

Jakub Sikora

**OKREŚLENIE SIŁY I CHARAKTERU AUTOKORELACJI
PRZESTRZENNEJ NA PODSTAWIE GLOBALNEJ
STATYSTYKI I MORANA INFRASTRUKTURY ROLNICZEJ
POLSKI POŁUDNIOWEJ I POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ**

***DETERMINING OF STRENGTH AND CHARACTER
SPATIAL AUTOCORRELATION ON BASIS GLOBAL
I MORAN'S IN AGRICULTURAL INFRASTRUCTURE
OF SOUTH AND SOUTH-EAST POLAND***

Streszczenie

Statystyka przestrzenna jest najnowszym działem statystyki, który zajmuje się analizą danych przestrzennych, a w dalszej kolejności opisem i badaniem układów przestrzennych.

Metodologia badań zjawisk przestrzennych zasadniczo różni się od metodologii statystyki klasycznej, mimo że w większości powstała na podstawie metod statystyki klasycznej.

Wyjaśnienie zjawisk rozpatrywanych w czasie wymaga spojrzenia w jednym kierunku (przeszłość – przyszłość), tymczasem wyjaśnienie zjawisk rozpatrywanych w przestrzeni wymaga spojrzenia we wszystkich kierunkach jednocześnie. Ocena autokorelacji przestrzennej wymaga wiedzy na temat stopnia i specyfiki różnorodności przestrzennej, czyli właściwości polegającej na zróżnicowaniu cech poszczególnych miejsc i regionów geograficznych. Różnorodność przejawia się natężeniem i kierunkiem kształtowania procesów przestrzennych. Rozpatrując regułę Toblera [1970] zwaną pierwszym prawem geografii można przypuszczać, iż: „wszystkie obiekty są z sobą powiązane, a siła tych powiązań maleje wraz ze wzrostem odległości między nimi”. Zazwyczaj zwiększaniu odległości w przestrzeni towarzyszy wzrost zróżnicowania cechy, w związku z tym także jej niejednorodność. Tezę Toblera o istnieniu zależności przestrzennej zasygnalizowało wielu badaczy z różnych dziedzin, np. w badaniach wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich [Krakowiak-Bal 2005; Woźniak, Sikora 2005] czy geografii gospodarczej [Domański 1988].

Słowa kluczowe: autokorelacja, statystyka globalna / Morana, infrastruktura wewnętrzna gospodarstw rolnych

Summary

Spatial statistics is the newest branch of statistics dealing with an analysis of spatial data, and with further description and the investigation of spatial phenomena.

The methodology of the investigations of spatial phenomena differs from the methodology of the classic statistics, although it was based on methods of classic statistics.

The explanation of phenomena considered in the time requires a look in one direction (the past –the future), meanwhile the explanation of phenomena considered in the space requires glances in all directions simultaneously. The opinion of the spatial autocorrelation requires the knowledge on the degree and the specificity of the spatial variety, consisting in differentiation the characteristics of individual places and geographical regions. The variety appears intensity and the direction of the formation of spatial processes. Considering the Tobler's rule [1970] called first right of geography, it can be supposed, that: „all objects are related with themselves, and strength these connections diminishes with the growth of the distance between them”. Many of researchers signaled Tobler's rule in the investigations of the multifunctional development of rural areas [Krakowiak-Bal 2005; Woźniak, Sikora 2005] and economic geography [Domański 1988].

Key words: autocorrelation, Global I Moran's, the internal technical infrastructure of agriculture farms

