych i danych. Usługi oferowane przez największe firmy internetowe, znalazły rzesze odbiorców, głównie wśród programistów stron internetowych. Dzięki udostępnionym publicznie bibliotekom programistycznym API (Application Programming Interface) projektant serwisu internetowego może wykorzystać określony zestaw funkcji tworząc własny **mashup**, czyli serwis mieszany. Tak przygotowany serwis internetowy wykorzystuje nie tylko zewnętrzny interfejs, ale także odległe bazy danych. Istotą realizowanej integracji jest kreatywne zestawienie wielu różnorodnych źródeł danych, a kluczem do sukcesu nowego serwisu jest innowacyjny sposób prezentacji oraz użyteczność zaprogramowanych funkcji.

Jak pokazują statystyki ProgrammableWeb ponad jedna trzecia serwisów mieszanych bazuje na interfejsie kartograficznym i wykorzystuje bazy danych przestrzennych. To świadczy o atrakcyjności i dużym znaczeniu mapy w Internecie. Nawet jeśli większość zadań podczas realizacji projektów wykonują programiści, to wiedza i doświadczenie kartografa powinno być decydujące w procesie przygotowania danych do prezentacji w serwisie (zwłaszcza o charakterze referencyjnym), w określeniu zakresu niezbędnych czynności redakcyjnych oraz parametryzacji dopuszczalnych działań użytkownika serwisu (D. Gotlib 2008b). Nie ulega wątpliwości, że największymi dostawcami danych geograficznych pozostaną firmy informatyczne. Ale budowa serwisów geoinformacyjnych (np. portali wertykalnych – tematycznych) w oparciu o udostępnioną technologię, dane referencyjne i posiadane dane tematyczne spoczywa w rękach specjalistów, wśród których znajdują się także kartografowie.



Ryc. 124. Oznaczenia obiektów wprowadzonych przez użytkowników serwisu Wikimapia.org

5.4.4 Problematyka użyteczności publikacji internetowych

Mapa ze swej istoty jest dziełem użytkowym. Cechy użytkowe nabywa w procesie redakcji i reprodukcji: od momentu przygotowania danych źródłowych, poprzez generalizację, symbolizację, aż po publikację. Dlatego w każdym zastosowaniu, również wtedy, gdy mapa trafia na stronę internetową, poprawnie przygotowany produkt kartograficzny gwarantuje wysoki poziom użyteczności. Jeśli proces tradycyjnej reprodukcji poligraficznej zastępuje publikacja za pośrednictwem internetu, to poza typowymi cechami kartograficznymi mapę charakteryzują dodatkowo dwie cechy: interaktywność i hipermedialność. Dzięki nim funkcjonalność mapy wykracza poza typowe zadania kartograficzne. Poniżej zostaną przedstawione różne wymiary funkcjonalne map w serwisach internetowych.

Podstawową składową użyteczności produktu jest funkcjonalność rozumiana jako zakres dostępnych funkcji lub opcji danego narzędzia. Ale czynników kształtujących szeroko pojętą

użyteczność jest więcej – to jakość, łatwość obsługi (ergonomia) i dostępność. Każda z tych cech ma istotne znaczenie dla wygody i satysfakcji użytkownika. W odniesieniu do serwisów internetowych Nielsen (2003) wyróżnia kilka szczegółowych czynników użyteczności:

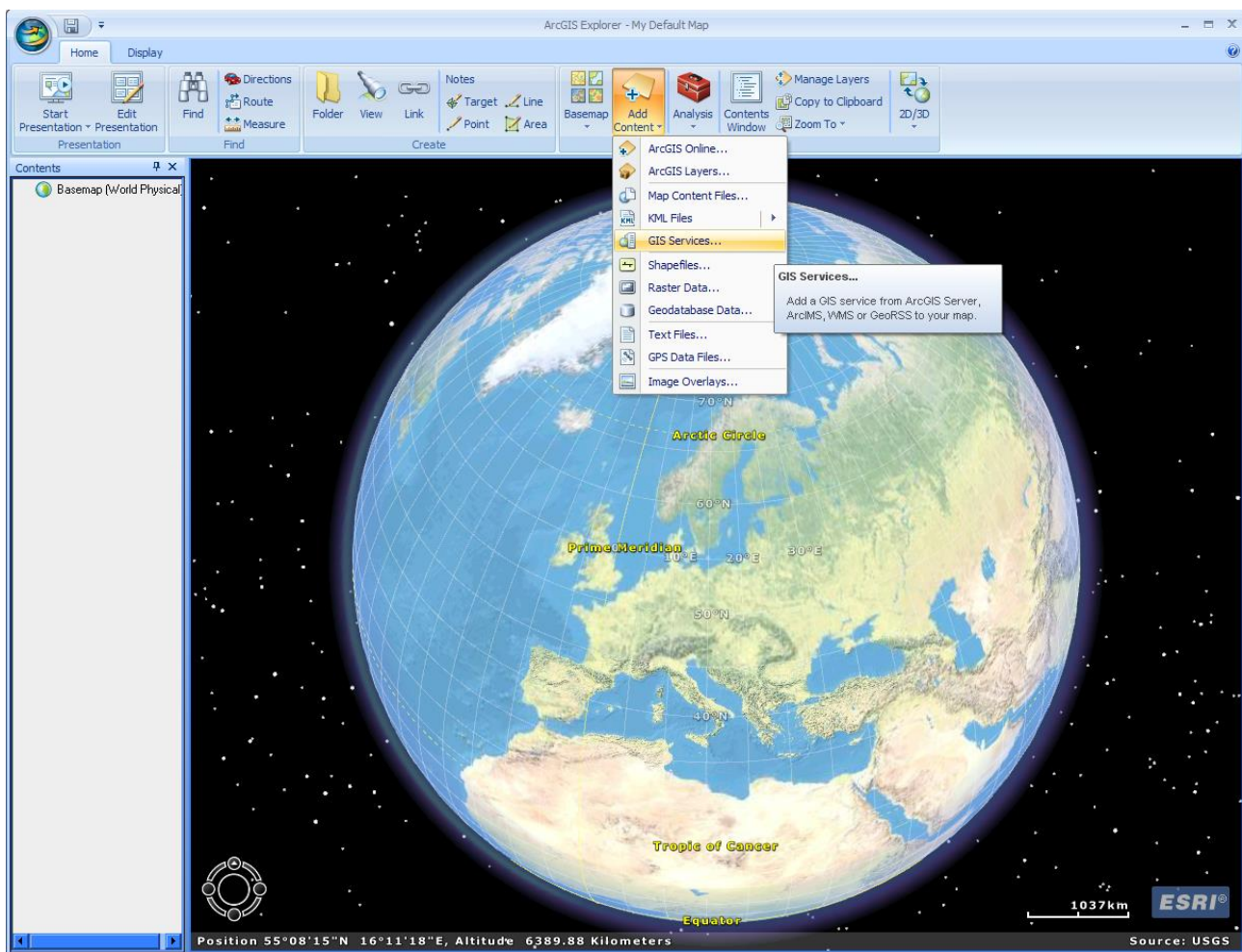
- intuicyjność (*learnability*) – rozumianą jako łatwość wykonania podstawowych zadań podczas pierwszego zetknięcia się z serwisem,
- efektywność (*efficiency*) – szybkość realizowania zadań przez użytkowników, którzy już zapoznali się z interfejsem serwisu,
- przyswajalność (*memorability*) – szybkość przywracania biegłości w wykonywaniu zadań po dłuższej nieobecności w serwisie,
- odporność na błędy (*errors*) – odporność na błędy użytkownika popełniane podczas pracy,
- satysfakcja (*satisfaction*) – poczucie zadowolenia użytkownika podczas korzystania z serwisu.

