

## Na drodze harmonizacji – cechy strukturalne modeli obiektów topograficznych wykorzystanych w bazach danych referencyjnych

On the way of harmonization – structural properties of topographic object models used in reference databases

Andrzej Głazewski

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii, Katedra Kartografii

**Słowa kluczowe:** harmonizacja danych, struktury topologiczne, sieć liniowa, graf

Keywords: data harmonization, topological structures, line network, graph

### Wprowadzenie

Jednym z zasadniczych celów budowy infrastruktury informacji przestrzennej (IIP) w Europie, w tym w Polsce, jest osiągnięcie pełnej interoperacyjności usług i zbiorów danych przestrzennych na płaszczyźnie semantycznej, instytucjonalnej i technicznej.

*Model koncepcyjny rozwoju specyfikacji interoperacyjności w infrastrukturach danych przestrzennych* (Tóth et al., 2012) prezentuje dwie drogi pozwalające na osiągnięcie pełnej interoperacyjności danych przestrzennych: harmonizację danych oraz stosowanie dodatkowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych przez ich dostawcę. Jako najlepsze rozwiązanie wskazuje się połączenie tych działań, a na płaszczyźnie krajowej przygotowuje się podstawy merytoryczne harmonizacji danych przestrzennych (działania Rady IIP). Ważnym elementem harmonizacji danych jest porównanie i weryfikacja wykorzystywanych modeli na płaszczyźnie strukturalnej – zarówno w odniesieniu do topologicznych struktur danych, jak i w badaniu wzajemnych relacji przestrzennych pomiędzy obiektami baz danych.

Teren i jego elementy, modelowane w bazach danych referencyjnych, są identyfikowane przez obserwatora i organizowane w psychicznej (wyobrażeniowej) mapie przestrzennej na sposób obiektowy. Oznacza to ekstrakowanie unikalnych całości, wyróżniających się na tle otoczenia, dociekanie wzajemnych relacji pomiędzy nimi oraz dostrzeganie struktur i układów, jakie te obiekty tworzą. *Każdy formalny opis rzeczywistości jest abstrakcyjny, cząstkowy i zawsze stanowi tylko jedną z wielu możliwych perspektyw. Zróżnicowane opisy (abstrakcje) prowadzą do wielości informacji dotyczących tego samego położenia geograficznego/przestrzennego. Proces abstrahowania może obejmować różne punkty widzenia, może być związany z różnymi punktami w czasie i może prowadzić do uzyskania różnych poziomów szczegóło-*

wości informacji na temat opisywanego obszaru (ISO TC 211, 2009). Na tym tle warto zastanowić się nad poprawnością modelowania tych cech i wzajemnych odniesień obiektów w krajowych bazach danych georeferencyjnych.

W myśl wspomnianego *Modelu koncepcyjnego rozwoju specyfikacji interoperacyjności* (Tóth et al., 2012) warto prowadzić działania dążące do osiągnięcia równowagi pomiędzy dwoma skrajnymi poziomami interoperacyjności: zbyt prostym i zbyt złożonym. Poziom skrajnie prosty cechuje niewypełnienie wymagań, niedostateczna harmonizacja i nieliczne korzyści. Poziom skrajnie złożony napotyka na implementacyjne trudności techniczne, osiąga znaczące korzyści dostępne dla nielicznych użytkowników oraz generuje wysokie koszty wdrożenia. Aby doprowadzić do korzystnego wypośrodkowania poziomu interoperacyjności, należy tworzyć spójną informację przestrzenną o możliwie najszerszym zastosowaniu, a wykorzystywane modele powinny być otwarte na możliwość rozbudowy i powiązań z innymi modelami (Tóth et al., 2012).

## Zakres badań

Badania dotyczące różnic strukturalnych modeli wybranych obiektów topograficznych w polskich bazach danych referencyjnych ograniczono do trzech grup tematycznych danych: 1) sieci drogowej, 2) sieci hydrograficznej oraz 3) pokrycia terenu, modelowanych w wielu klasach obiektów, w czterech poniższych bazach danych referencyjnych:

- bazie danych topograficznych o poziomie szczegółowości odpowiadającym mapie zasadniczej (BDOT500),
- Bazie Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k),
- Wektorowej Mapie Poziomu 2 w wersji użytkowej (VMapL2u),
- Bazie Danych Obiektów Ogólnogeograficznych (BDOO).

Warto też zwrócić uwagę na niżej wyróżnione cechy tych baz danych.

BDOT500 jest bazą danych o strukturze nawiązującej do modelu BDOT10k, ale z uwagi na znaczne różnice w podejściu klasyfikacyjnym i strukturalnym (Bac-Bronowicz et al., 2015), nie można mówić o pełnej spójności pojęciowej czy nawet semantycznej tych baz danych.

