

Metodyka zapisu topologicznego modelu struktur katastralnych w grafowych bazach danych

Methodology of storing topological models
of cadastral structures in graph databases

Przemysław Lisowski¹, Elżbieta Lewandowicz²

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej

² Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
Wydział Geodezji Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa

Słowa kluczowe: kataster, struktury katastralne, grafowe bazy danych, NoSQL, GDAL, GIS
Keywords: cadastre, cadastral structures, graph databases, NoSQL, GDAL, GIS

Wprowadzenie

Zbiory danych katastralnych są podstawowym źródłem w przestrzennych systemach informacyjnych. Bazując na nich, konstruowane są systemy katastru nieruchomości (Ciak, Wąsewicz, 2015), systemy podatkowe (Dawid, 2012) bądź też różne systemy do zarządzania przestrzenią. Opierając się na takich systemach wykonuje się procesy decyzyjne. W takich decyzjach są istotne sąsiedztwa działek ewidencyjnych (Krupowicz i in., 2015). Analizy sąsiedztwa mogą być oparte o operacje geometryczne na obiektach przestrzennych reprezentujących działki ewidencyjne (przyleganie działek) lub na operacjach narzędzi analitycznych opartych na sprawdzaniu bliskości sąsiedztwa (Esri, 2010).

Przyjmując założenia wcześniejszych badań (Lewandowicz, 2013), wykorzystując metodykę powiązania, przetwarzania danych katastralnych w systemach GIS narzędziami grafowymi (Lisowski, Lewandowicz, 2016), możliwa jest konstrukcja algorytmów i aplikacji do generowania grafowej reprezentacji sąsiedztwa działek ewidencyjnych.

Cel pracy

Celem pracy jest opracowanie metodyki zapisu topologicznego modelu struktur katastralnych, co zostanie wykorzystane do utworzenia aplikacji. Założono, że osiągnięcie celu jest możliwe, jeśli w konstrukcji algorytmów zostanie wykorzystana grafowa baza danych jako

element do przechowywania topologii geometrycznych danych katastralnych. Dodatkowo wykorzystano algorytmy z biblioteki *Geospatial Data Abstraction Library* (GDAL). Rozwiązanie ma ułatwić zapis modeli topologicznych w sposób umożliwiający wizualną, jak i analityczną analizę danych. Prezentacja w ten sposób rozszerza naszą rzeczywistość, zaś integracja platformy grafowej z narzędziami GIS, daje możliwość przekształcenia danych topologicznych do grafu geometrycznego. Narzędzie takie pozwala na powiązanie modeli grafowych z obiektami katastralnymi, dzięki czemu możliwe jest dokonywanie dalszych analiz.

Narzędzia i dane

Grafowe bazy danych

Grafowe bazy danych są klasyfikowane jako bazy typu NoSQL. Umożliwiają one zapis danych w modelu grafowym, który bazuje na teorii grafów i sieci. Dają one możliwości konstrukcji grafów skierowanych i nieskierowanych (Lipski, 2014). Dodatkowo grafowe bazy danych umożliwiają przechowywanie atrybutów przypisanych do węzłów lub krawędzi (Neo4j, 2017; Sparksee, 2017). Jednymi z popularniejszych systemów są: Neo4j oraz Sparksee, wcześniej istniejący pod nazwą DEX. Wspomniane systemy, poprzez odpowiednie sterowniki dla języków programowania, umożliwiają konstrukcję algorytmów do zapisu danych w formacie grafu. W polskim środowisku naukowym ich zastosowanie nie jest częste. Przykładem prac Lisowskiego i Lewandowicz (2016) jest zapis i wizualizacja modeli katastralnych o różnych strukturach powiązań sąsiednich działek w grafowej bazie danych. Innym sposobem jest użycie tego rodzaju baz do konstrukcji generatora wirtualnego miasta (Płuciennik-Psota, Płuciennik, 2014).

Geospatial Data Abstraction Library (GDAL)

GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*), to biblioteka programistyczna do operacji geometrycznych, na przykład konwersje geometrii, tworzenie, przekształcenia. Ma również zaimplementowane algorytmy do badania relacji przestrzennych pomiędzy obiektami geometrycznymi, między innymi: przecinania, dotykania, nakładania się obiektów oraz do otwierania i edytowania plików lub baz danych (Warmerdam, 2008; Qin i in., 2014). Biblioteka ta zawiera sterowniki do obsługi źródeł z wektorowymi geometrycznymi danymi zapisanych jako na przykład: Shapefile, ESRI FileGDB, GML, KML, PostGIS, Oracle Spatial lub w postaci rastrow na przykład GeoTIFF, JPEG2000 (GDAL, 2017).

