

Andrzej Woźniak, Jakub Sikora

**LOKALNE WSKAŹNIKI WYSTĘPOWANIA ZALEŻNOŚCI
PRZESTRZENNEJ SIECI WODOCIĄGOWEJ
W GMINACH WOJ. MAŁOPOLSKIEGO**

***LOCAL INDICATORS OF SPATIAL DEPENDENCY
OF WATER MAINS OCCURRENCE IN COMMUNES
OF THE MALOPOLSKIE PROVINCE***

Streszczenie

Wyraźne zróżnicowanie terenu województwa małopolskiego pod względem topograficznym, jak i nierówne zasoby finansowe poszczególnych gmin, powiatów mogą determinować poziom rozwoju infrastruktury. Obecnie, gdy Polska została członkiem Unii Europejskiej i weszła w jej struktury finansowania wpływ na przestrzenny rozwój potencjału infrastrukturalnego ma również aktywność samorządów terytorialnych. Wzrost rozbudowy i modernizacji sprzyja lokalnej koncentracji gmin o wysokich wartościach wskaźnika. Infrastruktura techniczna jest elementem ściśle związanym z przestrzenią, a na jej poziom mają wpływ czynniki społeczne, finansowe i ludzkie. Co daje podstawę do analizy wpływu lokalnych przestani na jej rozwój czy brak rozwoju.

W artykule do wyznaczenia zróżnicowania lokalnego gmin zastosowano lokalną statystykę I_i Morana (*Local Moran*). Statystyką lokalną można zweryfikować czy gmina jest otoczona przez obiekty sąsiednie (gminy) podobnymi lub różnymi wartościami badanej zmiennej w stosunku do losowego rozkładu tych wartości w przestrzeni. Pozwala to na identyfikację przestrzennych efektów aglomeracji. Taka analiza związków przestrzennych wskaźników lokalnych (*LISA, Local Indicators of Spatial Association*) została zaproponowana przez Angelina [Anselin 1995].

Celem opracowania jest przedstawienie lokalnych wskaźników zależności przestrzennych jednostek administracyjnych na poziomie gmin woj. małopolskiego pod względem jednego wskaźnika infrastruktury technicznej jakim jest długość sieci wodociągowej do powierzchni terytorium obiektu.

Taka analiza może być pomocna przy podejmowaniu decyzji podczas wsparcia finansowego, kierowanie funduszy pomocowych tak, aby gminy tworzące wyspy niskich wartości mogły w najbliższym czasie osiągnąć pułap wzorców przestrzennych. Statystyki autokorelacji przestrzennej informują o rodzaju i sile

zależności przestrzennej, umożliwiając pełniejszy niż tradycyjnie stosowane miary, określenie związków pomiędzy obiektami przestrzennymi oraz określenie struktury przestrzennej.

Słowa kluczowe: infrastruktura techniczna, lokalne wskaźniki przestrzenne, lokalna statystyka I_i Morana, woj. małopolskie

Summary

Apparent diversification of the malopolskie province area in respect of its topography and unequal financial resources at the disposal of individual communes and districts may determine the level of their infrastructure development. At present, when Poland became the European Union member state and entered its financing structures, spatial development of the infrastructural potential is affected by the activities of local self governments. Intensive development and modernization of infrastructure favour local concentration of communes with high values of the indicator. Technical infrastructure is an element strictly connected with space and its level is affected by social, financial and human factors, which provides a basis for an analysis of the influence of local spaces on its development or lack of it.

In the article local diversification of communes was made using Local Moran's I_i statistics. Local statistics may verify whether a commune is surrounded by neighbouring objects (communes) with similar or various values of analyzed variable in relation to random distribution of these values in space. It allows for identification of spatial effects of an agglomeration. Such analysis of local indicators of spatial association LISA was suggested by Anselin [Anselin 1995].

The article aims at presentation of local indicators of spatial dependencies of administrative units on the level of communes in the malopolskie province considering one indicator of technical infrastructure, i.e. the length of water mains per the object area.

Presented possibilities of Local Moran's I_i application for an analysis of individual phenomena spreading in space and automatic searching for spatial standards and poor objects. Such analysis may be helpful for making decision concerning financial assistance or allocating assistance funds in such a way that the communes which constitute low value clusters would be able to reach the nearest future the upper limit of spatial standards. Statistics of spatial autocorrelation inform about the kind and the strength of spatial dependence, make possible a determination of associations among objects and establishing spatial structure better than using the traditional methods.

Key words: technical infrastructure, local spatial indicators, Local Moran's I_i , malopolskie province

WPROWADZENIE

Statystyki służące określaniu autokorelacji przestrzennej mogą być wykorzystywane do identyfikacji układów przestrzennych. W tym celu stosuje się lokalne wskaźniki zależności przestrzennej. W użyciu opracowań ekonomicznych

trycznych powszechnie stosuje się skrót LISA przyjęty za [Anselin 1995]. Proponuje on, aby mianem LISA określano każdą statystykę spełniającą następujące kryteria:

- lokalne wskaźniki zależności przestrzennej dla każdej obserwacji wskazują na stopień znaczenia przestrzennej koncentracji podanych wartości wokół analizowanej obserwacji,

- suma lokalnych wskaźników zależności przestrzennej dla wszystkich obserwacji jest proporcjonalna do globalnego wskaźnika przestrzennej zależności.

Analiza lokalnych wskaźników zależności przestrzennej umożliwia określenie podobieństwa jednostki przestrzennej względem obiektów sąsiednich oraz istotności statystycznej tego zjawiska [Janc 2006].

Do obliczenia lokalnych statystyk przestrzennych można stosować lokalne wersje statystyk I_i Morana, G i Geary'ego [Janc 2006; Kopczewska 2006].

