

DOI: 10.18276/sjp.2016.45/1-31

Marek Ogryzek*

Krystyna Kurowska**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

GEOSTATYSTYCZNE METODY OPRACOWYWANIA MAP ŚREDNICH CEN TRANSAKCYJNYCH GRUNTÓW ROLNYCH NIEZABUDOWANYCH¹

Streszczenie

Głównym celem artykułu było porównanie metod opracowywania map średniej ceny transakcyjnej gruntów rolnych niezabudowanych z wykorzystaniem metod geostatystycznych. W ramach publikacji na potrzeby opracowania map średnich cen transakcyjnych gruntów rolnych niezabudowanych wykorzystano metody geostatystyczne z kreatora Geostatistical Wizard programu ArcGIS 10.3, a następnie przeprowadzono walidację wyników w niepróbkowanych miejscach. Do analiz wykorzystano dane o cechach transakcyjnych pozyskane z bazy danych ANR OT Olsztyn, prezentując w efekcie przykłady map tematycznych przygotowanych w technologii GIS. Wskazano również możliwości wykorzystania map w procesie gospodarowania nieruchomościami rolnymi Skarbu Państwa. Mapy średnich cen gruntów mogą ułatwić gospodarowanie nieruchomościami rolnymi Skarbu Państwa, zaspokoić potrzeby informacyjne rolników oraz stanowić punkt wyjścia do określenia wartości gruntów dla potrzeb przyszłych sprzedaży.

Słowa kluczowe: kartografia tematyczna, geostatystyka, interpolacja, zasób Agencji Nieruchomości Rolnych, nieruchomości rolne niezabudowane, cena transakcyjna

* Adres e-mail: marek.ogryzek@uwm.edu.pl.

** Adres e-mail: krystyna.kurowska@uwm.edu.pl.

¹ Artykuł opracowano w ramach przedsięwzięcia „Rola Agencji Nieruchomości Rolnych w gospodarowaniu i kształtowaniu przestrzeni obszarów wiejskich”, umowa nr 04/SFKiW/2016.

Wstęp

Mapy średnich cen transakcyjnych gruntów przedstawiają, na podstawie danych gromadzonych przez starostów w rejestrze cen i wartości nieruchomości, badań statystycznych oraz analiz i zestawień charakteryzujących rynek nieruchomości, w skali całego kraju w powiązaniu z zasadniczym trójstopniowym podziałem terytorialnym państwa, zróżnicowanie średnich cen transakcyjnych gruntów przeznaczonych pod zabudowę oraz gruntów rolnych (Rozporządzenie, 2011). Uśrednienie dla jednostek statystycznych danych powoduje bardzo duże błędy statystyczne, a w praktyce brak uzyskania wiarygodnej informacji. Ważna zatem staje się metoda wyznaczania średniej ceny transakcyjnej. W środowisku przyrodniczym ze względu na ograniczenia pomiarowe w przestrzeni (nie pokrywają badanego obiektu przestrzennego) wprowadza się metody interpolacji danych przestrzennych.

Do wizualizacji średnich cen transakcyjnych gruntów rolnych używane są różne metody wizualizacji. Popularna jest interpolacja cen (Cichociński, 2011; Cellmer, Kuryj, 2011; Prus, 2010). Ogryzek i Kurowska (2016) wykorzystywali metodę IDW, argumentując jej wybór powstającymi „oczkami cenowymi”, które lepiej niż w klasycznych metodach kartograficznych (diagram ceny średniej) obrazują rozkład cen. Cellmer (2014) porównywał własności technik Krigingu. Cichociński (2011) zestawiał metody w podziale na deterministyczne (parametrem był błąd średni interpolacji) i stochastyczne (parametrem był błąd średni kwadratowy standaryzowany). Autorzy porównali wszystkie metody geostatystyczne metodą walidacji podzbiorem (do tego celu utworzyli oddzielną warstwę walidacyjną), a także dodatkowo wyznaczyli średni błąd interpolacji każdej z metod, a dla bardziej wiarygodnej miary porównania wyznaczono pierwiastek kwadratowy średniego błędu interpolacji.

