

ANDRZEJ GŁAŻEWSKI
Zakład Kartografii Politechniki Warszawskiej

Modele rzeczywistości geograficznej a modele danych przestrzennych*

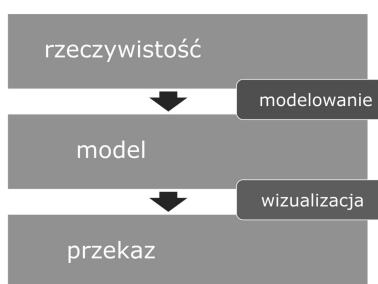
Zarys treści. Artykuł jest próbą uporządkowania pojęć funkcjonujących na pograniczu informatyki i kartografii (w większości zadomowionych w otoczeniu systemów informacji geograficznej), które stanowią informatyczny, a zarazem kartograficzny opis rzeczywistości – pojęć definiowanych z punktu widzenia kartografa.

Słowa kluczowe: modele w kartografii, systemy informacji geograficznej

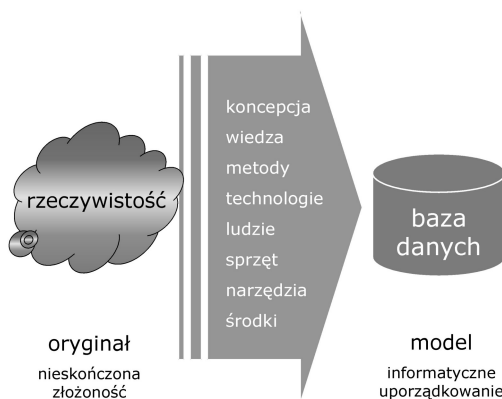
1. Modelowanie w kartografii

W kartografii wynikiem modelowania danych przestrzennych jest mapa (lub inna geowizualizacja), która powstaje jako obrazowy zapis modelu – najczęściej bazy danych przestrzennych, służąc poprawnemu przekazywaniu informacji o przestrzeni. Pojęcie modelu należy również do istoty mapy, stanowi wręcz element składowy pojęcia *mapy* w szerokim znaczeniu (A. Makowski 2006) i zawsze od cech modelu w największej mierze zależy treść obrazu kartograficznego. W mapowaniu rzeczywistości mamy więc do czynienia po pierwsze: z modelowaniem – tworzeniem modelu rzeczywistości (bazy danych, czyli osnowy pojęciowej i geometrycznej mapy) oraz po drugie: z wizualizowaniem – tworzeniem przekazu, czyli obrazu mapy. Zadaniem modelu (ryc. 1) nie jest więc bezpośrednio przekazywanie informacji, ale uporządkowanie ich zapisu i umożliwienie analizy (analiz przestrzennych) w pewnym otoczeniu narzędziowym i metodycznym (w systemie), natomiast podstawowym zadaniem przekazu – obrazu nie jest modelowanie danych, które umożliwiałoby ich analityczną obróbkę, ale poprawne dotarcie z informacją do zmysłów odbiorcy.

Rzeczywistość geograficzną o nieskończonej liczbie wzajemnych relacji zachodzących po-



Ryc. 1. Etapy modelowania w kartografii
Fig. 1. Stages of modeling in cartography



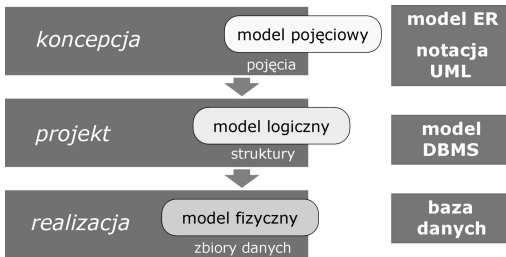
Ryc. 2. Przetworzenie rzeczywistości geograficznej na jej model

Fig. 2. Transformation of geographic reality into its model

między obiektami i zjawiskami modeluje się za pomocą systemów informacji geograficznej o konstrukcjach czytelnych dla narzędzi informatycznych (ryc. 2).

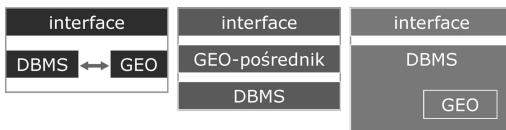
* Artykuł zawiera treści przedstawione przez autora na wspólnym seminarium Zakładu Geodezji i Kartografii AGH oraz Zakładu Kartografii PW, które odbyło się w Krakowie w maju 2006 roku.