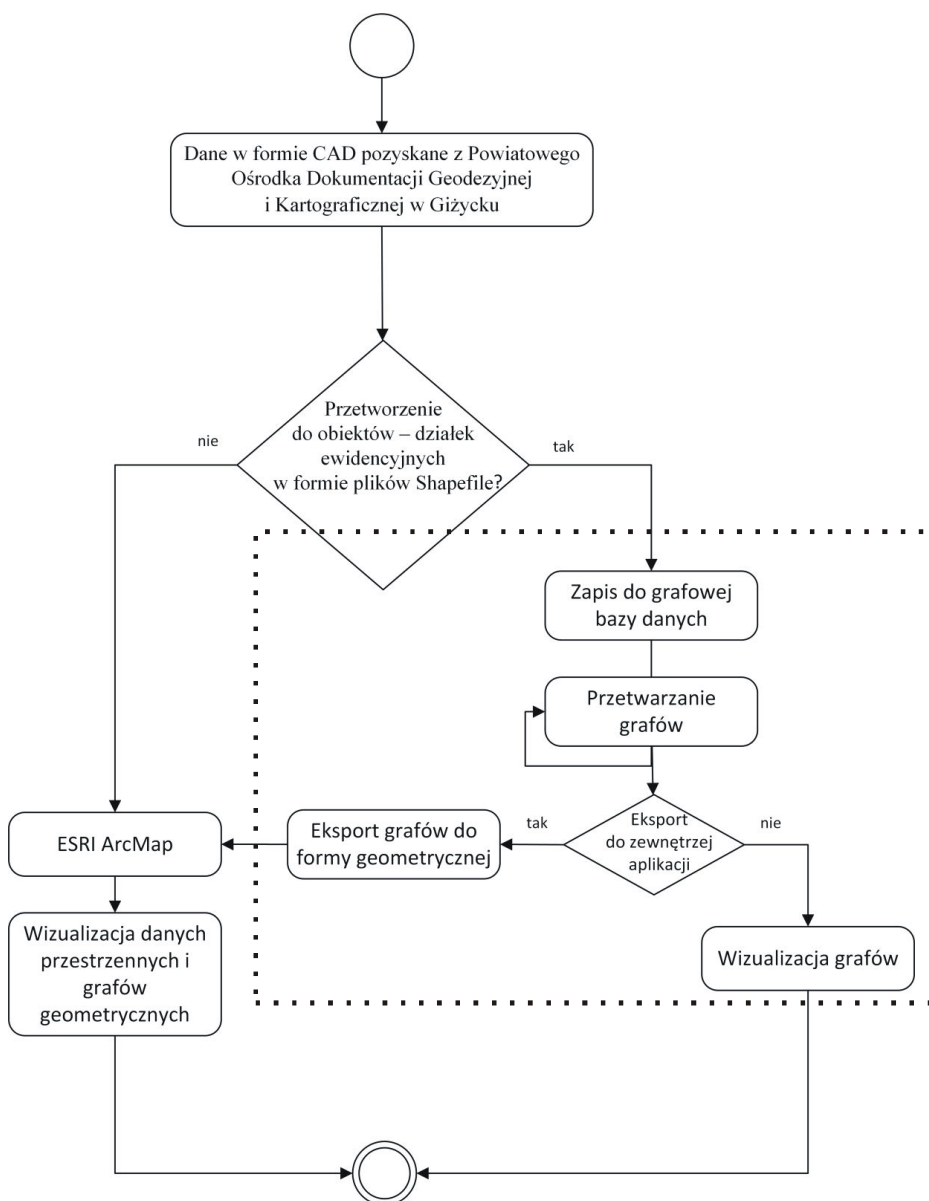
Biblioteka jest jednym z częściej używanych elementów oprogramowania GIS. Jest zaimplementowana w oprogramowaniu Esri ArcGIS (Esri, 2010), PostGIS – rozszerzeniu przestrzennym PostgreSQL (PostGIS, 2017) lub w oprogramowaniu QGIS (QGIS, 2017). GDAL zwiększa funkcjonalność tego oprogramowania, bądź stanowi jego główną część do wykonywania operacji geometrycznych.

Dane

Do testowania stworzonej aplikacji wykorzystano dane ewidencyjne: dotyczące geometrii działek w formie plików Shapefile utworzonych na podstawie danych z Powiatowego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Giżycku. Uzyskano na to licencję numer: WG.6642.1.187.2016_2806_CL0.

