

Stanisław Mordwa ■

ZASTOSOWANIE AUTOKORELACJI PRZESTRZENNEJ W BADANIACH PRZESTĘPCZOŚCI

1. Wstęp

Badania nad przestępczością prowadzone są od dawna na gruncie wielu dyscyplin naukowych, tradycyjnie podejmujących tę problematykę. Obok kryminologów, socjologów, psychologów, ekonomistów i przedstawicieli wielu innych dyscyplin, także geografowie włączyli się w nurt badań nad zjawiskami patologii społecznych. Jednak przez bardzo długi czas uwzględnianie czynnika przestrzennego w analizach przestępczości pozostawało obok głównego nurtu rozwoju badań tego problemu¹, opracowania geografów pozostawały nieznane i nie w pełni doceniane. Przełomowym momentem okazała się cyfrowa rewolucja technologiczna oraz

¹ Szerzej na temat rozwoju przestrzennych analiz przestępczości pisali: J. Lowman, *Conceptual Issues in the Geography of Crime: Toward a Geography of Social Control*, „Annals of the Association of American Geographers” 1986, nr 1, s. 81-94; S. Chainey, J. Ratcliffe, *GIS and Crime Mapping*, John Wiley and Sons, Hoboken 2005; D. Weisburd, T. McEwen, *Introduction: Crime Mapping and Crime Prevention*, w: D. Weisburd, T. McEwen (red.), *Crime Mapping and Crime Prevention*, Monsey, New York 1997, s. 1-23; D. Weisburd, G. Bruinsma, W. Bernasco, *Units of Analysis in Geographic Criminology: Historical Development, Critical Issues, and Open Questions*, w: D. Weisburd, W. Bernasco, G. Bruinsma (red.), *Putting Crime in its Place. Units of Analysis in Geographic Criminology*, Springer, New York 2009, s. 3-31; oraz w Polsce: A. Kossowska, *Środowiskowo-przestrzenne uwarunkowania przestępczości (wybrane zagadnienia współczesnej ekologii przestępczości)*, „Archiwum Kryminologii” 1993, tom XIX, s. 7-16; S. Mordwa, *Przestępczość i poczucie bezpieczeństwa w przestrzeni miasta. Przykład Łodzi*, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2013.

rozwój oprogramowania GIS². Dzięki włączeniu do analiz wielu przestrzennych teorii i metod badawczych możliwe było wzbogacenie dotychczasowych badań zarówno w warstwie teoretycznej, jak i empirycznej. Sytuowanie badanych przez geografów zjawisk w kontekście przestrzennym, a także czasoprzestrzennym okazało się istotne w rozwoju tzw. *crime mappingu*. Współczesny *crime mapping*, który wykazuje związki z kryminologią, socjologią, informatyką, ekonometrią, geografiami, GISc i innymi dyscyplinami, to pewien specyficzny proces badawczy, polegający na wykrywaniu przestrzennych wzorców przestępczości. Jak wskazują S. Chainey i J. Ratcliffe istnieje kilka pól możliwych jego zastosowań³:

- pomoc w zrozumieniu rozkładu przestrzennego przestępczości (poprzez konstruowanie map tematycznych), badanie mechanizmów, dynamiki i czynników sprzyjających jej rozwojowi (poprzez opracowanie modelu regresji przestrzennej);
- identyfikacja *hot spotów* przestępczości, czyli miejsc koncentracji analizowanego zjawiska (autokorelacja przestrzenna, estymacja gęstości jądrowej⁴);
- profilowanie geograficzne jako element ogólnego profilowania kryminologicznego sprawców przestępstw;
- na podstawie miejsc, gdzie aktualnie dochodzi do popełnienia przestępstw, przewidywanie miejsc, gdzie mogą się one pojawić w przyszłości (technologia ProMap);
- raportowanie o incydentach przestępczych, rejestrowanie działań policyjnych, kontrola projektów związanych z prewencją przestępczości, monitorowanie wpływu różnych inicjatyw na rzecz ograniczenia przestępczości;

² Systemy informacji przestrzennej (ang. *geographic information system, GIS*) są uniwersalnymi systemami informacyjnymi, złożonymi z różnych narzędzi i technik badawczych wkomponowanych w oprogramowanie komputerowe. Dzięki niemu możliwe jest wprowadzanie, gromadzenie, przetwarzanie i wizualizacja danych przestrzennych. W związku z funkcjonowaniem GIS i zapotrzebowaniem na nowe rozwiązania systemowe od ok. dwudziestu lat na pograniczu geografii i informatyki rozwija się nowa subdyscyplina naukowa, czyli GISc (ang. *geographic information science*).

³ S. Chainey, J. Ratcliffe, *GIS and Crime ...*, s. 24; a także: R. Wilson, K. Filbert, *Crime Mapping and Analysis*, w: S. Shekhar, H. Xiong (red.), *Encyclopedia of GIS*, Springer, London 2008, s. 180-186; opracowanie na bardzo podobny temat M. Goldschneider, *Geografia przestępczości. Uwagi na temat przestrzennych analiz przestępczości przy wykorzystaniu technik cyfrowych*, „Archiwum Kryminologii” 2010, tom XXXII, s. 23-43 oraz: S. Mordwa, *Zastosowanie GIS w badaniach przestępczości*, „Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Geographica Socio-Oeconomica” 2013, nr 14, s. 77-92.

⁴ Metoda estymacji gęstości jądrowej (*kernel density estimation; KDE*), w której wykorzystuje się konkretne lokalizacje zjawiska (zbór punktów w przestrzeni), zapewnia sprawne wyznaczenie lokalnego nasilenia zdarzeń – ich gęstości; może okazać się bardzo przydatna do opracowania przestrzennych wzorców przestępczości, ale sprawdza się także w leśnictwie, epidemiologii, archeologii czy w innych dyscyplinach.

- upublicznianie map rozmieszczenia przestępczości oraz informacji o inicjatywach realizowanych w lokalnych społecznościach zmierzających do rozwiązania problemu przestępczości.

W tym opracowaniu zostanie przedstawione zjawisko autokorelacji przestrzennej w kontekście badań przestępczości. Najważniejszą zaletą takich opracowań jest uzyskanie zgeneralizowanego podziału przestrzeni na obszary, w których występuje koncentracja zdarzeń przestępczych oraz obszary względnie pozbawione tego zjawiska. Badanie autokorelacji przestępczości polega zatem na wykrywaniu obecności skupień przestępstw lub ich braku. Często obszary, na których skoncentrowane są te patologiczne zdarzenia (typu *wysoki-wysoki*) utożsamiane są z *hot spotami* wysokiej przestępczości⁵.