Na potrzeby artykułu do wyznaczenia lokalnych wskaźników zależności przestrzennej zastosowano lokalną statystykę I_i Morana. Lokalna statystyka I_i Morana wyznacza lokalne interakcje w odróżnieniu od globalnej statystyki Morana określającej autokorelację przestrzenną dla całego zbioru jednostek. Wskaźniki zależności przestrzennej, oparte na statystyce lokalnej I_i Morana, mogą przyjmować następujące rozwiązania:

- obiekty z wysoką wartością zmiennej z sąsiadami o podobnej wartości zmiennej (wyspy wysokich wartości),

- obiekty z niską wartością zmiennej z sąsiadami o podobnej wartości zmiennej (wyspy niskich wartości),

- obiekty z wysoką wartością zmiennej z sąsiadami o niskiej wartości zmiennej (obiekt odstający z angielskiego *outlier*),

- obiekty z niską wartością zmiennej z sąsiadami o wysokiej wartości zmiennej (obiekt odstający z angielskiego *outlier*),

- obiekty nieistotne statystycznie lokalnej autokorelacji.

To czy jednostka przestrzenna przybiera wysokie lub niskie wartości zależy od średniej, dlatego w tych wyodrębnionych skupiskach nie tyle ważny jest rozstęp pomiędzy wartościami, co pewna homogeniczność struktury przestrzennej [Janc 2006].

Dzięki lokalnym wskaźnikom zależności przestrzennej możliwa jest identyfikacja tzw. wysp wysokich lub niskich wartości obrazowania gmin o wysokich wartościach badanej zmiennej otoczonych przez gminy sąsiednie o niskich wartościach zmiennej, a także klastrów lokalnych przy braku globalnej autokorelacji. Wyspy wysokich wartości zmiennej mogą być interpretowane nie tylko jako wyspy, ale także jako outliersy (interpretowane jako wartości wysokie, otoczone niskimi wartościami. Są nimi też obszary o niskich wartościach, otoczone przez wysokie wartości). Wtedy statystyki lokalne są wskaźnikiem lokalnej niestabilności i lokalnych odchyleń od globalnego wzorca autokorelacji [Kopczewska 2006].

Obliczenia wskaźników lokalnych oraz prezentowane mapy zostały wykonane w programie R CRAN (*Comprehensive R Archive Network*). Program ten może być wykorzystywany do wszystkich problemów statystyki przestrzennej i ekonometrii. Geograficzna baza danych została przygotowana w programie GIS ArcView na potrzeby obliczeniowe Katedry Technicznej Infrastruktury Wsi.

TEORETYCZNE PODSTAWY METODY

Źródłem rozważań przestrzennych jest cyfrowa baza danych, która składa się z trzech typów plików:

- pliki z rozszerzeniem (*.shp) definiują obraz,
- pliki z rozszerzeniem (*.shx) przypisują identyfikator i kojarzą sąsiedztwo,
- pliki z rozszerzeniem (*.dbf) zawierają atrybuty jako listę zmiennych.

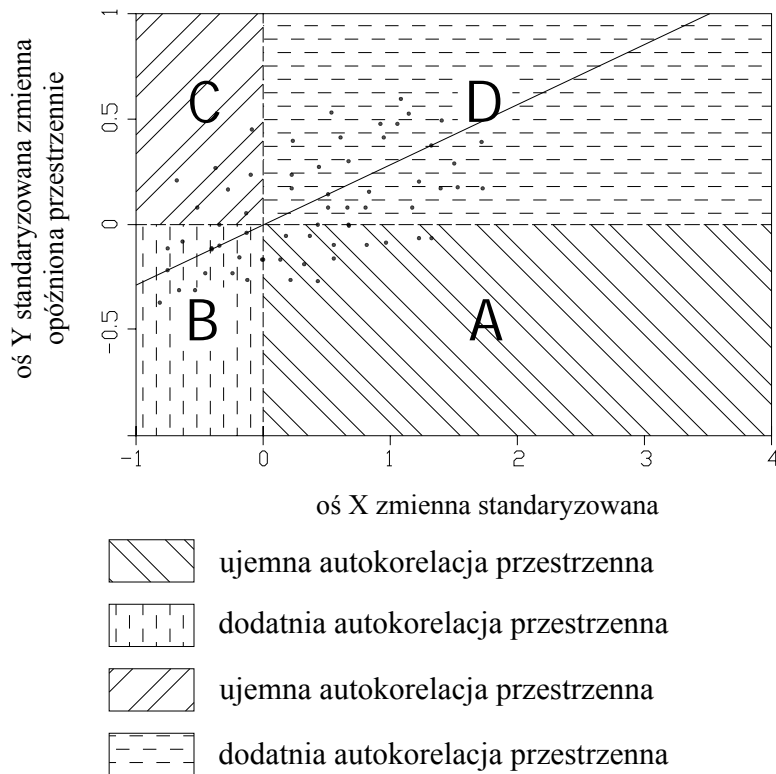
Baza danych została tak wykonana, aby można było automatycznie wpisywać dane z opracowań Głównego Urzędu Statystycznego. Obiektom zostały przypisane takie same numery identyfikacyjne jak w statystykach Urzędu Statystycznego na podstawie tej kolumny przypisuje się atrybuty odpowiednim poligonom. Dynamiczny rozwój technologii informatycznych jest spowodowany oczywistym faktem, że w warunkach dużej konkurencji kluczem do sukcesu opracowania jest informacja: pewna, dokładna, dostarczona w porę oraz właściwie zinterpretowana. Cechą charakterystyczną większości obiektów infrastrukturalnych z jakimi mamy do czynienia jest ich umiejscowienie w przestrzeni geograficznej.

Do ich pełnego opisu niezbędne jest określenie pozycji lub obszaru, na którym występują oraz sąsiedztwa.

