

ZAPYTANIA PRZESTRZENNE W RELACYJNYCH BAZACH DANYCH

Streszczenie

W artykule zaprezentowano podstawowe zagadnienia dotyczące pracy z tzw. systemami informacji przestrzennej (ang. GIS – *Geographic Information Systems*) w kontekście ich implementacji przy wykorzystaniu rozwiązań, jakie obecnie są oferowane w relacyjnych bazach danych. Zademonstrowano rozwiązanie oferowane przez firmę Oracle² w postaci pakietu o nazwie Oracle Spatial. W drugiej części przedstawiono przykłady poleceń SQL realizujących typowe zadania w systemach GIS wykorzystujące wybrane funkcje i operatory.

Abstract

The article presents basic information about work with Geographic Information Systems (GIS) where the focus is placed on implementation of the solutions which are offered by relational databases. The Oracle Spatial package is a part of presentation. The second part of the article contains examples of SQL statements performing typical tasks in GIS systems using selected functions and operators.

1 WPROWADZENIE

Systemy Informacji Geograficznej są efektem gwałtownych zmian, jakie dokonały się w ostatnich latach w geografii, głównie za sprawą równie dynamicznego rozwoju systemów informatycznych umożliwiających gromadzenie i efektywne zarządzanie dużymi wolumenami danych. Powstanie GIS jest rezultatem działań naukowych i technicznych prowadzonych w takich dziedzinach jak: geografia, kartografia, geodezja, informatyki, a także elektronika. Systemy GIS świetnie sprawdzają się w wielu praktycznych zastosowaniach zarówno, jako systemy specjalizowane, jak i ogólnego przeznaczenia 1.

Można by w tym miejscu wymienić choćby kilka przykładów wdrożeń systemów GIS w gospodarce:

¹ Mgr inż. Dariusz Olczyk jest wykładowcą Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki.

² Oracle Corporation – amerykańska firma zajmująca się tworzeniem oprogramowania do szeroko rozumianej obsługi przedsiębiorstw a w szczególności systemów zarządzania bazą danych. Oracle jest trzecim pod względem przychodów sprzedawcą oprogramowania na świecie po firmach Microsoft i IBM (<http://pl.wikipedia.org/wiki>).

- System Ewidencji Działek Rolnych wykorzystywany przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa,
- Systemy Osłony Przeciwożarowej,
- System informacji przestrzennej Lasów Państwowych,
- System NATURA 2000³ umożliwiający inwentaryzację obszarów siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory, będący realizacją Dyrektywy Siedliskowej Rady Europy,

czy też miejskie, powiatowe i wojewódzkie systemy informacji geograficznej umożliwiające władzom rządowym i samorządowym na szczeblu krajowym i lokalnym z jednej strony racjonalną gospodarkę posiadanymi zasobami, z drugiej – zapewnienie społeczeństwu łatwego, wiarygodnego i kompleksowego dostępu do geoinformacji. Jest to praktyczny przykład realizacji idei społeczeństwa informacyjnego 2. Nie mało też systemów GIS można znaleźć w takich dziedzinach jak marketing, logistyka, monitoring pojazdów, ochrona zdrowia czy wojsko.

Abstrahując od dziedziny zastosowania, we wszystkich systemach GIS częścią zasadniczą jest cyfrowa geograficzna baza danych zawierająca dane związane z lokalizacją obiektów geograficznych. Dane te ze względu na swoją specyfikę można oddzielić na dwie zasadnicze grupy: dane przestrzenne zawierające informacje o kształcie i lokalizacji obiektów oraz ich bezwzględny i względny położeniu oraz dane opisowe będące jakościową i ilościową charakterystyką obiektów graficznych niezwiązaną z ułożeniem ich w przestrzeni. Uzupełnieniem tych danych jest symbolika, tzn. graficzny obraz obiektu, w jakim ma być prezentowany użytkownikowi.

Analizując mnogość i różnorodność zastosowań można domniemywać, iż przestrzenne bazy danych, jako narzędzie codziennej pracy w instytucjach sektora publicznego, jak i firmach prywatnych, pozwalają na znaczne przyspieszenie i ułatwienie wielu żmudnych i czasochłonnych czynności oraz zapobiegają powtarzaniu tych samych prac. Raz wprowadzone dane do bazy są w niej przechowywane i mogą być przetwarzane i wykorzystywane na wiele różnych sposobów. Najcenniejszymi zaletami systemu GIS są:

- możliwość wprowadzania danych o różnym standardzie: tekstowych, liczbowych, map i planów w dowolnej skali i układzie odniesienia,
- możliwość łączenia ze sobą zgromadzonych danych i tworzenia z nich nowych warstw tematycznych oraz analizowania wybranych zjawisk,

³ Natura 2000 – program utworzenia w krajach Unii Europejskiej wspólnego systemu (sieci) obszarów objętych ochroną przyrody. Celem programu jest zachowanie określonych typów siedlisk przyrodniczych oraz gatunków, które uważa się za cenne i zagrożone w skali całej Europy. (<http://pl.wikipedia.org/wiki>).

