

PRACE GEOGRAFICZNE

zeszyt 167, 2022, 7–27

doi: 10.4467/20833113PG.22.005.16218

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Komisja Geograficzna, Polska Akademia Umiejętności

Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego

## ZASTOSOWANIE AUTOKORELACJI PRZESTRZENNEJ W BADANIACH MIGRACJI WEWNĘTRZNYCH

*Mateusz Długosz*

### **The use of spatial autocorrelation in the study of internal migration**

*Abstract:* Spatial redistribution of the population in Poland results in migration outflow from some units and migration inflow to others. The uneven spatial distribution of this process results in different migration characteristics of communes in Poland. In the literature this issue has often been the subject of research and works in this area were based on traditional research methods, based on statistical data analysis. In the paper below the author describes the possibilities of conducting migration studies using spatial autocorrelation methods. The commonly used coefficients of migration turnover and migration efficiency were analysed using Moran's global and local I statistics. The results obtained by the author lead to the conclusion that the application of spatial autocorrelation tools allows for a new perspective in the study of internal migration, making it possible to determine the spatial distribution of the phenomenon under study in spatial units, taking into account the situation in neighbouring units. The analysis with the use of spatial autocorrelation tools may replace or supplement the research methods used so far, mainly with regard to indicating clusters of high and low values of a given variable, which allows to identify clusters of a specific migration character. It also allows to unambiguously determine whether the similarity of municipalities in terms of migration behaviour is statistically significant or random. Additionally, the juxtaposition of the results with the conclusions drawn from the literature search also allowed for comparison with traditional methods of studying migration processes.

*Keywords:* internal migration, spatial autocorrelation, I Moran's global statistic, LISA

*Zarys treści:* Redystrybucja przestrzenna ludności w Polsce powoduje odpływ migracyjny z jednych jednostek oraz napływ migracyjny do drugih. Nierównomierny rozkład przestrzenny tego procesu powoduje odmienną charakterystykę migracyjną gmin w Polsce. W literaturze zagadnienie to często było przedmiotem badań, a prace z tego zakresu bazowały na wykorzystaniu tradycyjnych metod badawczych opartych na analizie danych statystycznych. W poniższym opracowaniu autor opisuje możliwości prowadzenia badań migracyjnych, stosując metody autokorelacji przestrzennej. Powszechnie używane współczynniki obrotu migracyjnego oraz efektywności migracji zostały przeanalizowane z zastosowaniem statystyki globalnej i lokalnej I Morana. Uzyskane przez autora wyniki pozwalają stwierdzić, że stosowanie narzędzi autokorelacji przestrzennej umożliwia nowe spojrzenie w badaniach migracji wewnętrznych, ułatwiając określanie rozkładu przestrzennego badanego zjawiska w jednostkach przestrzennych przy uwzględnieniu sytuacji w jednostkach sąsiadujących z nimi. Analiza z wykorzystaniem narzędzi autokorelacji przestrzennej może zastępować lub uzupełniać dotychczas stosowane metody badawcze, głównie w zakresie wskazywania skupisk wysokich i niskich wartości danej cechy, co daje możliwość identyfikacji klastrów o określonym charakterze migracyjnym. Pozwala również jednoznacznie stwierdzić, czy podobieństwo gmin w zakresie zachowań migracyjnych jest istotne statystycznie czy też losowe. Dodatkowo zestawienie wyników z wnioskami płynącymi z kwerendy literatury umożliwiło też porównanie z tradycyjnymi metodami badań procesów migracyjnych.

*Słowa kluczowe:* migracje wewnętrzne, autokorelacja przestrzenna, statystyka globalna I Morana, LISA

## Wprowadzenie

Migracje wewnętrzne odgrywają dużą rolę w kształtowaniu procesów ludnościowych w państwach, w których zachodzi drugie przejście demograficzne (Rowe i in. 2019). Prowadząc do redystrybucji przestrzennej ludności, powodują wyludnianie jednych miejscowości i przyrost liczby ludności w innych, a tym samym wpływają nie tylko na ich sytuację demograficzną (por. Zborowski i in. 2012), ale także na wiele innych procesów społeczno-ekonomicznych (Ellis 2012). Niezwykle istotne staje się więc zrozumienie zróżnicowania przestrzennego procesów migracyjnych oraz wskazanie jednostek szczególnie aktywnych i tych mniej widocznych w rozkładzie przestrzennym migracji wewnętrznych.

Można więc zauważyć, że dotychczasowe prace ze wskazanej problematyki, ukazujące zróżnicowanie przestrzenne zjawiska migracji, bazują przede wszystkim na analizie statystycznej danych (por. Scardaccione i in. 2010). Wykorzystanie tej grupy metod nie wyczerpuje jednak wszystkich możliwości, których dostarczają dane meldunkowe. Są one bowiem danymi odniesionymi do powierzchni Ziemi, a więc mogą być nazwane danymi przestrzennymi (por. Suchecka 2014), zatem mogą i powinny być analizowane metodami przeznaczonymi dla tych danych. Warto rów-

nież zauważyć, że wartości wskaźników używanych do określenia natężenia ruchu wędrownego w poszczególnych jednostkach mogą być ze sobą związane, podobnie jak inne zjawiska społeczno-ekonomiczne analizowane w geografii.

Migracje, będąc zjawiskiem społecznym, jednak mającym miejsce w konkretnej przestrzeni (por. Roseman 1971), powinny być więc analizowane przy wykorzystaniu narzędzi, które pozwalają na uwzględnienie w badaniach wątku przestrzennego. Ponieważ wielkość ruchu wędrownego w sąsiadujących jednostkach może być ze sobą związana, gdyż granice administracyjne nie są ogranicznikami ludzkich aktywności, którymi są m.in. migracje (por. Janc 2006), poniższe opracowanie ma na celu sprawdzenie możliwości płynących z badań wewnętrznego ruchu wędrownego za pomocą metod bazujących na autokorelacji przestrzennej, jednym z narzędzi analizy przestrzennej. Rozkład przestrzenny wybranych wskaźników określających natężenie migracji w danej jednostce zostanie określony przy wykorzystaniu globalnych (I Morana) i lokalnych (LISA) miar autokorelacji przestrzennej. Pozwoli to następnie na określenie zalet i wad stosowanych metod, a także na identyfikację najważniejszych obserwacji i wniosków płynących z analiz zróżnicowania przestrzennego charakterystyk wewnętrznego ruchu wędrownego w Polsce. Poniższe opracowanie stanowi nowe spojrzenie na znany problem badawczy i umożliwia jego analizę z wykorzystaniem narzędzi dotychczas do tego niewykorzystywanych, dzięki czemu uwypuklenie jego zalet i wad będzie bardziej wyraźne.

## Zarys problemu w literaturze przedmiotu

Migracje wewnętrzne odgrywają szczególną rolę w kształtowaniu procesów społeczno-ekonomicznych (Ellis 2012), choć ich obecność wśród naukowych problemów nie jest dostatecznie wyraźna (King, Skeldon 2010; Horolets i in. 2018). Mimo to w literaturze przedmiotu można znaleźć liczne przykłady ilustrujące wpływ przemieszczeń ludności m.in. na rynek pracy (np. Borjas 2006; Pietrzak i in. 2013; Karwart-Woźniak, Chmieliński 2013), procesy wyludniania (np. Krzysztofik i in. 2017), edukację (np. Dolińska i in. 2020), czy też na ogólny rozwój gospodarczy określonych regionów (Bell i in. 2015; Garcia i in. 2015). Istotne znaczenie zyskuje w tym momencie charakterystyka migracyjna jednostek podziału administracyjnego, ukazująca rozkład przestrzenny wewnętrznego ruchu wędrownego ludności.