Graficzną prezentacją statystyki I_1 Morana jest wykres punktowy. Wykorzystywany jest on do wizualizacji lokalnych związków przestrzennych zwanych klastrami, obserwacji nietypowych, a także przestrzennej niestabilności. Wykres punktowy na osi x odłożoną ma analizowaną zmienną standaryzowaną wyrażoną w liczbie odchyłeń od średniej z próby i podzieloną przez odchylenie standardowe, na osi y badaną standaryzowaną zmienną opóźnioną przestrzennie. Elementami analizy przestrzennej jest opóźnienie przestrzenne, które wyznacza się dla badanej zmiennej. Operatorem opóźnienia przestrzennego jest średnia ważona z wartości zmiennej w regionach sąsiednich, zgodnie z przyjętymi wagami przestrzennymi. W badaniach do obliczeń przyjęto macierz sąsiedztwa pierwszego rzędu według kryterium wspólnej granicy, to operator opóźnienia jest średnią z wartości zmiennej w obiektach graniczących z badaną gminą.

Przykładowy wykres statystyki I Morana przedstawia rysunek 1. Wykres dzieli na cztery ćwiartki względem punktu $(0,0)$, punkty położone w dolnej lewej ćwiartce „B” oraz górnej prawej ćwiartce „D” dowodzą o dodatniej pozytywnej autokorelacji przestrzennej. Punkty w lewej górnej ćwiartce „C” i prawej

dolnej „A” stanowią ujemną negatywną autokorelację przestrzenną. Obiekty zgromadzone w ćwiartkach „B” i „D” wskazują na klastrowanie się obiektów przestrzennych o podobnych wartościach badanej zmiennej (niskich lub wysokich wartościach). Program R CRAN automatycznie wrysowuje linie regresji na wykres punktowy. Nachylenie linii regresji jest wynikiem globalnej statystyki przestrzennej I Morana. W przypadku, gdy obiekty są równomiernie rozłożone pomiędzy cztery ćwiartki wykresu, to może być spowodowane brakiem globalnej autokorelacji przestrzennej. Na podstawie wykresu punktowego można dokonywać diagnostyki nietypowych obserwacji w stosunku do globalnej tendencji badanej przestrzeni geograficznej.



Rysunek 1. Przykładowy wykres punktowy statystyki I Morana
Figure 1. Example of Moran's I scatterplot

Interpretację rozmieszczenia obiektów w ćwiartkach wykresu punktowego Morana przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Zależności obiektów przestrzennych na wykresie punktowym I Morana
Table 1. Dependencies of spatial objects on Moran's I scatterplot

	Wartości niskie w obiektach sąsiedzkich	Wartości wysokie w obiektach sąsiedzkich
Wartości wysokie w obiekcie <i>i</i>	kwadrat „c” ujemna autokorelacja przestrzenna	kwadrat „d” dodatnia autokorelacja przestrzenna
wartości niskie w obiekcie <i>i</i>	kwadrat „b” dodatnia autokorelacja przestrzenna	kwadrat „a” ujemna autokorelacja przestrzenna

Źródło: [Kopczewska 2006]

Nietypowe przestrzenne obserwacje występują na wykresie punktowym Morana w ćwiartkach „A” i „C”. Z wykresu można odczytywać tendencje polaryzacji badanych regionów w przestrzeni geograficznej i przestrzenną heterogeniczność zjawisk. Współczynnik kierunkowy linii regresji na wykresie to globalna statystyka I Morana. Posługując się przykładem, np. wartość statystyki I Morana równa 0,56 oznacza, że korelacja jest pozytywna i dość silna (56%) i około (31,4%) zjawisk w badanej przestrzeni *i* wynika z wartości zjawiska w sąsiednich obiektach. Mając na uwadze, że badana zmienna jest standaryzowana, można wykorzystać interpretację statystyczną, na przykład zasadę trzech sigma do oceny wartości nietypowych.

STATYSTYKA LOKALNA I_i MORANA (*LOCAL MORAN*) JAKO MIARA LOKALNYCH WSKAŹNIKÓW ZWIĄZKÓW PRZESTRZENNYCH

Statystyka lokalna I_i Morana wyznacza skupiska obiektów i mierzy, czy obiekt jest otoczony przez obiekty sąsiedzkie o podobnych lub różnych wartościach badanej zmiennej w stosunku do losowego rozkładu tych wartości w badanej przestrzeni. Statystyka lokalna Morana jest wygładzona dla indywidualnych obserwacji, przez co może być wykorzystywana do znajdowania tzw. wysp niskich i wysokich wartości badanej zmiennej oraz lokalnych klastrów. Lokalna statystyka Morana jest proporcjonalna do statystyki globalnej [Kopczewska 2006].

Informacje z wykresu punkowego Morana i istotność wskaźników zależności przestrzennej można obrazować na mapach. Czterema odcieniami szarości jest zaznaczona przynależność obiektów do ćwiartek wykresu. Dzięki takim mapom łatwo przeprowadzić analizę i zdefiniować reżymy przestrzenne. W praktyce często do analizy reżymów przestrzennych przyjmuje się tylko poziom istotności statystycznej *p*. Wartość *p* – poniżej 0,05 wskazuje na istotną dodatnią autokorelację, zaś wartość poziomu istotności mieści się powyżej 0,95, to taka sytuacja wskazuje na istotną ujemną autokorelację przestrzenną.

Statystykę lokalną I_i Morana wyznaczamy z zależności:

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

gdzie:

- w_{ij} – waga połączeń pomiędzy jednostką i a j ,
- x_i, x_j – wartość zmiennej w jednostce przestrzennej i oraz j ,
- n – liczba obiektów w badanej przestrzeni,
- \bar{x} – średnia arytmetyczna wartości zmiennej.