- dostępność zgromadzonych danych, łatwość tworzenia raportów i map oraz możliwość dostosowania ich do wymagań klienta,
- łatwość wygenerowania zestandaryzowanych sprawozdań.

2 PRZESTRZENNA BAZA DANYCH

Przestrzenna baza danych (ang. *spatial database*) jest specjalizowaną bazą danych posiadającą mechanizmy do optymalnego gromadzenia i prezentacji danych powiązanych z obiektami w przestrzeni, takimi jak: punkty, linie, wielokąty czy łuki. W przeciwieństwie do bazy tradycyjnej do przetwarzania przestrzennych typów danych niezbędną są dodatkowe funkcjonalności [3, 4]. Jednymi z podstawowych cech baz przestrzennych są przede wszystkim: posługiwanie się specyficznymi sposobami indeksowania obiektów pozwalającymi na efektywne odpytywanie bazy oraz rozszerzenia dla języka SQL umożliwiające obsługę m.in. takich zadań jak:

- pomiary przestrzenne,
- modyfikacja obiektów przestrzennych,
- wyszukiwanie obiektów różnych typów na określonej powierzchni,
- przyleganie czy zawieranie się obiektów przestrzennych.

Wymienione wyżej możliwości przestrzennych baz danych są niezwykle atrakcyjne i na tyle zaawansowane technologicznie, że w połączeniu z funkcjonalnością baz tradycyjnych otwierają zupełnie nowe obszary dla twórców i użytkowników systemów GIS.

Oczywiście na rynku można znaleźć systemy baz danych o różnym poziomie złożoności i zaawansowania zarówno komercyjne jak i typu Open Source oferujące przetwarzanie danych przestrzennych. Dowodzi to niezbicie, iż rozwiązania te stają się powszechnie dostępnymi implementacjami od dość dawna istniejącego już standardu (ISO/IEC 13249 SQL/MM w skrócie SQL/MM⁴). Jednym ze sztandarowych przykładów rozwiązania komercyjnego jest *Oracle Spatial*.

3 ORACLE SPATIAL

Moduł *Oracle Spatial* jest elementem bazy Oracle dostarczającym struktury i funkcje umożliwiające gromadzenie, przetwarzanie i prezentowanie danych przestrzennych. Zawiera m.in.:

- schemat MDSYS opisujący semantykę oraz syntaktykę dostarczanych typów geometrycznych,

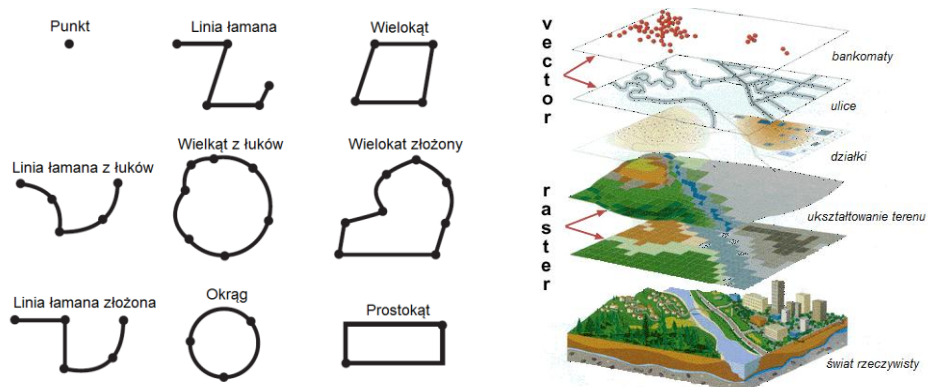
⁴ http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=38651

- mechanizm indeksowania przestrzennego,
- operatory, funkcje i procedury do realizacji zapytań przestrzennych,
- funkcje i procedury narzędziowe oraz umożliwiające strojenie bazy.