2. Podstawowe informacje o metodzie badań

Podstawową przyczyną występowania zależności przestrzennych czyli autokorelacji przestrzennej są oddziaływania zachodzące między obiektami w przestrzeni. Zgodnie z ogólnym prawem fizyki zakłada się, że siła oddziaływań między obiektami maleje wraz ze wzrostem odległości między nimi⁶. Autokorelacja przestrzenna,

⁵ M. Cracolici, T. Uberti, *Geographical Distribution of Crime in Italian Provinces: A Spatial Econometric Analysis*, „Jahrbuch für Regionalwissenschaft” 2009, nr 29, s. 1-28; J. Ratcliffe, *Crime Mapping: Spatial and Temporal Challenges*, w: A.R. Piquero, D. Weisburd (red.), *Handbook of Quantitative Criminology*, Springer, New York 2010; S. Erdogan, M. Dereli, M. Yalçın, *Spatial Analysis of Five Crime Statistics in Turkey*, FIG Working Week 2011, Marrakech, na stronie: http://www.fig.net/pub/fig2011/papers/ts04c/ts04c_erdogan_dereli_et_al_5202.pdf. Należy jednak zaznaczyć, że lepszą metodą wyznaczania *hot spotów* jest metoda gęstościowa (*kernel density*), która jednak wymaga operowania na danych adresowych konkretnych lokalizacji, w których zdarzenia miały miejsce – por. D. Higgins, *A Crime Analyst's Guide to Mapping*, ICJIA, Chicago 2003, na stronie: <http://www.icjia.state.il.us/public/pdf/ResearchReports/A%20Crime%20Analysts%20Guide%20to%20Mapping.pdf>; P. Brantingham, P. Brantingham, M. Vajihollahi, K. Wuschke, *Crime Analysis at Multiple Scales of Aggregation: A Topological Approach*, w: D. Weisburd, W. Bernasco, G. Bruinsma (red.), *Putting Crime ...*, s. 96-97; M. Wing, J. Tynon, *Crime Mapping and Spatial Analysis in National Forests*, „Journal of Forestry” 2006, tom 104, s. 293-298.

⁶ Związki między obiektami w przestrzeni mogą mieć także charakter pozorny. Wynikają one z przyjętych do analiz jednostek przestrzennych (np. gmin, powiatów, województw). Wartości badanej zmiennej mogą bowiem wykraczać poza granice badanej jednostki na obszar jednostek sąsiednich – por. B. Suchecki (red.), *Ekonometria przestrzenna. Metody i modele analizy danych przestrzennych*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2010, s. 104. Dlatego niezwykle istotnym etapem badań jest dobór właściwej skali jednostek przestrzennych – por. G.F. Rengert, B. Lockwood, *Geographical Units of Analysis and the Analysis of Crime*, w: D. Weisburd, W. Bernasco, G. Bruinsma (red.), *Putting Crime ...*, s. 109-122; G. Tita, R. Greenbaum, *Crime, Neighborhoods, and Units of Analysis: Putting Space in Its Place*, w: D. Weisburd, W. Bernasco, G. Bruinsma (red.), *Putting Crime ...*, s. 145-170.

czyli zależność przestrzenna opisuje sytuację, gdy poziom zjawiska badanego w jednej jednostce przestrzennej ma wpływ (stymulujący lub destymulujący) na poziom tego zjawiska w jednostkach sąsiednich⁷. Zależność ta bardzo często w literaturze łączona jest z pierwszym prawem geografii Waldo Toblera, który stwierdził, że: „...w przestrzeni wszystko jest związane ze wszystkim innym, przy czym bliższe rzeczy są bardziej związane niż rzeczy odległe”⁸, przywiązując tym samym ważną rolę do takich pojęć jak lokalizacja i odległość. Inaczej mówiąc, autokorelacja przestrzenna oznacza „stopień skorelowania obserwowanej wartości zmiennej w danej lokalizacji z wartością tej samej zmiennej w innej lokalizacji”⁹.

Badanie autokorelacji przestrzennej może doprowadzić do wykrycia jednej z trzech sytuacji (co przedstawiono także na rys. 1):

- a) autokorelacja dodatnia – gdy jednostki o wysokich wartościach cechy sąsiadują z jednostkami także o wysokich wartościach tej cechy (relacja typu *wysoki-wysoki*, *hot spot* zjawiska); a jednostki o niskich wartościach cechy sąsiadują z jednostkami także o niskich wartościach cechy (relacja typu *niski-niski*; *cold spot*);
- b) autokorelacja ujemna – jednostki o wysokich wartościach cechy sąsiadują z jednostkami o niskich wartościach tej cechy (relacja typu *wysoki-niski*); a jednostki o niskich wartościach cechy sąsiadują z jednostkami o wysokich wartościach cechy (relacja *niski-wysoki*);
- c) brak autokorelacji – nie ma prawidłowości, gdyż sąsiadami jednostki o wysokim poziomie cechy towarzyszą jednostki o różnym poziomie tej cechy – i wysokim i niskim.

Aby zbadać skłonność zjawiska do autokorelacji należy wcześniej ustalić zachodzące relacje przestrzenne między jednostkami przestrzennymi – czyli poziom (intensywność) sąsiedztwa. Relacje te mają postać macierzy wag przestrzennych, które zapisuje się za pomocą grafu lub macierzy. Ustalenie macierzy wag przestrzennych jest bardzo ważnym elementem analizy przestrzennej, gdyż identyfikuje przestrzenne powiązania, odległość i siłę wzajemnych zależności między obiektami przestrzennymi. Możliwe są następujące kryteria oceny sąsiedztwa¹⁰:

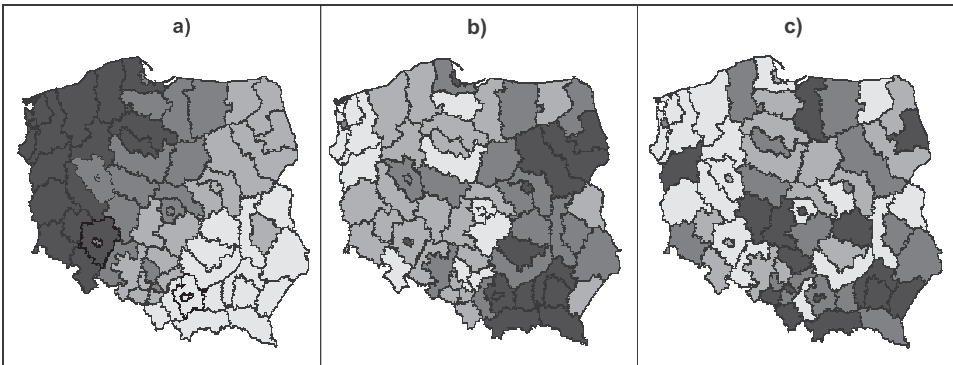
⁷ R. Bivand, *Autokorelacja przestrzenna a metody analizy statystycznej w geografii*, w: Z. Chojnicki (red.), *Analiza regresji w geografii*, PWN, Poznań 1980, s. 23.

⁸ Sformułowanie to bardzo często cytowane nawet przez niegeografów, jakkolwiek obrazowo dobrze opisuje zjawisko autokorelacji, to jednak należy podkreślić, że autor tak naprawdę w tym prawie opisywał model grawitacyjny i dostępność potencjałową – por. W. Tobler, *A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region*, „*Economic Geography*” 1970, tom 46, s. 236.