Zagadnienie to podejmowano w literaturze przedmiotu, analizując migracje wewnętrzne w Polsce z perspektywy całego kraju (np. Nowotnik 2012; Śleszyński 2016), oraz wybranych jego obszarów, tj. stref podmiejskich czy obszarów metropolitalnych (np. Szymańska, Biegańska 2011; Winiarczyk-Rażniak, Raźniak 2012; Gałka, Warych-Juras 2018; Inicki, Szczyrba 2019), wybranych miast (np. Huk 2004; Długosz 2005, 2006; Kałuża-Kopias 2010, 2014; Dyszy 2017; Inicki, Janc

2021) i obszarów wiejskich (np. Rosner 2014). Do charakterystyki ruchu wędrownego bardzo często używano wówczas wskaźników takich jak: saldo migracji, obrót migracyjny czy efektywność migracji, które są powszechnie stosowane w badaniach migracyjnych (Jagielski 1974; Huk 2004; Józefowicz 2020). Ich wykorzystanie implikowało zastosowanie metod statystycznych, które w większości polegały na analizie danych wtórnych, powszechnie stosowanej w geografii społeczno-ekonomicznej metodzie badawczej (Runge 2007).

Zachodzące w przestrzeni geograficznej zjawiska są jednak zależne od siebie, a siła tych powiązań zależy od odległości między nimi (Tobler 1970). Założenie to w pewien sposób kłóci się z podstawą analizy statystycznej, zakładającej niezależność obserwacji (por. Bivand 1981; Huk 1995). Niespójność analiz statystycznych z danymi przestrzennymi stanowi jedną z przyczyn, dla których naukowcy podjęli próby analizy z wykorzystaniem prawidłowości o zależności przestrzennej zjawisk, ponieważ klasyczne statystyki nie ujmowały wszystkich informacji, których dostarczały te dane (Griffith 1992). Jednym z pierwszych badaczy, który zajął się tym zagadnieniem, był Patrick A.P. Moran (1948), który zauważył, że poziom zjawiska obserwowanego w danej jednostce może być w pewien sposób zależny od sytuacji w jednostkach sąsiadujących. Sformułowana dwa lata później statystyka globalna I Morana, pozwalająca na ustalenie tej zależności (Moran 1950), stanowi do dziś jedną z ważniejszych metod określania autokorelacji przestrzennej (por. Getis, Ord 1992; Chen 2013; Liu i in. 2015; Koo i in. 2019). Sama cecha polega na założeniu, że wystąpienie danego zjawiska w jednym punkcie (poligonie) zwiększa lub zmniejsza prawdopodobieństwo pojawienia się go w punkcie (poligonie) sąsiadującym (Czyż 1978; Bivand 1980; Huk 1995). Następuje więc grupowanie w przestrzeni geograficznej obiektów podobnych – o dodatniej autokorelacji przestrzennej – lub niepodobnych – o ujemnej autokorelacji przestrzennej (Griffith 1992). Autokorelacja przestrzenna w najprostszym rozumieniu dotyczy więc stopnia korelacji zjawisk w przestrzeni (Chou 1991; Getis 2008).

Dokładną historię i ewolucję badań autokorelacji przestrzennej prowadzili m.in. Daniel A. Griffith (1992), Arthur Getis (2007, 2008), Robert P. Haining (2009), jednak warto przywrócić się badaniom, które w Polsce wykorzystywały zagadnienie autokorelacji przestrzennej. W polskiej literaturze termin ten pojawił się na szerszą skalę w latach 80. XX wieku za sprawą Rogera Bivanda (1980, 1981), który w swoich pracach omówił teoretyczne podstawy analizy autokorelacji przestrzennej. Jednak już nieco wcześniej Teresa Czyż (1978) wskazywała pola badawcze, które pozwalają na wykorzystanie ich w analizach geograficznych. Konieczność stosowania analizowanych metod w geografii społeczno-ekonomicznej i możliwości płynące z prowadzenia takich analiz postulowano w wielu opracowaniach (np. Bivand 1980; Huk 1995; Janc 2006). Jednak do tej pory nie znajduje ona szerokiego zastosowania w badaniach geografii społeczno-ekonomicznej.

Autokorelacja przestrzenna dotychczas była wykorzystywana najczęściej w badaniach przestępczości, w kontekście zależności przestrzennej miejsc dokonywania czynów kryminalnych (Mordwa 2011, 2013a, 2013b; Lisowska-Kierepka 2019, 2022). W literaturze można znaleźć również opracowania poświęcone przestrzennym analizom różnych wskaźników społeczno-ekonomicznych, np. PKB *per capita* w regionach Unii Europejskiej (Janc 2006), stopy bezrobocia w Polsce (Pośpiech 2015), dochodów gmin województwa kujawsko-pomorskiego (Müller-Frączek, Pietrzak 2008), poziomu rozwoju gmin województwa lubuskiego (Szczuciński 2019). Ponadto badania z zakresu autokorelacji przestrzennej prowadzono w analizie akcji krwiodawstwa w Polsce (Ojrzyńska, Twaróg 2011), rozmieszczenia elementów infrastruktury technicznej w województwie małopolskim (Woźniak, Sikora 2007) czy preferencji wyborczych mieszkańców Wrocławia w wyborach parlamentarnych w 2007 r. (Ilnicki, Janc 2011).

Zróżnicowanie przestrzenne parametrów demograficznych było dotychczas rzadko przedmiotem badań z perspektywy autokorelacji przestrzennej. Wskazuje się tu na prace wyjaśniające przestrzenne zależności w poziomie urodzeń pozamałżeńskich (Brzozowska 2011), zgonów (Mielecka-Kubień, Dziembała 2010), struktury demograficznej i parametrów rynku pracy (Bartkowiak-Bakun, Standar 2014; Pośpiech, Mastalerz-Kodzis 2015).

W odniesieniu do badań migracyjnych warto zwrócić uwagę, że przestrzenny wymiar społeczno-ekonomicznej działalności ludzi nie jest ograniczony jedynie do granic jednostek administracyjnych, co tłumaczy zachodzenie przestrzennej zależności między wartościami zmiennej w jednostkach sąsiadujących (Janc 2006). Migracje, zachodzące w konkretnej przestrzeni, również mogą ulegać zjawisku autokorelacji przestrzennej, co poniekąd wiąże się z teorią sieci migracyjnych. Koncepcja ta wskazuje, że migracje są procesem samonapędzającym się, wiążącym się z silnymi związkami interpersonalnymi, które wykraczają poza granice administracyjne (por. Janicki 2006), a więc mogą wykazywać autokorelację przestrzenną w zakresie podobieństwa charakterystyk migracyjnych w wybranych gminach. Nie jest to jednak dotychczas stosowana metodyka badań, ponieważ jedyną pracą z tego zakresu była analiza współczynnika salda migracji zagranicznych w wybranych miastach Europy metodami bazującymi na autokorelacji przestrzennej (Antczak, Lewandowska-Gwarda 2016).

Prace dotyczące analizy migracji wewnętrznych, wykorzystując do tego narzędzia autokorelacji przestrzennej, pojawiają się jednak w literaturze zagranicznej. Większość z tych opracowań odnosi się do modelowania przepływów migracyjnych, głównie opartych na metodach autokorelacji sieciowej (*network autocorrelation*), a w mniejszym stopniu używa się ich do deskrypcji samego zjawiska i wykazywania prawidłowości w ich rozkładzie przestrzennym. Warto w tym miejscu jednak wskazać chociażby prace dotyczące badania międzyregionalnych przepływów migracyjnych

(Mitze 2009; Chun 2007, 2008; Chun, Griffith 2008) czy analizy autokorelacji przestrzennej wybranych współczynników określających natężenie ruchu wędrownego w jednostkach podziału administracyjnego (m.in. Scardaccione i in. 2010; Murgante, Borruso 2012; Yakar 2012; Török 2014; Liu i in. 2015; Kakaš, Gruber 2016).

## Metody i źródła danych

Opracowanie ma na celu sprawdzenie możliwości płynących z wykorzystania narzędzi autokorelacji przestrzennej w badaniu rozkładu przestrzennego migracji wewnętrznych i jego zależności od sąsiedztwa. Metoda ta przeznaczona jest dla danych przestrzennych, które odnoszą się do obiektów punktowych lub poligonowych, jak np. jednostki podziału administracyjnego (por. Janc 2006; Liu i in. 2015). W opracowaniu zastosowano metody badawcze bazujące na wykorzystaniu autokorelacji przestrzennej, która została wyznaczona zarówno na podstawie miar globalnych, jak i lokalnych statystyki I Morana, będących jednymi z najczęściej stosowanych miar w tego typu analizach (por. Getis, Ord 1992; Huk 1995; Chen 2013; Liu i in. 2015; Koo i in. 2019).