Należy więc pokonać etap przetworzenia tej rzeczywistości na model, który będzie odzwierciedlał, interesujące ze względu na zastosowania systemu, cechy odpowiednio sklasyfikowanych obiektów, ich wzajemne relacje oraz ograniczenia, jakim powinny podlegać. Ograniczenia te wynikają zarówno z własności rzeczywistych obiektów (zjawisk), jak i możliwości samych technik informatycznych. Przetworzenie to odbywa się z wykorzystaniem przyjętej koncepcji, przy użyciu zasobów wiedzy, za pomocą odpowiednich metod, technologii i narzędzi, dzięki pracy ludzi i sprzętu. Powstaje wtedy model rzeczywistości geograficznej, który można nazwać koncepcją bazy danych przestrzennych. Mowa o koncepcji, ponieważ, jak przy projektowaniu każdego systemu, również systemy informacji przestrzennej projektowane są w trzech, znanych z informatyki, fazach. Są to (ryc. 3):



Ryc. 3. Fazy projektowania systemu informatycznego
Fig. 3. Phases of IT system design

- projektowanie pojęciowe (konceptualne), którego wynikiem jest pojęciowy model bazy danych – niezależny od narzędzi, obecnie najczęściej zapisywany jako *model encja-relacja* w notacji UML (ang. Unified Modeling Language);
- projektowanie logiczne, które układa pojęcia w struktury bazy danych powiązane z możliwościami konkretnego systemu zarządzania bazą danych (ang. DataBase Management System – DBMS);



Ryc. 4. Rozwój modeli baz danych przestrzennych (na podst. pracy J.E. Stotera, 2004)

Fig. 4. Historic development of spatial database models (basing on J.E. Stoter, 2004)

- projektowanie fizyczne, polegające na przetworzeniu modelu logicznego bazy danych w zbiory danych, a w konsekwencji – na zmaterializowaniu projektu, w którym istotne są także analizy zaprojektowanych transakcji, ustalenie organizacji plików oraz wprowadzenie mechanizmów bezpieczeństwa.

2. Modele baz danych przestrzennych

Modele baz danych czyli zbiory zasad, według których dane są definiowane, organizowane, przetwarzane i aktualizowane, zasad właściwych wybranemu systemowi zarządzania bazą danych, podobnie jak *modele wiedzy* pozostają elementami zewnętrznymi w stosunku do modeli systemów informatycznych i są od nich całkowicie niezależne. Obecnie można wyróżnić trzy funkcjonujące w modelowaniu geograficznym kategorie modeli baz danych:

- *model relacyjny*, oparty o struktury tabel i odnośń między tabelami, w którym użytkownik operuje danymi za pomocą strukturalnego języka zapytań (ang. SQL),
- *model obiektowy*, oparty o kategoryzację i własności obiektów nawiązujące do postrzegania rzeczywistości przez człowieka,
- *model obiektowo-relacyjny*, najbardziej obecnie rozpowszechniony, który zapewnia pewne własności modelu obiektowego na platformach relacyjnych.

Niezależnie od powyższego podziału, od połowy lat dziewięćdziesiątych 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). 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 (ryc. 4). Rozwój ten obejmował (J.E. Stoter 2004):

- architekturę dualną, gdzie niezależnie manipulowano danymi geometrycznymi i opisowymi (atrybutami 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).

3. Modele danych przestrzennych

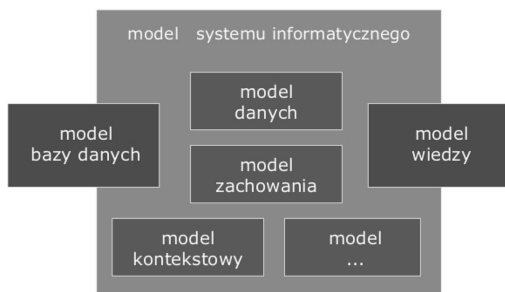
Jakiegokolwiek modele rzeczywistości geograficznej (bazy danych, mapy, geowizualizacje), jeśli mają stać się elementem systemu informacji geograficznej (GIS), są zapisywane w postaci tzw. *modeli danych przestrzennych*, zgodnie z przytoczoną wyżej zasadą, że *model danych* stanowi wewnętrzny element *modelu* każdego *systemu informatycznego* (ryc. 5). 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 między obiektami, a także zasady prezentacji danych i wymagania metadanych.

