

Teresa Czyż, Jan Hauke

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej
Zakład Analizy Regionalnej*

Zastosowanie metod taksonomicznych w analizie struktury systemu regionalnego

Zarys treści: Celem pracy jest zastosowanie metod taksonomii numerycznej w badaniu makrostruktury regionalnej i ocena ich możliwości analitycznych. W pierwszej części pracy przedstawiono opis matematyczno-statystyczny dwóch metod: (1) metody delimitacji układów powiązań opartej na kryterium największego przepływu Nystuena i Dacey (1961), (2) metody identyfikacji istotnych relacji w systemie regionalnym na zasadzie maksymalizacji współczynnika determinacji, opracowanej przez Holmesa i Haggetta (1977). W drugiej części pracy wykorzystano równolegle proponowane metody dla określenia makrostruktury regionalnej Polski na podstawie międzyregionalnych przepływów migracyjnych. Dokonano również oceny wyników poznawczych uzyskanych w analizie makrostruktury regionalnej w aspekcie metodologicznym i empiryczno-diagnostycznym.

Słowa kluczowe: makrostruktura regionalna, metody taksonomii regionalnej, metoda największego przepływu, metoda maksymalizacji współczynnika determinacji, przepływy migracyjne, podsystemy regionalne, makroregiony Polski

Wstęp

W studiach regionalnych do podstawowych koncepcji badawczych należy koncepcja systemu regionalnego. System regionalny jest zbiorem regionów i relacji zachodzących między nimi i stanowi spójną przestrzennie całość. Relacje o charakterze wiążącym i przestrzennym tworzą strukturę systemu regionalnego.

Ze względu na rodzaje i zróżnicowaną intensywność relacji wiążących, system regionalny podlega fragmentacji na podsystemy regionalne. Podział na podsystemy regionalne stanowi makrostrukturę systemu regionalnego, inaczej makrostrukturę regionalną.

W Polsce system regionalny kraju obejmuje regiony administracyjne, tj. województwa, będące jednostkami administracji publicznej najwyższego szczebla. Relacje wiążące regiony stanowią różne realne powiązania, a w szczególności przepływy osób, informacji, kapitału, dóbr materialnych, usług. Wyrazem złożoności

wewnętrznej krajowego systemu regionalnego jest występowanie tendencji do wyodrębniania się podsystemów regionalnych i kształtowanie się makrostruktury regionalnej.

Rozpoznanie makrostruktury regionalnej kraju ma aspekt poznawczy i praktyczny. Pozwala: (1) określić zasięg i natężenie powiązań regionu (województwa) z jego otoczeniem w obrębie systemu regionalnego kraju, (2) identyfikować własności przysługujące makrostrukturze regionalnej kraju, które mają istotne znaczenie w różnicowaniu kraju z punktu widzenia procesu rozwoju społeczno-gospodarczego, (3) uzyskać wiedzę przydatną w planowaniu przestrzennym i makroregionalnym.

Celem niniejszej pracy jest zastosowanie metod taksonomii numerycznej w badaniu makrostruktury regionalnej i ocena ich możliwości analitycznych, a więc przede wszystkim aspekt metodologiczny. Praca składa się z dwóch zasadniczych części. Pierwsza zawiera opis matematyczno-statystyczny dwóch metod: (1) metody delimitacji układów powiązań opartej na kryterium największego przepływu Nystuena i Daceya (1961), (2) metody identyfikacji istotnych relacji w systemie regionalnym na zasadzie maksymalizacji współczynnika determinacji, opracowanej przez Holmesa i Haggetta (1977). Druga część pracy obejmuje zastosowanie równoległe proponowanych metod w procedurze określenia makrostruktury regionalnej Polski na podstawie międzyregionalnych przepływów migracyjnych. Zawiera ona również ocenę wyników poznawczych uzyskanych w analizie makrostruktury regionalnej i komentarz na temat zależności tych wyników od ujęcia metodologicznego.