BDOT10k i BDOO są produktami o jednolitej strukturze klasyfikacyjnej i spójnym ujęciu semantycznym obiektów, można więc mówić o dwóch modułach jednej, wielorozdzielczej bazy danych georeferencyjnych. Obiekty bazy BDOO powstają na drodze generalizacji modelu BDOT10k, z niego wynikają definicje tych obiektów, wzajemne relacje i ich ujęcia strukturalne.

VMapL2u jest produktem o typowo wojskowym pochodzeniu i zastosowaniu, a standardy jego opracowania powstały jako modyfikacja dokumentów międzynarodowych (standardów NATO), stąd wynika, niżej opisana, specyfika modelowania obiektów topograficznych w tej bazie danych.

Pod uwagę wzięto dwie podstawowe cechy klas obiektów należących do wyróżnionych grup tematycznych: 1) tworzone przez nie struktury topologiczne oraz 2) wzajemne relacje przestrzenne.

Wśród struktur topologicznych wyróżniono:

- sieć liniową w postaci grafu nieplanarnego (grafu spójnego, skierowanego, ważonego),

- sieć liniową w postaci grafu płaskiego (grafu spójnego, skierowanego),
- strukturę partycji (wypełnienia powierzchni).

Relacje przestrzenne, zachodzące wewnątrz klas obiektów i pomiędzy nimi zostały przedstawione na podstawie klasyfikacji relacji zawartej w pracy pt. *Relacje przestrzenne* (Buczowski, 2005) i odnoszą się do zintegrowanego modelu pojęciowego bazy danych topograficznych (BDOT10k i BDOO).

## Zasady modelowania wybranych obiektów topograficznych – topologiczne struktury danych i relacje przestrzenne

### Sieć drogowa – grafy nieplanarny i płaski

Zasadniczą strukturą geometryczną, jaka jest stosowana w modelowaniu obiektów topograficznych sieci drogowej, jest struktura sieci w postaci grafu nieplanarnego, skierowanego, ważonego, spójnego lub składającego się ze spójnych podgrafów. Jego krawędziami są odcinki osi jezdni, modelowane na szczegółowym poziomie uogólnienia (poza BDOT500). Węzłami grafu są skrzyżowania wyżej wymienionych obiektów lub ich końcowe wierzchołki (tzw. punkty węzłowe łamanej).

W bazie BDOT500 struktura ta nie jest modelowana, ponieważ klasy obiektów dotyczące sieci drogowej (*jezdnia* – *BDZ\_KTJZ*, *plac* – *BDZ\_KTPL*) posiadają wyłącznie geometrię poligonową. Wyjątkiem jest klasa *ulica* – *BDZ\_KTUL* oraz klasa *krawężnik* – *BDZ\_KTKR*, które z reguły modelują te obiekty na sposób liniowy. W dokumentacji bazy danych brak jest definicji obiektu *krawężnik* (geometria teoretycznie pochodzi z konturu obiektów *jezdnia* i *plac*) oraz obiektu *ulica*, którego geometria według dokumentacji powinna pochodzić z rejestru EMUiA.

BDOT10k w strukturze grafu nieplanarnego modeluje obiekty klasy *jezdnia* – *OT\_SKJZ* (8 typów odcinków jezdni, wyróżnionych ze względu na atrybut techniczno-użytkowy – *klasę drogi*) i, pomimo pewnych ograniczeń, poprawnie oddaje topologię sieciową tych obiektów topograficznych. Przyjęto segmentację geometrii obiektów w punktach przecięć osi jezdni, a więc na każdym skrzyżowaniu jezdni (przebiegających na tym samym poziomie), skrzyżowania te stanowią wierzchołki grafu nieplanarnego. W miejscach skrzyżowań bezkolizyjnych odcinki jezdni (przebiegających na różnych poziomach) nie ulegają segmentacji, co przy produkcji bazy wymaga dodatkowych danych, wprowadzanych także do atrybutu *położenie*. Atrybut ten jest uzupełniany według słownika zawierającego 6 wartości (poziom podziemny, naziemny i 4 nadziemne), więc można zapisać jezdnie krzyżujące się na tylu poziomach. Wartości wag krawędzi grafu mogą być modelowane przy użyciu atrybutu związanego z kosztem ruchu wzdłuż odcinków jezdni. W BDOT10k istnieje możliwość wykorzystania jedynie długości tych odcinków, a brak jest informacji na temat dopuszczalnej prędkości poruszania się po nich. Ograniczeniem, wynikającym bardziej z braków produkcyjnych niż z własności modelu pojęciowego, jest także bardzo częste (na obszarze kilku województw wręcz nagminne) niezachowanie kierunku digitalizacji obiektów tej klasy zgodnie z właściwym kierunkiem ruchu pojazdów. Ograniczenie to skutkuje brakiem możliwości zastosowania obiektów klasy *OT\_SKLJZ* w wielu analizach typu sieciowego, bez wcześniejszego ich przetworzenia.