Interpolacja pozwala na odtworzenie przestrzennego rozmieszczenia danych pomiarowych. Opiera się na zamianie danych uzyskanych w poszczególnych punktach pomiarowych na ciągłe pola zmiennych ilościowych lub jakościowych w postaci rastrowej. Podczas procesu interpolacji wartości w centrach poszczególnych komórek rastrowych obliczane są na podstawie istniejących punktowych danych. Dobór punktów pomiarowych, na podstawie których będą liczone nowe wartości, może się odbywać za pomocą kryterium odległości lub liczby punktów. Należy zauważyć, że punkty pomiarowe nie pokrywają się z punktami obliczeniowymi (centra komórek rastrowych), co może skutkować brakiem maksymalnie zmierzonych wartości na mapie rastrowej, gdyż „w procesie obliczania wartości pobliskich im centrów komórek brane są pod uwagę także inne wyniki pomiarów” (Urbański, 2008).

Cechą interpolacji danych przestrzennych jest to, że odbywa się ona w układzie, w którym para współrzędnych (x, y) oznacza położenie punktu, zaś współrzędna (z) reprezentuje wartość zmiennej w tym punkcie. Mimo cech szczególnych wszystkie algorytmy automatycznej interpolacji cechuje podobieństwo sposobu rozwiązywania problemu rozmieszczenia punktów pomiarowych i określenia stopnia ich wpływu na otoczenie. Punkty pomiarowe mogą być rozmieszczone różnie, według konkretnych schematów, tworząc węzły regularnej siatki, ciąg punktów w oddalonych od siebie profilach, czy też rozkład nieregularny. Wartość zmierzona w punkcie pomiarowym jest pewną jednostką informacji, która opisuje dane miejsce oraz z mniejszym prawdopodobieństwem otoczenie tego punktu (Magnuszewski, 1999).

1. Metodyka

Na potrzeby artykułu zastosowano metodę monograficzną w odniesieniu do przeglądu literatury, przepisów prawnych, dokumentów regulujących zasady i tryb gospodarowania nieruchomościami pozostającymi w Zasobie ANR oraz sporządzania map tematycznych i możliwości ich wykorzystania w procesie gospodarowania nieruchomościami.

Analizy przeprowadzono na przykładzie transakcji sprzedaży na obszarze działania ANR OT Olsztyn. Na potrzeby analiz odrzucono transakcje poniżej 1 ha. Mapy opracowano z uwzględnieniem podziału terytorialnego na gminy, w programie ArcGIS Geostatistical Analyst, który obejmuje zestaw zaawansowanych narzędzi pozwalających badać dane przestrzenne i generować modele powierzchni z wykorzystaniem metod statystycznych i deterministycznych. Program ten umożliwia interpolowanie modelu na podstawie danych pomierzonych w wybranych punktach badanej powierzchni. Geostatistical Analyst pozwala na badanie, wizualizowanie i tworzenie modeli powierzchni będących podstawą dla dalszych zaawansowanych analiz przestrzennych. Szczegółowy opis metod geostatystycznych użytych w badaniach zaprezentowano w literaturze zagranicznej (Hengel, 2011; Krivoruchko, 2011; Sarna, 2009), a także polskiej (Urbański, 2008; Zawadzki, 2011).