Metody badawcze

Metoda wyznaczania układów powiązań Nystuena i Daceya

Metoda wyznaczania układów powiązań Nystuena i Daceya (1961, 1968), występująca pod nazwą metody największego przepływu (largest flow) lub głównego powiązania (primary link), jest metodą powszechnie stosowaną w geografii w procedurze delimitacji regionów węzłowych¹. Oryginalna wersja tej metody często podlegała modyfikacji i była używana w różnych kontekstach badawczych. Ostatnio metoda ta znajduje zastosowanie w regionalizacji wyższego rzędu. Przykładem jest wykorzystanie jej w procedurze podziału świata na makroregiony ekonomiczne na podstawie przepływów handlu zagranicznego (trade flows) w układzie państw (Beauguite 2011).

W niniejszej pracy, w kontekście analizy struktury systemu regionalnego kraju, metoda Nystuena i Daceya, pod nazwą metody największego przepływu, obejmuje przedstawione poniżej etapy postępowania badawczego.

¹ W Polsce pierwsze jej zastosowania w regionalizacji geograficznej znajdują się w pracach Domańskiego (1970) oraz Chojnickiego i Czyż (1972).

Punktem wyjścia jest sformułowanie macierzy powiązań międzyregionalnych w postaci macierzy realnych przepływów. Wiersze macierzy reprezentują regiony źródłowe przepływów, czyli regiony odpływu, a kolumny – regiony docelowe, czyli regiony napływu.

Regiony porządkuje się na skali wielkości i określa ich rangę według wielkości odpływu (sumy wierszy) lub wielkości napływu (sumy kolumn).

Ustala się hierarchię regionów poprzez identyfikację regionów nadrzędnych i podporządkowanych. Region nadrzędny wykazuje największy przepływ do regionu niższego ranga, natomiast region podporządkowany ma największy przepływ do regionu wyższego ranga. Uogólniając, region i jest podporządkowany regionowi j pod dwoma warunkami: (W1) maksymalny przepływ z regionu i jest skierowany do regionu j , (W2) suma przepływów regionu j jest większa niż suma przepływów regionu i . Zapis matematyczny tych warunków jest następujący:

$$(W1) \max_k (x_{ik}) = x_{ij}$$

$$(W2) \sum_k x_{ik} < \sum_k x_{kj}$$

Hierarchię regionów określa się więc na podstawie największego odpływu lub największego napływu do określonego regionu, które uznaje się za jedyne główne powiązanie tego regionu w zbiorze jego relacji systemowych.

W rezultacie wyróżnia się w systemie regionalnym układy powiązań najczęściej między kilkoma regionami, należącymi do różnych poziomów hierarchicznych, z regionem najwyższego rzędu w roli węzła układu. Układy te są częściami składowymi systemu regionalnego i w przypadku gdy tworzą je podzbiory regionów spójne przestrzennie, są ujmowane jako regiony węzłowe wyższego rzędu, czyli makroregiony. Tak wyodrębnione regiony nie są jednak podsystemami ze względu na zastosowane kryteria ich delimitacji, które nie obejmują całej sieci relacji systemowych.

Metoda maksymalizacji współczynnika determinacji Holmesa i Haggetta

Metoda maksymalizacji współczynnika determinacji R^2 (w skrócie: metoda $\max R^2$), opracowana przez Holmesa i Haggetta (1977), jest metodą identyfikacji istotnych powiązań międzyregionalnych, na dodatek mało znaną w geografii polskiej i światowej².

W metodzie tej operuje się statystycznym kryterium oceny istotności powiązań. Powiązania każdego regionu z pozostałymi regionami systemu regionalnego mierzy się przepływami w zakresie odpływu i w zakresie napływu i porządkuje

² W Polsce została po raz pierwszy zastosowana przez Chojnickiego i Czyż (1972) do badań nad migracjami, a następnie przez Potrykowską (1983) w analizie dojazdów do pracy. W geografii światowej jest często cytowana, ale rzadko używana w badaniach empirycznych.

według ich wielkości. Istotność powiązań danego regionu określa się na podstawie korelacji między empirycznym i teoretycznym rozkładem jego powiązań. Stopień dopasowania tych rozkładów mierzy współczynnik determinacji R^2 . Maksymalna wartość tego współczynnika określona dla każdego regionu wyznacza próg istotności powiązań.