Segment BDOO bazy danych georeferencyjnych modeluje sieć drogową w postaci grafu płaskiego (planarnego), w którym rolę krawędzi pełnią obiekty klasy *droga – OT\_SKDR*, natomiast rolę węzłów pełnią ich skrzyżowania, w tym klasa *rondo i węzeł drogowy OT\_SKRW* o geometrii punktowej. Jest to graf spójny, nieskierowany, ważony, którego wagami, podobnie jak w klasie jezdni, mogą być jedynie długości poszczególnych odcinków dróg.

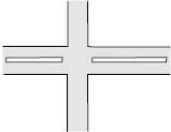
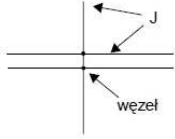
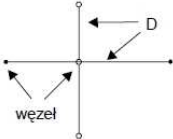
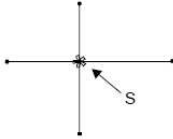
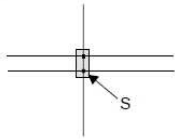
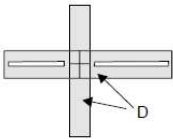
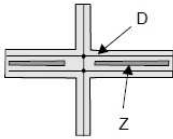
Klasa *droga – OT\_SKDR* powstaje przez generalizację klasy źródłowej – *jezdnia – OT\_SKJZ* i dla dróg jednojezdniowych jest z nią topologicznie spójna, ale nie musi się pokrywać, jak sugeruje dokumentacja BDOT10k/BDOO (Opis baz danych..., 2011), natomiast dla dróg dwujezdniowych ich geometria położona jest pomiędzy osiami obydwu jezdni drogi. Segmentacja odcinków dróg następuje na skrzyżowaniu dowolnego typu, niezależnie od jego formy i ewentualnie wielopoziomowości, w tym w węzłach drogowych. Niestety w praktyce zdarza się, że segmentacja odcinków dróg nie jest poprawna i brak jej na skrzyżowaniach wielopoziomowych (punktach klasy *OT\_SKRW*), zwłaszcza, jeśli podczas generalizacji, w wynikowej bazie (BDOO) usunięto część dróg łączących się na skrzyżowaniu (węzle drogowym lub rondzie).

VMapL2u – modeluje obiekty sieci drogowej (klasa obiektów: *transport\_droznia\_L*) w strukturze sieci przy użyciu grafu płaskiego. W poprzedniej wersji (pierwszej edycji) bazy danych VMapL2 (klasy obiektów *szosa/droga – LAP030*, *droga polna/leśna – LAP010*) teoretycznie zachowano strukturę grafu nieplanarnego, ale nie spełniał on warunków struktury sieci liniowej, ponieważ zastosowano zupełnie dowolną segmentację obiektów. Aby skorzystać z tych klas obiektów należałoby przetworzyć je do modelu grafu, co wykonano przy okazji transformacji bazy (Bac-Bronowicz i in., 2007) do struktury użytkowej (VMapL2u). W ramach integracji struktury bazy w klasie *transport\_droznia\_L* modeluje się wszystkie kategorie dróg reprezentowane przez ich osie lub osie jezdni – w przypadku dróg z pasem rozdzielającym jezdnie (krawędzie grafu planarnego). Węzły grafu stanowią skrzyżowania tych odcinków i nie są one modelowane w żadnej odrębnej klasie obiektów. Nie jest zachowana kierunkowość obiektów zgodnie z dopuszczonym kierunkiem ruchu i brak jest informacji o dopuszczalnej prędkości poruszania się, stąd wagi krawędzi grafu związane z kosztem ruchu, można modelować wyłącznie na podstawie długości odcinków dróg (lub jezdni). Analogicznie do BDOT10k, baza VMapL2 modeluje także budowle inżynierskie (*mosty, wiadukty, tunele*) oraz *przeprawy promowe*, których charakterystyka jest bogata z uwagi na zastosowania tej bazy danych.

### **Relacje przestrzenne klas sieci drogowej w BDOT10k i BDOO**

W wyniku generalizacji danych BDOT10k do poziomu BDOO zachowano w pełni spójność geometrii klas *jezdnia (OT\_SKJZ)* i *droga (OT\_SKDR)*, przy czym jak wspomniano, geometria dróg jednojezdniowych może nie pokrywać z geometrią obiektów klasy źródłowej (jezdnia), ponieważ zastosowano algorytmy uproszczenia kształtu linii, z zachowaniem położenia istotnych punktów pośrednich i węzłowych. Przykłady relacji przestrzennych zachodzących pomiędzy obiektami typu jezdnia, droga i skrzyżowanie, które podlegają modelowaniu w bazach danych przestrzennych, zawiera rysunek 1.