2. Metody geostatystyczne

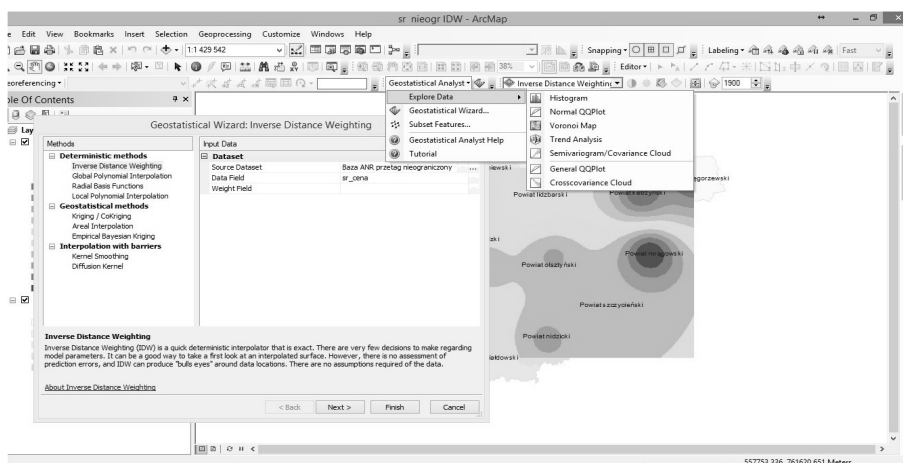
Klasyczne metody statystyczne uwzględniają całą losowość w wyrażaniu błędu, podczas gdy struktura jest reprezentowana przez wyrażenie deterministyczne. Metody geostatystyczne pozwalają na traktowanie cen transakcyjnych jako zmiennej zregionalizowanej i tym samym przedstawienie losowości w warunkach fluktuacji, które nie stanowią błędów, ale są pewnymi cechami zjawiska charakteryzującymi się własną strukturą. Są one stosowane głównie do danych przestrzennie skorelowanych. Istota tych metod polega na przeprowadzeniu optymalnej interpolacji wartości średnich rozważanych parametrów i właściwym zinterpretowaniu struktury przestrzennej danych. Szczególną rolę odgrywa tu modelowanie struktury przestrzennej przedstawionej w postaci semiwariancji, a także estymacja (Cellmer, 2014).

Metody geostatystyczne możemy podzielić na deterministyczne i stochastyczne. Metody deterministyczne obliczają wartości w centrach komórek rastra za pomocą wzorów matematycznych zapewniających ciągłość modelowanej powierzchni (łagodne przejście wartości od komórki do komórki). Interpolacja danych – przy wykorzystaniu deterministycznych metod zapewniających ciągłość powierzchni, a także określeniu (estymacji) wartości najbardziej prawdopodobnych (przeciętnych) – tworzy „wygładzone” modele powierzchni, które wyraźnie różnią się pod względem „szorstkości” od powierzchni rzeczywistych. Metody stochastyczne, które stanowi cała rodzina technik związanych z krigingiem, bazują na statystycznym modelu uwzględniającym autokorelację danych. Ich istotną zaletą jest możliwość nie tylko określenia najbardziej prawdopodobnej wartości w danej komórce rastra, ale także ocena spodziewanego błędu jej określenia. Proces geostatystycznej interpolacji danych stosuje się do tworzenia powierzchni zachowujących zmienność przestrzenną, które nie przedstawiają w każdej komórce wartości najbardziej prawdopodobnej, co w rezultacie daje efekt wygładzenia (Urbański, 2008).

ArcGIS Geostatistical Analyst (rys. 1) umożliwia:

- a) badanie zmienności danych, wyznaczanie granic danych oraz sprawdzanie globalnych trendów;
- b) tworzenie map prognoz, szacowanie błędu standardowego oraz prawdopodobieństwa;
- c) realizację różnych sposobów wizualizacji powierzchni włącznie z warstwami (izoliniami);
- d) badanie autokorelacji przestrzennej i korelacji pomiędzy wieloma zestawami danych.

Rysunek 1. Rozszerzenie Geostatistical Analyst



Źródło: komponent ArcMap oprogramowania ArcGIS.

3. Walidacja

Walidacja to działanie mające na celu potwierdzenie w sposób zgodny z założeniami, że procedury, procesy czy wykonywane czynności rzeczywiście prowadzą do zaplanowanych wyników. Modele interpolacji podlegają zwykle walidacji, która ma na celu ich kalibrację i określenie stabilności modelu. Metody geostatystyczne w przeciwieństwie do metod deterministycznych bazują na założeniach statystyki, co stwarza możliwość obliczenia statystycznych charakterystyk błędu interpolacji umożliwiających ocenę dokładności wyników analizy przestrzennej. Wybrane parametry pomocne są również przy sprawdzaniu poprawności doboru parametrów interpolacji i modelu semiwariogramu. Wskaźnikami, które wzięto pod uwagę przy porównywaniu wyników analiz przestrzennych dotyczących wartości nieruchomości, są statystyczne charakterystyki błędu interpolacji (rys. 2):

- a) średni błąd interpolacji (*mean prediction error – ME*);
- b) pierwiastek kwadratowy średniego błędu interpolacji (*root mean square prediction error – RMSE*);
- c) średni błąd standardowy (*average standard error – ASE*);
- d) średni standaryzowany błąd (*mean standardized prediction error – MSE*);
- e) pierwiastek kwadratowy ze średniego błędu standaryzowanego (*root mean square standardized prediction error – RMSSE*).