Tylko część spośród wymienionych czynników dotyczy klasycznej, statycznej mapy – takiej, którą ze względu na sposób funkcjonowania na stronie internetowej można zakwalifikować do grupy map ilustracyjnych. Natomiast wszystkie powyżej opisane będą właściwe mapom, które mają własności interaktywne, a zatem mogą pełnić określoną funkcję w serwisie internetowym. Te grupę można nazwać mapami funkcyjnymi.

Dla obu grup ocena użyteczności obejmuje wszystkie cechy kartograficzne tj. zakres treści, stopień generalizacji, metody prezentacji kartograficznej, zmienne graficzne, odwzorowanie kartograficzne, zakres i kompozycja legendy oraz elementów pomocniczych. Natomiast dla grupy map interaktywnych należy dodatkowo rozpatrywać ogół elementów funkcjonalnych, które poprzez analogię do osnowy kartograficznej można nazwać osnową funkcjonalną mapy. Nieuwzględnienie podstawowych zasad redagowania map skutkuje zazwyczaj obniżeniem czytelności, utrudnieniem interpretacji, a w konsekwencji spadkiem efektywności przekazu (Kowalski, Mostowska, 2010). Z kolei wadliwie przygotowana osnowa funkcjonalna może się objawić się na każdym etapie pracy z mapą powodując zupełnie nieprzewidziane skutki. Jedynie testowanie użyteczności zapewnia eliminację błędów projektowych (Kowalski, 2006).

Osnowa funkcjonalna mapy interaktywnej rozpięta jest na całości obrazu kartograficznego oraz, używając tradycyjnej terminologii, na elementach pozaramkowych. Zarówno w obszarze mapy (sygnatura, znak powierzchniowy, nazwa, opis), jak i w polach legendy, ramki czy w dodatkowych paskach narzędziowych - każdy aktywny element prezentacji może wywoływać określoną akcję: wewnętrzną lub zewnętrzną. Do działań wewnętrznych należy np. zmiana parametrów widoku (powiększenia, zasięgu), modyfikacja zakresu treści (operacje na warstwach informacyjnych), resymbolizacja itp. Do działań zewnętrznych zalicza się nawigacja hipermedialna – wywołanie odnośnika (*hiperlink*) do innego dokumentu w systemie np. tekstu, dźwięku lub obrazu. Tak duży potencjał funkcjonalny mapy wzmacnia jej rolę w systemach informacyjnych, zwłaszcza w internecie.

Większość kartograficznych publikacji internetowych jest dostępna za pośrednictwem standardowej przeglądarki internetowej. Aplikacje sieciowe uruchamiane z poziomu przeglądarki są coraz bardziej zaawansowane i umożliwiają nie tylko wyświetlanie wizualizacji dwu- i trójwymiarowych, modyfikacje i uzupełnianie treści, ale także łączenie rozproszonych usług geoinformacyjnych. Jednak wydajnością oraz funkcjami analitycznymi ustępują samodzielny aplikacjom, jakimi są darmowe geoprzeglądarki (zwane czasem wirtualnymi globami), np. Google Earth, MS Virtual Earth czy ArcGIS Explorer (Ryc. 125).



Ryc. 125. Okno geoprzeglądarki ArcGIS Explorer

Jedną z pierwszych aplikacji z tej grupy: Google Earth umożliwia wyświetlanie zdjęć satelitarnych, lotniczych oraz panoram zbiorowych z poziomu ulicy na trójwymiarowym modelu rzeźby terenu i nakładanie dowolnych warstw informacyjnych w formacie KML, w tym także map tematycznych. Interaktywna wizualizacja daje możliwość zmiany widoku w trzech wymiarach, animowanie tzw. „przelotów”, a także animacje temporalne na danych historycznych.

Aplikacja firmy ESRI: ArcGIS Explorer jest mniej popularna, ale funkcjonalnością przewyższa konkurenta: daje możliwość integracji danych zapisanych w formacie KML, ale także danych z serwerów mapowych ArcGIS oraz usług geoinformacyjnych, zbiorów w formacie shapefile, czy też danych z pomiaru GPS. Drugą ważną zaletą ArcGIS Explorera jest możliwość wyboru mapy bazowej. Do dyspozycji użytkownika są zarówno zasoby obrazowe (zdjęcia satelitarne kilku dostawców), jak i mapy przeglądowe pochodzące m.in. z serwisu BingMaps oraz wspomnianego wyżej Open Street Map. Użytkownik może wybrać wersję dwuwymiarową wizualizacji albo „wirtualny glob”.

Zastosowanie geoprzeglądarki przez odbiorcę publikacji kartograficznej jest interesującym rozwiązaniem, zapewniającym wybrane funkcje profesjonalnych aplikacji GIS i jednocześnie dostęp do zasobów geoinformacyjnych udostępnionych na serwerach mapowych. Aplikacja tego typu umożliwia dostęp do wielu źródeł danych (internetowych i lokalnych), umożliwia ich integrację i czytelną, atrakcyjną wizualnie prezentację wyników (Kowalski 2008).