Procedura określania istotnych powiązań składa się z 5 etapów:

1. uporządkowanie wartości W_i , wektora wierszowego lub wektora kolumnowego macierzy powiązań międzyregionalnych o wymiarach $k \times k$ od największej W_1 do najmniejszej W_k ;
2. estymacja rozkładu teoretycznego powiązań W_j dla każdej serii cykli 1, 2, 3, ..., k przy założeniu, że:

$$\text{w 1 cyklu } \hat{W}_1 = \sum_{i=1}^k W_i, \quad \hat{W}_2 = \hat{W}_3 = \dots = \hat{W}_k = 0,$$

$$\text{w 2 cyklu } \hat{W}_1 = \hat{W}_2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k W_i, \quad \hat{W}_3 = \hat{W}_4 = \dots = \hat{W}_k = 0,$$

$$\text{w j-tym cyklu } \hat{W}_1 = \hat{W}_2 = \dots = \hat{W}_j = \frac{1}{j} \sum_{i=1}^k W_i, \quad \hat{W}_{j+1} = \hat{W}_{j+2} = \dots = \hat{W}_k = 0,$$

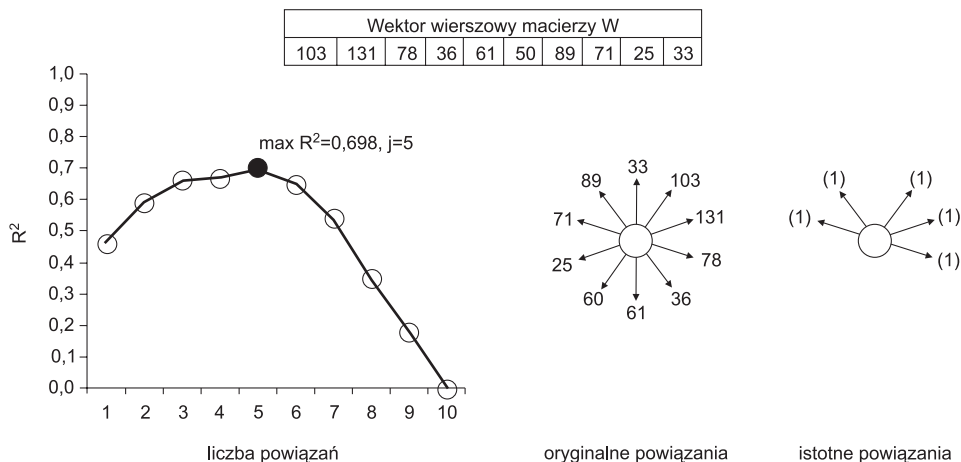
3. określenie stopnia dobroci dopasowania rozkładu teoretycznego $\hat{W}_1, \hat{W}_2, \dots, \hat{W}_k$ do rozkładu empirycznego powiązań W w kolejnych cyklach za pomocą współczynnika determinacji R^2 i ustalenie jego maksymalnej wartości;
4. identyfikacja istotnych powiązań dla każdego regionu: jeśli maksymalna wartość R^2 występuje w j-tym cyklu, wtedy powiązania W_1 do W_j włącznie traktuje się jako istotne (ryc. 1);
5. redukcja oryginalnych powiązań do powiązań istotnych i sformułowanie macierzy binarnej powiązań (0,1).

Przykład numeryczny tej procedury przedstawiono na rycinie 1.

Należy zwrócić uwagę, że metoda $\max R^2$ stanowi rozwinięcie metody redukcji cech na podstawie odchylenia standardowego, opracowanej przez Weavera (1954)³. „Wyższość” metody $\max R^2$ nad metodą Weavera Holmes i Haggett (1977) uzasadniają w następujący sposób: w metodzie Weavera kryterium istotności jest określone głównie przez najwyższe wartości w rozkładzie cech (powiązań), bez uwzględnienia wartości z ogona rozkładu. Natomiast w metodzie $\max R^2$ obliczanie korelacji między wartościami empirycznymi i teoretycznymi i określenie progowego parametru istotności $\max R^2$ odbywa się z uwzględnieniem długości wektora kolumnowego lub wierszowego w macierzy przepływów, co ma niewątpliwie duże znaczenie w ocenie istotności⁴.