Jeśli wartości parametrów interpolacji i model semiwariogramu zostały dobrane prawidłowo i w efekcie wyniki analizy przestrzennej są zadowalające, wówczas ME powinien być bliski zeru. Jednak w związku z tym, że jego wartość w dużym stopniu uzależniona jest od rodzaju danych (wartości oraz zakresu zmian), wiarygodniejszą miarą jest MSE, którego wartość również powinna być bliska zeru. RMSE jest wskaźnikiem zalecanym do porównania wyników analizy przestrzennej za pomocą różnych metod interpolacji. Jego wartość powinna być jak najmniejsza. Ponadto ASE powinien posiadać wartość zbliżoną do RMSE.

Rysunek 2. Wynik walidacji średnich cen nieruchomości

Nazwa	Status	Siedziz	Identyfik	cena	Included	Predicted	Error	Standard Error	Standardized Error	Normal Value
Jonkowo	2	0	1	12000	Yes	25152,879755	13182,879755	10442,898709	1,262378	1,534121
Lukla	2	0	1	17000	Yes	24275,547397	7275,547397	10422,836214	0,698053	0,374065
Wrzesina	2	0	1	15422	Yes	25167,770532	9745,770532	10448,383414	0,932754	0,741594
Kiewki	2	0	1	19100	Yes	26680,537887	7560,537887	10458,587271	0,722902	0,449807
Dzwierzuby	2	0	1	15352	Yes	27011,333285	11159,333285	10568,040125	1,055561	0,887147
Eganowo	2	0	1	18354	Yes	27809,887558	11455,887558	10553,210296	1,085536	1,054472
Nowa Wieś	2	0	1	9800	Yes	17396,453896	7596,453896	10485,914993	0,724444	0,488776
Nowe Gizewo	2	0	1	25000	Yes	28425,397807	3425,397807	10753,438307	0,31654	-0,528399
Osianowa Osłystynskie	2	0	1	21000	Yes	24828,095641	3928,095641	10501,259989	0,374155	-0,284147
Brašan	2	0	1	21321	Yes	15672,247297	-5648,752703	10611,497236	-0,532324	-1,815517
Mszanowo	2	0	1	12000	Yes	15500,72588	3500,72588	10624,567534	0,328566	-0,411705
Wiebank	2	0	1	12566	Yes	28714,326213	16148,326213	11217,740437	1,439535	2,038534
Rybnó	2	0	1	12555	Yes	19522,474919	6967,474919	10573,702027	0,658984	0,300378
Janowo	2	0	1	12888	Yes	27441,588447	14553,588447	11155,951582	1,304556	1,815517
Stare Działowo	2	0	1	12999	Yes	19670,686801	8871,686801	11283,348901	0,699011	0,122153
Narzym	2	0	1	14663	Yes	23320,077024	8757,077024	11335,126586	0,772561	0,568807
Nowo-Osada	2	0	1	18235	Yes	23625,378984	7380,378984	11481,160495	0,643696	0,22826
Ebląg	1	3	1	19522	Yes	23876,817736	4354,817736	11397,368261	0,382029	-0,192684
Osłystyn	1	2	1	14558	Yes	26071,436405	11513,436405	10429,484721	1,103931	1,117247
Braneowo	1	3	1	17852	Yes	22528,797098	4676,797098	11322,572727	0,413051	-0,122162
Bartoszyce	1	3	1	18523	Yes	15575,915687	-2947,084313	10618,334708	-0,277547	-1,258183
Lidzbark Warmiński	1	3	1	19321	Yes	19849,695024	528,695024	10406,733108	0,050803	-0,887147
Pasek	1	0	1	19654	Yes	23822,247274	4169,247274	10703,024967	0,389446	-0,157311
Dobre Miasto	1	0	1	1988	Yes	23364,60599	21376,60599	10403,640353	2,054684	2,480124
Morać	1	0	1	20000	Yes	23642,540719	3642,540719	10485,431742	0,347391	-0,374095

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ANR OT Olsztyn.

