

AUTOREFERAT
przedstawiający osiągnięcia w pracy naukowo – badawczej

dr inż. Mariusz Zygmunt

Spis treści

1. Imię i nazwisko.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia będącego podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.....	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	4
4.2. Zestawienie publikacji, dane metryczne (lista A)	4
4.2.1. Krótka charakterystyka publikacji.....	5
4.3. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	6
4.3.1. Wprowadzenie.....	6
4.3.2. Cel i zakres pracy.....	7
4.3.3. Szczegółowy opis zagadnień poruszanych w publikacjach	9
4.3.4. Podsumowanie i wnioski końcowe	18
Literatura.....	19
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych.....	19

1. Imię i nazwisko

Mariusz ZYGMUNT

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- 1994 Tytuł zawodowy magistra inżyniera w dyscyplinie geodezja i kartografia, specjalność geodezja rolna, uzyskany na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej w Krakowie (od 2008 r. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie). Praca magisterska dotyczyła automatyzacji prac kameralnych w programie AutoCAD.
Promotor: dr inż. Andrzej Borowiecki.
- 2007 Stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie geodezji i kartografii, nadany przez Radę Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
Tytuł rozprawy doktorskiej: "Zintegrowany system przetwarzania danych na potrzeby scaleń i jego wpływ na organizację prac projektowych na przykładzie wsi Wojków".
Promotor: prof. dr hab. inż. Urszula Litwin
Recenzenci: prof. dr hab. inż. Zofia Więckowicz
 prof. dr hab. inż. Zbigniew Piasek

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 1999 – 2007 asystent w Katedrze Geodezji na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej w Krakowie
- 2007 – obecnie adiunkt w Katedrze Geodezji na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej w Krakowie (od 2008 r. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie)

Jako uzupełnienie habilitant podaje informację o 5-letniej praktyce w geodezji rozpoczętej po uzyskaniu w roku 1994 stopnia magistra inżyniera geodezji. W czasie jej trwania uzyskał uprawnienia zawodowe z zakresu 1 oraz 2. Podczas tego okresu utrzymywał kontakty naukowe z Katedrą Geodezji na Uniwersytecie Rolniczym. Współpraca dotyczyła problemów szeroko rozumianej geoinformatyki i zaowocowała podpisaniem umowy o pracę na stanowisku asystenta.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. 2016 r. poz. 1311.):

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Moim osiągnięciem naukowym w świetle art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. 2016 r. poz. 1311) jest cykl publikacji powiązanych tematycznie zebrany pod wspólnym tytułem: „Obiekty wirtualne w systemach katastralnych, oryginalne podejście algorytmiczne z uwzględnieniem aproksymacji łuków kołowych w odniesieniu do INSPIRE – Data Specification on Cadastral Parcels”. Zestawienie publikacji stanowiących osiągnięcie przedstawia tabela 2.4.1.

4.2. Zestawienie publikacji, dane metryczne (lista A)

Tabela 2.4.1 Charakterystyka cyklu publikacji nt. „Obiekty wirtualne w systemach katastralnych, oryginalne podejście algorytmiczne z uwzględnieniem aproksymacji łuków kołowych w odniesieniu do INSPIRE – Data Specification on Cadastral Parcels”

Poz.	Publikacja	Rok wydania	Liczba punktów	IF	Udział [%]	Liczba cytowań
[C1] ⁽¹⁾	Siejka M., Ślusarski M., <u>Zygmunt M.</u> 2013. Correction of topological errors in geospatial databases. International Journal Of Physical Sciences . Vol.8(12), s. 498-507. DOI 10.5897/IJPS2013.3835. ISSN 1992-1950	2013	25	0.540	60	4
[C2]	Siejka M., Ślusarski M., <u>Zygmunt M.</u> 2014. Verification technology for topological errors in official databases, with the case study in Poland. Survey Review , Vol. 46 (No334), s. 50-57. DOI 10.1179/1752270613Y.0000000054. ISSN 0039-6265	2014	15	0.533	60	4
[C3]	<u>Zygmunt M.</u> , Siejka M., Ślusarski M., Siejka Z., Piech I., Bacior S. 2015. Database inconsistency errors correction, on example of LPIS databases in Poland. Survey Review , Vol. 47 (No343), s. 256-264. DOI 10.1179/1752270614Y.0000000134. ISSN 0039-6265	2015	15	0.573	55	3
[C4]	Zygmunt M. Circular arc approximation using polygons. Journal of Computational and Applied Mathematics . Volume 322, 1 October 2017, s. 81-85. doi.org/10.1016/j.cam.2017.03.030. ISSN: 0377-0427	2017	35	1.357	100	⁽²⁾

⁽¹⁾ Stan na rok 2012, tj. moment przyjęcia artykułu do druku.

⁽²⁾ Artykuł nie posiada potencjalnych cytowań ze względu na zbyt krótki czas od publikacji. Oficjalna liczba pobrań na dzień 25 marca 2018 to 313 z całego świata (artykuł nie posiada statusu open access).

Publikacje zostały poddane ocenie wydawniczej przez minimum dwóch niezależnych recenzentów. Wszystkie recenzje były pozytywne. We wszystkich pracach autorem do korespondencji w sprawach naukowych był Mariusz Zygmunt.

4.2.1. Krótka charakterystyka publikacji

- [C1] Siejka M., Ślusarski M., Zygmunt M. 2013. Correction of topological errors in geospatial databases. *International Journal Of Physical Sciences*. Vol.8(12), s. 498-507. DOI 10.5897/IJPS2013.3835. ISSN 1992-1950

W artykule podjęto próbę opisu problemów związanych z przetwarzaniem katastralnych danych wektorowych. Zaproponowano podejście bazujące na obiektach wirtualnych w środowisku programu CAD (Computer Aided Design). Omówiono podstawowe błędy topologiczne. Opracowano i opublikowano algorytmy kontroli topologii. Zaproponowane rozwiązanie wpisuje się w wymagania dyrektywy INSPIRE – Data Specification on Cadastral Parcels, odnosząc się do rekomendacji odwołujących się do geometrii działek katastralnych.

- [C2] Siejka M., Ślusarski M., Zygmunt M. 2014. Verification technology for topological errors in official databases, with the case study in Poland. *Survey Review*, Vol. 46 (No334), s. 50-57. DOI 10.1179/1752270613Y.0000000054. ISSN 0039-6265

Artykuł opisuje zastosowanie technologii obiektów wirtualnych w pracach związanych z LPIS (Land Parcel Identification System) w latach 2010-2011. Testy i prace wdrożeniowe odbyły się w południowo-zachodniej części Polski i obejmowały około 1.5 miliona działek. Dotyczyły województw dolnośląskiego, małopolskiego, opolskiego, śląskiego i świętokrzyskiego. Ważnym aspektem pracy było podjęcie tematu konsolidacji danych, użycia różnych ich formatów, przeliczeń pomiędzy różnymi układami współrzędnych.

- [C3] Zygmunt M., Siejka M., Ślusarski M., Siejka Z., Piech I., Bacor S. 2015. Database inconsistency errors correction, on example of LPIS databases in Poland. *Survey Review*, Vol. 47 (No343), s. 256-264. DOI 10.1179/1752270614Y.0000000134. ISSN 0039-6265

W artykule omówiono wyniki badań nad automatyzacją usunięcia błędów wynikających z konieczności nałożenia na siebie dwóch baz wektorowych. Jako baza referencyjna została użyta baza zawierająca granice działek katastralnych. Bazę poprawianą stanowiły plany pól zagospodarowań. Jako technologię przetwarzania użyto metody opartej na obiektach wirtualnych. Opracowane przez autora algorytmy zostały szczegółowo przedstawione w omawianej pracy. Wykazano zalety, jak również wady i konsekwencje użycia tej technologii do tego typu prac. W ramach prowadzonych badań, do testów użyto map numerycznych udostępnionych przez ARiMR (Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa).