³ Metoda ta przedstawiona w pracach Chojnickiego (1961) i Bieleckiej (1962) stała się procedurą często stosowaną w polskiej geografii ekonomicznej.

⁴ „Odbiorca przyciągający 10% przepływów w szeregu pięciu odbiorców jest dużo mniej istotny niż odbiorca przyciągający taki sam procent przepływów w szeregu stu odbiorców” (Holmes, Haggett 1977, s. 395).



Ryc. 1. Identyfikacja istotnych powiązań metodą maksymalizacji współczynnika determinacji
Źródło: Holmes, Haggett (1978).

Struktura systemu regionalnego Polski w świetle powiązań migracyjnych

Macierz danych

Jako wskaźnik powiązań w systemie regionalnym przyjmuje się migracje wewnętrzne w Polsce. Dobór tego wskaźnika opiera się na uznaniu migracji za agregatowy wskaźnik powiązań międzyregionalnych oraz wynika z dostępności danych statystycznych. Macierz danych zawiera informacje o wielkości przepływów migracyjnych między 16 regionami (województwami), w których w 2011 r. ogółem uczestniczyło 100 467 osób (tab. 1).

Wstępna analiza macierzy migracji polega na określeniu roli poszczególnych regionów w przepływach migracyjnych. W odpływie migracyjnym największy udział ma region śląski (11% odpływu w skali całego systemu regionalnego). Region śląski i sześć regionów o stosunkowo wysokim odpływie (mazowiecki, lubelski, dolnośląski, łódzki, warmińsko-mazurski, wielkopolski) należy do głównych źródeł migracji, generujących 41% całego odpływu. Natomiast głównymi regionami docelowymi migracji są regiony: mazowiecki (23% całego napływu) oraz małopolski, dolnośląski, wielkopolski (26% całego napływu). W całym systemie regionalnym tylko pięć regionów wykazuje dodatnie saldo migracyjne. Są to regiony: mazowiecki, małopolski, dolnośląski, pomorski, wielkopolski, które równocześnie cechuje dodatni wskaźnik efektywności migracyjnej. Do regionów z największym ujemnym saldem migracyjnym należą: śląski, lubelski, warmińsko-mazurski.

Powyższe ustalenia można traktować jako podstawę do określenia regionów z dodatnim saldem migracyjnym jako hipotetycznych węzłów regionalnych mi-

Tabela 1. Migracje międzyregionalne w Polsce w 2011 r.