⁹ B. Suhecki (red.), *Ekonometria przestrzenna...*, s. 103.

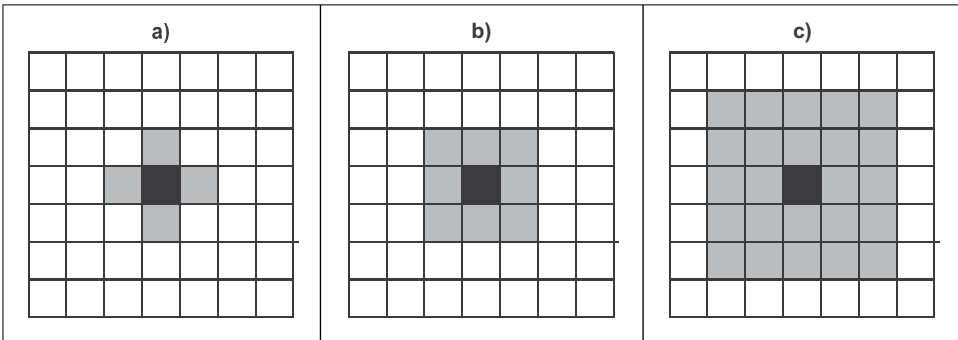
¹⁰ R. Bivand, *Autokorelacja przestrzenna...*, s. 24. Nazwy relacji królowej i wieży pochodzą od figur szachowych.

- długości wspólnej granicy – sąsiadem jest tylko ta jednostka, z którą istnieje odcinek wspólnej granicy (relacja wieży; rys. 2),
- istnienie wspólnej granicy – wystarczy choćby jeden punkt wspólnej granicy (relacja królowej),
- odległości pomiędzy obiektami (należy określić, ilu sąsiadów sąsiada danej jednostki jest sąsiadami tej jednostki),
- ustalona odległość (sąsiadami są wszystkie jednostki położone w nie większej odległości niż ustalona w km).



Rysunek 1. Rodzaje autokorelacji przestrzennej: a) dodatnia ($I = 0,74$), b) ujemna ($I = -0,41$), c) brak autokorelacji ($I = 0,06$)

Źródło: oprac. własne.



Rysunek 2. Schematy macierzy wag: a) relacja wieży, b) relacja królowej, c) $n = 2$ sąsiadów

Źródło: oprac. własne.

Wobec intensywności kontaktów o charakterze społeczno-przestrzennym przyjmuje się, że najlepsze efekty w przypadku analizy zjawisk przestępczych daje

konstrukcja macierzy w opisanej powyżej relacji królowej¹¹. Zakłada się bowiem, że w rozmieszczeniu patologii w mieście istotne są bezpośrednie kontakty osób zamieszkujących w sąsiedztwie – nie ma przy tym znaczenia istnienie nieformalnych lub formalnych granic (kwartałów, jednostek osiedlowych czy dzielnic).

Formalną ocenę jakości autokorelacji umożliwiają odpowiednie wskaźniki, które można rozpatrywać na poziomie globalnym i lokalnym. Autokorelację można rozpatrywać na poziomie ogólnym (globalnym) i lokalnym. Wykrywanie globalnej autokorelacji przestrzennej odbywa się zazwyczaj przy pomocy: *I* Morana, *C* Geary'ego lub *G* Getisa i Orda¹². Najczęściej stosowana jest statystyka *I* Morana. Przyjmuje ona wartości z zakresu od -1 do 1 i wskazuje czy istnieje przestrzenny efekt aglomeracji. Dodatkowo i istotne wartości statystyki *I* oznaczają istnienie dodatniej autokorelacji, czyli podobieństwa badanych obiektów przy określonych wagami relacjach przestrzennych – co wskazuje na występowanie skupień złożonych z obiektów o podobnych wartościach (wysokich lub niskich). Jeśli otrzymamy ujemne wartości statystyki *I*, to mamy do czynienia z autokorelacją ujemną, czyli zróżnicowaniem badanych obiektów. Taką sytuację interpretuje się jako losowe występowanie obiektów niepodobnych w ramach homogenicznej grupy. Jeśli wynik *I* Morana równa się zero, to w badanej przestrzeni wartości obserwacji rozłożone są losowo (efekt szachownicy). Statystyka *I* jest powszechnie stosowana, ponieważ jest prosta do obliczenia, a także łatwo ją dostosować w szczególnych sytuacjach. Ponadto miarę tę można wykorzystać do obliczenia autokorelacji lokalnej¹³, może być dostosowana do analizy zmian dynamicznych badanego zjawiska, a także w sytuacji, gdy dysponujemy informacjami o szczegółowych lokalizacjach np. popełnionych przestępstw¹⁴. Także klasyczna konstrukcja wskaźnika (oparta na wariancji/kowariancji – podobieństwo do innych znanych statystyk), ułatwia interpretację uzyskiwanych wyników¹⁵.

¹¹ L. Anselin, J. Cohen, D. Cook, W. Gorr, G. Tita, *Spatial Analyses of Crime*, w: D. Duffee, *Measurement and Analysis of Crime and Justice*, NCJRS, Rockville 2000, s. 213-262.

¹² Listę proponowanych miar można znaleźć w: A. Getis, *Reflections on Spatial Autocorrelation*, „Regional Science and Urban Economics” 2007, tom 37, s. 494; B. Suchecki (red.), *Ekonometria przestrzenna...*, s. 107.

¹³ L. Anselin, *Local Indicators of Spatial Association – LISA*, „Geographical Analysis” 1995, tom 27, s. 93-115.

¹⁴ E. Groff, D. Weisburd, N. Morris, *Where the Action Is at Places: Examining Spatio-Temporal Patterns of Juvenile Crime at Places Using Trajectory Analysis and GIS*, w: D. Weisburd, W. Bernasco, G. Bruinsma (red.), *Putting Crime ...*, s. 61-86.

¹⁵ Wydaje się jednak, że lepsze właściwości wyjaśniające ma multiplikatywna statystyka *G*, która daje możliwość rozróżnienia czy mamy do czynienia ze skupieniami wartości wysokich, czy niskich.

Oprócz statystyki globalnej oblicza się również statystyki lokalne (np. *LISA*¹⁶ – powiązana z *I* Morana, czy statystyki G_i i G_i^* Getisa i Orda). Miary lokalne informują o sile związku jednostek sąsiednich w stosunku do jednostki badanej względem badanej cechy. Zakłada się, że interpretacja dla statystyk lokalnych jest podobna jak dla statystyki globalnej. Uzyskanie ujemnej wartości statystyki lokalnej Morana wskazuje na to, że dana jednostka jest otoczona przez jednostki różniące się od niej ze względu na badaną cechę. Natomiast wartości dodatnie świadczą o podobnych jednostkach przestrzennych w sąsiedztwie badanej jednostki. Lokalne statystyki autokorelacji przestrzennej umożliwiają znalezienie udziału globalnej autokorelacji dla każdej z lokalizacji analizowanego obszaru. Są bardzo użyteczne przy identyfikacji skupień dużych lub małych wartości badanej zmiennej oraz lokalizacji nietypowych. Charakterystyczną cechą statystyk *LISA* jest ich proporcjonalność sumy dla wszystkich lokalizacji do wartości miary globalnej autokorelacji (oznacza to, że suma wartości statystyk lokalnych *LISA* równa się wartości *I*).