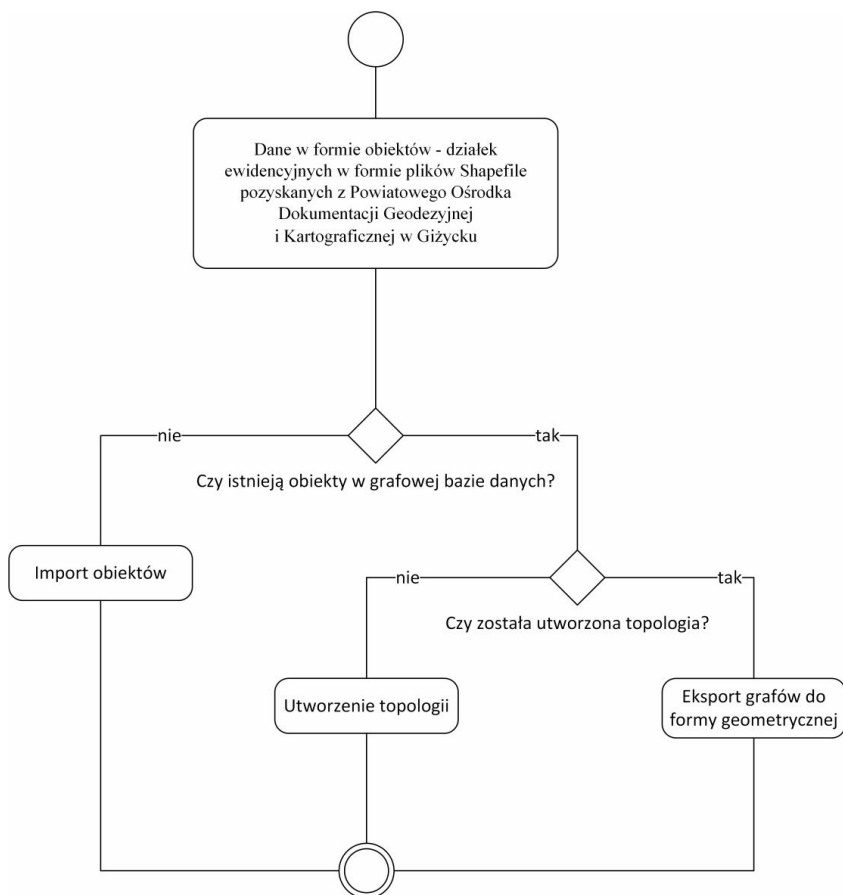
Metodyka

Założono realizowanie zapisu topologicznego modelu sąsiedztwa struktur katastralnych w grafowych bazach danych za pomocą własnej aplikacji. Proponowane narzędzie do zapisu tych modeli wykonano zgodnie z założeniami przedstawionymi we wcześniejszym opracowaniu autorów (Lisowski, Lewandowicz, 2016). Opracowanie to przedstawia możliwości



Rysunek 1. Metodyka przetwarzania i wizualizacji zapisów sąsiedztwa danych katastralnych (opracowanie na podstawie: Lisowski, Lewandowicz, 2016)

przetwarzania i wizualizacji zapisów sąsiedztwa w strukturach grafowych, dla którego autor napisał aplikację wspomagającą ten proces. Metodykę początkową przedstawia diagram (rys. 1). Elementy wyróżnione w diagramie obejmują zakres tworzonej aplikacji. Powinna ona umożliwiać zapis danych przestrzennych (działek) do struktury grafowej, przetwarzanie grafów, wizualizację oraz ich eksport do grafów geometrycznych (rys. 2). Opracowano algorytmy generujące w sposób automatyczny graf sąsiedztwa na podstawie importowanych danych przestrzennych działek ewidencyjnych. Metodyka ta została zaimplementowana w aplikacji. W artykule prezentowane są narzędzia wyróżnione w diagramie, które są podstawą działania aplikacji.