Niezależnie od używanej aplikacji końcowej, czy jest to zwykła przeglądarka, geoprzeglądarkę, czy profesjonalny pakiet GIS dla wielu projektów serwisy geoinformacyjne stają się podstawowym źródłem danych przestrzennych. Do ich zalet można zaliczyć: różnorodność – możliwość wyboru serwisu geoinformacyjnego odpowiadającego potrzebom, poziomowi wiedzy i umiejętności, duża

szczegółowość podstawowych warstw: sieci dróg, obiektów POI, danych adresowych oraz szczegółowość topograficzna sięgająca nawet ekwiwalentowi mapy w skali 1:10 000 w przypadku geoportali infrastruktury informacji przestrzennej (IIP).

6. Bibliografia

6.1 Publikacje

- Berlant A.M., 1993, Geoprzedstawienia i geoikonika. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 25, nr 3, s. 105–115
- Berlant A.M. 2000, Kartograficzeskije animacyi. Moskwa, Naucznyj Mir
- Bertin J., 1973, Sémiologie Graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes. Paris. La Haye: Mouton et Gauthier-Villars.
- Buczowski K., Nowak E., 1997, Topologia obrazów kartograficznych. W: Kartografia a systemy informacji przestrzennej – seminarium naukowe
- Buziek G., 1998, Projektowanie animacji kartograficznej – doświadczenia i rezultaty. W: Systemy informacji przestrzennej – VIII Konferencja Naukowo-Techniczna, s. 313-321
- Buziek G., 1999, Dynamic Elements of Multimedia Cartography. W: Multimedia Cartography, s. 231–244
- Cartwright W., 1998, Przyczynek do procedury oceny multimedialnych produktów kartograficznych. W: Systemy informacji przestrzennej – VIII Konferencja Naukowo-Techniczna, s. 273-284
- Cartwright W., Peterson M.P., Gartner G., 1999, Multimedia Cartography. Berlin, Springer-Verlag
- Czarnecki K., 1996: Geodezja współczesna w zarysie, Wydawnictwo Wiedza i Życie, Warszawa
- Dent B. D., 1993, Cartography: Thematic map design. Wyd. IV. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers.
- DiBiase D., MacEachren A.M., 1992, Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization. „Cartography and Geographic Information Systems” T. 19, nr 4, s. 201–214
- Dransch D., 1997, Computer-Animation in der Kartographie - Theorie und Praxis. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag
- Dykes J. 1998, Exploring Spatial Data Representation with Dynamic Graphics. „Computers & Geosciences”, T. 23, nr 04/1998
Strona internetowa: <http://www.elsevier.nl/homepage/misc/cageo/>
- Dzikiewicz Bronisław, 1965 - Topografia, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa
- Forrest D., 1999, Geographic information: Its nature, classification, and cartographic representation. "Cartographica" Vol. 36, no. 3, s. 31-53.
- Frączek I., 1981, Zagadnienie skal pomiarowych w kartografii. "Polski Przegląd Kartograficzny" T. 13, 1981, nr 3-4, s. 126-135.
- Gaebler V., 1968, Legenda map tematycznych rozważania nad formą. „Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej. Z. 4., s. 91-100

- Gaździcki J., 1990. Systemy informacji przestrzennej. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych. Warszawa.
- Głazewski, A., 2006, Modele rzeczywistości geograficznej a modele danych przestrzennych, *Polski Przegląd Kartograficzny*, T. 38, nr 3, s. 217-225
- Głazewski A., Kałamucki K., Kowalski P.J., Siwicki M., 2015, Warunki techniczne na opracowanie wstępnych założeń redakcyjno - technicznych Atlasu Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Urząd Geodezji i Kartografii
- Gołaski J., 1995, Geoprzedstawienia i mapy. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 27 nr 4, s. 173–176
- Gołaski J., 1998, Mapy pomiędzy pismem, obrazem a elektronicznymi środkami informacji (relacje strukturalne). „Polski Przegląd Kartograficzny”, T. 30, nr 4/1998, s. 251-259
- Gotlib D., 2008, Nowe oblicza kartografii –Internet a kartografia. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 40, nr 3, s. 237-246
- Gotlib D., Olszewski R., red., 2013, Rola bazy danych obiektów topograficznych w tworzeniu infrastruktury informacji przestrzennej w Polsce. Główny Urząd Geodezji i Kartografii
- Graficzna prezentacja danych statystycznych. Wykresy, mapy, GIS (opracowanie zbiorowe), 2014. Główny Urząd Statystyczny, <http://www.stat.gov.pl>
- Grygorenko W. 1970, Redakcja i opracowanie map ogólnogeograficznych. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, Warszawa
- Grzechnik L., Kałamucki K., Meksuła M., 2013. Ewolucja funkcji planów miast wobec rozwoju systemów nawigacyjnych. *Polski Przegl. Kartogr.* T. 45, nr 1., s. 15–24.
- Kałamucki K., 2005a. Poznawcza i kształcąca funkcja współczesnych map turystycznych. W: Społeczna i edukacyjna rola kartografii w Polsce. Materiały XXXI Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej. T. 26. Warszawa s. 64–72.
- Kałamucki K., 2005b. Legenda mapy – ogniwo scalające wizję kartografa, mapę i jej użytkownika. W: Pawlak W., Spallek W. red. Główne problemy współczesnej kartografii 2005. Projektowanie i redakcja map. Wrocław, s. 147–156
- Kocimowski K., Kwiatek J., 1977. Wykresy i mapy statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa
- Kowalski P.J., 1999b, Dynamiczne metody prezentacji kartograficznej w przekazie informacji o przestrzeni geograficznej. W: Kartografia w polskim systemie edukacyjnym – materiały XXVI OKK, s. 163–172
- Kowalski P.J., 2002a, Spodziewana Victoria Grafiki. „Geodeta” nr 04/2002, s. 18–21
- Kowalski P.J., 2002b, Przestrzeń i czas na monitorze czyli o animacjach kartograficznych. „Geodeta” nr 06/2002, s. 38–40
- Kowalski P.J. 2002c, Kartografia dynamiczna – wyzwanie metodyczne i techniczne. W: Świat mapy, świat na mapie – XII Szkoła Kartograficzna, s. 137–154
- Kowalski P.J., 2003, Opracowanie metodyki redagowania dynamicznych prezentacji kartograficznych w systemach informacji geograficznej. Praca doktorska, Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej
- Kowalski P.J., 2006, Problem funkcjonalności prezentacji kartograficznych w internetowych serwisach informacyjnych. „Materiały XXXI Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej”