W modelach systemów informacji przestrzennej należy więc wyróżnić tzw. *modele danych przestrzennych*, czyli sposoby ich organizacji 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*.

Na uwagę zasługują **wektorowe modele danych** (zarówno model *spaghetti* jak i *topologiczny*), które są modelami zorientowanymi obiektowo, tzn. każdy wektor lub zbiór wektorów reprezentuje jakiś obiekt bazy danych, wyróżniony na etapie jej budowy i wynikający z przyjętych zasad klasyfikacji obiektów. Odrębną klasą modeli wektorowych jest model TIN (ang. Triangulated Irregular Network), który służy do modelowania powierzchni statystycznych (najczęściej rzeźby terenu) za pomocą sieci wektorów. Wektory te tworzą zbiór nieregularnych trójkątów łącznie odtwarzający modelowaną powierzchnię trójwymiarową. Wektorowe modele danych najlepiej pasują do szerokich zastosowań analitycznych GIS, modelując rzeczywistość geograficzną w sposób zbliżony do jej odbioru przez człowieka

i umożliwiając odtwarzanie skomplikowanych relacji topologicznych zachodzących w rzeczywistości.

Rastrowe modele danych, zapisywane w postaci tablic pikseli (struktur macierzy) lub



Ryc. 5. Elementy modelu systemu informatycznego wraz z modelem bazy danych i modelem wiedzy
Fig. 5. Elements of IT system model with models of database and knowledge

sieci typu GRID (regularnych siatek punktów), są modelami ziarnistymi, tzn. opisują dane za pomocą elementarnych ziaren (pikseli) obrazu odpowiednio zagęszczonych (liczba pikseli w jednostce długości to parametr rozdzielczości) i zróżnicowanych (każdy element niesie informację atrybutową).

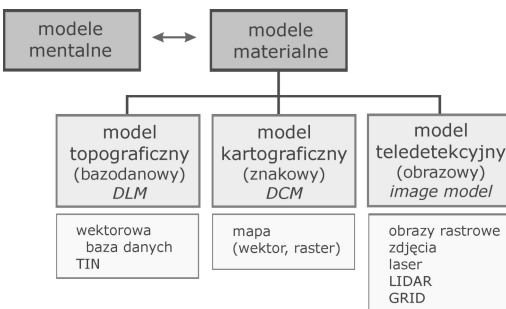
Modele wektorowe najlepiej modelują obiekty dyskretne o precyzyjnych konturach i kształtach, a do modelowania obiektów ciągłych (powierzchni statystycznych) stosuje się odmianę TIN. Dane są reprezentowane za pomocą wektorów, tworzących punkty, linie i powierzchnie – zarówno w 2D jak i 3D, które pozwalają na odtwarzanie skomplikowanych struktur danych. Umożliwiają one również prowadzenie zaawansowanych analiz przestrzennych z różnych zakresów: analizy kartometryczne, selekcję wg atrybutów (SQL) i poprzez wzajemne relacje przestrzenne między obiektami, analizy sąsiedztwa, modelowanie za pomocą ekwidystant, analizy sieciowe, nakładanie i przecinanie wielu zbiorów danych, geokodowanie, interpolację, zastosowanie aparatu geostatystyki, a także analizy widoczności, obliczenia mas ziemnych i inne analizy (w TIN).

Za pomocą rastrowych modeli danych najlepiej modeluje się obiekty ciągłe o nieprecyzyjnych konturach oraz dane obrazowe: fotograficzne i teledetekcyjne, a także powierzchnie statystyczne (model rastrowy typu GRID). Modele te umożliwiają prowadzenie analiz specyficznych

dla tablicowych struktur danych: interpolacji, klasyfikacji, analiz NMT, a także filtrowania danych i operacji logicznych na wielu zbiorach danych.