Wybór wag przestrzennych zależy od natury rozpatrywanego problemu, od kształtu i spójności badanej przestrzeni i nieuwzględnionych w zbiorze danych informacji, znajomości badanej przestrzeni [LeSage 1999]. Wybór typu wag znacząco wpływa na uzyskiwane wyniki. Brak jest jednak ogólnie przyjętych wytycznych, do jakiej analizowanej przestrzeni należy stosować poszczególne rodzaje wag. W literaturze można spotkać się z kilkoma regułami:

- powinno się preferować jak najmniej skomplikowane rodzaje wag,
- korzystniejsze jest stosowanie macierzy wag niedoszacowanej,
- powinno się analizować relatywnie dużą liczbę jednostek przestrzennych (powyżej 60).

W badaniach, analizując powierzchnie województwa małopolskiego, która jest zwarta i nie występują gminy wcięte w inne województwa, a najmniejsza liczba sąsiadów, która występuje na krawędziach badanej przestrzeni, która wynosi dwa i odnosi się do dziesięciu gmin. Postanowiono przyjąć do badań macierz wag bazującą na kryterium wspólnej granicy. Wybór tego typu wagi był podyktowany brakiem jednostek wspólnych i obiektów znajdujących się w innych, gdzie wpływ na wyniki miałaby waga odległości. Jest to macierz najczęściej stosowana w opracowaniach analiz przestrzennych.

WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Obliczona lokalna statystyka I_i Morana dla badanej populacji w przestrzeni województwa małopolskiego dla zmiennej wskaźnika wyposażenia gmin w sieć wodociągową została przedstawiona w tabeli 2. Analiza wskaźników zależności przestrzennych wykazała wartości lokalnej statystyki I_i Morana istotne dla 64 gmin. Oznacza to że 60 gmin jest otoczonych przez gminy o podobnych wartościach i tworzą tak zwane klastry (gminy tworzące klastry przestrzenne przedstawiono w tabeli 2 tłustym drukiem). Przedstawione w tabeli 2 gminy kursywą

mają wartość poziomu istotności większą niż 0,95 i wskazują na istotną ujemną korelację przestrzenną. Na podstawie statystyki lokalnej I_i Morana nie można jednak stwierdzić, czy są to grupy gmin o wysokich czy niskich wartościach badanej zmiennej. Żadna badana gmina nie wykazała statystyki istotnie mniejszej od 0, co oznacza, że żadna gmina nie jest otoczona relatywnie niskimi wartościami badanej zmiennej i nie jest lokalnym wzorcem. Blisko istotności są gminy: Nowy Sącz, Biskupice, Czehów, Igołomia-Wawrzeńczyce, można powiedzieć, że w tych gminach wartość badanej zmiennej jest relatywnie większa niż w sąsiednich gminach.

Tabela 2. Wskaźniki lokalnej statystyki I_i Morana
Table 2. Indicators of Local Moran's I_i

ID	Nazwa gmin	Statystyki lokalna dla każdego obiektu I_i	Wartość oczekiwana dla całego obszaru	Wariancja dla danego obiektu	poziom istotności $p < 0,05$
1	Kozłów	-0,1971	-0,0055	0,4921	0,6076
2	Książ Wielki	-0,0025	-0,0055	0,2433	0,4976
3	Charsznica	0,1343	-0,0055	0,1936	0,3753
4	Wolbrom	0,1632	-0,0055	0,1936	0,3507
5	Słaboszów	0,0338	-0,0055	0,3263	0,4725
6	Miechów	0,2194	-0,0055	0,1367	0,2715
7	Klucze	-0,0548	-0,0055	0,3263	0,5344
8	Gołcza	0,2641	-0,0055	0,1367	0,2329
9	Raławice	0,1812	-0,0055	0,2433	0,3525
10	Szczucin	0,9325	-0,0055	0,2433	0,0286*
11	Trzyciąż	0,0517	-0,0055	0,1936	0,4483
12	Olkusz	0,0863	-0,0055	0,1051	0,3885
13	Bolesław	-0,0008	-0,0055	0,2433	0,4962
14	Mędrzechów	0,5932	-0,0055	0,2433	0,1124
15	Pałecznicza	0,4186	-0,0055	0,3263	0,2289
16	Sławików	-0,0936	-0,0055	0,4921	0,5500
17	Słomniki	0,3220	-0,0055	0,1604	0,2067
18	Bolesław	0,0733	-0,0055	0,3263	0,4451
19	Radziemice	0,4401	-0,0055	0,1604	0,1329
20	Gręboszów	-0,5827	-0,0055	0,2433	0,8790
21	Sułoszowa	0,2596	-0,0055	0,2433	0,2955
22	Iwanowice	1,2360	-0,0055	0,1604	0,0010*
23	Skala	0,3261	-0,0055	0,1367	0,1849
24	Bukowno	-0,2339	-0,0055	0,2433	0,6783
25	Radgoszcz	0,7627	-0,0055	0,3263	0,0893
26	Olesno	0,2292	-0,0055	0,1604	0,2789
27	Dąbrowa Tarnowska	0,2316	-0,0055	0,1604	0,2769
28	Proszowice	0,2068	-0,0055	0,1604	0,2980
29	Jerzmanowice-Przegonia	0,4886	-0,0055	0,1604	0,1087
30	Koniusza	0,4490	-0,0055	0,1936	0,1508

