

Autoreferat

1. Piotr Cichociński

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

1.07.1993 r. Dyplom: magister inżynier w zakresie geodezji i kartografii, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

19.10.2000 r. Stopień naukowy: doktor nauk technicznych w dyscyplinie geodezja i kartografia, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. Tytuł pracy doktorskiej: *Model dynamicznego kształtowania zbiorów danych w systemach informacji przestrzennej*

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

od 1.10.1993 r. asystent w Zakładzie (następnie Katedrze) Informacji o Terenie na
do 30.11.2000 r. Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

od 1.12.2000 r. adiunkt w Katedrze Informacji o Terenie (obecnie Katedra Geomatyki) na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

od 1.10.2009 r. starszy wykładowca w Instytucie Inżynierii Technicznej Państwowej Wyższej Szkoły Techniczno-Ekonomicznej im. ks. Bronisława Markiewicza w Jarosławiu

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. nr 65, poz. 595 ze zm.)

a) tytuł osiągnięcia naukowego

„Zastosowanie systemów informacji geograficznej i metod geostatystyki do taksacji nieruchomości”

b) jednotematyczny cykl publikacji¹

34. Cichociński P.: *Modelowanie dostępności komunikacyjnej nieruchomości jako atrybutu niezbędnego w procesie wyceny*. Roczniki Geomatyki 2006, tom IV, zeszyt 3, s. 71-80. (udział własny 100%)

¹ Numeracja zgodna z listą wszystkich opublikowanych prac naukowych (przedstawioną na stronie 38).

36. Cichociński P.: *Zastosowanie metod kartograficznych i geostatystycznych do wstępnej analizy rynku nieruchomości*. Studia i materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości 2007, volume 15, number 3-4, s. 155-166. (udział własny 100%)
 38. Cichociński P.: *Zastosowanie zaawansowanych reguł topologicznych w procesie budowania baz danych przestrzennych wspomagających wycenę nieruchomości*. Roczniki Geomatyki 2007, tom V, zeszyt 3, s. 29-35. (udział własny 100%)
 44. Cichociński P.: *Ocena możliwości automatyzacji procesu wyznaczania atrybutów nieruchomości dla potrzeb wyceny*. Studia i materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości 2009, volume 17, number 2, s. 65-76. (udział własny 100%)
 46. Cichociński P.: *Próba zastosowania metod geostatystycznych do taksacji nieruchomości*. Roczniki Geomatyki 2009, tom VII, zeszyt 4, s. 17-24. (udział własny 100%)
 58. Cichociński P.: *Porównanie metod interpolacji przestrzennej w odniesieniu do wartości nieruchomości*. Studia i materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości 2011, volume 19, number 3, s. 120–132. (udział własny 100%)
 61. Cichociński P.: *How to Calculate Real Estate Accessibility*. Proceedings of FIG Working Week 2012 in Rome, Italy, 6-10 May 2012. (udział własny 100%)
- c) omówienie celu naukowego wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Geneza, cele i tezy cyklu publikacji

System informacji geograficznej (SIG) to specjalny rodzaj systemu informatycznego pozwalający na pozyskiwanie, przetwarzanie i udostępnianie danych posiadających odniesienie geograficzne. Podstawową cechą odróżniającą go od innych systemów informatycznych jest to, że tworzące go obiekty są określone przestrzennie.

W ramach prowadzonych w Polsce od blisko dwudziestu lat prac nad informatyzacją państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego powstaje coraz więcej różnorodnych baz danych SIG obejmujących: kataster gruntów i budynków, geodezyjną ewidencję sieci uzbrojenia terenu, obiekty topograficzne z numerycznym modelem rzeźby terenu, jak również różnorodne zagadnienia środowiskowe.

Od połowy lat dziewięćdziesiątych XX w. modernizacjom podlega również system wieczystoksięgowy. Realizowany przez Ministerstwo Sprawiedliwości projekt nowej księgi wieczystej łączy się z migracją danych w niej zawartych do postaci elektronicznej, co z kolei umożliwi jej skorelowanie z innymi bazami.

Jednym z nowych elementów występujących w tych systemach jest informacja o katastralnej wartości nieruchomości, która ma stanowić podstawę do postępowania fiskalnego. Zasadniczymi źródłami informacji wykorzystywanymi przy taksacji nieruchomości są dane zawarte w księgach wieczystych, katastrze nieruchomości, ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, studiach uwarunkowań

i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy. Znaczna część tych danych znajduje się już w bazach systemów informacji geograficznej.

Można zatem dostrzec zależność: informacja o katastralnej wartości nieruchomości jest elementem SIG, a bazy danych SIG mogą być podstawą do określania tej wartości nieruchomości. Bazy te są jednak rozproszone, znajdują w gestii wielu różnych instytucji i ich pozyskanie może być kłopotliwe. Ponadto nie zawierają one kompletu informacji niezbędnych do dokonania taksacji. Dokonany w pracy [27]² przegląd aktów prawnych w celu określenia atrybutów nieruchomości istotnie wpływających na cenę pokazał, że szczególnie duże znaczenie mają przestrzenne cechy nieruchomości (kształt, ukształtowanie powierzchni) oraz relacje z innymi obiektami w bliższym i dalszym sąsiedztwie (sieci uzbrojenia terenu, ważniejsze drogi, zakłady przemysłowe). Dane takie jednak nie są zapisywane w żadnej ze znanych autorowi publicznych baz danych, oprócz baz gromadzonych na indywidualne potrzeby przez poszczególnych rzeczoznawców majątkowych. Dlatego dla rozwiązania problemu brakujących informacji o charakterystycznych cechach nieruchomości zaproponowano w pracy [44] ich wyznaczenie z wykorzystaniem funkcji analitycznych oprogramowania GIS, po sformułowaniu odpowiednich algorytmów postępowania.

Rozpatrzono też, w pracy [38], ważne ze względu na pomyślne przeprowadzenie w praktyce powyższych działań, zagadnienie jakości danych (zwłaszcza geometrycznych) o nieruchomościach i innych obiektach wpływających na ich wartość. Wyróżniono w tym zakresie dwie grupy problemów: uzgodnienie („w poziomie”) granic sąsiadujących ze sobą obiektów, pochodzących z różnych zbiorów danych o takiej samej zawartości tematycznej oraz wzajemne uzgodnienie („w pionie”) położenia obiektów pochodzących z różnych warstw tematycznych, lecz zajmujących to samo miejsce w przestrzeni.

Istotną cechą nieruchomości, wpływającą na jej wartość katastralną jest lokalizacja, a co za tym idzie sąsiedztwo, zarówno pozostałych nieruchomości jak też innych obiektów. Dlatego istotne jest, aby uwzględnić w procesie taksacji ten fakt, poprzez użycie funkcji lepiej lokalnie dopasowanej i dającej przez to dokładniejsze wyniki. Możliwość taką daje wykorzystanie metod geostatystyki, polegających na analizie pojedynczych obserwacji (w tym przypadku nieruchomości) poprzez powiązanie ich z obiektami znajdującymi się w pobliżu oraz na wizualizacji wynikowych map.

Punktem wyjścia dla proponowanej nowej metody taksacji były obserwacje dokonane w trakcie prac nad przeglądem metod kartograficznych mogących mieć zastosowanie do analizy rynku nieruchomości. W publikacji [36] zaprezentowałem przykłady wskazujące, że do przedstawienia rozkładu wartości nieruchomości na badanym obszarze można wykorzystać wiele metod prezentacji kartograficznej. Przy analizie rozkładu przestrzennego

² W nawiasach kwadratowych zapisano odwołania do listy wszystkich opublikowanych prac naukowych (przedstawionej na stronie 38).

wartości nieruchomości na podstawie informacji o cenach jednostkowych niesłusznie zakłada się, że zmienność tych cen nie zależy wyłącznie od odmiennego położenia (lokalizacji) nieruchomości, lecz również od innych cech o charakterze nieprzestrzennym. Dlatego w publikacji [46] zasugerowano wydzielenie składowej ceny, zależnej od tych atrybutów nieprzestrzennych. Do rozwiązania tego zadania zaproponowano zastosowanie statystycznej metody analizy wariancji (ANOVA). Wyznaczony za jej pomocą przestrzenny składnik wartości nieruchomości – część wartości uzależniona wyłącznie od położenia nieruchomości i jej relacji przestrzennych z innymi obiektami mogącymi wpływać na tę wartość – mógłby być interpolowany metodą krigingu, która to metoda zapewnia najwyższą dokładność spośród istniejących metod interpolacji przestrzennej [58].

Opisane powyżej zagadnienia były podstawą prac prowadzonych pod moim kierownictwem w ramach projektu badawczego nr 4 T12E 016 29 *Zastosowanie systemów informacji geograficznej i metod geostatystyki do taksacji nieruchomości*, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2005-2008.

Przeprowadzone badania miały trzy następujące cele:

- naukowo – technologiczny,
- użytkowy,
- ekonomiczny.

Podstawowym celem naukowo-technologicznym było sformułowanie modelu taksacji nieruchomości. W części technologicznej uwzględniono możliwości współczesnego oprogramowania GIS oraz najnowsze osiągnięcia nauki światowej w zakresie geostatystyki. Opracowany model taksacji obejmuje:

- algorytmy określania atrybutów analizowanych nieruchomości,
- algorytmy wyznaczania wartości nieruchomości, ze szczególnym uwzględnieniem cech przestrzennych nieruchomości.

Celem użytkowym była implementacja zaproponowanych algorytmów i modeli w środowisku wybranego pakietu GIS oraz ich weryfikacja na wybranych danych przykładowych. Pozwoliło to na opracowanie „know-how” wykorzystania technik SIG i geostatystyki w taksacji nieruchomości.

Można przypuszczać, że rozwiązania przedstawione w cyklu publikacji będą miały istotny skutek ekonomiczny. Najistotniejszą korzyścią wydaje się udostępnienie narzędzi automatyzujących procesy przekształcania istniejących już danych cyfrowych w atrybuty nieruchomości. Pozwoli to na redukcję kosztów związanych ze zbieraniem informacji o cechach nieruchomościach mających wpływ na wartość, jak również ułatwi i przyspieszy samą taksację oraz zwiększy jej wiarygodność.

Na podstawie wyników badań zamieszczonych w cyklu publikacji można sformułować następujące tezy naukowe:

Teza 1:

Przy założeniu dostępności odpowiednich baz danych i z zastosowaniem narzędzi systemów informacji geograficznej możliwe jest wyznaczenie atrybutów nieruchomości niezbędnych do przeprowadzenia taksacji, wynikających z ich cech geometrycznych i relacji przestrzennych względem innych obiektów mających wpływ na wartość.

Teza 2:

Zastosowanie geostatystyki, a w szczególności funkcji krigingu, umożliwi oszacowanie przestrzennego rozkładu wartości nieruchomości na znacznych obszarach, przy jednoczesnym zapewnieniu minimalizacji błędów estymacji.

Teza 3:

Zastosowanie metod statystyki matematycznej pozwoli na wyznaczenie przestrzennego składnika wartości nieruchomości – wolnego od wpływu atrybutów uznaniowych (nieprzestrzennych).

Rozwiązanie zagadnień zawartych w tezach cyklu publikacji**Algorytmy wyznaczania dodatkowych atrybutów nieruchomości**

Wartość nieruchomości uzależniona jest od jej cech charakterystycznych, decydujących o atrakcyjności i tym samym przekładających się na uzyskiwaną cenę transakcyjną. Wiele z tych cech (Czaja, Parzych 1999, Czerkies 1998, Rozporządzenie 2005)³ ma charakter przestrzenny, to znaczy że zależy od położenia nieruchomości bądź jej kształtu:

- 1) przeznaczenie ustalone w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego (MPZP),
- 2) stan wyposażenia w urządzenia infrastruktury technicznej,
- 3) klasa gleboznawcza gruntu,
- 4) powierzchnia,
- 5) lokalizacja (strefa),
- 6) kształt, ukształtowanie terenu,
- 7) otoczenie (sąsiedztwo),
- 8) dostępność komunikacyjna (dojazd).

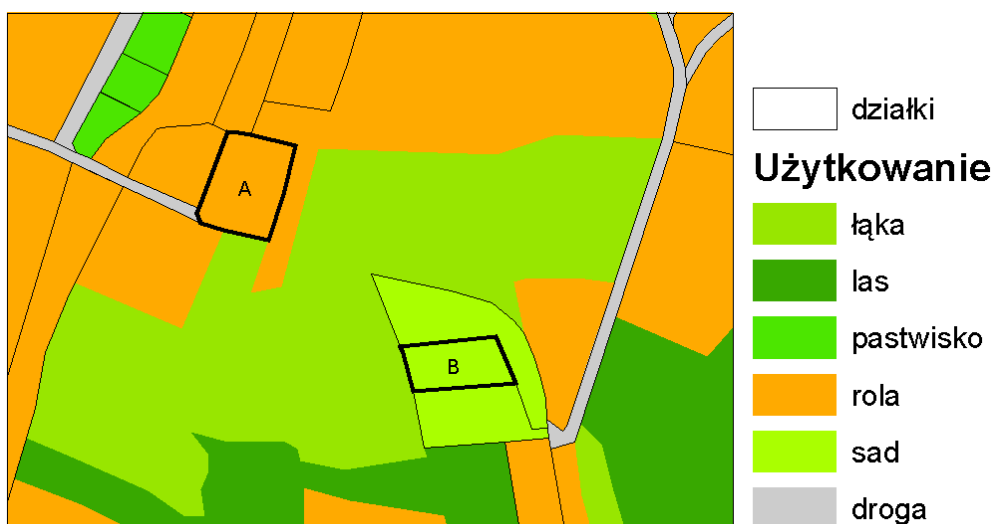
Cechy te tradycyjnie były określane na podstawie map lub poprzez wywiad terenowy. Zadanie takie jest wykonalne i ekonomicznie uzasadnione tylko w przypadku pojedynczych nieruchomości, lecz przestaje być opłacalne w przypadku wyceny masowej. Istotną staje się wtedy automatyzacja procesu pozyskania atrybutów nieruchomości niezbędnych do wykonania wyceny. Zagadnienie to rozwiązano, przedstawiając w pracy [44] propozycje

³ W nawiasach okrągłych zapisano odwołania do publikacji innych autorów.

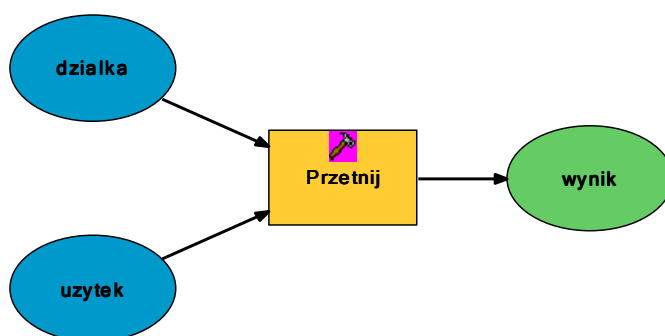
metod wyznaczenia atrybutów nieruchomości najczęściej wykorzystywanych w procesie wyceny, a także zasugerowano narzędzia umożliwiające realizację tych zadań w środowisku oprogramowania GIS.

W przypadku określania przynależności nieruchomości do obszarów jakiegoś nadrzędnego podziału przestrzeni, takiego jak strefa, przeznaczenie w MPZP, czy klasa gleboznawcza gruntu (rys. 1) zaproponowano wykonanie operacji przecięcia. W prostszym przypadku, gdy można założyć, że granice stref pokrywają się z granicami nieruchomości, to one są zbiorem wejściowym dla modelu (rys. 2).

Działka **A** jest położona w strefie "rola",
natomiast działka **B** należy do strefy "sad".

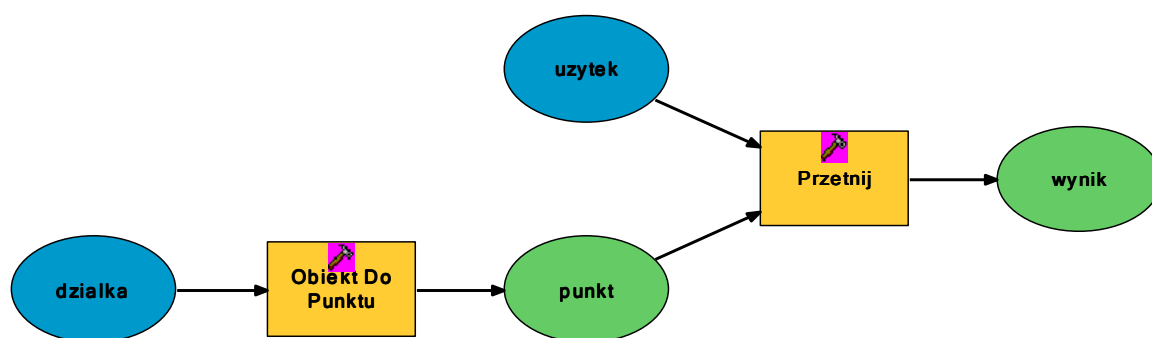


Rys. 1. Przynależność wybranych działek do obszarów form użytkowania terenu. Źródło: [44]



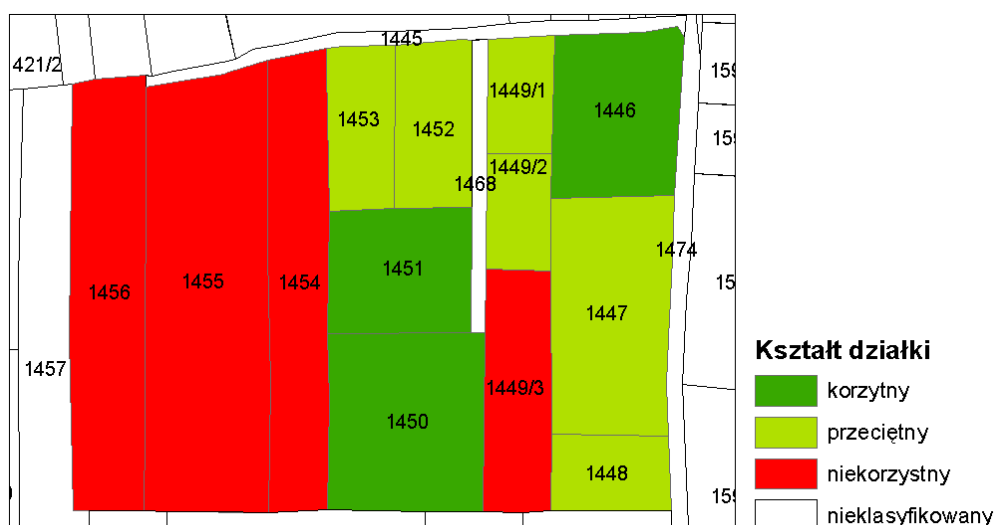
Rys. 2. Model prostej funkcji przecięcia wykorzystanej do wyznaczenia przynależności działek do poszczególnych stref w przypadku, gdy granice działek i stref wzajemnie się nie przecinają. Źródło: [44]

W bardziej skomplikowanym przypadku, gdy nieruchomość nie zawiera się całkowicie we wnętrzu strefy można rozważać położenie przeważającej części nieruchomości. Argument funkcji przecięcia będzie wtedy środek ciężkości nieruchomości zamiast całości (rys. 3).