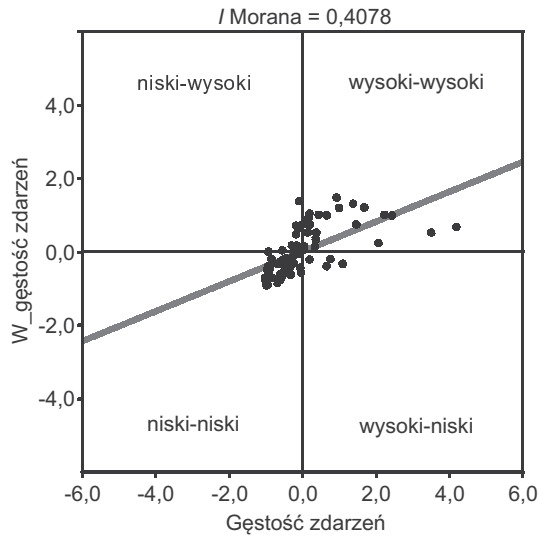
Graficznym przedstawieniem wyników identyfikacji badania autokorelacji przestrzennej jest wykres rozrzutu i mapa. Dane do wykresu poddawane są standaryzacji. Na osi poziomej umieszczane są standaryzowane wartości cechy badanej, a na osi pionowej standaryzowane wartości tzw. opóźnienia opartego na macierzy wag. Dane na wykresie przedstawione są w czterech ćwiartkach (rys. 3). Punkty (reprezentujące jednostki przestrzenne) zlokalizowane w prawej górnej i lewej dolnej ćwiartce świadczą o dodatniej autokorelacji przestrzennej, a występowanie punktów w lewej górnej i prawej dolnej ćwiartce o ujemnej autokorelacji. Współczynnik kierunkowy (tangens kąta nachylenia) dopasowanej linii prostej jest równoważny wartości statystyki *I* Morana.

Określa się także istotność współczynników globalnych i lokalnych Morana, a na mapie zaznacza się tylko te jednostki, dla których uzyskano istotność na poziomie co najmniej 0,05.

Przedstawione w tym opracowaniu wyniki badań autokorelacji przestrzennej przestępczości uzyskano dzięki programowi GeoDa ver. 1.4.5, stworzonemu przez L. Anselina w konwencji *Openspace* – można za darmo pobrać go z Internetu¹⁷.

¹⁶ Lokalne statystyki autokorelacji przestrzennej (ang. *local indicators of spatial association, LISA*) pozwalają na wyznaczenie wartości udziału autokorelacji globalnej dla każdej lokalizacji analizowanego obszaru.

¹⁷ GeoDa Center: na stronie: <https://geodacenter.asu.edu/>. Można także skorzystać z takich programów jak SpaceStat, Spatial Econometrics, STARS czy ArcView.



Rysunek 3. Schemat wykresu rozrzutu Morana

Źródło: oprac. własne.

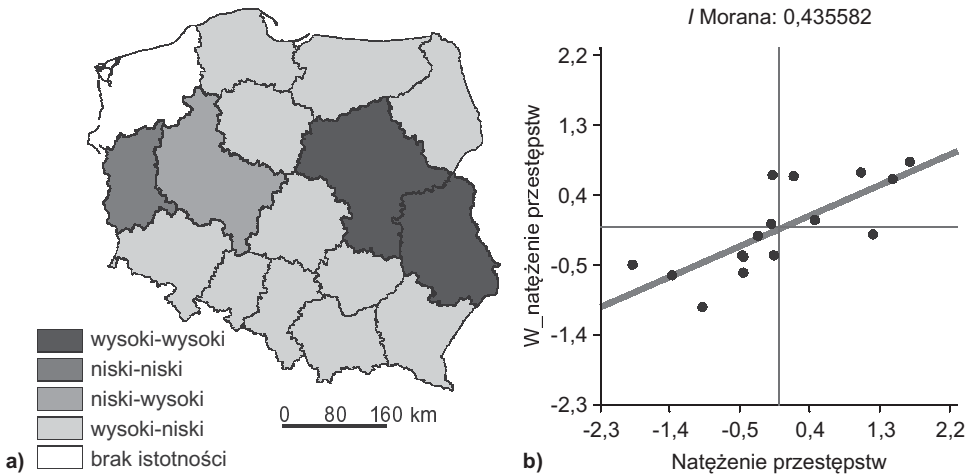
3. Wyniki badań

Z geograficznego punktu widzenia w badaniach autokorelacji przestrzennej przestępczości można wziąć pod uwagę takie cechy, jak liczba przestępstw (ogółem lub poszczególnych kategorii czynów), natężenie przestępstw (liczba czynów w przeliczeniu na 100 tys. mieszkańców) lub gęstość przestępstw (liczba czynów na 1 km²).

W przypadku badania autokorelacji przestrzennej na poziomie kraju na rys. 4 przedstawiono wyniki obliczeń natężenia przestępstw ($I = 0,436$ – w konstrukcji macierzy wag wykorzystano relację królowej), gdyż zarówno ogólna liczba przestępstw ($I = -0,240$) jak i gęstość przestępstw ($I = -0,097$) wykazują słabą albo minimalną skłonności do autokorelacji. Wobec ogólnie znanego i utrwalonego od lat obrazu rozkładu przestrzennego natężenia przestępstw w Polsce¹⁸ uzyskane wyniki nie powinny dziwić. Na wschodzie kraju, gdzie dokonywane jest względnie mało przestępstw, zidentyfikowano skupienie dwóch województw (lubelskie i mazowieckie) stanowiących *cold spoty* przestępczości. Posiadają one względnie niskie wartości wskaźnika natężenia przestępstw (odpowiednio 2370 i 2697; przy średniej

¹⁸ Dla porównania: B. Hołyst (red.), *Atlas przestępczości 1976-1978*, PWN, Warszawa 1979; K. Frieske, *Przestępczość w Polsce – lata dziewięćdziesiąte. Stereotypy i realia*, w: M. Marody (red.), *Wymiary życia społecznego. Polska na przełomie XX i XXI wieku*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2002, s. 200-223; S. Mordwa, *Przestępczość i poczucie...*, s. 89-100.

dla całego kraju na poziomie 3009 czynów na 100 tys. mieszkańców) i otoczone są województwami także o niskich wartościach tego wskaźnika (podkarpackie – 1822, podlaskie 2131 przestępstw na 100 tys. mieszkańców). W ujęciu wojewódzkim *hot spotem* przestępczości jest położone na zachodzie Polski województwo lubuskie. Najwyższe natężenie przestępstw w kraju (4014 przestępstw na 100 tys. mieszkańców) oraz sąsiedztwo równie wysoko zagrożonych przestępczością województw dolnośląskiego i zachodniopomorskiego, wpłynęło w przypadku tego województwa na bardzo wysoką wartość wskaźnika lokalnej autokorelacji ($LISA = 0,824$). Badanie autokorelacji przestrzennej pozwala zatem na bardzo szybkie uzyskanie zgeneralizowanego obrazu dystrybucji przestrzennej badanego zjawiska – wskazanie obszarów problemowych, gdzie koncentrują się wysokie wartości wskaźnika przestępczości oraz obszarów względnie bezpiecznych.