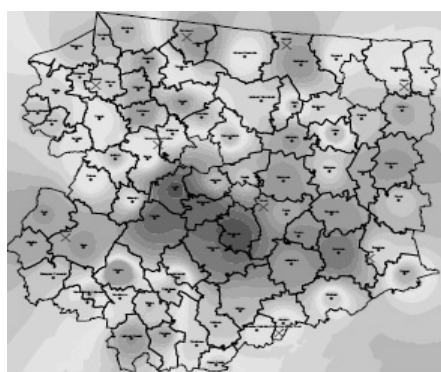
Jeśli ASE jest większy od RMSE, wówczas świadczy to tym, że zmienność w zbiorze danych została przeszacowana; w sytuacji przeciwniej oznacza to niedoszacowanie zmienności. Ostatni z wymienionych wskaźników statystycznych, a mianowicie RMSSE, powinien osiągać wartość zbliżoną do 1. Podobnie jak w poprzednim przypadku jeśli błąd ten przekracza 1, wówczas zmienność w zbiorze danych została przeszacowana; jeśli jest mniejszy niż 1, mamy do czynienia z niedoszacowaniem zmienności (Łupikasza, 2007).

4. Analiza cen transakcyjnych gruntów rolnych niezabudowanych

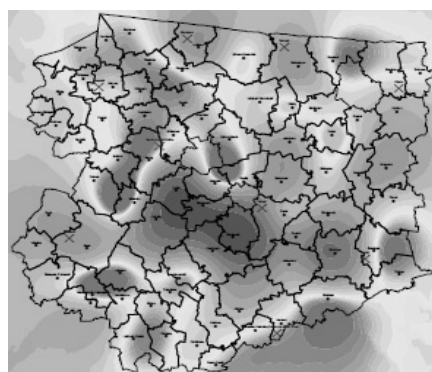
Interpolację przeprowadzono wszystkimi dostępnymi metodami w oprogramowaniu ArcGIS. Zestawiono uzyskane podczas analizy wskaźniki, a w szczególności

ści opcje metod interpolacji wraz z semiwariogramami krzyżowymi estymacji cen średnich oraz błędy. Najmniejszym ME charakteryzuje się metoda empirycznego krigingu Bayesa (EBK), w której to najlepsze wyniki uzyskano przy rozłożeniu danych na cztery sektory. Równie dobrze pod tym względem prezentuje się metoda radialnych funkcji bazowych (RBF). W grupie metod radialnych funkcji bazowych najlepsze wyniki dał wariant splajnu z naprężeniem (*spline with tension*). Największy ME uzyskano przy zastosowaniu metody globalnej interpolacji wielomianów (GPI). W przypadku RMSE najniższą wartość uzyskano metodą radialnych funkcji bazowych (RBF) z zastosowaniem splajnu całkowicie regularnego, natomiast najwyższą – metodą globalnej interpolacji wielomianów (GPI).

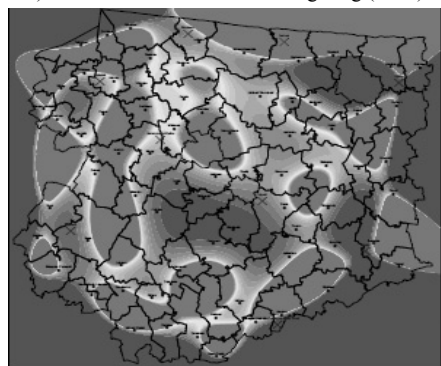
Rysunek 3. Średnia cena 1 ha nieruchomości rolnych niezabudowanych w gminach województwa warmińsko-mazurskiego uzyskana metodami deterministycznymi



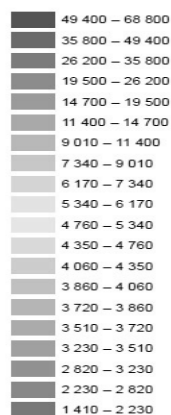
a) metoda Inverse Distance Weighting (IDW)



b) metoda Global Polynomial Interpolation (GPI)