W opracowaniu przyjęto następujące założenia wstępne:

- za sąsiedztwo uznano każdą jednostkę posiadającą wspólną granicę z analizowaną jednostką;
- w relacji sąsiedztwa wzięto pod uwagę odległość określoną metodą euklidesową;
- wagi przestrzenne zostały zestandaryzowane wierszami, tak aby w każdym wierszu równała się 1 ( $w_{ij} = 1$ ), tzn. każda waga przestrzenna została podzielona przez sumę wag przestrzennych przypisanych wszystkim jednostkom sąsiadującym;
- poziom istotności został w przypadku statystyk globalnych przyjęty na poziomie  $\alpha = 0,01$ , natomiast w przypadku statystyk lokalnych wynosi on  $\alpha = 0,05$ .

Statystyka globalna I Morana obliczona została według zmodyfikowanego wzoru z pracy Morana (1948; por. Janc 2006; Pośpiech 2015; Lisowska-Kierepka 2019):

$$[1] \quad I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \times \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

gdzie:  $I$  – wartość współczynnika (indeksu) Morana,  $n$  – liczba jednostek przestrzennych,  $w_{ij}$  – element wagi przestrzennej, wg ustaleń początkowych,  $x_i$ ,  $x_j$  – wartości badanej zmiennej jednostce  $i$ -tej lub  $j$ -tej,  $\bar{x}$  – średnia obliczona z wszystkich jednostek.

Współczynnik (indeks) przyjmuje wartości z przedziału  $\langle -1; 1 \rangle$  (Janc 2006). Dla tak wyznaczonej statystyki istotne statystycznie wartości dodatnie wskazują na istnienie dodatniej autokorelacji, czyli koncentracji wartości podobnych w przestrzeni; sąsiedztwo wartości wysokich z niskimi daje wartości ujemne, natomiast wartość 0 ukazuje brak autokorelacji (Lisowska-Kierepka 2019).

Statystyka lokalna I Morana została określona na podstawie wzoru (por. Pośpiech 2015):

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

gdzie  $w_{ij}$  – to element zestandaryzowanej macierzy wagi przestrzennej, pozostałe oznaczenia jak wyżej.

Uzyskiwane w ten sposób wartości pozwalają na przedstawienie pięciu sytuacji. Dodatnia autokorelacja przestrzenna, czyli wartości statystyki lokalnej wynoszące powyżej 0, wskazuje na skupianie się jednostek o podobnych wartościach, czyli z jednej strony niższych wartości (Low-Low Cluster) lub wysokich wartości (High-High Cluster). Ponadto uzyskuje się informacje o sąsiedztwie wartości skrajnie różnych, tj. jednostki o niskich wartościach danej cechy sąsiadują z jednostkami o wyższych wartościach (Low-High Outlier), oraz sąsiedztwie jednostek o wyższych wartościach danej cechy z jednostkami o niższych wartościach danej cechy (High-Low Outlier). Te dwa przypadki są przykładami ujemnej autokorelacji przestrzennej. Ostatnia relacja (Not Significant) wskazuje, że obserwowane w sąsiadujących jednostkach relacje autokorelacji nie są istotne statystycznie (Anselin 1995; Janc 2006; Pośpiech 2015). Wartości uzyskiwane w wyniku zastosowania LISA mogą, choć nie jest to koniecznością, korespondować z wynikami statystyki globalnej (Anselin 1995).

Całość analiz przeprowadzono w środowisku GIS, korzystając z oprogramowania ArcGIS i służących temu narzędzi dostępnych w tym programie w pakiecie Spatial Statistics Tools. Sposób interpretacji uzyskanych raportów oraz wyjaśnienie poszczególnych ich składowych przedstawiono w części wynikowej.

Podstawowym źródłem danych był materiał statystyczny publikowany przez Główny Urząd Statystyczny. Dane o wymeldowaniach i zameldowaniach w 2018 r. pobrane z Banku Danych Lokalnych posłużyły do wyznaczenia podstawowych wskaźników używanych w geografii ludności do określania natężenia migracji: współczynnika obrotu migracyjnego i efektywności migracji w gminach w Polsce (Jagielski 1974; Józefowicz 2020).

W tym miejscu warto zwrócić uwagę na kwestię dotyczącą jakości danych źródłowych, których wiarygodność w literaturze przedmiotu jest podawana w wątpliwość (Śleszyński 2005, 2016; Gołata 2012), szczególnie w przypadku danych migracyjnych (Korcelli 1997; Jończy 2014). Wykorzystane w tym opracowaniu dane statystyczne

są jednak wartościowe z uwagi na fakt samego zarejestrowania zameldowania, który podkreśla trwałość decyzji o zmianie miejsca zamieszkania (por. Śleszyński 2020). W poniższym opracowaniu, którego celem jest sprawdzenie możliwości analitycznych płynących z wykorzystania autokorelacji przestrzennej w badaniach rozkładu przestrzennego migracji wewnętrznych, problemy przypisywane tym danym nie stanowią przeszkody w prowadzeniu badań i realizacji celu głównego opracowania. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że w poniższym opracowaniu w interpretacji uzyskanych wyników autor odnosi się jedynie do rejestrowanych migracji wewnętrznych.

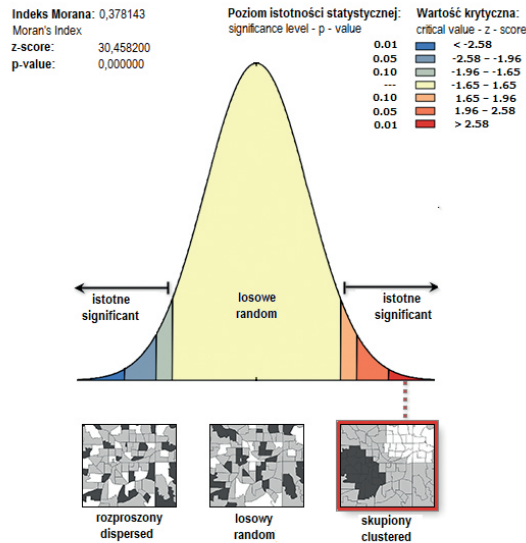
## Wyniki badań

Dotychczasowe wyniki badań (np. Nowotnik 2012; Śleszyński 2016; Gałka, Warych-Juras 2018) wskazują na wyraźną dominację dużych miast i ich stref podmiejskich w systemie migracji wewnętrznych. Wywołane to jest przede wszystkim procesem dekoncentracji przestrzennej ludności obserwowanym w miastach w Polsce, który związany jest z suburbanizacją, wywołującą odśrodkowe ruchy migracyjne. Proces ten zachodzi szczególnie w dużych miastach, z Warszawą na czele (*Sytuacja demograficzna Polski...* 2020). Wyniki te bazują jednak na identyfikacji jedynie ważniejszych miejsc w rozkładzie przestrzennym zjawiska, istotnych dla systemu migracji wewnętrznych, w pewien sposób nie informując w pełni o rozkładzie przestrzennym danego zjawiska, prowadząc poniekąd do subiektywnej oceny rozkładu (por. Mordwa 2013a). Wykorzystanie autokorelacji przestrzennej pozwala na wskazanie wszystkich miejsc istotnych dla systemu migracji wewnętrznych, których wartości podobne do badanych wielkości są istotne statystycznie.

W pierwszej kolejności w badaniach nad rozkładem przestrzennym migracji wewnętrznych w gminach w Polsce zastosowano miary globalne statystyki I Morana. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w postaci raportów wygenerowanych w programie ArcGIS.