- [C4] Zygmunt M. Circular arc approximation using polygons. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. Volume 322, 1 October 2017, s. 81-85. DOI org/10.1016/j.cam.2017.03.030. ISSN: 0377-0427

Artykuł przedstawia wyniki badań nad rozwiązaniem problemu wykorzystania łuków kołowych do opisu granic działek katastralnych. Ze względu na występowanie tego typu obiektów w katastrze europejskim istnieje konieczność zastąpienia ich segmentami liniowymi. Odnosi się do tego wprost dyrektywa INSPIRE. Dotychczasowe podejście bazujące na podziale łuku cięciami według autora nie jest w katastrze rozwiązaniem optymalnym. Jego największą wadą

jest zmiana pola powierzchni aproksymowanych figur. W artykule zaprezentowano oryginalny algorytm, który jest pomysłem autora. Jego główną cechą jest zachowanie powierzchni figur składających się z aproksymowanych wycinków łuków kołowych.

4.3. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.3.1. Wprowadzenie

Dostęp do informacji to kluczowe zagadnienie w dzisiejszym świecie. Ze względu na techniczne możliwości wynikające z cyfryzacji dotyczy praktycznie wszystkich dziedzin życia. Informacja szeroko rozumiana dotyczy także informacji geoprzestrzennej [2],[6]. Jednak ze względu na jej specyfikę, niezmiernie istotne jest jej udostępnienie w formie zrozumiałej dla każdego potencjalnego użytkownika [2],[8]. Rosnące potrzeby w tym zakresie są coraz bardziej widoczne, szczególnie w obrębie państw Unii Europejskiej, dla których wspólna platforma dostępu do danych jest jednym z filarów jej efektywnego funkcjonowania. Aby zapewnić integralność przepływu informacji, w tym geograficznej, wewnątrz państw członkowskich, powstała inicjatywa INSPIRE - INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe (Infrastruktura Informacji Przestrzennej w Europie) [4],[5]. Innymi słowy, jest to zespół środków prawnych, organizacyjnych i technicznych wraz z powiązanymi z nimi usługami, oferujący powszechny dostęp do danych przestrzennych na terenie Unii Europejskiej. Standaryzacja na poziomie całej wspólnoty państw to przede wszystkim zmniejszenie kosztów prowadzonych inwestycji. Pod tym pojęciem kryją się praktycznie wszystkie składowe: czas, dostęp do materiałów oraz możliwość ich wykorzystania. INSPIRE ma zwiększyć i usprawnić dostęp do danych przestrzennych oraz ujednolicić zasady ich przechowywania i udostępniania. Wraz ze związanymi z nimi usługami ma stanowić środek wspomagający w podejmowaniu działań i decyzji towarzyszących szeroko rozumianemu zarządzaniu środowiskiem.

Pięć głównych założeń INSPIRE [16]:

1. Dane powinny być pozyskiwane tylko jeden raz oraz przechowywane i zarządzane w sposób najbardziej poprawny i efektywny przez odpowiednie instytucje i służby.
2. Powinna być zapewniona ciągłość przestrzenna danych tak, aby było możliwe pozyskanie różnych zasobów, z różnych źródeł oraz aby możliwe było ich udostępnianie wielu użytkownikom dla różnorodnych zastosowań.
3. Dane przestrzenne powinny być przechowywane na odpowiednim (jednym) poziomie administracji publicznej i udostępniane podmiotom na wszystkich pozostałych poziomach.
4. Dane przestrzenne niezbędne do odpowiedniego zarządzania przestrzenią na wszystkich poziomach administracji publicznej powinny być powszechnie dostępne (tj. bez warunków ograniczających i/lub utrudniających ich swobodne wykorzystanie).
5. Powinien być zapewniony dostęp do informacji o tym, jakie dane przestrzenne są dostępne i na jakich warunkach, a także informacja umożliwiająca użytkownikowi ocenę przydatności tych danych do różnych celów.

Informacje ujęte w aneksach dyrektywy INSPIRE podzielone są na grupy tematyczne. Obejmują one zagadnienia związane z gromadzonymi zasobami dotyczącymi danych przestrzennych. Moje prace badawcze dotyczyły aneksu I, tematu nr 6: „Działki katastralne”.

Ze względu na wagę problemu, w celu koordynacji działań w tym zakresie powołana została specjalna grupa robocza TWGCP (Thematic Working Group Cadastral Parcels [17]). Aby zapewnić najwyższy

poziom w ramach prowadzonych prac standaryzacyjnych Tematyczna Grupa Robocza nawiązała współpracę z innymi organizacjami wspierającymi działania w tym zakresie, odpowiedzialnymi za standaryzację informacji geograficznych:

- Permanent Committee on Cadastre in the European Union
- EuroGeographics
- Working Group III of FIG
- ISO TC 211

Wytyczne techniczne dotyczące tematu działek katastralnych zebrane zostały w opracowaniu „Data Specification on Cadastral Parcels” [4],[5]. Moje badania obejmowały zakres kluczowych rekomendacji zawartych w wyżej wymienionym dokumencie:

Rekomendacja INSPIRE 8

Działki katastralne powinny być dostarczone, jeżeli to możliwe, jako GM_Surface. Uwaga - w niektórych krajach (np. Niemcy, Hiszpania, Francja) działki mogą być dostarczane jako GM_MultiSurface.

Rekomendacja INSPIRE 6

Należy dopasować krawędzie pomiędzy działkami katastralnymi w sąsiednich zestawach danych. Status dopasowania krawędzi powinien być zgłaszany jako metadane w elemencie linii.

Rekomendacja INSPIRE 9

Nie powinno być nakładania się obiektów powierzchniowych.

Rekomendacja INSPIRE 10

Nie powinno być luk między obiektami powierzchniowymi.

Do przedstawionych powyżej zagadnień odniosłem się w prezentowanych publikacjach. Algorytmy, które opracowałem, można zaliczyć do działu algorytmiki zajmującej się przetwarzaniem obiektów geometrycznych – geometrii obliczeniowej [1],[10].

4.3.2. Cel i zakres pracy

Ze względu na tematykę swoich badań i możliwość ich bezpośredniego zastosowania w pracach dotyczących budowy INSPIRE, zająłem się problemem opracowania technologii przetwarzania dużej ilości danych w krótkim czasie [13],[C1]. Jednak nadrzędnym celem było spełnienie wymagań zawartych w rekomendacjach dyrektywy [9],[11]. Prace wdrożeniowe prowadzone były w ramach kampanii LPIS [C2]. Krótki termin realizacji tego typu projektów powoduje konieczność szukania rozwiązań alternatywnych w stosunku do tradycyjnych rozwiązań opartych na systemach GIS. Ze względu na zdecydowanie wydajniejszą pracę w systemach CAD niż GIS, poszukiwanie rozwiązań opartych o tę platformę wydaje się jak najbardziej racjonalne. Oprócz zwiększenia możliwości edycyjnych związanych z systemami CAD kluczową rolę pełnią struktury danych. Jeżeli praca ma zakończyć się jedynie przekazaniem danych w formacie akceptowanym przez GIS, np. GML, właściwym wydaje się maksymalne uproszczenie procesów edycyjnych. Dodatkowo, organizacja danych powinna w maksymalny sposób eliminować źródła błędów geometrii. Stanowi o tym dyrektywa INSPIRE - Data Specification on Cadastral Parcels. Obiekty powierzchniowe powinny być wolne od nakładania i dziur topologicznych [4],[5]. Dodatkowo powinny spełniać kryteria wynikające z przyjętej technologii. Przykładem może być minimalna dopuszczalna długość odcinka wynikająca ze sposobu pozyskania danych – np. wektoryzacji podkładów rastrowych. [C1],[C2] W wyniku prowadzonych przeze mnie

badania zaproponowałem oryginalne podejście algorytmiczne do rozwiązywania problemów wynikających z potrzeby przetwarzania dużych ilości danych. Nową strukturę danych nazwałem „objektami wirtualnymi”. Obiekty wirtualne to poprawnie utworzone zbiory jednostek elementarnych - odcinków, jako reprezentantów granic obiektów powierzchniowych oraz identyfikatorów obszarów.

Opracowane przeze mnie algorytmy weryfikacji błędów [C1] pozwoliły na zastosowanie technologii obiektów wirtualnych dla celów automatyzacji prac związanych z poprawą baz danych przestrzennych [C3]. Ze względu na konieczność przetwarzania bardzo dużych ilości danych w krótkim czasie, opracowałem technologię dającą możliwość skrócenia prac kameralnych. Zadania polegające na dopasowaniu jednej bazy przestrzennej względem innej, referencyjnej, są zadaniami coraz częściej spotykanymi. Wiąże się to na przykład z koniecznością dopasowania danych pochodzących z różnych źródeł [3],[7],[12]. Nowoczesne metody pozyskania informacji (np. ze zdjęć) bardzo często muszą być konfrontowane z istniejącym zasobem (ten jako referencyjny musi stanowić odniesienie). W takich przypadkach musimy dysponować technologią, która usprawni proces doprowadzenia baz do stanu poprawności ze względu na ich użyteczność. Opracowane przez habilitanta algorytmy przetwarzania danych wraz z procesem weryfikacji z użyciem algorytmów technologii obiektów wirtualnych dają wymierne korzyści [C3].