4. Modele rzeczywistości geograficznej

Pojęcie *modelu rzeczywistości geograficznej* obejmuje każdą współcześnie funkcjonującą postać opisu tej rzeczywistości, która jest zwięzła, czytelna dla odbiorcy, sformalizowana i abstrakcyjna (czyli wyodrębnia cechy istotne, pomijając cechy losowe, okazjonalne). Spośród



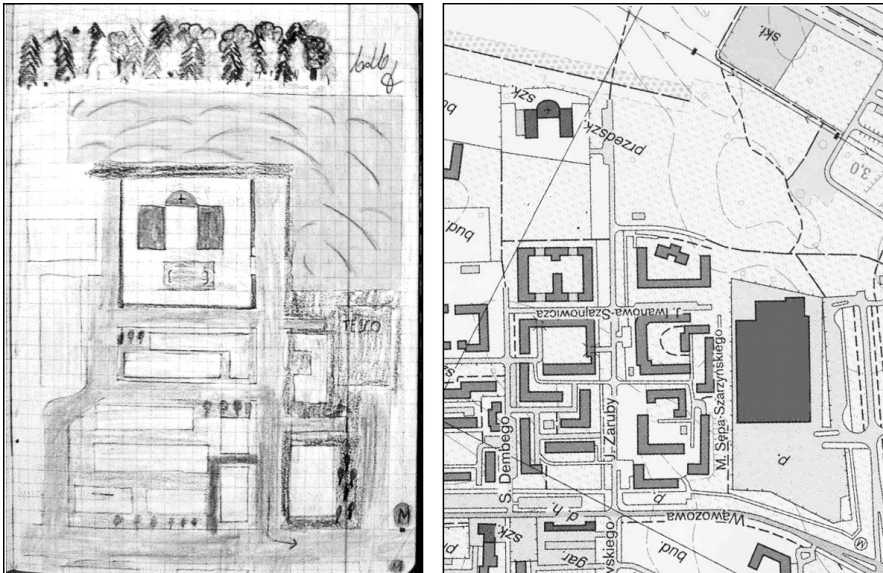
Ryc. 6. Kategorie modeli rzeczywistości geograficznej wraz z przykładami zbiorów danych

Fig. 6. Categories of geographic reality models with examples of data sets

wielu różnych kategorii tych modeli interesujące będą tu tylko te, które posiadają postać służącą w modelowaniu obiektów i zjawisk przestrzennych za pomocą systemów informatycznych; pomija się więc słowne opisy rzeczywistości, zestawy danych statystycznych, modele plastyczne itp.

Modele rzeczywistości geograficznej najlepiej dają się sklasyfikować według kryterium sposobu ich odbioru i interpretacji przez człowieka, który wiąże się także ze sposobami tworzenia i możliwościami wykorzystania tych modeli (ryc. 6). Należy tu wyróżnić dwie zasadnicze kategorie: *modele mentalne*, powstające w mózgu człowieka i *modele materialne*, najczęściej zapisywane elektronicznie. Modele te powinny być traktowane niezależnie od *modeli danych*, chociaż wiadomo, że zapis niektórych kategorii modeli rzeczywistości geograficznej ma sens tylko poprzez wybrane modele danych przestrzennych.

Model mentalny powstaje w umyśle człowieka na drodze własnych doświadczeń, pod wpływem bezpośredniego odbioru przestrzeni geograficznej oraz interpretacji różnych materialnych modeli tej przestrzeni. Ten model myślowy, tzw. *mapa mentalna* przestrzeni geograficznej, już od najmłodszych lat kształcenia (ryc. 7) rozwija się wraz z ogólną świa-



Ryc. 7. Obraz mapy mentalnej (plan okolic szkoły wykonany przez ucznia klasy 4) w porównaniu z wycinkiem mapy topograficznej 1:10 000 tego obszaru

Fig. 7. Picture of a mental map (plan of the school area by 4th grade pupil) in comparison to the topographic map of the area 1:10 000

domością człowieka w sposób wielopłaszczyznowy, odniesiony do różnych zagadnień i do coraz większych obszarów. Charakteryzuje się obiektową organizacją (człowiek postrzega rzeczywistość przestrzenną wyróżniając interesujące go kategorie obiektów) oraz wieloskalowością, ponieważ różne kategorie obiektów są zapamiętywane na różnym poziomie uogólnienia. Posiada także cechę dużej wierności oryginałowi, pomimo braku precyzyjnego osadzenia matematycznego (ściślej georeferencji), a relacje przestrzenne między jego elementami są ważną częścią tego modelu (jest topologicznie zgodny z obserwowaną rzeczywistością).