Z uzyskanego raportu wynika, że wartości współczynnika obrotu migracyjnego (ryc. 1), informującego o liczbie emigrantów i imigrantów w przeliczeniu na 1000 mieszkańców w poszczególnych gminach w Polsce, wykazują tendencję do klasteryzacji. Wartość miary globalnej I Morana wynosi 0,378. Dążenie do skupiania i podobieństwa wartości podobnych określonego współczynnika w gminach w Polsce wskazywane jest na wysokim poziomie istotności statystycznej, w tym przypadku wynoszącym 0,01. Istotnie statystycznie dążenie do klasteryzacji, wykazywane w tym przypadku, pozwala wysunąć przypuszczenie, że sytuacja migracyjna i wielkość obrotu migracyjnego w danym miejscu są silnie zależne od liczby uczestników ruchu wędrownego w jednostkach sąsiadujących. Raport nie dostarcza jednak informacji odnośnie do tego, czy skupianie następuje przez





Ryc. 1. Raport z analizy autokorelacji przestrzennej (statystyka globalna I Morana) współczynnika obrotu migracyjnego dla gmin w Polsce

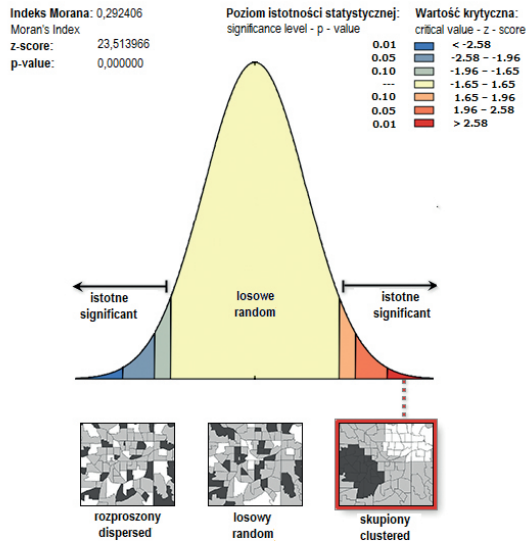
Fig. 1. Report on spatial autocorrelation analysis (Moran's I global statistic) of the mobility index for communes in Poland

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem oprogramowania ArcGIS 10.7.1.

Source: author's own elaboration using ArcGIS 10.7.1 software.

wysokie czy niskie wartości danej cechy ani w których miejscach przestrzeni geograficznej ta klasteryzacja się odbywa.

Wyniki autokorelacji przestrzennej wyznaczone miarami globalnymi dla współczynnika efektywności migracji (ryc. 2) również wskazują na tendencje do skupiania wartości podobnych na wysokim poziomie istotności statystycznej. Wartość obliczonej statystyki globalnej I Morana (0,292) jest nieznacznie niższa niż w przypadku współczynnika obrotu migracyjnego, jednak w dalszym ciągu wystarczająca do odrzucenia hipotezy o losowości rozkładu przestrzennego. Współczynnik efektywności migracji, rozumiany jako iloraz salda migracji i obrotu migracyjnego, koncentruje w danym miejscu wartości podobne. Raport jednak, podobnie jak w przypadku powyżej, nie dostarcza informacji o tym, czy odbywa się to przez skupianie wartości ujemnych, czyli w tym przypadku nieefektywności migracji – przewagi odpływu nad napływem migracyjnym – czy przez koncentrację wartości dodatnich, które dla współczynnika efektywności migracji oznaczają przewagę napływu nad odpływem migracyjnym.



Ryc. 2. Raport z analizy autokorelacji przestrzennej (statystyka globalna I Morana) współczynnika efektywności migracyjnej dla gmin w Polsce

Fig. 2. Report on spatial autocorrelation analysis (Moran's I global statistic) of the migration efficiency ratio for communes in Poland

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem oprogramowania ArcGIS 10.7.1.

Source: author's own elaboration using ArcGIS 10.7.1 software.

Zastosowanie miary globalnej autokorelacji przestrzennej I Morana daje więc wąskie możliwości analityczne w zakresie badań migracyjnych. Może bowiem informować jedynie o tendencji do skupiania się, rozpraszania lub losowości w rozkładzie wartości podobnych wykorzystywanych wskaźników migracyjnych, nie ujawniając, gdzie ta tendencja zachodzi. Omawiając rozkład przestrzenny badanego zjawiska, obliczenie statystyk globalnych I Morana może w sposób ilościowy pomóc udowodnić obserwowane w sposób wizualny wnioski, które na swój sposób mogą być jedynie subiektywną oceną autora, chcącego udowodnić postawione w swoim opracowaniu tezy<sup>1</sup>. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że badacz powinien umieć zinterpretować wskaźnik, którego autokorelację chciał określić, tak aby wiedzieć, co może oznaczać koncentracja wartości podobnych. Miara ta zyskuje wartość w przypadku identyfikacji

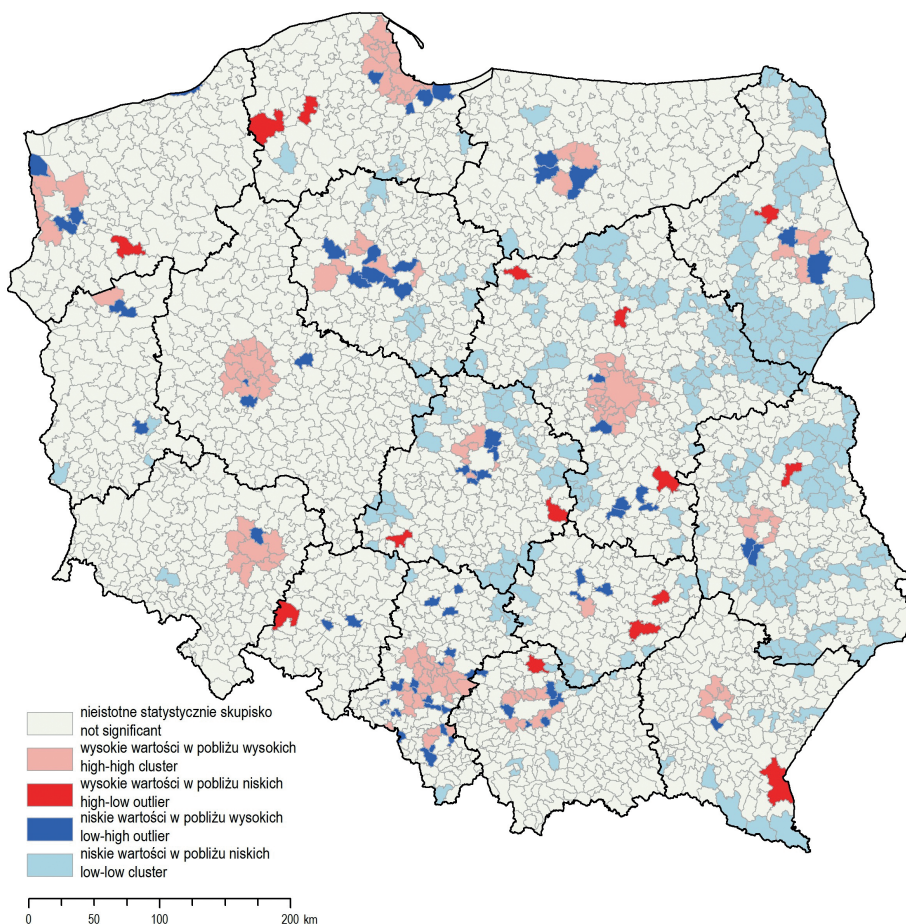
<sup>1</sup> Por. badania Zuzanny Brzozowskiej (2011) nad przestrzennym rozkładem poziomu urodzeń pozamałżeńskich w Polsce.

tendencji rozkładów przestrzennych charakterystyk migracyjnych, jednak nie ma większej wartości interpretacyjnej z uwagi na niewielkie informacje, jakie niesie.

Zdecydowanie więcej możliwości analitycznych daje zastosowanie miar lokalnych I Morana. Pozwala bowiem, w przeciwieństwie do miar globalnych, na zobrazowanie określonych tendencji koncentracji w przestrzeni i tym samym wskazanie, jak z lokalnej perspektywy wygląda podobieństwo wartości jednostek sąsiadujących. Uzyskane wyniki pozwalają na identyfikację autokorelacji przestrzennej na niższym poziomie istotności ( $\alpha = 0,05$ ). Warto podkreślić, że lokalne miary biorą pod uwagę sytuację w konkretnych przypadkach i relacjach sąsiedztwa, stosując podejście indywidualne dla każdej jednostki (Anselin 1995). Oznacza to, że wybrana jednostka odznacza się wartościami podobnymi do jednostek leżących w jej sąsiedztwie, w rozumieniu określonym zgodnie z założeniami pracy.