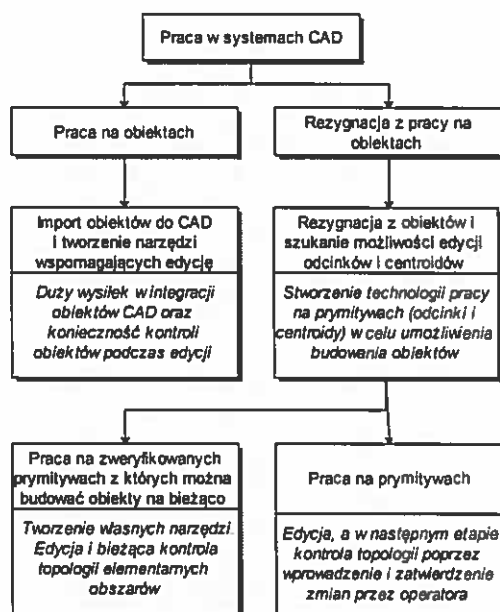
Przedstawione algorytmy badania topologii są oryginalne. W literaturze światowej brak było tego typu szczegółowych opracowań. Opinię tę potwierdzają także wnioski wynikające z recenzowanych przeze mnie artykułów z listy A. Autorzy tych artykułów wprost nawiązywali do tego problemu [3].

Ze względu na konieczność użycia do opisu geometrii obiektów powierzchniowych według INSPIRE tylko obiektów prostych (odcinków), kolejnym ważnym zagadnieniem, którym się zająłem, była aproksymacja łuków kołowych [C4]. Zagadnienie to wykracza poza problemy dotyczące katastru polskiego. Niestety w niektórych krajach Unii Europejskiej (np. Niemcy) do opisu kształtu granic używa się łuków kołowych lub interpolacji kołowych [14]. Stanowisko TWGCP w sprawie standaryzacji dopuszcza użycie tego typu konstrukcji, ale wynika to tylko z konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów przejścia na geometrię opartą na obiektach prostych. Niestety brak jest przepisów stanowiących, jak w świetle INSPIRE zawiadywać obiektami typu łuki kołowe [15]. Problem ten jest na tyle ważny, że cały czas podlega monitorowaniu. Obowiązująca decyzja o konieczności przejścia na obiekty proste może zostać poddana weryfikacji. Jednym z kluczowych problemów napotykanych podczas zamiany obiektów opartych o łuki kołowe na obiekty proste jest zmiana powierzchni figur, w skład których wchodzi aproksymowane obiekty. Powszechnie znaną i używaną metodą zamiany łuków kołowych na odcinki jest aproksymacja metodą równych cięciw. Tego typu podejście już w swoim założeniu jest źródłem błędów powierzchni [C4]. Zmiana podczas aproksymacji łuków kołowych jednego z kluczowych parametrów działki – jej powierzchni, była powodem poszukiwania rozwiązania, które podczas prac związanych z konwersją na obiekty proste zachowa ten najważniejszy parametr opisujący działkę (powierzchnię).

4.3.3. Szczegółowy opis zagadnień poruszanych w publikacjach

[C1]

Problem badawczy, który podjąłem w publikacji [C1] dotyczył opracowania metodyki i algorytmów przetwarzania danych wektorowych dla potrzeb związanych z budowaniem obiektów powierzchniowych. Zagadnienie to jest ciągle obecne, szczególnie w przypadkach konieczności przetwarzania dużej ilości danych, gdzie jednym z kluczowych parametrów jest czas realizacji. W procesie opracowywania optymalnej technologii ważne jest, aby odpowiedzieć na następujące pytania: czy pracować nad obiektami przy użyciu oprogramowania GIS, czy szukać innego rozwiązania? Profesjonalne systemy GIS, oprócz niekwestionowanych zalet, mają również wady. Główną wadą, jeśli chodzi o aktualizowanie dużych ilości danych, jest niska wydajność edycji oddzielnych obszarów elementarnych istniejących w postaci obiektów. Alternatywą dla systemów GIS może być opracowanie technologii opartej na oprogramowaniu CAD ze względu na oferowane lepsze możliwości edycyjne. Poszukiwanie takiego rozwiązania nie jest jednak proste. Istnieją dwa możliwe sposoby pracy w CAD na obiektach powierzchniowych. Pierwszy z nich bazuje na technologii zaczerpniętej z GIS. Polega na importowaniu obiektów do CAD. Metoda ta jest obciążona znacznym wysiłkiem związanym z integracją obiektów w CAD, tworzeniem narzędzi edycyjnych i koniecznością weryfikacji obiektów podczas edycji. Drugi sposób to rezygnacja z pracy nad obiektami i szukanie możliwości edycji segmentów liniowych i centroidów (Ryc. 1).



Ryc. 1. Schemat alternatywnych technologii pracy w CAD

Jest on połączony z opracowaniem technologii do pracy na obiektach prostych (segmenty liniowe i centroidy) w celu umożliwienia budowania obiektów. Taka technologia może być tworzona na dwa sposoby. Pierwszym ze sposobów jest praca na zweryfikowanych segmentach liniowych i centroidach, z których można zbudować obiekty. W tym przypadku edycja i weryfikacja topologii obszarów elementarnych odbywa się na bieżąco. Drugim sposobem jest praca tylko na obiektach prostych. W tym rozwiązaniu pierwszym krokiem jest edycja segmentów liniowych oraz centroidów. Kolejnym krokiem jest weryfikacja topologii i usunięcie powstałych błędów przez działanie operatora.

Zaproponowana metodyka pracy opiera się na obiektach wirtualnych. Obiekty wirtualne są to prawidłowo tworzone zestawy elementów podstawowych, linii (segmenty jako reprezentacje granic obiektów powierzchniowych) oraz opisy (jako identyfikatory obszarów zamkniętych). Tylko dane przygotowane w taki sposób, po sprawdzeniu pod kątem topologicznej poprawności, mogą być użyte do budowy obiektów powierzchniowych.

Praca z danymi i weryfikacja błędów topologicznych w przedstawionym rozwiązaniu jest przeprowadzana w następujących etapach:

- (1) Importowanie danych do oprogramowania CAD – możliwość odczytywania danych pochodzących z wielu źródeł, organizowania ich i przenoszenia do jednego formatu;
- (2) Weryfikacja i eliminacja błędów kategorii I – błędy w liniach obiektów powierzchniowych, które uniemożliwiają konstruowanie prawidłowych obiektów powierzchniowych;
- (3) Weryfikacja i eliminacja błędów kategorii II – błędy identyfikatorów obiektów powierzchniowych, które uniemożliwiają ich jednoznaczną identyfikację;
- (4) Weryfikacja i eliminacja błędów kategorii III – inne błędy;
- (5) Eksport danych z oprogramowania CAD – możliwość zapisania danych w dowolnym formacie oprogramowania GIS.

Błędy kategorii I.

Najczęściej występującym błędem kategorii I jest „bagnet”, czyli odcinek, którego jeden z końców nie jest połączony z żadnym węzłem. Błędy tego rodzaju uniemożliwiają automatyczne utworzenie obwodnic obiektów powierzchniowych. Błąd ten powstaje wtedy, gdy linia nie zostanie dociągnięta do węzła lub gdy istniejący węzeł zostanie usunięty.

Błąd "przecięcia" występuje w sytuacji, gdy jedna linia dzieli inną linię na dwie oddzielne części w miejscu, w którym nie istnieje węzeł.

Zgodnie z przyjętym podziałem kategorii błędów, „element bliski” należy do kategorii I tylko wtedy, gdy występuje częściowe pokrywanie się linii granic.

Błędy kategorii II.

Brak identyfikatora obiektu powierzchniowego (np. numer działki, nazwa pola zagospodarowania) należy do najpowszechniejszych błędów topologicznych. Tego typu błąd jest szczególnie trudny do wykrycia w przypadku obiektów o wydłużonych kształtach (drogi, rzeki itp.). Zgodnie z powszechnie przyjętymi założeniami identyfikator obiektu powinien znajdować się wewnątrz jego konturu.