- Kowalski P.J., 2007a, Kartowanie idei – rola kartografii w internecie społecznościowym. „Materiały XXXII Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej: Współczesne trendy w metodyce kartograficznej”, s. 166-177
- Kowalski P.J., 2007b, *Znaczenie integracji danych geograficznych w serwisach internetowych typu mashup*. „Materiały IV Ogólnopolskiego Sympozjum Geoinformacyjnego nt. Geoinformatyka – badania, zastosowania i kształcenie”. Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH, Kraków
- Kowalski P.J., 2008, Techniczne aspekty redagowania i użytkowania serwisów geoinformacyjnych. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 40, nr 4
- Kowalski P.J., Mostowska M., 2010, Ocena jakości i funkcjonalności map w internetowych serwisach lokalizacyjnych. „Materiały XXXIV Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej: Polska kartografia w dobie przemian metodycznych i technologicznych”
- Kowalski P.J., 2012. Mapa jako praktyczny interfejs serwisu internetowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. Vol. 23., s. 159–168.
- Kozieł Z., 2001, Geokompozycje jako ujęcia wideograficzne. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 33 nr 4
- Kraak M.-J., Edsall R., MacEachren A.M., 1997, Cartographic Animation and Legends for Temporal Maps: Exploration and/or Interaction. „18th International Cartographic Conference”, Stockholm, proceedings Vol. 1, s. 253–260
- Kraak M.-J., 1998, Kartograficzna metoda badań: mapy jako narzędzia odkryć. W: *Systemy informacji przestrzennej – VIII Konferencja Naukowo-Techniczna*, s. 251-268
- Kraak M.-J., Ormeling F., 1998, Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D., 2006. GIS Teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa
- Makowski A., 1998, Kartografia a systemy informacji przestrzennej. W: *Systemy informacji przestrzennej – VIII Konferencja Naukowo-Techniczna*, s. 324-338
- MacEachren A.M., 1998, Visualization - Cartography for the 21st Century. W: *Systemy informacji przestrzennej – VIII Konferencja Naukowo-Techniczna*, s. 287-296
- MacEachren A.M., Kraak M.-J., 1998, Exploratory Cartographic Visualization: Advancing the Agenda. „Computers & Geosciences”, T. 23, nr 04/1998
Strona internetowa: <http://www.elsevier.nl/homepage/misc/cageo/>
- Makowski A., 1997. O mapie. W: *Kartografia w ochronie środowiska przyrodniczego i zagospodarowaniu przestrzennym*. Materiały XXIV Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej. Poznań s. 13–17.
- Makowski A., (red.) 2005a. Ontogeneza mapy. W: Makowski A., red. *System informacji topograficznej kraju*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
- Makowski A., 2005b. Pojęcie mapy. W: Makowski A., red. *System informacji topograficznej kraju*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
- Makowski A., 2007. Spór o mapę. Wprowadzenie do pojęcia mapy. W: Pawlak W., Spallek W. red. *Główne problemy współczesnej kartografii 2007*. Projektowanie i redakcja map. Wrocław, s. 65–72.
- MacEachren A. M., Taylor D.R.F., 1994. *Visualization modern cartography*. Pergamon,

- McLuhan M., 1964, *Understanding Media: The Extensions of Man*. Massachusetts Institute of Technology Press, Reprint Edition 1994
- Medyńska-Gulij B., 2010 - *Perspektywa na mapach - konfrontacja dawnych metod prezentacji rzeźby terenu z wizualizacjami 3D*, Główne problemy współczesnej kartografii 2010, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław
- Medyńska-Gulij B., 2015. *Kartografia. Zasady i zastosowania geowizualizacji*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Meksuła M.W. 2001, *Kartograficzne sposoby prezentowania dynamiki zjawisk*. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 33, nr 4
- Meksuła M.W., 2002, *Kartograficzna prezentacja dynamiki zjawisk*. W: *Świat mapy, świat na mapie – XII Szkoła Kartograficzna*, s. 122-136
- Midtbø T., 2001, *Perception of Time Variables on Dynamic Maps*. W: *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference*, s. 1797–1804
- Michalak J., 2008, *Języki pochodne od GML i z nim powiązane*. „Roczniki Geomatyki” T. VI, z. 5, Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej, Warszawa
- Monmonier M., 1990, *Strategies for the Visualization of Geographic Time-Series Data*. „Cartographica”, T. 27, nr 1/1990, s. 30–45
- Muehrcke P.C., 1998, *Map Use*. Wisconsin. JP Publications Madison
- Muehrcke P., C., Muehrcke J., O., Kimerling A., J. 2001. *Map use – Reading, Analysis and Interpretation*. Rev. 4-th edition. Madison, Wisconsin: JP Publications.
- Nielsen J., 2003. *Projektowanie funkcjonalnych serwisów internetowych (Designing Web Usability)*. Gliwice, Helion
- Nowa Encyklopedia Powszechna PWN Warszawa t. IV, 1996
- Nowa Encyklopedia Powszechna PWN Warszawa, t. VI, 1997
- Ormeling F., 2009. *From Ortelius to OpenStreetMap – Transformation of the Map into a Multifunctional Signpost*. W: Gartner G., Ortig F., *Cartography in Central and Eastern Europe*. Berlin, Springer-Verlag
- Ostrowski W., 2008. *Semiotyczne podstawy projektowania map topograficznych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Ostrowski W., 2010. *Redakcja i reprodukcja map*. W: Pasławski J. red. 2010. *Wprowadzenie do kartografii i topografii*. Wydawnictwo Nowa Era Redakcja Kartograficzna, Wrocław, s. 330-356.
- Papay G. 1973. *Funkcje kartograficznych form prezentacji*. *Polski Przegl. Kartogr.* T. 5, nr 3., s. 97–103.
- Pasławski J., 1992, *Kartogram jako forma prezentacji kartograficznej*. Warszawa, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Pasławski J. 2005. *Uwagi o klasyfikacji ilościowych form prezentacji kartograficznej*. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 37, nr 2, s. 95-100
- Pasławski J. 2009. *O klasyfikacji jakościowych form prezentacji kartograficznej*. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 41, nr 3, s. 221-226
- Pasławski J. (red.) 2010. *Wprowadzenie do kartografii i topografii*. Wydawnictwo Nowa Era Redakcja Kartograficzna, Wrocław.
- Patterson T., 1999, *Designing 3D Landscapes*. W: *Multimedia Cartography*, s. 217-229