WPROWADZENIE

Autokorelacja daje możliwość poznania przestrzennej struktury zależności obiektów (gmin) zbioru oraz oddziaływania pomiędzy wartościami badanej zmiennej w różnych lokalizacjach. Statystyka I Morana umożliwia wyznaczenie podobieństw i różnic między gminami w ujęciu ogólnym. Analizując wynik autokorelacji przestrzennej można wyznaczyć skupiska obiektów podobnych do siebie, ale również znaleźć obiekty czy też grupy obiektów różniących się od sąsiedztw. Celem prowadzonej analizy jest udowodnienie, że istnieje niemierzalny czynnik przestrzenny różniący badane zjawisko pomiędzy lokalizacjami. Znajomość i zrozumienie struktur przestrzeni umożliwia lepsze przewidywanie zmian. Znajomość ta ułatwia podejmowanie działań w polityce rozwojowej obszarów wiejskich. Niewątpliwie trafnie przyznane wsparcie, jak i jego właściwe wykorzystanie wpłynie na poprawienie dochodowości gospodarstw rolnych z poszczególnych gmin, a to pociągnie za sobą poprawę płynności finansowej ludności bezpośrednio i pośrednio związanej z sektorem rolnictwa. Podniesienie statusu życia ludności wiejskiej z terenów najbardziej potrzebujących pozwoli na zmniejszenie zróżnicowania społeczeństwa. W trafnym skierowaniu środków należy również upatrywać wzrost ambicji ludności wiejskiej, która jak wiemy jest jednym z motorów rozwoju cywilizacyjnego.

Prowadząc analizę przestrzenną, należy zamodelować powiązania sąsiedztwie. Najbardziej powszechnym sposobem w naukach ekonometrycznych na

określanie bliskości obiektów przestrzennych jest podejście wykorzystujące kryterium wspólnej granicy. Rozpoczynając analizę przestrzenną w zbiorze 509 obiektów (gmin), zastosowano macierz wag spełniającą kryterium wspólnej granicy, która daje najlepsze odwzorowanie bliskości obiektów w analizowanej przestrzeni. Punktem wyjścia jest macierz binarna, złożona z elementów zero-jedynkowych. Macierz ta jest macierzą symetryczną i kwadratową, co upraszcza wiele procedur obliczeniowych.

Elementy macierzy wag przyjmują następujące wartości:

- $w_{ij} = 1$ gdy obiekt i jest sąsiadem obiektu j ,
- $w_{ij} = 0$ gdy obiekt i nie jest sąsiadem obiektu j ,
- $w_{ij} = 0$ elementy diagonalne macierzy.

Macierz wag sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy można podzielić na pięć typów:

- typu B podstawowa macierz binarna zero-jedynkowa,
- typu W macierz pierwszego rzędu standaryzowana rzędami,
- typu C macierz ogólnie standaryzowana,
- typu U macierz dzielona przez liczbę sąsiadów,
- typu S macierz stabilizująca wariancje.

W analizie przestrzennej wykorzystano dwa typy macierzy sąsiedztwa B i W.

CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

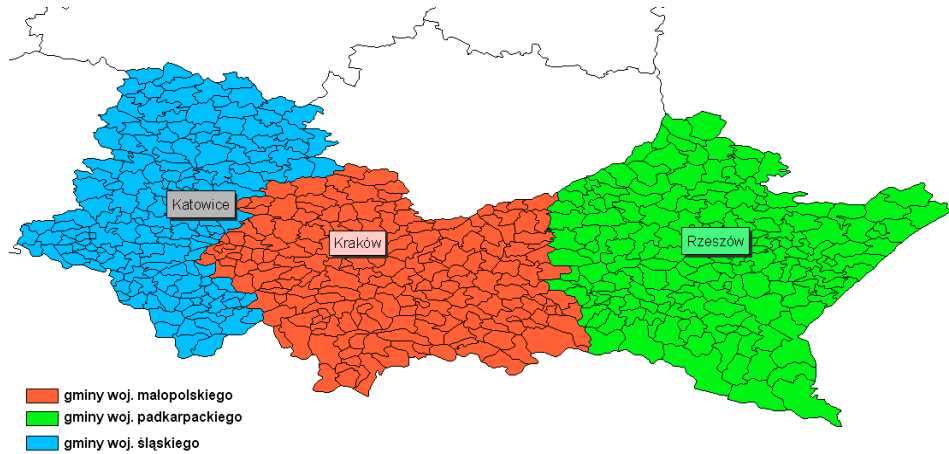
Zasadność podjętych w niniejszej pracy rozważań, dotyczących infrastruktury gospodarstw rolnych w ramach problemu przestrzennego rozkładu, wynika z faktu, że obecny jej poziom nadal jest niewystarczający i ciągle utrzymują się olbrzymie dysproporcje pomiędzy poszczególnymi regionami.