Wewnątrz obiektu powierzchniowego może znajdować się tylko jeden identyfikator. Jeżeli program wykryje większą liczbę identyfikatorów przyporządkowanych do jednego obiektu powierzchniowego, odpowiedni komunikat dodawany jest do listy błędów.

Identyfikatory obiektów powierzchniowych w ramach jednego opracowania muszą zapewniać jednoznaczność identyfikacji. Błąd duplikacji identyfikatorów obiektów powierzchniowych polega na przyporządkowaniu tego samego identyfikatora do więcej niż jednego obiektu.

Błędy kategorii III.

Błąd typu duplikat występuje w przypadku istnienia linii narysowanych wielokrotnie w oparciu o tę samą parę punktów.

Linii typu „minimum” nie widać na mapie i można odnieść wrażenie, że nie mają one również wpływu na jakość pracy z mapą cyfrową. Jednak elementy takie są źródłem problemów, utrudniając procesy precyzyjnego łączenia elementów czy kontroli współrzędnych. W przypadku większej ilości takich

elementów wpływają one znacząco na efektywność pracy programów komputerowych wykorzystujących informacje z mapy cyfrowej.

Algorytm kontroli topologii sygnalizuje występowanie identyfikatorów obiektów powierzchniowych poza obszarem opracowania. Źródłem takich błędów bywają najczęściej operacje korekty przebiegu granic, wąskich obiektów zlokalizowanych na obrzeżach obszarów opracowania.

Błąd minimalnej powierzchni dotyczy obiektów, których pole powierzchni jest mniejsze od zadanego kryterium.

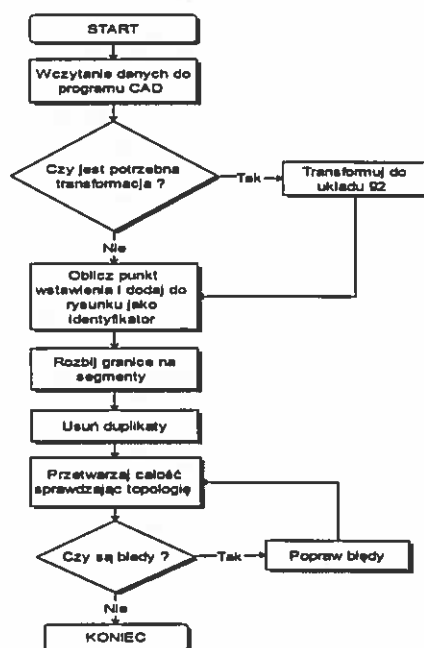
Elementy leżące lub przebiegające bardzo blisko siebie oraz nienaturalnie ostre kąty pomiędzy liniami to szczególne rodzaje błędów, których źródłem jest najczęściej proces wektoryzacji map analogowych. Użycie na mapie identyfikatora obszaru innego niż zdefiniowany w słowniku tematycznym, w przypadku pewnej grupy opracowań, jest wykazane jako błąd. Z tym przypadkiem mamy do czynienia np. podczas przetwarzania bazy z zagospodarowaniem działek.

Jawny opis wszystkich algorytmów korekty danych wektorowych zawarto w pracy [C1].

[C2]

Badania nad wykorzystaniem obiektów wirtualnych zostały użyte do prac katastralnych oraz związanych z LPIS. Zaproponowana technologia dotyczyła aktualizacji baz danych systemu identyfikacji działek rolnych LPIS (Ryc. 2). W ramach zadania przetwarzano dane wektorowe pochodzące z Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii oraz Ministerstwa Rolnictwa. Pierwszym problemem były różne formaty danych wektorowych: XML/GML, SHP, a także SWDE (format przyjęty dla celów wymiany danych w katastrze nieruchomości). Drugi problem to różne układy współrzędnych danych wektorowych. Część danych była w układzie WGS84 (World Geodetic System) w postaci współrzędnych geograficznych (BL), a część w układzie współrzędnych XY 2000 (obowiązującym w Polsce dla map wielkoskalowych). Natomiast ortofotomapa, niezbędna do aktualizacji pól zagospodarowania, sporządzona była w układzie współrzędnych XY 1992, w kroju sekcyjnym zgodnym z podziałem sekcyjnym Międzynarodowej Mapy Świata (International Map of the World).

Z kolei atrybuty opisowe danych wektorowych (np. identyfikatory i powierzchnie dla działek i pól zagospodarowania) były w formacie CSV.



Ryc. 2. Algorytm przetwarzania danych

Oprogramowanie, które miało zapewnić realizację zadania powinno posiadać możliwość odczytania danych pochodzących z wielu źródeł, ich porządkowania i przeniesienia do jednego standardu (GML) w jednym układzie współrzędnych (BL-WGS84). Niestety podczas testów przeprowadzonych na reprezentatywnej ilości danych wejściowych wyniknęły dodatkowe trudności związane z jakością danych wektorowych. Klasycznym przykładem był brak spójności obiektów przylegających do siebie. Obiekty te nie spełniały kryteriów poprawności topologicznej. Dodatkowo zdarzały się przypadki braku obiektu. Należało także uwzględnić tolerancję dokładności dla współrzędnych punktów granicznych sąsiadujących obiektów, które pozyskiwano z różnych materiałów wejściowych. Wymagało to przeprowadzania dużej ilości operacji edycyjnych.

Zakres prac obejmował 20176 obrębów ewidencyjnych (Ryc. 3), a orientacyjna liczba zadeklarowanych działek podlegająca opracowaniu przekroczyła 1.5 miliona.



Ryc. 3. Obszar opracowania

Podczas opracowania szczególną uwagę należało zwrócić na kontrolę poprawności topologicznej, która obejmowała sprawdzenie błędów linii granicznych i identyfikatorów obiektów powierzchniowych. Podczas realizacji prac modyfikacji uległy grupy błędów zaliczanych do poszczególnych kategorii. Skutkiem tego było poprawienie skuteczności pracy na obiektach wirtualnych w systemie CAD.

Do grupy błędów linii granicznych zaliczono:

- występowanie błędu "minimum",
- występowanie błędu "bagnet" ,
- występowanie przecięcia granic działek w miejscach niebędących punktami granicznymi,
- sygnalizację elementu bliskiego.

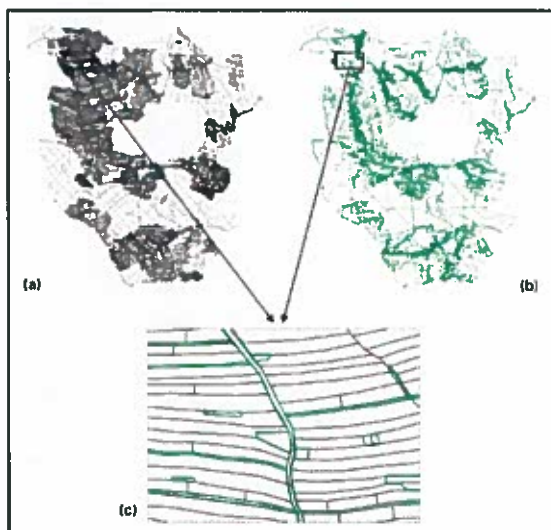
Błędy związane z identyfikatorami obiektów powierzchniowych obejmowały:

- brak identyfikatora obiektu powierzchniowego,
- nadliczbową ilość identyfikatorów w obrębie jednego obiektu powierzchniowego,
- występowanie identyfikatora obiektu poza obszarem opracowania,
- duplikację identyfikatorów obiektów powierzchniowych.

Opracowany algorytm kontroli poprawności topologicznej obiektów powierzchniowych został wdrożony przy aktualizacji baz danych systemu LPIS, prowadzonego przez Ministerstwo Rolnictwa. Technologia ta została pozytywnie zweryfikowana podczas prowadzonych prac. Dodatkowym atutem było zastosowanie CAD software, które jako oprogramowanie projektowe jest podstawowym narzędziem firm z branży inżynierskiej.