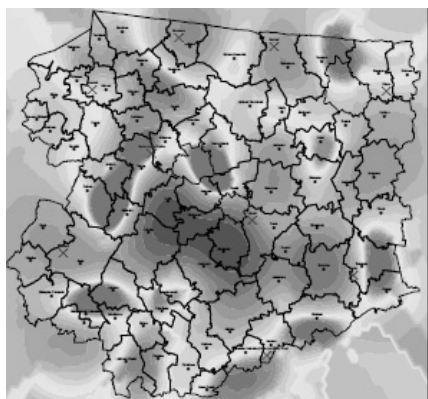
c) metoda Radial Basic Functions, (RBF)



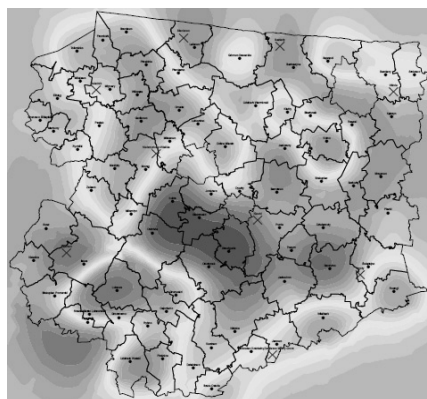
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ANR OT Olsztyn.

Analizując wartości poszczególnych wskaźników, można stwierdzić, iż w odniesieniu do określania przedziałów wartości nieruchomości wśród metod deterministycznych najdokładniejsza jest metoda radialnych funkcji bazowych oraz metoda empirycznego kriginu Bayesa (EBK), natomiast metodą, która wyraźnie odróżnia się od innych pod względem wielkości błędów interpolacji, jest globalna interpolacja wielomianów (GPI). W przypadku metod stochastycznych największy MSE odnotowano w przypadku kriginu prostego (*simple*). Pozostałe metody stochastyczne wykazywały wartość MSE bliską zeru.

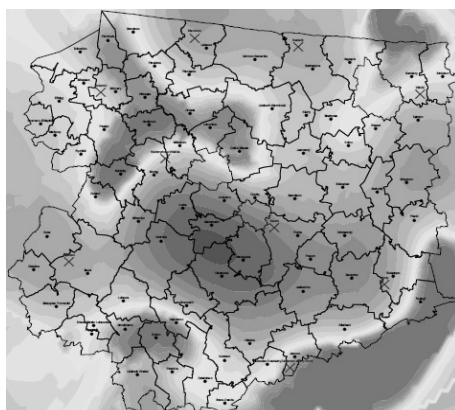
Rysunek 4. Mapa średnich cen 1 ha nieruchomości rolnych niezabudowanych w gminach województwa warmińsko-mazurskiego uzyskana metodami stochastycznymi



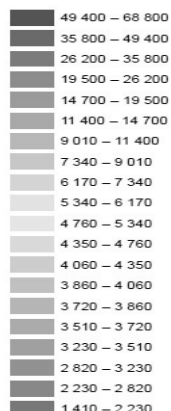
a) metoda Kriging Ordinary



b) metoda Kriging Simple



c) metoda Kriging Universal



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ANR OT Olsztyn.

Na rysunku 3 przedstawiono średnią cenę 1 ha nieruchomości rolnych niezabudowanych w gminach województwa warmińsko-mazurskiego uzyskaną na podstawie danych z ANR OT Olsztyn wybranymi metodami deterministycznymi. Dla porównania (rys. 4) przedstawiono średnią cenę 1 ha nieruchomości rolnych niezabudowanych uzyskaną na podstawie tych samych danych wybranymi metodami stochastycznymi w tej samej skali barw dla łatwiejszego porównania wyników. Biorąc pod uwagę średni błąd uzyskany w wyniku zastosowania walidacji, okazuje się, iż najmniejszymi wartościami odznacza się metoda odwrotnych odległości (IDW). Generuje ona najmniejszy błąd w przypadku zastosowania zarówno jednego, czterech, jak i ośmiu sektorów (średnio 34–35%).

Tabela 1. Wskaźniki walidacji

Metoda	Średni błąd (%)
IDW	34,82
RBF.ST	35,45
RBF.M	37,31
RBF.IM	38,29
EBK	40,39
RBF.TPS	40,45
RBF.CRS	41,17
KS	44,56
LPI	46,68
KRIGING	49,72
GPI	66,00

Źródło: opracowanie własne.