Celem pracy jest określenie siły i charakteru zależności przestrzennych pomiędzy infrastrukturą wewnętrzną gospodarstw rolnych na poziomie gmin a ich lokalizacją przestrzenną.

Problem określenia zależności przestrzennych technicznych środków produkcji gospodarstw rolnych odniesiono do gmin Polski Południowej i Południowo-Wschodniej. Charakterystyka dotyczy 509 gmin położonych na terenie trzech województw: małopolskiego, podkarpackiego i śląskiego. Przyjęty obszar badań przedstawia rysunek 1. Całkowita powierzchnia badanego obszaru zajmuje 45 533,11 km² i jest zamieszkała przez 10 223 086 osób.

Ogółem badaniami objęto 509 gmin, w tym:

- 182 gminy należące do województwa małopolskiego,
- 160 gmin należących do województwa podkarpackiego,
- 167 gmin należących do województwa śląskiego.



Rysunek 1. Przyjęty obszar badań
Figure 1. The received area of investigations

METODYKA BADAŃ

Do testowania zależności przestrzennych wykorzystano globalną statystykę I Morana. Wartość statystyki Morana mieści się w zakresie od -1 do 1 i wskazuje czy istnieje przestrzenny efekt aglomeracji. Dodatnie i istotne wartości statystyki I oznaczają istnienie dodatniej autokorelacji, podobieństwo badanych obiektów przy określonych relacjach przestrzennych. Ujemne wartości statystyki I oznaczają ujemną autokorelację, zróżnicowanie badanych obiektów. Dodatnia korelacja oznacza występowanie klastrów wartości podobnych wysokich lub niskich. Zaś ujemne wartości statystyki I interpretuje się jako wyspy zdecydowanie innych wartości wysokich lub niskich [Kopczewska 2006].

Statystykę globalną I Morana wyznaczono zgodnie z zależnością 1:

$$I = \frac{n}{W} * \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

gdzie:

- w_{ij} – waga połączeń pomiędzy jednostką i a j ,
- W – macierz wag (suma wszystkich jej elementów),
- x_i, x_j – wartość zmiennej w jednostce przestrzennej i oraz j ,
- \bar{x} – średnia arytmetyczna wartości zmiennej.

Charakterystyka uzyskiwanych wyników statystyki globalnej I Morana:

– jeżeli wartość statystyki I Morana mieści się w przedziale $(0, 1)$, czyli $I > 0$ to zachodzi pozytywna autokorelacja przestrzenna, wartości obserwacji bliskich są podobne,

– jeżeli wartość statystyki I Morana mieści się w przedziale $(-1, 0)$, czyli $I < 0$ to zachodzi negatywna autokorelacja przestrzenna, wartości obserwacji bliskich są różne,

– jeżeli wartość statystyki I Morana równa się zero, czyli $I = 0$, to w badanej przestrzeni wartości obserwacji są rozłożone losowo.

Testy istotności statystyki I oparte są na momentach teoretycznych statystyk lub podejściu permutacyjnym. Teoretyczna średnia wartość oczekiwana statystyki I wynosi $I = \frac{-1}{(n-1)}$. Jeżeli jest wówczas bliska zeru interpretuje się jako

losowość rozmieszczenia badanych zjawisk w przestrzeni. Do wyznaczenia wariancji teoretycznej zakłada się dwa wzorce rozkładu danych przestrzennych – normalny i randomizowany. W przypadku przyjęcia rozkładu normalnego wartość oczekiwana i wariancja zależą jedynie od wag przestrzennych. Przy podejściu randomizacji momenty te zależą też od wartości badanej zmiennej. Wyznacza się też wariancję empiryczną z wykorzystaniem rozkładu permutacyjnego na podstawie symulacji Monte Carlo.

Do zobrazowania zależności przestrzennej rozkładu wyposażenia gospodarstw rolnych w środki produkcji obliczono statystyki I Morana, wykorzystujące macierze wag pierwszego rzędu typu W i B. Sporządzenie macierzy wag dla obiektów według kryterium wspólnej granicy wymaga ustalenia listy sąsiadów pierwszego rzędu. Listę taką sporządzono w programie komputerowym R CRAN. Program ten generuje listę sąsiadów dla jednostek znajdujących się w bazie danych w pliku z rozszerzeniem *.shx. Pliki tego typu powstają w programach GIS podczas digitalizacji podkładu analogowego badanej przestrzeni.