ID	Nazwa gmin	Statystyki lokalna dla każdego obiektu I _j	Wartość oczekiwana dla całego obszaru	Wariancja dla danego obiektu	poziom istotności p < 0,05
31	Wietrzychowice	-0,0357	-0,0055	0,1936	0,5273
32	Żabno	0,5224	-0,0055	0,1051	0,0517
33	Trzebinia	0,6436	-0,0055	0,1936	0,0701
34	Koszyce	0,0376	-0,0055	0,1936	0,4609
35	Kocmyrzów-Luborzyca	1,2981	-0,0055	0,1604	0,0006*
36	Szczurowa	0,1672	-0,0055	0,1189	0,3083
37	Wielka Wieś	0,9609	-0,0055	0,1936	0,0140*
38	Krzyszowice	0,7478	-0,0055	0,1367	0,0208*
39	Chrzanów	1,2931	-0,0055	0,2433	0,0042*
40	Michałowice	1,6935	-0,0055	0,2433	0,0003*
41	Nowe Brzesko	-0,4386	-0,0055	0,2433	0,8100
42	Zielonki	2,0215	-0,0055	0,1936	0,0000*
43	Radów	-0,0605	-0,0055	0,1936	0,5497
44	Zabierzów	1,6315	-0,0055	0,1936	0,0001*
45	<i>Igołomia-Wawrzeńczyce</i>	<i>-1,1012</i>	<i>-0,0055</i>	<i>0,1367</i>	<i>0,9985*</i>
46	Lisia Góra	0,3922	-0,0055	0,1936	0,1830
47	Drwinia	-0,1534	-0,0055	0,1367	0,6554
48	Borzęcin	-0,0422	-0,0055	0,1604	0,5365
49	Libiąż	1,6427	-0,0055	0,1936	0,0001*
50	Kraków	3,3204	-0,0055	0,0775	0,0000*
51	Alwernia	1,0265	-0,0055	0,1604	0,0050*
52	Niepołomice	0,6841	-0,0055	0,1367	0,0311*
53	Babice	0,3299	-0,0055	0,1367	0,1821
54	Rzezawa	-0,1520	-0,0055	0,2433	0,6168
55	Liszki	1,4839	-0,0055	0,1936	0,0004*
56	Wierzchosławice	0,2536	-0,0055	0,1604	0,2589
57	Tarnów	0,9507	-0,0055	0,1936	0,0149*
58	Kłaj	0,1795	-0,0055	0,2433	0,3538
59	Skrzyszów	-0,6360	-0,0055	0,2433	0,8994
60	Oświęcim M	1,6578	-0,0055	0,1051	0,0000*
61	Czernichów	0,6256	-0,0055	0,1604	0,0575
62	Brzesko	-0,2680	-0,0055	0,1367	0,7611
63	Oświęcim W	3,6048	-0,0055	0,3263	0,0000*
64	Wieliczka	3,1377	-0,0055	0,1367	0,0000*
65	Przeciszów	0,4706	-0,0055	0,1936	0,1396
66	Wojnicz	0,0703	-0,0055	0,1604	0,4249
67	Zator	0,8549	-0,0055	0,1936	0,0252*
68	Spytkowice	1,0228	-0,0055	0,1604	0,0051*
69	Dębno	-0,0336	-0,0055	0,1604	0,5279
70	Bochnia	-0,2672	-0,0055	0,3263	0,6766
71	Polanka Wielka	0,6358	-0,0055	0,2433	0,0968
72	Brzeszcze	1,8979	-0,0055	0,4921	0,0033*
73	Skawina	0,5002	-0,0055	0,1051	0,0594

ID	Nazwa gmin	Statystyki lokalna dla każdego obiektu I_j	Wartość oczekiwana dla całego obszaru	Wariancja dla danego obiektu	poziom istotności $p < 0,05$
74	<i>Biskupice</i>	-1,0937	-0,0055	0,3263	0,9716*
75	Brzeźnica	0,6924	-0,0055	0,1604	0,0407*
76	Gdów	0,8943	-0,0055	0,1189	0,0045*
77	Osiek	1,0254	-0,0055	0,2433	0,0183*
78	Mogilany	3,5853	-0,0055	0,1936	0,0000*
79	Tuchów	0,0082	-0,0055	0,1604	0,4864
80	Pleśna	0,2545	-0,0055	0,1936	0,2773
81	Świątniki Górne	6,4924	-0,0055	0,2433	0,0000*
82	Ryglice	0,5578	-0,0055	0,4921	0,2110
83	Nowy Wiśnicz	0,1033	-0,0055	0,1189	0,3762
84	Kety	1,7587	-0,0055	0,1936	0,0000*
85	Wieprz	0,7335	-0,0055	0,1189	0,0161*
86	Tomice	1,1440	-0,0055	0,1936	0,0045*
87	Gnojnik	0,1904	-0,0055	0,1936	0,3280
88	Siepraw	4,1472	-0,0055	0,1936	0,0000*
89	Myślenice	0,0224	-0,0055	0,1367	0,4699
90	Kalwaria Zebrzydowska	0,0665	-0,0055	0,1936	0,4350
91	Wadowice	-0,0279	-0,0055	0,1051	0,5276
92	Łapanów	-0,1849	-0,0055	0,1367	0,6862
93	Dobczyce	0,9521	-0,0055	0,1604	0,0084*
94	Zakliczyn	0,5751	-0,0055	0,1189	0,0461*
95	Lipnica Murowana	0,6464	-0,0055	0,1604	0,0518
96	<i>Czchów</i>	-0,7158	-0,0055	0,1367	0,9726*
97	Lanckorona	0,0991	-0,0055	0,1936	0,4060
98	Sułkowice	0,3444	-0,0055	0,1936	0,2132
99	Gromnik	0,6474	-0,0055	0,1936	0,0689
100	Andrychów	0,1686	-0,0055	0,1936	0,3462
101	Raciechowice	-0,0880	-0,0055	0,1936	0,5744
102	Stryszów	0,1964	-0,0055	0,1604	0,3071
103	Rzepiennik Strzyżewski	0,9104	-0,0055	0,1936	0,0187*
104	Iwkowa	0,4003	-0,0055	0,2433	0,2053
105	Mucharz	0,3144	-0,0055	0,3263	0,2877
106	Jodłownik	0,1364	-0,0055	0,1604	0,3616
107	Ciężkowice	1,0419	-0,0055	0,1367	0,0023*
108	Budzów	0,9669	-0,0055	0,1367	0,0043*
109	Wiśniowa	0,2936	-0,0055	0,1367	0,2093
110	Limanowa	0,2517	-0,0055	0,0711	0,1674
111	Gródek nad Dunajcem	0,5088	-0,0055	0,1936	0,1212
112	Łososina Dolna	0,4796	-0,0055	0,1604	0,1129
113	Pcim	0,9110	-0,0055	0,1367	0,0066*
114	Laskowa	0,6277	-0,0055	0,1936	0,0751
115	Biecz	1,0309	-0,0055	0,2433	0,0178*
116	Zembrzyce	0,2519	-0,0055	0,1189	0,2277
117	Stryszawa	0,2537	-0,0055	0,1604	0,2587