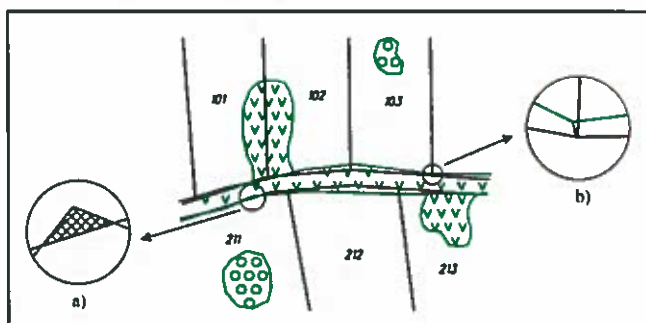
[C3]

Kolejnym problemem badawczym, którego rozwiązania się podjąłem, było wykorzystanie technologii obiektów wirtualnych do poprawy baz danych przestrzennych. Zagadnienie polegało na usunięciu braku spójności baz danych zawierających informację o działkach ewidencyjnych występujących jako granice odniesienia (GO) z bazą danych zawierającą informację o aktualnych planach zagospodarowania (PZ) (Ryc. 4).



Ryc. 4. Mapa testowego obiektu: a) działki – GO, b) plan zagospodarowania - PZ, c) powiększenie części mapy po nałożeniu map

W wyniku nałożenia baz i rozliczeń powstawały małe powierzchnie. Były one źródłem błędów podczas interpretacji wyników (Ryc. 5). Skutkowało to niepoprawnym naliczaniem dopłat w ramach gospodarstw rolnych.



Ryc. 5. Przykład bazy map z zaznaczonymi: a) minimalnymi powierzchniami, b) błędami bliskimi

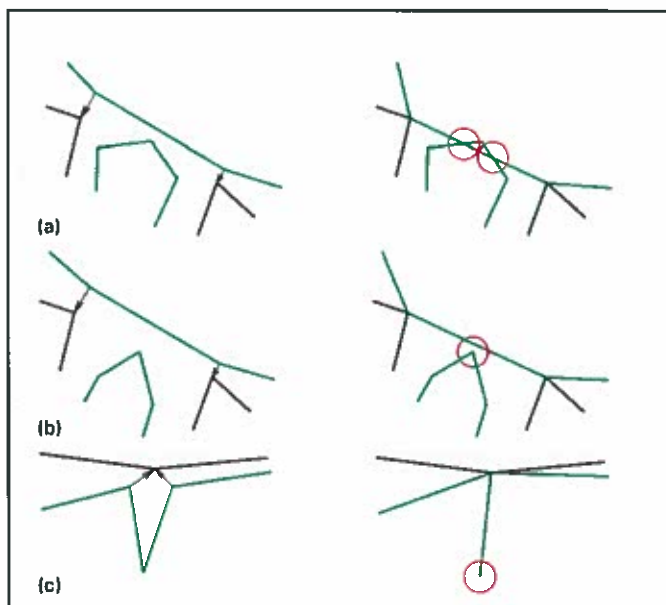
Poprawy jakości danych bazy zawierającej informację o planach zagospodarowania dokonałem z wykorzystaniem technologii obiektów wirtualnych. Ze względu na formę zapisu danych o obiektach powierzchniowych proces poprawy geometrii sprowadziłem do modyfikowania elementarnych odcinków opisujących korygowaną bazę. Cały proces zawarłem w trzech etapach.

Etap pierwszy polegał na korygowaniu wierzchołków granic PZ względem wierzchołków granic działek w zadanym otoczeniu epsilon. W tym etapie następowało uzgodnienie wierzchołków baz.

Etap drugi polegał na rzutowaniu wierzchołków granic PZ na linie granic GO w zadanym buforze epsilon i ich modyfikacji. Ten etap powodował korektę i doprowadzenie do współliniowości baz PZ względem GO.

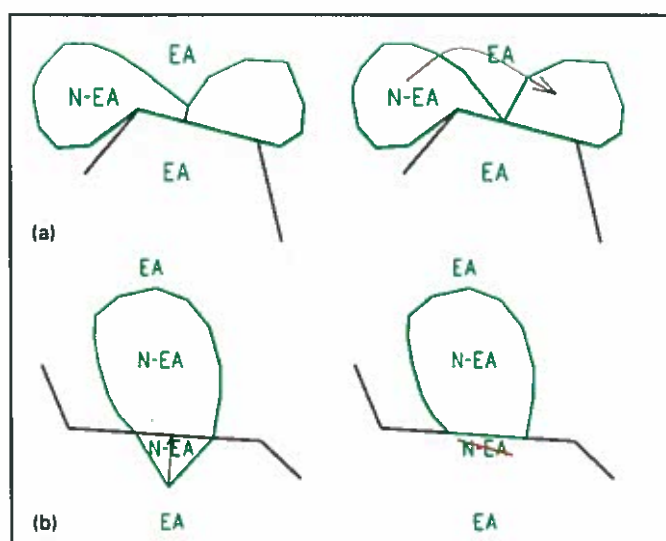
W trzecim etapie następowało rzutowanie odwrotne do wcześniej opisywanego. Modyfikacji podlegała baza PZ względem referencyjnej GO.

Końcowym etapem była kontrola topologii. Korekta wierzchołków wektorów opisujących bazę PZ prowadziła do powstania nielicznych błędów wtórnych kategorii pierwszej: przecięć, bliskich i bagnetów (Ryc. 6).



Ryc. 6. Przykład błędów wtórnych liniowych

Po usunięciu błędów liniowych przeprowadzona kontrola ujawniła występowanie błędów kategorii drugiej: braku identyfikatora, opisanie obszaru powierzchniowego większą liczbą identyfikatorów niż jeden lub identyfikatorem poza obszarem (Ryc. 7).



Ryc. 7. Przykład błędów wtórnych powierzchniowych

Usunięcie tych błędów nie stanowiło problemu.

Wyniki otrzymane na testowym obiekcie okazały się satysfakcjonujące. Redukcja poszczególnych typów błędów przedstawiona została w omawianym artykule. Dokonano eliminacji minimalnych powierzchni na poziomie 80%, natomiast punktów bliskich na poziomie 95%.

Jawny opis wszystkich algorytmów korekty danych wektorowych zawarto w pracy [C3].

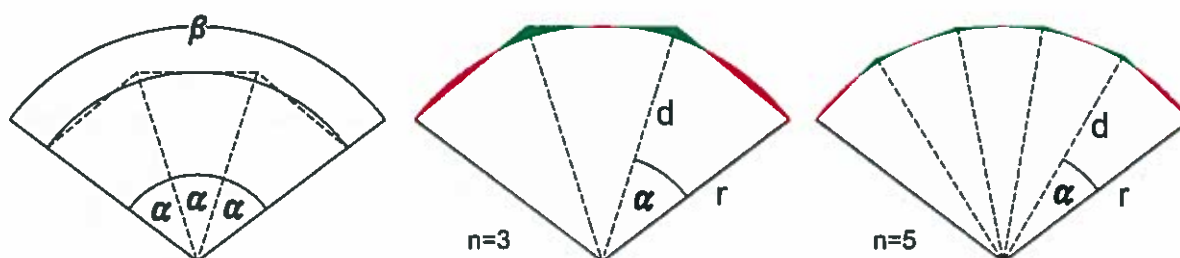
[C4]

Problemem, który rozwiązałem w tej publikacji, dotyczył aproksymacji łuków kołowych (Ryc. 8), występujących jako element geometrii opisującej granice działek ewidencyjnych.



Ryc. 8. Przykład figur zawierających łuki i ich odpowiedników po aproksymacji

Wynikająca z ustaleń dyrektywy INSPIRE - Data Specification on Cadastral Parcels konieczność zamiany łuków kołowych na odcinki była przyczyną poszukiwania rozwiązania innego niż stosowana dotychczas na świecie metoda równych cięciw. Za punkt kluczowy przyjąłem opracowanie metody aproksymacji, której główna cecha polegałaby na opisaniu wycinka łuku kołowego za pomocą wieloboku, z zachowaniem pola powierzchni obu figur. Dodatkowym warunkiem było ściśle rozwiązanie zadania. Pierwszym założeniem był sposób podziału kąta odpowiadającego aproksymowanemu łukowi. Przyjąłem, analogicznie jak dla metody stałych cięciw, podział na n równych części i stopień podziału na minimum $n=3$ (Ryc. 9).