Moduł ten wykorzystuje model obiektowo-relacyjny bazy danych do przetwarzania struktur geometrycznych. Do przechowywania całej geometrii obiektu wykorzystywany jest typ: SDO_GEOMETRY. Dzięki temu na obiektach znajdujących się w bazie danych można zadawać pytania zarówno te standardowe, jak i te o odległości między nimi czy zawieranie. Oczywistym jest także, że można definiować powiązania między tymi obiektami tworząc sieci obiektów przestrzennych (*Oracle Spatial Topology* oraz *Network Data Models*).

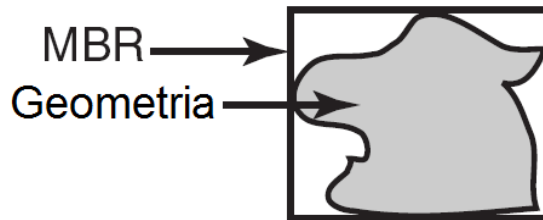
Dostęp do wymienionej wyżej funkcjonalności modułu *Oracle Spatial* zapewnia język SQL rozszerzony o niezbędne funkcje i procedury do analizy przestrzennej. Warto jednak zauważyć, iż zarówno dane przestrzenne, jak i opisowe, przechowywane są w tej samej bazie, co znacząco upraszcza procesy pozyskiwania kompletnych zestawów danych opisujących obiekt, ale i ułatwia zadania administracyjne związane z bezpieczeństwem czy synchronizacją danych tekstowych z przestrzennymi 5.

Model danych przestrzennych jest strukturą hierarchiczną zawierającą elementy, geometrie oraz warstwy. Podstawowe elementy pozwalające na budowanie bardziej złożonych geometrii pokazane są na rysunku 1. Są to punkty, linie i wielokąty. Warstwy są zestawami geometrii posiadających ten sam zestaw atrybutów, tzn. opisujących ten sam obszar dziedzinowy (np. sieć dróg lub obszary leśne). Do tego konieczne jest również określenie systemu koordynat (kartezjańskiego, geodezyjnego, rzutowanego lub lokalnego) oraz tolerancji dokładności. Przez tolerancję dokładności rozumie się odległość między dwoma oddzielnymi punktami, gdy uznajemy je za jeden punkt (odległość „pomijana”).



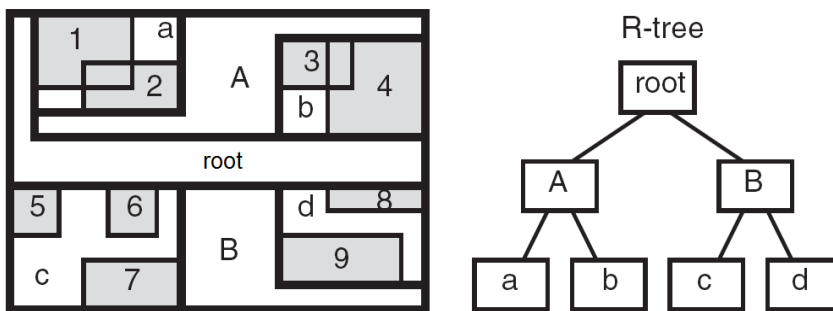
Rys. 1. Przestrzenne typy geometryczne oraz zobrazowanie terenu z wykorzystaniem warstw

Z kolei zastosowanie indeksowania przestrzennego jest kluczowym elementem systemu decydującym o efektywnym wykorzystaniu znajdujących się w bazie danych o obiektach przestrzennych. Do wersji 10g Oracle wspierał dwa typy indeksów: R-tree i Quadtree, ale od wersji 11g wspierany jest jedynie R-tree. Należy zwrócić uwagę, iż w tej samej wersji pojawiło się pełne wsparcie indeksów dla obiektów 3D. Istotą działania indeksu R-tree jest aproksymacja każdej geometrii poprzez minimalny prostokąt zawierający tę geometrię (ang. MBR – *minimum bounding rectangle*) jak na rysunku 2.



Rys. 2. Minimalny prostokąt opisujący geometrię

Ideę indeksu R-tree ilustruje rysunek 3.