Sieć drogową jest topologiczną podstawą położenia geometrii większości obiektów klasy *budowla inżynierska – OT\_BUIN* oraz *budowla ziemna – OT\_BUZZM*, ponieważ ich reprezentacja (oś geometryczna) pokrywa się z reprezentacją osi *jezdni* lub *drogi* (lub jest do nich

Konfiguracja obiektów	Sposób reprezentacji w bazie danych przestrzennych (przykłady)		
	Oznaczenie relacji przestrzennej		
Droga - Jezdnia - Skrzyżowanie  	a)	b)	c)
			
	J <i>dochodzi_do</i> J	D <i>dochodzi_do</i> D D <i>styka się_z</i> D	D <i>dochodzi_do</i> D D <i>ma_na_krańcu</i> S
	d)	e)	f)
			
	J <i>dochodzi_do</i> J J <i>jest_wewnątrz</i> S J <i>ma_kraniec_w</i> S	D <i>zachodzi_na</i> D D <i>graniczy</i> D	J <i>dochodzi_do</i> J D <i>obejmuje</i> J J <i>jest_rozłączna</i> Z

**Rysunek 1.** Przykłady relacji przestrzennych zachodzących pomiędzy obiektami sieci drogowej: J – jezdnia, D – droga, S – skrzyżowanie, Z – zieleń. (źródło: Gotlib, 2005)

równoległa). Wyjątkowy pod względem relacji przestrzennych jest obiekt typu *przepust* klasy *OT\_BUIN*, ponieważ jego geometria jest współliniowa z geometrią obiektów z klas sieci hydrograficznej, natomiast obiekty klasy sieci drogowej przecina pod dowolnym kątem, zgodnie w faktycznym położeniu osi tego obiektu.

### Sieć hydrograficzna – graf płaski

W bazach danych referencyjnych sieć hydrograficzna (inaczej niż w bazach danych hydrograficznych) jest modelowana w strukturach grafu płaskiego, chociaż występują w rzeczywistości sytuacje wyjątkowe, które temu modelowaniu nie podlegają, przykładowo akwedukty.

BDOT500 nie modeluje w strukturze grafu żadnych obiektów sieci hydrograficznej, wszystkie obiekty z nią związane reprezentowane są w klasach: *woda powierzchniowa* – *BDZ\_PTWP* oraz *rów* – *BDZ\_PTRW* (obiekty: *rów melioracyjny*, *rów przydrożny* oraz *obszar objęty drenowaniem*) kategorii pokrycia terenu (o geometrii powierzchniowej).

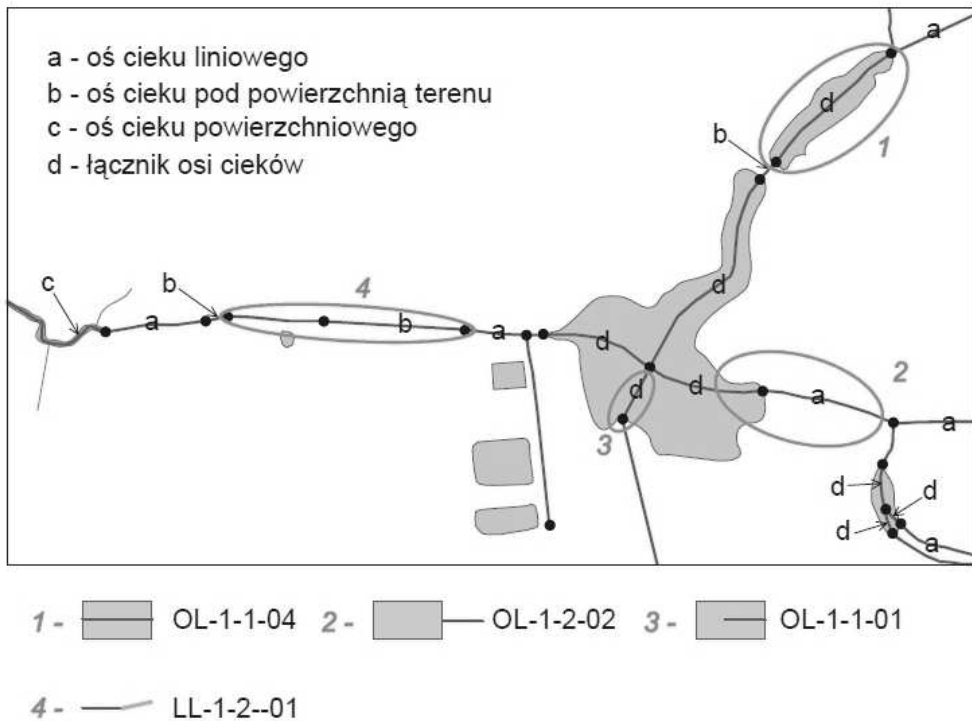
BDOT10k oraz BDOO modelują sieć hydrograficzną przy użyciu grafu płaskiego skierowanego, który tworzą klasy obiektów: *rzeka i strumień* – *OT\_SWRS* (w BDOO: *rzeka, strumień, potok lub struga*), *kanal* – *OT\_SWKN*, *rów melioracyjny* – *OT\_SWRM* – jako krawędzie grafu oraz przecięcia obiektów tych klas i *źródła* (zapisane w klasie *obiekt przyrodniczy* – *OT\_OIPR*) – jako węzły grafu. Struktura ta zachowuje większość istotnych atrybutów cieków naturalnych, kanałów i rowów melioracyjnych, zwłaszcza kierunek przepływu wody, który odzwierciedla kierunek digitalizacji obiektów. Wyjątkiem jest rzędowość cieków (wynikająca np. z klasyfikacji Strahlera), która tu nie jest w ogóle modelowana. Zachowanie