WYNIKI

Skonstruowanie syntetycznej miary rozwoju rozwiązało problem porównywalności oraz porządkowania badanych obiektów ze względu na poziom zjawisk, które wydają się być niemierzalne. Pozorna niemierzalność wynika z braku możliwości zmierzenia ich jedną miarą. Do zjawisk o charakterze wielowymiarowym, które można opisać tylko za pomocą zestawu pewnych, istotnych właściwości (cech), należy poziom potencjału infrastruktury gospodarstw rolnych. Miernik rozwoju opracowany przez Hellwiga pozwala łączyć różnorodne informacje płynące z ciągu cech i przyporządkowywać wspomnianemu zjawisku agregatowemu jedną miarę syntetyczną [Woźniak 2001].

Takie podejście pozwala na wyznaczenie rozkładu przestrzennego i prowadzenia analizy w programach geoinformatycznych. Przystępując do analizy przestrzennej, wyznaczono zależności pomiędzy obiektami wynikającymi z rozmieszczenia przestrzennego na podstawie macierzy przyjętych kryteriów.

Podsumowanie macierzy wag sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy.

Macierz ta jest najczęściej stosowaną macierzą w analizach społeczno-ekonomicznych i rozważaniach teoretycznych w ekonometrii przestrzennej.

Lista wyników macierzy pierwszego rzędu typu „B” binarna i typu „W” standaryzowana rzędami:

- liczba regionów: 509,
- liczba niezerowych powiązań: 2874,
- odsetek niezerowych powiązań: 1,1,
- średnia liczba powiązań: 5,6,
- obiekty, które mają tylko dwóch sąsiadów: 3, 262, 268, 270, 287, 298, 305, 346, 365, 428, 454, 494, 509,
- obiekt, który ma największą liczbę powiązań: 234.

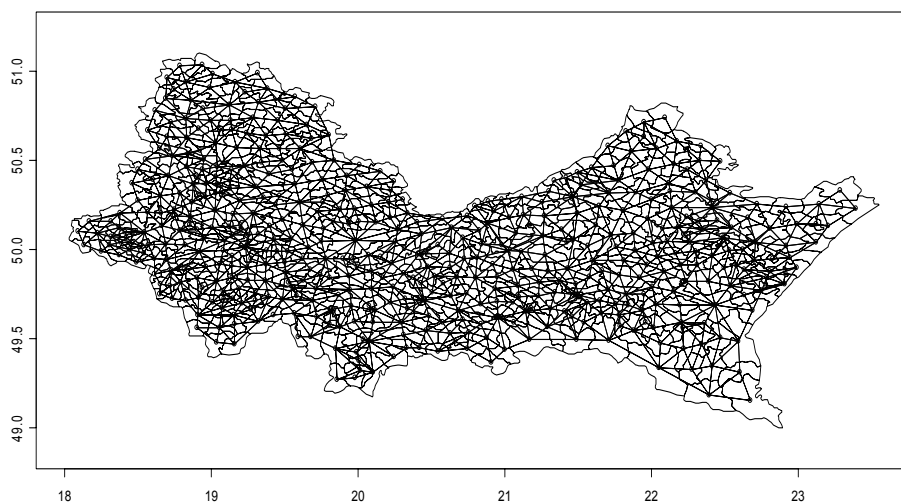
W tabeli 1 przedstawiono liczbę obiektów przestrzennych i liczbę ich powiązań z sąsiadami. Widzimy, że 13 gmin ma tylko dwóch sąsiadów. Wiąże się to z tym, że są to gminy występujące na krawędzi badanego obszaru. Kształt badanego obszaru wpływa istotnie na zakres i typ szacowanego procesu zależności przestrzennej. Na granicach badanego obszaru występuje tzw. efekt krawędzi, ujawnia się tym, że gminy te mają mniej sąsiadów niż obiekty położone w środku. W wyniku tego efektu mogą pojawiać się różnice w szacowaniu zależności przestrzennej. Badany obszar nie ma obiektów wyspowych i wciętych w inne obiekty, co daje podstawę do wykorzystania w analizie macierzy wag o kryterium wspólnej granicy.

Tabela 1. Liczba powiązań obiektów przestrzennych
Table 1. The amount of connection of spatial objects

Liczba sąsiadów	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Liczba obiektów	13	39	82	109	125	74	35	22	2	5	2	1

Źródło: Badania własne

Rysunek 2 przedstawia graf macierzy wag według kryterium wspólnej granicy. Z grafu można odczytać obiekt, który ma największą liczbę sąsiadów. Największą liczbę powiązań odnotowano dla gminy Limanowa z woj. małopolskiego. W analizach przestrzennych ważną kwestią jest skala mapy podkładu i przeliczanie współrzędnych geograficznych na odległości. Na grafie widać, że przedstawiany obszar badań jest wpisany w układ współrzędnych geograficznych. Środki obszarów zostały wyliczone jako rzeczywiste środki gmin, a odległości są wyznaczane według metody *Great Circle* w kilometrach.



Źródło: Badania własne

Rysunek 2. Graf powiązań macierzy wag sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy zbioru gmin
Figure 2. Graph of neighbourhood weight matrices associations according to common boundary criterion

Miara globalna zależności przestrzennej jest jednolicebowym wskaźnikiem autokorelacji lub ogólnego podobieństwa regionów. Wyznaczenie globalnego wskaźnika autokorelacji przestrzennej mówi nam o procesie zmian wskaźnika syntetycznego zachodzącym w różnych lokalizacjach. Wartości statystyki *I* Morana zamieszczone w tabelach 2 i 3 są obliczane na podstawie czterech argumentów: pierwszy argument jest wskaźnikiem syntetycznym opisującym potencjał wyposażenia gospodarstw rolnych w techniczne środki produkcji, dla którego wyliczamy statystykę globalną *I* Morana, drugim argumentem jest macierz wag jako lista sąsiadów spełniająca dane kryterium, trzecim argumentem jest liczba obserwacji, można ją traktować jako długość wektora danych listy sąsiadów o zadanym kryterium, czwarty argument jest sumą wag dla obiektów. Tabela 2 przedstawia wartość wyliczonej statystyki globalnej *I* Morana oraz test istotności z podejściem tradycyjnym (momentami teoretycznymi – podejściem randomizacyjnym i rozkładem normalnym).

Podejście randomizacji lub przybliżenia rozkładem normalnym ujawnia się w wartości wariancji. Znikoma różnica wariancji w obu przypadkach testowania poziomu istotności świadczy o dużej stabilności przestrzennej występowania

badanej zmiennej. W takim przypadku autokorelacja zależy jedynie od odległości pomiędzy badanymi gminami. Taka stabilność przestrzenna spowodowana jest dobrze dobranym obszarem badań w przestrzeni własności potencjału infrastruktury wewnętrznej gospodarstw rolnych. Kształt badanego obszaru w dużym stopniu wpływa na istotność i zakres szacowania statystyk przestrzennych dla dwóch okresów i dwóch typów macierzy zbudowanych na kryterium wspólnej granicy występuje istotna autokorelacja przestrzenna. Ma ona charakter pozytywnie dodatni, czyli w analizowanych latach występuje tendencja do skupiania się jednostek gospodarstw rolnych o podobnej wartości wskaźnika syntetycznego technicznych środków produkcji w sąsiedztwie.

Tabela 2. Analiza przestrzenna dla wskaźnika syntetycznego potencjału infrastruktury wewnętrznej gospodarstw rolnych na podstawie statystyki globalnej *I* Morana i testowanie jej istotności na podstawie momentów teoretycznych

Table 2. Spatial analysis for indicators of the internal technical infrastructure potential in agriculture farms on the basis of Global *I* Moran's and testing its significance on the basis of the theoretical moments