- Pawlak W., 2005. Miejsce koncepcji mapy w społecznym przekazie informacji. W: Pawlak W., Spallek W. red. Główne problemy współczesnej kartografii 2004. Co zwie się koncepcją mapy? Wrocław, s. 7–13.
- Peterson M.P., 1995, *Interactive and Animated Cartography*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall
- Peterson M.P., 2007, Mapy i Internet: pogłębianie się kontrastów rozwoju. „Polski Przegląd Kartograficzny” T. 39, nr 4, s. 333-339
- Ratajski L. 1989, *Metodyka kartografii społeczno–gospodarczej*. Wyd. II. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, Warszawa-Wrocław
- Robinson A., H. 1953. *Elements of Cartography*. Wiley. New York.
- Robinson A., H. 1965. Koncepcja mapy. W: *Zagadnienia kartografii ogólnej*. “Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej”, z. 1., s. 87-110, tłum. S. Pietkiewicz.
- Robinson A., Sale R., Morrison J., 1988, *Podstawy kartografii*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa
- Saliszczew K. A., 2002. *Kartografia ogólna*. Wyd. III. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Skorowidz map topograficznych Polski, 2001. GUGiK, Warszawa
- Słownik języka polskiego, 1989. PWN, Warszawa
- Stankiewicz M., 2010, Geometryzacja obiektów jako skalowanie pomiarowe w kartograficznym modelowaniu danych przestrzennych. W: *Polska kartografia w dobie przemian metodycznych i technologicznych*, PTG, Prace i studia kartograficzne, tom 3, str.109 – 118
- Steinberg J., 1982, *La carte topographique*, Ed. CDU et SEDES réunis, Paris
- Stoter J.E., 2004, *3D cadastre*. Thesis (PhD). TU Delft
- Stynes K. i inni, 2000, *Publishing Cartography on the Web*. Strona internetowa <http://www.geog.le.ac.uk/argus/ICA/K.Stynes/>
- Szaflarski J., 1965. *Zarys kartografii*. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych. Warszawa
- Sztumski J., 2005. *Wstęp do metod i technik badań społecznych*. Śląsk Wydawnictwo Naukowe. Katowice
- Töpfer F., 1979, *Kartographische Generalisierung*, Haack Gotha, Leipzig
- Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000 katalog znaków - instrukcja techniczna, 1998. GUGiK, Warszawa
- Znaki umowne do mapy topograficznej w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami (przeznaczone dla operatorów stacji roboczych), MON SzG WP 1995
- Żyszkowska W., 2005. Funkcje map w cywilizacji. W: *Społeczna i edukacyjna rola kartografii w Polsce*. Materiały XXXI Ogólnopolskiej Konferencji Kartograficznej T. 26. Warszawa s. 11–20
- Żyszkowska W., Spallek W., Borowicz D., 2012, *Kartografia tematyczna*. Redakcja naukowa: W. Spallek i W. Żyszkowska., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa

6.2 Mapy i atlasy

- Cebrykow P., Grabowski T., Kałamucka W., Kałamucki K., 2015. Roztocze. Różnorodność przyrodnicza i dziedzictwo kulturowe. Mapa turystyczno-przyrodnicza. 1:75 000. Roztoczański Park Narodowy, Zwierzyniec.

Atlas geograficzny liceum. Świat Polska, Demart, Warszawa, 2005
Atlas geograficzny Polska, kontynenty, świat, Nowa Era, Warszawa 2005
Atlas Krakowa, Uniwersytet Jagielloński, Urząd Miasta Krakowa, PPWK, Warszawa 1988
Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, 1997
Atlas świata, Przegląd Reader's Digest, Warszawa, 1999
Mapa topograficzna Francji Cassiniego w skali 1:86400 (opracowanie 1750-1815)
Popularny atlas świata, PPWK, Warszawa - Wrocław 1976
Polska - Mapa zamków 1:750 000, PPWK, Warszawa 2006

6.3 Źródła internetowe

Wielki słownik języka polskiego: www.wsjp.pl
Blog Poziomica: poziomica.blogspot.com/2012/12/blokdiagram.html
Earth Nullschool: earth.nullschool.net
ESRI: www.esri.com
Geoportal Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii: www.geoportal.gov.pl
GeoSystem: www.geo-system.com.pl
Google Maps : maps.google.pl
GoogleEarth: www.google.com/intl/pl/earth/index.html
Małopolska Infrastruktura Informacji Przestrzennej: www.geomalopolska.pl
Mapzen: www.mapzen.com
OpenStreetMap: www.openstreetmap.org
ProgrammableWeb: www.programmableweb.com
Targeo: www.targeo.pl
Wikimapia: www.wikimapia.org
Wikipedia: pl.wikipedia.org/wiki/Metody_przedstawiania_rze%C5%BAby_terenu_na_mapach

