

## Przetwarzanie i wizualizacje zapisów sąsiedztwa danych katastralnych w strukturach grafowych

Processing and visualization of neighbourhood cadastral data notations in the graph structures

Przemysław Lisowski <sup>1</sup>, Elżbieta Lewandowicz <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,  
Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej

<sup>2</sup> Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji, Inżynierii Przemysłowej i Budownictwa

**Słowa kluczowe:** kataster, model struktur katastralnych, grafowe bazy danych, NoSQL, GIS  
Keywords: cadastre, cadastral structure model, graph databases, NoSQL, GIS

### Wprowadzenie

Kataster jest podstawowym systemem bazowym w systemach informacji przestrzennej. Analizy oparte na danych katastralnych wspomagają procesy planistyczne, symulacyjne (Cichociński, 2006; Gielda-Pinas, 2015), decyzyjne (Wyczałek, 2005) w planowaniu inwestycyjnym i w zarządzaniu, na przykład ryzykiem powodziowym (Walczykiewicz, Buczek, 2014). Istotnym elementem w tych działaniach jest określenie sąsiedztwa działek ewidencyjnych. Od sąsiedztwa zależą możliwości planistyczne, inwestycyjne, a także ceny nieruchomości (Krupowicz i in., 2015). Analizy sąsiedztwa opierają się na danych topologicznych (przyleganie działek), a także na analizach bliskości opartych na narzędziach analitycznych: buforowania, poligonów Thiessena, odległości euklidesowych (Esri, 2010). W prezentowanej pracy przyjęto kontynuację wcześniejszych badań nad opisem sąsiedztwa, opartym na analizie przylegania działek (Lewandowicz, 2013). Założono, że jest możliwość wykorzystania w tym celu narzędzi grafowych, które powinny ułatwić proces przetwarzania i wizualizacji wyników oraz pozwolią na ich integrację z platformą GIS.

### Cel pracy

Głównym celem zaprezentowanej pracy było znalezienie rozwiązań aplikacyjnych polegających na powiązaniu narzędzi GIS i grafowych, pozwalających na ich współdziałanie, w procesie przetwarzania danych w celach analitycznych i ich wizualizacji (Longley i in., 2010).

Narzędzia GIS powszechnie znane są jako narzędzia do gromadzenia, porządkowania i przetwarzania danych w celach analitycznych. Narzędzia grafowe pozwalają na zapis relacji –

topologii między obiektami. Jedną z możliwości użycia tych narzędzi jest zapis topologii w grafowych bazach danych, które są klasyfikowane jako bazy danych NoSQL. Te bazy danych umożliwiają składowanie danych w postaci dowolnego typu grafu. Wśród tego typu rozwiązań istniejących na rynku, najczęściej używanymi systemami bazodanowymi są: Neo4j (Neo4j, 2016) oraz Sparskee, wcześniej zwanym DEX (Sparksee, 2016). Są one dostępne w aplikacjach grafowych lub umożliwiają stworzenie własnych rozwiązań wykorzystujących model grafowy do zapisu danych. Ich zastosowanie w polskim środowisku naukowym jest niezwykle rzadkie. Nielicznym przykładem użycia grafowych baz danych w systemach GIS jest stworzenie wirtualnego generatora miasta. Do jego utworzenia wykorzystano algorytmy używające bazy danych Neo4j służącej do zapisu danych (Płuciennik-Psota, Płuciennik, 2014).

Osiągnięcie celu jest możliwe przy wykorzystaniu grafowej bazy danych oraz wizualizacji wyników pracy z wymienionego systemu bazodanowego w postaci grafowej oraz grafów geometrycznych. W ramach celu głównego przyjęto realizację celu szczegółowego, wiążącego się z przetestowaniem możliwości przetwarzania przestrzennych danych katastralnych do wybranych modeli topologicznych i zapisu wyników w bazie grafowej. Założono, że takie rozwiązania pozwolą na niezależne przekształcanie danych topologicznych i ich wizualizację w formie grafu. Prezentacja grafowa rozszerza naszą rzeczywistość. Jest ona niezależna od lokalizacji. Możliwość integracji platformy grafowej z GIS daje sposobność przekształcania danych topologicznych do grafu geometrycznego. Takie rozwiązania pozwalają na powiązanie modeli grafowych z obiektami przestrzennymi – katastralnymi.