Model materialny może przyjmować trzy postaci, w zależności od sposobu odbioru przez człowieka, celu jego tworzenia oraz zasad organizacji zapisanych informacji. Są nimi:

- *model topograficzny (bazodanowy)*
- *model kartograficzny (znakowy)*
- *model teledetekcyjny (obrazowy).*

Model topograficzny (*topos* – z gr. miejsce) w literaturze jest często nazywany cyfrowym modelem krajobrazowym (z ang. Digital Landscape Model – DLM), a może być także określony mianem modelu wiernoprzestrzennego, analitycznego, lub bazodanowego. Model topograficzny zawiera informacje o obiektach (zjawiskach) przestrzennych, których położenie zostało określone zgodnie ze współzrzednymi związanymi z wybraną powierzchnią odniesienia i zachowuje ściśle to położenie. Nośnikiem informacji w tym modelu jest obiekt bazy danych – reprezentowany przez wektor (zbiór wektorów). Model ten charakteryzuje się ścisłą georeferencją, co pozwala na pełne, precyzyjne zachowanie topologicznych własności obiektów oraz tworzenie (przy jego implementacji) struktur danych, takich jak drzewa, sieci, wypełnienia powierzchni (partycje). Model ten najlepiej oddaje relacje przestrzenne, jakie zachodzą między obiektami i może być podstawą analiz przestrzennych prowadzonych przy użyciu technik numerycznych. Stanowi on również podstawę uogólnień, przedmiot właściwej generalizacji danych przestrzennych (tzw. generalizacji modelu) i podstawę modelowania rzeczywistości geograficznej w bazach danych przestrzennych. Model tego typu nie jest dobrze czytelny w odbiorze wzrokowym, gdyż posługuje się wyłącznie wektorami, ale stanowi najlepszy sposób organizacji danych do wszelkich zastosowań analitycznych, prowadzonych w *wek-*

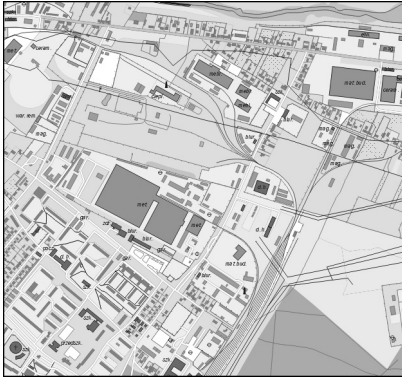
torowym modelu danych. Model topograficzny stanowi podstawową kategorię modeli rzeczywistości, najszerzej stosowaną w implementacji baz danych przestrzennych jako elementów GIS. Przy wizualizacji tego modelu należy oczywiście użyć notacji graficznych, gdyż bez nich nie można nic zaprezentować, ale w swojej istocie tak przekazany obraz nadal pozostanie modelem topograficznym, ponieważ brak jest całego etapu opracowania, redakcji i generalizacji prezentacji. Model ten stanowi więc zapis mapy bez obrazu, podstawę lub osnowę *mapy* w najszerszym tego słowa znaczeniu (A. Makowski 2006). Przykładem zastosowania modelu topograficznego jest organizacja danych w wektorowej bazie danych przestrzennych. Obraz geometrycznej części takiej bazy zawiera rycina 8.



Ryc. 8. Model topograficzny – bazodanowy (DLM)
Fig. 8. Topographic model (database), a.k.a. Digital Landscape Model (DLM)

Model kartograficzny – 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. Własności topologiczne prezentowanych obiektów są zachowywane w sposób pośredni – mogą być odczytywane metodą interpretacji obrazu. Obraz ten powstaje w wyniku redakcji kartograficznej i nosi jej znamiona np. w postaci graficznych korekcyj, związanych z przesunięciami znaków w stosunku do ścisłego położenia prezentowanych obiektów. Może być zapisywany zarówno w *wek-*

torowym jak i *rastrowym modelu danych*. Tym samym terminem określa się często same zbiory danych przestrzennych (najczęściej zapisane w wektorowym modelu danych), które tworzone



Ryc. 9. Model kartograficzny – znakowy (DCM)
Fig. 9. Cartographic model (image), a.k.a. Digital Cartographic Model (DCM)



