

Przemysław LISOWSKI

AGH, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej

Artur KRAWCZYK

AGH, Katedra Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej

Stanisława PORZYCKA-STRZELCZYK

AGH, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej

MOŻLIWOŚCI SKŁADOWANIA DANYCH 3D W BAZACH DANYCH PRZESTRZENNYCH¹

Streszczenie. W ostatnich latach obserwuje się ciągły wzrost zapotrzebowania na przechowywanie i analizy wektorowych danych 3D. Dostępne systemy baz danych przestrzennych oferują możliwości składowania tego rodzaju informacji. Dostarczają one narzędzi pozwalających na otrzymywanie podstawowych informacji o obiektach oraz funkcjonalności analiz przestrzennych. Niniejszy artykuł przybliży możliwości wybranych systemów baz danych przestrzennych jako narzędzi dla danych 3D. Na potrzeby pracy skupiono się na przeglądzie PostGIS oraz SpatiaLite. Wymienione systemy są obecnie najbardziej popularnymi narzędziami udostępnianymi na licencji wolnego oprogramowania, jednocześnie spełniającymi standardy branżowe.

Słowa kluczowe: analiza przestrzenna, dane 3D, bazy danych przestrzennych, GIS

POSSIBILITIES OF 3D DATA STORAGE IN SPATIAL DATABASES

Summary. In recent years there has been observed a continuous increase in demand for storage and analysis of 3D vector data. Available spatial database systems offer a possibilities to store such information. These systems provide tools to obtain basic information about objects. Moreover spatial analysis is available. This paper introduces the possibility of some spatial database systems as a tool for 3D data analysis. Our work has focused on a review of PostGIS and SpatiaLite. These systems are currently the most popular tools provided on the free software license.

Keywords: spatial analysis, 3D data, spatial databases, GIS

¹ Praca jest finansowana w ramach badań statutowych Katedry Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej.

1. Wprowadzenie

Systemy baz danych przestrzennych mają istotne znaczenie we współczesnych systemach informatycznych. Wzrost zainteresowania jest związany z popytem na rozwiązania logistyczne i lokalizacyjne. Dwuwymiarowe dane przestrzenne są wykorzystywane m.in. w geologii, geofizyce, geodezji, ochronie środowiska i administracji. Zapotrzebowanie na udostępnianie dwuwymiarowej cyfrowej informacji przestrzennej zostało wzmocnione przez wprowadzanie dyrektywy INSPIRE. Zobowiązuje ona państwa członkowskie Unii Europejskiej do gromadzenia i udostępniania informacji przestrzennej w taki sposób, aby zapewnić usługi przeglądania, wyszukiwania, przekształcania i pobierania [1].

Bazy danych przestrzennych umożliwiają zapis w polu tabeli bazy danych przestrzennych danych wektorowych. Pozostałe pola przechowują atrybuty obiektu geometrycznego. Istotą takiego wykorzystania baz danych jest swobodny dostęp do informacji przestrzennej [2]. Podstawowe funkcjonalności bazy umożliwiają analizę zależności pomiędzy obiektami oraz uzyskiwanie podstawowych informacji o obiektach. Istnieje bardzo duża liczba komercyjnych i otwartych systemów baz danych przestrzennych [3]. Wśród dostępnych rozwiązań warto wspomnieć o PostGIS [4] – dodatku przestrzennym do bazy PostgreSQL [5], SQLite wraz z rozszerzeniem SpatiaLite [6], MySQL Spatial [7] oraz o komercyjnym rozwiązaniu Oracle Spatial [8] – SQL Server Spatial [9].

Wraz z rozwojem technik składowania danych geometrii map kartograficznych w bazach danych zaczęto tworzyć i standaryzować formaty ich zapisu oraz reguły tworzenia kwerend przestrzennych. Rezultatem jest powstanie dwóch standardów: OGC [10, 11] i SQL/MM-Spatial [12]. W modelu wektorowym przedstawione standardy pozwalają na przechowywanie danych jako punktów, linii, powierzchni oraz kolekcji wymienionych obiektów.