Rysunek 2. Metodyka pracy aplikacji służącej do zapisu danych w bazie grafowej, tworzenia topologii, przetwarzania i wizualizacji zapisów sąsiedztwa danych katastralnych

Uzyskane rezultaty

Stosując metodykę prezentowaną na rysunku 2, zaimplementowano aplikację o nazwie Cgraph, oprogramowaną w języku C#. Wykorzystuje ona grafową bazę danych Neo4j i algorytmy z biblioteki GDAL. Do konstrukcji wykorzystano algorytmy z biblioteki GDAL

do otwierania plików z danymi przestrzennymi (w formacie Shapefile) oraz do wykonywania operacji geometrycznych między innymi algorytmu do sprawdzania dwóch obiektów geometrycznych ze względu na: przyleganie do krawędzi lub punktu – będącego testem sąsiedztwa geometrycznego obiektów. Do obsługi grafowej bazy danych wykorzystano Neo4jdriver (Neo4j, 2017). W wyniku tych prac powstała aplikacja na komputery klasy PC zawierająca biblioteki GDAL i Neo4jdriver.

Aplikacja ma zaimplementowane algorytmy umożliwiające:

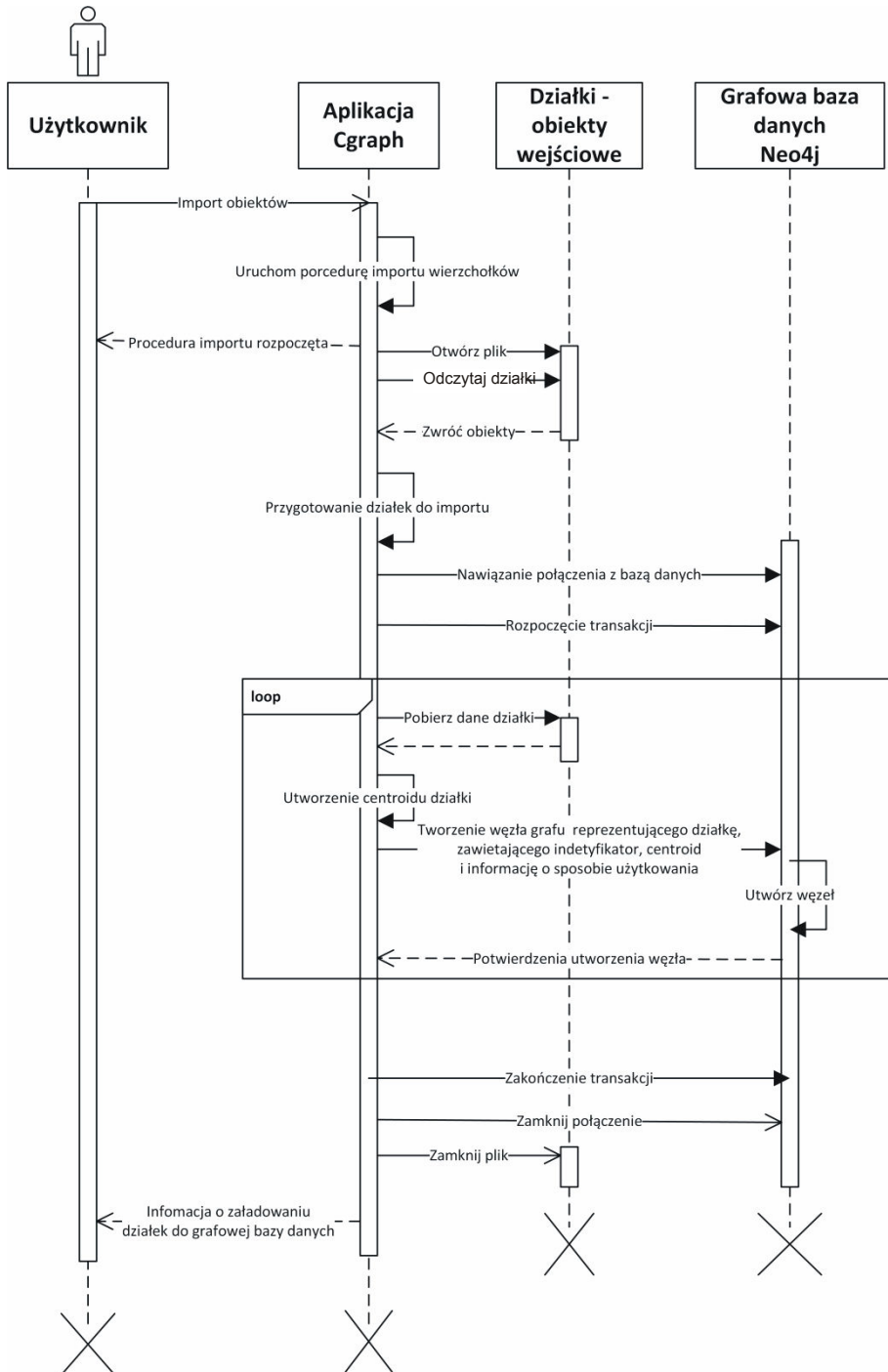
- import danych działek ewidencyjnych do bazy grafowej (rys. 3):
 - utworzenie centroid jako węzłów grafu reprezentującego działkę,
- tworzenie topologii sąsiedztwa pomiędzy obiektami – działkami katastralnymi (rys. 4) w formie grafu, krawędzie grafu przedstawiają relacje:
 - sąsiedztwo z udziałem filtracji danych geometrycznych na przykład sąsiedztwo dotykania – wspólną granicą,
 - sąsiedztwo z udziałem filtracji danych atrybutowych na przykład sąsiedztwo działki drogowej do parceli budowlanej,
- eksport węzłów i krawędzi do grafu geometrycznego w postaci pliku Shapefile.