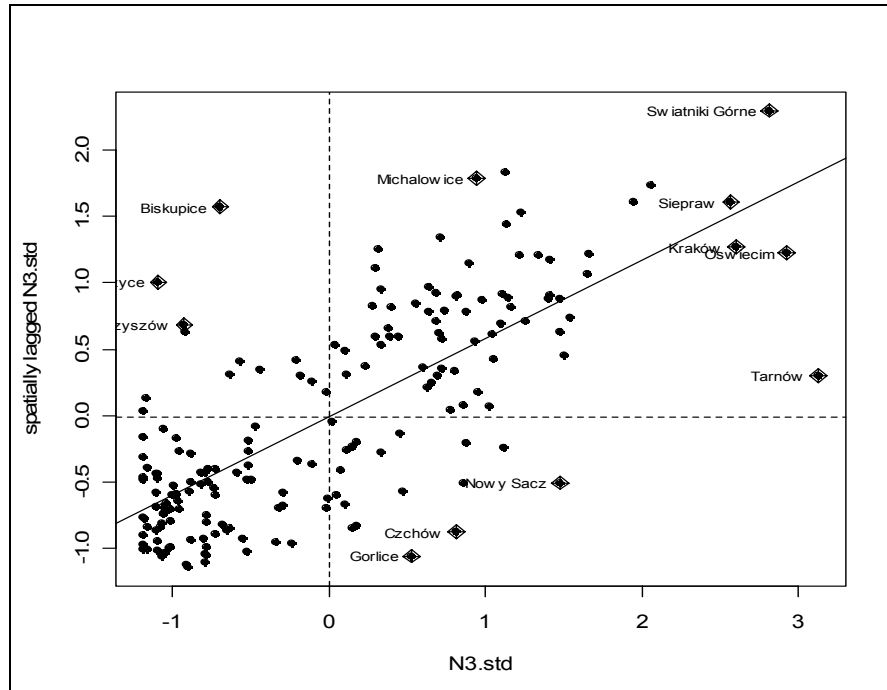
ID	Nazwa gmin	Statystyki lokalna dla każdego obiektu I _j	Wartość oczekiwana dla całego obszaru	Wariancja dla danego obiektu	poziom istotności p < 0,05
118	Moszczenica	1,1107	-0,0055	0,1936	0,0056*
119	Korzenna	0,8340	-0,0055	0,1604	0,0180*
120	Dobra	0,7256	-0,0055	0,1604	0,0340*
121	Tokarnia	1,1602	-0,0055	0,1936	0,0040*
122	Sucha Beskidzka	-0,1314	-0,0055	0,3263	0,5872
123	Łużna	0,8286	-0,0055	0,1936	0,0290*
124	Maków Podhalański	0,8683	-0,0055	0,1189	0,0056*
125	Gorlice	0,9550	-0,0055	0,1051	0,0015*
126	Bobowa	0,7747	-0,0055	0,2433	0,0569
127	Mszana Dolna	0,9081	-0,0055	0,1189	0,0040*
128	Limanowa	-0,0363	-0,0055	0,4921	0,5175
129	Lipinki	1,1964	-0,0055	0,3263	0,0177*
130	Lubien	0,5351	-0,0055	0,1604	0,0885
131	Gorlice	-0,5600	-0,0055	0,4921	0,7854
132	Chełmiec	0,2386	-0,0055	0,1189	0,2395
133	Mszana Dolna	0,8289	-0,0055	0,4921	0,1171
134	Grybów	1,0726	-0,0055	0,0850	0,0001*
135	Zawoja	0,7821	-0,0055	0,1936	0,0367*
136	Jordanów	0,3209	-0,0055	0,3263	0,2838
137	Lukowica	0,6241	-0,0055	0,1936	0,0762
138	Nowy Sącz	-0,7503	-0,0055	0,1936	0,9547*
139	Bystra-Sidzina	0,4279	-0,0055	0,1604	0,1396
140	Sękowa	0,7128	-0,0055	0,2433	0,0727
141	Rabka	0,5681	-0,0055	0,1936	0,0962
142	Podegrodzie	-0,0312	-0,0055	0,1604	0,5255
143	Niedźwiedź	0,8027	-0,0055	0,1936	0,0331*
144	Grybów	1,0252	-0,0055	0,4921	0,0709
145	Kamienica	0,7501	-0,0055	0,1051	0,0099*
146	Ropa	1,1358	-0,0055	0,2433	0,0103*
147	Korzenna	0,4479	-0,0055	0,1936	0,1514
148	Lacko	0,5698	-0,0055	0,1367	0,0599
149	Jabłonka	-0,1479	-0,0055	0,1604	0,6389
150	Stary Sącz	0,0399	-0,0055	0,1604	0,4548
151	Uście Gorlickie	1,0877	-0,0055	0,1936	0,0065*
152	Lipnica Wielka	0,4844	-0,0055	0,4921	0,2425
153	Nawojowa	0,4604	-0,0055	0,1604	0,1223
154	Łabowa	1,1722	-0,0055	0,1604	0,0016*
155	Ochoznica Dolna	0,7574	-0,0055	0,1936	0,0415*
156	Nowy Targ	0,5365	-0,0055	0,0850	0,0315*
157	Krynica	0,8778	-0,0055	0,2433	0,0367*
158	Nowy Targ	0,1986	-0,0055	0,4921	0,3855
159	Czarny Dunajec	0,5291	-0,0055	0,1367	0,0741
160	Czorsztyn	0,5916	-0,0055	0,2433	0,1130