Standard OGC zunifikował formaty składowania danych do dwóch postaci: WKB (ang. *Well-Known Binary*) – pole zawierające geometrię może zachować ją w postaci binarnej, a format zapisu geometrii do bazy w postaci tekstowej przyjął określenie WKT (ang. *Well-Known Text*) [13] i w formie tekstowej wygląda następująco:

```
POINT(0 1).
```

```
LINESTRING(1 1 ,5 5 ,3 3 ),
```

```
POLYGON((5 5 ,7 5 ,7 7 ,5 7 ,5 5 ))
```

Z biegiem czasu zapis danych geometrycznych w przestrzeni dwuwymiarowej okazał się niewystarczający. W związku z tym w bazach danych przestrzennych coraz częściej implementuje się również obsługę trzeciego wymiaru danych geometrycznych.

2. Bazy danych przestrzennych

Współczesne systemy DBMS umożliwiają zapis zarówno w formie danych 2D, jak i 3D. Potencjał baz danych nie ogranicza się jedynie do przechowywania informacji przestrzennej, możliwa jest również jej analiza [3]. Wybór konkretnej bazy danych jest skomplikowanym zadaniem. Na potrzeby niniejszej pracy omówiono różnice i podobieństwa dwóch baz danych na podstawie PostGIS oraz SpatiaLite. Wspomniane systemy baz danych przestrzennych są ciągle rozwijane i udostępniane na zasadzie wolnego oprogramowania.

2.1. PostGIS

PostGIS jest rozszerzeniem dodającym do PostgreSQL możliwości obsługi obiektów przestrzennych. Projekt jest obecnie rozwijany przez Open Source Geospatial Foundation, a został zapoczątkowany przez Refractions Research. PostGIS jest udostępniany na licencji wolnego oprogramowania. Implementuje on standard OGC i umożliwia wsparcie przestrzennych operacji i funkcji. Funkcjonalności PostGIS poprawia wsparcie z dołączonych bibliotek, takich jak: Proj4, GEOS. Rozszerzenie PostGIS daje możliwość pracy z programami GIS, które są zarówno oferowane na licencji wolnego oprogramowania, jak i na komercyjnych licencjach. Warto tu wymienić m.in.: ArcGIS firmy ESRI, MapInfo czy QGIS (tylko dla danych 2D).

2.2. SpatiaLite

Rozszerzenie SpatiaLite to projekt społeczności internetowej wspierający obsługę obiektów przestrzennych w przypadku bazy danych SQLite według standardu OGC. Projekt umożliwia wykorzystanie SpatiaLite jako narzędzia do gromadzenia oraz analizy przestrzennej [6].

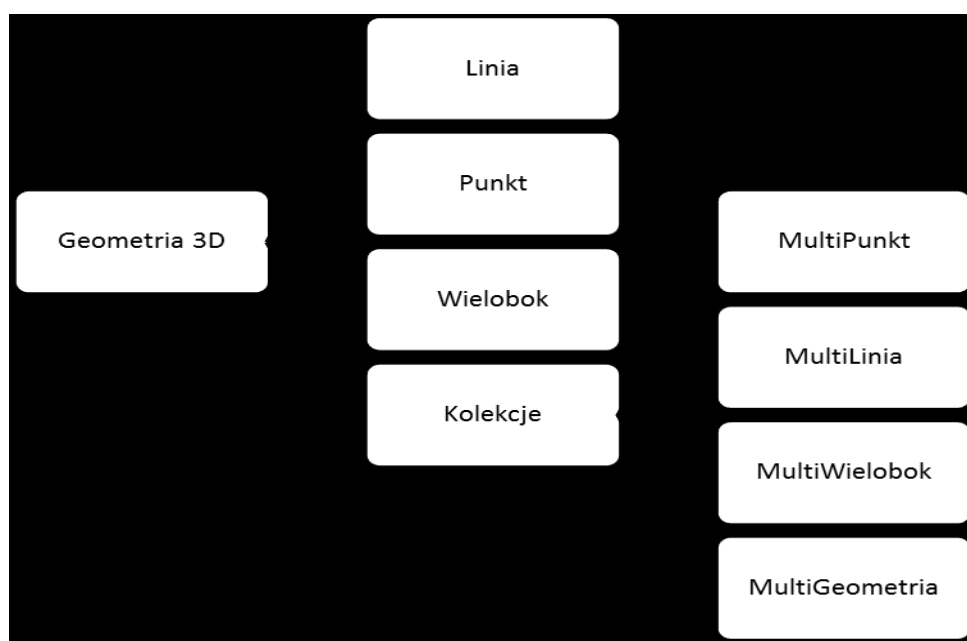
SpatiaLite jest projektem unikalnym. Podstawowym jego założeniem było odrzucenie budowy klient-serwer i skupienie funkcjonalności w dynamicznie ładowanej bibliotece lub aplikacji. Takie rozwiązanie pozwala uprościć proces zarządzania bazą danych, sprowadzając go do zarządzania plikami. Baza danych jest jednym plikiem, zawierającym całą strukturę bazy danych. Ograniczeniem wynikającym z konstrukcji jest brak wsparcia dla wielodostępności [14]. Wymienione środowisko bazodanowe zyskuje popularność w środowisku GIS. Jest to następstwo inicjatyw mających na celu popularyzację zastosowania SpatiaLite [15].