Rys. 3. Hierarchiczny indeks R-Tree

Pamiętać należy, iż częste modyfikacje zawartości tabel mogą wpłynąć na degradację jakości indeksu. Działaniem przywracającym jego jakość jest ponowna przebudowa 6. Do analizy indeksu Oracle udostępnia następujące funkcje i procedury:

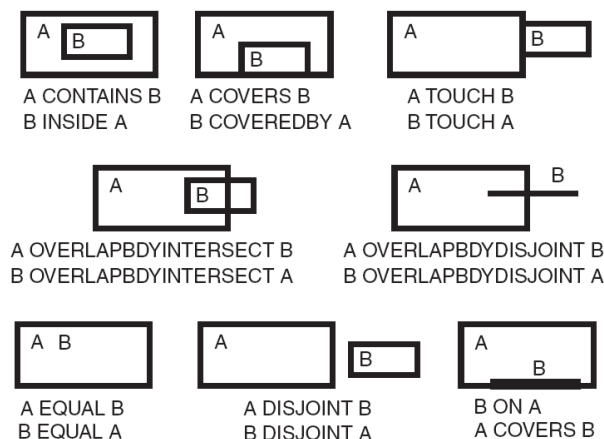
- SDO_TUNE.ESTIMATE_RTREE_INDEX_SIZE – szacowanie maksymalnej liczb MB koniecznych do założenia indeksu,
- SDO_TUNE.ANALYZE_RTREE – określenie czy indeks wymaga przebudowy,
- SDO_TUNE.RTREE_QUALITY – określenie jakości indeksu,

- SDO_TUNE.QUALITY_DEGRADATION – określenie stopnia degradacji indeksu.

W *Oracle Spatial* zdefiniowane są również związki pomiędzy obiektami (relacje topologiczne). Są to:

- **DISJOINT** - obiekty są rozłączne,
- **TOUCH** – obiekty mają wspólną krawędź, ale nie mają wspólnej wnętrza,
- **OVERLAPBDYDISJOINT** – wewnątrz jednego obiektu ma część wspólną z krawędzią i wnętrzem drugiego obiektu, ale dwie krawędzie nie mają części wspólnej,
- **OVERLAPBDYINTERSECT** – krawędzie i wnętrza dwu obiektów mają część wspólną,
- **EQUAL** – dwa obiekty mają takie same krawędzie i wnętrza,
- **CONTAINS** – wnętrza i krawędź jednego z obiektów całkowicie zawiera się we wnętrzu drugiego obiektu,
- **COVERS** – wnętrza jednego z obiektów całkowicie zawiera się we wnętrzu drugiego obiektu a ich krawędzie mają część wspólną,
- **INSIDE** – przeciwieństwo **CONTAINS**,
- **COVEREDBY** – przeciwieństwo **COVERS**,
- **ON** – wnętrza i krawędź jednego obiektu znajduje się na krawędzi drugiego obiektu,
- **ANYINTERACT** – obiekty nie są rozłączne.

Rysunek 4. ilustruje ww. relacje topologiczne.



Rys. 4. Relacje topologiczne

Dodatkowo przy realizacji wielu funkcji wprowadza się pojęcie bufora otaczającego (rysunek 5).



Rys. 5. Bufor otaczający dla punktu, linii i wielokąta

Dostęp do danych zgromadzonych w bazie przestrzennej odbywa się z wykorzystaniem standardowej składni poleceń SQL wykorzystując operatory przestrzenne implementujące w/w relacje topologiczne. O sile systemu baz danych decydują de facto w znacznej mierze pakiety gotowych procedur i funkcji operujących na obiektach przestrzennych.

4 ZAPYTANIA PRZESTRZENNE

Aby prawidłowo zinterpretować polecenia przestrzenne konieczne jest przedstawienie deklaracji wspomnianego wcześniej typu SDO_GEOMETRY oraz typów powiązanych [6].

```
CREATE TYPE SDO_GEOMETRY AS OBJECT (
    SDO_GTYPE      NUMBER,
    SDO_SRID      NUMBER,
    SDO_POINT     SDO_POINT_TYPE,
    SDO_ELEM_INFO SDO_ELEM_INFO_ARRAY,
    SDO_ORDINATES SDO_ORDINATE_ARRAY);
```

```
CREATE TYPE SDO_POINT_TYPE AS OBJECT (
    X NUMBER, Y NUMBER, Z NUMBER);
```

```
CREATE TYPE SDO_ELEM_INFO_ARRAY
    AS VARRAY (1048576) OF NUMBER;
```

```
CREATE TYPE SDO_ORDINATE_ARRAY
    AS VARRAY (1048576) OF NUMBER;
```

Dla tak zdefiniowanych typów polecenie tworzące tabelę przechowującą elementy przestrzenne może wyglądać następująco:

```
CREATE TABLE MyNewSpatialTable (  
  ident    NUMBER PRIMARY KEY,  
  nazwa    VARCHAR2(32),  
  geom     SDO_GEOMETRY);
```

Oczywiście dopuszcza się, aby tabela zawierała wiele pól z danymi przestrzennymi jednak w większości przypadków projekt bazy danych przewiduje jeden atrybut przestrzenny w tabeli.