Tuż za nią plasuje się metoda radialnych funkcji bazowych (RBF) (35–38%) oraz metoda empirycznego krigingu Bayesa (EBK) (40%), które również dostarczyły najniższy średni błąd interpolacji. Jeżeli chodzi o walidację, największy błąd średni otrzymano w przypadku metody globalnej interpolacji wielomianów (GPI) oraz interpolacji powierzchniowej (AI). Dla obu metod błąd średni walidacji przekroczył 70%. Zestawienie efektów walidacji zawarto w tabeli 1, a szczegółowe wskaźniki uzyskane z walidacji w tabeli 2.

Tabela 2. Szczegółowe wskaźniki uzyskane z walidacji

Metoda	Średni błąd	Metoda	Średni błąd	
IDW	1 sector 34,25%	RBF.IM	1 sector 38,49%	
	4 sectors 35,01%		4 sectors 38,09%	
	4 sectors with 45 offset 34,94%		4 sectors with 45 offset 38,30%	
	8 sectors 35,08%		8 sectors 38,27%	
GPI	polynomial = 3 64,21%	RBF.TPS	1 sector 40,90%	
	polynomial = 4 76,29%		4 sectors 40,36%	
	polynomial = 5 61,76%		4 sectors with 45 offset 40,02%	
	polynomial = 6 59,16%		8 sectors 40,52%	
	polynomial = 7 56,07%	LPI	exponential 40,92%	
	polynomial = 8 78,50%		polynomial 49,42%	
RBF.CRS	1 sector 40,48%	LPI	gaussian 45,72%	
	4 sectors 41,28%		epanechnikov 48,42%	
	4 sectors with 45 offset 41,40%		quatric 49,70%	
	8 sectors 41,51%		constant 45,88%	
RBF.ST	1 sector 35,60%		EBK	1 sector 40,84%
	4 sectors 35,34%			4 sectors 40,03%
	4 sectors with 45 offset 35,41%	4 sectors with 45 offset 40,16%		
	8 sectors 35,47%	8 sectors 40,52%		
RBF.M	1 sector 36,78%	KRIGING	disjunctive 44,75%	
	4 sectors 37,54%		universal 44,66%	
	4 sectors with 45 offset 37,42%		simple 63,23%	
	8 sectors 37,50%		ordinary 46,23%	

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Mapa średnich cen transakcyjnych gruntów powinna obejmować obszar całej Polski, a dostęp do informacji przestrzennej, jaką jest średnia cena gruntów w gminie czy powiecie (niezależnie od typu transakcji – z Zasobu ANR czy na rynku prywatnym), powinien być powszechny. Mapa średnich cen transakcyjnych gruntów rolnych powinna stanowić nowy element krajowej infrastruktury danych przestrzennych w Polsce. Po przeanalizowaniu zestawionych ze sobą wskaźników dotyczących średnich generowanych przez metody błędów można stwierdzić, iż większość metod charakteryzuje się niską dokładnością prognozowania w odniesieniu do wartości nieruchomości. Metody deterministyczne charakteryzowały się relatywnie wysoką

wartością ME. Wyjątek stanowiła tu metoda RBF – splajn z naprężeniem (*spline with tension*) oraz wariant z odwrotną wielokwadratową (*inverse multiquadric*). Najlepsze wyniki pod względem MSE dało zastosowanie metody stochastycznej – empirycznego krigingu Bayesa (EBK). Przeprowadzona walidacja ukazała natomiast metodę odwrotnych odległości (IDW) jako charakteryzującą się najdokładniejszym wynikiem estymacji. Każda z metod interpolacji generuje zupełnie inne mapy prognoz wartości nieruchomości, tak więc to od użytkownika i celu jego analizy zależy, która metoda będzie najbardziej odpowiednia i jak wysoka dokładność jest potrzebna przy prowadzeniu tego typu badań. Modele przestrzenne rozkładu wartości nieruchomości nie powinny stanowić całkowitej analizy zjawiska ze względu na ogrom błędów, jakie generują. Mogą natomiast być swojego rodzaju uzupełnieniem przeprowadzonych wcześniej badań.