W przypadku współczynnika obrotu migracyjnego (ryc. 3) daje się zauważyć, że istotne statystycznie podobieństwo widoczne jest w przypadku wartości obserwowanych w 329 z 2479 gmin (według stanu na 2018 r.). Dążenie do skupiania wysokich wartości współczynnika obrotu migracyjnego wykazują 203 jednostki. Skupianie niskich wartości występuje w przypadku 116 z nich, w 10 gminach obserwuje się bliskość jednostek o wartościach skrajnie różnych, w przypadku 9 – typu Low-High – a w jednej gminie stwierdza się wyższe wartości współczynnika niż w gminach sąsiadujących.

Analizując konkretne wyniki analizy autokorelacji przestrzennej tego współczynnika w gminach w Polsce, daje się zauważyć dążenie do skupiania wysokich wartości w strefach podmiejskich dużych miast w Polsce, co potwierdza wnioski obserwowane w literaturze przedmiotu (por. Śleszyński 2016, 2020; Kałuża-Kopias 2020). Warto jednak zauważyć, że widać koncentrację wysokich wartości nie tylko w jednostkach uznawanych za „wielką piątkę”, ale też w okolicach mniejszych miast regionalnych, np. Białegostoku, Torunia, Olsztyna, Zielonej Góry, Gorzowa Wielkopolskiego, oraz miast średniej wielkości, np. Bełchatowa, Suwałk czy Elbląga. Zastosowanie lokalnych miar autokorelacji przestrzennej umożliwia identyfikację koncentracji wartości wysokich lub niskich w takich jednostkach, które w tradycyjnej analizie mogą nie być dostrzeżone, jednak na lokalną skalę wykazują wyższą aktywność migracyjną, wyrażoną analizowanym współczynnikiem. Wykorzystanie w tym opracowaniu narzędzi autokorelacji przestrzennej pozwala zidentyfikować skupianie się jednostek o wysokim obrocie migracyjnym również poza większymi ośrodkami, np. w Polsce północno-zachodniej, co było obserwowane już w latach 70. XX wieku (por. Jagielski 1974), czy też w okolicach Ełku i Giżycka oraz regionie Bolesławca i Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Skupianie niskich wartości współczynnika obrotu migracyjnego występuje z kolei głównie w przypadku Polski południowej, przede wszystkim w Małopolsce i na Podkarpaciu. Warto jednak dostrzec, że koncentracja zachodzi również w przypadku peryferii



Ryc. 3. Rozkład przestrzenny wartości podobnych i odstających współczynnika obrotu migracyjnego w gminach w Polsce w 2018 r.

Fig. 3. Spatial distribution of similar and outlier values of the mobility index in communes in Poland in 2018

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem oprogramowania ArcGIS 10.7.1.

Source: author's own elaboration using ArcGIS 10.7.1 software.

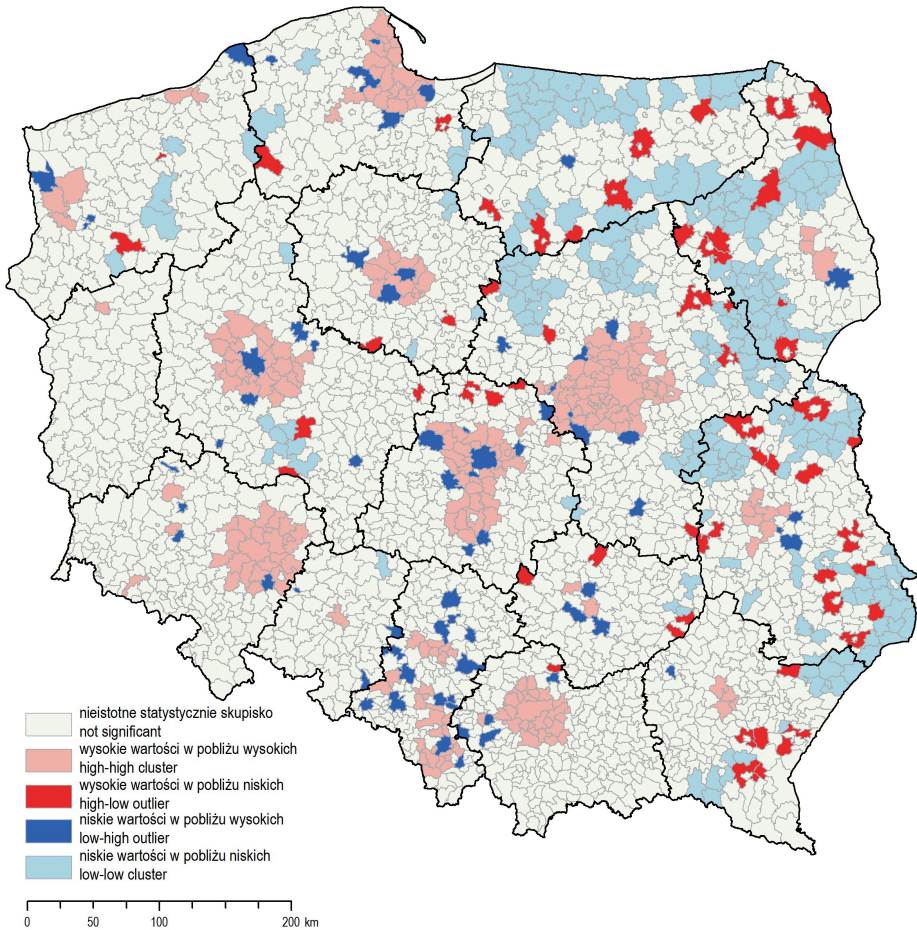
wewnętrznych, którymi są obszary wzdłuż granic administracyjnych (por. Vaishar 2006), lub pomiędzy strefami oddziaływania większych ośrodków. To głównie te obszary można uznać za miejsca mniej aktywne migracyjnie, co potwierdzają wyniki niniejszego opracowania.

Warto również zauważyć, że analiza autokorelacji przestrzennej za pomocą lokalnych miar, w tym przypadku I Morana, pozwala na wskazanie tzw. outlierów, czyli wartości odstających, gdzie w sąsiedztwie jednostek obserwuje się występowanie skrajnie różnych wartości badanej zmiennej. W analizowanym przypadku są to przede wszystkim gminy obejmujące większe miasta, wokół których występuje wzrost natężenia migracji wynikającej z procesów suburbanizacji (relacja typu Low-High). W przeliczeniu na 1000 mieszkańców obrót migracyjny w mniejszych jednostkach jest wyższy z uwagi na mniejszą liczbę mieszkańców, a więc będą obserwowane wyższe wartości niż w przypadku największych ludnościowo miast w kraju. Proces suburbanizacji i efekt skali może tłumaczyć również inny typ relacji sąsiedztwa (typu High-Low), gdzie z kolei w strefie podmiejskiej mniejszego miasta obserwuje się większy obrót migracyjny niż w nim samym.

W zdecydowanie większej liczbie jednostek stwierdza się, wyznaczoną lokalnymi miarami autokorelacji przestrzennej I Morana, tendencję do skupiania w przestrzeni wartości podobnych do współczynnika efektywności migracji. W tym przypadku podobieństwo lub skrajnie odmienne wartości wskaźnika zaobserwowano w przypadku 599 gmin.

Koncentracja dodatniej efektywności migracyjnej jest widoczna w przypadku 249 gmin, obejmujących zasięgiem największe miasta w Polsce i ich strefy podmiejskie. Zasięg podobieństwa jest jednak znacznie obszerniejszy w porównaniu ze współczynnikiem obrotu migracyjnego, gdyż obejmuje nie tylko pierwszy, ale także drugi pierścień gmin podmiejskich w przypadku aglomeracji „wielkiej piątki” oraz Łodzi, gdzie obserwuje się przesunięcie zasięgu podobieństwa i koncentrację wysokich wartości w kierunku południowym. Poza tymi strefami skupianie wysokich wartości współczynnika efektywności migracji widoczne jest w przypadku zaplecza konurbacji katowickiej, Kołobrzegu, Lublina, Białegostoku, Rzeszowa, Torunia, Kielc, Opola, Jeleniej Góry, Legnicy i Głogowa. Oznacza to dodatni bilans migracyjny tych jednostek, czyli przewagę napływu migracyjnego nad odpływem. W pobliżu tych miejsc daje się zauważyć rozmieszczenie jednostek odstających, gdzie na lokalną skalę wartość współczynnika efektywności migracji jest niższa od obserwowanych klastrów wysokich wartości. Nie musi to jednak oznaczać, że jednostka ma ujemny bilans migracyjny, lecz może jedynie charakteryzować się niższymi wartościami od sąsiadujących jednostek. Wskazana sytuacja dotyczy 68 gmin w Polsce.