Rys. 3 Bardziej skomplikowany model dla przypadku, gdy działka położona jest w więcej niż jednej strefie. Źródło: [44]

Klasyfikacja działek na podstawie kształtu



Rys. 4. Wynik klasyfikacji działek na podstawie kształtu. Źródło: [44]

Optymalne ze względu na możliwość zagospodarowania są działki o kształcie prostokąta zbliżonego do kwadratu. Im ten prostokąt bardziej się wydłuża, tym działka staje się mniej przydatna, dochodząc ostatecznie braku możliwości wykorzystania (rys. 4). Decyduje o tym długość krótszego boku, którą można oszacować zakładając prostokątny lub do niego zbliżony kształt działki. Wychodząc od równań na pole powierzchni i obwód prostokąta dochodzi się do następującego równania kwadratowego:

$$2a^2 - aL + 2P = 0 \quad (1)$$

gdzie:

a – jeden z boków prostokąta

L – obwód,

P – pole powierzchni.

Wyróżnik tego równania opisany wzorem:

$$\Delta = L^2 - 16P \quad (2)$$

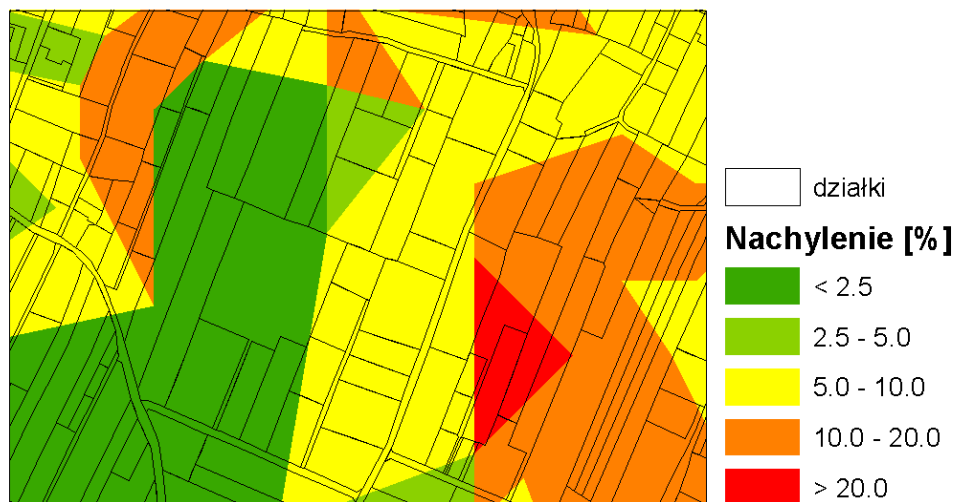
będzie w praktyce zawsze większy od 0 (może być równy 0 wyłącznie w przypadku działki dokładnie kwadratowej), zatem mniejsze z dwóch możliwych rozwiązań opisuje wzór:

$$a = \frac{L - \sqrt{\Delta}}{4} \quad (3)$$

dający w wyniku długość krótszego boku działki.

Przyjmuje się, że najwygodniejsze do zagospodarowania są działki płaskie z nachyleniem nieprzekraczającym 3° (5%). Nachylenie na poziomie 8° (14%) wymaga już konstruowania specjalnych fundamentów, które komplikują się jeszcze bardziej przy nachyleniu 17° (30%), chociaż posadowienie budynku jest możliwe nawet na stoku o nachyleniu 30° (58%) (Lipski 2009). Maksymalne nachylenie stoku można określić na podstawie numerycznego modelu terenu (rys. 5).

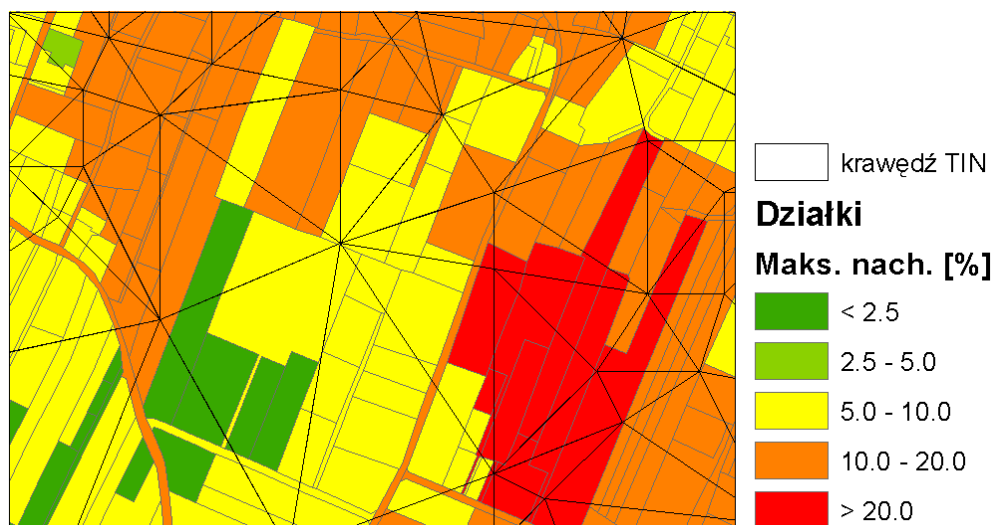
Trójkąty modelu TIN
sklasyfikowane na podstawie nachylenia



Rys. 5. Klasyfikacja nachylenia terenu pod względem przydatności do zabudowy. *Źródło:*

[44]

Maksymalne nachylenie działek, wyznaczone na podstawie trójkątów modelu TIN



Rys. 6. Prezentacja maksymalnych nachyleń poszczególnych działek. *Źródło:* [44]

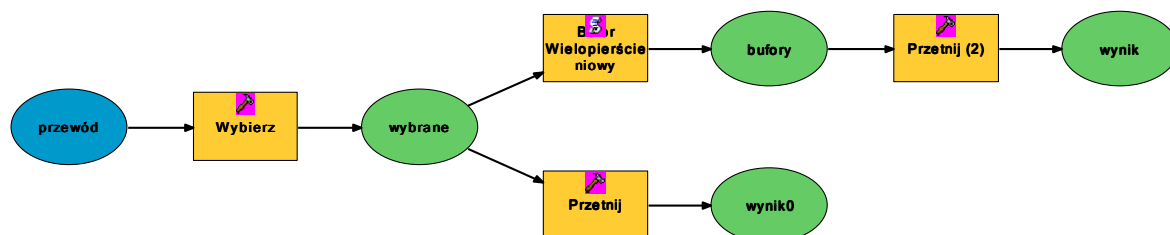
Posługując się mechanizmem opisanym powyżej przy określaniu przynależności do stref, można następnie wyznaczyć dla każdej działki zakres nachyleń, w którym znajduje się jej większa część (rys. 6).

Miarą stanu wyposażenia w urządzenia infrastruktury technicznej jest albo informacja o istniejącym podłączeniu do sieci uzbrojenia terenu (należąca raczej do grupy cech opisowych i wynikająca na przykład z ewidencji budynków) lub też o warunkach potencjalnego podłączenia. O możliwości dokonania podłączenia (oprócz uwarunkowań technicznych) decyduje często odległość najbliższego przewodu. Proponowany algorytm obejmuje przecięcie odcinków uzbrojenia posiadających techniczne możliwości przyłączenia z warstwą działek celem znalezienia tych, przez które przechodzi, a następnie wyznaczenie buforów wielopierścieniowych o wielkościach wyznaczających kolejne zakresy odległości i ich przecięcie z warstwą działek celem określenia przynależności poszczególnych działek do kolejnych stref (rys. 7, rys. 8).

Strefy buforowe wokół przewodu uzbrojenia terenu



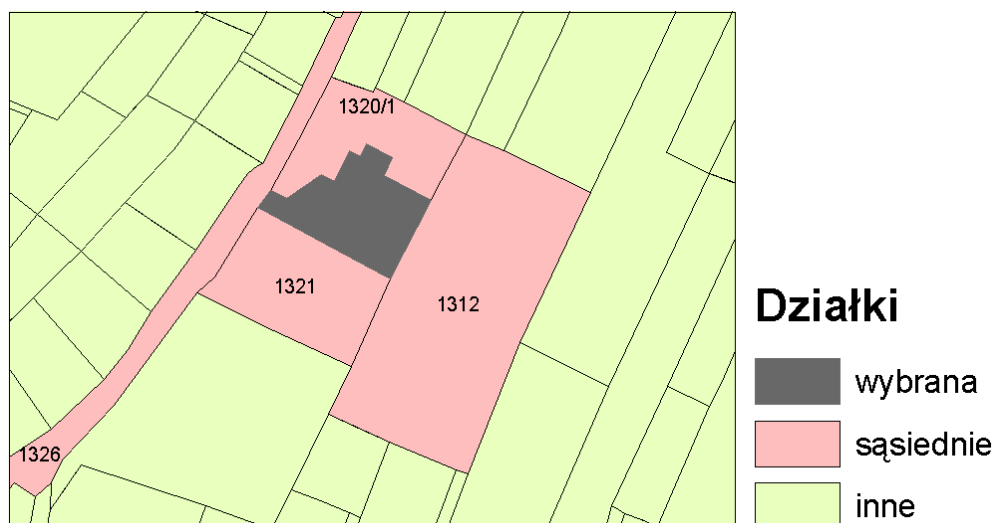
Rys. 7. Przynależność działek do poszczególnych zakresów odległości od przewodu uzbrojenia. Źródło: [44]



Rys. 8. Model funkcji określającej przynależność działek do poszczególnych zakresów odległości od przewodu uzbrojenia. Źródło: [44]

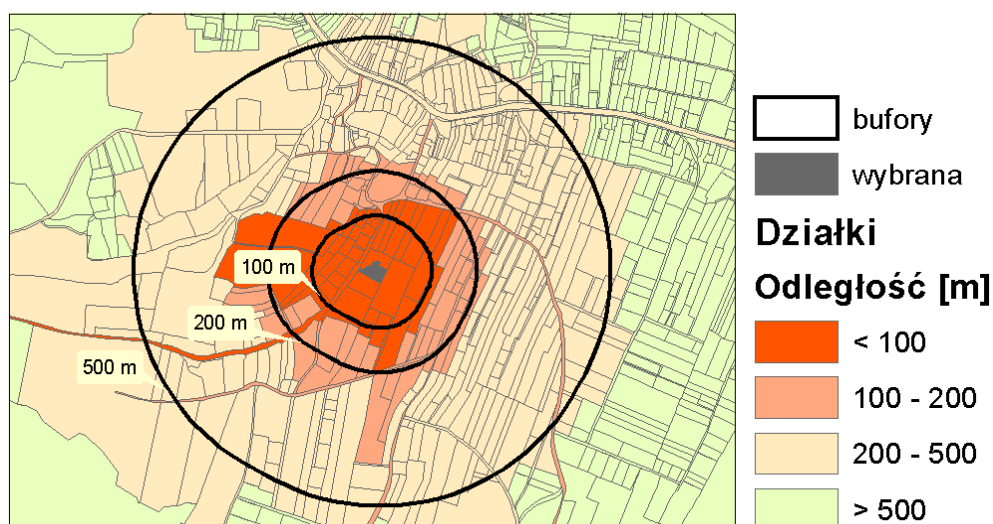
Na określenie sąsiedztwa obiektów zarówno wpływających na podniesienie wartości jak i na jej obniżenie, pozwala topologiczny zapis danych geometrycznych dostępny w zaawansowanych programach GIS (ESRI 2004). Można tę funkcjonalność wykorzystać na dwa sposoby: albo znajdując nieruchomości sąsiadujące z danym obiektem (rys. 9) albo też wyznaczając wokół takiego obiektu strefy buforowe o coraz większym promieniu, odpowiadające zmniejszaniu jego wpływu, a następnie określając przynależność nieruchomości do poszczególnych stref sposobem wcześniej już opisanym (rys. 10).

Działki sąsiadujące z wybraną



Rys. 9. Wynik selekcji działek sąsiadujących ze wskazanym obiektem. Źródło: [44]

Strefy buforowe wokół wybranej działki



Rys. 10. Przynależność działek do poszczególnych zakresów odległości od wybranej działki.

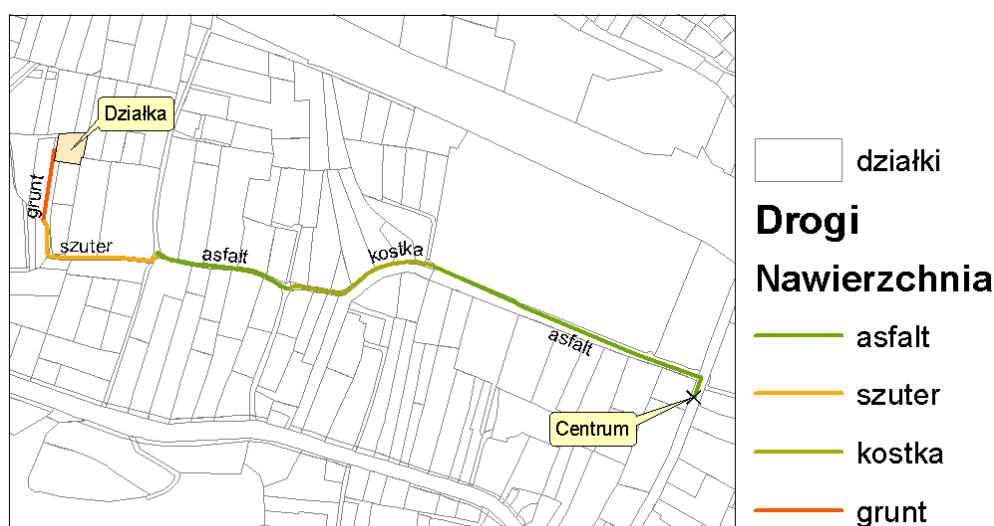
Źródło: [44]

W szczególny sposób zostało potraktowane zagadnienie określania dostępności komunikacyjnej, ponieważ zostały mu poświęcone dwie publikacje: [34] i [61]. Związane to jest z większym stopniem skomplikowania wymaganych analiz wynikającym albo z tego, że

nie bierze się pod uwagę odległości euklidesowej, lecz rozważany jest ruch odbywający się po sieci dróg i ulic lub też komplikację powoduje dwuetapowość analizowanego ruchu, składającego się z dojścia pieszego do przystanku, a następnie po pewnym czasie oczekiwania przejazdu środkami komunikacji zbiorowej.

Do określenia optymalnej trasy dojazdu (a tym samym jej długości i czasu trwania podróży) z nieruchomości do wybranego centrum (rys. 11) można się posłużyć funkcją znajdowania najlepszej drogi (ESRI 1996). Trzeba jednak uwzględnić jedną niedogodność, którą jest konieczność wykonania takiego zespołu analiz dla każdej nieruchomości oddzielnie.

Najlepsza droga od działki do centrum oraz rodzaj nawierzchni



Rys. 11. Optymalna trasa dojazdu z nieruchomości do wybranego centrum wraz z informacją o rodzaju nawierzchni. Źródło: [44]

Takiej wady nie ma druga z dostępnych funkcji wektorowych analiz sieciowych, umożliwiająca określenie obszaru obsługi. Można ją stosować zarówno do wyznaczenia stref o określonym czasie dojazdu do centrum dla przypadku poruszania się własnym środkiem lokomocji, jak również do wyliczenia czasu dojścia do najbliższego przystanku (rys. 12).