Rozszerzenie przestrzenne do SQLite to nie tylko możliwość składowania obiektów przestrzennych, lecz także dostarczenie aplikacji wspomagających pracę z tą bazą danych. Warto wspomnieć o virtualpg, który dostarcza SpatiaLite dostęp do PostGIS. Pozwala to w łatwy sposób przenosić dane pomiędzy dwoma popularnymi rozszerzeniami przestrzen-

nymi udostępnianymi na licencji wolnego oprogramowania. SpatiaLite dostarcza również wsparcia dla importu plików z danymi OpenStreetMap, projektu mapy kuli ziemskiej [6]. Praca zapisana przez SpatiaLite jest możliwa w oprogramowaniu QGIS, ale tylko dla danych 2D. Możliwa jest również praca w oprogramowaniu GIS po eksporcie do plików shapefile.

3. Składowanie obiektów 3D

Rozszerzenia PostGIS i SpatiaLite implementują standard OGC [11] [10]. Wymienione rozszerzenia mogą również przechowywać obiekty w przestrzeni 3D. Obiekty, które mogą być przechowywane w PostGIS i SpatiaLite, można sklasyfikować grupach [16, 14] przedstawionych na rys. 1.



Rys. 1. Diagram klasyfikacji obiektów 3D
Fig. 1. Classification diagram 3D objects

Zaprezentowana klasyfikacja dzieli przestrzeń geometrii 3D na obiekty proste, takie jak: punkt, linia, wielobok, oraz na kolekcje obiektów prostych, czyli: MultiPunkt, MultiLinia, MultiWielobok i MultiGeometria. Szczególnym przypadkiem jest ostatni z wymienionych typów. Umożliwia on przechowywanie kolekcji obiektów prostych różnego typu, np. obiekt składający się z linii i punktów. Jest to typ wspierany przez PostGIS i SpatiaLite, nieobsługiwany przez aplikacje GIS i pliki shapefile [10].

Przedstawione typy mają zdefiniowany odpowiedni typ geometryczny w bazie danych. Zaprezentowany diagram ma odzwierciedlenie w typach standardu OGC [10] (tabela 1).

Tabela 1

Typy geometrii w bazie danych przestrzennych

Obiekt geometrii	PostGIS	Spatialite
Punkt	POINT	POINTZ
Linia	LINESTRING	LINESTRINGZ
Wielobok	POLYGON	POLYGONZ
MultiPunkt	MULTIPOINT	MULTIPOINTZ
MultiLinia	MULTILINESTRING	MULTILINESTRINGZ
MultiWielobok	MULTIPOLYGON	MULTIPOLYGONZ
MultiGeometria	GEOMETRYCOLLECTION	GEOMETRYCOLLECTION
Geometria 3D	GEOMETRY	GEOMETRY

W PostGIS i Spatialite w celu dodania tabeli zawierającej geometrię 3D, należy dodać w pierwszej kolejności tabelę, a następnie zdefiniowaną w standardzie OGC [10] funkcją dodać kolumnę zawierającą geometrię, zaznaczając parametr wymiaru jako geometria 3D.