W przypadku 223 gmin obserwuje się istotne statystycznie podobieństwo wartości niskich. Specyfika analizowanego współczynnika pozwala stwierdzić, że są to jednostki silnie odpływowe, które charakteryzuje ujemna efektywność migracji, a więc przewaga odpływu migracyjnego nad napływem. Ich koncentracja w Polsce północno-wschodniej i wschodniej podkreśla obserwowany w literaturze emigracyjny charakter tych regionów, wynikający z ich opóźnienia urbanizacyjnego i widocznej tam wciąż w przeważającej mierze migracji do miast (*Sytuacja Demograficzna Polski...* 2020).



Ryc. 4. Rozkład przestrzenny wartości podobnych i odstających współczynnika efektywności migracji w gminach w Polsce w 2018 r.

Fig. 4. Spatial distribution of similar and outlier values of the migration efficiency ratio in communes in Poland in 2018

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem oprogramowania ArcGIS 10.7.1.

Source: author's own elaboration using ArcGIS 10.7.1 software.

Całość analiz uzupełniają jednostki, które w większości sąsiadują z jednostkami o niskich wartościach i na ich tle mają wyższe wartości (relacja typu High-Low). Tu, podobnie jak w przypadku relacji Low-High, mowa jest o wyższych wartościach i wcale nie muszą one być interpretowane jako wartości dodatnie. Sama analiza

autokorelacji przestrzennej tego współczynnika i wyniki pozyskiwane nie dostarczają bowiem takiej informacji.

Z perspektywy geograficznej zastosowanie lokalnych miar autokorelacji przestrzennej I Morana daje więcej możliwości analitycznych, ponieważ wyniki zaprezentowane są w postaci mapy. Dzięki temu możliwa jest na wysokim poziomie istotności statystycznej identyfikacja określonych tendencji migracyjnych w konkretnych regionach oraz wyznaczenie jednostek charakteryzujących się określonymi parametrami natężenia ruchu wędrownego. Miary LISA są szczególnie przydatne do identyfikacji jednostek najaktywniejszych i najmniej widocznych z perspektywy systemu migracji wewnętrznych. Dzięki ich zastosowaniu możliwe jest zarówno wykazanie heterogeniczności przestrzennej wśród obserwacji oraz przestrzennych wartości odstających, nietypowych w rozkładzie przestrzennym, jak również klastrów przestrzennych i hot spotów (Boots, Tiefelsdorf 2000; Pośpiech 2015). Tradycyjne metody analizy danych, w pewnym stopniu nie będące obiektywną procedurą badawczą, mogą nie dawać jasnego efektu w postaci modelu i uogólnień (Mordwa 2013). Indywidualne podejście stosowane w miarach LISA pozwala z kolei dostrzec wnioski, które nie były dotychczas zauważalne w literaturze przedmiotu, a które z lokalnej perspektywy dają informację o koncentracji wartości podobnych i odstających.

## Podsumowanie i wnioski

Współcześnie rozwój środowiska GIS daje wiele możliwości analitycznych w geografii społeczno-ekonomicznej, również dla badań z zakresu rozkładu przestrzennego migracji. Dotychczasowe badania migracji wewnętrznych bazowały na tradycyjnych metodach analizy danych statystycznych, których wyniki zilustrowane były opracowaniami kartograficznymi. Rozwój ilościowych metod analizy przestrzennej z wykorzystaniem narzędzi autokorelacji przestrzennej daje jednak wiele możliwości prowadzenia badań migracyjnych w nowy sposób.

Statystyki globalne i lokalne autokorelacji przestrzennej (w opracowaniu I Morana) pozwalają na ilościową analizę rozkładu przestrzennego charakterystyk migracyjnych w konkretnych gminach. Dzięki temu daje się zaobserwować istotne statystycznie skupienia wartości podobnych lub wartości nietypowych w rozkładzie przestrzennym. Dzięki nim możliwe jest formułowanie modeli, które mogą być zastosowane np. w identyfikacji obszarów problemowych, co może być wykorzystane przez odpowiednie organy jednostek podziału terytorialnego do kształtowania polityki regionalnej i lokalnej. Wykorzystanie statystyk lokalnych I Morana pozwala na wskazywanie wartości odstających na określonym poziomie istotności statystycznej, dzięki czemu możliwa jest identyfikacja obszarów najaktywniejszych i najmniej aktywnych w systemie migracji wewnętrznych na danym obszarze, a tym samym

skupienie się uwagi badaczy na problemach najistotniejszych z perspektywy systemu migracji wewnętrznych. Pozwala także na wychwytywanie problemów dotychczas niewidocznych w literaturze przedmiotu oraz ich konceptualizację, czym może być zjawisko niskiej mobilności przestrzennej ludności.

Analiza z wykorzystaniem narzędzi autokorelacji przestrzennej może zastępować lub uzupełniać dotychczas stosowane metody badawcze, oparte przede wszystkim na analizie statystycznej danych, głównie w zakresie wskazywania skupisk wysokich i niskich wartości danej cechy, co z kolei pozwala na identyfikację klastrów o określonym charakterze migracyjnym. Pozwala również jednoznacznie stwierdzić, czy podobieństwo gmin w zakresie zachowań migracyjnych jest istotne statystycznie czy też losowe, uniezależniając to od subiektywnej oceny autora opracowania.

Niestety analiza z wykorzystaniem autokorelacji przestrzennej odnosi się jedynie do obiektów punktowych lub poligonowych, co ogranicza jej stosowanie do określonych wątków badawczych, głównie charakterystyki jednostek podziału administracyjnego w zakresie natężenia migracji. Jej niedostatecznie dopracowana metodologia stosowania w podobieństwie wektorów powoduje, że nie może być wykorzystywana do wyznaczania współzależności poszczególnych strumieni (przepływów) migracyjnych.

Istnieje duża potrzeba dalszego rozwoju analiz przestrzennych w badaniach migracji wewnętrznych, co może podnieść wartość naukową polskich opracowań powstających w tym zakresie i uatrakcyjnić je na arenie międzynarodowej. Wykorzystanie metod autokorelacji przestrzennej w badaniach migracyjnych pozwoli na uchwycenie i analizę nowych problemów badawczych, istotnych z punktu widzenia zrozumienia prawidłowości wewnętrznego ruchu wędrownego.

## Literatura

- Anselin L., 1995, *Local indicators of spatial association-LISA*, *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- Antczak E., Lewandowska-Gwarda K., 2016, *Zależności przestrzenne w kształtowaniu się procesów migracyjnych w wybranych miastach Europy*, [w:] B. Dańska-Borsiak, I. Laskowska (red.), *Regionalne analizy ekonomiczne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 27–42.
- Bartkowiak-Bakun N., Standar A., 2014, *Zróżnicowanie sytuacji demograficznej obszarów wiejskich pogranicza zachodniego*, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 16 (6), 27–31.
- Bell M., Charles-Edwards E., Ueffing P., Stillwell J., Kupiszewski M., Kupiszewska D., 2015, *Internal migration and development: comparing migration intensities around the world*, *Population and Development Review*, 41 (1), 33–58. DOI: 10.1111/j.1728-4457.2015.00025.x.
- Bivand R., 1980, *Autokorelacja przestrzenna a metody analizy statystycznej w geografii*, [w:] Z. Chojnicki (red.), *Analiza regresji w geografii*, PWN, Warszawa, 23–38.