Ryc. 9. Przyjęty podział kąta

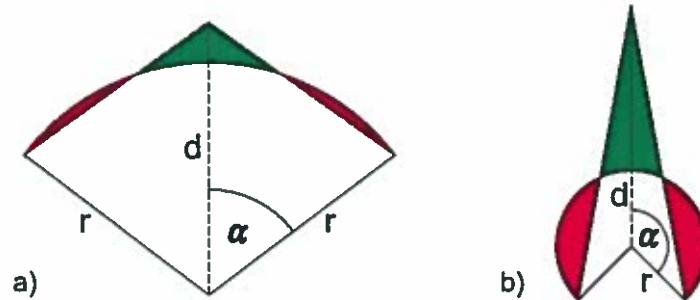
Dla tak sformułowanego zadania znalazłem odległość d definiującą zależność dla siecznych opisujących aproksymowany łuk kołowy. Rozwiązanie zadania sprowadziłem do ułożenia równania kwadratowego w postaci:

$$(n - 2) * d^2 + 2 * r * d - \frac{\beta * r^2}{\sin(\beta/n)} = 0 \quad (1)$$

Ze względu na poszukiwanie długości rozwiązanie ogranicza się do jednego pierwiastka równania, drugi pierwiastek jest ujemny.

$$d = \frac{-2 \cdot r + \sqrt{\Delta}}{2 \cdot (n-2)} \quad (2)$$

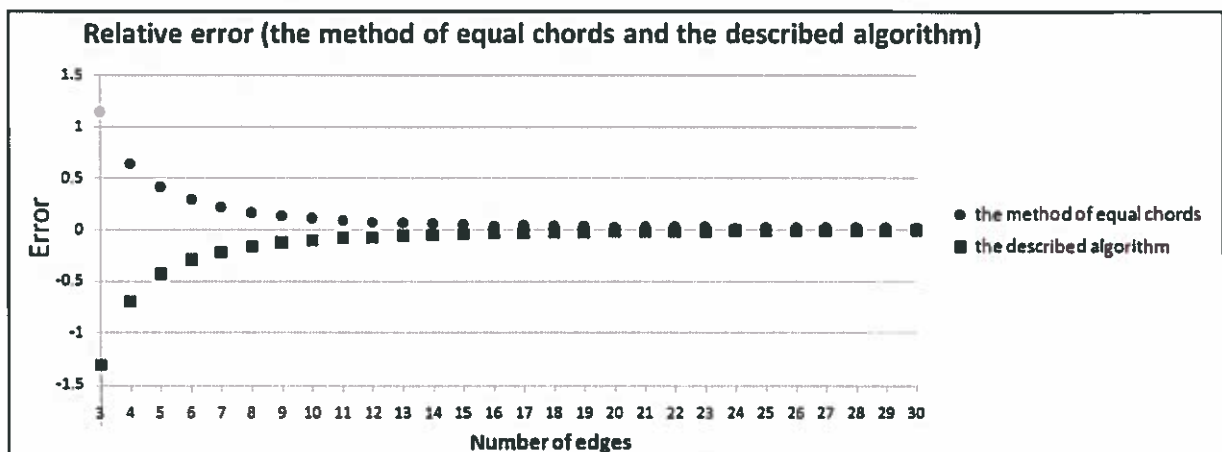
Opracowane równanie może być także użyte dla podziału kąta na $n=2$ części (Ryc. 10a). Upraszcza się ono w tym przypadku do postaci liniowej. Należy jednak zauważyć, że przy aproksymowanym kącie, którego miara zbliża się do kąta 2π radianów, zadanie nie polega już na znalezieniu przybliżenia aproksymowanego łuku (Ryc. 10b). Mamy tu raczej do czynienia ze znalezieniem czworoboku o równym w stosunku do wycinka łuku kołowego polu powierzchni (odległość d zmierza do ∞).



Ryc. 10. Podział łuku na dwie części

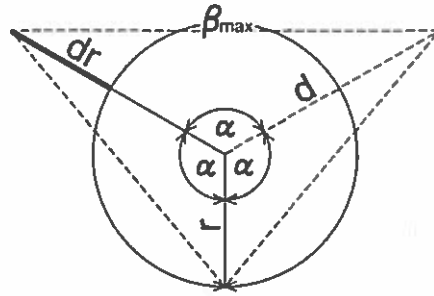
$$d = \frac{r \cdot \alpha}{\sin \alpha} \quad (3)$$

Algorytm został poddany testom na przykładowych łukach kołowych o miarach 1, 90, 180, 270 i 360 stopni. Aproksymacja polegała na podzieleniu łuku na 3, 10 i 1000000 części. Pole powierzchni w każdym z testowanych przypadków pozostało niezmienione. Wykonałem także obliczenia długości łuku i długości odpowiadających siecznych aproksymującej figury (Ryc. 11). Wyniki zestawilem z metodą równych cięciw.



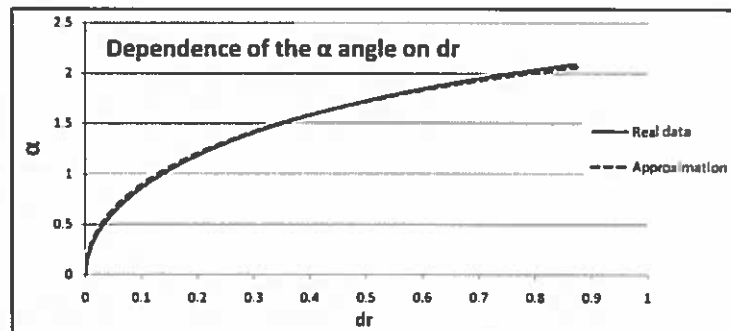
Ryc. 11. Błąd względny obwodu w zależności od liczby krawędzi dla przykładowego sektora kołowego = 90°, dla metody równych cięciw i opisanego algorytmu

Dla celów praktycznych opracowałem równanie opisujące zależność podziału aproksymowanego kąta od maksymalnego odsunięcia od linii łuku o promieniu r . Ze względu na postać uwikłaną funkcji posłużyłem się przybliżeniem. W pierwszym etapie sprowadziłem aproksymowany łuk do łuku jednostkowego (Ryc. 12).



Ryc. 12. Maksymalna odległość dr dla łuku jednostkowego.

Dla takiego założenia przygotowałem odpowiednie zestawy danych i aproksymowałem za pomocą programu komputerowego (Ryc. 13).



Ryc. 13. Zależność kąta α od dr dla łuku jednostkowego

Otrzymane rozwiązanie pozwala na użycie algorytmu w zadaniach praktycznych, dla $r \neq 1$, $dr = (d - r) / r$.

$$\alpha(dr) = \pi\sqrt{dr} - dr, \quad dr \in (0, 0.873] \quad (4)$$

$$n = \text{int}\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) + 1, \quad n \geq 3 \quad (5)$$

Wykorzystanie algorytmu nie ogranicza się jedynie do problemów poruszonych w dyrektywie INSPIRE. Częstość przypadkiem podczas analiz przestrzennych jest podział płaszczyzny na figury proste – np. triangulacja Delaunay'a. Jeżeli w analizowanym zbiorze znajdują się łuki kołowe, muszą być one aproksymowane do obiektów prostych. Użycie dotychczasowej metody równych cięciw już na samym początku wprowadza źródło błędów – zmianę powierzchni. Ten parametr (powierzchnia) w analizach przestrzennych jest kluczowy. Użycie opracowanego przeze mnie algorytmu uwalnia nas od tego problemu.

Kolejnym przypadkiem jest konwersja projektów opracowanych w systemie CAD z użyciem łuków do platformy GIS, z użyciem jedynie obiektów prostych – odcinków. Opracowany algorytm zapewnia zachowanie pól powierzchni w obu systemach.

Innym przykładem zastosowania jest problem generalizacji kartograficznej. Przedstawienie łuków kołowych za pomocą ich przybliżenia może odbyć się także za pomocą opisywanego algorytmu.