Dla PostGIS jest to realizowane w następujący sposób:

```
CREATE TABLE public.my_table (id serial);
SELECT AddGeometryColumn('public', 'my_table', 'geom', -1, 'POINT', 3);
```

W analogiczny sposób odbywa się to dla Spatialite:

```
CREATE TABLE my_table ( id INTEGER NOT NULL);
SELECT AddGeometryColumn('my_table', 'geom', -1, 'POINTZ', 'XYZ');
```

Implementacja sposobu dodawania kolumny z geometrią jest różna dla prezentowanych systemów. Na przykładzie widać, że dla systemu PostGIS określamy w kolejności: schemat przechowywanej tabeli, tabelę, nazwę kolumny z geometrią, kod układu współrzędnych, liczbę wymiarów [4]. W Spatialite można dostrzec rozbieżność, tutaj wymiar danych geometrycznych jest określany jako argument tekstowy, w przypadku którego literalnie określamy osie wymiaru. Dla danych 3D są to osie x, y, z, rezultatem jest argument XYZ [14].

Ważnym elementem przyspieszającym zapis i odczyt danych jest możliwość indeksacji. Zarówno PostGIS, jak i Spatialite umożliwiają indeksowanie przestrzenne składowanych obiektów 3D przy wykorzystaniu algorytmu R-Tree [14], [4].

3.1. Analizy przestrzenne

Przechowywane dane przestrzenne, które charakteryzują się trójwymiarowością, mogą być poddawane podstawowej analizie przestrzennej. PostGIS umożliwia wykonywanie podstawowych analiz przestrzennych, m.in. obliczanie odległości, obwodu oraz różnicy pomiędzy obiektami [4]. Spatialite oferuje również wykonywanie analiz przestrzennych.

Przedstawione systemy pozwalają na realizację zapytań, które zwracają rezultat prawdą lub fałsz. Przykładowa konstrukcja zapytania sprawdzającego przecięcie się obiektów dla PostGIS to:

```
SELECT
ST_Intersects(
ST_GeomFromText('POLYGON ((0 1 0,1 1 0,1 0 0,0 0 0,0 1 1,1 1 1,1 0 1,0 0 1,0 1 0))'),
ST_GeomFromText('POLYGON ((0.5 1.5 0.5,1.5 1.5 0.5,1.5 0.5 0.5,0.5 0.5 0.5,0.5 1.5 1.5,1.5 1.5 1.5,1.5 0.5 1.5,0.5 0.5 1.5,0.5 1.5 0.5))')
)
```

Zapytanie podobne dla SpatiaLite to:

```
SELECT
Intersects(
GeomFromText('POLYGONZ ((0 1 0,1 1 0,1 0 0,0 0 0,0 1 1,1 1 1,1 0 1,0 0 1,0 1 0))'),
GeomFromText('POLYGONZ ((0.5 1.5 0.5,1.5 1.5 0.5,1.5 0.5 0.5,0.5 0.5 0.5,0.5 1.5 1.5,1.5 1.5 1.5,1.5 0.5 1.5,0.5 0.5 1.5,0.5 1.5 0.5))')
)
```

Pokazane zapytania dla PostGIS i SpatiaLite wykazały prawdę dla przedstawionych geometrii.