- Bivand R., 1981, *Modelowanie geograficznych układów czasoprzestrzennych*, PWN, Warszawa–Poznań.
- Borjas G.T., 2006, *Native internal migration and the labor market impact of immigration*, The Journal of Human Resources, 41 (2), 221–258. DOI: 10.3368/jhr.XLI.2.221.
- Brzozowska Z., 2011, *Przestrzenne zróżnicowanie urodzeń pozamałżeńskich w Polsce w latach 2002–2010*, Studia Demograficzne, 2 (160), 59–83.
- Boots B., Tiefelsdorf M., 2000, *Global and local spatial autocorrelation in bounded regular tessellations*, Journal of Geographical Systems, 2, 319–348. DOI: 10.1007/PL00011461.
- Chen Y., 2013, *New approaches for calculating Moran's Index of Spatial Autocorrelation*, PLoS ONE, 8 (7), 1–14. DOI: 10.1371/journal.pone.0068336.
- Chou Y.H., 1991, *Map resolution and spatial autocorrelation*, Geographical Analysis, 23 (3), 228–246. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1991.tb00236.x.
- Chun Y., 2007, *Behavioral specifications of network autocorrelation in migration modeling: An analysis of migration flows by spatial filtering*, The Ohio State University, Columbus.
- Chun Y., 2008, *Modeling network autocorrelation within migration flows by eigenvector spatial filtering*, Journal of Geographical Systems, 10, 317–344. DOI: 10.1007/s10109-008-0068-2.
- Chun Y., Griffith D.A., 2008, *Modeling network autocorrelation in space–time migration flow data: An eigenvector spatial filtering approach*, Annals of the Association of American Geographers, 101, 523–536. DOI: 10.1080/00045608.2011.561070.
- Czyż T., 1978, *Metody generalizacji układów przestrzennych*, PWN, Warszawa.
- Długosz Z., 2005, *Population movements in large polish cities in 1988–2002*, Bulletin of Geography. Socio-economic Series, 4, 25–36.
- Długosz Z., 2006, *Migration of population in big polish cities as compared to smaller cities and towns in the light of selected parameters of migration process*, Bulletin of Geography. Socio-economic Series, 6, 35–50.
- Dolińska A., Jończy R., Śleszyński P., 2020, *Migracje pomaturalne w województwie dolnośląskim wobec depopulacji region i wymogów zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław.
- Dyż M., 2017, *Migracje wewnętrzne ludności w wybranych gminach wiejskich województwa śląskiego w latach 2002–2015*, Acta Geographica Silesiana, 26, 17–29.
- Ellis M., 2012, *Reinventing US internal migration studies in the age of international migration*, Population, Place, Space, 18 (2), 196–208. DOI: 10.1002/psp.666.
- Gałka J., Warych-Juras A., 2018, *Suburbanization and migration in Polish Metropolitan Areas during political transition*, Acta Geographica Slovenica, 58(2), 63–72. DOI: 10.3986/AGS.2256.
- Garcia A., Pindolia D.K., Lopiano K.K., Tatem A.J., 2015, *Modeling internal migration flows in Sub-Saharan Africa using census microdata*, Migration Studies, 3 (1), 89–110. DOI: 10.1093/migration/mnu036.
- Getis A., 2007, *Reflections on spatial autocorrelation*, Regional Science and Urban Economics, 37 (4), 491–496. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2007.04.005.

- Getis A., 2008, *A history of the concept of spatial autocorrelation: A geographer's perspective*, *Geographical Analysis*, 40, 297–309. DOI: 10.1111/j.1538-4632.2008.00727.x.
- Getis A., Ord J.K., 1992, *The analysis of spatial association by use of distance statistics*, *Geographical Analysis*, 24 (3), 189–206.
- Gołata E., 2012, *Spis ludności i prawda*, *Studia Demograficzne*, 1 (161), 23–55. DOI: 10.2478/v10274-012-0002-y.
- Griffith D.A., 1992, *What is spatial autocorrelation? Reflections on the past 25 years of spatial statistics*, *L'Espace Géographique*, 21 (3), 265–280.
- Haining R., 2009, *Spatial autocorrelation and the quantitative revolution*, *Geographical Analysis*, 41, 364–374. DOI: 10.1111/j.1538-4632.2009.00763.x.
- Horolets A., Lesińska M., Okólski M., 2018, *Raport o stanie badań nad migracjami w Polsce po 1989 roku*, Komitet Badań nad Migracjami PAN, Warszawa.
- Huk J., 1995, *Autokorelacja przestrzenna zjawisk geograficznych*, *Acta Universitatis Wratislaviensis. Prace Instytutu Geograficznego. Seria B: Geografia Społeczna i Ekonomiczna*, 12, 5–18.
- Huk J., 2004, *Migracje ludności na Dolnym Śląsku w latach 1988–1998. Kierunki i efektywność*, *Czasopismo Geograficzne*, 75 (1–2), 33–64.
- Ilnicki D., Janc K., 2011, *Zastosowanie lokalnych wskaźników zależności przestrzennej do określenia zróżnicowań przestrzennych preferencji wyborczych mieszkańców Wrocławia*, *Studia Miejskie*, 4, 103–118. DOI: 10.25167/sm.1534.
- Ilnicki D., Janc K., 2021, *Obszary intensywnych powiązań funkcjonalnych miast na prawach powiatu w Polsce – autorska metoda delimitacji*, *Przegląd Geograficzny*, 92 (2), 141–160. DOI: 10.7163/PrzG.2021.2.1.
- Ilnicki D., Szczyrba Z., 2019, *Migracje wewnętrzne na pobyt stały w makroregionie południowo-zachodnim w latach 2002–2017*, *Studia Miejskie*, 36, 25–44.
- Jagielski A., 1974, *Geografia ludności*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Janc K., 2006, *Zjawisko autokorelacji przestrzennej na przykładzie statystyki I Morana oraz lokalnych wskaźników zależności przestrzennej (LISA) – wybrane zagadnienia metodyczne*, [w:] T. Komornicki, Z. Podgórski (red.), *Idee i praktyczny uniwersalizm geografii*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa, 76–83.
- Janicki W., 2006, *Analiza migracji wewnętrznych i międzynarodowych na obszarze Unii Europejskiej – razem czy osobno?*, *Studia Demograficzne*, 150 (1), 66–77.
- Jończy R., 2014, *Problem nierejestrowanej emigracji definitywnej (emigracji zawieszanej) w badaniu procesów społeczno-gospodarczych na obszarach wiejskich*, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 360, 11–18.
- Józefowicz K., 2020, *Atrakcyjność migracyjna miast i obszarów wiejskich województwa dolnośląskiego*, *Space, Society, Economy*, 31, 213–227. DOI: 10.18778/1733-3180.31.1.
- Kakaš A., Gruber E., 2016, *Analysis of internal migration patterns: The example of Slovakia and Austria*, *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, 60 (2), 171–188.
- Kałuża-Kopias D., 2010, *Migracje wewnętrzne w Łodzi na tle wybranych, największych miast w Polsce*, *Acta Universitatis Lodzianae. Folia Sociologica*, 35, 199–217.