ID	Nazwa gmin	Statystyki lokalna dla każdego obiektu I_i	Wartość oczekiwana dla całego obszaru	Wariancja dla danego obiektu	poziom istotności $p < 0,05$
161	Krościenko nad Dunajcem	0,2249	-0,0055	0,2433	0,3202
162	Szczawnica	0,6021	-0,0055	0,1936	0,0836
163	Łapsze Niżne	0,7643	-0,0055	0,3263	0,0889
164	Szaflary	0,4391	-0,0055	0,1936	0,1561
165	Muszyna	1,0039	-0,0055	0,3263	0,0386*
166	Bukowina Tatrzańska	0,3894	-0,0055	0,1604	0,1620
167	Biały Dunajec	0,2216	-0,0055	0,2433	0,3226
168	Trzciana	0,3703	-0,0055	0,2433	0,2230
169	Żegocina	0,5103	-0,0055	0,1936	0,1205
170	Tymbark	-0,0293	-0,0055	0,1936	0,5215
171	Słopnice	0,6889	-0,0055	0,1936	0,0572
172	Piwniczna	1,0224	-0,0055	0,1936	0,0097*
173	Rytko	0,5581	-0,0055	0,2433	0,1266
174	Spytkowice	-0,0706	-0,0055	0,2433	0,5525
175	Raba Wyżna	0,5226	-0,0055	0,1189	0,0628
176	Kościelisko	0,3543	-0,0055	0,3263	0,2644
177	Zakopane	0,0021	-0,0055	0,3263	0,4947
178	Poronin	0,1698	-0,0055	0,1936	0,3451
179	Chelmek	2,0636	-0,0055	0,3263	0,0001*
180	Jordanów	0,6736	-0,0055	0,1367	0,0331*
181	Tarnów	0,2696	-0,0055	0,1189	0,2125
182	Bochnia	0,0341	-0,0055	0,1051	0,4514

Innym sposobem przedstawiania lokalnych wskaźników zależności przestrzennej jest prezentowanie wyników na wykresie punktowym Morana. Wykres można łączyć z mapami na których widać łączenie się obserwacji, czy też obserwacje odstające.

Na rysunku 2 przedstawiono wykres punktowy statystyki I Morana. Na wykresie wyróżnione obiekty są oddalone od średniej o więcej niż dwa odchylenia standardowe. Ich położenie względem linii regresji obrazuje wektor obiektów przestrzennych rozpatrywanej zmiennej (wskaźnika wyposażenia w sieci wodociągowe gmin) najbardziej odstających obserwacji. Wyznaczona dla każdego obiektu wyróżnionego miara odchylenia od krzywej regresji tworzy wektor agregatów w postaci jednokolumnowej macierzy, przedstawiony w tabeli 3.

Gminy o wartościach ujemnych (Kraków, Tarnów, Oświęcim, Czchów, Gorlice, Nowy Sącz) są położone poniżej linii regresji. Średnia wielkość badanej zmiennej w tych gminach przewyższa średnią wielkość zmiennej w gminach sąsiedzkich znacznie bardziej niż było wynikało z ogólnego wzorca przestrzennego, czyli tworzą w przestrzeni tak zwane wyspy zdecydowanie innych wartości zmiennej (*hot spots*) [Goodchild 1986].



Rysunek 2. Wykres punktowy statystyki I Morana
Figure 2. Moran's I scatterplot

Źródło: Badania własne

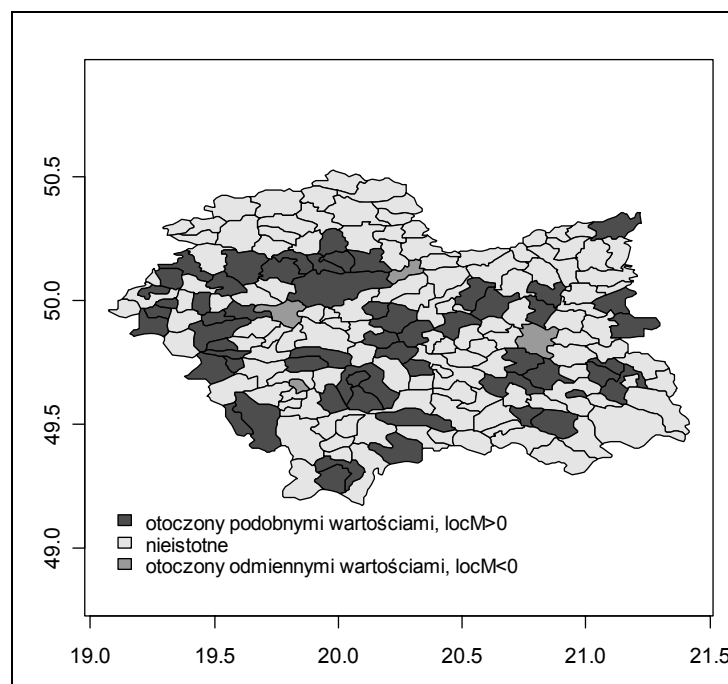
Tabela 3. Zestawienie odchyleń od średniej
Table 3. List of deviations from average value

Obiekty wyróżnione	Odchylenia od prostej regresji
Michałowice	0,17
Igołomia-Wawrzeńczyce	0,24
Kraków	-0,04
Tarnów	-0,23
Skrzyszów	0,17
Oświęcim	-0,07
Biskupice	0,28
Świątynki Górne	0,09
Siepraw	0,01
Czychów	-0,19
Gorlice	-0,19
Nowy Sącz	-0,19

Źródło: Badania własne

Są to gminy o większym wyposażeniu w sieci wodociągowe niż gminy sąsiednie. Obiekty obserwowane powyżej linii regresji to gminy o relatywnie mniejszej wartości badanej zmiennej niż średnia wartość w gminach sąsiednich. Obiekty, których wartości zmiennej standaryzowanej są mniejsze od zera, to gminy o najmniejszym średnim wskaźniku sieci wodociągowych względem całej badanej populacji.