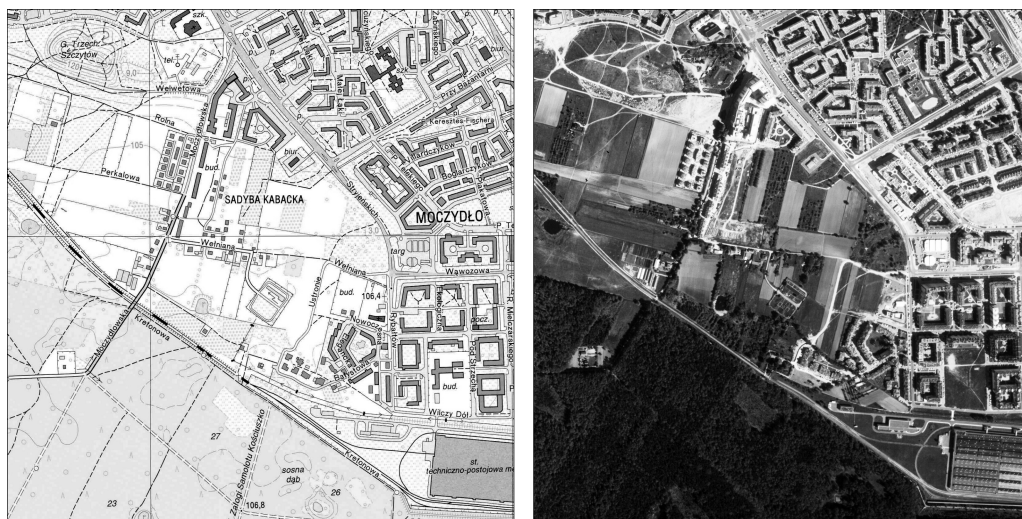
Ryc. 10. Model teledetekcyjny – obrazowy (image model)
Fig. 10. Teledetection model, a.k.a. image model

są pod kątem prezentacji graficznej (wizualizacji) danych, ale nie są jeszcze skonwencjonalizowane – nie zastosowano tu narzędzi komponujących (i udostępniających) obraz. Są to elektroniczne, cyfrowe zapisy map (dane odpowiednio uogólnione i częściowo zredukowane), których nie można zobaczyć ze względu na brak systemu znaków. Z całą pewnością takie zestawy danych można określić mianem modeli *kartograficznych* (choć jeszcze nie w pełni *znakowych*). Zaznaczmy również 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. Najlepszymi przykładami modelu tego typu są mapy geograficzne, które, wyposażone w odpowiednią funkcjonalność, mogą nosić znamiona prezentacji dynamicznych lub multimedialnych. Przykład modelu kartograficznego – znakowego pokazano na rycinie 9.

Model teledetekcyjny, często zwany także obrazowym (ang. *image model*), jest takim modelem rzeczywistości geograficznej, który przekazuje wygląd obszaru zarejestrowany w sposób automatyczny w różnych zakresach spektrum elektromagnetycznego. 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 obrazu, pojedynczy sygnał, drobina srebra obrazu fotograficznego itp.), które może być elementem obrazu (stąd „model obrazowy”) lub zapisu niewizualizowanego – np. element skaningu laserowego (LISAR). Najważniejszą cechą tych modeli (obok stosowania łatwo przetwarzanych struktur danych oraz pełnej automatyzacji pozyskiwania danych) jest – w przypadku danych topograficznych – stworzenie możliwości obejrzenia obrazu danego obszaru, a przez to nawiązania do własnych wyobrażeń przestrzennych i znaczny wpływ na model mentalny rzeczywistości. Przykładami modeli tego typu są zdjęcia lotnicze i obrazy satelitarne (ryc. 10).

Powyżej opisano znaczenie kilku terminów dotyczących modelowania rzeczywistości geograficznej. Użyte sformułowania stanowią pewien kompromis między używanymi terminami angielskojęzycznymi (jak *Digital Landscape Model* lub *Digital Cartographic Model*), które już się zadomowiły (np. M.-J. Kraak, F. Ormeling 1996) a jednoznacznością polskiego nazewnictwa i współczesnym rozumieniem kartografii (A. Makowski 2006). Terminy te powinny z jednej strony pozostawać w zgodzie ze współczesną teorią kartografii i nauk pokrewnych, ale z drugiej nie mogą nie nawiązywać do terminów utrwalonych na forum międzynarodowym. I tak: *model topograficzny* w dosłownych tłumaczeniach jest przedstawiany jako *model krajobrazowy*, do czego najczęściej słusznym zastrzeżeniem wnoszą geogra-



Ryc. 11. Porównanie treści modelu kartograficznego – znakowego (Mapa topograficzna Polski 1:10 000, ark. N-34-139-C-a-1, GUGiK, 2002) z modelem teledetekcyjnym – obrazowym (zdjęcie lotnicze fragmentu Ziemi objętego obrazem mapy)