Poszczególne pola obiektu SDO_GEOMETRY oznaczają:

SDO_GTYPE – określa typ geometrii w formacie *dltt*, gdzie

- d – liczba wymiarów wykorzystywanych do opisu geometrii,
- l – dotyczy systemu LRS (ang. *linear referencing system*),
- tt – typ geometrii

składowa tt może przyjmować wartości:

- 00 – UNKNOWN_GEOMETRY – geometria ignorowana przez funkcje i operatory przestrzenne,
- 01 – POINT – geometria składająca się z jednego punktu,
- 02 – LINESTRING – geometria składająca się z jednego ciągu linii,
- 03 – POLYGON – jeden wielokąt,
- 04 – COLLECTION – różnorodna kolekcja elementów,
- 05 – MULTIPOINT – geometria składająca się z wielu punktów,
- 06 – MULTILINESTRING – wiele ciągów linii,
- 07 – MULTIPOLYGON – wiele rozłącznych wielokątów lub powierzchni,
- 08 – SOLID – bryła – geometria składająca się z wielu płaszczyzn zamykających przestrzeń,
- 09 – MULTISOLID – geometria składająca się z wielu brył.

SDO_SRID – definiuje geodezyjny układ odniesienia – wartość może być nieokreślona (NULL), co oznacza, że współrzędne są współrzędnymi kartezjańskimi lub zawierać jedną z kilku tysięcy wartości znajdujących się w tabeli SDO_COORD_REF_SYS (predefiniowanych w Oracle układów odniesienia).

SDO_POINT – zoptymalizowana metoda przechowywania pojedynczych punktów przestrzennych. Parametr ten jest ignorowany, kiedy parametry SDO_ELEM_INFO i SDO_ORDINATES są wypełnione.

SDO_ELEM_INFO – zawiera opis poszczególnych elementów wchodzących w skład geometrii. Każdy element opisany jest przez następujące parametry:

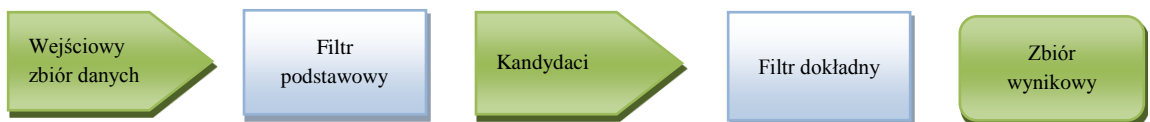
- SDO_STARTING_OFFSET – pozycja pierwszej koordynaty w SDO_ORDINATES,
- SDO_ETYPE – typ elementu,
- SDO_INTERPRETATION – interpretacja, posiada różne znaczenie w zależności od typu elementu.

SDO_ORDINATES – zawiera współrzędne poszczególnych punktów dla wszystkich elementów tworzących geometrię, a liczba niezbędnych wartości uzależniona jest od wartości atrybutu SDO_TYPE.

Poniżej przedstawiono fragment polecenia wprowadzającego do bazy nowy rekord zawierający granice Polski.

```
insert into KRAJE_GRANICE(ID, NAME, SHAPE)
values (48,'Polska',
MDSYS.SDO_GEOMETRY(2003, 8307, NULL,
MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1, 1003, 1),
MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY(22.686068,49.577095,
22.717216,49.604439,22.779999,49.674995,23.110828,49.954994,
23.146107,49.983047,23.228189,50.046661,23.303608,50.10083,
...));
```

Istotną cechą przetwarzania zapytań przestrzennych jest dwufazowość. Podczas pierwszej fazy ze wszystkich danych wykorzystując aproksymację opartą na indeksie wybierani są „kandydaci”. Druga faza wyznacza wynik rzeczywiście spełniający warunki określone w zapytaniu na podstawie metod dokładnych [7].



Rys. 6. Dwufazowy tryb przetwarzania zapytań przestrzennych

Dane przestrzenne mogą być przetwarzane z wykorzystaniem potężnego zestawu operatorów i funkcji, które można podzielić na następujące grupy:

- operatory przestrzenne,
- funkcje geometryczne,
- przestrzenne funkcje agregujące.

Operatory przestrzenne:

- SDO_FILTER - sprawdza czy dwa obiekty występują w określonej zależności. Wykorzystuje tylko filtr podstawowy, wymaga indeksu.
- SDO_NN - służy do identyfikacji najbliższego sąsiedztwa, wymaga indeksu.
- SDO_NN_DISTANCE - funkcja zwracająca odległość od obiektów zwróconych przez operator SDO_NN.
- SDO_RELATE - wykorzystuje indeks do wyznaczenia obiektów będących w określonym stosunku przestrzennym z geometrią.
- SDO_WITHIN_DISTANCE - wykorzystuje indeks do wyznaczenia zbioru geometrii znajdującej się w ramach określonej odległości od obiektu.

Przykład polecenia obliczającego ilość miast znajdujących się na terenie poszczególnych krajów:

```
select KG.NAME, count(*)
from KRAJE_GRANICE KG, MIASTA M
where SDO_RELATE(M.GEOM, KG.GEOM, 'mask=INSIDE querytype= JOIN') =
'TRUE'
group by KG.NAME;
```

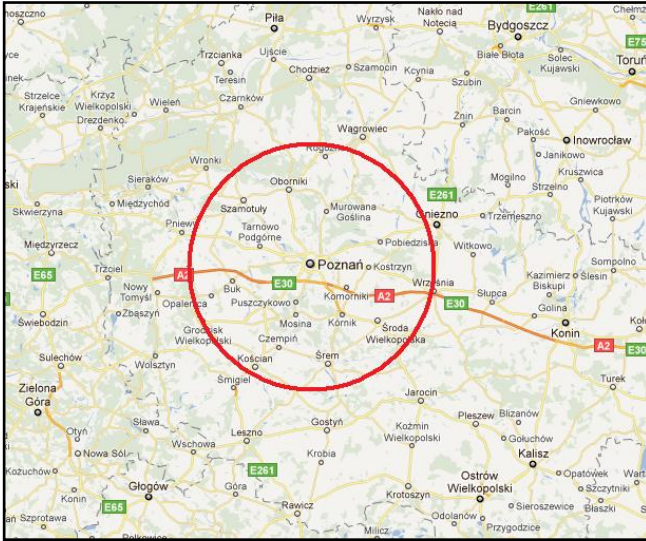
Opcja JOIN znajdująca się w powyższym poleceniu oznacza wykonanie połączenia pomiędzy dwoma tabelami zawierającymi geometrie. Dostępna jest również opcja WINDOW służąca do porównania pojedynczej geometrii z kolumną w tabeli.

Kolejny przykład polecenia, to zadanie polegające na wypisaniu miast znajdujących się w określonej odległości od wybranej lokalizacji:

```
select C.NAME
from MIASTA M
where SDO_WITHIN_DISTANCE(C.GEOM,
    SDO_GEOMETRY(2001,
    8307,
    null,
```

```
MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1, 1, 1),
MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY(16.91673, 52.38237)),
('distance=50 unit=km') = 'TRUE';
```

Wykonanie zapytania spowoduje w wyniku wypisanie nazw miast:



- Rogoźno
- Oborniki
- Szamotuły
- Murowana Goślina
- Tarnowo Podgórne
- Pobiedziska
- Kostrzyn
- Opalenica
- Buk
- Puszczykowo
- Komorniki
- Mosina
- Kurnik
- Grodzisk Wielkopolski
- Czempin
- Środa Wielkopolska
- Kościan
- Śrem

Rys. 7. Zobrazowanie działania operatora `SDO_WITHIN_DISTANCE`

Funkcje geometryczne

Podstawowa klasyfikacja funkcji geometrycznych obejmuje:

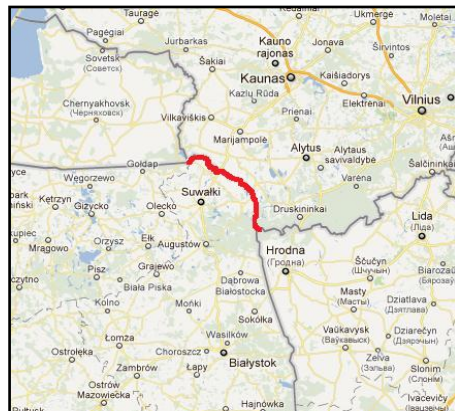
- funkcje wyznaczające relacje pomiędzy dwoma obiektami
 - `RELATE` - określa zależność pomiędzy obiektami,
 - `WITHIN_DISTANCE` - sprawdza czy obiekty znajdują się w określonej odległości,
- funkcje walidujące
 - `VALIDATE_GEOMETRY` - sprawdza poprawność geometrii,
 - `VALIDATE_LAYER` - sprawdza poprawność warstwy,
- operacje na dwóch obiektach
 - `SDO_DISTANCE` - oblicza odległość od geometrii,
 - `SDO_DIFFERENCE` - różnica topologiczna dwóch geometrii,
 - `SDO_INTERSECTION` - część wspólna dwóch geometrii,
 - `SDO_UNION` - suma topologiczna dwóch geometrii,
 - `SDO_XOR` - symetryczna różnica dwóch geometrii.

- operacje na pojedynczych obiektach
 - SDO_ARC_DENSIFY - zamienia łuki i okręgi na przybliżone odpowiedniki wyrażone za pomocą linii prostych,
 - SDO_AREA - wyznacza powierzchnię dwuwymiarowej geometrii,
 - SDO_BUFFER - generuje wielokąt otaczający geometrię,
 - SDO_CENTROID - zwraca punkt georeferencyjny obrębu (tzw. centroid) geometrii,
 - SDO_CONVEXHULL - zwraca obiekt reprezentujący powłokę wypukłą (convex hull) geometrii,
 - SDO_LENGTH - wylicza długość obwodu,
 - SDO_MBR - wyznacza najmniejszy prostokąt obejmujący geometrię,
 - SDO_[MIN|MAX]_MBR_ORDINATE - wyznacza "dolną" ("górną") krawędź MBR obejmującego geometrię dla określonego wymiaru,
 - SDO_POINTONSURFACE - zwraca punkt należący do powierzchni geometrii.

Przykład polecenia wyznaczającego granicę polsko-litewską:

```
Select SDO_GEOM.SDO_INTERSECTION(KG1.SHAPE,KG2.SHAPE, 1)GRANICA  
from KRAJE_GRANICE KG1, KRAJE_GRANICE KG2  
where KG1.NAME = 'Polska'  
and KG2.NAME = 'Litwa';
```

Oczekiwany wynik w postaci graficznej przedstawia rysunek 8.



Rys. 8. Zobrazowanie działania funkcji SDO_INTERSECTION

Przestrzenne funkcje agregujące

- SDO_AGGR_CENTROID - zwraca punkt georeferencyjny (środek ciężkości) zbioru geometrii,
 SDO_AGGR_CONVEXHULL - obiekt reprezentujący powłokę wypukłą (ang. *convex hull*) zbioru geometrii,
 SDO_AGGR_LRS_CONCAT - wyznacza geometrię LRS będącą konkatencją zbioru geometrii LRS,
 SDO_AGGR_MBR - wyznacza najmniejszy prostokąt obejmujący zbiór geometrii,
 SDO_AGGR_UNION - wyznacza topologiczną sumę zbioru geometrii.

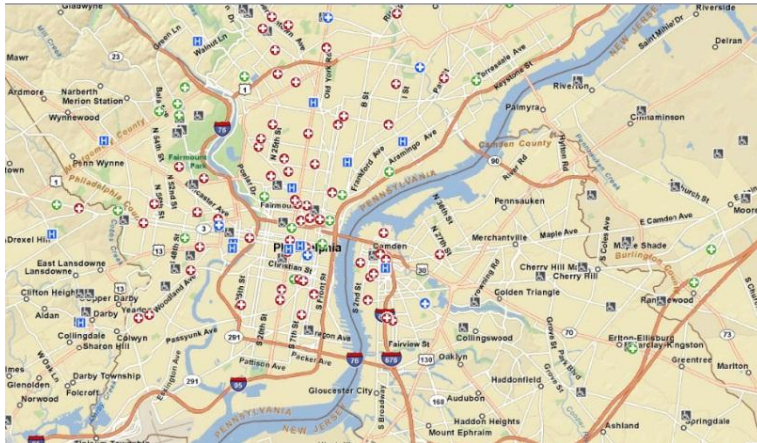
Wizualizacja zapytań

Poniżej przedstawiono kilka wybranych rozwiązań pokazujących możliwości systemów GIS. Wszystkie przykłady zaczerpnięte zostały z rozwiązań informatycznych firmy ESRI⁵ wykonanych z wykorzystaniem narzędzia ArcGIS 8.