Rysunek 4. Autokorelacja przestrzenna natężenia przestępstw w Polsce według województw w 2011 r.: a) mapa skupień, b) wykres rozrzutu

Źródło: oprac. własne na podstawie danych z BDL GUS.

Jeśli jednak dane agregowane na poziomie województw zostaną podzielone na mniejsze obszary, to uzyskamy inną wartość globalnej statystyki autokorelacji, a także inne skupienia autokorelacji lokalnej¹⁹. Mimo zachowania wartości badanego zjawiska zmienia się bowiem układ i liczba sąsiadujących jednostek.

¹⁹ Już B. Lander wskazał na duże znaczenie poziomu przestrzennego, dla którego dokonywane są analizy. W badaniach prowadzonych dla dużych jednostek przestrzennych zauważył nieznaczne różnice w poziomie nasilenia przestępczości, podczas gdy analiza wykonana dla jednostek mniejszych wykazała już istotne dysproporcje – por. B. Lander, *Towards an Understanding of*

Na rysunku 5 przedstawiono ponownie autokorelację przestrzenną natężenia przestępstw²⁰, ale w układzie podregionów²¹. Przede wszystkim zauważyć można znaczne skupienie typu *cold spot* na wschodzie kraju. Prawie wszystkie podregiony położone wzdłuż wschodniej i południowo-wschodniej granicy Polski charakteryzuje niskie nasilenie przestępstw. Najniższe natężenie przestępstw w tej części kraju w 2011 r. zanotowano w podregionach przemyskim (1742 czyny/100 tys. mieszkańców), krośnieńskim (1804 czynów/100 tys. mieszkańców), rzeszowskim (1826 czyny/100 tys. mieszkańców) i puławskim (1866 czynów/100 tys. mieszkańców). Tylko podregiony, na obszarze których znajdują się duże miasta: białostocki i lubelski, nie należą do tego skupienia. Istnienie dużego miasta zawsze powoduje zwiększenie wskaźników przestępczości²². Ponieważ jednak duże miasta w Polsce (poza miastami na Górnym Śląsku) nie sąsiadują ze sobą, to nie mogły one utworzyć swojego *hot spotu*²³. Dla danych o natężeniu przestępczości w 2011 r. można zidentyfikować dwa *hot spoty*, z których jeden obejmuje miasta górnośląskie (podregiony bytomski, katowicki – 5674 przestępstw/100 tys. mieszkańców, tyski i gliwicki – 4308 przestępstw/100 tys. mieszkańców), a drugi obejmuje podregiony szczeciński i stargardzki. Podregion szczeciński w jednym skupieniu i bytomski w drugim, charakteryzują się bardzo wysokimi wartościami lokalnej autokorelacji – odpowiednio jest to 1,21 oraz 1,02.

W zaprezentowanych analizach przestrzennych dotychczas w żaden sposób nie wyróżniło się województwo łódzkie – ani pozytywnie, ani negatywnie. Mimo że

Juvenile Delinquency, Columbia Univ. Press, New York 1954. W przypadku badania autokorelacji prowadzenie analiz w coraz mniejszej skali niekoniecznie powoduje wzrost wartości statystyk globalnych. Nie ma takiej zależności.

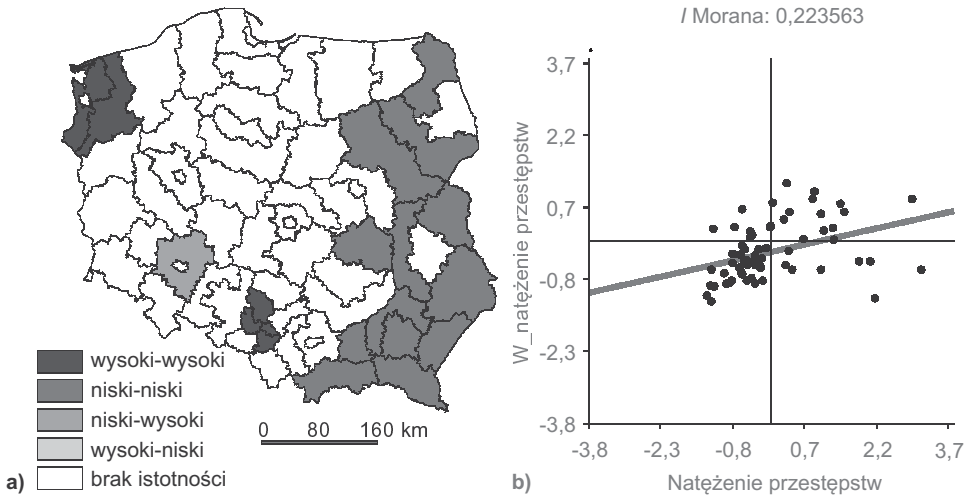
²⁰ W przypadku liczby przestępstw ($I = 0,073$) i gęstości przestępstw ($I = -0,013$) ponownie stwierdzono znikomą globalną skłonność do autokorelacji tych zjawisk w przestrzeni.

²¹ Według nomenklatury statystyki międzynarodowej odpowiednikiem oznaczenia NTS-1 są w Polsce regiony (jest ich 6), NTS-2 województwa (16), NTS-3 – podregiony (66), NTS-4 – powiaty (380), a NTS-5 – gminy (2479). Obszary podregionów były tak wytyczane, aby m.in. zamieszkiwane były one przez co najmniej 300 tys. mieszkańców każdy.

²² Por. A. Kossowska, *Przestępczość na terenie wielkiego miasta*, w: J. Jasiński (red.), *Zagadnienia nieprzystosowania społecznego i przestępczości w Polsce*, Ossolineum, Warszawa 1978, s. 165-183; S. Mordwa, *Przestępstwa w dużych miastach w Polsce (na przykładzie Łodzi)*, w: I. Jażdżewska (red.), *Funkcje metropolitalne i ich rola w organizacji przestrzeni*, ŁTN, Łódź 2003, s. 209-217; M. Gład, D. Ilnicki, *Przestępstwa i wykroczenia w przestrzeni Wrocławia*, w: J. Słodczyk (red.), *Przemiany struktury przestrzennej miast w sferze funkcjonalnej i społecznej*, Wyd. Uniwersytetu Opolskiego, Opole 2004, s. 347-361; E. Bogacka, *Przestępczość w Poznaniu na tle innych miast wojewódzkich Polski w latach 2000-2006*, w: J. W. Kwiatkowski (red.), *Obrazy współczesnej metropolii a metropolie przyszłości – między przełomem a kontynuacją*, Wyd. UW, Warszawa 2012, s. 145-157.