Typ wag	Wskaźnik syntetyczny (1996)			Wskaźnik syntetyczny (2002)		
	<i>I</i>	poziom istotności	wariancja	<i>I</i>	poziom istotności	wariancja
Test istotności na podstawie randomizacji						
Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu B	0,437	p < 0,05	0,00067	0,686	p < 0,05	0,00068
Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu W	0,442	p < 0,05	0,00071	0,697	p < 0,05	0,00072
Test istotności na podstawie rozkładu normalnego						
Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu B	0,437	p < 0,05	0,00068	0,686	p < 0,05	0,00068
Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu W	0,442	p < 0,05	0,00072	0,697	p < 0,05	0,00072

Źródło: Badania własne

Wzrost wartości wskaźnika globalnej autokorelacji przestrzennej pomiędzy 1996 a 2002 rokiem informuje o zachodzącym procesie modernizacji infrastruktury wewnętrznej gospodarstw rolnych. Wzrost ten oznacza, że nastąpiło polepszenie zależności przestrzennej. Uwzględniając sześciolatek, zwiększenie się zależności przestrzennej jest duże i świadczy o wyraźniej pozytywnej tendencji. Taki stan świadczy, że regiony o wysokich wartościach

zmiennej powodują wzrost wartości badanej zmiennej w gminach bliskich (sąsiednich).

W obu przypadkach typu wag dla kryterium wspólnej granicy statystyka I Morana jest istotna i wskazuje na wysoce umiarkowaną dodatnią autokorelację przestrzenną. Na tej podstawie można przypuszczać, że obserwacje w obiektach sąsiedztw są podobne do siebie. Analizując podobnie wartości globalnej statystyki I Morana przestrzeni własności zmiennych diagnostycznych w roku 2002, można wykazać, że jest istotna i wskazuje na silną dodatnią autokorelację przestrzenną. Taka wysoka korelacja wskazuje o dużym uporządkowaniu przestrzennym badanej zmiennej.

W tabeli 3 przedstawiono globalną statystykę I Morana i sprawdzanie istotności testem permutacji opartym na symulacji Monte Carlo z 99 interakcjami dla sprawdzenia wrażliwości badanej zmiennej zwiększono do 999 interakcji. Wartości wariancji statystyki nie wyznacza się na podstawie momentów teoretycznych, ale na podstawie symulacji numerycznej (permutacyjnej).

Tabela 3. Analiza przestrzenna dla wskaźnika syntetycznego potencjału infrastruktury wewnętrznej gospodarstw rolnych na podstawie statystyki globalnej I Morana i testowanie jej istotności na podstawie symulacji Monte Carlo

Table 3. Spatial analysis for indicators of the internal technical infrastructure potential in agriculture farms on the basis of Global I Moran's and testing its significance on the basis of the Monte Carlo simulation

Typ wag	Wskaźnik syntetyczny (1996)		Wskaźnik syntetyczny (2002)	
	I	poziom istotności	I	poziom istotności
test istotności oparty na symulacji Monte Carlo – 99 interakcji				
Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu B	0,437	p = 0,01	0,686	p = 0,01
Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu W	0,442	p = 0,01	0,697	p = 0,01
test istotności oparty na symulacji Monte Carlo – 999 interakcji				
Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu B	0,437	p = 0,001	0,686	p = 0,001
Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu W	0,442	p = 0,001	0,697	p = 0,001

Źródło: Badania własne

Po zwiększeniu ilości losowań połączeń zmiennej ze zbioru 509 gmin widać, że statystyka *I* Morana ma tę samą wartość, jednak inny jest poziom istotności. Porównując wyniki statystyki *I* Morana, dla dwóch testów istotności w obrębie jednego roku, stwierdzono, że jest ona niemal taka sama, zmienia się nieznacznie tylko w zależności od typu wagi na podstawie kryterium wspólnej granicy. Taka stabilność statystyk przestrzennych daje postawę do trafnego wnioskowania odnośnie do lokalizacji zmiennej w badanej przestrzeni obiektów. Można zatem stwierdzić, że obiekty o wysokich wartościach skupiają jednostki o podobnie wysokich wartościach badanej zmiennej.

Przeprowadzona analiza globalnej statystyki *I* Morana pozwoliła określić zmiany i siłę powiązań przestrzennych dla infrastruktury gospodarstw rolnych. Istnieje możliwość przeniesienia jej w inne aspekty rolniczej przestrzeni produkcyjnej. W dobie komputerów – o większych mocach obliczeniowych i lepszej informatyzacji, metodę tę można z powodzeniem wykorzystać np. do analiz w systemie AICS. Zaletą stosowania autokorelacji jest wykorzystanie przestrzeni jako dodatkowej zmiennej w interpolacji danych gospodarczych.