Dla danych trójwymiarowych możliwa jest również realizacja zapytań, które zwracają geometrię; może ona zostać wykorzystana w celu dalszych analiz. Przykładem może być konstrukcja kwerendy zwracająca wielobok przecięcia się wymiennych obiektów. Kwerenda dla PostGIS to:

```
SELECT
ST_Intersection(
ST_GeomFromText('POLYGON ((0 1 0,1 1 0,1 0 0,0 0 0,0 1 1,1 1 1,1 0 1,0 0 1,0 1 0))'),
ST_GeomFromText('POLYGON ((0.5 1.5 0.5,1.5 1.5 0.5,1.5 0.5 0.5,0.5 0.5 0.5,0.5 1.5 1.5,1.5 1.5 1.5,1.5 0.5 1.5,0.5 0.5 1.5,0.5 1.5 0.5))')
)
```

W analogiczny sposób odbywa się to dla SpatiaLite:

```
SELECT
Intersection(
GeomFromText('POLYGONZ ((0 1 0,1 1 0,1 0 0,0 0 0,0 1 1,1 1 1,1 0 1,0 0 1,0 1 0))'),
GeomFromText('POLYGONZ ((0.5 1.5 0.5,1.5 1.5 0.5,1.5 0.5 0.5,0.5 0.5 0.5,0.5 1.5 1.5,1.5 1.5 1.5,1.5 0.5 1.5,0.5 0.5 1.5,0.5 1.5 0.5))')
)
```

W obu bazach danych przestrzennych wyniki był analogiczne. Otrzymujemy strukturę, która jest wielobokiem. PostGIS to:

```
POLYGON ((0.5 1 0.5,1 1 0,1 0.5 0.75,0.5 0.5 0.5,0.5 1 1))
```

Analogicznie dla Spatialite:

```
POLYGONZ ((0.5 1 0.5,1 1 0,1 0.5 0.75,0.5 0.5 0.5,0.5 1 1))
```

Kwerendy analogiczne do przedstawionych powyżej, ale dla obiektów zapisanych w tabelach baz danych zostały zrealizowane w czasie 11 ms dla PostGIS oraz 16 ms dla Spatialite. Przedstawione czasy są uśrednionymi wartościami dla 10 zapytań. Testy zostały przeprowadzone na komputerze z procesorem Intel® Core® 2 Duo E4400, pamięcią RAM DDR II 4,00 GB oraz dyskiem twardym Western Digital 500Gb SATA ze średnim czasem dostępu 15,2 ms.

Zestaw funkcji oferowanych przez Spatialite jest zbliżony do tych, które ma PostGIS [6]. Przetwarzanie i analiza zapisanych obiektów 3D w obu systemach baz danych przestrzennych odbywają się za pomocą funkcji – procedur wbudowanych. Zestaw funkcjonalności, jakie oferują, jest porównywalny z racji korzystania z tych samych bibliotek, takich jak Proj4, GEOS, oraz podobnych założeń konstruktorów [6, 4]. Możliwe niewielkie różnice, takie jak inna standaryzacja nazewnictwa funkcji dla PostGIS [4] i Spatialite [6], wynikają jedynie ze sposobu implementacji.

4. Dyskusja

Wykorzystanie baz danych przestrzennych nie ogranicza się do możliwości przechowywania wektorowych danych w postaci dwuwymiarowej. Systemy baz danych przestrzennych są doskonale przystosowane również do zapisu danych trójwymiarowych. Obecne systemy baz danych przestrzennych służą nie tylko do składowania danych, lecz są także narzędziem do wykonywania różnego rodzaju analiz przestrzennych, w tym analiz dedykowanych danym 3D. Dane 3D są również wytwarzane w czasie analiz przestrzennych, które są operacjami na bazie danych.

Jednym z przykładów wykorzystania potencjału trójwymiarowych danych jest przeprowadzanie konstrukcji Numerycznego Modelu Terenu przez odpowiednie kwerendy przestrzenne. Kolejnym przykładem jest wykorzystanie kwerend do wykonania siatki TIN. Możliwości stwarza rozbudowa o dodatkowe funkcje, niedostępne w bazie danych przestrzennych, przy wykorzystaniu bibliotek geometrii obliczeniowej [17]. Ilustracją jest zastosowanie biblioteki CGAL w celu dostępu do zaawansowanych funkcji geometrycznych, np. diagram Woronoja, triangulacja Delaunaya [18]. Opublikowano prace badawcze pokazujące potencjał funkcji UDF w celu rozszerzenia możliwości o dodatkowe funkcje, niedostępne w PostGIS. W przytoczonych badaniach zaprezentowano możliwości na przykładzie triangulacji Delaunaya, będącej rozszerzeniem systemu PostGIS. Zaznaczono również potencjał, który można wykorzystać w innych bazach danych przestrzennych, np. w omawianym Spatialite [17]. W wyniku triangulacji otrzymane dane mają charakter 3D. Oprócz składowania danych

trójwymiarowych pozyskanych z zewnętrznego środowiska oprogramowania GIS możliwa jest ich generacja w bazie danych przestrzennych.