wano ciągłość grafu na obszarach wód powierzchniowych (szerokich rzek, jezior) stosując tzw. sztuczne łączniki osi cieków, wymagające dodatkowej segmentacji odcinków rzek i kanałów w punktach styków obiektów tego typu z obiektami modelującymi osie geometryczne cieków (rys. 2).

VMapL2u modeluje sieć hydrograficzną w klasie obiektów *hydro\_wody\_powierzchniowe\_L*, która stosuje liniowy typ geometrii nawiązujący do struktury sieci o poprawnej topologii elementarnej (segmentacja w węzłach sieci). W tej klasie nie modeluje się jednak cieków szerszych od 30 m, dla których przewidziano jedynie reprezentację powierzchniową, ani też żadnych połączeń hydrograficznych na obszarach zbiorników wodnych. Nie zachowano także kierunkowości geometrii obiektów bazy danych zgodnej z kierunkiem nurtu. Jest to przykład nieskierowanego grafu płaskiego, który nie znajduje właściwie żadnego zastosowania analitycznego, korzystającego z własności struktury sieci.

### Relacje przestrzenne klas sieci hydrograficznej w BDOT10k

Klasy obiektów modelujące w BDOT10k i BDOO sieć hydrograficzną wchodzi w wiele różnych relacji z większością pozostałych klas obiektów tych baz danych. Przykłady tych relacji wymieniono w sposób symboliczny na rysunku 2: OL-1-1-04 – relacja krzyżowania się linii cieków z obszarem wód, przy czym brzeg linii (punkty końcowe) należą do brzegu



**Rysunek 2.** Typy reprezentacji geometrycznej obiektów sieci hydrograficznej modelowanych w BDOT10k (a-d) oraz 4 przykłady relacji zachodzących pomiędzy obiektami hydrograficznymi (źródło: Buczkowski, 2005)

obszaru; OL-1-2-02 – relacja stykania się linii cieków z obszarem wód (wyłącznie jeden brzeg linii należy do brzegu obszaru); OL-1-1-01 – typowa relacja krzyżowania się linii cieków z obszarem wód (linia leży wewnątrz obszaru), przy czym jeden brzeg linii (punkt końcowy) należy do brzegu obszaru; LL-1-2-01 – stykanie się linii cieków. Zauważmy też, że różne typy relacji są dostępne dla różnych typów reprezentacji geometrycznej obiektów sieciowych, na przykład relacja nr 2 (OL-1-2-02) nie jest możliwa dla reprezentacji typu d (łącznika osi cieków). Opracowanie szerszej systematyki relacji w odniesieniu do typów reprezentacji geometrycznych poszczególnych obiektów może pomóc między innymi w kontroli poprawności topologicznej danych.