- Kałuża-Kopias D., 2014, *Atrakcyjność migracyjna wielkich miast – stan obecny*, Problemy Polityki Społecznej. Studia i Dyskusje, 27 (4), 41–54.
- Kałuża-Kopias D., 2020, *Przestrzenny zasięg migracji a wiek migrantów na przykładzie największych miast w Polsce*, Wiadomości Statystyczne, 65 (12), 9–22. DOI: 10.5604/01.3001.0014.57.
- Karwart-Woźniak B., Chmieliński P., 2013, *Ludność wiejska oraz jej aktywność zawodowa i sytuacja na rynku pracy*, [w:] M. Kielkowska (red.), *Rynek pracy wobec zmian demograficznych*, Instytut Obywatelski, Warszawa, 64–93.
- King R., Skeldon R., 2010, *Mind the gap: integrating approaches to internal and international migration*, Journal of Ethnic and Migration Studies, 36(10), 1619–1646. DOI: 10.1080/1369183X.2010.489380.
- Koo H., Wong D.W.S., Chun Y., 2019, *Measuring global spatial autocorrelation with data reliability information*, The Professional Geographer, 71(3), 551–565. DOI: 10.1080/00330124.2018.1559652.
- Korcelli P., 1997, *Alternatywne projekcje zmian demograficznych i migracji w aglomeracjach miejskich*, [w:] P. Korcelli (red.), *Agglomeracje miejskie w procesie transformacji*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa, 5–21.
- Krzysztofik R., Kantor-Pietraga I., Runge A., Spórna T., 2017, *Is the suburbanisation stage always important in the transformation of large urban agglomerations? The case of the Katowice conurbation*, Geographia Polonica, 90 (2), 5–24. DOI: 10.7163/GPol.0082.
- Lisowska-Kierepka A., 2019, *Przestępczość w przestrzeni – geograficzne badania zjawiska w wielkim mieście (przykład Wrocławia, Krakowa i Poznania)*, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Wrocław.
- Lisowska-Kierepka A., 2022, *How to analyse spatial distribution of crime? Crime risk indicator in an attempt to design an original method of spatial crime analysis*, Cities, 120, 1–5. DOI: 10.1016/j.cities.2021.103403.
- Liu T., Qi T., Cao G., Liu H., 2015, *Spatial patterns, driving forces, and urbanization effects of China's internal migration: County-level analysis based on the 2000 and 2010 censuses*, Journal of Geographical Sciences, 25, 236–256. DOI: 10.1007/s11442-015-1165-z.
- Mielecka-Kubień Z., Dziembała M., 2010, *Przestrzenna autokorelacja wybranych przyczyn zgonów w województwie śląskim w latach 2004-2006*, Śląski Przegląd Statystyczny, 8(14), 55–80.
- Mitze T., 2009, *The role of network autocorrelation in modelling German internal migration: Spatial regression versus filtering in a dynamic panel data approach*, Technical Report, Department of Economics, Ruhr University Bochum, Bochum.
- Moran P.A.P., 1948, *The interpretation of statistical maps*, Journal of the Royal Statistical Society. Series B, 10, 243–51.
- Moran P.A.P., 1950, *Notes on continuous stochastic phenomena*, Biometrika, 37, 17–23.
- Mordwa S., 2011, *Kradzieże w przestrzeni Łodzi*, Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Socio-Oeconomica, 11, 1–21.
- Mordwa S., 2013a, *Zastosowanie GIS w badaniach przestępczości*, Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Socio-Oeconomica, 2, 77–92.

- Mordwa S., 2013b, *Zastosowanie autokorelacji przestrzennej w badaniach przestępczości*, *Archiwum Kryminologii*, 25, 61–77.
- Murgante B., Borruso G., 2012, *Analyzing migration phenomena with spatial autocorrelation techniques*, *Lecture Notes in Computer Science*, 7334, 670–685.
- Müller-Frączek I., Pietrzak M.B., 2008, *Wykorzystanie narzędzi statystyki przestrzennej do identyfikacji kluczowych ośrodków rozwoju województwa kujawsko-pomorskiego*, *Acta Universitatis Nicolai Copernici. Oeconomia*, 38, 229–238.
- Nowotnik D., 2012, *Przestrzenne zróżnicowanie migracji w Polsce w ujęciu miast i gmin na przełomie XX i XXI wieku*, *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis. Studia Geographica*, 3, 138–152.
- Ojrzyńska A., Twaróg S., 2011, *Badanie autokorelacji przestrzennej krwiodawstwa w Polsce*, *Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica*, 253, 129–141.
- Pietrzak M.B., 2010, *Problem identyfikacji struktury danych przestrzennych*, *Acta Universitatis Nicolai Copernici. Oeconomia*, 41, 83–98.
- Pietrzak M.B., Wilk J., Matusik S., 2013, *Analiza migracji wewnętrznych w Polsce z wykorzystaniem modelu grawitacji*, *Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica*, 293, 27–37.
- Pośpiech E., 2015, *Analiza przestrzenna bezrobocia w Polsce*, *Studia Ekonomiczne*, 227, 59–74.
- Pośpiech E., Mastalerz-Kodzis A., 2015, *Autokorelacja wybranych charakterystyk społeczno-ekonomicznych*, *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 16, 85–94.
- Roseman C.C., 1971, *Migration as a spatial and temporal process*, *Annals of the Association of American Geographers*, 61(3), 589–598. DOI: 10.1111/j.1467-8306.1971.tb00809.x.
- Rosner A., 2014, *Migracje wewnętrzne i ich związek z przestrzennym zróżnicowaniem rozwoju społeczno-gospodarczego wsi*, *Więś i Rolnictwo*, 1 (162), 63–79.
- Rowe F., Bell M., Bernard A., Charles-Edwards E., Ueffing P., 2019, *Impact of internal migration on population redistribution in Europe: Urbanisation, counterurbanisation or spatial equilibrium?*, *Comparative Population Studies*, 44, 201–234. DOI: 10.48550/arXiv.1911.03795.
- Runge J., 2007, *Metody badań w geografii społeczno-ekonomicznej – elementy metodologii, wybrane narzędzia badawcze*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- Scardaccione G., Scorza F., Las Casas G., Murgante B., 2010, *Spatial autocorrelation analysis for the evaluation of migration flows: The Italian case*. [w:] D. Taniar, O. Gervasi, B. Murgante, E. Pardede, B.O. Apduhan (red.), *ICCSA 2010: Computational science and its applications*, Springer, Berlin–Heidelberg, 62–76.
- Suchocka J., 2014, *Statystyka przestrzenna. Metody analizy struktur przestrzennych*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.
- Sytuacja Demograficzna Polski. Raport 2019–2020*, 2020, Rządowa Rada Ludnościowa, Warszawa.
- Szczuciński P., 2019, *Autokorelacja przestrzenna wybranych cech rozwoju gmin w województwie lubuskim*, *Optimum. Economic Studies*, 3, 164–176. DOI: 10.15290/oes.2019.03.97.11.
- Szymańska D., Biegańska J., 2011, *Obszary podmiejskie dużych miast w Polsce w świetle migracji starych*, [w:] M. Soja, A. Zborowski (red.), *Człowiek w przestrzeni zurbanizowanej*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, 83–98.

- Śleszyński P., 2005, *Różnice liczby ludności ujawnione w Narodowym Spisie Powszechnym 2002*, Przegląd Geograficzny, 77 (2), 193–212.
- Śleszyński P., 2016, *Współczesne i prognozowane uwarunkowania demograficzno-migracyjne w rozwoju miejskiego systemu osadniczego Polski*, Konwersatorium Wiedzy o Mieście, 29 (1), 97–106. DOI: 10.18778/2543-9421.01.11
- Śleszyński P., 2020, *Koncepcja nowego wskaźnika atrakcyjności migracyjnej i jego zastosowania*, Czasopismo Geograficzne, 90 (1–2), 37–58.
- Tobler W.R., 1970, *A computer movie simulating urban growth in the Detroit region*, Economic Geography, 46, 234–240.
- Török I., 2014, *From growth to shrinkage: The effects of economic change on the migration processes in rural Romania*, Applied Agricultural and Forestry Research, 3/4, 195–206. DOI: 10.3220/LBF\_2014\_195-206.
- Vaishar A., 2006, *Regional periphery: what does it mean?*, [w:] T. Komornicki, K. Czapiewski (red.), *Europa XXI regional periphery in Central and Eastern Europe*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa, 7–12.
- Winiarczyk-Raźniak A., Raźniak P., 2012, *Migracje wewnętrzne ludności w polskich obszarach metropolitalnych u progu XXI wieku*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków.
- Woźniak A., Sikora J., 2007, *Autokorelacja przestrzenna wskaźników infrastruktury wodno-ściekowej woj. małopolskiego*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4(2), 315–329.
- Yakar M., 2012, *Türkiye’de iç göçlerin ilçelere göre mekânsal analizi: 1995–2000 dönemi*, Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 9 (1), 741–768.
- Zborowski A., Soja M., Łobodzińska A., 2012, *Population trends in Polish cities – stagnation, depopulation or shrinkage?*, Prace Geograficzne, 130, 7–28. DOI: 10.4467/20833113PG.12.017.0658.

*Mateusz Długosz*  
*Uniwersytet Wrocławski*  
*Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego*  
*Zakład Geografii Społeczno-Ekonomicznej*  
*pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław*  
*e-mail: mateusz.dlugosz@uwr.edu.pl*  
*ORCID: 0000-0001-7323-1502*

