

Wprowadzenie

Analiza danych przestrzennych wymaga ustosunkowania się do kwestii związanych z obecnością efektów przestrzennych w postaci **przestrzennej heterogeniczności i zależności (interakcji) przestrzennych**. Narzędzia rozwijane na gruncie modelowania przestrzennego ukierunkowane są jednak przede wszystkim na identyfikację i interpretację interakcji między obiektami (np. model autoregresji przestrzennej). Wypracowane na tym polu metody symultanicznego modelowania obu efektów przestrzennych, np. przestrzenne modele panelowe, stanowią interesujący przykład próby kompleksowej analizy struktury relacji w przestrzeni. Modele te mają jednak ograniczone zastosowanie w przypadku, gdy struktura danych odpowiada **przestrzennej strukturze wielopoziomowej (hierarchicznej)**.

Zdecydowanie większymi możliwościami w zakresie analizy **złożonych form heterogeniczności** (nie tylko przestrzennej) cechują się modele wielopoziomowe. Przez wykorzystanie metod dekompozycji składnika losowego modele te można uznać za podstawowe w analizie niejednorodności rozumianej jako zarówno niestabilność relacji (parametrów strukturalnych modelu), jak i heteroskedastyczność składnika losowego. Z punktu widzenia badania heterogeniczności ich wadą jest jednak brak możliwości interpretacji efektów związanych z obecnością interakcji przestrzennych. Próby ustosunkowania się do problemu analizy zależności przestrzennych w modelach wielopoziomowych doprowadziły jedynie do uelastycznienia sposobu podziału obiektów na grupy (np. modele wielopoziomowe klasyfikacji krzyżowej z przynależnością do wielu grup).

Współczesna dyskusja dotycząca kwestii **jednoczesnego modelowania efektów przestrzennych w układzie wielopoziomowym** zaowocowała próbami „połączenia” dwóch nurtów modelowania: przestrzennego i wielopoziomowego. Badania podejmowane m.in. przez L. Corrado i B. Fingletona oraz G. Donga i R. Harrisa doprowadziły do rozszerzenia istniejących narzędzi o modele określane mianem przestrzennych modeli wielopoziomowych. Ich główną zaletą jest możliwość analizy skorelowanych przestrzennie danych hierarchicznych. Na szczególną uwagę zasługuje **hierarchiczny model autoregresji przestrzennej (HSAR)**, który umożliwi wprowadzenie interakcji między obiektami na kilku poziomach analizy jednocześnie.

Głównym celem monografii jest zaprezentowanie zasad budowy modeli wielopoziomowych i ich przestrzennych uogólnień oraz wskazanie, w jaki sposób techniki modelowania wielopoziomowego mogą zostać wykorzystane w analizie danych przestrzennych. W prezentowanej publikacji dokonano usystematyzowania informacji dotyczących budowy modeli wielopoziomowych z ukierunkowaniem na te aspekty, które czynią z nich użyteczne narzędzie analizy danych przestrzennych. Omówiono dodatkowo wybrane rozszerzenia tradycyjnych modeli wielopoziomowych do postaci przestrzennych modeli wielopoziomowych. W drugiej części publikacji zaprezentowano dwa badania z wykorzystaniem danych mikro, ilustrujące aspekt aplikacyjny.

Monografia składa się z pięciu rozdziałów, wprowadzenia, zakończenia, bibliografii i indeksu rzeczowego. Na potrzeby wprowadzonych w książce przykładów **przygotowano zestaw skryptów i funkcji w środowisku R Cran, zestawy baz danych oraz pliki shapefile**, umożliwiające samodzielne przeprowadzenie obliczeń zawartych w przykładach i rozdziale 4. Wszystkie materiały są publicznie dostępne pod adresem: <http://kep.uni.lodz.pl/EP3/>. Program R Cran jest bezpłatny, dzięki czemu może być z powodzeniem wykorzystany przez każdego czytelnika¹.

Prezentowane treści omówiono w następującym układzie. W **rozdziale 1** (*Wprowadzenie do modelowania wielopoziomowego*) przedstawiono zagadnienia wstępne związane z historią modelowania wielopoziomowego i stosowanym nazewnictwem. W rozdziale tym określono również, jakie cechy danych przestrzennych sprawiają, że mogą one być z powodzeniem analizowane za pomocą wspomnianej klasy modeli, przedstawiono podstawowe problemy związane z agregacją danych i zasady tworzenia przestrzennych struktur wielopoziomowych.

Rozdział 2 (*Modele wielopoziomowe w analizach przestrzennych*) zawiera wykład o podstawowych modelach wielopoziomowych i sposobach interpretacji wyników uzyskanych na ich podstawie. W pierwszych podrozdziałach wprowadzono rozważania mające na celu zademonstrowanie idei modelowania wielopoziomowego. Omówiono między innymi różnice w zakresie sposobu ujmowania efektów grupowych (jako stałych lub losowych), sposoby dekompozycji wariancji i sposoby estymacji parametrów wspomnianych modeli (w tym estymacji bayesowskiej). Treści omawiane w rozdziale uzupełniono, wprowadzając 10 przykładów dla danych zlokalizowanych przestrzennie.

W **rozdziale 3** (*Przestrzenne uogólnienia modelu wielopoziomowego*) przedstawiono jeden z możliwych kierunków rozwinięcia modeli wielopoziomowych, związany z dostosowaniem ich do potrzeb jednoczesnej analizy efektów przestrzennych w układzie wielopoziomowym. Na wstępie omówiono strukturę macierzy wariancji-kowariancji w sytuacji występowania przestrzennej autokorelacji. Następnie scharakteryzowano wybrane sposoby uwzględniania autokorelacji w modelach wielopoziomowych oraz ich rozszerzenia do postaci przestrzennych modeli wielopoziomowych. Na koniec przedstawiono kilka przekształceń możli-

¹ Silnik programu można pobrać ze strony: <https://cran.r-project.org/>.

wych do wprowadzenia na podstawie modelu HSAR. Rozdział 3 uzupełniono 5 przykładami odwołującymi się do modeli estymowanych metodami bayesowskimi.

Rozdział 4 (*Modele wielopoziomowe w badaniach subiektywnej jakości życia*) zawiera przykład wykorzystania metod modelowania wielopoziomowego w analizie dobrostanu psychospołecznego. Badanie zrealizowano w konwencji powtórzenia schematu analizy wielopoziomowej, zaproponowanej przez Aslama i Corrado [2012]. Analizę przeprowadzono na podstawie uaktualnionej bazy danych mikro, pochodzącej z Europejskiego Sondażu Społecznego. W pierwszej części rozdziału skoncentrowano się na porównaniu wyników z tymi, jakie dla wcześniejszych lat uzyskali Aslam i Corrado. W drugiej części rozdziału 4 zaprezentowano rozwinięcie analizy Aslama i Corrado, polegające na wprowadzeniu komponentów przestrzennych i wykorzystaniu przestrzennych modeli wielopoziomowych.

W **rozdziale 5** (*Zastosowanie modeli klasy HSAR w analizie satysfakcji lokalnej*) przedstawiono badanie satysfakcji z miejsca zamieszkania, w którym zastosowano modele dwu- i trypoziomowe z komponentami autokorelacyjnymi na jednym lub wielu poziomach agregacji przestrzennej danych. Dodatkowo zademonstrowano możliwości połączenia – w modelu wielopoziomowym – analizy przestrzennej z analizą sieci społecznych. W badaniu posłużono się bazą danych mikro, pochodzącą z Diagnozy Społecznej.