4.3.4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Wnioski z zakresu zaprezentowanego osiągnięcia naukowego „**Obiekty wirtualne w systemach katastralnych, oryginalne podejście algorytmiczne z uwzględnieniem aproksymacji łuków kołowych w odniesieniu do INSPIRE – Data Specification on Cadastral Parcels**”:

- Opracowana technologia, oparta na obiektach wirtualnych, jest alternatywą dla dotychczasowych metod pracy stosowanych w pracach modernizacyjnych w systemach katastralnych.
- Technologia ta została pozytywnie zweryfikowana podczas prac związanych z kampanią LPIS (zgodnie z wytycznymi INSPIRE) przeprowadzoną na terenie Polski południowej obejmującą około 1.5 miliona działek.
- Opracowane algorytmy kontroli topologii mogą być stosowane z powodzeniem także do weryfikacji dowolnych baz danych przestrzennych. Wraz z algorytmami automatycznej korekty błędów stanowią one technologię znacznie przyspieszającą prace modernizacyjne w obszarze map katastralnych.
- Problem redukcji łuków kołowych występujący w europejskich systemach katastralnych może być rozwiązany w oparciu o autorski algorytm aproksymacyjny. Założenia dyrektywy INSPIRE ograniczające model danych do obiektów prostych mogą być spełnione. Utrata informacji o powierzchni macierzystych działek, w skład których wchodzi łuki kołowe, może zostać wyeliminowana.

Opracowany oryginalny wkład autora do nauki stanowi:

- **algorytmiczny opis nowego typu danych przestrzennych (dla GM_Surface) – obiekty wirtualne,**
- **opracowanie oryginalnej metody aproksymującej łuki kołowe w oparciu o kryterium powierzchniowe.**

Literatura

1. Franco P. Preparata, Michael Ian Shamos. 2003. Geometria obliczeniowa: wprowadzenie. Gliwice: Helion. ISBN 83-7361-098-7.
2. Gaździcki, J., 1995. Cadastral systems. PPKW, Warsaw, 123 pages.
3. Hugo Ledoux, Ken Arroyo Ogori. 2017. Solving the horizontal conflation problem with a constrained Delaunay triangulation. *Journal of Geographical Systems* 2017/1, Volume 19, Issue 1, s.21–42.
4. INSPIRE. D2.8.I.6 Data Specification on Cadastral Parcels – Technical Guidelines, April 17, 2014.
5. INSPIRE. Data Specification on Cadastral Parcels – DRAFT Guidelines, December 19, 2008.
6. Klajnšek, G., Žalik, B., 2005. Merging polygons with uncertain boundaries. *Computers Geosciences*, 31: s.353-359.
7. Lagacherie, P., Andrieux, P., Bouzigues, R., 1996. Fuzziness and uncertainty of soil boundaries: from reality to coding in GIS. In: Burrough, P.A., Frank, A.U. (Eds.), *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries*. GISDATA2. Taylor & Francis, London: s.275–286.
8. Longley, P. A., et al., 2005. *Geographic Information Systems and Science*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 519 pages.
9. Maraş S.,S. et.al., 2010. Topological error correction of GIS vector data. *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 5(5), s.476-483.
10. Mark de Berg: *Geometria obliczeniowa : algorytmy i zastosowania*. 2007. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. ISBN 978-83-204-3244-2.
11. Nedas, K.A., Egenhofer, M. J. and Wilmsen, D., 2007. Metric details of topological line-line relations. *International Journal of Geographical Information Science*, 21 (1): s.21-48.
12. Sunghwan Cho, M. Xavier Punithan, Jonggun Gim & Yong Huh. 2014. Tagging-the-triangle algorithm for partitioning features with inconsistent boundaries, *International Journal of Geographical Information Science*, 28:12, 2533-2550, DOI: 10.1080/13658816.2014.937716
13. Van Oosterom, P., et al., 2006. The core cadastral domain model. *Computer, Environment and Urban Systems*, 30: s. 627-660.
14. ISO 19107:2003, *Geographic information—Spatial schema*.
15. ISO 19152, 2012. *Geographic information - Land Administration Domain Model (LADM)*.
16. <http://www.akademiainspire.pl/dyrektywa-inspire>, stan na marzec 2018.
17. <http://www.eurocadastre.org>, stan na marzec 2018.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Tematyka moich badań dotyczyła głównie zagadnień wynikających z tworzenia systemów informatycznych wspomagających prace kameralne. Pierwszym systemem był program napisany w ramach pracy magisterskiej w roku 1994. Został on stworzony w środowisku programu AutoCAD z wykorzystaniem między innymi języka LISP. Niestety, w tym czasie nie istniały szczegółowe wytyczne techniczne odnoszące się do tematu mapy numerycznej. Koncepcję systemu opracowałem samodzielnie, co pozwoliło mi zwrócić uwagę na problematykę z tym związaną. Całość pracy, oprócz modułu do rysowania map, zawierała także program do obliczeń z możliwością eksportu wyników w postaci elementów punktowych i zakodowanych linii do programu AutoCAD.

Po zatrudnieniu na Uniwersytecie Rolniczym w roku 1999 na stanowisku asystenta kontynuowałem prace badawcze nad automatyzacją prowadzenia prac kameralnych. W tym czasie powstał opracowany przeze mnie system wspomagania prac kameralnych - Mapa Kontekstowa (MK), który opierał się na założeniach i zaleceniach instrukcji K-1 z roku 1998. Oprócz podstawowych funkcji ułatwiających tworzenie mapy numerycznej, system ten zawierał także narzędzia wspomagające jej tworzenie: przenoszenie punktów do rysunku, podział na arkusze sekcyjne, podstawowe obliczenia, generowanie warstw, wspomaganie obsługi inwestycji.

Wybrane publikacje lub doniesienia konferencyjne z tego tematu:

- Zygmunt M. 2001. Mapa Kontekstowa. Zorientowany geodezyjnie system do MicroStation. I Ogólnopolskie Targi Geodezji, Szacowania Nieruchomości, Systemów Informacji Przestrzennych. Konferencja naukowa nt. Rola geodezji w nowym tysiącleciu. Olsztyn 28-29 kwietnia 2001.
- Zygmunt M. 2002. Mapa Kontekstowa – system geodezyjny do MicroStation i GeoOutlook. Magazyn Geoinformacyjny „Geodeta”. 2002/2. s. 40-41.
- Jagielski A. GEODEZJA II, Wydanie I. Kraków 2003, Zygmunt M., rozdział: Mapa Kontekstowa – program do tworzenia mapy numerycznej. s.424-443. ISBN 83-88195-24-7.

Ze względu na specyfikę zagadnień, z którymi miałem styczność, prowadziłem prace badawcze dotyczące algorytmów geometrycznych i ich wykorzystania w geodezji i kartografii. Bliskie kontakty z Krakowskim Biurem Geodezji i Terenów Rolnych zaowocowały projektem nad rozwiązaniem problemu automatyzacji prac scaleniowych. Ze względu na brak nowoczesnego systemu informatycznego w tamtym czasie podjąłem się opracowania jego koncepcji i wykonania. Opracowałem moduł pracujący w środowisku mapy numerycznej, którego głównym zadaniem było generowanie rejestru przed i po scaleniu oraz prowadzenie prac projektowych (projektowanie na zadaną wartość, powierzchnię oraz szerokość działki). Za rozwiązania i wdrożenia systemu w całej Polsce otrzymałem w roku 2006 nagrodę Ministra Budownictwa za wybitne osiągnięcia twórcze w zakresie geodezji i kartografii (wspólnie z drugim autorem systemu, dr. hab. inż. Jarosławem Janusem). Temat ten stanowił także podstawę mojej pracy doktorskiej.

Wybrane publikacje lub doniesienia konferencyjne z tego tematu:

- Litwin U., Zygmunt M. 2005. Nowa technologia generowania rejestru gruntów przed scaleniem. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie.
- Janus J., Zygmunt M. 2005. Technologia kompleksowej automatyzacji prac scaleniowych. Mat. XVII Sesji Nauk. Techn. z cyklu „Aktualne zagadnienia w geodezji i kartografii”. Nowy Sącz, s.55–72.
- Żak M. 2006. Skrypt „Geodezyjne Urządzenie Terenów Rolnych” Kraków. Zygmunt M., rozdział: Wykorzystanie środowiska graficznego CAD do prowadzenia prac scaleniowych na przykładzie programu MKScal. s. 97-99. ISBN: 83-60633-02-9.
- Zygmunt M. 2010. „Projektowanie działek metodą iteracyjną”. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich 3/2010. s. 89-94. PAN ISSN 1732-5587.
- Zygmunt M., Janus J. 2011. Rozdział pt. "MKScal-system kompleksowej obsługi scaleń gruntów", str. 136-155. Geodezja w gospodarce nieruchomościami. Jagielski A., Marczevska B. Kraków 2011, wydanie 1, Tom 3. ISBN: 978-83-922884-8-0.

Specyfika prac urządzeniowo-rolnych, którymi się zajmowałem, zaowocowała także badaniami nad rozłogiem działek. Ze względu na rozbudowany system informatyczny, nad którym pracowałem (MK), mogłem przystosować go do zadań ściśle związanych z przygotowaniem danych do analiz przestrzennych. Badania, które były prowadzone, posłużyły w późniejszym czasie do automatyzacji prac związanych z przygotowaniem projektu scalenia.

Wybrane publikacje lub doniesienia konferencyjne z tego tematu:

- Gniadek J., Harasimowicz S., Zygmunt M. 2003. Badania rozłogu działek przeznaczonych pod użytki zielone z wykorzystaniem mapy numerycznej na przykładzie wsi Staniątki. Mat. VI Konf. Nauk.-Tech. „Problemy Automatyzacji w Geodezji Inżynierskiej”. Warszawa, s.78-89.

- Gniadek J., Harasimowicz S., Zygmunt M. 2003 Zmienność ukształtowania rozłogu działek w rejonach o dużym rozdrobieniu gruntów na przykładzie wsi Staniątki. AR w Krakowie, Inżynieria Rolnicza 3(45), T.II. s.261-273.
- Gniadek J., Harasimowicz S., Zygmunt M. 2003. Wykorzystanie mapy numerycznej do zautomatyzowania badania rozłogów działek przeznaczonych pod użytki zielone (na przykładzie wsi Staniątki). Geodezja, Kartografia i Fotogrametria, nr 63, Min. Oświaty i Nauki Ukrainy, Wyd. Politechniki Lwowskiej, s.92-96.
- Gniadek J., Harasimowicz S., Zygmunt M. 2004. Wpływ rozłogów działek przeznaczonych pod użytki zielone i przestrzennych cech gospodarstw na koszty uprawowe (na przykładzie wsi Staniątki). W materiałach Międzynarodowej Konferencji Naukowej nt. Monitorowanie środowiska metodami teledetekcji, fotogrametrii i geoinformatyki. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 15, s.13-22

Badania, które prowadziłem, dotyczyły także zagadnień związanych z numerycznym modelem terenu. Opracowałem oryginalny algorytm triangulacji Delaunay'a z ograniczeniami. Wyniki badań posłużyły do zajęcia się problemem praktycznego generowania numerycznego modelu terenu wraz z weryfikacją. Wyniki wszystkich opracowań były testowane przez firmy geodezyjne w ramach systemu MK.

Wybrane publikacje lub doniesienia konferencyjne z tego tematu:

- Zygmunt M. 2004. Autorska metoda tworzenia nieregularnej siatki trójkątów prowadząca do triangulacji Delaunay'a z ograniczeniami. Monitorowanie Środowiska Metodami Teledetekcji, Fotogrametrii i Geoinformatyki. s.63-68. ISBN 83-915723-1-5.
- Derwisz J., Zygmunt M. 2005. Przykład praktycznego rozwiązania problemu generowania numerycznego modelu terenu w oparciu o siatkę nieregularnych trójkątów. Kartografia numeryczna i informatyka geodezyjna. Mat. konferencyjne. s. 39-43. ISBN 83-87027-44-8.

Udział w grantie „Opracowanie zintegrowanego systemu ochrony i kształtowania krajobrazu rolniczego i antropogenicznego na przykładzie wybranych gmin Polski południowej” w latach 2009-2011 pozwolił mi na wykorzystanie zdobytych doświadczeń związanych z numerycznym modelem terenu. Mój wkład dotyczył zagadnień związanych w budową DTM (Digital Terrain Model) na podstawie różnych źródeł danych i wizualizacji 3D. Tematyka wizualizacji była także przedmiotem badań w ramach grantu Vital Landscapes – Central Europe Project, 2012. W ramach prac związanych z przygotowaniem materiałów do prac koncepcyjnych wykonałem między innymi ekspertyzę nt. „Opracowanie metodyki przetwarzania danych 2D, 3D pochodzących z różnych źródeł z wykorzystaniem pakietu „Surfer” oraz MicroStation dla potrzeb technologii związanej z przygotowaniem wizualizacji 3D”.

Wybrane publikacje lub doniesienia konferencyjne z tego tematu:

- Litwin U. 2010. Sztuka oceny i interpretacji przestrzeni. Praca zbiorowa. Rozdział nr 4. Litwin U., Piasek Z., Piech I., Zygmunt M. Narzędzia fotogrametryczne i teledetekcyjne do oceny zmian krajobrazu. s.119-145. PAN ISSN 0079-4299.
- Litwin U., Mitka B., Pijanowski J.M., Szelest P., Zygmunt M. 2013. Modern Methods Of 3d Visualisation Of Landscape And Their Role In Local Development Projects. [W:] Vital Landscapes – Valorisation and Sustainable Development of Cultural Landscapes using Innovative Participation and Visualisation Techniques, University of South Bohemia, Monographic Volume edited by Jan Tešitel, Burkhardt Kolbmüller and Gernot Stöglehner, s. 84-96.
- Gryboś P., Kaletowska M., Litwin U., Pijanowski J.M., Szeptalin A., Zygmunt M. 2013. Data Preparation for The Purposes of 3d Visualization. Geomatics Landmanagement and Landscape. 2013/1, s.31-40.

- Litwin U., Pijanowski J.M., Szeptalin A., Zygmunt M. 2013. Application of surfer software in densification of digital terrain model (DTM) grid with the use of scattered points. Geomatics, Landmanagement and Landscape. 2013/1, s.51-62.
- Litwin U., Pijanowski J.M., Zygmunt M. The issue of visualization of point objects. Geomatics, Landmanagement and Landscape. 2013/2, s.57-64.
- Referat wygłoszony na sympozjum Vital Landscapes – Czeskie Budziejowice 22-23/03/2012, nt. DTM creation with use of Bentley's software. The complement of technology with Golden Software's products.

Problematyka generowania numerycznego modelu terenu została poruszona także podczas prac nad koncepcją katastru wielowymiarowego. Badania dotyczyły przejścia z modelu katastru 2D na system „3D + czas”. Ukształtowanie terenu w tym temacie jest kluczowe, gdyż jedynie pełna informacja przestrzenna powinna być wyjściem dla analiz czasowych (+ czas). Kataster zawierający pełną informację może być użyty w szerokim zakresie do zarządzania przestrzenią. Do realizacji tych celów mogą być użyte nowoczesne narzędzia bazodanowe oraz oprogramowanie GIS lub CAD.

Wybrane publikacje lub doniesienia konferencyjne z tego tematu:

- Siejka M., Ślusarski M., Zygmunt M. 2014. 3D + time Cadastre, possibility of implementation in Poland. Survey Review, Vol. 46 (No335), s.79-89.
- Cienciąła A., Florek R., Dawidowicz A., Żróbek R., Hopfer A., Pietrzak L., Cegielski S., Ślusarski M., Siejka M., Zygmunt M., Śliwiński Ł., Parzych P., Bydłosz J., Karabin M. 2016. Kierunki rozwoju polskiego katastru na tle rozwiązań światowych. Monografia. Wyd. Politechnika Warszawska.

W latach 2008-2010 uczestniczyłem w realizacji programu wieloletniego Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, w zadaniu 1.4 pt. „Analiza zmian w gospodarowaniu ziemią oraz ocena przekształceń na obszarach wiejskich”. Prace dotyczyły tematów wygenerowania zmian wykorzystania przestrzeni w analizowanych pilotażowo gminach:

- Niegosławice, pow. Żagań, woj. lubuskie,
- Klucze, pow. Olkusz woj. małopolskie,
- Nowe Miasteczko, pow. Nowa Sól, woj. lubuskie,
- Drezdenko, pow. Strzelecko-drezdeński, woj. lubuskie.

Na bazie danych map ewidencyjnych w skali 1:5000 w postaci cyfrowej w/w gmin przeprowadzono prace studialne. Uwzględniono przy tym treści miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego lub programów urządzeniowo-rolnych. Kierownikiem projektu był prof. dr hab. Franciszek Woch, pracownik instytutu. Z wynikami analiz można zapoznać się np. w pracy: Franciszek Woch, Roman Woch. 2014, Zmiany Użytkowania Przestrzeni Wiejskiej w Polsce, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr I/1/2014, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, s. 111–124, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi.

Mariusz Zygmunt