## Metodyka przetwarzania i wizualizacji

Badania oparto o dane zapisane w formacie CAD pozyskane z Powiatowego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Giżycku (nr licencji: WG.6642.1.187.2016\_2806\_CL0) w formie dxf. Należało je przetworzyć do obiektów – działek ewidencyjnych w formie plików Shapefile. Stanowiły one dane wyjściowe do dalszego przetwarzania (rys. 1). Przyjęty obszar testowy gminy wiejskiej Giżycko o powierzchni 29 706 ha zawiera 13 230 działek. Minimalna powierzchnia działki to 0,0089 ara, zaś największa działka ma powierzchnię 2345 ha. Te wielkości wskazują na dużą różnorodność struktur katastralnych, stąd przy średniej powierzchni działki 2 ha odchylenie standardowe wynosi 32 ha.

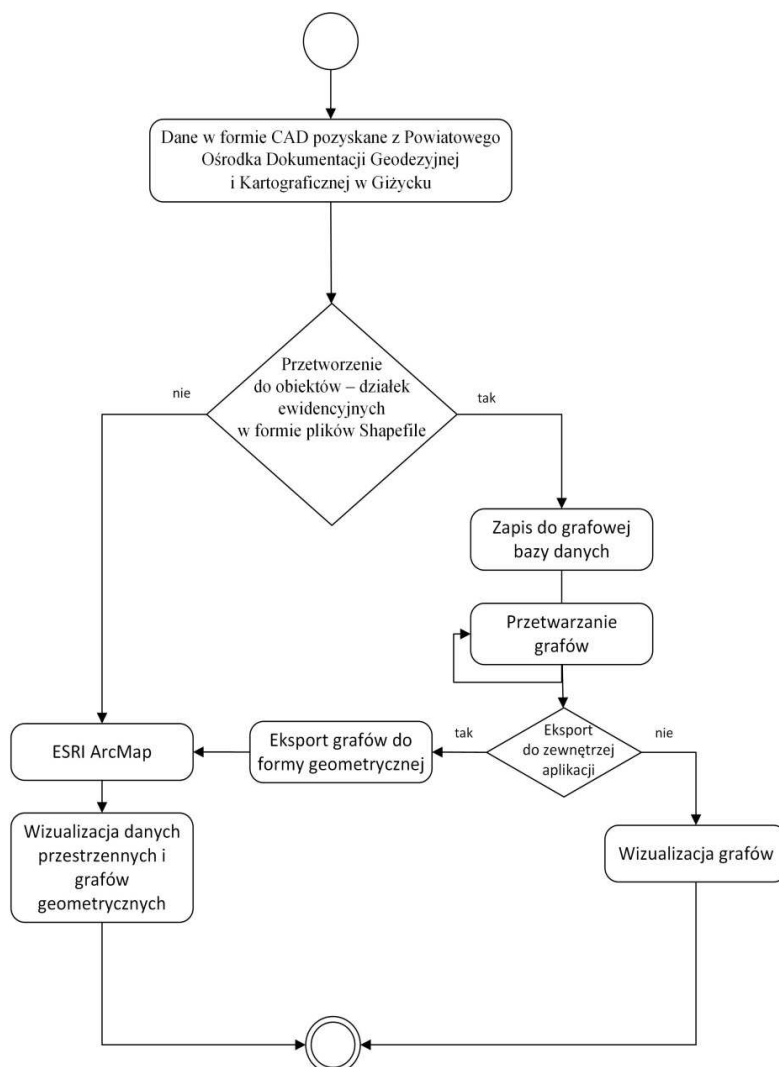
Na badanym obszarze przeważają tereny rolnicze, występują kompleksy leśne i jeziora. W terenach atrakcyjnych znajdują się działki ewidencyjne zagospodarowane turystycznie w formie działek rekreacyjnych. Działkom przypisano atrybuty związane z formą użytkowania, nie wyróżniono działek rekreacyjnych z powodu braku danych. Na potrzeby pracy oznaczono działki należące do pasów drogowych, ciągów linii kolejowych i wód stojących. Tak przygotowane dane poddano analizie. Przy wizualnej analizie zróżnicowana struktura katastralna jest dostrzegalna. Przyjęto, że ta struktura będzie bardziej uwidoczniła w postaci związków topologicznych wizualizowanych w formie grafów.

Wyróżnia się grafy klasyczne i geometryczne. Klasyczny graf (Wilson, 2000) opisuje tylko relacje, a geometryczny (Kulikowski, 1986) ma współrzędne przypisane węzłom i krawędziom, przez co możliwe jest pokazanie zależności w układzie przestrzennym zgodnie z położeniem obiektów. Tym samym integracja platformy GIS i grafowej pozwala na pokazanie zależności topologicznych w formie grafu zwykłego (platforma grafowa) i geometrycznego (platforma GIS). Te dwie prezentacje uwidaczniają te same zależności topologiczne w różny sposób.



**Rysunek 1.** Obszar objęty badaniem – mapa katastralna gminy wiejskiej Giżycko w formie GIS; pusta przestrzeń w środku obszaru obejmuje gminę miejską Giżycko

W wyniku podjętych działań dokonano przetworzenia danych katastralnych, w celu zaprezentowania sąsiedztwa działek w ujęciu grafowym. Wyróżnione działki w pasie torów kolejowych oraz działki stanowiące obszary pod wodami przyjęto jako bariery przestrzenne, które nie wchodzą w zakres analizy. Założono, że forma ich użytkowania ogranicza możliwość komunikacji. Przyjęto, by pokazać sąsiedztwo działek z wykluczeniem barier przestrzennych w różnych ujęciach: sąsiedztwa działek, sąsiedztwa działek do pasa drogowego, sąsiedztwa działek pasa drogowego. Realizując cel zastosowano metodykę szczegółowo opisaną w literaturze (Lewandowicz, 2013; Lewandowicz i in., 2013). Należało wpisać ją we własne algorytmy do przetwarzania danych przestrzennych w strukturach grafowych, zapisywanych w bazach danych NoSQL. Realizację celu pracy można przedstawić w formie schematu pokazanego na rysunku 2.



Rysunek 2. Metodyka przetwarzania i wizualizacji poszczególnych etapów pracy

## Wyniki

Wyniki realizacji przyjętej metodyki opisanej w schemacie (rys. 2) zostały zaprezentowane na kolejnych rysunkach. Przyjęto, że każde rozwiązanie jest przedstawione w postaci dwóch grafów, zwykłego i geometrycznego, z dwóch zintegrowanych platform. Tak jak zauważono wyżej, topologia zajmuje się tylko relacjami niezależnymi od położenia i dlatego na rysunkach z platformy grafowej wyraźniej widać samą strukturę sąsiedztwa. Prezentacja grafu geometrycznego w GIS uwidacznia stosunki topologiczne w widocznej strukturze katastralnej, na tle działek ewidencyjnych.

W pierwszej prezentacji grafowej pokazanej na rysunku 3 przedstawiono model zapisu grafowego w bazie danych Neo4j, sąsiedztwa działek bez wykluczenia barier przestrzennych. Rysunek 4 jest jego graficzną reprezentacją na platformie GIS.

Na rysunku 5 przedstawiono fragment modelu zapisu grafowego sąsiedztwa w bazie danych Neo4j, obrazujący sąsiedztwo działek do dróg z wykluczeniem barier przestrzennych.

W prezentacji na rysunku 6 ukazano geometryczne przedstawienie sąsiedztwa działek do dróg z wykluczeniem barier przestrzennych w aplikacji GIS dla całego badanego obszaru i z przybliżonym fragmentem pokazanym na rysunku 5.

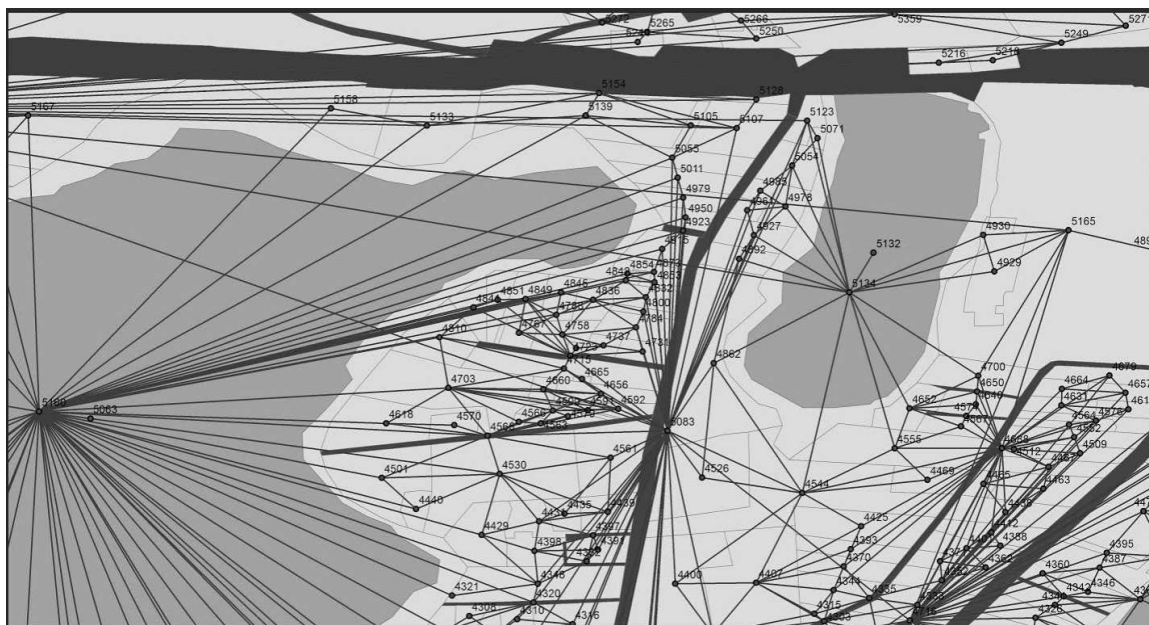
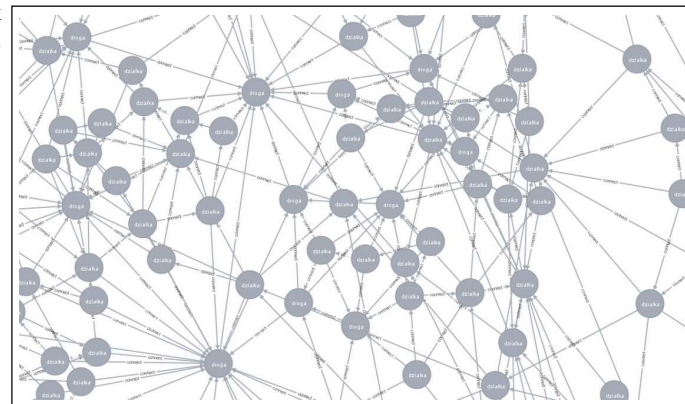
W kolejnej prezentacji grafowej (rys. 7) przedstawiono fragment grafowego zapisu sąsiedztwa działek pasa drogowego. Rysunek 8 prezentuje geometryczną reprezentację grafu z rysunku 7 dla całego obszaru testowego i dla wybranego fragmentu. Z powodu nieciągłości danych (wykluczenia terenów gminy miejskiej i barier przestrzennych) uzyskano model w formie grafu niespójnego.

Zaprezentowane przykłady wskazują, że grafy mogą być przetwarzane w bazach danych grafowych, a ich geometryczna wizualizacja, niezależna od ich miejsca konstrukcji, może być zaprezentowana w oprogramowaniu zewnętrznym GIS, takim jak ArcGIS. Zastosowana metodyka umożliwia pracę z całym zestawem danych, bez konieczności wykonywania selekcji, jak miało by to miejsce w oprogramowaniu ArcGIS, podczas tworzenia grafu w celu znajdowania barier. W oparciu o przetwarzanie danych, przez kwerendy w grafowej bazie danych Neo4j można przygotować kolejne prezentacje związków topologicznych w postaci grafów. Możliwości przetwarzania w dużej mierze zależą od danych, układu przestrzennego i od dostępnych atrybutów.

## Wnioski

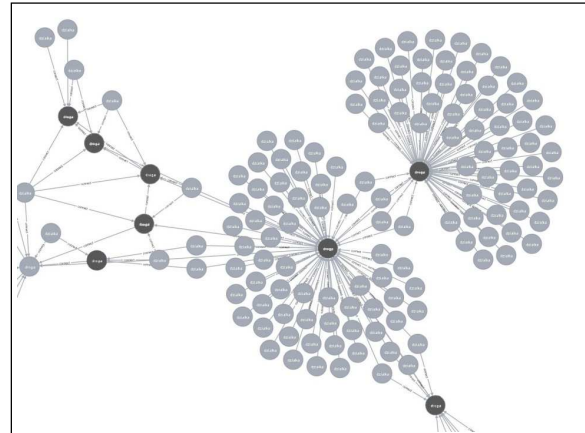
Prezentowane przez współautorkę wcześniejsze analizy grafowe (Lewandowicz, 2013) opierały się na operacjach w programach AutoCAD Map, Ms Excel, ArcGIS Map, a także wykorzystywały nieskomplikowany algorytm napisany w języku Python. Powtarzalność tych czynności była utrudniona i możliwa tylko do wykonania przez autorkę rozwiązania. Obecnie prezentowane rozwiązanie wiąże się z integracją platformy ArcGIS z platformą grafową wykorzystującą grafowe bazy danych. Umożliwia to szersze wykorzystanie przyjętych algorytmów przez większą liczbę odbiorców. Prezentowane wyniki analizy są wstępne, opierają się na relacjach topologicznych przy minimalnej liczbie atrybutów. Pomimo to, uzyskane rezultaty wskazują na niejednorodność struktur katastralnych, także w wizualizacji grafowej.

**Rysunek 3.** Grafowa reprezentacja modelu sąsiedztwa działek bez wykluczeń barier przestrzennych

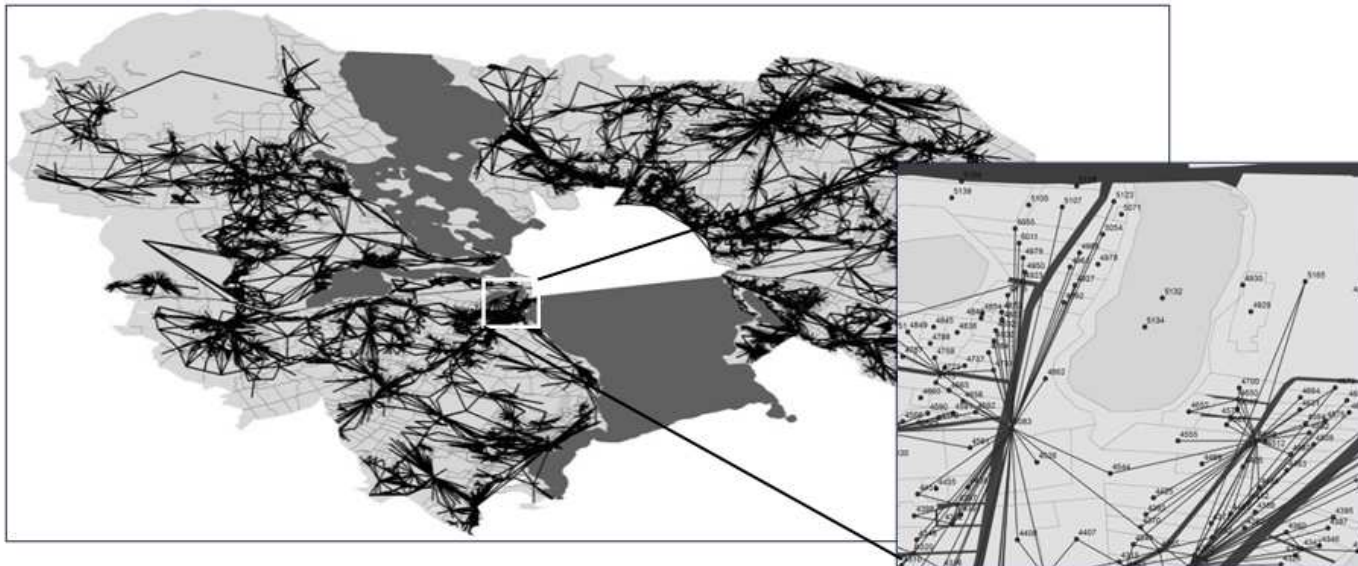


**Rysunek 4.** Graficzna reprezentacja modelu sąsiedztwa działek na platformie GIS bez wykluczenia barier przestrzennych

**Rysunek 5.** Fragment modelu grafowego obrazującego sąsiedztwo działek do dróg z wykluczeniem barier przestrzennych; kolorem ciemnoszarym zostały wyróżnione węzły obrazujące centroidy działek pasa drogowego

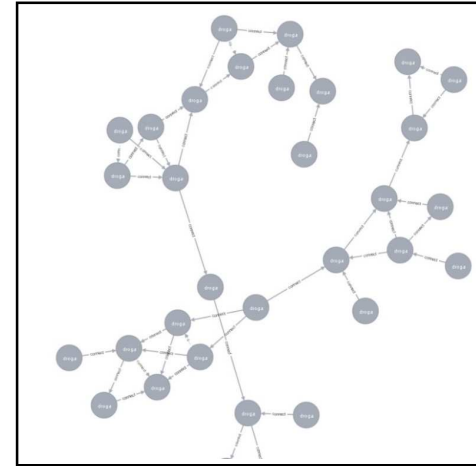


**Rysunek 6.** Geometryczne przedstawienia sąsiedztwa działek do dróg z wykluczeniem barier przestrzennych; przybliżony fragment modelu obrazujący graf z rysunku 5 w formie geometrycznej

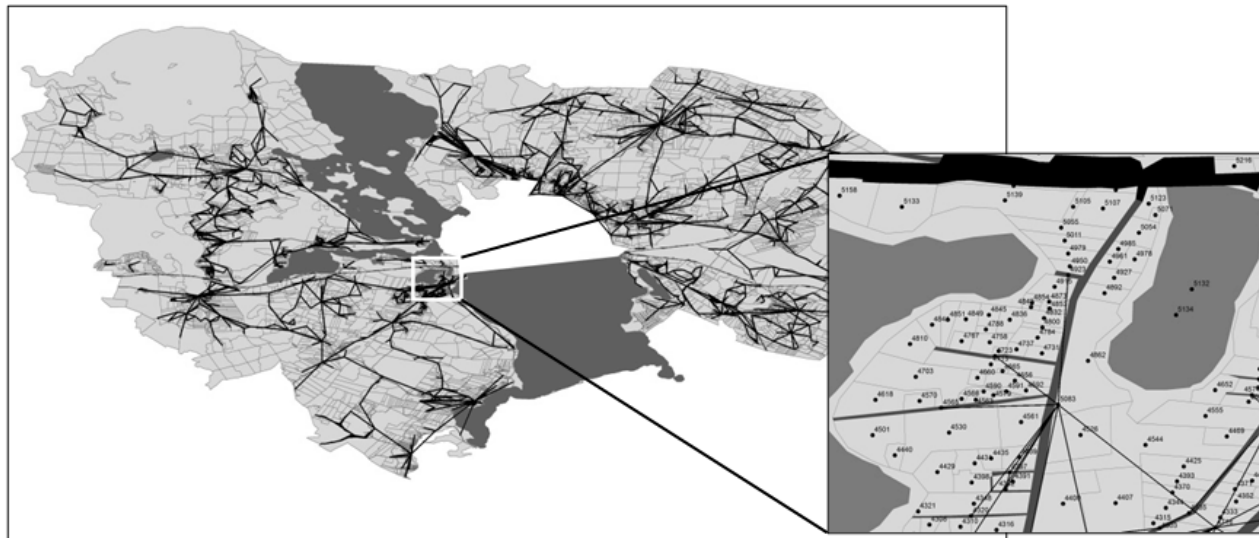




**Rysunek 7.** Fragment modelu sąsiedztwa dróg w przedstawieniu grafowym



**Rysunek 8.** Geometryczna prezentacja sąsiedztwa dróg za pomocą grafu geometrycznego niespójnego





W przyszłości zapisy graficzne powinny się uzupełnić zestawieniami tabelarycznymi. Dzięki zastosowaniu aplikacji grafowej i kwerendom zwiększono możliwości manipulowania danymi. W kolejnych etapach zostaną zaimplementowane algorytmy znajdujące: drzewa rozpinające, poddrzewa oraz najkrótsze drogi w grafie. W przyszłości autorzy planują wykorzystać nabyte umiejętności do manipulowania większą liczbą atrybutów opisujących działki ewidencyjne, z innymi danymi, pozyskanymi z dostępnych baz georeferencyjnych.

### Literatura

- Cichociński P., 2006: Modelowanie dostępności komunikacyjnej nieruchomości jako atrybutu niezbędnego w procesie wyceny. *Roczniki Geomatyki* t.4, z. 3(60): 71-80, PTIP, Warszawa.
- Esri 2010: ArcGIS 10 Help, Resource Center.
- Elayachi M., Semlali E., I H., 2001: Digital cadastral map: a multipurpose tool for sustainable development. International Conference on Spatial Information for Sustainable Development Nairobi, Kenya 2–5 October 2001.
- Gielda-Pinas K., 2015: Symulacje zmian pokrycia terenu i użytkowania ziemi z wykorzystaniem modelu agentowego. *Roczniki Geomatyki* t.13, z. 1(67): 7-19, PTIP, Warszawa.
- Krupowicz W., Bielska A., Budzyński T., 2015: The Effects of Defective Spatial Structure on the Agricultural Property Market. *Folia Oeconomica Stetinensia* 15(1): 174 December 2015.
- Kulikowski J.L., 1986: Zarys teorii grafów. Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Lewandowicz E., 2013: Modele struktur katastralnych. *Roczniki Geomatyki* t. 11, z. 2(59): 47-58, PTIP, Warszawa.
- Lewandowicz E., Packa A., Kondratowicz S., 2013: Przekształcanie danych topologicznych, geometrycznych i atrybutowych GIS do modeli analitycznych (Conversion topological geometric and attribute GIS data to analytical models). *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Socio-Oeconomica* 14: 33-44, Łódź.
- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W., 2010: Geographic information systems and science. 3rd ed., J. Wiley, Chichester, UK (2<sup>nd</sup> ed. 2005).
- Neo4j Manual, 2016: Dostęp 11 lipca 2016 r. <http://neo4j.com/docs/stable/>
- Płuciennik-Psota E., Płuciennik T., 2014: Using Graph Database in Spatial Data Generation. [In:] *Man-Machine Interactions 3*. T. 242. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Berlin: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-02309-0.
- Sparsity-Technologies, 2016: Dostęp 11 lipca 2016 r. <http://sparsity-technologies.com/>
- Walczykiewicz T., Buczek A., 2014: Dane geoprzestrzenne w planach zarządzania ryzykiem powodziowym. *Roczniki Geomatyki* t. 12, z. 3(65): 327-336, PTIP, Warszawa.
- Wilson R., 2000: Wprowadzenie do teorii grafów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Wyczalek I., 2005: Kartograficzne wspomaganie procesów decyzyjnych w rewitalizacji krajobrazowej zieleni miejskiej. *Roczniki Geomatyki* t. 3, z. 3: 181-190, PTIP, Warszawa.

### Streszczenie

*Istnieje zapotrzebowanie na rozwiązania aplikacyjne wykorzystujące narzędzia GIS i grafowe umożliwiające przetwarzanie danych przestrzennych w celach analitycznych. Celem publikacji jest zaproponowanie i zaprezentowanie metodyki wykorzystania tych narzędzi do reprezentacji sąsiedztwa działek ewidencyjnych w ujęciu grafowym. Utworzono własne algorytmy do przetwarzania topologicznych danych przestrzennych w struktury grafowe i zapisu ich w bazie danych NoSQL. Proponowane rozwiązanie wiąże się z integracją platformy ArcGIS z platformą grafową. Umożliwia to szersze wykorzystanie przyjętych algorytmów przez większą liczbę odbiorców. Budowana struktura topologiczna jest zapisana w formie grafu zwykłego, a przez integrację z platformą GIS węzły i krawędzie opisane są współrzędnymi związanymi z lokalizacją w przestrzeni. Prezentowane wyniki analizy są wstępne, opierają się na relacjach topologicznych przy minimalnej liczbie atrybutów. Pomimo to, uzyskane wyniki stwarzają możliwości manipulowania danymi.*

**Abstract**

*There is a need for application solutions using GIS and graph tools enabling processing of spatial data for analytical purposes. The aim of the publication is to propose and present the methodology to use these tools to represent the neighbourhood of cadastral parcels in terms of graphs. A study was conducted to create original algorithms to process the topological structure of spatial data in graphs and to store them in the NoSQL database. The proposed solution involves integration of the ArcGIS platform with the graph database platform. It enables the wider use of adopted algorithms by a broader audience. Designed topological structure is stored in the form of a plain graph, and through integration with the GIS platform, nodes and edges are described by coordinates associated with a spatial location. The results of the analysis are based on topological relations with the minimum number of attributes. However, they provide opportunities for data manipulation.*

mgr inż. Przemysław Lisowski  
plis@agh.edu.pl

dr hab. inż. Elżbieta Lewandowicz, prof. UWM  
eela@uwm.edu.pl