Spis ilustracji

Ryc. 1. Model przekazu kartograficznego wg L. Ratajskiego (1970).....	12
Ryc. 2. Modelowanie kartograficzne wg A. Makowskiego (1997).....	13
Ryc. 3. Układ współrzędnych geograficznych (opracowanie własne)	25
Ryc. 4. Współrzędne prostokątne i współrzędne geodezyjne (Czarnecki, 1996)	27
Ryc. 5. Wysokości: ortometryczna i elipsoidalna (opracowanie własne).....	28
Ryc. 6. Od powierzchni odniesienia do płaszczyzny mapy (M. Stankiewicz, 2010)	29
Ryc. 7. Rodzaje odwzorowań i ich wpływ na kształt siatki kartograficznej (Atlas geograficzny - liceum. Świat. Polska, wyd. Demart, 2005).....	30
Ryc. 8. Konstrukcja siatki topograficznej (kilometrowej) w oparciu o prostoliniowy obraz południka środkowego strefy odwzorowawczej (opracowanie własne).....	31
Ryc. 9. Wpływ lokalnych skal długości na skalę mapy (K. Buczkowski, M. Stankiewicz) z lewej strony - wariant nie uwzględniający krzywizny Ziemi (opracowania dotyczące niewielkich obszarów), z prawej - przypadek ogólny.....	32
Ryc. 10. Siatki: kartograficzna i kilometrowa w układzie „1942” na obszarze Polski, (oprac. M. Stankiewicz, w: <i>Skorowidz map topograficznych Polski, GUGiK, 2001</i>).....	35
Ryc. 11. Strefy układu „1965” i ich podział na sekcje podziałowe (oprac. M. Stankiewicz, w: <i>Skorowidz map topograficznych Polski, GUGiK, 2001</i>)	36
Ryc. 12. Siatki współrzędnych w układzie „1992” na obszarze Polski (oprac. M. Stankiewicz, w: <i>Skorowidz map topograficznych Polski, GUGiK, 2001</i>).....	37
Ryc. 13. Siatki współrzędnych w układach WGS-84 i UTM na obszarze Polski (oprac. M. Stankiewicz, w: <i>Skorowidz map topograficznych Polski, GUGiK, 2001</i>).....	38
Ryc. 14. Dane przestrzenne o obiekcie niezbędne do jego wizualizacji (Stankiewicz, 2010)	39
Ryc. 15. Przykład geometryzacji wybranych trzech obiektów (budynek, most, formy rzeźby terenu), które w zależności od skali modelowania mogą być uznane za obiekty bryłowe, powierzchniowe, liniowe lub punktowe, co ma wpływ na sposób ich lokalizacji oraz metodę prezentacji (opracowanie własne)	41
Ryc. 16. Przykład zmniejszenia percepcji mapy przez zbyt dużą liczbę zamieszczonych miast	45
Ryc. 17. Efekt konieczności zachowania percepcji znaków (droga i skarpa) na mapach w różnych skalach (Töpfer, 1979)	48
Ryc. 18. Przesunięcie kwartałów zabudowy po wprowadzeniu znaku linii kolejowej (Grygorenko, 1970)	48
Ryc. 19. Generalizacja kształtu serpentyny powodująca selekcję zakrętów, redukcję długości drogi oraz zmiany kierunku jej przebiegu w poszczególnych fragmentach (Steinberg, 1982)	48
Ryc. 20. Przykład generalizacji kształtów obiektów liniowych i konturów obiektów powierzchniowych (Saliszczev, 2002) Delta Dunaju na mapach w skali: A - 1:250 000, B - 1:5 000 000 (powiększenie do skali 1:250 000)	49
Ryc. 21. Generalizacja rzeźby przedstawionej warstwicami na mapach w skalach: 1:200 000, 1:500 000 i 1:1 000 000 (Saliszczev, 2002).....	49
Ryc. 22. Generalizacja na poszczególnych etapach modelowania kartograficznego (opracowanie własne)	51
Ryc. 23. Typowe zadania generalizacyjne w procesie opracowania mapy (opracowanie własne)	51
Ryc. 24. Jedna z koncepcji standaryzacji procesu generalizacji (Brassel i Weibel 1988)	52
Ryc. 25. Wpływ kontekstu na odbiór treści (opracowanie własne)	54
Ryc. 26. Ilustracja prawa dobrych intencji (opracowanie własne)	56
Ryc. 27. Ilustracja prawa dobrej kontynuacji	56
Ryc. 28. Ilustracja prawa grupowania przez bliskość i podobieństwo (opracowanie własne)	57
Ryc. 29. Triada znakowa wg Peirce'a.....	58
Ryc. 30. Komponenty graficzne znaków o różnych typach geometrycznych (opracowanie własne)	59
Ryc. 31. Kształt jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego lub jego wypełnienia (opracowanie własne)	62
Ryc. 32. Orientacja jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego lub jego wypełnienia (opracowanie własne).....	62

Ryc. 33. Ziarnistość jako graficzna zmienna wizualna wypełnienia znaku kartograficznego (opracowanie własne)	62
Ryc. 34. Barwa jako graficzna zmienna wizualna wypełnienia znaku kartograficznego (opracowanie własne)	63
Ryc. 35. Jasność jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego tej samej barwy - 5 wyróżnień	63
Ryc. 36. Nasycenie jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego tej samej barwy - 5 wyróżnień	64
Ryc. 37. Wielkość jako graficzna zmienna wizualna znaku kartograficznego (opracowanie własne)	64
Ryc. 38. Przykłady stosowania na mapach sygnatur objaśniających (opracowanie własne)	68
Ryc. 39. Przykłady zastosowania na mapie topograficznej 1:50 000 sygnatur punktowych: a) geometrycznych, b) symbolicznych geometrycznych, c) symbolicznych obrazkowych, d) obrazkowych, e) literowych. (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)	69
Ryc. 40. Przykłady zastosowania na mapie topograficznej 1:50 000 sygnatur liniowych geometrycznych rangowych (granice) oraz sygnatury liniowej symbolicznej (wąski pas lasu lub zagajnika). (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)	69
Ryc. 41. Sygnatury wstępowe kierunkowe ilustrowane (Atlas Świata, Przegląd Reader's Digest, 1999)	70
Ryc. 42. Przykłady stosowania strzałek jako sygnatur objaśniających (opracowanie własne)	70
Ryc. 43. Modyfikacja sygnatur tego samego kształtu za pomocą graficznych zmiennych wizualnych (opracowanie własne)	70
Ryc. 44. Zastosowanie zasięgów liniowych (Atlas geograficzny liceum. Świat Polska, Demart, 2005)	71
Ryc. 45. Przykłady zastosowania na mapie topograficznej w skali 1:50 000 zasięgów powierzchniowych. (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)	72
Ryc. 46. Modyfikacja zasięgów powierzchniowych za pomocą graficznych zmiennych wizualnych (opracowanie własne)	72
Ryc. 47. Przykład prezentacji regionów naturalnych metodą zasięgów (Atlas Geograficzny Polska, kontynenty, świat, Nowa Era, 2005)	73
Ryc. 48. Przykład prezentacji podziału administracyjnego metodą zasięgów (Atlas geograficzny liceum. Świat Polska, Demart, 2005)	73
Ryc. 49. Przykład prezentacji zjawiska metodą zasięgów geometrycznych powierzchniowych barwnych rangowych - na podstawie punktacji zamieszczonej w legendzie (Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego, Uniwersytet Wrocławski, 1997)	74
Ryc. 50. Metoda kreskowa prezentacji rzeźby terenu na mapie topograficznej Francji Cassiniego (skala 1:86400, opracowanie 1750-1815)	75
Ryc. 51. Rysunek kreskowy skał na współczesnych polskich mapach topograficznych w skali 1:50 000: a) cywilnej w układzie "1992" (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, GUGiK 1998), b) wojskowej w odwzorowaniu UTM (Znaki umowne do mapy topograficznej w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, MON 1995)	75
Ryc. 52. Znaki umowne wybranych obiektów rzeźby terenu nawiązujące do metody kreskowej (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)	76
Ryc. 53. Cieniowanie uzyskane w sposób: a) ręczny, b) automatyczny z Numerycznego Modelu Terenu (Wikipedia 2015)	76
Ryc. 54. Sygnatury ilościowe wielkości miast na podstawie liczby ich mieszkańców (Kocimowski, Kwiatek, 1977)	77
Ryc. 55. Mapa kropkowa z zastosowaniem sygnatur (sposób lokalizacji topograficzny) (Kocimowski, Kwiatek, 1977)	78
Ryc. 56. Mapa kropkowa z zastosowaniem kartogramicznego sposobu rozmieszczenia kropek (Kocimowski, Kwiatek, 1977)	78
Ryc. 57. Diagram kwadratowy i jego zastosowanie w kartodiagramach (opracowanie własne)	79
Ryc. 58. Najczęściej stosowane diagramy jednoparametrowe (opracowanie własne)	79
Ryc. 59. Zastosowanie różnych form kartodiagramu skokowego (Atlas Geograficzny Polska, kontynenty, świat, Nowa Era, 2005)	80
Ryc. 60. Przykład kartodiagramu sumaryczno-strukturalnego odniesionego do powierzchni (województwa) na tle kartogramu (Wikipedia)	80
Ryc. 61. Fragment kartodiagramu segmentowego sumaryczno-strukturalnego odniesionego do powierzchni (Graficzna prezentacja danych statystycznych, GUS, 2014)	81
Ryc. 62. Fragment kartodiagramu ukazującego zmienność zjawiska wzdłuż obiektu liniowego (Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego, Uniwersytet Wrocławski, 1997)	82
Ryc. 63. Przykład kartodiagramu liniowego wektorowego (Atlas geograficzny liceum, Wydawnictwo Demart, 2005)	83
Ryc. 64. Graficzne różnicowanie skał barwnych dla przedziałów klasowych (opracowanie własne)	85

Ryc. 65. Przykład kartogramu wskaźnikowego (odrębne skale barwne dla wartości dodatnich i ujemnych zjawiska)	85
Ryc. 66. Zróżnicowanie prezentacji gęstości zaludnienia za pomocą: (a) jasności barwy szarej, (b) wielkości desena kropkowego, (c) ziarnistości desena liniowego (M.J. Kraak, F. Ormeling, 1998)	85
Ryc. 67. Przykład kartogramu dazymetrycznego: fragment mapy gęstości zaludnienia Europy (Atlas geograficzny. Polska, kontynenty, świat. Wydawnictwo Nowa Era, 2009)	86
Ryc. 68. Przykład kartogramu strukturalnego (Pasławski 2010)	86
Ryc. 69. Przykład kartogramu ciągłego barwnego – fragment mapy lesistości w powiatach województwa wielkopolskiego w 2013 r. (Graficzna prezentacja danych statystycznych. GUS, 2014).....	87
Ryc. 70. Przykład kartogramu bryłowego ciągłego – małżeństwa na 1000 ludności w gminach czterech powiatów województwa mazowieckiego w 2013 r. (Graficzna prezentacja danych statystycznych. GUS, 2014)	87
Ryc. 71. Punkty osnowy geodezyjnej jako punkty cechowane odnoszące się do rzeźby terenu na mapie topograficznej w skali 1:50 000 (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998)	88
Ryc. 72. Skala kresek Lehmana (Saliszczew, 2002).....	88
Ryc. 73. Schemat wypełniania rysunku kreskowego rzeźby terenu: a) poziomice i linie zboczy, b) rozmieszczenie kresek, c) wykreślenie kresek stromości, d) wykreślenie kresek cieniujących (Saliszczew, 2002)	89
Ryc. 74. Podhale zachodnie na mapie austriackiej w skali 1:25 000 z drugiej połowy XIX w. (Wikipedia, 2015)	90
Ryc. 75. Tworzenie rysunku warstwicowego na podstawie punktów wysokościowych i przebiegu linii szkieletowych (Dzikiewicz B., 1965).....	91
Ryc. 76. Przykład konstruowania izarytm teoretycznych na podstawie danych odniesionych do umownie przyjętych punktów reprezentujących administracyjne jednostki powierzchniowe (powiaty): a) sieć osi interpolacyjnych, b) izoplety (Kocimowski, Kwiatek, 1977)	92
Ryc. 77. Przykład metody izolacji ze skalą barw, z zastosowaniem izochron – czas najkrótszych pasażerskich przejazdów kolejowych z Siedlec w obrębie województwa siedleckiego w 1997 r. (Graficzna prezentacja danych statystycznych. GUS, 2014).....	93
Ryc. 78. Zastosowanie metody kopczyków na mapie z 1540 r. - fragment mapy z obszarem wokół Jeziora Bodeńskiego (Wikipedia, 2015).....	93
Ryc. 79. Znaki blokowe budynków, podkreślone cieniowaniem, zostały wyróżnione barwą zgodnie z przyjętą klasyfikacją (Geo-System, 2015).....	94
Ryc. 80. Blokdiagram z zaznaczeniem jednostek stratygraficznych (źródło: GeoHydros LLC, Nevada, USA).....	94
Ryc. 81. Przykład trójwymiarowego modelu siatkowego powierzchni rzeźby terenu - blokdiagram siatkowy (Blog Poziomica 2012).....	95
Ryc. 82. Przykład trójwymiarowego modelu hipsometrycznego powierzchni rzeźby terenu - blokdiagram hipsometryczny (Blog Poziomica 2012).....	95
Ryc. 83. Blokdiagramy statystyczne. Gęstość zaludnienia wschodniej części stanu Kansas (G. F. Jenks, 1963). A - blokdiagram statystyczny bryłowy; B - blokdiagram statystyczny siatkowy o uogólnionej tzw. powierzchni statystycznej	96
Ryc. 84. Miniatury obiektów na tle typowej prezentacji znakowej /sygnatury punktowe i liniowe, zasięgi powierzchniowe barwne/, (Zamki Dolnego Śląska w: Polska - Mapa zamków 1:750 000, PPWK, Warszawa 2006)	97
Ryc. 85. Panoramiczna mapa Ustronia. Obiekty punktowe i liniowe przedstawiono metodą sygnatur (Folder reklamowy miasta Ustronia)	97
Ryc. 86. Kartowykres słupkowy: wykresy odniesione do dzielnic m. Krakowa (Atlas Krakowa, PPWK, 1988).....	98
Ryc. 87. Oznaczenie obszarów występowania małych grup etnograficznych za pomocą zasięgu opisowego (Atlas geograficzny Polska, kontynenty, świat, Nowa Era 2005).....	99
Ryc. 88. Charakterystyka lasu mieszanego na wojskowej mapie topograficznej: sosna, klon - dominujące gatunki drzew, 25 - średnia wysokość drzew (w metrach), 0,30 - średnia grubość pni (w setnych częściach metra) na wysokości piersi tj. w pierśnicy, 6 - średnia odległość między drzewami (w metrach) (Znaki umowne do mapy topograficznej w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, MON 1995)	99
Ryc. 89. Przykład stosowania nazw cechowanych. Powiązanie wielkości (stopnia) pisma z informacją o liczbie (skokowo) mieszkańców miast na mapie topograficznej w skali 1:50 000 (Zasady redakcji mapy topograficznej 1:50 000, 1998) ...	101
Ryc. 90. Porównanie obrazu modelu mentalnego (rysunek okolic szkoły wykonany przez ucznia kl. IV) z treścią mapy topograficznej tego samego obszaru (orientację mapy topograficznej dostosowano do rysunku). (Głażewski, 2006).....	105