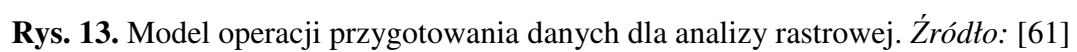
Strefy reprezentujące czasy dojścia do przystanku



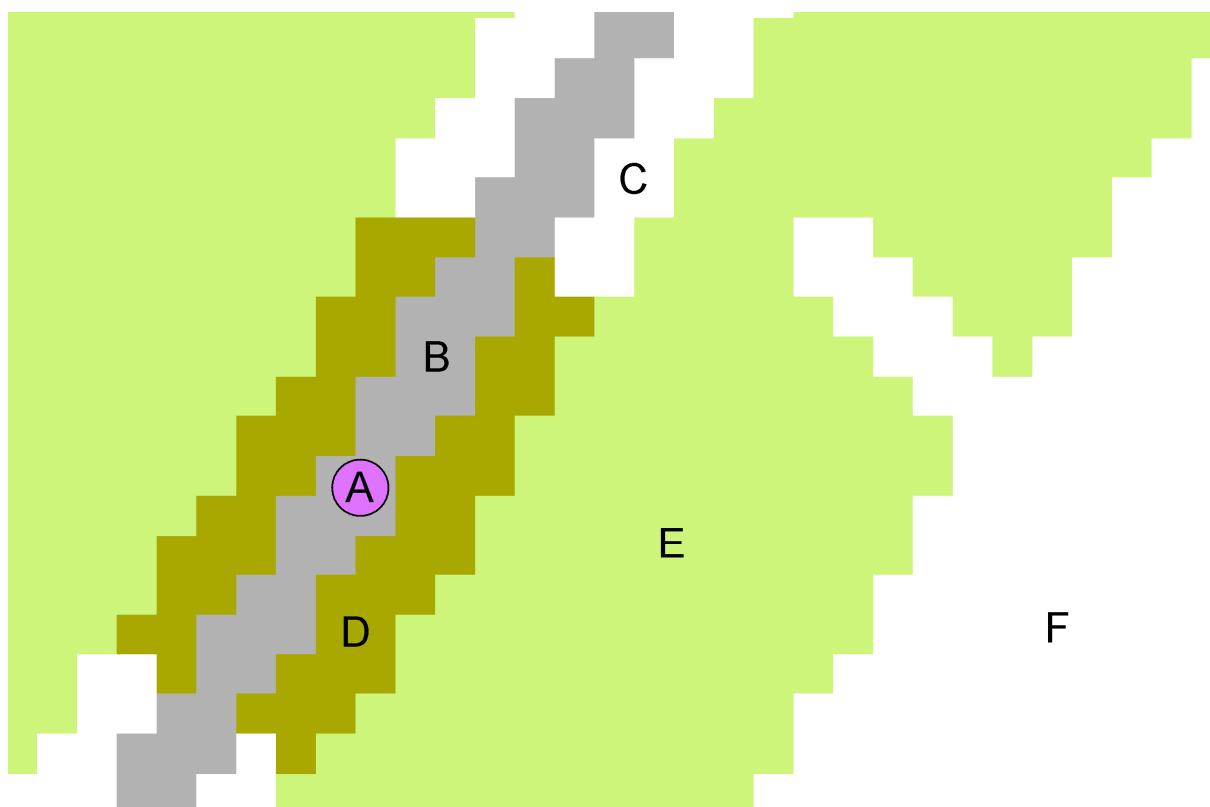
Rys. 12. Przynależność działek do poszczególnych zakresów odległości od przystanku.

Źródło: [44]

Przedstawione powyżej analizy o charakterze wektorowym ograniczone są do poruszania się po elementach sieci drogowej, niestety również dla ruchu pieszego. Dlatego w publikacji [34] zaproponowano, a w pracy [61] udoskonalono metodę, wykorzystującą rastrowy model danych, łączącą w jednej analizie ruch pieszego (również poza siecią ulic) i dojazd środkami komunikacji zbiorowej.



W tym celu zbudowano w programie ArcGIS model analizy przedstawiony na rysunku 13. Wynikiem jego działania (rys. 14) były przede wszystkim obszary dróg, którymi przebiegają linie komunikacji zbiorowej i gdzie ruch jest najszybszy. Zostały one otoczone wąskimi obszarami opisanymi atrybutem o wartości *NoData* (brak danych), zabezpieczającymi przed możliwością opuszczenia drogi poza przystankami. Na większości pozostałego terenu zakłada się, że możliwy jest ruch pieszy, z wyjątkiem terenów zajętych przez budynki i budowle, wody płynące i stojące, linie kolejowe oraz obszary o ograniczonym dostępie (na przykład tereny wojskowe). W szczególny sposób zapisano czas oczekiwania na przystanku. Wokół przystanków utworzono bufory większe niż strefa *NoData*, łączące obszary ruchu pieszego i drogi, umożliwiające „dojście” do przystanku. Przypisano im wartość atrybutu reprezentującego opór ruchu odpowiadającą czasowi oczekiwania, wyznaczonego zgodnie z zaleceniami (Transport for London 2010) jako połowa czasu pomiędzy kolejnymi odjazdami.



Rys. 14. Powiększony fragment rastrowego zbioru danych przygotowanego do analizy: A – przystanek, B – linie komunikacji zbiorowej, C – obszar *NoData* (brak danych), D – „czas oczekiwania”, E – obszar ruchu pieszego, F – przeszkody. Źródło: [61]

W wyniku działania funkcji Koszt Odległości otrzymano raster o wartościach pikseli odpowiadających czasowi dotarcia z nich do punktu centralnego. Rysunek 15 prezentuje ten raster po reklasyfikacji, wykonanej w celu wprowadzenia kilku przedziałów czasu o wielkości 5 minut.



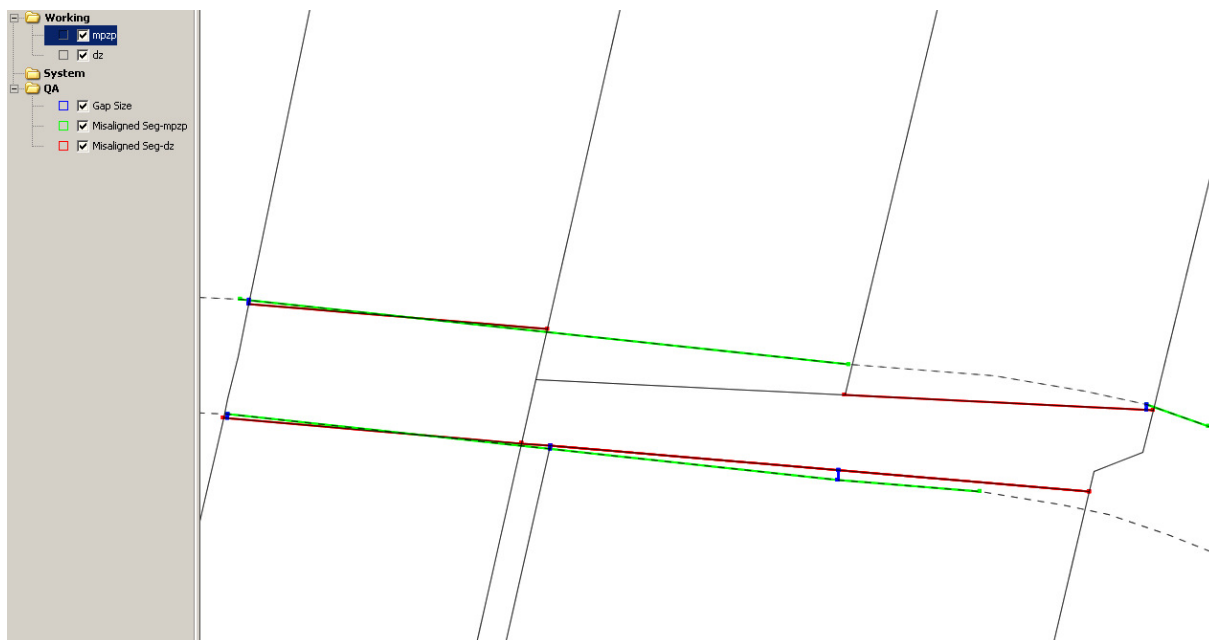
Rys. 15. Wynik analizy uwzględniającej dojazd środkami komunikacji zbiorowej w połączeniu z ruchem pieszym do przystanku. Źródło: [61]

Jakość danych geometrycznych o nieruchomościach

Możliwość przeprowadzenia opisanych powyżej analiz i uzyskanie poprawnych wyników ściśle jest uzależniona od jakości dostępnych danych. Coraz szersze możliwości pozyskiwania i wymiany danych cyfrowych powodują konieczność dokonania wzajemnych uzgodnień zbiorów danych i tym samym doprowadzenia do spójności. Można w tym zakresie wyróżnić dwie grupy problemów:

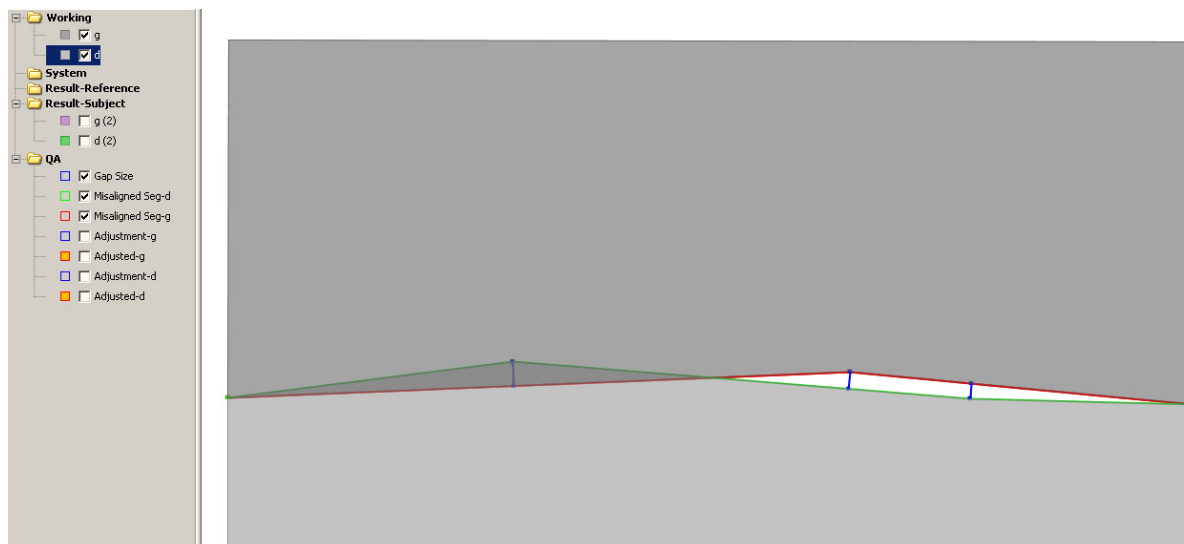
- **Wzajemne uzgodnienie („w pionie”) położenia obiektów pochodzących z różnych warstw tematycznych, ale zajmujących to samo miejsce w przestrzeni.** Przykładem tego typu działania może być uzgodnienie wybranych odcinków granic działek z wybranymi odcinkami granic różnych form użytkowania terenu. Rozwiązanie tego problemu nie jest jednoznaczne, ponieważ nie wszystkie granice muszą się pokrywać. Konieczne jest zatem wyróżnienie tych odcinków granic, które powinny być zgodne, od pozostałych, dla których ta zgodność nie jest wymagana. Można się w tym przypadku posłużyć dwoma kryteriami wynikającymi z przyjętego założenia, że rozbieżności w położeniu obiektów nie przekraczają pewnych wartości progowych. Miarami takiej rozbieżności są wielkość odsunięcia od siebie dwóch obiektów oraz kąt pomiędzy nimi. Wynikiem są odcinki linii granicznych w obu

porównywanych zbiorach znajdujące się względem siebie nie dalej niż określona przez użytkownika wartość i o kącie pomiędzy nimi mniejszym niż podana wartość. Dodatkowo zwizualizowana wielkość odchyłki pozwala na ocenę każdego błędu przez operatora (rys. 16).



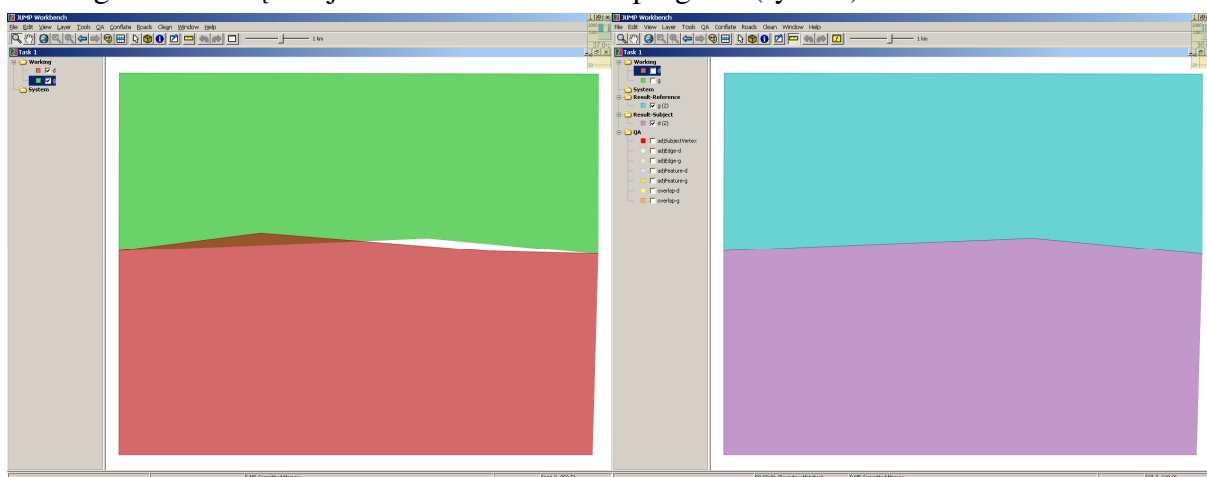
Rys. 16. Odcinki linii granicznych w obu porównywanych zbiorach (wyróżnione odpowiednio kolorem zielonym i czerwonym) znajdujące się względem siebie nie dalej niż określona przez użytkownika wartość i o kącie pomiędzy nimi mniejszym niż podana wartość. Źródło: [38]

- **Uzgodnienie („w poziomie”) granic sąsiadujących ze sobą obiektów pochodzących ze zbiorów danych o takiej samej zawartości tematycznej.** Problem taki występuje wtedy, gdy tworzone są ciągłe zbiory danych poprzez połączenie fragmentów, takich jak na przykład arkusze map. Zagadnienie to można rozwiązać na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest połączenie zbiorów częściowych w jeden zbiór, do którego obiektów można będzie zastosować reguły topologiczne badające jego wewnętrzną poprawność: „nie mogą się nakładać” i „nie mogą mieć luk”. Rezultatem będzie wyróżnienie obszarów niespełniających tych reguł. Drugim rozwiązaniem jest znalezienie różniących się, a odpowiadających sobie zewnętrznym linii granicznych w porównywanych zbiorach, sposobem zaprezentowanym powyżej (rys. 17).



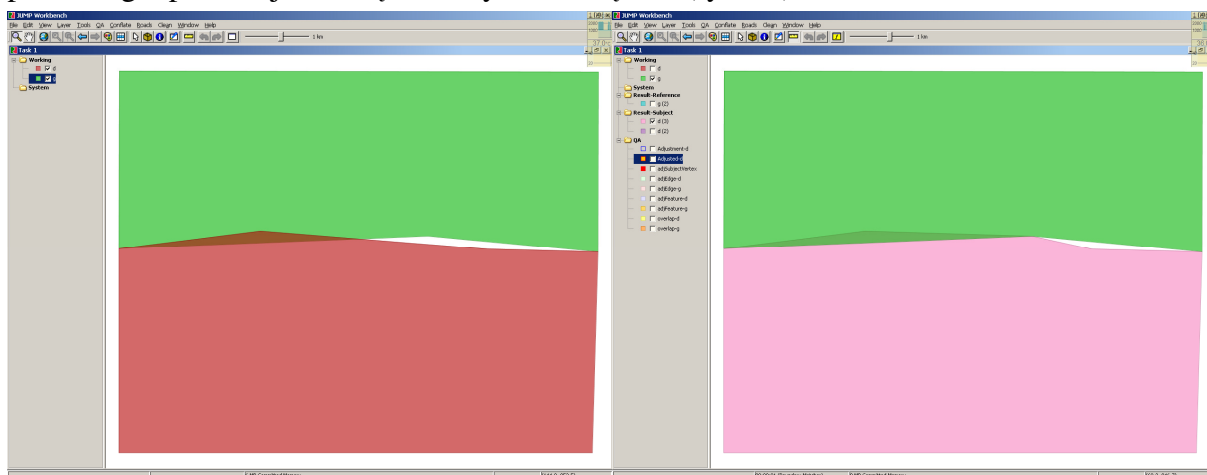
Rys. 17. Odpowiadające sobie, a różniące się przebiegiem zewnętrzne linie graniczne w porównywanych zbiorach. Kolorem zielonym i czerwonym zaznaczono różniące się odcinki granic w obu zbiorach, niebieskie odcinki symbolizują miejsca wystąpienia i wielkości maksymalnych odchyłek. Źródło: opracowanie własne

Po wychwyceniu opisanych powyżej nieścisłości należy przystąpić do ich usunięcia. Znajduje tutaj zastosowanie technika opisywana angielskim terminem *conflation*. Polega ona na łączeniu co najmniej dwóch różnych, obejmujących sąsiadujące ze sobą fragmenty przestrzeni zbiorów danych, celem utworzenia nowego zbioru. Działanie takie może zostać wykonane w dwóch wariantach. W wariantcie pierwszym, przy założeniu stałości (niezmienności) granic jednego ze zbiorów, dokonuje się dopasowania do nich granic ze zbioru drugiego położonych w odległości nie większej niż określona wartość progowa (rys. 18).