Procedura jaka jest zawarta w algorytmie importu danych zakłada wstępnie minimalny zestaw atrybutów: identyfikator działki, wielobok reprezentujący działkę katastralną, atrybut opisowy. Taki minimalny zestaw atrybutów umożliwia stworzenie grafów sąsiedztwa. Algorytm eksportu danych do bazy grafowej jaki został zaimplementowany w aplikacji przedstawiono na rysunku 5. W tym zilustrowanym algorytmie aplikacja otwiera plik Shapefile zawierający działki ewidencyjne, odczytując niezbędne dane i przygotowując obiekty do eksportu do grafowego zapisu danych. W następnym kroku po nawiązaniu połączenia, aplikacja tworzy centroid obiektu działki ewidencyjnej i wraz z identyfikatorem działki oraz atrybutem opisowym zagospodarowania zapisuje dane jako węzeł grafu w bazie danych. Zapisywany atrybut opisowy zwiększa możliwości filtracji działek.

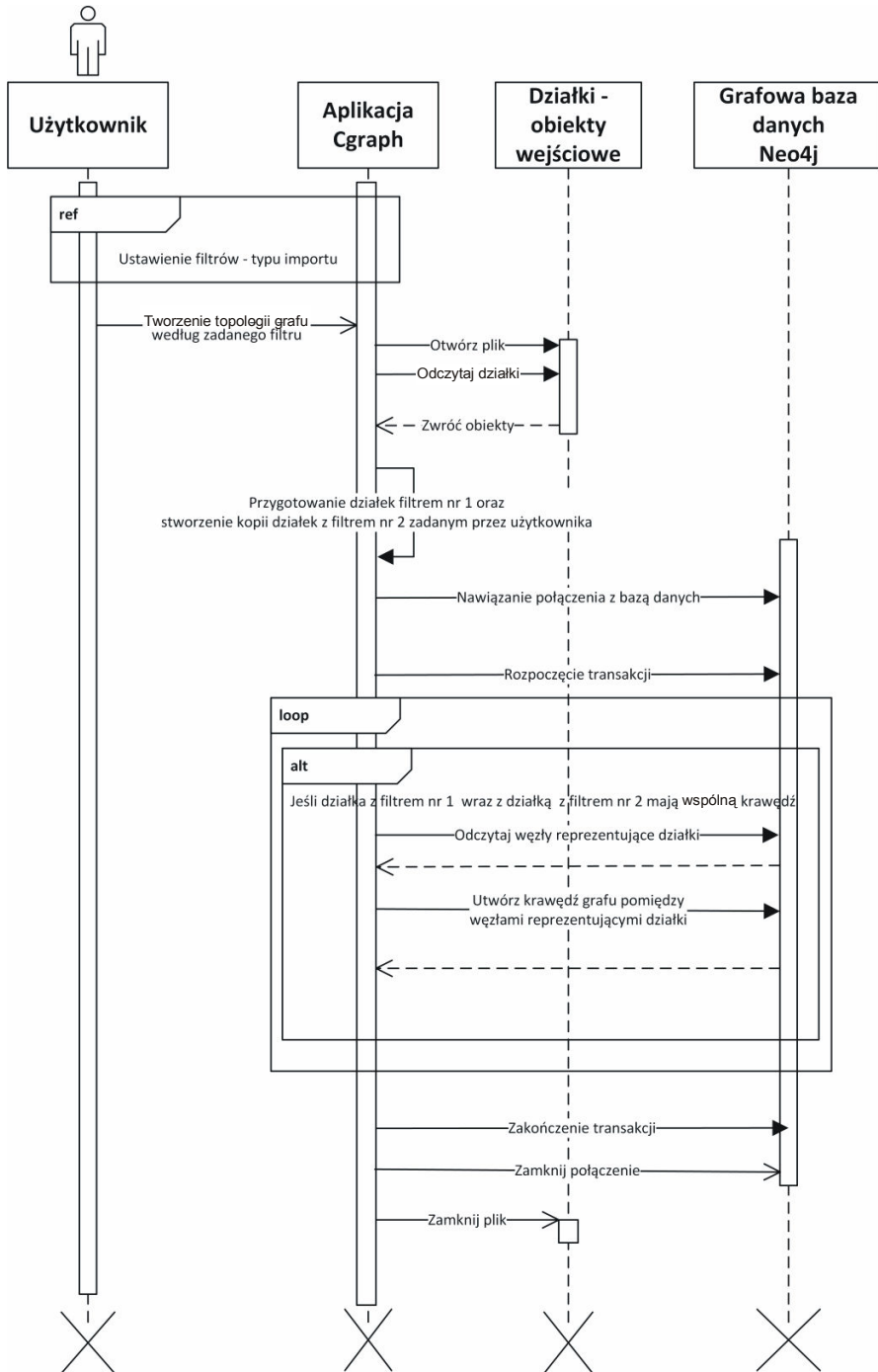
W kolejnej sekwencji przedstawiono algorytm ładowania danych (rys. 3). Odczytuje on, przed dokonaniem konstrukcji topologii sąsiedztwa działek ewidencyjnych ustawienie filtracji atrybutowej, jakie użytkownik ustawił w ustawieniach aplikacji, na przykład sąsiedztwo działki drogowej do parceli budowlanej (ustalając filtr numer 1 oraz numer 2). Do algorytmu służącego do tworzenia topologii sąsiedztwa pomiędzy obiektami można zadać kombinację filtrów opartych na atrybutach, które pozwalają w efekcie na utworzenie grafu sąsiedztwa w oparciu o wybrane działki. Proponowana filtracja jest dokonywana na podstawie atrybutu zawierającego informacje o sposobie użytkowania działki. W dalszym etapie działania aplikacja sprawdza geometryczne sąsiedztwo porównywanych działek i jeśli spełniają kryterium dotykania się granicą wtedy pomiędzy dwoma obiektami, uprzednio zapisanymi jako wierzchołki grafu (rys. 3), tworzona jest krawędź reprezentująca zapis sąsiedztwa działek.