WNIOSKI

W dokonanej analizie zależności przestrzennej połączono z sobą trzy rodzaje informacji: lokalizację obiektów (gmin), informacje pochodzące z taksonomii numerycznej oraz powiązań przestrzennych między obiektami. Informacje lokalizacji wyznaczono z kwerend do bazy danych przestrzennych za pomocą oprogramowania GIS. Stopień nasilenia badanego zjawiska w lokalizacjach ustalono, wykorzystując wskaźnik syntetyczny. Informacje o powiązaniach przestrzennych zostały określone na podstawie bazy danych, korzystając z bibliotek oprogramowania R-CRAN. Wyznaczoną autokorelację przestrzenną można z powodzeniem wykorzystać do opisu wpływu przestrzeni na dyfuzję zmian w infrastrukturze wewnętrznej gospodarstw rolnych. Pozyskane informacje o zależnościach przestrzennych charakteryzują rodzaj i siłę powiązań przestrzennych. Umożliwiają pełniejsze niż tradycyjne miary, określenie związków i zależności pomiędzy jednostkami terytorialnymi. Znajomość i zrozumienie struktur przestrzennych pozwala na trafniejsze przewidywanie zmian w wyposażeniu gospodarstw rolnych w techniczne środki produkcji na etapie planowania funkcji gospodarczych gmin. Szczególną cechą autokorelacji przestrzennej jest wykorzystanie jej do analizy zmian w strukturze przestrzennej w aspekcie rozważań nad konwergencją oraz dywergencją rozwoju.

Wyznaczona na podstawie statystyki globalnej *I* Morana autokorelacja przestrzenna pozwoliła zrealizować cel pracy. Tym samym uzyskano odpowiedź na pytanie: „Czy istnieje zależność pomiędzy wyposażeniem gospodarstw rolnych w techniczne środki produkcji a ich rozmieszczeniem przestrzennym w makroregionie Polski Południowej i Południowo-Wschodniej?” Analiza uży-

skanych wyników pozwala jednoznacznie stwierdzić, iż występuje silna dodatnia autokorelacja przestrzenna, świadcząca o przyciąganiu się obiektów o podobnych wartościach badanej zmiennej.

Wzrost wartości globalnej statystyki I Morana ($I_{96} = 0,442$, $I_{02} = 0,697$) na przełomie 6 lat świadczy o silnie zachodzącym procesie konwergencji rozwojowej obszaru badań. Wzrost ten oznacza, że nastąpiło wzmocnienie zależności przestrzennych.

BIBLIOGRAFIA

- Domański R. *Teoretyczne podstawy geografii ekonomicznej*. PWE, Warszawa. 1988.
- Kopczewska K. *Ekonometria i statystyka przestrzenna z wykorzystaniem programu R CRAN CeDeWu*. Warszawa 2006, s. 13, 15; 56, 119.
- Krakowiak-Bal A. *Wykorzystanie wybranych miar syntetycznych do budowy miary rozwoju infrastruktury technicznej*. Infrastruktura i Ekologia Obszarów Wiejskich nr 3, PAN Kraków 2005, s. 57–63.
- Tobler W.R. *A Continuous Transformation Useful for Districting*. Annals of the New York Academy of Sciences. 1970, s. 215–220.
- Woźniak A. *Relacje przestrzenne w infrastrukturze i technicznym wyposażeniu rolnictwa w województwie małopolskim*. Rozprawa habilitacyjna nr 7. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. 2001, s. 9–50.
- Woźniak A., Sikora J. *Zróżnicowanie obszarów wiejskich woj. małopolskiego pod względem wyposażenia w środki techniczne gospodarstw rolnych*. Infrastruktura i Ekologia Obszarów Wiejskich nr 3, PAN Kraków 2005.

Dr inż. Jakub Sikora
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
30-149 Kraków ul. Balicka 116B
Tel. (012) 662 4660
Jakub.Sikora@ur.krakow.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Jerzy Gruszczyński