### **Pokrycie terenu – struktura partycji (wypełnienia powierzchni)**

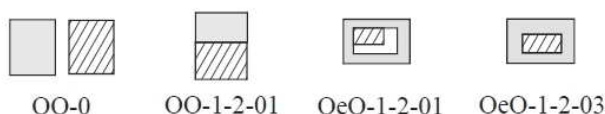
BDOT500 jako najbardziej szczegółowa baza danych referencyjnych, modeluje obiekty pokrycia terenu w 5 klasach obiektów, które tworzą zwartą strukturę, którą można określić mianem zasięgów regionów (nawiązując do współczesnej nazwy jednej z metod prezentacji kartograficznej). Struktura ta zawiera zasięgi (obszary) o spójnej geometrii, które jeśli sąsiadują, to stykają się bezszwowo ze sobą. Nie obejmuje ona jednak całego obszaru opracowania. Ze względu na dwie niżej przedstawione własności tych klas obiektów, nie można mówić o strukturze partycji. W tej bazie danych modelowaniu poddano jedynie fragment pokrycia terenu, omijając tereny zabudowane, komunikacyjne, odkryte, co powoduje, że obraz tego pokrycia modelowany w BDOT500 jest wycinkowy. Po drugie klasa *cmentarz* – *BDZ\_PTCM* jest nie do końca rozłączna, co do definicji, z klasą *teren leśny, zadrzewiony lub zakrzewiony* – *BDZ\_PTTL*, ponieważ wiele cmentarzy mieści się na obszarach leśnych lub zadrzewionych, która to informacja jest tracona. Dodajmy, że również w klasyfikacji cmentarzy zawarto dyskusyjną kategorię *inny*, odnoszącą się według dokumentacji między innymi do grzebowisk dla zwierząt, a więc obiektów nie będących w ogóle cmentarzami.

W BDOT10k oraz BDOO klasy kategorii *pokrycia terenu* tworzą klasyczną strukturę partycji (wypełnienia powierzchni), modelującą fizjonomiczne cechy terenu z dużą szczegółowością. Charakteryzuje się ona bezszwowym (pełnym) pokryciem obszaru obiektami należącymi do tej kategorii, które tworzą relację sąsiedztwa, wzajemnie się nie nakładając. Model pojęciowy tych baz zawiera 12 klas obiektów tej kategorii (35 rodzajów obiektów topograficznych o geometrii powierzchniowej, wyróżnianych na poziomie BDOT10k). Zasady generalizacji pojęciowej obiektów zostały tak skonstruowane, aby struktura partycji została zachowana także na uogólnionym poziomie (BDOO). Struktura ta stanowi najlepsze tło do modelowania i prezentacji innych istotnych obiektów terenowych i wchodzi w logiczne relacje z obiektami związanymi z innymi grupami danych, w tym z kategorią *kompleksy użytkowania terenu* (11 klas obiektów).

VMapL2u modeluje obiekty topograficzne związane z pokryciem terenu w 7 klasach obiektów, które tworzą strukturę zasięgów regionów, omówioną krótko wyżej – podobnie jak w przypadku BDOT500. Również tutaj modelowaniu podlegają wybrane obiekty, brak jest na przykład danych o zasięgu nietrwałych upraw rolnych. Razem nie wypełniają one obszaru opracowania, ale sąsiadując ze sobą posiadają bezszwowo połączoną geometrię.

## Relacje przestrzenne klas pokrycia terenu w BDOT10k i BDOO

Klasy obiektów BDOT10k należące do kategorii pokrycia terenu (zawsze modelowane powierzchniowo) tworzą wzajemnie 3 typy relacji przestrzennych (rys. 3). Zostały one oznaczone jako: OO-1-2-01 (stykanie się), OeO-1-2-01 (stykanie się w enklawie) oraz OeO-1-2-03 (wypełnienie enklawy). Obiekty mogą być również rozłączne (relacja OO-0), co jest naturalne w przypadku wszystkich klas.



**Rysunek 3.** Schemat wzajemnych relacji zachodzących pomiędzy obiektami kategorii pokrycia terenu (źródło: Buczkowski, 2005)

Topologia obiektów modelowanych w strukturze partycji jednoznacznie wskazuje na przestrzenną relację sąsiedztwa (stykanie się obiektów), ale dla modelowania geometrycznego (i zastosowań analitycznych) ma znaczenie tak szczegółowe wy-

różnienie typów tych relacji, jak uczyniono to w pracy (Buczkowski, 2005). Wyróżnienie to ma także sens semantyczny, ważny w praktyce produkcyjnej (np. kontroli danych), ponieważ różne rodzaje obiektów tworzących klasy pokrycia terenu będą mogły wchodzić w relacje różnych typów.

## Wnioski

Model pojęciowy BDOT10k i BDOO, pomimo swoich braków, z pewnością może stanowić wzór klasyfikacji badanych tu obiektów topograficznych, nawiązujący silnie do ich cech strukturalnych i technicznych, umożliwiając modelowanie struktur topologicznych, jakie te obiekty mogą tworzyć. Jego rozwój zapoczątkował model pojęciowy TBD (rok 2003), a ewolucja, również zilustrowana konkretnymi przykładami, została opisana w pracy (Głazurewski, 2013). W modelu tym ujęto również wzajemne relacje przestrzenne pomiędzy obiektami, a sposób doboru reprezentacji geometrycznej obiektów uwzględnia potrzeby jak najszerszego grona użytkowników. Model ten często pełnił rolę referencyjną w procesach integracyjnych z innymi produktami, także modelującymi klasy obiektów topograficznych (Wielorozdzielcza Baza Danych Topograficznych – WBDT, Baza Danych Topograficznych poziomu II (Gotlib, 2009) – TBDII).