Głównym celem badań było wskazanie narzędzi oraz metod do wizualizacji średnich cen transakcyjnych gruntów. Walidacji dokonano na podstawie cen transakcyjnych uzyskanych z bazy ANR OT Olsztyn. Analiza rynku (w tym analiza cen transakcyjnych nieruchomości rolnych) stanowi jedno z podstawowych narzędzi procesu podejmowania decyzji między innymi inwestycyjnych i administracyjnych. Produkty tematyczne w postaci cyfrowych map średnich cen transakcyjnych gruntów stanowią przykład praktycznego zastosowania technologii GIS.

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz literatury proponuje się włączenie metod geostatystycznych do opracowania map średnich cen transakcyjnych gruntów ANR. Głównym celem badań jest wskazanie narzędzi do wizualizacji wyników w ramach prowadzonych analiz przestrzennych. Zaproponowane narzędzia mogą być integralnym komponentem w racjonalnym gospodarowaniu zasobem Skarbu Państwa przez ANR OT Olsztyn. W aspekcie nowych uregulowań prawnych mogą być też wprowadzone do opracowań map średnich cen czynszów dzierżawnych użytkiwanych w ramach przetargów ograniczonych i nieograniczonych będących podstawą do gospodarowania gruntami rolnymi będącymi w Zasobie ANR.

Literatura

- Cellmer, R., Kuryj, J. (2011). Określanie stref o podobnej cenności gruntów z wykorzystaniem metod geostatystycznych. *Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości*, 19 (3), 7–19.
- Cellmer, R. (2014). *Modelowanie przestrzenne w procesie opracowywania map wartości gruntów*. Olsztyn: Wyd. UW-M.

- Cichociński, P. (2011). Porównanie metod interpolacji przestrzennej w odniesieniu do wartości nieruchomości. *Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego*, 19 (3), 119–132.
- Hengel, T. (2007). *A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables*. Office for Official Publications of the European Communities, Italy.
- Krivoruchko, K. (2011). *Spatial Statistical Data Analysis for GIS Users*. Esri Pres.
- Łupikasza, E. (2007). Metody analiz przestrzennych w badaniu zmienności opadów w Europie. *Roczniki Geomatyki*, V (1), 71–82.
- Magnuszewski, A. (1999). *GIS w geografii fizycznej*. Warszawa: PWN.
- Prus, B. (2010). Mapy wartości gruntów, jako czynnik wspomagający gospodarowanie terenami w gminie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 12, 169–177.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z 3.10.2011 w sprawie rodzajów kartograficznych opracowań tematycznych i specjalnych. Dz.U. nr 222, poz. 13, 28.
- Sarna, D. (2009). *Geostatistical with Applications in Earth Sciences*. Springer, Italy.
- Urbański, J. (2008). *GIS w badaniach przyrodniczych*. Gdańsk: Wyd. UG.
- Zawadzki, J. (2011). *Metody geostatystyczne dla kierunków przyrodniczych i technicznych*. Warszawa: Wyd. OWPW.

GEOSTATISTICAL METHODS PREPARING OF MAP AVERAGE TRANSACTION PRICES OF AGRICULTURAL LAND UNDEVELOPED

Abstract

The main aim of this study was to compare the methods of mapping the average transaction price of agricultural land undeveloped using geostatistical methods. As part of an article to develop maps of the average transaction price of agricultural land undeveloped were used geostatistical methods from wizard Geostatistical Wizard ArcGIS 10.3 and next was followed by validation of the unsampled locations. For the analysis, was obtained data about the characteristics of the transaction from the database APA branch Olsztyn. As a results was presenting examples of thematic maps developed GIS technology. Also was indicated the possibility of using maps in the management of agricultural property of the State Treasury. Maps of average land prices may facilitate the management of agricultural property of the State Treasury, to meet the information needs of farmers and a starting point to determine the value of land for future sales.

Translated by Marek Ogryzek

Keywords: thematic cartography, geostatistics, interpolation, Agricultural Real Estate Agency resources, agricultural land undeveloped, transaction price

JEL Codes: C1, R3, Q11, Q15