²³ Najwyższe natężenie przestępczości było w miastach-podregionach: Wrocław – 584 przestępstw/10 tys. mieszkańców, Kraków, Poznań i podregionie trójmiejskim.

schodząc na ten poziom analizy uwidoczni się niewątpliwie wewnątrzwojewódzkie zróżnicowanie przestrzenne zjawisk przestępczych, to nie stwierdzono nawet przeciętnych wartości statystyki globalnej autokorelacji lub istotnych wartości statystyk lokalnych (tylko w przypadku wskaźnika gęstości przestępstw zidentyfikowano jeden *cold spot* złożony tylko z jednego powiatu – tomaszowskiego). Dla ogólnej liczby przestępstw *I* Morana wyniosło 0,017, dla gęstości przestępstw -0,020, a dla natężenia przestępstw -0,231. Można zatem stwierdzić, że na poziomie powiatów w województwie łódzkim nie stwierdza się zależności przestrzennych względem badanych cech dotyczących przestępczości.



Rysunek 5. Autokorelacja przestrzenna natężenia przestępstw w Polsce według podregionów w 2011r.: a) mapa skupień, b) wykres rozrzutu

Źródło: oprac. własne na podstawie danych z BDL GUS.

Z punktu widzenia geografii przestępczości najbardziej interesujące są jednak analizy dokonywane na poziomie miasta, dzielnicy, ulicy lub nawet konkretnego miejsca²⁴. Jednakże dane o czynach zweryfikowanych jako przestępstwa można było pozyskać tylko dla obszarów komisariatów (z rejestru PSSP „Temida”). Jest ich w Łodzi tylko osiem – co oczywiście uniemożliwia prowadzenie zaawansowanych analiz przestrzennych. Dlatego analizy te zostaną zaprezentowane na przykładzie

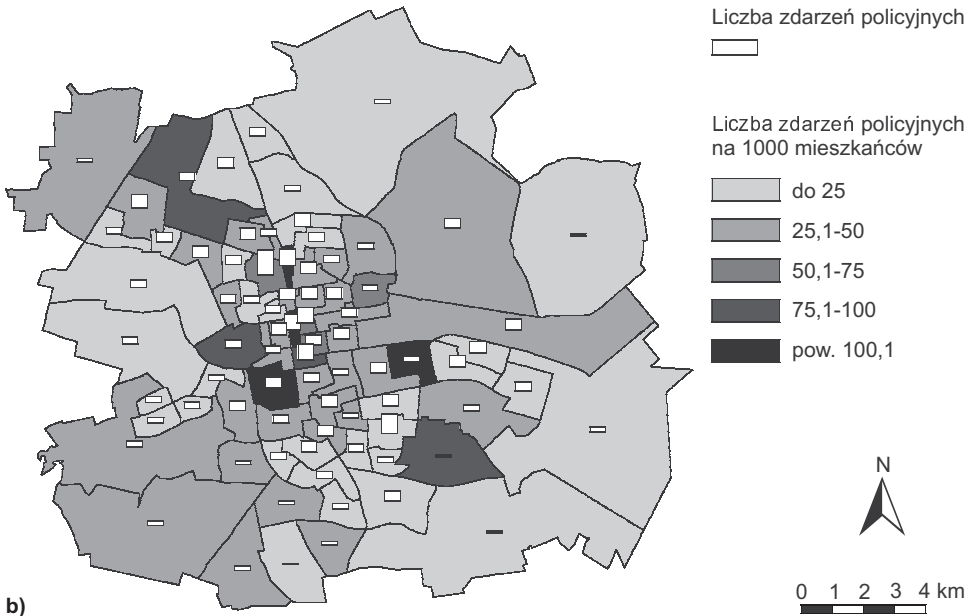
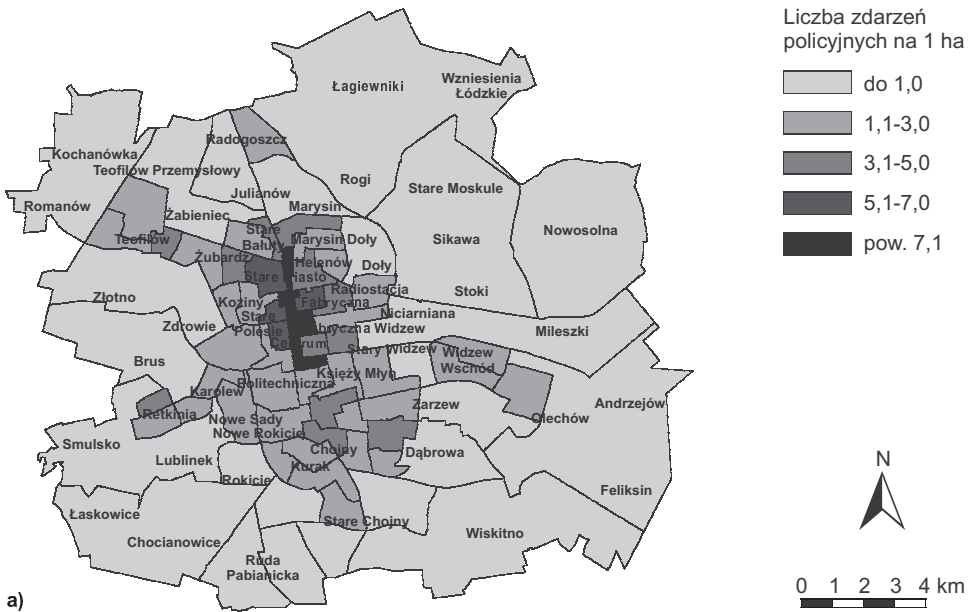
²⁴ Według D. Herberta zaangażowanie współczesnej geografii w badania przestępczości skierowane jest nie tylko na przedstawianie, ale także na interpretację i rozumienie związków między przestępczością i przestrzenią. Uważał on, że geografia przestępczości, oprócz identyfikacji miejsc charakteryzujących się większym nasileniem deliktów, powinna badać także właściwości tych miejsc – por. D. Herbert, *Crime and Place: An Introduction*, w: D. Evans, D. Herbert (red.), *The Geography of Crime*, Routledge, London 1989, s. 11.

tw. zdarzeń policyjnych pogrupowanych do poziomu tzw. sektorów policyjnych (w 2010 r. było ich 78). Dane te pochodzą z rejestru KSIP²⁵, a udostępniła je Komenda Wojewódzka Policji w Łodzi. Obejmują one zatem tylko wybrane (nie wszystkie) kategorie czynów, które w dodatku nie zostały jeszcze zweryfikowane w postępowaniu policyjnym.

Konstruowanie map tematycznych pozwala na zidentyfikowanie obszarów, na których występuje szczególne zagrożenie poszczególnymi przestępstwami, a także poszukiwanie lokalnych uzasadnień występujących zróżnicowań przestrzennych. Na mapach uwzględniono liczbę wszystkich zdarzeń policyjnych, które zarejestrowano w 2010 roku według sektorów policyjnych, a także ich liczbę w przeliczeniu na 1000 mieszkańców i 1 hektar powierzchni (rys. 6). Zauważyć można, że rozkład liczby zdarzeń policyjnych nie pokrywa się z rozmieszczeniem ich natężenia i gęstości. Spośród ponad 20 tys. zdarzeń zarejestrowanych w 2010 r., najwięcej wydarzyło się w centralnej części Łodzi – charakteryzującej się przeważającym śródmiejskim typem zabudowy. Strefa ta ma generalnie układ południkowy: zaznacza się od położonych w północnej części miasta Radogoszcza i Julianowa, przebiega przez Centrum i na południu sięga po Chojny i Dąbrowę (posiadające zabudowę blokową). Ponadto duża liczba zdarzeń notowana jest na osiedlach blokowych: Teofilów (na północnym zachodzie) oraz Widzew-Wschód i Olechów (na wschodzie).

W poszczególnych sektorach przeciętna liczba rejestrowanych zdarzeń wynosiła 260 (mediana 249) i zawierała się w granicach między 36 (w sektorze z Rudy Pabianickiej) i 760 (część Starego Miasta). Rozkład tej zmiennej charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem ($V = 47,3\%$), skośnością ($A = 1,06$; co świadczy o istotnej przewadze sektorów z małą liczbą zdarzeń) i znaczną koncentracją ($K = 2,67$). Duże natężenie zdarzeń policyjnych charakterystyczne jest dla sektorów policyjnych pokrywających się z obszarami takimi jak: Politechniczna, Stary Widzew oraz z fragmentami Centrum. Ponadto znacznie zagrożona jest Dąbrowa (część przemysłowa), fragmenty Starego Polesia i Zdrowia, Starych Bałut i Starego Miasta. Można zgeneralizować, że duże zagrożenie zdarzeniami policyjnymi występuje w różnych częściach miasta – zarówno we fragmentach strefy śródmiejskiej Łodzi, jak i stref wokółśródmiejskiej czy przemysłowej z uwięzioną funkcją mieszkaniową. Pozytywnie, mniejszą przestępczością, wyróżnia się tylko strefa zewnętrzna miasta. Duże natężenie zdarzeń policyjnych występowało zarówno w obszarach gęsto zaludnionych, jak i w przestrzeniach z bardzo małą liczbą mieszkańców,

²⁵ Krajowy System Informacyjny Policji (KSIP) to policyjna baza danych, w której gromadzone są informacje o osobach podejrzanych, o zgłoszonych przestępstwach, skradzionych rzeczach, a także o osobach poszukiwanych. Od 2013 r. KSIP WWW (z połączenia KSIP i PSSP „Temida”), został wyłącznym systemem rejestracyjnym policji, uzupełnionym o elementy statystyczne.



Rysunek 6. Gęstość zdarzeń policyjnych (a) ich liczba i natężenie, (b) w Łodzi w 2010 r. według sektorów policyjnych

Uwaga: na mapie umieszczono nazwy obszarów zgodnie z nomenklaturą SIM.

Źródło: oprac. własne na podstawie danych z KWP w Łodzi.

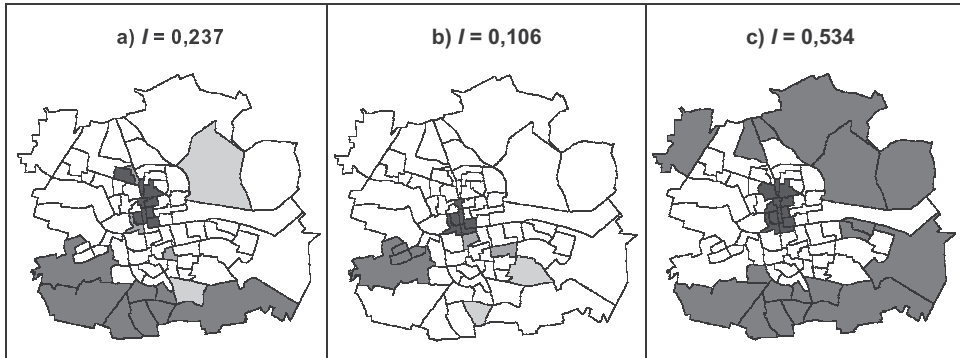
a także w obszarach z wielofunkcyjną zabudową śródmiejską, wielorodzinną, jednorodziną, jak i na obszarach dawnych wsi – z zabudową zagrodową. Wśród sektorów najmniej zagrożonych zdarzeniami policyjnymi znalazły się takie, w których zarejestrowano bardzo dużą liczbę zdarzeń (Retkinia, Karolew, Widzew-Wschód). Ponieważ jednak zamieszkuje tam wiele osób, to otrzymana wartość wskaźnika natężenia pozwoliła zaliczyć te sektory do obszarów o niskim zagrożeniu. W układzie przestrzennym gęstości zdarzeń policyjnych zwraca natomiast uwagę generalna tendencja do spadku wartości tego wskaźnika wraz z oddalaniem się od centrum miasta w kierunku peryferii (co jest również charakterystyczne dla miast zachodnich) i potwierdza ogólnie znaną prawidłowość²⁶.

Wynik badania autokorelacji przestrzennej opisanych powyżej cech przestępczości przedstawiono na rys. 7. Mimo wyraźnych różnic w wartości wskaźnika globalnej autokorelacji, zwraca uwagę bardzo podobny układ *hot spotu* przestępczości – ograniczony do centralnej części miasta. Wszystkie sektory tutaj należące charakteryzują się najstarszą wielofunkcyjną zabudową w typie śródmiejskim. Należą do niej zasoby mieszkaniowe o bardzo różnym standardzie, przemieszane ze sobą, z wtrąceniami nowszej zabudowy blokowej. Są to obszary wymagające nie tylko pilnej naprawy tkanki technicznej miasta, ale także działań w środowisku społecznym. Natomiast układ *cold spotów*, aczkolwiek różny na każdej mapie na rys. 7, za każdym razem dotyczy wyłącznie sektorów w zewnętrznej części miasta. W większości są to dawne wsie (przyłączone do Łodzi w 1988 r.), charakteryzujące się zabudową jednorodziną – tradycyjnie w typie zagrodowym, ale coraz częściej pojawia się tam zabudowa luźna w typie rezydencjonalnym.

Wszystkie powyższe analizy autokorelacji prowadzono w oparciu o ten sam typ macierzy wag – stosowano ogólnie polecaną w przypadku badania zjawisk przestępczości relację królowej. Na rysunku 8 przedstawiono natomiast wyniki analizy autokorelacji gęstości przestępstw w Łodzi przy zastosowaniu różnych macierzy wag: relacji królowej, wieży i $n = 3$ najbliższych sąsiadów (sprawdzono także macierze dla $n = 2$ i $n = 4$ najbliższych sąsiadów – ale w tych przypadkach osiągnięto niższe wartości statystyki I). Warto zwrócić uwagę, że mimo iż wartości statystyki globalnej są mniej więcej na tym samym średnio-wysokim poziomie, to układy *hot* i *cold spotów* w przestrzeni Łodzi wykazują pewne różnice – szczególnie w przypadku zasięgu obszarów o względnie niskiej gęstości przestępstw. Generalnie jednak układ obszarów zagrożonych przestępczością w Łodzi (wyrażony poprzez

²⁶ Np. D. Evans, D. Herbert (red.), *The Geography of Crime*, Routledge, London 1989; V. Ceccato, R. Haining, P. Signoretta, *Exploring Offence Statistics in Stockholm City Using Spatial Analysis Tools*, „Annals of the Association of American Geographers” 2002, nr 92, s. 29-51; V. Ceccato, D. Oberwittler, *Comparing Spatial Patterns of Robbery: Evidence from a Western and an Eastern European City*, „Cities” 2008, nr 25, s. 185-196.

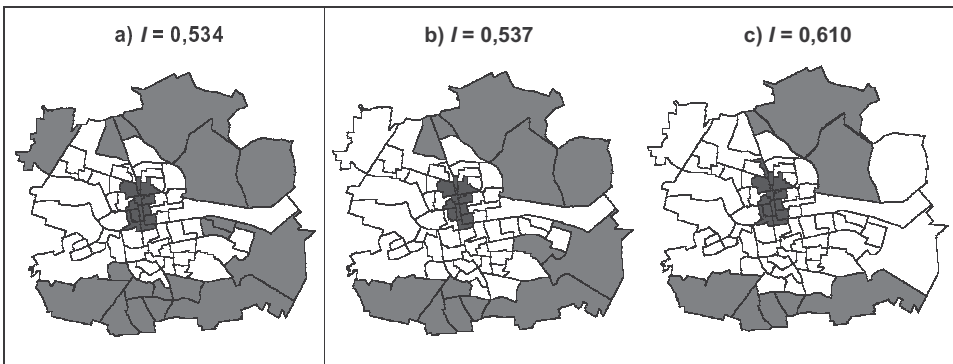
gęstość zdarzeń policyjnych na jednostkę powierzchni) jest modelowy. Najbardziej niebezpieczne miejsca o wysokiej koncentracji przestępstw występują w centrum miasta, podczas gdy peryferia są względnie bezpieczne.



Rysunek 7. Autokorelacja przestrzenna zdarzeń policyjnych w Łodzi według sektorów policyjnych w 2010 r.: a) liczba zdarzeń, b) natężenie zdarzeń, c) gęstość zdarzeń

Uwaga: oznaczenie kolorów skupień takie, jak na rys. 5.

Źródło: oprac. własne na podstawie danych z KWP w Łodzi.



Rysunek 8. Autokorelacja przestrzenna gęstości zdarzeń policyjnych w Łodzi według sektorów policyjnych w 2010 r. Wagi sąsiedztwa w relacji: a) królowej, b) wieży, c) trzech najbliższych sąsiadów

Uwaga: oznaczenie kolorów skupień takie, jak na rys. 5.

Źródło: oprac. własne na podstawie danych z KWP w Łodzi.

Poza analizą autokorelacji przestrzennej ogółu czynów przestępczych można oczywiście badać układy przestrzenne poszczególnych kategorii przestępstw. Autokorelacja przestrzenna wszystkich przestępstw traktowanych razem daje tylko

ogólny, uśredniony obraz rozmieszczenia przestępczości, podczas gdy układy *cold* i *hot spotów* konkretnych czynów karalnych może być bardzo różny²⁷. Gdzie indziej koncentrują się kradzieże kieszonkowe, kradzieże samochodów, a gdzie indziej włamania i rozboje. Co więcej, miejsca te wykazują zmienność dobową, tygodniową, a także w skali roku. Badanie tych prawidłowości powiększa niewątpliwie nasze zasoby wiedzy, które mogą być przydatne dla lepszego zrozumienia występowania omawianej patologii społecznej w celu skuteczniejszego jej ograniczania i przeciwdziałania.

Identyfikowanie skupień przestępczości może dać nam obraz miejsc, w których dokonywane jest wiele przestępstw, ale nie daje odpowiedzi na pytanie: *dla czego niektóre miejsca są bardziej kryminogenne od innych?* W tym celu należy zbadać regresję przestrzenną. Wyznaczając model regresji przestrzennej, w którym określany zostaje wpływ różnych czynników na badane zjawisko, trzeba pamiętać o usunięciu zaburzającego ten model efektu przestrzennego identyfikowanego przez autokorelację przestrzenną.

4. Podsumowanie

Rozpatrywanie przestępczości w aspekcie jej zróżnicowań przestrzennych ma już długą tradycję. Opracowania dotyczące tego problemu w podstawowym nurcie polegały na opracowywaniu map tematycznych. Bardziej zaawansowane metody i techniki badań stały się powszechne dopiero wraz z upowszechnieniem komputerów osobistych oraz rozwojem oprogramowania GIS-owego. Jedną z możliwych do przeprowadzenia procedur badawczych stała się autokorelacja przestrzenna, która jest omawiana w tym opracowaniu. W ujęciu praktycznym autokorelacja przestrzenna oznacza stopień skorelowania obserwowanej wartości zmiennej w danej lokalizacji z wartością tej samej zmiennej w innej lokalizacji, czyli związana jest z występowaniem w przestrzeni skupień analizowanych zjawisk lub ich braku.

Po krótkim przedstawieniu teoretycznych i praktycznych podstaw tego zjawiska, przedstawione zostały wyniki przeprowadzonych analiz, także w formie zamieszczonych w tekście grafik. Zwrócono uwagę na uwarunkowania otrzymanych wyników związane z doborem skali jednostek przestrzennych (rys. 4, 5, 7), a także z wyborem odpowiedniej macierzy wag, czyli zdefiniowaniem sąsiedztwa przestrzennego (rys. 8).

²⁷ S. Mordwa, *Kradzieże w przestrzeni Łodzi*, „Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Socio-Oeconomica” 2011, nr 11, s. 187-206; S. Mordwa, *Przestępstwa w przestrzeni publicznej. Przykład Łodzi*, w: I. Jażdżewska (red.), *Człowiek w przestrzeni publicznej miasta*, Wyd. UŁ, Łódź 2011, s. 231-240; S. Mordwa, *Przestępczość i poczucie...*, s. 140-144.

Główną zaletą analizy autokorelacji przestrzennej jest możliwość uzyskania syntetycznego opisu zróżnicowania przestrzennego badanego zjawiska w postaci konkretnych wartości statystyk globalnej i lokalnej, a także w formie map czy wykresów rozrzutu. Zamiast badania autokorelacji można oczywiście dokonać interpretacji i opisu map tematycznych (rys. 6), co jednak nie jest obiektywną procedurą badawczą i może nie dać jasnego efektu w postaci modelu i uogólnień. Analiza autokorelacji przestrzennej przestępczości pozwala na uzyskanie uogólnionego modelu rozmieszczenia przestępstw w przestrzeni, a także na zidentyfikowanie problemowych miejsc koncentracji tej patologii (rys. 8), co z kolei może być wykorzystane w praktyce prewencyjnej odpowiednich służb.