Zbiory danych BDOT500 oraz VMapL2u nie wykorzystują topologicznych struktur danych lub modelują je w sposób wycinkowy. Obie bazy danych zawierają obiekty o nierozłącznych zakresach pojęciowych oraz takie, dla których definicje nie zostały w ogóle sformułowane. Dodatkowym problemem jest niska szczegółowość modelu pojęciowego BDOT500, często zdradzająca większy stopień uogólnienia niż BDOT10k. Jest to widoczne zwłaszcza przy zestawieniu charakterystyk atrybutowych tych samych obiektów topograficznych (Bac-Bronowicz i in., 2015).

W bazach danych wykorzystujących topologiczne struktury danych często brak jest cech obiektów, które są kluczowe z analitycznego punktu widzenia. Przez to radykalnie spadają możliwości analitycznego wykorzystania klas obiektów tam modelowanych. Dotyczy to zwłaszcza sieci liniowych opartych o strukturę grafu, ponieważ bez zapewnienia poprawno-



ści geometrycznej (segmentacja odcinków – krawędzi grafu, reguły połączeń krawędzi w węzłach, kierunkowość reprezentacji geometrycznej) i atrybutowej (np. wagi krawędzi) zastosowanie narzędzi analiz sieciowych wymaga gruntownego przetworzenia źródłowych zbiorów danych.

Co istotne, w standardach specyfikacji danych w INSPIRE osiągnięto uzgodnione i spójne modele danych i schematy, dzięki zastosowaniu tzw. skonsolidowanego repozytorium modelu. Każdy zdefiniowany tam obiekt przestrzenny – niezależnie od schematu zastosowania lub tematu INSPIRE, do którego należy – może być przedmiotem odwołania w innych schematach zastosowań (również w obrębie innych tematów).

Prace nad harmonizacją topologiczną i strukturalną poszczególnych baz danych powinny być prowadzone z uwzględnieniem następujących kierunków działań:

1. Modelowanie danych powinno odbywać się na możliwie najwyższym stopniu szczegółowości, stąd rozwój modelu BDOT500 w kierunku integracji z BDOT10k, a zwłaszcza w kierunku topologicznej poprawności strukturalnej bazy jest istotnym zadaniem.
2. Poprawność strukturalna baz danych wymaga, aby podstawowe cechy geometrii obiektów (np. kierunkowość jezdni w BDOT10k, segmentacja dróg w VMapL2u) były modelowane zgodnie z dokumentacją techniczną. Dokumentacja ta jednak często wymaga korekt, ponieważ opuszcza definicje obiektów, albo zawiera definicje pokrywające się co do zakresu lub też nie uściśla zasad pozyskiwania obiektów.
3. Struktury topologiczne, modelowane na niższych poziomach uogólnienia pojęciowego powinny być generalizowane na poziomach bardziej uogólnionych z zachowaniem ich podstawowych cech. Przykładem poprawnych działań generalizacyjnych tego typu może być zestaw procedur zastosowany w generalizacji klas obiektów kategorii pokrycia terenu, modelowanych na poziomach BDOT10k i BDOO.

Drogą bardziej generalnego rozwiązania problemu niespójności badanych baz danych może też być, przygotowane swego czasu (Pachół, Zieliński, 2006), zestawienie wszystkich klas obiektów (430) ze wszystkich ogólnopolskich baz danych referencyjnych (6), pogrupowanych w 11 tematów, które teoretycznie mogłyby być podstawą do zaprojektowania *schema-tu klas obiektów w jednolitym modelu danych georeferencyjnych*.