W końcowym rezultacie aplikacja Cgraph umożliwia stworzenie eksportu grafu z bazy danych do pliku Shapefile zapisując geometrię krawędzi grafu jako linii, używając jako punktów końca linii centroidów działek katastralnych. W efekcie tworzony jest graf geometryczny (rys. 5).

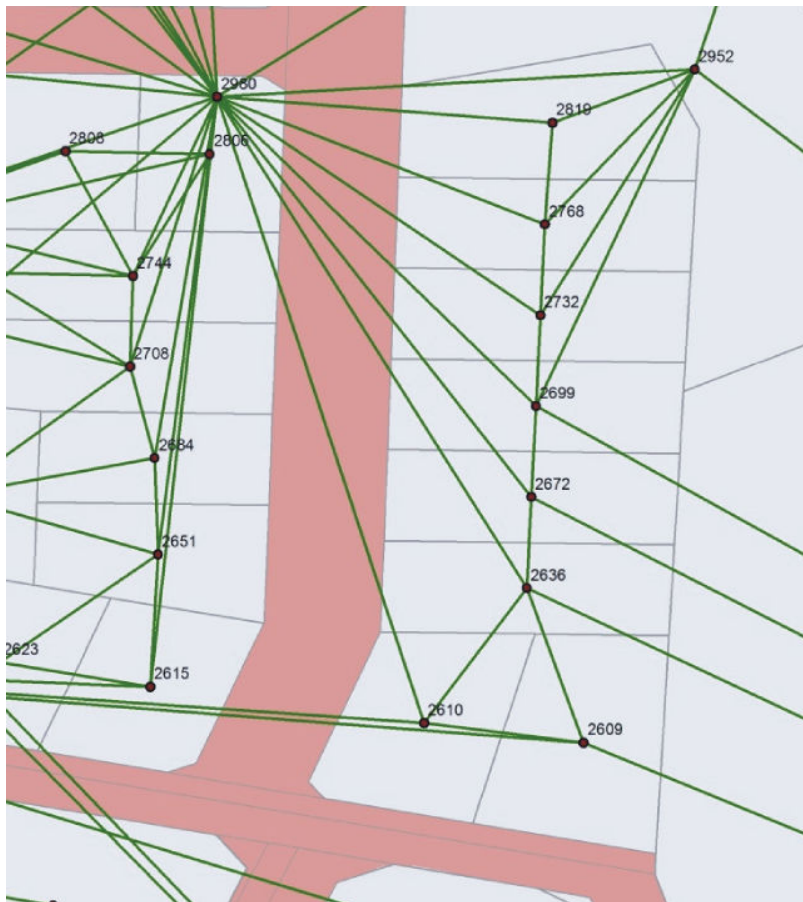
Zaprezentowana przykładowa wizualizacja rezultatów działania algorytmów aplikacji Cgraph oparta została o dane pozyskane z Powiatowego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Giżycku i prezentuje fragment z gminy wiejskiej Giżycko.