Ryc. 91. Typy notacji rzeczywistości geograficznej (Głażewski, 2006)	105
Ryc. 92. Porównanie notacji kartograficznej (DCM) - fragmentu Mapy topograficznej Polski 1:10000 z notacją teledetekcyjną (DIM) - fragmentem ortofotomapy lotniczej	107
Ryc. 93. Prosty model wektorowy	109
Ryc. 94. Role obiektów geometrycznych w topologicznym modelu wektorowym (opracowanie własne)	111
Ryc. 95. Topologiczny model wektorowy (opracowanie własne)	111
Ryc. 96. Zapis cyfrowego modelu rzeźby terenu w modelu danych typu TIN (ESRI, 2015)	111
Ryc. 97. Etapy procesu analiz przestrzennych (opracowanie własne)	131
Ryc. 98. Standardowy dialog formułowania zapytań SQL w programie GeoMedia Professional: sformułowano warunek wyboru obiektów (budowli mostowych) o długości większej lub równej 10m (opracowanie własne)	134
Ryc. 99. Strefa buforowa utworzona za pomocą ekwidystanty 100m wokół osi jezdnii o nawierzchni twardej (obiekty zagregowane geometrycznie) w programie GeoMedia Professional (opracowanie własne)	135
Ryc. 100. Porównanie wyniku wizualizacji danych topograficznych (góra) ze zredukowanym arkuszem mapy topograficznej (dół) (Gotlib, Olszewski, 2013)	142
Ryc. 101. Proces opracowania mapy topograficznej (Gotlib, Olszewski 2013)	143
Ryc. 102. Proces opracowania mapy tematycznej (Gotlib, Olszewski 2013)	144
Ryc. 103. Przykład kompozycji planszy projektowanego Atlasu Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej (Głażewski, Kałamucki, Kowalski, Siwicki 2015)	146
Ryc. 104. Różnice w orientacji mapy w wyniku braku pionowej orientacji południka środkowego (opracowanie własne)	147
Ryc. 105. Przykład rozbudowanej legendy mapy tematycznej (Cebrykow, Grabowski, Kałamucki, Kałamucki 2016)	148
Ryc. 106. Przestrzeń użytkowania map (MacEachren, Kraak 1998)	152
Ryc. 107. Animowana i interaktywna wizualizacja siły wiatru – wykorzystano dynamiczny kartodiagram wektorowy potokowy średnich kierunków i siły wiatrów (Earth Nullschool 2015)	153
Ryc. 108. Obraz animowany z elementami multimedialnymi	154
Ryc. 109. Wymiary prezentacyjne modelu przestrzeni geograficznej (Kowalski 2003)	156
Ryc. 110. Zbiór geoprezentacji dynamicznych (Kowalski 2003)	157
Ryc. 111. Animacja zasięgu sieci liniowej na przykładzie sieci kolejowej w Stanach Zjednoczonych (Grolier 1997)	162
Ryc. 112. Schemat klasyfikacji kartoanimacji treści (Kowalski 2003)	163
Ryc. 113. Zestawienie kartoanimacji formy (Kowalski 2003)	164
Ryc. 114. Przykład dynamicznej zmiany odwzorowania kartograficznego prezentacji przestrzeni miejskiej (Mapzen 2015)	165
Ryc. 115. Przykład metamorfozy ujęcia zjawiska (z lewej) i statyczna wersja tej samej mapy (Ptaszyk 1996)	166
Ryc. 116. Schemat procesów modelowania kartograficznego z uwzględnieniem przykładów opracowań (opracowanie własne)	167
Ryc. 117. Przykłady symbolizacji przemieszczenia: punktowej (a), liniowo-wektorowej (b) lub powierzchniowej (c) w metodzie kartoanimacji położenia i zasięgu (Kowalski 2003)	168
Ryc. 118. Złożona geoprezentacja zagrożenia powodziowego wykorzystujące różne metody dynamicznej prezentacji kartograficznej (Buziek 1998)	169
Ryc. 119. Propozycja legendy dla geoprezentacji dynamicznych (Kowalski 1999b)	170
Ryc. 120. Typowe elementy kartograficznego interfejsu użytkownika w urzędowym serwisie mapowym Geoportalu.gov.pl	173
Ryc. 121. Zaawansowany zestaw paneli użytkownika i pasków narzędziowych w regionalnym serwisie Małopolskiej Infrastruktury Informacji Przestrzennej (serwis Geomałopolska)	174
Ryc. 122. Przykład kartograficznego interfejsu użytkownika projektowanego Atlasu Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej (Głażewski, Kałamucki, Kowalski, Siwicki 2015)	175
Ryc. 123. Przykłady uzupełniających elementów kartograficznego interfejsu użytkownika na przykładzie serwisu lokalizacyjnego Targeo.pl	176
Ryc. 124. Oznaczenia obiektów wprowadzonych przez użytkowników serwisu Wikimapia.org	178

Ryc. 125. Okno geoprzeglądarki ArcGIS Explorer	180
--	-----



Publikacja jest współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

egzemplarz bezpłatny



ISBN: 978-83-939172-1-1