Przy tworzeniu kwerend przestrzennych istotnym zagadnieniem jest ich optymalizacja, zwłaszcza gdy przetwarzamy dane trójwymiarowe. Rozwiązaniem może być konstrukcja modelu obliczeniowego w celu efektywnego przetwarzania danych geometrycznych [19]. Z drugiej strony podejmowane są prace badawcze śledzące optymalizacji zapytań na etapie tworzenia kwerend. Wykonanie optymalizacji przez dekompozycję do mniej czasochłonnych obliczeniowo kwerend pozwala na efektywniejszą pracę [20]. Na efektywność wykonywania zapytań przestrzennych ma wpływ również generalizacja obiektów [21]. Zapisując dane trójwymiarowe w celu ich analiz, należy pamiętać o wykorzystaniu technologii przyspieszenia obliczeń przy wykorzystaniu architektury CUDA. Podczas przetwarzania dużych ilości danych zauważono przyspieszenie wykonywanych obliczeń [22]. Zastosowanie technologii obliczeń przeprowadzonych na kartach graficznych do algorytmu WINE-HYBRIS w hurtowniach danych zwiększyło szybkość aktualizacji informacji [23].

Systemy PostGIS czy SpatiaLite mogą zostać użyte w celu generacji przestrzennej mapy. Dane trójwymiarowe nie muszą pochodzić ze źródeł zewnętrznych, mogą zostać wygenerowane również w bazie danych. Zastosowaniem takiego rozwiązania jest generacja danych w celu stworzenia danych przestrzennych np. na podstawie zadanych parametrów [24]. Wykorzystując te idee, można by generować i zapisywać dane 3D w bazach danych przestrzennych udostępnianych na licencji wolnego oprogramowania.

5. Podsumowanie

Dostępne systemy baz danych przestrzennych umożliwiają przechowywanie trójwymiarowych danych. Istotną właściwością jest dostarczanie typów i funkcji dla danych trójwymiarowych. Rozszerzenie przestrzenne PostGIS dla bazy PostgreSQL oraz jego odpowiednik SpatiaLite dla SQLite mają cechy umożliwiające zapis geometrii 3D pozwalające na wydajny dostęp do analiz przestrzennych. Ważną cechą omawianych systemów jest udostępnianie ich na licencji wolnego oprogramowania. Stwarza to możliwości rozbudowy o nie zaimplementowanych analiz przestrzennych.

PostGIS i SpatiaLite są obecnie najbardziej popularnymi bazami danych przestrzennych udostępnianymi na licencji wolnego oprogramowania. Ich potencjał nie ogranicza się do składowania danych dwuwymiarowych. Równie dobrze mogą przechowywać dane trójwymiarowe.