## Literatura

- Bac-Bronowicz J., Głazewski A., Liberadzki P., Wilczyńska I., 2015: Harmonizacja modeli pojęciowych BDOT10k i BDOT500 w kontekście wymiany danych. *Roczniki Geomatyki* t. 13. z. 4(70), PTIP, Warszawa.
- Bac-Bronowicz J., Kołodziej A., Kowalski P. J., Olszewski R., 2007: Opracowanie metod modyfikacji struktury bazy danych VMap L2. *Acta Scientiarum Polonorum, s. Geodesia et Descriptio Terrarum* vol. 6 no. 2, Wrocław.
- Buczowski K., 2005: Relacje przestrzenne. [W:] Makowski A. (red.), System informacji topograficznej kraju. Teoretyczne i metodyczne opracowanie koncepcyjne. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa.
- Głazewski A., 2013: Topograficzne modelowanie czasoprzestrzeni geograficznej na przykładzie ewolucji modelu pojęciowego TBD/BDOT. *Roczniki Geomatyki* t. 11. z. 1(58), PTIP, Warszawa.
- Gotlib D., 2005: Modelowanie pojęciowe danych topograficznych. [W:] Makowski A. (red.), System informacji topograficznej kraju. Teoretyczne i metodyczne opracowanie koncepcyjne. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa.
- Gotlib D., 2009.: Wybrane aspekty modelowania wielorozdzielczych i wieloreprezentacyjnych baz danych topograficznych. *Geomatics and Environmental Engineering* vol. 3, no. 1/1.
- ISO/TC 211, 2009: Geographic Information/Geomatics, Standards Guide. OGC, 01.06.2009.
- Opis baz danych obiektów topograficznych i ogólnogeograficznych oraz standardy techniczne tworzenia map. Załącznik do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada

2011 roku w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych. Dz.U. Załącznik do nr 279, poz. 1642 z dnia 27 grudnia 2011 roku.

Pachół P., Zieliński J., 2006: Analiza istniejących standardów technicznych w aspekcie przyszłego zarządzania danymi georeferencyjnymi w Polsce. *Roczniki Geomatyki* t. 4 z. 2, PTIP, Warszawa.

Rozporządzenie ministra administracji i cyfryzacji z dnia 2 listopada 2015 roku w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej. Dz.U. poz. 2028, z dnia 3 grudnia 2015 roku.

Tóth K., Portele C., Illert A., Lutz M., de Lima M.N., 2012: Model koncepcyjny rozwoju specyfikacji interoperacyjności w infrastrukturach danych przestrzennych. Raporty Referencyjne JRC, Komisja Europejska, Instytut ds. Środowiska i Zrównoważonego Rozwoju.

### **Streszczenie**

*Jedną z dróg do osiągnięcia wielopłaszczyznowej spójności baz danych przestrzennych jest harmonizacja danych, metadanych i usług geoinformacyjnych. Ważnym elementem harmonizacji danych jest porównanie i weryfikacja wykorzystywanych modeli na płaszczyźnie strukturalnej – zarówno w odniesieniu do topologicznych struktur danych, jak i do wzajemnych relacji przestrzennych. Przedmiotem przeprowadzonych badań były krajowe bazy danych referencyjnych o różnym poziomie uogólnienia i przeznaczeniu (BDOT500, BDOT10k, VMapL2u, BDOO). Przyjęte zasady modelowania obiektów topograficznych są podstawowymi wyznacznikami ich struktury w sensie topologicznym. W stosowanych tam modelach obiektów topograficznych stosuje się często typowe struktury danych, w tym: graf planarny i nieplanarny, wypełnienie powierzchni (partycji), których własności mogą decydować o poprawności modelowania cech obiektów topograficznych. W badaniach przyjęto, że wyznacznikiem poprawności jest możliwie pełna charakterystyka tych obiektów, ze szczególnym uwzględnieniem wzajemnych relacji występujących pomiędzy obiektami, umożliwiającą szerokie wykorzystanie zastosowanych modeli, zgodne z przeznaczeniem baz danych referencyjnych. Posłużono się dokumentacją techniczną baz danych, ale też uwzględniono wymagania stawiane przez dokumenty standaryzacyjne i techniczne, konkretyzujące zasady realizacji zapisów dyrektywy INSPIRE. Wskazano też kilka kierunków działań, w których mogłyby toczyć się prace nad uspojnianiem topologicznym i strukturalnym poszczególnych baz danych.*

### **Abstract**

*An important element of spatial data harmonization is comparison and verification of applied models – with reference to the topological structures and the spatial relationships between objects. The Polish reference databases of various levels of generalisation and destination have been investigated. They were: topographical databases on two levels of generalization: BDOT500 and BDOT10k, the geographical data base (BDOO) and the Vector Smart Map Level 2 in the modified structure (VMapL2u). From the topological perspective the assumed modelling rules of topographical objects are the basic indicators of their topological structure. Typical data structures, such as planar and non-planar graphs and partition structure (eg. GT-polygons) are often applied in models of topographical objects. Their features may influence the correctness of modelling the topographical phenomena. The technical documentation of considered data bases as well as the INSPIRE standardization documents were used during the project implementation. Studies have been restrained to three categories of features: the road network, the hydrographic network and the land cover, modelled in large number of feature classes. Spatial relationships between objects in these feature classes, considering types of its geometric representations, were also reviewed. Several directions have been shown for the future works on topological and structural harmonization of considered data bases.*

dr inż. Andrzej Głazewski  
a.glazewski@gik.pw.edu.pl