Rysunek 3. Diagram sekwencji algorytmu ładowania danych ewidencyjnych do grafowej bazy danych wraz z tworzeniem wierzchołków grafu z centroidów działek ewidencyjnych



Rysunek 4. Diagram sekwencji algorytmu tworzenia krawędzi sąsiedztwa działek w bazie grafowej w oparciu o relacje stykania się obiektów



Rysunek 5. Zapis sąsiedztwa działek w postaci grafu geometrycznego

Wnioski

Zapis topologicznych danych katastralnych w oparciu o zbiory ich geometrii był możliwy dzięki utworzeniu aplikacji wykorzystującej bazę grafową i algorytmy z biblioteki GDAL. Przyjęta i prezentowana metodyka opiera się na sąsiedztwie działek – opartej na wspólnej części („stykaniu się”). Zapis danych w niezależnej bazie grafowej pozwala na przetwarzanie danych topologicznych. Aplikacja umożliwi automatyczną pracę użytkownikowi, który nie musi ręcznie wykonywać przetwarzania i analiz takich jak: utworzenie centroidów, filtracja danych bądź operacji łączenia linią sąsiadujących obiektów. W rezultacie praca z aplikacją sprowadza się do: przygotowania danych wejściowych, uruchomienia odpowiedniego narzędzia w aplikacji i ewentualnego eksportu do formy graficznej. Powiązanie danych katastralnych z danymi geometrycznymi grafu stwarza narzędzie do wizualizacji wyników przetwarzania na mapie ewidencyjnej. Takie rozwiązanie umożliwi wizualizację struktury topo-

logicznej danych katastralnych, a także daje możliwość na stworzenie aplikacji do celów analitycznych. Prace nad rozbudową aplikacji będą nadal kontynuowane, skupiając się na wykorzystaniu możliwości.

W systemach GIS podobne działania można także zrobić automatycznie przez budowę własnego narzędzia analitycznego, ale proponowane rozwiązanie bardziej odpowiada autom do prowadzenia dalszych badań.

Podziękowania. Prezentowana w artykule praca była możliwa do wykonania dzięki udostępnieniu danych przez Powiatowy Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Giżycku, w ramach uzyskanej licencji numer WG.6642.1.187.2016_2806_CL0. Autorzy dziękują za cenne uwagi anonimowym recenzentom, co w rezultacie przełożyło się na możliwie najwyższy poziom przesłanej publikacji.

Finansowanie. Praca finansowana w ramach badań statutowych Katedry Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Literatura (References)