Fig. 11. Comparison of the contents of a cartographic map of Poland 1:10 000, sheet N-34-139-C-a-1, GUGiK, 2002) with teledetection model

fowie, natomiast określenie *model bazodanowy*, co prawda precyzyjne, nie jest w pełni językowo poprawne. Sformułowanie *model topograficzny* (czyli opisujący przestrzeń) wyróżnia najważniejszą własność tej kategorii modeli czyli wierność przestrzenną zachowaną matematycznie, w sposób ścisły. Zauważmy również, że tłumaczenie tego terminu na język angielski nie może być wierne, ponieważ *topographic* oznacza najczęściej: związany z powierzchnią Ziemi (ang. *topographic data* – oznacza dane dotyczące rzeźby terenu), chociaż i takie sformułowanie (obok *landscape model*) do określenia tej kategorii modelu pojawia się w niektórych angielskojęzycznych publikacjach (E. Spiess i in. 2005). Termin *model kartograficzny* – *znakowy* odwołuje się do terminu angielskojęzycznego *Digital Cartographic Model* i wiąże się z najbardziej spektakularnym aspektem mapy – obrazem. W tym miejscu należy podkreślić rzecz oczywistą: kartografia nie zajmuje się jedynie zagadnieniami prezentacji danych przestrzennych, ale również, w coraz szerszym stopniu, ich modelowaniem (*modelowaniem topograficznym*, czyli *bazodanowym*) i z tego względu właściwie każdy model rzeczywistości geograficznej można byłoby nazwać kartograficznym. Zaproponowano termin *model kartograficzny* – *znakowy* na określenie takiego modelu, który jest przekaza-

zywany (wizualizowany) poprzez znaki kartograficzne (w istocie przez cały system znaków, z wykorzystaniem zasad redakcji itp.), za pomocą których prezentuje się dane geograficzne. Termin ten pojawia się tu jako określenie tej kategorii modeli, która pozwala na wizualizację danych przestrzennych w zgodzie z metodyką kartograficzną, zasadami redakcji map i prawami percepcji obrazu. Najmniej kontrowersyjny wydaje się termin *model teledetekcyjny*, który wskazuje, że mamy do czynienia z obrazem rzeczywistości, najczęściej obrazem typu „fotograficznego”, zdalnie zarejestrowanym, a więc (dosłownie) teledetekcyjnym. „Obraz” ten może nosić znamiona niegraficzne i być wynikiem rejestracji fal niewidzialnych (np. obrazy radarowe). Najczęściej jest jednak wizualizowany, często z wysoką rozdzielczością, jak w przypadku obrazów satelitarnych VHR, dlatego pozostawiono możliwość używania terminu *model obrazowy* (por. ryc. 11).

Powyższe rozważania powinny przyczynić się do większego uporządkowania pojęć z zakresu modelowania danych przestrzennych, pojęć używanych na styku kilku dziedzin, zwłaszcza kartografii i informatyki. Tak szeroko rozumiane modelowanie rzeczywistości geograficznej zawsze przecież pozostanie w centrum uwagi kartografii.

Literatura

- Kraak M.-J., Ormeling F., 1996, *Cartography. Visualization of spatial data*. London: Longman Scientific & Technical.
- Makowski A., 2006, *Definicja kartografii*. Wykład na XV Szkole Kartograficznej, *Świat techniki w kartografii*, Wałbrzych, referat złożony do druku.
- Spiess E., Baumgartner U., Arn S., Veaz C., 2005, *Topographic maps. Map graphics and generalisation*. Swiss Society of Cartography.
- Stoter J.E., 2004, *3D Cadastre*. Technische Universiteit Delft.

Recenzował dr hab. Piotr Werner

Models of geographic reality in relation to the models of spatial data

Summary

The article attempts to classify the terms concerning the modeling of spatial data functioning in the environment of systems of geographical information, which are both digital and cartographic description of geographic reality. In the first section *models of spatial data*, as elements of models of IT systems concerning space (GIS) are differentiated from *database models* and *models of knowledge*, which are independent elements external to system models (fig. 5). The article defines *database models* and presents their development towards the integration of tools serving the database spatial element with the standard database management system (DBMS).

The categories of geographic reality models which are characterized most widely are those useful for modeling of objects and spatial phenomena with IT systems, particularly GIS. These models are characterized according to the criteria of their perception and interpretation. Two major categories should be mentioned here: *mental models*, which are created in reader's mind and *digital models*, which appear mostly in digital form. They should be treated separately from *data models*, although some categories of geographic reality models make sense only through certain spatial data models. The article presents features of the above mentioned model categories and provides examples of data sets belonging to them.