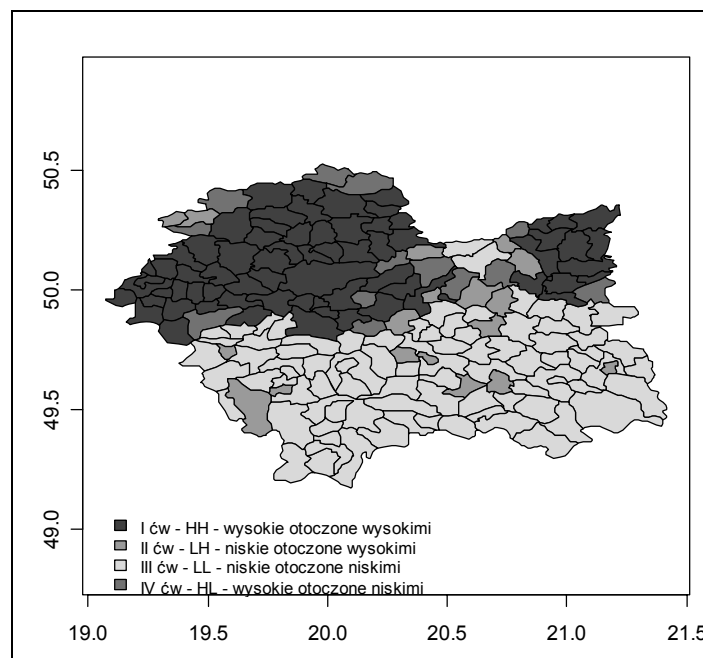
Reżym przestrzenny zobrazowano na rysunku 3, najciemniejszym kolorem zaznaczone zostały gminy o najwyższych wartościach badanej zmiennej, tworzą klastry wysokich wartości, zaś najjaśniejszym kolorem zaznaczone zostały gminy o niskich wartościach, zgrupowane wśród podobnych gmin. Z rysunku 3 wynika, że tereny o wysokiej urbanizacji bardzo mocno oddziałują na gminy sąsiedzkie, tworzą w przestrzeni klastry, gdyż są otoczone gminami o znacząco podobnych wartościach badanej zmiennej. Na mapie brak jest występowania statystycznie istotnych outliersów, czyli obiektów otoczonych gminami o znacząco innych wartościach badanej zmiennej.



Rysunek 3. Mapa obrazująca istotność statystyki lokalnej I_i Morana
Figure 3. Map illustrating significance of Local Moran's I_i

Źródło: Badania własne

Z rysunku 4 wynika, że występuje zwarty, homogeniczny obszar o niskich wartościach na południu województwa, są to gminy o niskich wartościach zmiennej otoczone gminami o podobnych wartościach zmiennej. Są to gminy o górskim ukształtowaniu terenu i mniejszym zaludnieniu, mniej zurbanizowane. Górskie ukształtowanie terenu może spowalniać dyfuzję infrastruktury na skutek większej kapitałochłonności prowadzenia nowych wodociągów. Taki stan rzeczy może powodować czynnik ludzki, brak wprowadzania innowacji i korzystania ze źródeł górskich. Na zachodzie województwa widzimy gminy o wysokich wartościach badanej zmiennej otoczone gminami o podobnie wysokich wartościach zmiennej. Widzimy duży klastery przynależności gmin do ćwiartki „D” wykresu punktowego, co świadczy o niejednostkowym rozwoju tych gmin. Rozwój sieci wodociągowych w tych gminach może świadczyć o braku dostępności ludności do naturalnych zasobów wodnych. Jest to ta część województwa która jest najbardziej zurbanizowana. Wzrost występowania sieci wodociągowych w tej części województwa należy wiązać z oddziaływaniem dużych miast Kraków, Oświęcim, Chrzanów i bliskość tych gmin z województwem śląskim, gdzie występują kopalnie i utrudnienie z korzystania przez mieszkańców z naturalnych źródeł.



Rysunek 4. Mapa przynależności obiektów do ćwiartek wykresu punktowego Morana

Figure 4. Map of affiliations of objects to quarters of Moran scatterplot

Źródło: Badania własne

BIBLIOGRAFIA

- Anselin L. *Local indicators of spatial association – LISA*. Geogr. Anal. 27, 1995, 93–115.
Goodchild M. F. *Spatial Autocorrelation*. Geobooks, Norwich 1986.
Janc K. *Zjawisko autokorelacji przestrzennej na przykładzie statystyki I Morana oraz lokalnych wskaźników zależności przestrzennej (LISA)*. Wybrane zagadnienia metodyczne. Dokumentacja Geograficzna, nr 33, IGiPZ PAN, Warszawa 2006.
Kopczewska K. *Ekonometria i statystyka przestrzenna z wykorzystaniem programu R CRAN CeDeWu*. Warszawa 2006, s. 13,15, 56, 119.
LeSage J. *Spatial Econometrics*. West Wirginia University, 1999.

Dr hab. inż. Andrzej Woźniak
Mgr inż. Jakub Sikora
Akademia Rolnicza w Krakowie,
Katedra Technicznej Infrastruktury Wsi
30-149 Kraków ul. Balicka 116B
tel. (012) 662 64 60
awozniak@ar.krakow.pl, sikora@ar.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki*