

Dariusz Ilnicki*, Krzysztof Janca**, Maciej Kryza***, Mariusz Szymanowski****

CECHY ROZMIESZCZENIA SKLEPÓW W PRZESTRZENI WIELKOMIEJSKIEJ NA PRZYKŁADZIE WROCŁAWIA – ZASTOSOWANIE REGRESJI WAŻONEJ GEOGRAFICZNIE

Streszczenie. Celem opracowania jest przedstawienie możliwości zastosowania Regresji Ważonej Geograficznie do określenia zależności pomiędzy liczbą ludności a rozmieszczeniem sklepów w przestrzeni miasta. Tym samym dokonano rozpoznania analizowanych zależności i zróżnicowań przestrzeni miejskiej na przykładzie miasta Wrocławia. W opracowaniu wykorzystano informacje dotyczące m.in.: lokalizacji sklepów, gęstości zaludnienia oraz kubatury budynków mieszkalnych. Jednostkę odniesienia przestrzennego stanowiły teoretyczne obwody spisowe. Posługując się statystykami lokalnymi Morana i Getisa–Orda określono wzorce lokalnych zależności przestrzennych. Dokonano również prób znalezienia uwarunkowań rozmieszczenia sklepów przy zastosowaniu technik regresji globalnej i przestrzennej – Regresja Ważona Geograficznie.

1. WPROWADZENIE

Badania struktury miasta, a w jej kontekście zagadnień związanych z rozmieszczeniem – przestrzenią handlu detalicznego w geografii ekonomicznej, posiadają długą tradycję. Już w 1937 Proudfoot dokonał podziału przestrzeni miejskiej na pięć typów strukturalnych z uwzględnieniem specyfiki oferowanych usług oraz zróżnicowania rodzajowego placówek handlowych. Wyróżnił on *Central Business District* (CBD), przyciągający klientów z całego miasta oraz jego otoczenia. CBD charakteryzuje się największą koncentracją szeroko rozumianych usług, w tym całym spektrum placówek handlowych. Można je określić mianem „serca miasta” (Murphy i Vance, [1954]). Hartman [1950] zauważa, że zazwyczaj CBD znajduje się w geograficznym centrum miasta. Kolejną formę koncentracji sklepów stanowią tak zwane centra usług, które znajdują się poza CBD (poza centrum miasta), a są czymś, co można określić mianem „miniatury” CBD. Tym samym charakteryzują się one mniejszym od CBD obszarem oddziaływania. Tego typu koncentracje rozwijają się zazwyczaj na skrzyżowaniach głównych dróg. Poza powierzchniowymi koncentracjami występują również układy o charakterze pasmowym. Rozciągają się one wzdłuż głównych ciągów komunikacyjnych, tworząc układy określane mianem ulic handlowych. Mogą być one pasmami izolowanymi lub też stanowić swoistego rodzaju „przedłużenie” CBD, czy też centrów usług. Zaznaczyć przy tym należy, że obszary ich oddziaływania mają zazwyczaj charakter lokalny. Najniżej w hierarchii wyróżnionych form koncentracji znajdują się izolowane skupiska kilku niekonkurujących, komplementarnych sklepów, zaspokajających

* Dr hab., Zakład Zagospodarowania Przestrzennego, Uniwersytet Wrocławski.

** Dr, Zakład Zagospodarowania Przestrzennego, Uniwersytet Wrocławski.

*** Dr, Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery, Uniwersytet Wrocławski.

**** Dr, Zakład Kartografii, Uniwersytet Wrocławski.

podstawowe potrzeby mieszkańców z najbliższej okolicy. Oczywistym jest również, że rozmieszczenie przestrzeni handlowej nawiązuje do struktury użytkowania i zagospodarowania przestrzeni miasta, przestrzennego zróżnicowania mieszkańców czy różnych grup społecznych (np. w sensie zróżnicowania ekonomicznego) (Davies, [1972]) oraz centralności poszczególnych miejsc – ulic, identyfikowanej przez pryzmat dostępności czasowej i przestrzennej (Porta i inni, [2009]).

Zaznaczyć należy, że pomimo upływu ponad 70 lat od ukazania się opracowania Proudfoota [1937], zidentyfikowane przez niego główne elementy przestrzeni handlowej miasta nie uległy zasadniczym zmianom i posiadają w zasadzie ten sam charakter. W obecnie prowadzonych analizach działalności handlowej, czy szerzej usługowej, zwraca się uwagę na (wielko-) powierzchniowy charakter koncentracji placówek handlowych oraz ich układy pasmowe¹.

Podstawową cechą lokalizacji placówek handlu detalicznego jest ich bliskość, korelacja przestrzennego rozmieszczenia z rozmieszczeniem ludności zamieszkującej dany obszar. Zaznaczyć jednak należy, że w tym przypadku zazwyczaj dochodzi do zawężenia analizy placówek handlowych do sklepów z artykułami podstawowymi – spożywczymi. W kontekście wyżej wspomnianego współwystępowania wielkości podaży i popytu samo wykorzystanie metody Regresji Ważonej Geograficznie (*Geographically Weighted Regression* - GWR) do sprawdzenia / potwierdzenia, czy taki związek występuje, i jaka jest jego siła, wydaje się być co najmniej dyskusyjne. W dotychczasowych zastosowaniach metody zazwyczaj stosowano ją do zjawisk o charakterze ciągłym (np. temperatura, opady atmosferyczne). W przypadku zjawisk społeczno-ekonomicznych mamy do czynienia zazwyczaj z założeniem ciągłości badanych zjawisk. Konieczność przyjęcia takiego założenia jest konsekwencją złożoności struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta. Jest ona efektem chociażby braku ciągłości szeroko rozumianej zabudowy i „nie modelowego” jej rozwoju, zagospodarowania, przestrzennego podziału funkcji. W tym miejscu można jeszcze wspomnieć o kształcie samego miasta, w połączeniu z umiejscowieniem jego ogólnomiejskiego centrum usługowego, a które często w wyniku rozwoju przestrzennego nie znajduje się w jego części centralnej. W przypadku dużego miasta trudno jest mówić o jego monocentrycznym rozwoju. Tym samym centrum miasta – śródmieście – określane również mianem CBD, jest wspomagane przez centra dzielnicowe, osiedlowe itp. W kontekście wyżej poczynionych uwag należy zadać pytanie: czy i w jakim stopniu we współczesnym mieście zależność pomiędzy podażą a popytem usług występuje? Czy dotyczy całej przestrzeni miasta, czy tylko jego wybranych fragmentów? Równocześnie czy można zidentyfikować inne czynniki modyfikujące rozkład analizowanego zjawiska?

Celem opracowania jest zastosowanie Regresji Ważonej Geograficznie do określenia siły związku występującego pomiędzy rozmieszczeniem ludności oraz placówek handlu detalicznego – sklepów w przestrzeni wielkomiejskiej oraz diagnoza rozkładu tej siły w przestrzeni, na przykładzie Wrocławia. Zaznaczyć jednak należy, że w literaturze z zakresu geografii usług, zarówno związek statystyczny, jak i przestrzenny jest jednym z pewników². W sposób szczególny odnosi się to do tych rodzajów działalności usługo-

¹ Por. L. Crewe, [2000], *Geographies of retailing and consumption*, Progress in Human Geography, vol. 24, s. 275–290; M. Pacione, [2009], *Urban Geography. A Global Perspective*, Routledge.

² Por. E. Jakubowicz, [1993], *Podstawy metodologiczne geografii usług*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego; E. Nowosielska, [1972], *Zróżnicowanie popytu i podaży w układzie wojewódzkim*, Biuletyn

wych, które określane są mianem podstawowych lub obligatoryjnych. Bezspornie do tego typu działalności zaliczane są placówki handlu detalicznego. Tym samym, dokonano rozpoznania różnicowań przestrzeni miejskiej, w kontekście rozmieszczenia wielkości potencjalnego popytu i podaży, wraz ze wskazaniem na występujące między nimi współzależności oraz ich siłę.

2. REGRESJA WAŻONA GEOGRAFICZNIE – OPIS METODY I ZASTOSOWANIE

Według Fotheringhama [1997, 2000] w geografii ilościowej można wyróżnić cztery główne dziedziny badań odnoszące się do związków przestrzennych z uwzględnieniem lokalnych różnicowań. Są to: punktowe analizy lokalnych wzorców (m.in. Automaty Analizy Geograficznej *Geographical Analysis Machine* – GAM), lokalne miary jednozmiennych zależności przestrzennych (LISA), lokalne miary wielozmiennych zależności przestrzennych (m.in. Regresja Ważona Geograficznie), matematyczne modele przepływów. GWR jest metodą rozszerzającą tradycyjne modele regresji. Zakładając większy wpływ jednostek bliżej położonych, niż bardziej odległych od pewnego punktu, kalibruje się model w celu uzyskania najlepszego dopasowania (Brunsdon i inni, [1998]). Metoda ta sprawdza się dla złożonych i dużych zbiorów danych oraz pozwala określić poziom różnicowań lokalnych dla wielu zmiennych jednocześnie.

Metody regresyjne należą do szeroko pojętej grupy metod i modeli eksploracji danych (Larose, [2008]). Modele oparte na regresji można podzielić na deterministyczne i probabilistyczne, proste i wieloczynnikowe, globalne i lokalne.

Model regresji liniowej może być zaliczony zarówno do grupy metod probabilistycznych, jak i do deterministycznych. Jeśli regresję traktujemy jako metodę deterministyczną, głównym wyznacznikiem specyfikacji funkcji jest możliwość wyjaśnienia i interpretacji procesu przestrzennego przyczynami zewnętrznymi. Przy podejściu stochastycznym, podstawowym założeniem jest brak przestrzennej autokorelacji i normalność rozkładu reszt regresji. Do metod regresyjnych, oprócz regresji prostej, wykorzystującej jedną zmienną objaśniającą, zaliczamy regresję wieloczynnikową MLR (*multiple linear regression*). Pozwala ona rozszerzyć zbiór predyktorów. Matematycznie model globalny może być wyrażony jako:

$$y_i = \beta_0 + \sum_k \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad (1)$$

gdzie: y – oznacza zmienną modelowaną, zmienne niezależne (predyktory) opisane są jako x , β współczynniki regresji liniowej, ε – reszty regresji.

Jednym z podstawowych problemów metodycznych przy stosowaniu globalnego modelu regresji jest założenie stacjonarności procesu przestrzennego. Oznacza to, iż w każdej części analizowanego obszaru proces podlega takim samym uwarunkowaniom, a określone oddziaływanie czynników sprawczych przynosi takie same rezultaty. Niejednokrotnie trudno jest oczekiwać spełnienia takiego założenia w procesach

społeczno–ekonomicznych, gdzie z reguły mamy do czynienia z procesami niestacjonarnymi. Rozwiązaniem może być zastosowanie lokalnego modelu regresji, w którym przyjmuje się założenie niestacjonarności procesu przestrzennego. Taką metodą jest Regresja Ważona Geograficznie (Fotheringham i inni, [2002]; Lloyd, [2007]).

GWR może być wyrażona jako:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i, \quad (2)$$

gdzie: (u_i, v_i) to współrzędne i -tego punktu, a $\beta_k(u_i, v_i)$ jest realizacją funkcji $\beta_k(u, v)$ w punkcie i .

Podstawową cechą odróżniającą GWR od MLR jest uzależnienie procesu od położenia w przestrzeni. W związku z tym współczynniki regresji (β) nie są stałe, jak w MLR, ale zmieniają się wraz z lokalizacją. Istotą GWR jest konstrukcja lokalnych modeli regresji opartych na macierzy sąsiedztwa (*spatial kernel*) z zastosowaniem funkcji wagowej (*weighing function, kernel function*) (Kulczycki i Ligas, [2007]). Wagi zmniejszają się wraz z odległością punktu danych od punktu regresji. W GWR możliwe jest zastosowanie stałej lub zmiennej macierzy sąsiedztwa. Stała stosowana jest z reguły przy równomiernym rozmieszczeniu punktów w przestrzeni, i definiowana maksymalnym promieniem poszukiwań punktów pomiarowych, na podstawie których określany jest model lokalny. W przypadku nieregularnej sieci punktów jej użycie będzie skutkowało dużą wariancją lokalnych estymatorów – przy małej gęstości – lub zostanie zamaskowana lokalna zmienność modelowanego elementu – przy dużej gęstości. Macierz zmienna dopasowuje się do przestrzennego rozmieszczenia obserwacji. Definiuje się ją stałą liczbą punktów służących do kalibracji modelu (Fotheringham i inni, [2002]).

GWR znajduje liczne zastosowania w geografii społeczno–ekonomicznej. Można wyróżnić kilka tematycznych grup opracowań. Po pierwsze stosowana jest do konstrukcji modeli określających zróżnicowanie cen nieruchomości na obszarach miejskich (m.in. Bitter i inni, [2007]; Kulczycki i Ligas, [2007]). Szerokie zastosowanie znalazła również w analizach uwarunkowań poziomu przestępczości. Wheeler i Waller [2009] określali związek pomiędzy rozmieszczeniem sklepów z alkoholem oraz używaniem narkotyków, a poziomem przestępczości w Houston. Natomiast Cahill i Mulligan [2007] analizowali poziom przestępczości w kontekście cech społecznych mieszkańców Portland. Określeniem ryzyka włamania do domu, w zależności od struktury społecznej mieszkańców, obszaru w kanadyjskim mieście London, zajmowali się Malczewski i Poetz [2005]. W geografii elektoralfi GWR wykorzystano zarówno do badań w skali lokalnej – miasta (Calvo i Escolar, [2003]), jak i państwa (Brunsdon i inni, [2007]). Do pozostałych, ciekawszych zastosowań GWR, należy zaliczyć analizę osiągnięć edukacyjnych uczniów szkół podstawowych w północnej Anglii oraz kształtujących je determinant (Fotheringham i inni, [2001]), czy też analizy konwergencji regionalnej na przykładzie Niemiec (Eckey i inni, [2007]). We wspomnianych ujęciach Regresja Ważona Geograficznie umożliwiła pełniejsze poznanie związków pomiędzy zestawami cech, a co bardziej istotne, pozwoliła na ukazanie ich zróżnicowania przestrzennego. Nadanie wymiaru przestrzennego, nie tylko samemu procesowi tworzenia modeli, ale wprowadzenie wizualizacji wyników GWR jest niezwykle istotne w przypadku ukazania i poznania wymiaru przestrzennego zjawisk, gdyż nawet najdoskonalszy wzór nie zastąpi mapy, jako głównego i najłatwiej przyswajanego źródła informacji o kształtowa-

niu się zjawisk, które z natury rzeczy posiadają atrybut umiejscowienia w konkretnej przestrzeni.

3. POSTĘPOWANIE BADAWCZE, DANE³

Jedną z cech lokalizacyjnych działalności usługowej jest jej punktowy charakter. Konkretna lokalizacja w przestrzeni jest cechą charakteryzującą się dużą trwałością. Informacje o liczbie ludności, jej cechach demograficznych i społecznych, w warunkach gospodarki rynkowej przestały być dostępne w skali wewnętrzniejskiej, czy to na poziomie „jednostkowych lokalizacji”, czy również w zagregowanej formie dla „satisfakcjonujących” jednostek przestrzennych. Za „satisfakcjonujące” jednostki przestrzenne uznajemy takie, które dzięki odpowiedniemu poziomowi agregacji danych umożliwiają dokładne określenie związków przestrzennych. Za takie można uznać rejony lub obwody spisowe, lub informacje przypisane jednostkom urbanistycznym czy też osiedlowym. W analizach przestrzennych, niezależnie od skali badań, należy uznać za minimalny poziom odniesienia taki, który opiera się przynajmniej na kilkudziesięciu jednostkach przestrzennych (optymalnie: kilkaset do kilku tysięcy jednostek analitycznych).

W niniejszym opracowaniu poza kwestią liczebności, zaistniała konieczność uzyskania informacji o powierzchni jednostki odniesienia przestrzennego, w celu relatywizacji posiadanych danych. Jednostkę odniesienia przestrzennego stanowiły teoretyczne obwody spisowe. Pierwotną informacją przestrzenną o obwodzie spisowym, było położenie jego centroidu. W oparciu o nie wykreślono ich teoretyczne zasięgi, za które uznano odpowiadające centroidom poligony Thiessena. Zastosowanie takiego zabiegu możliwe jest ze względu na fakt potraktowania rejonów jako równoważnych sobie, a więc znajdujących się „na tym samym poziomie hierarchicznym”. Tym samym uzyskano 527 jednostek przestrzennych. Jednostkom tym przypisano wartości wszystkich analizowanych cech.

Tok postępowania badawczego został podporządkowany celowi nadrzędnemu, czyli określeniu zależności pomiędzy gęstością sklepów i gęstością zaludnienia, wykorzystując do tego celu metody analizy przestrzennej. Tym samym dokonano przedstawienia ogólnej charakterystyki zróżnicowania przestrzennego sklepów – placówek handlu detalicznego. Następnie określono reżym przestrzenny cechy wykorzystując do tego celu globalne i lokalne miary autokorelacji przestrzennej. Na podstawie wyników regresji liniowej ustalono związki pomiędzy zmiennymi, których dokładniejsza analiza, już na poziomie lokalnych zależności, została przeprowadzona w oparciu o wyniki uzyskane po zastosowaniu GWR.

W określeniu zależności pomiędzy liczbą sklepów a liczbą ludności posłużono się miarami względnymi. W przypadku jednostek o różnej powierzchni analiza danych ma sens analityczny dopiero po ich zrelatywizowaniu. W związku z tym obliczono „gęstość zmiennych”, odnosząc wartości cech do powierzchni jednostek, w których są zlokalizowane. Za zmienną zależną przyjęto gęstość sklepów – liczbę sklepów na km². Pierwszą zmienną niezależną jest gęstość zaludnienia, uznawana za podstawową miarę opisującą koncentrację ludności. Kolejną zmienną stanowiła odległość od funkcjonalnego centrum

³ W opracowaniu wykorzystano: pakiet statystyczny R z biblioteką spgwr, SPSS 14 PL oraz oprogramowanie GIS: ArcGIS 9.3 oraz MapViewer 7.0.

miasta – Bloku Rynku. Jest to miejsce, któremu przypisuje się funkcje decyzyjne (siedziba władz miasta), kulturalne, społeczne (miejsce spotkań mieszkańców i turystów) i „naturalne” (historyczne), CBD – centrum (punkt środkowy). Kolejnymi miarami wykorzystanymi do określenia wpływu lokalizacji, na zmienną zależną, były długość i szerokość geograficzna. Jednym z istotnych czynników mogących wpływać na lokalizację sklepu jest jego dostępność komunikacyjna. Dlatego zdecydowano się również uwzględnić w analizie gęstość dróg. Dwie ostatnie zmienne niezależne, opisywały liczbę mieszkań oraz kubaturę budynków - odniesione do powierzchni. Większe wartości kubatury budynków to, z jednej strony, „rosnące” prawdopodobieństwo wystąpienia większej liczby konsumentów oraz większe prawdopodobieństwo wykorzystania „powierzchni” przez działalność handlową.

4. REZULTATY

4.1. Statystyki ogólne i przestrzenne

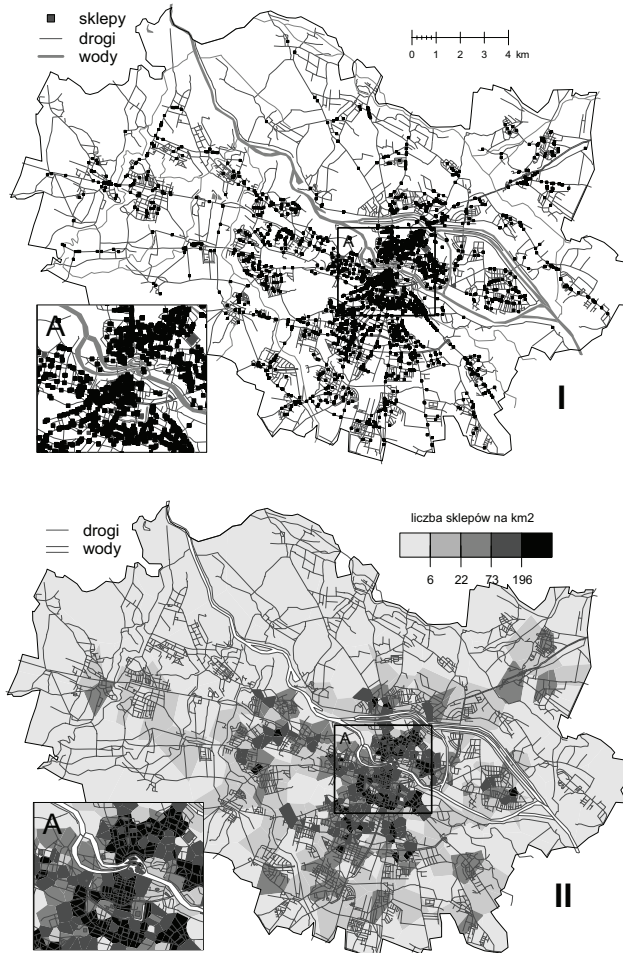
We Wrocławiu, w 2008 r., funkcjonowało blisko 5500 sklepów (rys. 1). Cechą charakterystyczną rozmieszczenia sklepów była ich koncentracja w centralnej części miasta oraz ich występowanie wzdłuż głównych arterii komunikacyjnych miasta. Obszar centralny, znajdujący się w lewobrzeżnej części miasta, to przede wszystkim Rynek wraz z pobliskimi ulicami, które realizują całe spektrum funkcji usługowych z wyraźną dominacją handlu. Należy zaznaczyć, że również prawobrzeżna część miasta – dzielnica Śródmieście – charakteryzuje się dużą liczbą / gęstością placówek handlowych. Pozostałe powierzchniowe koncentracje widoczne są w miejscach, które można określić mianem centrów funkcjonalnych dużych osiedli mieszkaniowych. Również w strukturze miasta zaznaczają się układy o charakterze pasmowym. Występują one nie tylko wzdłuż głównych arterii i w węzłach komunikacyjnych miasta, ale również związane są z ulicami o „marginalnym” znaczeniu w skali całego miasta, jednak o dużym znaczeniu w obrębie dzielnic, dla których stanowią „osie rozwoju”. Wynika to niejako z dwóch wymiarów korzystania z handlu. Pierwszy związany jest z „obiektywną” centralnością miejsc – Rynek i ogólnomiejskie centra handlowe. Natomiast drugi to wymiar zakupów dokonywanych codziennie – blisko miejsca zamieszkania – w zasięgu dystansu pokonywanego pieszo.

Konsekwencją lokalizacji sklepów jest ich gęstość w przyjętych jednostkach odniesienia przestrzennego. Największa gęstość sklepów występuje w ścisłym centrum miasta – Rynku i okolicach, w Śródmieściu oraz w dzielnicach mieszkaniowych o dużej gęstości zabudowy i ludności oraz wzdłuż głównych ciągów komunikacyjnych miasta. Zaznaczyć należy, że układy pasmowe występują w pobliżu ścisłego centrum miasta, tworząc tym samym coś na kształt jego przedłużenia.

Opisowe statystyki przestrzenne pozwalają na stwierdzenie, że w przypadku Wrocławia, *mean center* dla wszystkich sklepów znajduje się kilkaset metrów na zachód od Rynku, przy jednym z głównych węzłów komunikacyjnych miasta, placu Jana Pawła II. Punkt reprezentujący najbardziej centralne miejsce, z punktu widzenia rozmieszczenia sklepów, (*central feature* – najmniejszy skumulowany dystans do pozostałych lokalizacji), znajduje się dokładnie w Bloku Rynku. Może stanowić to potwierdzenie

faktu, pełnienia przez Rynek funkcji centralnych względem całego obszaru miasta. Stanowi tym samym centrum funkcjonalne miasta – jest punktem centralnym – punktem odniesienia nie tylko dla działalności handlowej. Średnim dystansem (*standard distance*), dla wszystkich wrocławskich sklepów, względem *mean center*, jest odległość nieznacznie przekraczająca 4 kilometry. Rozciągłość południkowa (ponad 18 km) i równoleżnikowa (blisko 26 km) miasta, przekłada się na wartości następnego parametru, a mianowicie *standard deviational ellipse*. Średni dystans wzdłuż wielkiej osi elipsy (blisko 4,8 km), od *mean center*, jest zdecydowanie większy niż wzdłuż małej osi (3,4 km). Warto tutaj podkreślić, iż odchylenie elipsy nawiązuje do dwóch głównych osi miasta – naturalnej (rzeki Odry) i komunikacyjnej (ciąg ulic Krakowska – Piłsudskiego – Legnicka – Lotnicza – Kosmonautów).

Rys. 1. Rozmieszczenie (I) i gęstość (II) sklepów we Wrocławiu w 2008 roku

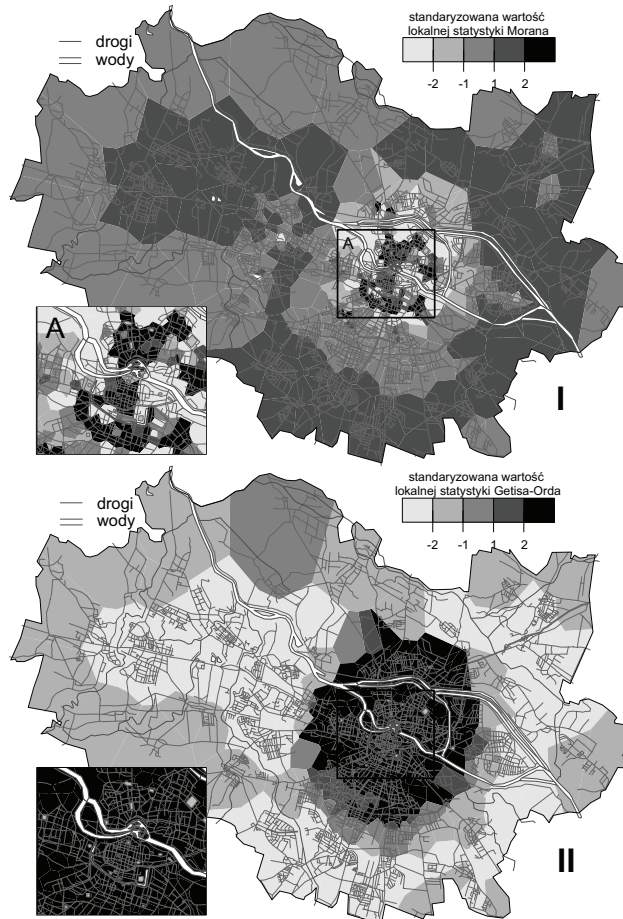


Źródło: opracowanie własne.

Do obliczenia globalnych i lokalnych miar autokorelacji przestrzennej zastosowano standaryzację. Za sąsiadów uznano wszystkie jednostki posiadające wspólną granicę lub punkt styczni z daną jednostką. Dla gęstości sklepów, w teoretycznych obwodach spisowych, statystyka I Morana osiąga wartość 0,2, przy Z -Score równym 25 odchyłeń standardowych. Świadczy to o występowaniu tendencji do skupiania się jednostek o podobnych wartościach przy wysokim poziomie istotności statystycznej. Tendencja ta dotyczy skupiania się jednostek o wysokich wartościach. Potwierdza to wartość statystyki G Getisa–Orda, przy Z Score równym 26 odchyłeń standardowych.

Lokalne odpowiedniki statystyk służących do określenia autokorelacji przestrzennej umożliwiają określenie reżymu przestrzennego cechy określającej gęstość placówek handlowych – sklepów (rys. 2).

Rys. 2. Standaryzowane wartości lokalnych statystyk Morana (I) Getisa–Orda (II)



Źródło: opracowanie własne.

Warto podkreślić, że jednostki o różnych wartościach, zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie (wysoka ujemna wartość Moran Z Score), znajdują się na granicy obszarów o wyraźnie odmiennych funkcjach (np. mieszkaniowej i przemysłowej, mieszkaniowej i rekreacyjnej – obszary parków, zwarte tereny zielone itp.). Niebagatelne znaczenie odgrywa w tym przypadku rzeka Odra, która stanowi oś koncentracji obszarów o różnym użytkowaniu. Obszary koncentracji jednostek o podobnych wartościach, to głównie ścisłe centrum miasta. Im dalej od centralnych części miasta, tym wartości lokalnej statystyki Morana wskazują na występowanie słabszej autokorelacji przestrzennej. Lokalne statystyki Getisa–Orda wskazują, że cały obszar centralny Wrocławia można zaliczyć do jednego skupiska, w którym jednostki o wysokich wartościach cechy sąsiadują z jednostkami charakteryzującymi się równie wysokimi wartościami. Obszary koncentracji niskich wartości cechy w sąsiedztwie (dla Z Score powyżej 2), pokrywają się z obszarami, które na podstawie lokalnych statystyk Morana wskazane zostały jako te, z podobnymi wartościami cechy u sąsiadów (przy Z Score od 1 do 2).

Ponieważ stwierdzono występowanie autokorelacji przestrzennej, można stwierdzić, że wyniki globalnych modeli liniowych będą w znacznym stopniu obciążone błędami ze względu na brak stacjonarności modelowanego zjawiska. W tym przypadku naturalną konsekwencją jest wykorzystanie GWR jako metody, która umożliwi dokładniejsze rozpoznanie struktury analizowanego zjawiska.

4.2. Regresja globalna i GWR

W celu ilościowego opisanego zależności pomiędzy liczbą sklepów w teoretycznych obwodach spisowych a zbiorem potencjalnych predyktorów (zmiennie niezależne) wykorzystano metodę regresji wieloczynnikowej. Analizę regresji wykonano w dwóch wariantach – stosując model globalny (MLR) i lokalny (GWR). W pierwszym kroku zbudowano model globalny, dla którego metodą krokową wybrano, spośród zbioru wszystkich zmiennych niezależnych, tylko te predyktory, których związek ze zmienną zależną był istotny statystycznie na poziomie $\alpha < 0,05$. Przeprowadzono również weryfikację uzyskanego modelu globalnego pod kątem wzajemnej korelacji predyktorów, korzystając ze współczynnika inflacji wariancji (VIF). Ostatecznie, do MLR włączono dwie zmiennie niezależne, a mianowicie kubaturę budynków na km^2 oraz liczbę ludności na km^2 . Podsumowanie modelu MLR zawarto w tabeli 1.

Tab. 1. Podsumowanie statystyczne uzyskanych modeli MLR i GWR

Model	Współczynniki regresji (dla modeli lokalnych: min i max)			R^2
	Kubatura budynków km^2	Liczba ludności na km^2	Odległość od centrum	
MLR	0,00004	0,00622	–	0,5095
MLRB	0,00005	0,00630	0,00563	0,5114
GWR-62	0,00005	0,00578	–	0,5654
GWRB-77	0,00005	0,00593	-0,00561	0,5673
GWR-11	0,00003	0,00558	–	0,6960
GWRB-11	0,00003	0,00582	-0,00065	0,7028

Uwaga: akronimy modeli wyjaśnione są w tekście.

Źródło: opracowanie własne.

Ze względu na potencjalną zależność pomiędzy liczbą sklepów, a ich odległością od centrum, zdecydowano się zbudować drugi model regresji globalnej, oznaczony jako MLRb, do którego włączono dodatkowo tę zmienną.

Lokalne modele GWR zbudowano także w dwóch wariantach, z zastosowaniem tych samych zmiennych niezależnych, jak dla regresji globalnej. W przypadku GWR kluczowym parametrem do ustalenia jest wielkości sąsiedztwa (tzw. macierz sąsiedztwa, kernel), która wyrażona jest liczbą obwodów spisowych uwzględnianych w specyfikacji modelu lokalnego. Wyboru liczby obserwacji, na podstawie których tworzy się model lokalny, można dokonać na podstawie oceny krzyżowej (*crossvalidation*, CV) lub kryterium *Akaike* (AIC). Uzyskane wielkości macierzy sąsiedztwa, sugerowane przez CV i AIC różniły się znacznie. Uzyskano 62 i 77 jednostek dla metody CV (odpowiednio dla modelu zbudowanego na dwóch – GWR–62 i trzech zmiennych niezależnych – GWRb–77) oraz 11 dla metody AIC (odpowiednio GWR–11 i GWRb–11). Modele lokalne, podobnie jak globalne, zostały zbudowane w oparciu o dwie i trzy zmienne niezależne.

Z punktu widzenia dopasowania modelu najlepsze wyniki dało zastosowanie GWR w przypadku trzech zmiennych niezależnych i wielkości kernela równej 11. Dla regresji globalnej wartość współczynników β , dla zmiennych niezależnych, jest dodatnia. GWR pozwala z jednej strony na zwiększenie wyjaśnianej wariancji, z drugiej zaś otrzymujemy zmianę kierunku zależności dla dystansu od centrum miasta. Można stwierdzić, że dla większości jednostek odniesienia wzrost dystansu od Rynku będzie związany ze spadkiem gęstości sklepów. Uwzględniając zróżnicowanie przestrzenne zjawiska, spadek gęstości sklepów wraz ze wzrostem odległości od centrum jest sytuacją naturalną, wręcz oczywistą. Jednak mamy do czynienia z sytuacją, w której część jednostek przestrzennych zachowuje dodatni związek z dystansem. Jest to uwarunkowane występowaniem dużych koncentracji w postaci centrów handlowych–usługowych – handlu wielkopowierzchniowego – czy skupieniach o charakterze powierzchniowym i pasmowym – centrów osiedlowych – poza ścisłym centrum miasta. Związek pomiędzy zmienną zależną a pozostałymi dwoma zmiennymi niezależnymi, potwierdza wcześniejsze przypuszczenia o istotności wpływu gęstości zaludnienia i kubatury na lokalizację placówek handlowych.

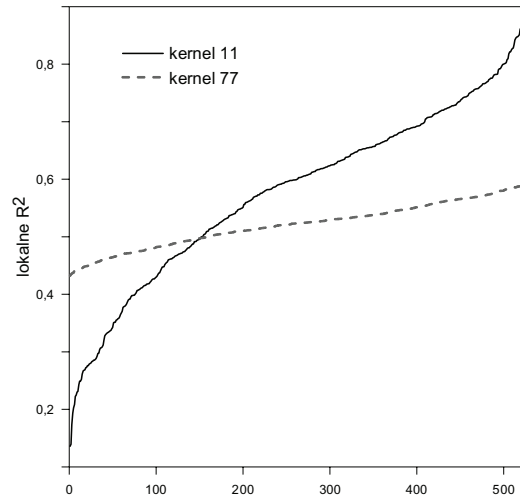
Przestrzenne zróżnicowanie wartości współczynników determinacji, dla odpowiednich teoretycznych rejonów spisowych, pozwala na porównanie poszczególnych obszarów miasta, z punktu widzenia udziału wyjaśnianej wariancji zjawiska (rys. 3). Pierwszą istotną cechą zróżnicowania R^2 jest większa „dokładność” obrazu dla GWR z 11 jednostkami uwzględnionymi przy konstrukcji macierzy sąsiedztwa. Mniejszy zakres kernela, niż w przypadku drugiego zestawu modeli GWR, powoduje, że uzyskujemy lepsze dopasowanie modelu do lokalnych obserwacji. Jednak wówczas mamy do czynienia z większymi różnicami, w zakresie R^2 , pomiędzy poszczególnymi jednostkami. Przestrzenne zróżnicowanie współczynnika determinacji, dla GWR o 77 jednostkach, uwzględnionych w macierzy sąsiedztwa dla każdego punktu regresji, wykazuje większą generalizację obrazu przestrzennego. Uzyskuje się jeden obszar o najniższym dopasowaniu, od którego we wszystkich kierunkach stopniowo wzrasta poziom dopasowania modeli. Taki wynik w większym stopniu nosi znamiona „sztuczności” rozkładu zjawiska, a tym samym mniejszy związek z faktyczną strukturą przestrzenną analizowanego zjawiska.

Próbując odnaleźć wspólne cechy dla obszarów o najniższym dopasowaniu do modeli podkreślić należy, że występują one w obszarach „granicznych” pomiędzy różnymi typami zagospodarowania lub charakteryzują się koncentracją dużej liczby funkcji na stosunkowo niewielkim obszarze. Szczególnie wyraźne widoczne jest to w przypadku modelu GWR-11, którego przestrzenny obraz dopasowania jest bardziej zróżnicowany – „uszczegółowiony”, a przy tym w dopasowaniu bardziej zróżnicowany (rys. 4). Występuje duże zróżnicowanie w wartościach współczynnika determinacji dla modeli z kernelem 11 – dla GWR-11 od 0,1294 do 0,8746, a w przypadku GWRb-11: minimalna wartość R^2 wynosi 0,1358; maksymalna – 0,8766. Dla modeli o wielkości kernela 62 i 77 zróżnicowanie jest zdecydowanie mniejsze: GWR-62 od 0,4047 do 0,5955; GWRb-77 od 0,4322 do 0,5937. Związane jest to z faktem większego upodabniania się modeli z większym kernelem do modelu globalnego.

Rys. 3. Zróżnicowanie przestrzenne wartości lokalnych R^2 dla modeli GWRb-11 (I) i GWRb-77 (II)

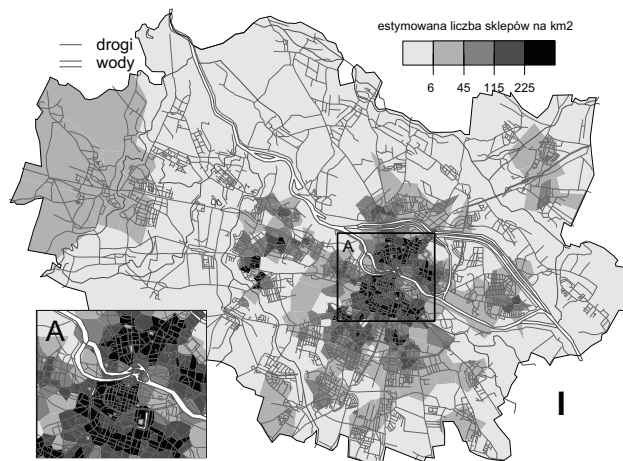


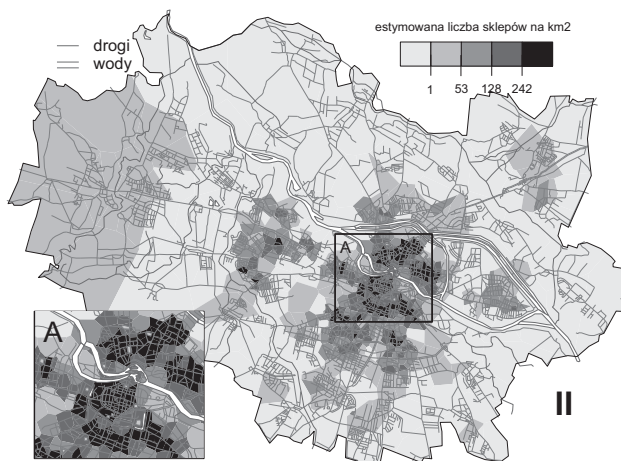
Źródło: opracowanie własne.

Rys. 4. Wartości lokalnych R^2 dla modeli GWRb-11 i GWRb-77

Źródło: opracowanie własne.

Modelowany przestrzenny rozkład liczby sklepów jest podobny niezależnie od liczby jednostek uwzględnionych do stworzenia macierzy sąsiedztwa (rys. 5). Jednak występuje widoczne zróżnicowanie ich wartości. Dla modelu GWRb-11 wynoszą one od –80 do 1430; dla modelu GWRb-77 od –60 do 808. Tym samym podobnie jak w przypadku R^2 , okazuje się, że model uwzględniający mniejszą liczbę punktów w regresji, charakteryzuje się większymi zróżnicowaniami niż ten, który uwzględnia przy tworzeniu macierzy sąsiedztwa większą liczbę jednostek.

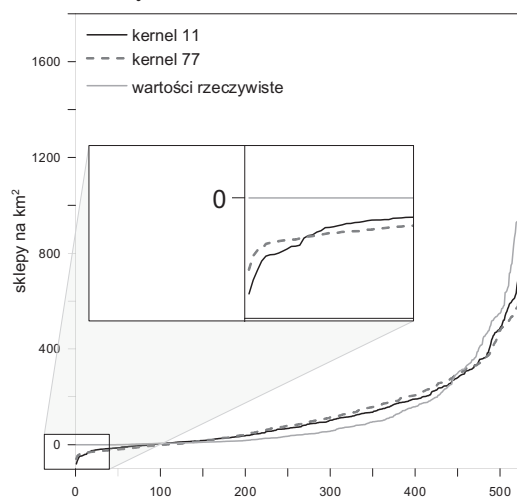
Rys. 5. Zróżnicowanie przestrzenne estymowanych wartości dla modeli GWRb-11 (I) i GWRb-77 (II)



Źródło: opracowanie własne.

Porównanie wartości estymowanych przy użyciu GWR z trzema zmiennymi niezależnymi z wartościami rzeczywistymi, pozwala wskazać na kilka zależności (rys. 6). Po pierwsze, zarówno rozkłady wartości obliczonych i rzeczywistych dla wszystkich 527 jednostek są do siebie silnie zbliżone. Potwierdza to wcześniejsze wnioski sformułowane w czasie analizy zróżnicowania przestrzennego wyników GWR. Niepokojącym może być fakt, iż wartości estymowane dla części jednostek przyjmują wartości ujemne. Wartości te są charakterystyczne dla jednostek z bardzo niską lub zerową liczbą sklepów w przeliczeniu na jednostkę powierzchni. Dość istotne rozbieżności cechują także wartości maksymalne. Wartości modelowane nie osiągają poziomu, który wynikałby z rzeczywistego kształtowania się zjawiska. Dodatkowo, można wyróżnić dwa punkty przecięcia rozkładów wartości rzeczywistych i estymowanych.

Rys. 6. Rzeczywiste oraz estymowane wartości dla modeli GWRb 11 i GWRb 77



Źródło: opracowanie własne.

5. PODSUMOWANIE

Odnosząc się do sformułowanych we wstępie opracowania pytań należy stwierdzić, że występuje silna zależność pomiędzy gęstością zaludnienia a gęstością sklepów. Siła tego związku jest zróżnicowana w zależności od fragmentu miasta, w której ma miejsce. Kubatura zabudowy (budynków), czy też odległość od historycznego centrum miasta (Blok Rynku) są czynnikami, które w pełniejszy sposób pozwalają na określenie zróżnicowania przestrzennego zmiennej zależnej. Szczególnie druga z wymienionych cech, istotna z punktu widzenia analiz przestrzennych, wydaje się być bardzo ważna, nie tylko w teoretycznych rozważaniach nad rozmieszczeniem placówek handlu detalicznego w przestrzeni miasta.

Celem nadrzędnym opracowania było stwierdzenie, czy możliwe jest wykorzystanie Regresji Ważonej Geograficznie (GWR) do identyfikacji przestrzeni handlu detalicznego. Natomiast mniej istotnym było samo skonstruowanie „uniwersalnych” modeli GWR. Istotniejszym było przedstawienie wyników w formie kartograficznej. W kontekście przeprowadzonych analiz i opisu przestrzennego zróżnicowania wybranych parametrów można stwierdzić, że bez znajomości zróżnicowania przestrzennego placówek handlu detalicznego, posiłkując się znajomością podstawowych elementów szeroko rozumianej struktury miasta, wykorzystując GWR, można dokonać jej estymacji z wysokim prawdopodobieństwem.

Koniecznym wydaje się odniesienie do zagadnienia anizotropowości danych opisujących zjawiska społeczne i ekonomiczne w ujęciu przestrzennym. Z przeprowadzonych analiz wynika, że istniejące zależności nie występują na całym obszarze z taką samą siłą. Tym samym w przestrzeni miasta różne czynniki odgrywają wiodącą rolę w kształtowaniu siły zależności. Wynika to z obecności w strukturze (tkance) miasta liniowych elementów zagospodarowania infrastrukturalnego oraz barier naturalnych. Rzeki, szeroko rozumiana zieleń miejska, linie kolejowe, drogi główne, stanowią z jednej strony osie rozwoju intensywnych związków przestrzennych. Natomiast z drugiej stanowią ich ograniczniki. Tym samym, w przypadku podejmowania analiz ekonometrycznych, należy zastanowić się nad doбором odpowiednich do badanego zjawiska jednostek przestrzennych. Rozpoznanie struktury przestrzennej analizowanego zjawiska, na danym obszarze, powinno opierać się o jak najniższy poziom odniesienia przestrzennego, aby bez większych wątpliwości można było identyfikować ją pod kątem cech funkcjonalnych, urbanistycznych, społecznych czy też ekonomicznych. Identyfikacja ta jest niezbędna przy interpretacji i wyjaśnianiu zasobu niewyjaśnionej wariacji.

Niewyjaśniona wariacja w modelach GWR, a zwłaszcza jej duże lokalne zróżnicowanie, skłania do stwierdzenia, iż w analizach tego typu zależności, niezbędna jest wiedza o lokalnych uwarunkowaniach danego zjawiska. Wiedza ekspercka jest konieczna zwłaszcza w przypadku „niepewnych” danych wykorzystywanych w analizie regresji. Dodatkowe źródło informacji, które nie zostało zaprezentowane w niniejszym opracowaniu, mogą stanowić mapy przestrzennego zróżnicowania wartości współczynników β dla poszczególnych zmiennych niezależnych oraz wyrazu wolnego.

Im bardziej będziemy zbliżać się do globalnego modelu, tym bardziej wyniki GWR prezentowane przestrzennie będą miały charakter sztuczny. Na ten fakt zwracają również uwagę twórcy metody (Fotheringham i inni, [2002]). Wspomniani autorzy, podkreślają istotność doboru odpowiedniego zakresu kernela. W tym miejscu należałoby zasta-

nowić się, czy w przypadku, kiedy celem jest rozpoznanie struktur przestrzennych, z uwzględnieniem lokalnych zależności oraz poszukiwanie czynników je wyjaśniających, nie zaś interpolowanie powierzchni trendu, czy właśnie zróżnicowanie wyników regresji nie posiada większego zasobu informacji, niż sam fakt uzyskania bardziej stabilnych modeli.

Pozytywna weryfikacja zastosowania metody pozwala na próbę określenia dalszych potencjalnych kierunków analiz / badań przy rozpoznaniu tego typu zjawisk. Koniecznym wydaje się być rozszerzenie zestawu zmiennych niezależnych. Dotyczy to chociażby informacji o dostępności komunikacyjnej, czy też hierarchii dróg. Również należałoby rozważyć podjęcie próby wymiernego określenia istotności wpływu barier występujących w przestrzeni miasta przy konstrukcji macierzy sąsiedztwa. Na etapie rozpoznania możliwości wykorzystania GWR w opisie i analizie zjawisk z jedynie „założoną” przestrzenną ciągłością zjawiska nie uwzględniono zróżnicowania rodzajowego placówek handlowych sklepu. Autorzy mają świadomość, że w zależności od rodzaju oferowanego asortymentu danej placówki mogą występować silniejsze, lub też słabsze związki z rozmieszczeniem ludności, czy też pozostałymi zmiennymi uwzględnionymi w badaniach. Uwaga ta w szczególności sposób może dotyczyć sklepów oferujących produkty podstawowe (sklepy z artykułami spożywczymi). Tym samym koniecznym wydaje się być zastosowanie takiego samego podejścia z wykorzystaniem zróżnicowania rodzajowego działalności prowadzonych w placówkach handlowych.

LITERATURA

- Bitter C., Mulligan G.F., Dall’erba S., [2007], *Incorporating spatial variation in housing attribute prices: a comparison of geographically weighted regression and the spatial expansion method*, Journal of Geographical Systems, vol. 9, s. 7–27.
- Brunsdon C., Fotheringham A.S., Charlton M., [1998], *Geographically Weighted Regression – Modelling Spatial Non-stationarity*, The Statistician, vol. 47, s. 431–443.
- Brunsdon C., Fotheringham A.S., Charlton M., [2007], *Geographically Weighted Discriminant Analysis*, Geographical Analysis, vol. 39, s. 376–396.
- Cahill M., Mulligan G., [2007], *Using Geographically Weighted Regression to Explore Local Crime Patterns*, Social Science Computer Review, vol. 25, s. 174–193.
- Calvo E., Escobar M., [2003], *The Local Voter: A Geographically Weighted Approach to Ecological Inference*, American Journal of Political Science, vol. 47, s. 189–204.
- Crewe L., [2000], *Geographies of retailing and consumption*, Progress in Human Geography, vol. 24, s. 275–290.
- Davies R.L., *Structural Models of Retail Distribution: Analogies with Settlement and Urban Land-Use Theories*, Transactions of the Institute of British Geographers, vol. 57, s. 59–82.
- Eckey H-F., Kosfeld R., Türck M., [2007], *Regional Convergence in Germany: a Geographically Weighted Regression Approach*, Spatial Economic Analysis, vol. 2, s. 45–64.
- Fotheringham A.S., [1997], *Trends in Quantitative Methods I: Stressing the Local*, Progress in Human Geography, vol. 21, s. 88–96.
- Fotheringham A.S., [2000], *Context-dependent spatial analysis: a Role for GIS?*, Journal of Geographical Systems, vol. 2, s. 71–76.
- Fotheringham A.S., Charlton M., Brunsdon C., [2001], *Spatial Variations in School Performance: a Local Analysis Using Geographically Weighted Regression*, Geographical & Environmental Modelling, vol. 5, s. 43–66.

- Fotheringham A.S., Brunson C., Charlton M., [2002], *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*, Wiley.
- Hartman G.W., [1950], *The Central Business District – A Study in Urban Geography*, *Economic Geography*, vol. 26, s. 237–244.
- Ilnicki D., [2009], *Przestrzenne zróżnicowanie poziomu rozwoju usług w Polsce. Teoretyczne i praktyczne uwarunkowania badań*, *Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego*, Tom 11.
- Jakubowicz E., [1993], *Podstawy metodologiczne geografii usług*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Kulczycki M., Ligas M., [2007], *Regresja ważona geograficznie jako narzędzie analizy rynku nieruchomości*, *Geomatics and Environmental Engineering*, vol. 1, s. 59–68.
- Larose D., [2008], *Metody i modele eksploracji danych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Lloyd C., [2007], *Local models for spatial analysis*, CRC Press.
- Malczewski J., Poetz A., [2005], *Residential Burglaries and Neighborhood Socioeconomic Context in London, Ontario: Global and Local Regression Analysis*, *Professional Geographer*, vol. 57, s. 516–529.
- Murphy R.E., Vance J.E., [1954], *Delimiting the CBD*, *Economic Geography*, vol. 30, s. 189–222.
- Nowosielska E., [1972], *Zróżnicowanie popytu i podaży w układzie wojewódzkim*, *Biuletyn KPZK PAN*, z. 197, s. 103–129.
- Nowosielska E., [1994], *Główne tendencje rozwojowe ostatniego dwudziestolecia i aktualne problemy badawcze*, *Zeszyty IGiPZ PAN*, z. 22.
- Pacione M., [2009], *Urban Geography. A Global Perspective*, Routledge.
- Porta S., Strano E., Iacoviello V., Messori R., Latora V., Cardillo A., Wang F., Scellato S., [2009], *Street centrality and densities of retail and services in Bologna, Italy*, *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 36, s. 450–465.
- Proudford M.J., [1937], *City Retail Structure*, *Economic Geography*, vol. 13, s. 425–428.
- Wheeler D.C., Waller L.A., [2009], *Comparing spatially varying coefficient models: a case study examining violent crime rates and their relationships to alcohol outlets and illegal drug arrests*, *Journal of Geographical Systems*, vol. 11, s. 1–22.

FEATURES OF SHOP DISTRIBUTION IN THE URBAN SPACE ON THE EXAMPLE OF WROCLAW – APPLICATION OF GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION

The purpose of this study is to identify the applicability of the Geographically Weighted Regression for determination of relationships between the size of population and the distribution of shops in the urban space. The paper presents the analyzed dependencies and diversities of urban space on the example of Wrocław. The study includes information concerning e.g.: location of shops, population density and cubic capacity of residential buildings. Theoretical census enumeration areas were used as spatial reference units. Using local statistics of Moran and Getis–Ord, patterns of local spatial dependencies were determined. Attempts were also made to identify determinants of shop distribution using global and spatial regression techniques – Geographically Weighted Regression.