Mental models are created in reader's mind as a result of his own experience under the influence of direct perception of geographic space. Material models can have three forms:

- Topographic model (database), a.k.a. Digital Landscape Model (DLM)
- Cartographic model (sign), a.k.a. Digital Cartographic Model (DCM)
- Teledetection model (picture), a.k.a. image model.

Topographic model contains information on spatial objects (phenomena), the location of which has been established with coordinates of selected reference area. It is characterized with strict georeference, which results in precise preserving of topological properties of objects and creation of unique data structures during its implementation. This model best represents spatial relations between objects and can be the basis for spatial analyses conducted with the use of digital techniques.

Cartographic model – (*sign*) conveys information about objects (phenomena) using fixed graphic conventions – a system of cartographic signs, which are the medium of geographic information. It is a representation of geographic space prepared for direct perception by human senses. Topological features of represented objects are preserved indirectly – they can be read through the method of image interpretation (fig. 9).

Teledetection model, often referred to as *image model*, is a model of geographic reality, which conveys the picture of the area automatically recorded in various ranges of electromagnetic spectrum. In this case object classification of information does not apply, so object classes and their attributes can not be directly modeled. A pixel is a medium of information. Air photos and satellite pictures are examples of such models (fig. 10).

Translated by M. Horodyski

Модели географической действительности и модели пространственных данных

Резюме

Статья является попыткой упорядочить понятия, относящиеся к моделированию пространственных данных, функционирующих в системах географической информации, которые являются информационной, а за одно картографической

описью разных аспектов географической действительности. Вначале чётко отделены *модели пространственных данных*, как элементы модели информационных систем, касающихся пространства (GIS), от *моделей баз данных и моделей*

знаний, которые являются независимыми элементами, внешними по отношению к моделям систем (рис. 5). Определено также *модели баз данных* и показано их развитие по направлению интеграции инструментов, обслуживающих пространственный элемент баз данных, со стандартной системой управления базой данных (DBMS).

Наиболее широко охарактеризованы те категории моделей географической действительности, которые имеют пригодный вид в моделировании пространственных объектов и явлений с помощью информационных систем, а точнее с помощью GIS. Эти модели классифицированы согласно критериям способа их восприятия и интерпретации человеком. Следует здесь выделить две основные категории: *ментальные модели*, возникающие в мозге человека, и *материальные модели*, которые чаще всего выступают в цифровой записи. Эти модели должны рассматриваться независимо от *моделей данных*, хотя известно, что запись некоторых категорий моделей географической действительности имеет смысл лишь посредством избранных моделей пространственных данных. В статье приближены черты выше перечисленных категорий моделей и указаны принадлежащие к ним примеры фондов данных.

Ментальные модели возникают в уме человека путем собственного опыта, под влиянием непосредственного восприятия географического пространства. Зато материальные модели могут принимать три вида. Ими являются:

- топографическая модель (баз данных)
- картографическая модель (знаковая)
- модель дистанционного зондирования (образная).

Топографическая модель содержит информации о пространственных объектах (явлениях),

локализация которых определена согласно координатам, связанным с поверхностью отнесения. Характеризуется она, таким образом, точной гео-референцией, что даёт возможность точного сохранения топологических черт объектов и создания (при её имплементации) уникальных структур данных. Эта модель лучше всего отдаёт пространственные соотношения между объектами и может быть основой пространственных анализов, проводимых при помощи цифровых технологий.

Картографическая модель – *знаковая* передаёт информации об объектах (явлениях) с помощью установленных графических конвенций – системы картографических знаков, которые являются здесь носителями географической информации. Таким образом является изображением географического пространства, которое подготовлено для непосредственного восприятия с помощью человеческих чувств. Топологические черты представляемых объектов сохранены в ней посредственным образом – могут читаться методом интерпретации изображения (рис. 9).

Модель дистанционного зондирования, зачастую называемая *образной*, является такой моделью географической действительности, которая передаёт изображение пространства, зарегистрированное автоматическим способом в разных диапазонах электромагнитного спектра. Не применяется здесь классификация элементов содержания по объектам, нельзя, таким образом, непосредственно моделировать классы объектов и их атрибутов. Носителем информации в этой модели является зерно (пиксель образа). Примерами этого рода модели являются аэрофотоснимки и спутниковые изображения (рис. 10).

Перевод Р. Толстикова