BIBLIOGRAFIA

1. Parlament Unii Europejskiej, Rada Unii Europejskiej: Infrastruktura informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE), 2007.
2. Cichociński P, Dębińska E.: Baza danych przestrzennych wspomagająca samorządy lokalne w prowadzeniu polityki rozwoju przedsiębiorczości. ZN Pol. Śl. Studia Informatica, Vol. 31, No. 2B (90), Gliwice 2010.
3. Piórkowski A.: Mysql Spatial And Postgis – Implementations Of Spatial Data Standards. EJPAU, Vol. 14(1), #03, Wrocław 2011.
4. PostGIS Homepage, <http://postgis.refractory.net/>.
5. PostgreSQL Homepage, <http://www.postgresql.org/>.
6. SPATIALITE Home page, <http://www.gaia-gis.it/gaia-sins/>.
7. MySQL Homepage, <http://www.mysql.com/>.
8. Oracle Spatial and Graph Homepage, <http://www.oracle.com/technetwork/database/options/spatialandgraph/>.
9. Microsoft SQL Server Homepage, <http://www.microsoft.com/sql/>.
10. OpenGIS Implementation Specification for Geographic information – Simple feature access, <http://www.opengeospatial.org/standards/sfs/>.
11. Open Geospatial Consortium Home page, <http://www.opengeospatial.org/>.
12. ISO/IEC 13249-3:1999, Information technology – Database languages – SQL Multimedia and Application Packages – Part 3: Spatial International Organization For Standardization, 2000.
13. Klisiewicz J., Piórkowski A., Porzycka S.: Konstrukcja procesu ETL dla danych przestrzennych. ZN Pol. Śl. Studia Informatica, Vol. 32, No. 2B (97), Gliwice 2011.
14. Spatialite Cookbook, <http://www.gaia-gis.it/gaia-sins/spatialite-cookbook/>.
15. Lupa M., Krawczyk A.: Polonizacja i popularyzacja Bazy Danych Przestrzennych Spatialite na licencji Wolnego Oprogramowania, Teledetekcja Środowiska, Vol. 49, Warszawa 2012.
16. Obe R., Hsu L.: PostGIS in action. Manning Publications, Greenwich 2011.
17. Lisowski P., Piórkowski A., Porzycka-Strzelczyk S.: Rozszerzenie możliwości systemu PostGIS o metodę triangulacji Delaunay przy wykorzystaniu biblioteki CGAL. ZN Pol. Śl. Studia Informatica, Vol. 34, No. 2B (112), Gliwice 2013.
18. CGAL – Computational Geometry Algorithms Library, <http://cgal.org/>.
19. Bajerski P. Kozielski S.: Computational model for efficient processing of geofield queries. Man-Machine Interactions, Vol. 59, Heidelberg 2009, s. 573÷583.
20. Lupa M., Piórkowski A.: Regalowa optymalizacja zapytań w bazach danych przestrzennych. ZN Pol. Śl. Studia Informatica, Vol. 33, No. 2B (106), Gliwice 2012.

21. Piórkowski A., Krawczyk A.: Wpływ Generalizacji obiektów na optymalizację zapytań w bazach danych przestrzennych. ZN Pol. Śl. Studia Informatica, Vol. 32, No. 2B (97), Gliwice 2011.
22. Aptekorz M., Szostek K., Młynarczuk M.: Możliwości akceleracji przestrzennych baz danych na podstawie procesorów kart graficznych oraz funkcji użytkownika. ZN Pol. Śl. Studia Informatica, Vol. 33, No. 2B (106), Gliwice 2012.
23. Gorawski M., Lis D.: Architektura CUDA w bezopóźnieniowych hurtowniach danych. ZN Pol. Śl. Studia Informatica, Vol. 32, No. 2A (96), Gliwice 2011.
24. Płuciennik T., Płuciennik-Psota E.: Using Graph Database in Spatial Data Generation. Man-Machine Interactions, Vol. 242, Heidelberg 2014, s. 643÷650.

Wpłynęło do Redakcji 30 stycznia 2014 r.

Abstract

Available spatial database systems allow to store 3D data. An important feature is to provide types and functions for three-dimensional data. PostGIS and SpatiaLite allow to store 3D geometry and efficient access to spatial analysis. Objects that can be stored in PostGIS and SpatiaLite were classified (Fig. 1).

PostGIS and SpatiaLite are currently the most popular spatial databases made available as open source software license. This paper introduces the possibility of some spatial database systems as a tool for 3D data analysis. Our work has focused on a review of PostGIS and SpatiaLite

Adresy

Przemysław LISOWSKI: AGH, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska, plisowski@geol.agh.edu.pl.

Artur KRAWCZYK: AGH, Katedra Ochrony Terenów Górniczych Geoinformatyki
i Geodezji Górniczej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska, artkraw@agh.edu.pl.

Stanisława PORZYCKA-STRZELCZYK: AGH, Katedra Geoinformatyki i Informatyki
Stosowanej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska, porzycka@agh.edu.pl.