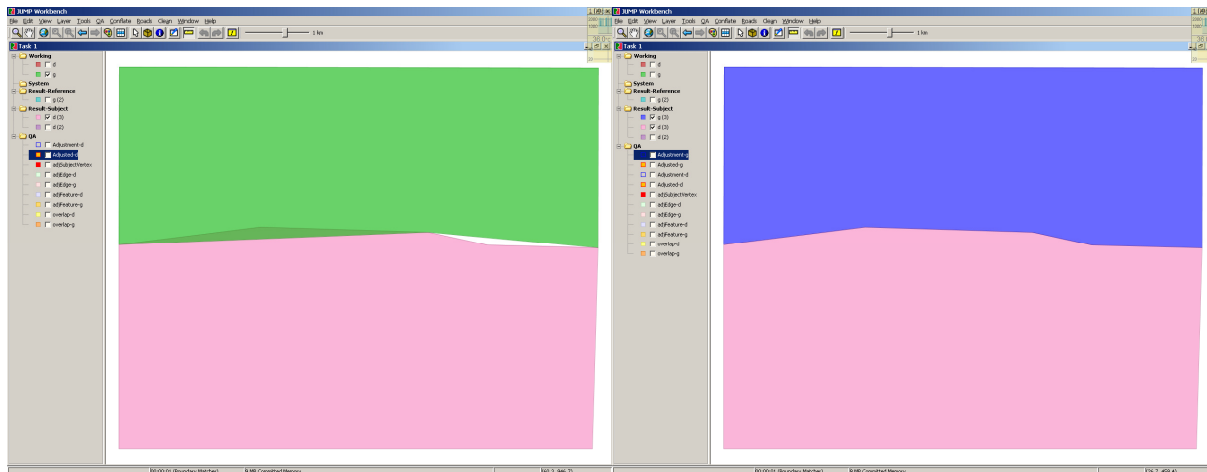


Rys. 18. Przy założeniu stałości (niezmienności) granic jednego ze zbiorów, dokonywane jest dopasowanie do nich granic ze zbioru drugiego, położonych w odległości nie większej niż określona wartość progowa. Źródło: opracowanie własne

Natomiast wariant drugi, zakładający modyfikacje obu zbiorów, musi być wykonany dwuetapowo. Realizacja kroku pierwszego z uwzględnieniem dwóch parametrów tolerancji opisanych powyżej, powoduje tylko częściową poprawę błędów poprzez modyfikację kształtu obiektów jednej tylko warstwy tematycznej (rys. 19). Dopiero wykonanie kolejnego etapu, uwzględniającego drugi, nie poprawiony jeszcze zbiór oraz poprawioną wersję zbioru pierwszego, powoduje usunięcie wszystkich błędów (rys. 20).



Rys. 19. Dane wejściowe i wynik etapu pierwszego. Następuje tylko częściowa poprawa błędów, poprzez modyfikację kształtu obiektów jednej tylko warstwy tematycznej. Źródło: opracowanie własne



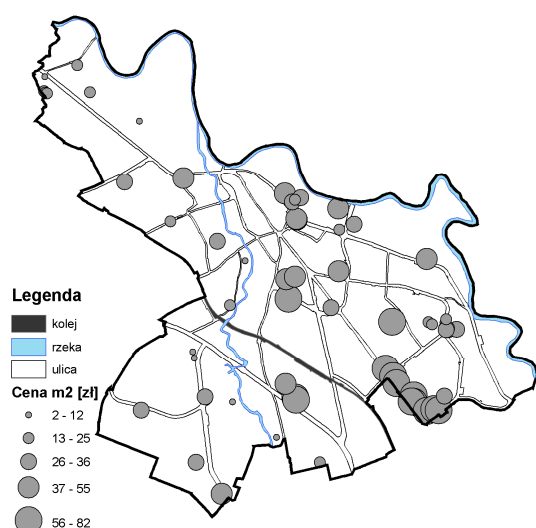
Rys. 20. Dane wejściowe i wynik etapu drugiego. Wszystkie błędy zostają usunięte. Źródło: opracowanie własne

Zastosowanie metod prezentacji kartograficznej w analizach rynku nieruchomości

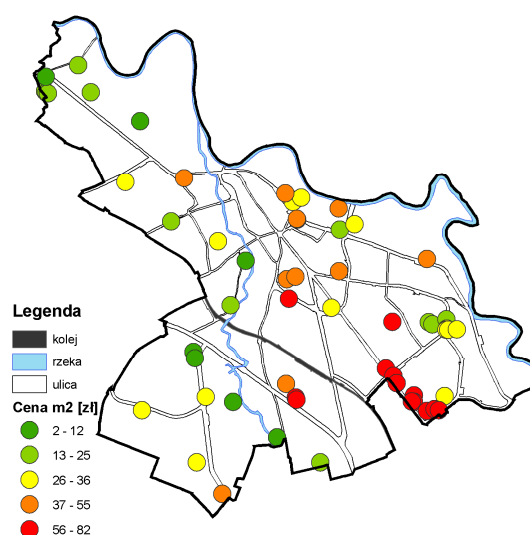
Podjęcie jakiegokolwiek działania związanego z rynkiem nieruchomości (takiego jak na przykład zakup czy wycena), poprzedzone powinno zostać analizą tego rynku. Jednym z elementów takiej analizy jest zapoznanie się z przestrzennym rozkładem wartości nieruchomości. Znajomość rozkładu cen i wartości nieruchomości jest jednym z podstawowych czynników umożliwiających podejmowanie poprawnych decyzji

o charakterze przestrzennym. Do prezentacji wartości nieruchomości na mapach, spośród dwóch metod prezentacji kartograficznej: jakościowych i ilościowych, zastosowanie może znaleźć ta druga grupa. Z listy wielu metod ilościowych na szczególną uwagę zasługują: metoda kartogramu i metoda izolinii, czyli izarytmiczną wraz z metodą izochromatyczną (Ratajski 1989). Po pewnych modyfikacjach do prezentacji zjawisk ilościowych można również użyć w zasadzie jakościowej metody sygnaturowej.

Istotą metody sygnaturowej jest oznaczenie położenia obiektów i zjawisk za pomocą znaków punktowych lub liniowych. Zastosowanie metody sygnaturowej do prezentacji zjawisk ilościowych polega na operowaniu wielkością sygnatur punktowych, głównie geometrycznych. Najczęściej będzie to koło (rys. 21), lecz może być także trójkąt, kwadrat, romb, etc. Drugą możliwością jest posłużenie się, przy stałej wielkości sygnatury, kolorystyką zmieniającą się według uporządkowanej skali (rys. 22).



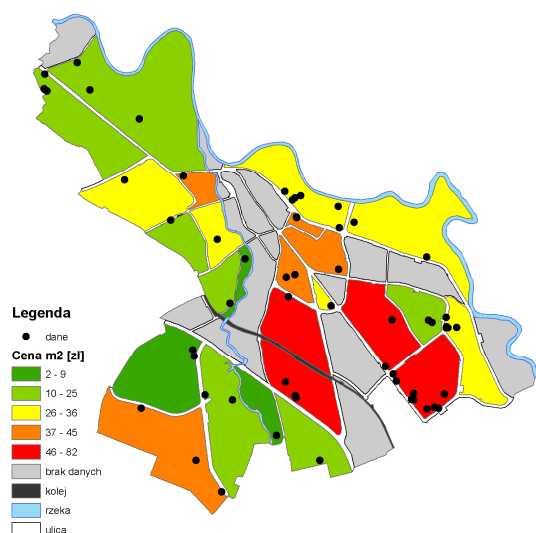
Rys. 21. Metoda sygnaturowa – sygnatury geometryczne o zmiennej wielkości.
Źródło: [36]



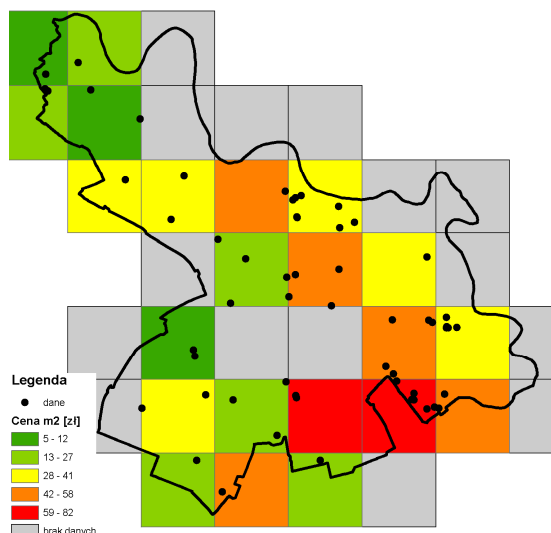
Rys. 22. Metoda sygnaturowa – sygnatury geometryczne o zmiennej kolorystyce.
Źródło: [36]

Kartogram jest metodą ilościową służącą do przedstawienia zmienności zjawiska odniesionej do sieci pól zwanej układem odniesienia. W przypadku prezentacji wartości nieruchomości tym sposobem konieczne jest przyjęcie założenia, że wartości te na pewnym obszarze będą zbliżone. Warunek taki będą w przyszłości spełniać strefy taksacyjne wyznaczone w ramach analizy danych dla potrzeb powszechnej taksacji (Rozporządzenie 2005). Układem odniesienia mogą być również powierzchnie dzielnic, obrębów lub kwartałów ulic (rys. 23), a także układy pól o wielkości, kształcie i granicach dobranych odpowiednio do zadania, dla którego gromadzi się informacje. Optymalne okazały się pola w kształcie kwadratów, ze względu na łatwość wyznaczania ich granic (rys. 24). Przypisane polom wartości powstały z uśrednienia cen jednostkowych działek objętych danym polem. Dane opisujące poszczególne pola mogą być przedstawione na kartogramie w sposób ciągły, a więc przez

ukazanie każdej indywidualnej wartości w stopniu, na jaki pozwala dokładność rysunku (kartogramy ciągłe) albo w zaprezentowany tutaj sposób skokowy, czyli po uprzednim podzieleniu całej zbiorowości na klasy, których odpowiednikami będą kolejne znaki legendy (kartogramy skokowe, czyli właściwe).



Rys. 23. Metoda kartogramu połowego ilościowego – polami są kwartały ulic.
Źródło: [36]



Rys. 24. Metoda kartogramu połowego ilościowego – pola w kształcie kwadratów.
Źródło: [36]

Przy założeniu płynnej zmienności wartości w przestrzeni pomiędzy nieruchomościami o znanej wartości można do jej zaprezentowania posłużyć się metodą izolinii. Metoda ta, zwana również metodą izarytmiczną, opiera się na wyrażeniu zmienności przestrzennej zjawiska za pomocą układu linii krzywych (izolinii) nieprzecinających się, którym przypisano kolejne wzrastające lub malejące wartości. Linie tworzone są poprzez połączenie punktów o jednakowych wartościach. Obraz zmienności zjawiska, wyrażony na mapie metodą izarytmiczną można znacznie uczynić przez pokrycie znakami powierzchniowymi, tworzącymi skalę barw, pól między sąsiednimi izoliniami. Powstaje w ten sposób mapa izochromatyczna.

Zbiory punktów o znanej wartości, pod względem liczby i rozmieszczenia są zwykle niewystarczające do wyznaczenia izolinii i konieczne jest ich uzupełnienie. Dokonuje się tego najczęściej w procesie interpolacji przestrzennej. Głównym wyzwaniem stojącym przed wykonawcami takiego zadania jest uzyskanie jak najdokładniejszej powierzchni z istniejących próbek, jak również scharakteryzowanie błędu i zmienności prognozowanej powierzchni.

Obiekty geograficzne położone bliżej siebie, są z reguły (co potwierdza wiele obserwacji) bardziej podobne od tych położonych dalej. Wartości nieruchomości nie są tutaj wyjątkiem. Zatem dla określenia (wyinterpolowania) wartości w nieznanym punkcie, można wykorzystać wartości punktów położonych w pobliżu. Wraz ze zwiększaniem się odległości wpływ

punktów danych maleje, a dodatkowo ich wartość może znacznie odbiegać od tych położonych bliżej. Trzeba zatem określić, ile i z jakiej maksymalnej odległości punktów użyć i jaki powinien być ich wpływ na oczekiwany wynik.

Do dyspozycji są dwie główne grupy metod interpolacji: deterministyczne i geostatystyczne (Johnston i in. 2003). Deterministyczne techniki interpolacji pozwalają na tworzenie modelu jako jednoznacznie określonej powierzchni matematycznej. Najprostszą metodą deterministyczną jest metoda ważonych odwrotności odległości (*Inverse Distance Weighting* – IDW) (Karydas i in. 2009).

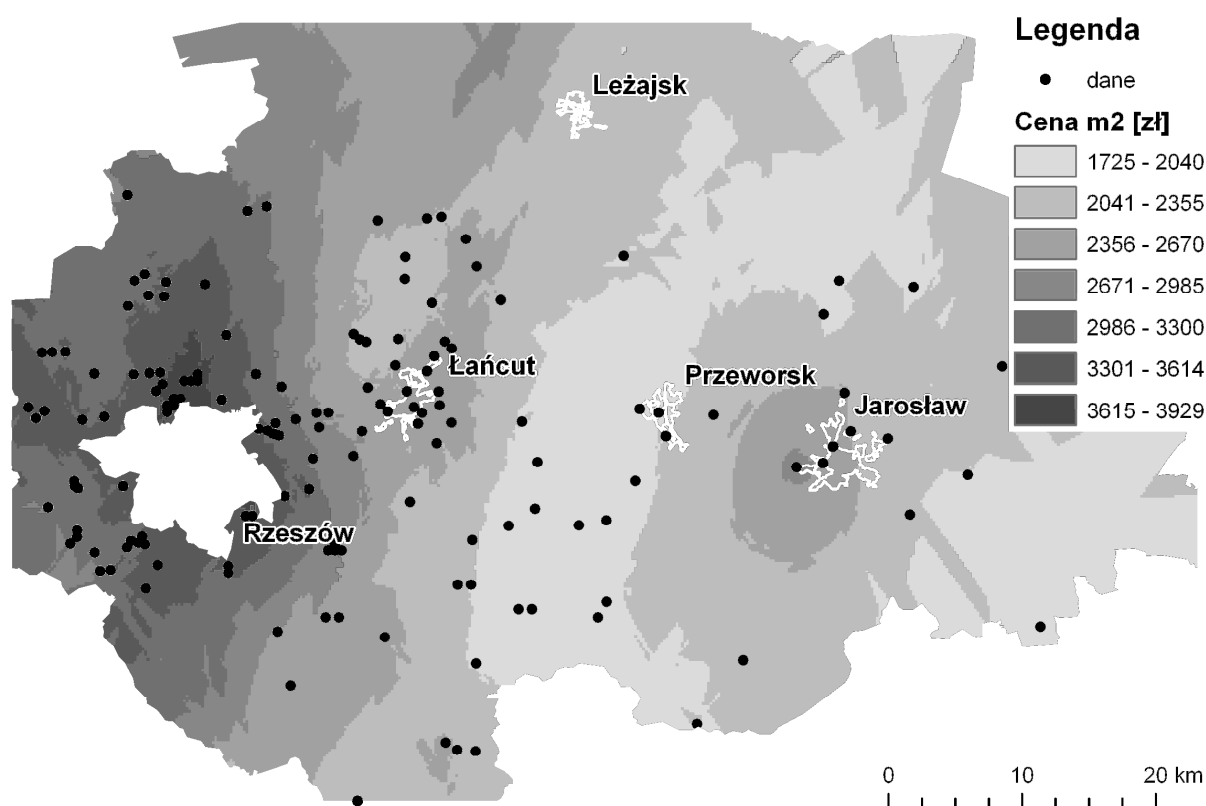
Drugą grupą metod interpolacyjnych są metody geostatystyczne oparte na modelach statystycznych wykorzystujących autokorelację przestrzenną (statystyczny związek pomiędzy punktami o znanych wartościach). Szacowanie wartości w miejscach, w których brak jest danych pomiarowych, może być prowadzone za pomocą metody estymacji zwanej krigingiem. Kriging jest podobny do IDW pod tym względem, że dla uzyskania prognozy w danym punkcie wagi wartości przyporządkowane pobliskim lokalizacjom. Jednakże wagi (nazywane współczynnikami krigingu) bazują nie tylko na odległości pomiędzy punktami, lecz także na ich przestrzennym uporządkowaniu. Wyznaczane są na podstawie układu równań wynikającego z warunku minimalizacji wariancji błędu. Błąd ten (nazywany wariancją krigingu) jest określony w punktach pomiarowych, jako różnica pomiędzy wartością estymowaną, a wynikiem pomiaru.

Tworzenie modelu prognozy metodą krigingu odbywa się w trzech etapach. W pierwszym dokonuje się wstępnego badania posiadanych danych i oceny podstawowych statystyk. Z analizy należy wykluczyć punkty odstające.

W etapie drugim przeprowadza się badanie przestrzennej struktury danych z wykorzystaniem funkcji wariogramu. Wariogram należy interpretować jako funkcję pokazującą zróżnicowanie wartości w dwóch punktach w odniesieniu do ich odległości i azymutu prostej przechodzącej przez te punkty (Isaaks, Srivastava 1989). Dokonuje się wyboru jednego z wielu teoretycznych modeli wariogramu, który najlepiej pokazuje średnią zmienność przestrzenną danych (Namysłowska-Wilczyńska 2006). Jednym ze sposobów wyboru optymalnego modelu, jest użycie go do krigingu i sprawdzenie uzyskanych wyników. W praktyce stosuje się tak zwaną ocenę krzyżową (*cross-validation*), dokonującą porównania wartości każdego punktu ze zbioru danych wejściowych z wartością uzyskaną z modelu wyliczonego na podstawie pozostałych punktów. Na tej podstawie wylicza się trzy parametry statystyczne: błąd średni (*mean error*), błąd średni kwadratowy (*mean squared error* – MSE) i błąd średni kwadratowy standaryzowany (*mean squared standardized error* – MSDR), obliczany na podstawie błędów średnich kwadratowych i wariancji krigingu. W idealnym przypadku błąd średni powinien wynosić 0, MSE powinien być równy wariancji, a MSDR powinien wynosić 1.

Po dopasowaniu modelu wariogramu w ostatnim, trzecim etapie wykorzystuje się funkcję krigingową do estymacji wartości nieruchomości w węzłach regularnej siatki. Najczęściej

wykorzystuje się kriging zwykły (*ordinary kriging*). W wyniku jego zastosowania otrzymuje się mapę oszacowanych wartości dla danego obszaru (rys. 25).



Rys. 25. Uzyskana metodą krigingu zwykłego mapa izochromatyczna prognozy jednostkowych cen wybranych, najczęściej występujących budynków mieszkalnych o średnim standardzie wykończenia i wyposażenia. Źródło: [58]

Dla opisanego w pracy [58] zbioru danych, obejmującego jednostkowe ceny ofertowe budynków mieszkalnych z terenu pięciu powiatów województwa podkarpackiego, uzyskano metodą krigingu zwykłego powierzchnię charakteryzującą się błędem średnim kwadratowym $MSE=1185$ i błędem średnim kwadratowym standaryzowanym $MSDR=0,967$. Po usunięciu 8 wartości odstających uzyskano poprawę wyników oceny krzyżowej o ponad 13% ($MSE=878,8$, $MSDR=0,9956$).

Nie w pełni satysfakcjonujące wyniki doprowadziły do konkluzji, że cena nieruchomości nie zależy wyłącznie od położenia, lecz również od jej cech nieprzestrzennych. Poszczególne budynki różnią się między innymi powierzchnią, liczbą kondygnacji, dostępnością mediów, stanem technicznym, wykończeniem i wyposażeniem. Podsumowano te cechy atrybutem o nazwie STANDARD, którego wartości pozwoliły podzielić wszystkie budynki na obszarze opracowania na trzy umowne klasy: gorsze, średnie i lepsze. Do dalszych działań wybrano nieruchomości reprezentujące poziom średni, jako najczęściej spotykane. Uzyskano poprawę

wyników oceny krzyżowej o kolejne 9% ($MSE=807,2$, $MSDR=1,009$). Wyznaczoną metodą krigingu zwykłego mapę prognozy pokazano na rysunku 25.

Dokonane w pracy [58] porównanie metod interpolacji przestrzennej pokazało, że większość metod deterministycznych charakteryzowała się relatywnie wysoką wartością błędu średniego. Zastosowanie metody geostatystycznej – krigingu dało lepsze wyniki, zapewne z tego powodu, że uwzględnia zarówno lokalne nieprawidłowości występujące w danych, jak również globalne trendy.

Wyznaczenie przestrzennego składnika wartości nieruchomości

Mając na uwadze zauważony w dotychczasowych badaniach zaburzający wpływ nieprzestrzennych cech nieruchomości na ocenę przestrzennego rozkładu wartości nieruchomości zaproponowano wydzielenie składowej ceny, zależnej od tych atrybutów nieprzestrzennych. Do rozwiązania tego zadania użyto statystycznej metody analizy wariancji (ANOVA).

Służy ona do badania wpływu czynnika klasyfikującego (mającego kilka poziomów) na wartość nieruchomości. Przyjmując poziomy czynnika za kryterium podziału, można wyodrębnić w badanej grupie nieruchomości k populacji. Na tej podstawie weryfikowana jest hipoteza zerowa, że średnie wartości nieruchomości w grupach są jednakowe:

$$H_0: m_1 = m_2 = \dots = m_k,$$

wobec hipotezy alternatywnej:

$$H_1: \text{co najmniej dwie średnie różnią się między sobą.}$$

Pozwala to na przetestowanie, czy wszystkie poziomy atrybutów mają ten sam wpływ na cenę. W przypadku odrzucenia hipotezy zerowej znaczące różnice wartości zostaną wyestymowane i odjęte od wartości poszczególnych nieruchomości. Zmienność wyliczonego w ten sposób przestrzennego składnika wartości nieruchomości będzie zależała wyłącznie od ich położenia (lokalizacji). Będzie go można interpolować celem wyznaczenia jego wartości dla pozostałych nieruchomości. Znajdzie tutaj zastosowanie opisana wcześniej metoda krigingu.

Uwzględniając następnie wartości nieprzestrzennych atrybutów tych pozostałych nieruchomości oraz wpływ ich poziomów na ceny nieruchomości, można wyznaczyć całkowitą wartość wszystkich nieruchomości na analizowanym obszarze. Zastosowanie tej metody znacząco upraszcza proces pozyskiwania atrybutów nieruchomości, ograniczając go tylko do cech nieprzestrzennych.

Jako pierwszy poddano analizie zbiór nieruchomości lokalowych, zawierający informacje o nieruchomościach znajdujących się w granicach byłej dzielnicy Krowodrza (obecnie dzielnice IV ÷ VII) miasta Krakowa, obejmujący 276 transakcji zawartych między październikiem 2004 a październikiem 2005 roku. Każda ze sprzedanych nieruchomości

została opisana 7 atrybutami. W pierwszej kolejności przy pomocy macierzy korelacyjnej sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy wartościami poszczególnych atrybutów, a ceną jednostkową. Z cech o charakterze nieprzestrzennym tylko atrybut „Standard” wykazał korelację na poziomie średnim, pozostałe zaś na niskim lub wręcz nieistotnym. Dla rozpatrywanej cechy przyjęto się następujące założenia:

- w każdej grupie cecha przedziałowa ma rozkład normalny,
- wariancja w każdej grupie jest taka sama (wszystkie wariancje są sobie równe).

Warunek normalności rozkładu cechy przedziałowej w każdej grupie sprawdzono z użyciem histogramów oraz skategoryzowanych wykresów prawdopodobieństwa. Równość wariancji, a więc i odchyłeń standardowych rozkładów cechy w każdej grupie zbadano poprzez zastosowanie testu Levene’a. Niestety okazało się, że poszczególne grupy nieruchomości nie są jednakowo zróżnicowane, ponieważ wystąpiły istotne różnice wariancji, co uniemożliwia stosowanie metod analizy wariancji, gdyż ewentualne uzyskane wyniki byłyby pozbawione wartości. Jedną z możliwych przyczyn takiego wyniku analizy może być stwierdzenie, że rynek nieruchomości w Polsce jest wciąż jeszcze słabo rozwinięty, niestabilny i mało przejrzysty (Rekomendacja 2000).

Dlatego postanowiono przetestować proponowaną procedurę na danych z innego, rozwiniętego rynku. Za taki można uznać rynek Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej. Wykorzystano dostępną w sieci Internet listę 211 transakcji sprzedaży budynków mieszkalnych z miasta Baltimore w stanie Maryland, które miały miejsce w roku 1978, opisanych 17 atrybutami (Dubin 1992).

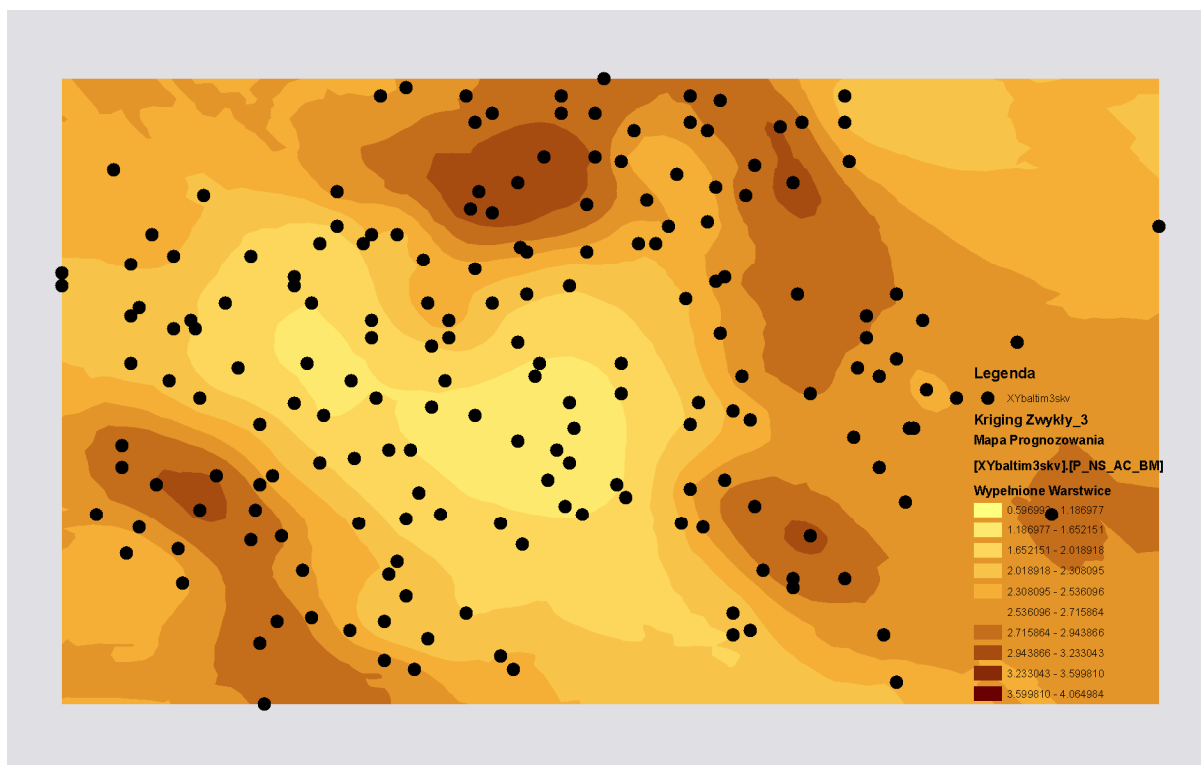
W pierwszej kolejności przy pomocy macierzy korelacyjnej sprawdzono, czy istnieje związek pomiędzy wartościami poszczególnych atrybutów a ceną jednostkową. Najmocniej skorelowany z ceną był atrybut NSTOR (liczba kondygnacji) i od niego rozpoczęto analizę wariancji. Sprawdzono normalność rozkładu i usunięto jedną wartość odstającą. Uzyskane z testu Levene’a p było znacznie większe od 0.05, co pozwoliło wykorzystać metodę ANOVA. Otrzymano p mniejsze od 0.05, zatem można było odrzucić hipotezę zerową i przyjąć hipotezę alternatywną o istnieniu istotnej statystycznie różnicy między średnią ceną jednostkową nieruchomości w każdej kategorii cechy NSTOR.

Dla zniwelowania wpływu zmienności ilości kondygnacji na cenę jednostkową nieruchomości obliczono różnice średnich cen jednostkowych w grupie drugiej i w pozostałych grupach, a następnie dodano te różnice do cen jednostkowych w poszczególnych grupach, zapisując wynik tej operacji jako atrybut P_NSTOR.

W podobny sposób zidentyfikowano jeszcze dwa atrybuty nieprzestrzenne istotnie wpływające na cenę i uwzględniono ich wpływ na cenę jednostkową nieruchomości. Na tym zakończono analizy wariancji uznając, że zmodyfikowana w powyżej opisany sposób cena jednostkowa (zapisana ostatecznie jako atrybut P_NS_AC_BM) została pozbawiona istotnych zależności od cech nieruchomości o charakterze nieprzestrzennym i jest zależna wyłącznie od

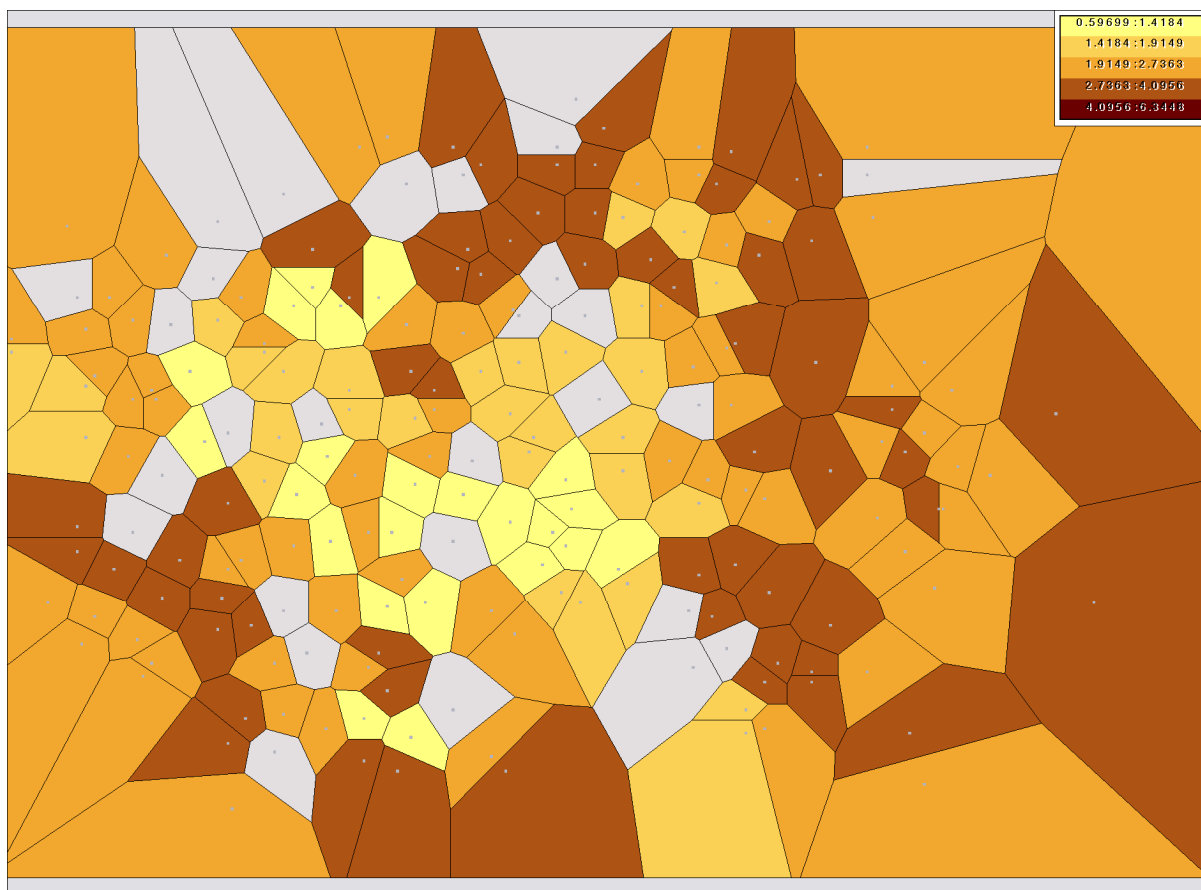
lokalizacji oraz, że będzie ją można interpolować metodą krigingu celem wyznaczenia jej wartości dla pozostałych nieruchomości.

Porównanie wyników interpolacji wykonanej w oparciu o dane surowe ($MSE=1.078$, $MSDR=1.049$) z wynikami interpolacji bazującej na przestrzennym składniku wartości nieruchomości pokazało wzrost dokładności prognozy o prawie 24% ($MSE=0.8195$, $MSDR=1.034$), a dodatkowe usunięcie z analizy nieruchomości o wartościach odstających spowodowało, że uzyskane wyniki są lepsze o ponad 40% ($MSE=0.6423$, $MSDR=1.000$). Ostateczną mapę prognozy wyznaczoną metodą krigingu zwykłego przedstawia rysunek 26.



Rys. 26. Wyinterpolowana metodą krigingu zwykłego mapa prognozy przestrzennego składnika jednostkowych cen nieruchomości, uzyskana na podstawie zbioru pomniejszonego o obiekty o wartościach odbiegających od tych, jakimi charakteryzują się nieruchomości sąsiednie. Źródło: [46]

Identyfikacji nieruchomości o wartościach odstających dokonano za pomocą diagramu Voronoi (rys. 27).



Rys. 27. Prezentacja zmodyfikowanych cen jednostkowych P_NS_AC_BM w postaci diagramu Voronoi z parametrem Klaster. Kolorem szarym wyróżniono wieloboki utworzone wokół punktów reprezentujących nieruchomości o wartościach odstających. Źródło: [46]

Oryginalne osiągnięcia zaprezentowane w cyklu publikacji

Za oryginalne osiągnięcia można uznać:

- 1) Opracowanie algorytmów określania niezbędnych do przeprowadzenia taksacji atrybutów nieruchomości związanych z ich lokalizacją, a co za tym idzie relacjami przestrzennymi z innymi obiektami wpływającymi na wartość (teza 1). Pozwala to na ograniczenie konieczności przeprowadzania każdorazowo badań otoczenia nieruchomości (często przez wywiad terenowy czy też przez wizualną analizę map) i dokonywania subiektywnej oceny wpływu tego otoczenia na wartość nieruchomości.
- 2) Zastosowanie metod statystyki matematycznej (ANOVA) i geostatystyki (kriging) do wyznaczania i interpolacji przestrzennego składnika wartości nieruchomości – części wartości uzależnionej wyłącznie od położenia nieruchomości i jej relacji przestrzennych z innymi obiektami mogącymi wpływać na tę wartość (tezy 2 i 3). W przypadku odpowiednio rozwiniętego rynku nieruchomości powoduje to zwiększenie dokładności szacowania wartości nieruchomości. Tym samym daje

możliwość szybkiego oszacowania wartości nieruchomości na znacznych obszarach, co ma szczególne znaczenie w przypadku ograniczonej wielkości zbioru nieruchomości o znanych cenach.

Literatura

- Czaja J., Parzych P., 1999. *Kataster nieruchomości jako baza systemu powszechnej taksacji*. IX Konferencja Naukowo-Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 14-15 września 1999 r.
- Czerkies J., 1998. *Propozycja organizacji podsystemu informacji na cele obsługi rynku nieruchomości i gospodarki przestrzennej*. VIII Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 19-21 maja 1998 r.
- Dubin R. A., 1992. *Spatial autocorrelation and neighborhood quality*. Regional Science and Urban Economics 22(3), 433-452.
- ESRI, 1996. *Using the ArcView Network Analyst*. Environmental Systems Research Institute, Redlands.
- ESRI, 2004. *ArcDoc Version 9.0*. Environmental Systems Research Institute, Redlands.
- Isaaks E.H., Srivastava R.M. 1989. *Applied Geostatistics*. Oxford University Press.
- Johnston K., Ver Hoef J.M., Krivoruchko K., Lucas N. 2003. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. Environmental Systems Research Institute.
- Karydas Ch.G., Gitas I.Z., Koutsogiannaki E., Lydakis-Simantiris N., Silleos G.N., 2009. *Evaluation of spatial interpolation techniques for mapping agricultural topsoil properties in Crete*. European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL) eProceedings. Vol. 8, no. 1, pp. 26-39.
- Lipski T., 2009. *Fundamenty w niestandardowym terenie* (http://www.budujemydom.pl/component/option,com_content/task,specialblogcategory/act,view/id,586/Itemid,34/).
- Namysłowska-Wilczyńska B. 2006. *Geostatystyka. Teoria i zastosowania*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Ratajski L., 1989. *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. PPWK, Warszawa-Wrocław.
- Rekomendacja J z dnia 20 lipca 2000 r. *dotycząca tworzenia przez banki baz danych odnoszących się do rynku nieruchomości* (http://www.knf.gov.pl/Images/rekomendacja_j_tcm20-8560.pdf).
- Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie powszechnej taksacji nieruchomości z dnia 29 czerwca 2005 r. (Dz.U.05.131.1092)
- Transport for London, 2010. *Transport assessment best practice*. Guidance document.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Wprowadzenie

Studiowałem na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na kierunku Geodezja i Kartografia w latach 1988-1993. Dodatkowo uczęszczałem na wybrane przedmioty z zakresu informatyki na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki AGH. Już w czasie studiów, dzięki zajęciom fakultatywnym prowadzonym przez dr inż. Jadwigę Janik, zainteresowałem się tematyką systemów informacji geograficznej, z którymi wiąże się cała moja dotychczasowa działalność naukowo-badawcza, a także dydaktyczna.

W roku 1993 obroniłem pracę magisterską i otrzymałem dyplom magistra inżyniera w zakresie geodezji i kartografii, specjalność fotogrametria i monitoring środowiska. Jako wzorowy absolwent zostałem odznaczony Medalem Stanisława Staszica.

Praca magisterska zatytułowana *Analiza porównawcza wielkoskalowych map numerycznych opracowanych na podstawie danych pozyskanych metodą skanowania i digitalizacji*, której współautorką była mgr inż. Bożena Tanwic, została wykonana w ówczesnym Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej pod kierunkiem dr. inż. Władysława Mierzwy. W pracy przeanalizowano zagadnienie pozyskiwania danych cyfrowych na podstawie analogowych materiałów kartograficznych, istotne w początkowym okresie tworzenia Krajowego Systemu Informacji o Terenie. Podsumowanie wyników uzyskanych przy realizacji pracy magisterskiej było przedmiotem mojej pierwszej publikacji [1].

Jeszcze na piątym roku studiów rozpocząłem pracę w Wydziale Geodezji i Mienia Komunalnego Urzędu Miasta Krakowa na stanowisku młodszego referenta i kontynuowałem ją, jednocześnie z pracą na AGH, do roku 1995. Moim głównym obowiązkiem było administrowanie bazą danych ewidencji gruntów. W celu uzupełnienia braków w funkcjonalności wykorzystywanego wtedy w Urzędzie oprogramowania napisałem program komputerowy usprawniający prowadzenie skorowidza działek. Przy tej okazji miałem możliwość zdobycia dodatkowych doświadczeń dydaktycznych, opracowując instrukcję do obsługi tego programu i przeprowadzając cykl szkoleń dla pracowników Urzędu.

Okres przed uzyskaniem stopnia doktora

Po ukończeniu studiów zostałem zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Informacji o Terenie Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH. W okresie pracy naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora zajmowałem się następującą problematyką:

- 1) zastosowaniem systemów informacji przestrzennej do zarządzania gminą,
- 2) standaryzacją struktury i danych w systemach informacji przestrzennej,
- 3) kształtowaniem zbiorów danych w systemach informacji przestrzennej w relacji do zmiennego środowiska skalowego.

Do pierwszej grupy zagadnień należą prace zespołu kierowanego przez dr inż. Jadwigę Janik, prowadzone w ramach następujących tematów badań własnych:

- 1995-1996 *Projekt kompleksowego systemu informacji o terenie ukierunkowanego na wspomaganie zarządzania gminą.*
- 1997-1999 *Pilotowa realizacja wielodostępnej bazy danych SIT w środowisku systemu GIS na przykładzie systemu ARC/INFO v.7.*
- 2000-2001 *Projekt i realizacja bazy danych sieci drogowej jako źródła informacji dla służb technicznych, ratowniczych i komunalnych.*

W pierwszej kolejności przeprowadzono analizę i weryfikację danych dla potrzeb przyszłego, w pełni z informatyzowanego Małopolskiego Systemu Informacji Przestrzennej. Dla gminy Zabierzów badana była również przydatność różnych pakietów oprogramowania specjalistycznego. Zaproponowano kolejność etapów realizacji i zakres warstw SIT dla gminy w aspekcie przeprowadzonych analiz i doświadczeń. Przedstawiono założenia do szczegółowych warunków technicznych proponowanej technologii realizacji warstwy ewidencji gruntów i budynków.

Po rozpoznaniu możliwości systemu ARC/INFO v.7 rozpoczęto gromadzenie, przy wykorzystaniu posiadanego oprogramowania typu CAD, danych graficznych do nieobligatoryjnych warstw systemu. Największym, pozyskanym drogą wektoryzacji, zbiorem danych była sieć drogowa gminy Zabierzów. Ponadto utworzono: bazę adresową, numeryczny model terenu, bazy danych ewidencji gruntów i ewidencji budynków. Opracowano zestaw atrybutów opisowych dla sieci drogowej i wypełniono bazę. W oparciu o tak przygotowane zbiory danych wygenerowano w systemie ARC/INFO nakładki tematyczne tworzące wielodostępną bazę danych.

Dokonano terenowej rejestracji obiektów związanych z drogami. Opracowano zestaw atrybutów wymaganych przez potencjalnych użytkowników. Zgromadzono i wprowadzono do bazy danych informacji zgodnie z zaproponowanym wykazem atrybutów. Zaprojektowano przykładowe zapytania i analizy wykonywane w oparciu o zbudowaną bazę danych.

Uzyskane wyniki zaprezentowane zostały w publikacjach [2], [3], [12], [15] i [20].

W ramach wymienionej powyższej drugiej grupy tematycznej, w latach 1995-1997 brałem udział w realizacji projektu badawczego KBN Nr 9 S605 003 07 *Wzorcowe środki formalne systemów informacji o terenie*, realizowanego w latach 1994-1997 środowisku naukowym Warszawy, pod kierownictwem prof. dr. hab. inż. Wojciecha Pachelskiego. Swój wkład udokumentowałem trzema publikacjami. W artykule zamieszczonym w miesięczniku Przegląd Geodezyjny [5] pokazałem, jak można w formacie Standardu Wymiany Informacji Geodezyjnych (SWING) zapisać elementy należące do podstawowych warstw Krajowego Systemu Informacji o Terenie, takie jak: osnowa geodezyjna, ewidencja gruntów i budynków.

W publikacji [7] przedstawiłem podstawowe atrybuty charakteryzujące jakość obiektów zapisanych w bazie danych systemu informacji o terenie, takie jak: pochodzenie, aktualność, dokładność położenia i atrybutów, spójność logiczna, kompletność. Przeanalizowałem zalecenia w tej dziedzinie zapisane w projekcie Normy Europejskiej i zaproponowałem niezbędne elementy opisu jakości danych dla bazy danych katastru gruntu i budynków, gwarantujące poprawne jej wykorzystanie. W pracy [9] dokonałem obrazowego przedstawienia metadanych poprzez porównanie do opisu pozaramkowego mapy. Zaprezentowałem ich definicję na przykładzie projektu Normy Europejskiej oraz standardu obowiązującego w Stanach Zjednoczonych. Przeanalizowałem możliwość i konieczność zastosowania metadanych w Polsce, mając na uwadze gwałtowny wzrost ilości danych gromadzonych w postaci cyfrowej oraz dynamiczny rozwój sieci komputerowych. Zaproponowałem zawartość informacyjną metadanych opisujących zbiory ewidencji gruntów. Jestem również współautorem obszernego opracowania [13], opublikowanego w czasopiśmie *Geodezja i Kartografia*, prezentującego wyniki uzyskane w projekcie badawczym.

W dniu 19 października 2000 r. obroniłem rozprawę doktorską zatytułowaną *Model dynamicznego kształtowania zbiorów danych w Systemach Informacji Przestrzennej*. Praca ta powstała w ramach prowadzonych w latach 1995-1997 badań własnych *Generalizacja baz informacji o terenie w celu opracowań tematycznych* oraz realizowanego w latach 1998-1999 projektu badawczego promotorskiego nr 9 T12E 008 14 *Model dynamicznego kształtowania zbiorów danych w Systemach Informacji Przestrzennej*. Kierownikiem tego projektu i promotorem był prof. dr hab. inż. Konrad Eckes, a rozprawę doktorską recenzowali: prof. dr hab. inż. Józef Jachimski z AGH w Krakowie i prof. dr hab. inż. Wojciech Pachelski, wtedy reprezentujący Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Zasadniczym moim osiągnięciem przedstawionym w tej rozprawie było opracowanie modelu, opisującego przekształcenie danych pochodzących z rozszerzonej wielkoskalowej bazy danych mapy zasadniczej do postaci charakterystycznej dla systemów informacji geograficznej oraz zapis tego modelu w postaci algorytmicznej. Wyniki badań zostały zaprezentowane w publikacjach [6], [8], [10], [11], [16], [17], [18], [21] i [23]. Moje osiągnięcia naukowe zostały uhonorowane Nagrodą Rektora AGH indywidualną II stopnia.

Okres po uzyskaniu stopnia doktora

W pierwszych latach po uzyskaniu stopnia doktora realizowałem kolejno dwa tematy badań własnych *Udostępnianie w sieci Internet danych z systemów informacji przestrzennej jako narzędzie wspomagające promocję gminy* (w latach 2000-2001) oraz *System informacji przestrzennej jako narzędzie wspomagające proces podejmowania decyzji przestrzennych* (w latach 2002-2003)

Prace nad pierwszym z tych tematów rozpocząłem od wykonania przeglądu i wyboru oprogramowania umożliwiającego udostępnianie w sieci Internet danych przestrzennych.

Następnie przeprowadziłem analizę dostępnych danych i określiłem źródła innych niezbędnych danych. Zbudowałem bazę danych przestrzennych dla wybranej gminy. Zainstalowałem i uruchomiłem wybrane oprogramowanie umożliwiające udostępnianie zebranych danych w sieci Internet. Wyniki tych prac przedstawiłem w publikacji [22].

Natomiast praca [24] zawiera analizę możliwości zastosowania oprogramowania systemów informacji przestrzennej (SIP) jako narzędzia wspomagającego procesy podejmowania decyzji. Zauważam w tej pracy brak w standardowym oprogramowaniu SIP mechanizmów przedstawiania wyboru i preferencji, dających możliwość oceny sprzecznych często kryteriów i celów. Akcentuję konieczność współpracy oprogramowania SIP z narzędziami modelowania procesów decyzyjnych i opisuję metody ich integracji. Dokonuję przeglądu dostępnego oprogramowania wspomagającego podejmowanie decyzji. Wskazuję analizę wielokryterialną jako najistotniejszy sposób rozszerzenia funkcjonalności oprogramowania SIP o możliwości rozwiązywania problemów decyzyjnych.

W tym okresie brałem także udział w projekcie badawczym KBN nr 9 T12E 005 16 pod tytułem *Metodyka harmonizacji baz danych w systemach informacji przestrzennej*, realizowanym pod kierownictwem dr inż. Ewy Wysockiej w Instytucie Geodezji i Kartografii w Warszawie w latach 1999-2001. W ramach tego projektu przeanalizowałem możliwości zastosowania języka XML do zapisu danych przestrzennych. W pracy [19] przedstawiłem składnię języka XML oraz sposoby definiowania struktur danych zapisywanych w plikach XML: DTD oraz XMLSchema. Opisałem standardy GML oraz LandXML umożliwiające zapis i przenoszenie danych przestrzennych.

Od roku 2005 głównym obszarem mojej działalności naukowo-badawczej jest tematyka związana z szeroko pojętym zastosowaniem systemów informacji geograficznej (SIG) w zakresie gospodarki nieruchomościami (a w szczególności do wyceny nieruchomości). W pierwszym roku realizowałem badania własne zatytułowane *Możliwości automatyzacji procesu pozyskiwania danych dla baz wspomagających wycenę nieruchomości z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej (GIS)*. W pracy [27] przeprowadziłem analizę niezbędnej zawartości baz danych wspomagających wycenę nieruchomości. Bazy takie powinny zawierać szereg informacji charakteryzujących nieruchomości, również pod względem przestrzennym, pozwalających na odpowiednie ich opisanie i zróżnicowanie. Dokonałem przeglądu istniejących i planowanych baz danych SIG pod kątem ich potencjalnego wykorzystania. Przeprowadzona analiza dostępności i szczegółowego zakresu tematycznego pozwoliła mi wyróżnić trzy grupy zbiorów danych zawierające potencjalnie komplet danych niezbędnych do przeprowadzenia wyceny: Miejscowe Plany Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP), Bazę Danych Topograficznych (TBD), Geodezyjną Ewidencję Sieci Uzbrojenia Terenu (GESUT).

W roku 2005 brałem też udział w badaniach statutowych prowadzonych pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Józefa Czaji w Katedrze Geomatyki Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii

Środowiska. We współautorskich pracach [25] i [26] wskazałem na znaczącą rolę systemów informacji geograficznej (SIG) jako narzędzia pomocnego w szacowaniu nieruchomości, szczególnie w skali masowej.

W celu pozyskania poważniejszych środków na prowadzone prace, również w roku 2005 przygotowałem i złożyłem w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego wniosek o finansowanie projektu badawczego *Zastosowanie systemów informacji geograficznej i metod geostatystyki do taksacji nieruchomości*. Projekt ten został pozytywnie zaopiniowany przez recenzentów i po uzyskaniu numeru 4 T12E 016 29 był realizowany pod moim kierownictwem w latach 2005-2008. Na podstawie prac przeprowadzonych w tym projekcie mgr inż. Ewa Dębińska opracowała rozprawę doktorską, którą obroniła w lipcu 2009 r. W wyniku prowadzonych prac badawczych powstało wiele publikacji zarówno mojego autorstwa, jak również wspólnych z wykonawcami: E. Dębińską i P. Parzychem.

W pracy [29] postawiłem tezę, że narzędzia do przetwarzania danych (funkcje analityczne) mogą posłużyć do wyznaczenia dodatkowych parametrów nieruchomości niezbędnych w procesie wyceny. Porównanie wymaganych i dostępnych danych oraz znajomość funkcjonalności oprogramowania GIS pozwoliło na przedstawienie propozycji zakresu danych, które będzie można przekazywać bezpośrednio lub też wygenerować przy pomocy narzędzi analitycznych oprogramowania SIG.

Badania przedstawione w publikacji [34] potwierdziły użyteczność narzędzi wektorowych analiz sieciowych oraz rastrowych analiz kosztów przemieszczania się do wyznaczenia dostępności komunikacyjnej nieruchomości. Zasygnalizowałem jedynie problem związany z dostępnością bardziej szczegółowych danych, niezbędnych do przeprowadzenia analiz na odpowiednim poziomie wiarygodności.

W pracy [30] została postawiona i udowodniona teza, że przeprowadzenie na szerszą skalę taksacji nieruchomości nie jest możliwe bez zastosowania systemów informacji geograficznej, rozumianych zarówno jako źródło danych, narzędzie do ich gromadzenia, jak również zestaw funkcji do ich przetwarzania.

Referat [33] wygłoszony na kongresie Międzynarodowej Federacji Geodetów (FIG) w Monachium prezentował koncepcję systemu informacji geograficznej powiązanego z księgami wieczystymi i umożliwiającego prowadzenie pełnej obsługi zarówno rynku nieruchomości jak i państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. Jako podstawa takiego systemu została zaproponowana relatywnie nowa technologia geobazy, gdzie wszystkie atrybuty obiektów geograficznych, włączając w to informacje o ich położeniu i kształcie, zapisywane są w tabeli relacyjnej lub obiektowo-relacyjnej bazy danych.

Cykl sześciu referatów, wygłoszonych w 2006 roku w Polsce i za granicą, uhonorowany został nagrodą Rektora AGH – zespołową III stopnia.

Kontynuowane w latach 2007-2008 prace nad realizacją projektu rozwijały zagadnienia przestrzennej bazy danych dla potrzeb wyceny nieruchomości oraz wizualizacji i przetwarzania informacji o nieruchomościach i ich cenach.

W publikacji [31] i referacie [35], opracowanych wspólnie z E. Dębińską, został zaprezentowany przykład modelu przestrzennej bazy danych dla potrzeb wyceny nieruchomości, obejmujący definicje niezbędnych klas obiektów i relacji oraz powiązań pomiędzy nimi. Zapisanie modelu pojęciowego w postaci schematu wyrażonego w języku UML, a następnie zastosowanie narzędzi CASE (*Computer Aided Software Engineering* – komputerowo wspomagana inżynieria oprogramowania) pozwoliło na uzyskanie w sposób automatyczny pustej, gotowej do wypełnienia danymi geobazy o strukturze zgodnej z założonym schematem.

Poszukując rozwiązania problemu zapewnienia odpowiedniej jakości danych o nieruchomościach, w opracowaniach [38], [39] i [40] dokonałem przeglądu funkcjonalności dostępnego oprogramowania GIS w zakresie weryfikacji wzajemnej poprawności topologicznej różnych zbiorów obiektów sąsiadujących ze sobą lub obejmujących jeden fragment przestrzeni.

Zagadnienie dotyczące automatyzacji procesu pozyskania atrybutów nieruchomości niezbędnych do wykonania wyceny było przedmiotem publikacji [41] i [44]. Przedstawiłem w nich propozycje metod wyznaczenia atrybutów nieruchomości najczęściej wykorzystywanych w procesie wyceny, a także zasugerowałem narzędzia umożliwiające realizację tych zadań w środowisku oprogramowania GIS. Przeanalizowałem: informację o przynależności nieruchomości do obszarów nadrzędnego podziału przestrzeni, warunki geometryczne (czyli kształt działki i ukształtowanie terenu), położenie sieci uzbrojenia terenu względem działki, otoczenie (sąsiedztwo) oraz dostępność komunikacyjną. Przekształcenia, jakim będą musiały podlegać dane z dostępnych zbiorów, zapisałem w postaci algorytmów, aby można było wykorzystać je w bazach danych SIG wspomagających wycenę nieruchomości.

W pracach [36] i [37] zaproponowałem potraktowanie informacji o wartościach nieruchomości jako informacji przestrzennej. W oparciu o dane mające charakter punktowy, dotyczące lokalizacji i wartości nieruchomości dokonałem przeglądu metod prezentacji kartograficznej, rozpoczynając od geometrycznych sygnatur punktowych, poprzez ekstrapolację tej informacji na najbliższe otoczenie z zastosowaniem triangulacji Delaunay’a oraz wieloboków Thiessena, dochodząc do prezentacji w postaci ciągłej powierzchni. Zaprezentowane przykłady pokazały, że do przedstawienia rozkładu wartości nieruchomości na wybranym obszarze można wykorzystać wiele metod prezentacji kartograficznej. Potwierdziły jednocześnie użyteczność metod kartograficznych do analizy rynku nieruchomości i wskazały możliwości ich zastosowania jako uzupełnienia metod statystycznych.

Doświadczenia uzyskane w trakcie prac nad przeglądem metod kartograficznych mogących mieć zastosowanie do analizy rynku nieruchomości były punktem wyjścia dla zaproponowanej w publikacji [46] metody wyceny. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdziłem, że w analizie rozkładu przestrzennego wartości nieruchomości na podstawie informacji o cenach jednostkowych przyjmowane jest błędne założenie, że zmienność tych cen nie zależy wyłącznie od różnicy w położeniu (lokalizacji) nieruchomości, lecz również od innych cech o charakterze nieprzestrzennym. Dlatego zaproponowałem wydzielenie składowej ceny, zależnej od tych atrybutów nieprzestrzennych. Do rozwiązania tego zadania w pierwszej kolejności zastosowałem statystyczną metodę analizy wariancji (ANOVA). Pozwoliła ona wyliczyć przestrzenny składnik wartości nieruchomości, zależny wyłącznie od ich położenia (lokalizacji). Można go interpolować metodą krigingu, celem wyznaczenia jego wartości dla pozostałych nieruchomości.

Wyniki prac prowadzonych przeze mnie przy realizacji projektu badawczego, a następnie w ramach badań statutowych Katedry Geomatyki, były podstawą do opracowania monografii zatytułowanej *Racjonalizacja procesu taksacji nieruchomości przez zastosowanie funkcji analiz przestrzennych w systemach informacji geograficznej, z uwzględnieniem metod geostatystyki*, opublikowanej w serii Uczelnianych Wydawnictw Naukowo Dydaktycznych AGH – Rozprawy Monografie nr 213.

Po zakończeniu projektu badawczego dalsze prace nad zastosowaniami systemów informacji geograficznej w zakresie gospodarki nieruchomościami prowadziłem w ramach badań statutowych. Moją szczególną uwagę zwrócił Rejestr Cen i Wartości Nieruchomości, jedyna w Polsce oficjalna baza, gromadząca ceny nieruchomości określone w aktach notarialnych oraz wartości nieruchomości ustalone przez rzeczoznawców majątkowych i zapisane w operatach szacunkowych. W pracy [45] wraz z J. Bydłoszem i E. Dębińską przedstawiliśmy propozycję schematu bazy danych Rejestru, uniwersalnego i niezależnego od istniejących rozwiązań, a także procedurę fizycznej implementacji bazy danych, gotowej do wypełnienia danymi i dalszego wykorzystania. Jednym z czynników wpływających na możliwości zastosowania Rejestru jest wiarygodność zgromadzonych danych, wynikająca z zaniżania bądź zawyżania cen transakcyjnych zapisanych w aktach notarialnych. Dlatego w pracy [49] zaproponowałem metodę analizy sąsiedztwa, pozwalającą na wychwycenie ewentualnych wartości odstających. Bazuje ona na diagramie Voronoi, składającym się z wieloboków skonstruowanych wokół punktów w taki sposób, że każde miejsce wewnątrz danego wieloboku jest położone bliżej jego punktu środkowego niż jakiegokolwiek innego punktu. Przy wykonywaniu analiz związanych z nieruchomościami punktami tymi są geometryczne środki obiektów o znanych cenach, na przykład działek. Na tej podstawie można określić punkty sąsiadujące, czyli te, których wieloboki mają wspólną granicę. Z uwzględnieniem tak zdefiniowanego sąsiedztwa mogą być dodatkowo wyznaczane parametry statystyczne dla wartości poszczególnych nieruchomości. W tym przypadku szczególne znaczenie ma parametr klaster – wszystkie wieloboki są dzielone na pięć klas,

a następnie wyróżniany jako odstający jest każdy wielobok, który należy do innej klasy niż jego sąsiedzi.

W ramach badań statutowych w latach 2010-2011 kontynuowałem również rozpoczęte w czasie realizacji projektu badawczego prace nad metodami przestrzennej interpolacji wartości nieruchomości. W publikacji [51] zaproponowałem zastosowanie jądrowego estymatora gęstości, który wyznacza gęstość występowania obiektów punktowych w pobliżu każdej komórki wynikowego rastra, do określenia podaży nieruchomości oraz szczegółowo przeanalizowałem możliwości metody krigingu w zakresie szacowania przestrzennego rozkładu wartości nieruchomości. Wątek ten rozszerzyłem, dokonując w pracy [58] porównania metod interpolacji przestrzennej: ważonych odwrotnych odległości (IDW), wielomianowej, radialnych funkcji bazowych (RBF) i krigingu. Do oceny jakości uzyskanych wyników posłużyłem się metodą oceny krzyżowej, która dla każdego z utworzonych modeli pozwoliła wyznaczyć parametry statystyczne, takie jak błąd średni i błąd średni kwadratowy (MSE). Najlepsze wyniki dało zastosowanie metody geostatystycznej – krigingu, zapewne z tego powodu, że uwzględnia zarówno nieprawidłowości lokalne występujące w danych, jak również globalne trendy. Tym sposobem uzasadniony został wybór w moich wcześniejszych pracach tej właśnie metody.

W roku 2012 powróciłem do zagadnienia oceny dostępności komunikacyjnej nieruchomości. Udoskonałem zaproponowany wcześniej w pracy [34] algorytm łączący w jednej analizie dojście pieszo do przystanku oraz następujący po nim dojazd środkiem komunikacji zbiorowej w taki sposób, aby uwzględniał również czas oczekiwania na przystanku. Uzyskane rezultaty przedstawiłem w referacie [61] wygłoszonym na konferencji Międzynarodowej Federacji Geodetów (FIG) w Rzymie. W publikacji tej zbadałem również przydatność OpenStreetMap – projektu społecznościowego mającego na celu utworzenie edytowalnej i dostępnej bez ograniczeń mapy świata – jako źródła danych o sieci drogowej.

Oprócz zagadnień związanych z zastosowaniem systemów informacji geograficznej do wyceny nieruchomości kontynuuję swoje zainteresowania standaryzacją i normalizacją w zakresie systemów informacji geograficznej oraz poszukuję nowych obszarów badawczych.

Celem prac prowadzonych wspólnie z I. Basistą (Śliż), których wyniki przedstawiono w pracy [42], było zbadanie czy dostępne programy GIS posiadają możliwość wczytywania i zapisu danych przestrzennych w formacie GML i czy wykonują to poprawnie. Po krótkim opisie struktury pliku GML szczegółowo przeanalizowaliśmy możliwości wybranych programów, zarówno komercyjnych, jak i należących do grupy wolnego oprogramowania, w zakresie importu danych przestrzennych.

Rozwinięciem tych prac były badania prowadzone z I. Basistą i J. Bydłoszem nad oceną możliwości, jakie w chwili obecnej może pełnić język GML w udostępnianiu danych

zawartych w polskich zasobach geoinformacyjnych, przy wykorzystaniu obecnie dostępnego oprogramowania GIS. Uzyskane rezultaty zostały zaprezentowane w publikacjach [47] i [53]. Przeprowadzone eksperymenty pokazały, że większość programów nie radzi sobie z importem plików GML, zwłaszcza tak specyficznych jak pochodzące z Bazy Danych Topograficznych (TBD).

Publikacja [48], opracowana wspólnie z E. Dębińską, opisuje wstępną koncepcję bazy danych przestrzennych, gromadzącej informacje o rozmieszczeniu różnego typu obiektów na terenie gminy, niezbędne do sporządzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego oraz opracowania programu rozwoju przedsiębiorczości. Dążenie do obniżenia kosztów modelowania geoinformacji na potrzeby takich projektów poprzez zastosowanie bezpłatnego oprogramowania zaowocowało publikacją [60], w której również z E. Dębińską dokonaliśmy oceny należących do grupy wolnego oprogramowania narzędzi do tworzenia schematów baz danych przestrzennych, zapisywanych w języku UML.

W pracy [50] zaprezentowałem wymagania dotyczące opisu jakości danych przestrzennych i metadanych. Normy międzynarodowe ustanowione w tym zakresie zalecają, żeby dane takie były rejestrowane i udostępniane razem ze zbiorami danych geograficznych. Ich zadaniem jest zapewnienie dostępu do informacji o tym, jakie dane przestrzenne są osiągalne i na jakich warunkach, a także dostarczenie potencjalnemu użytkownikowi możliwości oceny przydatności tych danych do jego celów.

W trakcie prowadzonych w roku 2010 badań własnych na temat *Zastosowanie techniki GPS oraz funkcji analiz sieciowych oprogramowania GIS do optymalizacji ruchu drogowego w miastach*, skupiłem się na problemie pozyskiwania i przetwarzania danych z pomiaru odbiornikiem GPS dla celów analizy ruchu miejskiego. W publikacji [59] po raz pierwszy wskazałem OpenStreetMap jako bazę danych, którą można użyć jako podstawę dla analiz sieciowych. Podjąłem próbę zastosowania techniki *Road Matching* do nadania poszczególnym odcinkom ulic atrybutów związanych z ruchem drogowym. Ostatecznie jednak zaproponowałem własną metodę przeniesienia informacji o prędkości i kierunku ruchu z danych GPS na sieć drogową. Pokazałem również, jaki jest wpływ tych dodatkowych atrybutów na wynik analizy znajdowania optymalnej trasy przejazdu pomiędzy dwoma wybranymi punktami.

Powiązanie tematyki analiz sieciowych, które stosowałem wcześniej do wyznaczania dostępności komunikacyjnej nieruchomości, z bazami danych przestrzennych zaowocowało powstaniem publikacji [62]. W pracy tej zająłem się dwoma systemami zarządzania bazą danych przestrzennych: PostgreSQL/PostGIS z rozszerzeniem pgRouting oraz Spatialite. Opisałem działanie dostępnych w tych systemach funkcji znajdowania najlepszej trasy przejazdu pomiędzy dwoma punktami. Szczegółowo przeanalizowałem wymagania względem danych niezbędnych do przeprowadzenia tego typu analiz oraz procedurę odpowiedniego przygotowania zbioru danych sieciowych. Porównałem systemy pod kątem

przyjazności dla użytkownika, łatwości przygotowania danych, różnorodności dostępnych funkcji oraz stopnia skomplikowania wymaganych zapytań.

Od maja 2012 r. biorę udział w realizacji mikroprojektu *Wpływ PWSZ w Jarosławiu na rozwój miasta – analiza rynku nieruchomości i jego otoczenia*, współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz budżet państwa za pośrednictwem Euroregionu Karpackiego w ramach Programu Współpracy Transgranicznej Rzeczpospolita Polska – Republika Słowacka 2007 – 2013.

6. Lista wszystkich opublikowanych prac naukowych

1. Cichociński P.: *Attempt of Application of Scanning and Vectorization Methods for Digital Maps Production from Analog Materials*. GIS for Environment. Conference Proceedings. Kraków, 25-27 November 1993.
2. Cichociński P., Janik J., Maślanka J.: *Prace nad projektem kompleksowego Systemu Informacji o Terenie ukierunkowanego na wspomaganie zarządzania gminą (Works on the project of comprehensive Land Information System aimed at supporting the management of the municipality)*. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. IV Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej, Warszawa 18-19 października 1994 r.
3. Cichociński P., Janik J., Maślanka J.: *Stan prac nad systemem informacji o terenie dla gminy Zabierzów jako pilotowej realizacji w ramach Małopolskiego Systemu Informacji Przestrzennej (Status of works on land information system for Zabierzów municipality as a pilot implementation under the Malopolska Spatial Information System)*. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. V Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 9-10 listopada 1995 r.
4. Cichociński P.: *Możliwości zastosowań Standardu Wymiany Informacji Geodezyjnych (Application possibilities of Geodetic Information Exchange Standard)*. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. V Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 9-10 listopada 1995 r.
5. Cichociński P.: *Reprezentacja obiektów geodezyjnych w formacie SWING (Representation of surveying objects in the SWING format)*. Przegląd Geodezyjny nr 3/1996, s. 6–8.
6. Cichociński P.: *Wyznaczanie linii osiowej wydłużonych obiektów powierzchniowych poprzez metodę wyszukiwania przeciwległych linii granicznych (Surface elongated objects centre line determination by means of searching the opposite border lines method)*. Rocznik GEODEZJA Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie 1996, tom 2, s. 163-168.
7. Cichociński P.: *Problem opisu jakości danych w Systemach Informacji o Terenie (na przykładzie katastralnej bazy danych)(Problem of the data quality description in Land Information Systems (on the example of cadastral database))*. Polskie Towarzystwo

- Informacji Przestrzennej. VI Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 18-19 czerwca 1996 r.
8. Cichociński P.: *Możliwości rozbudowy systemu ARC/INFO o procedury generalizacji baz informacji o terenie (Possibilities to extend ARC/INFO system with procedures for generalization of the land information databases)*. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. VII Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 4-5 czerwca 1997 r.
 9. Cichociński P.: *Metadane – sposób na dokumentowanie cyfrowych danych przestrzennych (Metadata – the means of digital spatial data documentation)*. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. VII Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 4-5 czerwca 1997 r.
 10. Cichociński P.: *Generalizacja baz informacji o terenie w celu średnioskalowych opracowań kartograficznych (Generalization of land information databases for medium-scale maps)*. XXIV Ogólnopolska Konferencja Kartograficzna „Kartografia w ochronie środowiska przyrodniczego i zagospodarowaniu przestrzennym”. Poznań, 13-15 listopada 1997 r.
 11. Cichociński P.: *Mapa zasadnicza jako wyjściowa baza danych do tworzenia opracowań w środowisku średnioskalowym (Base map as a source database for creation of medium-scale maps)*. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. VIII Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 19-21 maja 1998 r.
 12. Cichociński P., Janik J.: *Warstwa tematyczna sieci dróg jako układ odniesienia dla rejestracji obiektów i zdarzeń w systemach informacji przestrzennej (Thematic layer of the road network as a reference system for the registration of objects and events in spatial information systems)*. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. VIII Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 19-21 maja 1998 r.
 13. Pachelski W., Chowańska-Szwoch D., Cichociński P., Eckes K., Miksa K., Pietrzak E., Szeliga K.: *Metody i środki projektowania i opisu systemów informacji o terenie (Methods and means of design and description of land information systems)*. Geodezja i Kartografia 1997, tom 46, zeszyt 4, s. 345-380 (wydany w listopadzie 1998 r.).
 14. Cichociński P.: *Digital Cadastral Maps in Land Information Systems*. LIBER QUARTERLY 1999, volume 9, number 2, pp. 211–221. K.G. Saur, Munich.
 15. Cichociński P., Janik J.: *Analiza możliwości przyspieszenia procesu tworzenia baz danych ewidencji budynków na przykładzie gminy Zabierzów (The analysis of the opportunities to accelerate the process of creating database of building records on the example of Zabierzów municipality)*. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. IX Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 14-15 września 1999 r.
 16. Cichociński P.: *Model dynamicznego kształtowania zbiorów danych w systemach informacji przestrzennej (Model of dynamic formation of data sets in spatial information*

- systems). Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. X Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Zegrze k. Warszawy, 12-14 czerwca 2000 r.
17. Cichociński P.: *Implementacja modelu dynamicznego kształtowania zbiorów danych w środowisku systemu ARC/INFO (Implementation of the model of dynamic formation of data sets in the environment of ARC/INFO system)*. Czwarta Krajowa Konferencja Użytkowników Oprogramowania ESRI. Warszawa, 26-27 października 2000 r.
 18. Cichociński P.: *Aktualne potrzeby w zakresie generalizacji baz danych w systemach informacji przestrzennej (Current needs for generalization of databases in spatial information systems)*. X Sesja Naukowo – Techniczna „Aktualne problemy naukowe i techniczne prac geodezyjnych”. Piwniczna, 10-12 kwietnia 2001 r.
 19. Cichociński P.: *Język XML i jego implementacje dla danych przestrzennych (XML language and its implementations for spatial data)*. XI Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 28-30 maja 2001 r.
 20. Cichociński P., Janik J.: *Projekt i realizacja bazy danych sieci drogowej jako źródła informacji dla służb technicznych, ratowniczych i komunalnych (Design and implementation of a database of the road network as a source of information for technical, emergency and municipal services)*. Konferencja Naukowa z okazji Jubileuszu 50-lecia Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH w Krakowie, 21-22 września 2001 r., s. 125-135.
 21. Cichociński P.: *Wybrane operatory generalizacyjne i ich implementacja w systemie informacji przestrzennej ARC/INFO (Chosen generalization operators and their implementation in ARC/INFO spatial information system)*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji 2001, vol. 11, s. 4.67-4.73. Kraków 2001.
 22. Cichociński P.: *Przegląd darmowego oprogramowania do udostępniania danych przestrzennych w Internecie (Review of free software for spatial data sharing on the Internet)*. XXVIII Ogólnopolska Konferencja Kartograficzna „Mapa w systemach komputerowych”. Szczecin, 25-27 października 2001 r.
 23. Cichociński P.: *Generalizacja baz danych w ARC/INFO (Database generalization in ARC/INFO)*. CAD/CAM FORUM nr 12/2001, s. 21-25.
 24. Cichociński P.: *Zastosowanie systemów informacji przestrzennej do wspomagania procesów podejmowania decyzji (The use of spatial information systems to support decision-making processes)*. XII Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa, 17 maja 2002 r.
 25. Cichociński P., Dębińska E., Parzych P.: *Zastosowanie systemów informacji geograficznej do wspomagania wyceny nieruchomości (The use of geographic information systems to support the valuation of real estate)*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 114, Seria: Konferencje nr 45. Geoinformacja dla wszystkich. XIX Jesienna Szkoła Geodezji. Wrocław 2005. (udział własny 33%:

- Identyfikacja źródeł danych przestrzennych dla powszechnej taksacji i przedstawienie propozycji wyznaczenia brakujących atrybutów nieruchomości.)
26. Cichociński P., Parzych P.: *Zastosowanie baz danych Systemów Informacji Geograficznej do wyceny nieruchomości (The use of databases of Geographic Information Systems for property valuation)*. Materiały IV Krajowej Konferencji Naukowej „Infobazy 2005 – Bazy danych dla nauki”. Gdańsk, 25-27 września 2005 r. (udział własny 50%: Analiza dostępności i szczegółowego zakresu tematycznego baz danych systemów informacji geograficznej w Polsce. Sformułowanie propozycji systemu informacji geograficznej dla rynku nieruchomości.)
 27. Cichociński P.: *Pozyskiwanie danych dla wyceny nieruchomości z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej (Data acquisition for valuation of real estates using geographical information systems)*. Roczniki Geomatyki 2005, tom III, zeszyt 1, s. 21-26. Warszawa 2005.
 28. Cichociński P., Parzych P.: *Koncepcja taksacji nieruchomości opartej o dane SIG wykorzystującej sztuczne sieci neuronowe (The idea of real estate valuation based on GIS data and artificial neural networks)*. W: A. Grzech (red.) Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe, tom 2, s. 383-391. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006. (udział własny 50%: Analiza dostępności i szczegółowego zakresu tematycznego poszczególnych baz SIG zawierających potencjalnie komplet danych niezbędnych do przeprowadzenia wyceny. Propozycja wyznaczenia brakujących atrybutów przy zastosowaniu funkcji analitycznych oprogramowania GIS.)
 29. Cichociński P., Parzych P.: *Geographic information system as data source for real estate valuation*. Reports on Geodesy, no. 2(77), pp. 109-114. Instytut Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006. (udział własny 50%: Przegląd atrybutów nieruchomości istotnych w procesie wyceny i ocena możliwości wyznaczenia brakujących atrybutów przy zastosowaniu narzędzi GIS.)
 30. Cichociński P., Parzych P.: *System informacji geograficznej jako niezbędny element powszechnej taksacji nieruchomości (Geographic information system as a necessary element of a common evaluation of real estates)*. Geodezja, tom 12, zeszyt 2/1, s. 139-145. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2006. (udział własny 50%: Określenie atrybutów nieruchomości prawnie wymaganych dla wyceny i szczegółowa propozycja wyznaczenia brakujących atrybutów przy zastosowaniu funkcji analitycznych oprogramowania GIS z analizą oczekiwanych wartości.)
 31. Cichociński P., Dębińska E.: *Zastosowanie narzędzi CASE do projektowania baz danych systemów informacji geograficznej (Application of CASE tools to geographic information system databases design)*. Geodezja, tom 12, zeszyt 2/1, s. 157-165. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2006. (udział własny 50%: Opis pojęcia geobazy – bazy danych przestrzennych. Modelowanie pojęciowe – od świata realnego, poprzez model pojęciowy do schematu pojęciowego.)

32. Bydłosz J., Cichociński P., Parzych P.: *The Proposal of Cadastral Value Determination Based on Artificial Intelligence*. Proceedings of XXIII International FIG Congress, 8-13 October 2006, Munich, Germany. (udział własny 33%: Propozycja zastosowania baz danych SIG jako źródła informacji o nieruchomościach dla celów przeprowadzenia wyceny.)
33. Cichociński P., Parzych P.: *Application of Geographic Information Systems for Real Estate Valuation Support*. Proceedings of XXIII International FIG Congress, 8-13 October 2006, Munich, Germany. (udział własny 50%: Koncepcja systemu informacji geograficznej dla rynku nieruchomości. Propozycja narzędzi umożliwiających wyznaczenie niezbędnych atrybutów nieruchomości.)
34. Cichociński P.: *Modelowanie dostępności komunikacyjnej nieruchomości jako atrybutu niezbędnego w procesie wyceny (Modelling of real estates communication accessibility as an attribute essential in the valuation process)*. **Roczniki Geomatyki 2006, tom IV, zeszyt 3, s. 71-80. Warszawa 2006. (udział własny 100%)**
35. Cichociński P., Dębińska E.: *Conceptual modelling of real estates for the purposes of mass appraisal*. Proceedings of FIG Working Week 2007, 13-17 May 2007, Hong Kong SAR, China. (udział własny 50%: Lista atrybutów nieruchomości niezbędnych dla dokonania wyceny. Objaśnienie pojęć geobazy i modelowania pojęciowego.)
36. Cichociński P.: *Zastosowanie metod kartograficznych i geostatystycznych do wstępnej analizy rynku nieruchomości (Application of cartographical and geostatistical methods for preliminary analysis of real estate market)*. **Studia i materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości, volume 15, number 3-4, s. 155-166. Olsztyn 2007. (udział własny 100%)**
37. Cichociński P.: *Metody kartograficznej wizualizacji wartości nieruchomości (Methods of cartographical visualisation of real estate values)*. W: M. Sirko, P. Cebrykow (red.) *Kartografia. Prace i Studia Kartograficzne Oddziału Kartograficznego Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Tom 1. Współczesne problemy metodyki kartograficznej*. s. 220-232. Lublin 2007 (wydany w listopadzie 2008 r.).
38. Cichociński P.: *Zastosowanie zaawansowanych reguł topologicznych w procesie budowania baz danych przestrzennych wspomagających wycenę nieruchomości (Application of advanced topological rules in the process of spatial databases creation to support real estate valuation)*. **Roczniki Geomatyki 2007, tom V, zeszyt 3, s. 29-35. Warszawa 2007. (udział własny 100%)**
39. Cichociński P.: *Application of advanced topological rules in the process of building geographical databases supporting the valuation of real estates*. Proceedings of FIG Working Week 2008, 14-19 June 2008, Stockholm, Sweden.
40. Cichociński P.: *Methods of cartographical presentation of real estate values*. Proceedings of FIG Working Week 2008, 14-19 June 2008, Stockholm, Sweden.
41. Cichociński P.: *Propozycja metod wyznaczania atrybutów nieruchomości dla baz danych wspomagających proces taksacji (Proposed methods for determining the attributes of*

- real estate for databases supporting the process of valuation*). Materiały V krajowej konferencji naukowej „INFOBAZY 2008 – Systemy, aplikacje, usługi”. Sopot, 15–17 października 2008 r., s. 187-192.
42. Śliż I., Cichociński P.: *GML – A Real Standard?* Proceedings of FIG Working Week 2009 in Eilat, Israel, 3-8 May 2009. (udział własny 50%: Opis języka GML. Badanie możliwości programu QuantumGIS w zakresie odczytu plików w formacie GML.)
 43. Bydłosz J., Cichociński P., Parzych P.: *The Estates' Valuation Models in the Developing Markets*. Proceedings of FIG Working Week 2009 in Eilat, Israel, 3-8 May 2009. (udział własny 33%: Przygotowanie odpowiedniej bazy danych umożliwiającej realizację praktycznego przykładu podziału ceny transakcyjnej nieruchomości na ceny poszczególnych jej elementów składowych.)
 44. Cichociński P.: *Ocena możliwości automatyzacji procesu wyznaczania atrybutów nieruchomości dla potrzeb wyceny (Analysis of the automatisisation possibility of real estate attributes determination for the purposes of valuation)*. **Studia i materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości, volume 17, number 2, s. 65-76. Olsztyn 2009. (udział własny 100%)**
 45. Bydłosz J., Cichociński P., Dębińska E.: *Modelowanie baz danych o nieruchomościach (The modelling of real estate databases)*. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 2009, vol. 19, s. 35–46. (udział własny 33%: Propozycja modelu pojęciowego bazy danych przestrzennych dla potrzeb rzeczoznawców majątkowych.)
 46. Cichociński P.: *Próba zastosowania metod geostatystycznych do taksacji nieruchomości (An attempt to apply geostatistical methods to real estate valuation)*. **Roczniki Geomatyki 2009, tom VII, zeszyt 4, s. 17-24. Warszawa 2009. (udział własny 100%)**
 47. Basista I., Bydłosz J., Cichociński P.: *The Possibilities of Geoinformation Resources Recorded in GML Accessing with Chosen GIS Software*. *Geomatics and Environmental Engineering*, vol. 4, no. 1, s. 33-44. Kraków 2010. (udział własny 33%: Charakterystyka języka GML. Analiza problemów z odczytem plików w formacie GML w programie QuantumGIS.)
 48. Cichociński P., Dębińska E.: *Baza danych przestrzennych wspomagająca samorządy lokalne w prowadzeniu polityki rozwoju przedsiębiorczości (Spatial database supporting local governments in implementing entrepreneurship development policy)*. *Studia Informatica*, vol. 31, no. 2B, s. 371-380. Gliwice 2010. (udział własny 50%: Sformułowanie modelu pojęciowego proponowanej bazy danych.)
 49. Bydłosz J., Cichociński P., Parzych P.: *Możliwości pokonania ograniczeń rejestru cen i wartości nieruchomości za pomocą narzędzi GIS (Possibilities of the register of real estates prices and values restrictions overcoming applying GIS tools)*. *Studia Informatica*, vol. 31, no. 2B, s. 229–244. Gliwice 2010. (udział własny 33%: Narzędzie do odczytu danych z plików formacie SWDE. Propozycja zastosowania metod

interpolacji przestrzennej – w szczególności krigingu – do oszacowania przestrzennego rozkładu wartości nieruchomości.)

50. Cichociński P.: *Metadane i jakość danych w systemach informacji geograficznej (Metadata and data quality in geographic information systems)*. III Krajowa Konferencja Naukowa „Technologie Przetwarzania Danych”. Materiały konferencyjne. Poznań, 21-23 czerwca 2010 r. WNT, Warszawa 2010.
51. Cichociński P.: *Zastosowanie systemów informacji geograficznej do analizy rynku nieruchomości (The use of geographic information systems to analyze the real estate market)*. III Krajowa Konferencja Naukowa „Technologie Przetwarzania Danych”. Materiały konferencyjne. Poznań, 21-23 czerwca 2010 r. WNT, Warszawa 2010.
52. Cichociński P., Dębińska E.: *Baza danych przestrzennych jako podstawa do planowania wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich (Spatial database as a basis for multifunctional development planning of rural areas)*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. Nr 12/2010, s. 159-167. Kraków 2010. (udział własny 50%: Założenia modelu pojęciowego proponowanej bazy danych.)
53. Basista I., Bydłosz J., Cichociński P.: *Przykłady wykorzystania języka GML przy udostępnianiu polskich zasobów geoinformacyjnych. (Some examples of using GML for the exchange of polish geoinformation resources)*. Roczniki Geomatyki 2010, tom VIII, zeszyt 5, s. 31-41. Warszawa 2010. (udział własny 33%: Analiza możliwości odczytu danych udostępnianych przez serwery WFS. Sformułowanie wniosków wynikających z napotkanych problemów.)
54. Bielecka E., Cichociński P., Iwaniak A., Krawczyk A., Pachół P.: *Przegląd polskich geoportali na podstawie konkursu „The SDI Best Practice Award 2009” (A review of polish geoportals on the basis of „The SDI Best Practice Award 2009” competition)*. Roczniki Geomatyki 2010, tom VIII, zeszyt 6, s. 19-27. Warszawa 2010. (udział własny 20%: Opis geoportali środowiskowych Natura 2000, Tatry, RDLP Gdańsk, OTOP, IKAR.)
55. Bydłosz J., Cichociński P., Parzych P.: *Możliwości wykorzystania danych rejestru cen i wartości nieruchomości na potrzeby gospodarki przestrzennej (Possibilities of using prices and values register for real estates data for spatial economy purposes)*. Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum 9(1) 2010, s. 5-16. (udział własny 33%: Pozyskanie danych z rejestru cen i wartości nieruchomości. Propozycja zastosowania metod kartograficznych i geostatystycznych do oszacowania przestrzennego rozkładu wartości nieruchomości.)
56. Cichociński P.: *Racjonalizacja procesu taksacji nieruchomości przez zastosowanie funkcji analiz przestrzennych w systemach informacji geograficznej, z uwzględnieniem metod geostatystyki (The rationalization of the property assessment process by the use of spatial analysis functions in geographic information systems, including the methods of geostatistics)*. Rozprawy Monografie nr 213. Wydawnictwa AGH, 2010.

57. Banasik P., Cichociński P., Czaja J., Góral W., Kozioł K., Krzyżek R., Kudrys J., Ligas M., Skorupa B.: *Podstawy geomatyki (The basics of geomatics)*. Wydawnictwa AGH, 2011. (udział własny: autorstwo podrozdziałów 1.2, 4.1, 4.4, 4.5, 4.6, 4.9, 6.1, 6.2, 6.3)
58. Cichociński P.: *Porównanie metod interpolacji przestrzennej w odniesieniu do wartości nieruchomości (Comparison of spatial interpolation methods for real estate values)*. *Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości 2011*, vol. 19, nr 3, s. 120–132. (udział własny 100%)
59. Cichociński P.: *Zastosowanie techniki GPS oraz funkcji analiz sieciowych oprogramowania GIS do optymalizacji ruchu drogowego w miastach (Application of GPS technology and network analysis functions of GIS software for optimization of city traffic)*. *Geomatyka i Inżynieria : kwartalnik naukowy Państwowej Wyższej Szkoły Techniczno-Ekonomicznej w Jarosławiu* 2011 nr 1 s. 13–25.
60. Cichociński P., Dębińska E.: *Wolne oprogramowanie do projektowania baz danych przestrzennych (Free software for designing spatial databases)*. *Roczniki Geomatyki* 2011, tom IX, zeszyt 4, s. 43-52. Warszawa 2011. (udział własny 50%: Zagadnienie normalizacji w zakresie systemów informacji geograficznej. Ogólny opis użytych narzędzi do projektowania baz danych przestrzennych: ArgoCASEGeo i MOSKittGeo. Analiza możliwości programu ArgoCASEGeo.)
61. Cichociński P.: *How to Calculate Real Estate Accessibility. Proceedings of FIG Working Week 2012 in Rome, Italy, 6-10 May 2012*. (udział własny 100%)
62. Cichociński P.: *Analizy sieciowe w środowisku baz danych przestrzennych (Network analysis in spatial databases)*. *Studia Informatica*, vol. 33, no. 2B, s. 131–143. Gliwice 2012.

Podsumowanie:

62 publikacje	46 po uzyskaniu stopnia doktora,
	35 samodzielnych,
	12 w języku angielskim.

Piotr Cichociński