- Ciak Jolanta, Wąsewicz Beata, 2015: Oczekiwany model katastru nieruchomości w Polsce (The Expected Model of a Cadastre in Poland). *Prawo Budżetowe Państwa i Samorządu* 1(3): 27-43. Toruń, Wyższa Szkoła Bankowa w Toruniu.
- Dawid Leszek, 2012: Problemy z wykorzystaniem danych z katastru nieruchomości do celów podatkowych na przykładzie gminy wiejskiej Będzino (Problems connected with using data from real estate cadastre in tax aims on the example of the chosen rural community). *Infrastruktura i Ekologia Terenów wiejskich* 1/III: 7-17. Kraków, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi.
- Esri, 2010: ArcGIS 10 Help, Resource Center.
- GDAL, 2017: dostęp 25.08.2017 r. <http://www.gdal.org/>
- Krupowicz Wioleta, Bielska Anna, Budzyński Tomasz, 2015: The Effects of Defective Spatial Structure on the Agricultural Property Market. *Folia Oeconomica Stetinensia* 15(1): 174-191.
- Lipski Witold, 2014: Kombinatoryka dla programistów (Combinatorics for programmers). Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- Lisowski Przemysław, Lewandowicz Elżbieta, 2016: Przetwarzanie i wizualizacje zapisów sąsiedztwa danych katastralnych w strukturach grafowych (Processing and visualization of neighbourhood cadastral data notations in the graph structures). *Roczniki Geomatyki* 14 (4): 487-496. Warszawa, PTIP.
- Lewandowicz Elżbieta, 2013: Modele struktur katastralnych (Cadastral structure models). *Roczniki Geomatyki* 11 (2): 47-58. Warszawa, PTIP.
- Neo4j Manual, 2017: dostęp 28.07.2017 r. <http://neo4j.com/docs/stable/>
- Qin Cheng-Zhi, Zhan Li-Jun, Zhu A-Xing, 2014: How to Apply the Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) Properly to Parallel Geospatial Raster I/O? *Transactions in GIS* 18(6): 950-957.
- QGIS, 2017: dostęp 28.08.2017 r. <http://documentation.qgis.org>
- Pluciennik-Psota Ewa, Pluciennik Tomasz, 2014: Using Graph Database in Spatial Data Generation. [In:] Man-Machine Interactions 3, Advances in Intelligent Systems and Computing vol. 242: 643-650. Berlin, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-02309-0.
- PostGIS, 2017: dostęp 28.08.2017 r. <http://postgis.net/docs/manual-2.3/>
- Sparsity-Technologies, 2017: dostęp 28.07.2017 r. <http://sparsity-technologies.com/>
- Warmerdam Frank, 2008: The geospatial data abstraction library. [In:] Open source approaches in spatial data handling: 87-104.

Streszczenie

Celem publikacji jest zaproponowanie i zaprezentowanie metodyki w pełni zautomatyzowanego tworzenia grafowego modelu topologicznego wybranych struktur katastralnych. Utworzono aplikację umożliwiającą zapis grafowych struktur katastralnych w bazie danych NoSQL. Poprzez zaproponowaną metodykę zaimplementowaną w prezentowanej aplikacji, przetworzono dane katastralne do nowych form, w których topologia ma istotne znaczenie. Jest zapisana w bazie grafowej, a jak wiadomo grafy są wizualizacją topologii. Automatyczne generowanie grafowego modelu struktur katastralnych opiera się na relacjach topologicznych danych geometrycznych. W narzędziach GIS (Esri) topologia jest tworzona i wykorzystywana w procesach analitycznych, ale nie jest ujawniona użytkownikom.

W proponowanej aplikacji dostęp do topologii danych katastralnych stwarza nowe możliwości prezentacji, na przykład sąsiedztwa. W aplikacji zaimplementowano algorytmy importu danych, procesu konstrukcji topologii i zapisu w grafowej bazie danych. Dodatkowo zastosowano formę eksportu przechowywanych danych do formatu odczytywanego przez większość aplikacji GIS (pliki typu Shapefile). Prezentowane wyniki zapisu w postaci grafowej, umożliwiają dostrzeżenie sąsiedztwa działek pod różnym kątem. Grafowy model struktur katastralnych pozwala na ujawnianie dobrych i złych praktyk katastralnych oraz może być wykorzystany w procesie scalania gruntów.

Abstract

The aim of this paper is to propose and present an automatic topographic modelling methodology for selected cadastral structures. An application has been created that enables to store graph cadastral data in a NoSQL database. The proposed structure created by the application allows cadastral data conversion into a graph, maintaining the neighbourhood topology. In other GIS tools (Esri) the topology is created and used in analytical processes, but it is not disclosed to users.

The access to the topology of cadastral data creates new presentation possibilities, such as the neighbourhood. The discussed application uses algorithms for data importing, topology construction and recording in the graph database. Additionally, the algorithm which enables to export stored data to the format readable for most GIS applications (Shapefile files) was developed. The presented results of the graph recordings enable to see the neighbourhood of parcels from different perspectives. The graph model of cadastral structures allows to identify good and bad cadastral practices and can be used in land consolidation processes.

Dane autorów / Authors details:

mgr inż. Przemysław Lisowski
<https://orcid.org/0000-0002-6111-5763>
plis@agh.edu.pl

dr hab. inż. Elżbieta Lewandowicz, prof. UWM
<https://orcid.org/0000-0001-8847-2835>
leela@uwm.edu.pl

Przesłano / Received 5.09.2017
Zaakceptowano / Accepted 18.01.2018
Opublikowano / Published 15.02.2018