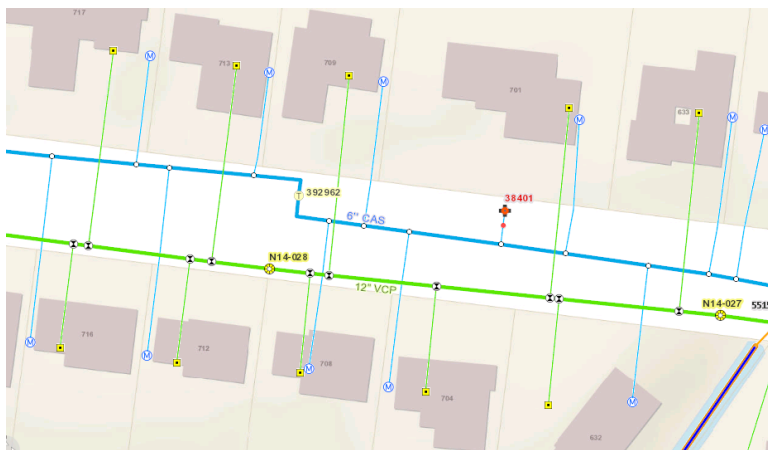


Rys. 9. Holenderska mapa topograficzna

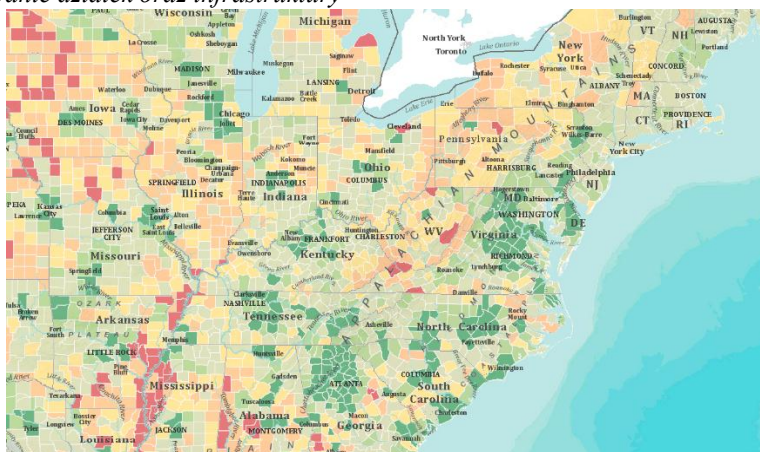
⁵ ESRI, Environmental Systems Research Institute – producent oprogramowania GIS, jeden ze światowych liderów w tej dziedzinie, założony w 1969 w Redlands w stanie Kalifornia w USA. Wartość sprzedaży jego najważniejszego produktu, ArcGIS, wynosi ponad 610 milionów dolarów rocznie. (<http://pl.wikipedia.org/wiki>).



Rys.10. Filadelfia – zobrazowanie zasobów medycznych



Rys.11. Zobrazowanie działek oraz infrastruktury



Rys.12. Zmiany populacji USA w latach 2000-2010

5 PODSUMOWANIE

Niniejszy artykuł jest wprowadzeniem do tematyki przestrzennych baz danych. Zaprezentowane przykłady poleceń języka SQL stanowią niewielki wycinek możliwości, jakie oferuje pakiet *Oracle Spatial*. Integracja tradycyjnego podejścia do baz danych oraz możliwości, jakie dają rozszerzenia przestrzenne wyraźnie wskazują na potencjał drzeмиący w obecnych już dzisiaj na rynku systemach baz danych. Pozwala także przypuszczać, iż dziedzina ta w najbliższych latach przeżyje wielki rozkwit, a firmy zajmujące się produkcją systemów GIS nie będą narzekać na brak kontraktów zarówno ze strony firm prywatnych jak i instytucji sektora publicznego.

Literatura

1. Dariusz Gotlib, Robert Olszewski, *Zastosowania systemów GIS*, www.geoforum.pl.
2. Izabela Laskowicz, Zbigniew Bąk, *Wybrane zagadnienia z zakresu przestrzennych baz danych dla potrzeb samorządów lokalnych*, Czasopismo Techniczne Nr 72-77 Rok 121, Kraków 2001, Lipiec-Grudzień, ISSN 1425-8390.
3. Jerzy Gaździcki, *Leksykon geopatyczny*, 2002.
4. <http://pl.wikipedia.org/wiki>, strona internetowa Wikipedia.
5. Jarosław Gramacki, Artur Gramacki, *Dane przestrzenne w bazach relacyjnych. Model danych, zapytania przestrzenne*, Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Informatyki i Elektroniki.
6. Oracle® Spatial Developer's Guide 11g Release 2 (11.2), 2010.
7. Krzysztof Jankiewicz, *Zarządzanie danymi przestrzennymi z uwzględnieniem możliwości bazy danych Oracle 11g* Politechnika Poznańska, Instytut Informatyki.
8. <http://www.esripolska.com.pl/>, strona internetowa firmy ESRI.