| Województwa | Dolnośląskie | Kujawsko-pomorskie | Lubelskie | Lubuskie | Łódzkie | Małopolskie | Mazowieckie | Opolskie | Podkarpackie | Podlaskie | Pomorskie | Śląskie | Świętokrzyskie | Warmińsko-mazurskie | Wielkopolskie | Zachodniopomorskie | Ogółem odływ |
|---------------------|--------------|--------------------|-----------|----------|---------|-------------|-------------|----------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------|---------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Dolnośląskie | x | 185 | 154 | 891 | 346 | 488 | 1020 | 672 | 209 | 81 | 284 | 655 | 145 | 140 | 1304 | 358 | 6932 |
| Kujawsko-pomorskie | 240 | x | 55 | 109 | 273 | 171 | 1310 | 51 | 80 | 57 | 1314 | 252 | 41 | 392 | 1303 | 411 | 6059 |
| Lubelskie | 372 | 137 | x | 64 | 201 | 658 | 4579 | 78 | 649 | 117 | 315 | 372 | 186 | 126 | 239 | 195 | 8288 |
| Lubuskie | 957 | 120 | 63 | x | 100 | 117 | 352 | 51 | 50 | 35 | 135 | 174 | 55 | 40 | 1033 | 569 | 3851 |
| Łódzkie | 738 | 253 | 135 | 90 | x | 369 | 2487 | 156 | 75 | 71 | 263 | 689 | 232 | 115 | 793 | 210 | 6676 |
| Małopolskie | 367 | 102 | 174 | 58 | 181 | x | 1078 | 130 | 797 | 65 | 175 | 1854 | 394 | 59 | 183 | 152 | 5769 |
| Mazowieckie | 574 | 644 | 1031 | 184 | 1176 | 665 | x | 98 | 306 | 669 | 846 | 668 | 523 | 1031 | 446 | 384 | 9245 |
| Opolskie | 1220 | 62 | 43 | 86 | 136 | 210 | 284 | x | 57 | 17 | 81 | 795 | 48 | 31 | 209 | 66 | 3345 |
| Podkarpackie | 376 | 82 | 485 | 47 | 137 | 1963 | 1154 | 75 | x | 61 | 147 | 480 | 295 | 69 | 145 | 86 | 5602 |
| Podlaskie | 120 | 88 | 118 | 36 | 66 | 114 | 2125 | 17 | 53 | x | 298 | 101 | 26 | 657 | 120 | 77 | 4016 |
| Pomorskie | 268 | 776 | 124 | 91 | 157 | 164 | 1129 | 50 | 46 | 70 | x | 266 | 61 | 654 | 434 | 780 | 5070 |
| Śląskie | 1132 | 343 | 367 | 205 | 806 | 2982 | 1647 | 992 | 475 | 134 | 458 | x | 715 | 236 | 522 | 382 | 11396 |
| Świętokrzyskie | 307 | 57 | 188 | 27 | 313 | 1110 | 1880 | 49 | 382 | 21 | 128 | 606 | x | 39 | 141 | 72 | 5320 |
| Warmińsko-mazurskie | 206 | 621 | 161 | 69 | 168 | 165 | 1958 | 52 | 70 | 611 | 1927 | 224 | 52 | x | 294 | 199 | 6777 |
| Wielkopolskie | 1179 | 853 | 93 | 620 | 574 | 210 | 1020 | 133 | 70 | 56 | 427 | 336 | 67 | 107 | x | 732 | 6477 |
| Zachodniopomorskie | 435 | 415 | 137 | 609 | 198 | 166 | 922 | 77 | 71 | 53 | 890 | 272 | 72 | 129 | 1198 | x | 5644 |
| Ogółem napływ | 8491 | 4738 | 3328 | 3186 | 4832 | 9552 | 22945 | 2681 | 3390 | 2118 | 7688 | 7744 | 2912 | 3825 | 8364 | 4673 | 1004677 |

Źródło: Rocznik... (2012).

gracji. W dalszym postępowaniu badawczym węzły te będą poddane weryfikacji według kryterium polaryzacji międzyregionalnych powiązań migracyjnych.

Zastosowanie metody największego przepływu

W analizie struktury krajowego systemu regionalnego w układzie 16 regionów (województw) na podstawie powiązań migracyjnych stosuje się jedno z dwu możliwych ujęć w metodzie Nystuena i Dacey'a i przyjmuje się, że pozycję regionu w tym systemie, tj. jego rangę, określa wielkość napływu migracyjnego (suma kolumny w macierzy migracji)⁵. Jako relację istotną regionu *i* traktuje się największy odływ z tego regionu skierowany do regionu *j* (maksymalna wielkość migracji w wierszu *i*) (tab. 2).

Podziału regionów na regiony nadrzędne (węzły) i podporządkowane dokonuje się na podstawie następującej zasady: region jest nadrzędny, gdy otrzymuje

⁵ Założenie to znajduje potwierdzenie w licznych badaniach empirycznych.

Tabela 2. Metoda największego przepływu Nystuena-Dacey'a

| Województwa | Dolnośląskie | Kujawsko-pomorskie | Lubelskie | Lubuskie | Łódzkie | Małopolskie | Mazowieckie | Opolskie | Podkarpackie | Podlaskie | Pomorskie | Śląskie | Świętokrzyskie | Warmińsko-mazurskie | Wielkopolskie | Zachodniopomorskie |
|---------------------|--------------|--------------------|-----------|----------|---------|-------------|-------------|----------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------|---------------------|---------------|--------------------|
| Dolnośląskie * | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Kujawsko-pomorskie | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| Lubelskie | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lubuskie | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Łódzkie | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Małopolskie * | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| Mazowieckie * | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Opolskie | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Podkarpackie | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Podlaskie | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| Pomorskie | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| Śląskie | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Świętokrzyskie | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| Warmińsko-mazurskie | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| Wielkopolskie | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zachodniopomorskie | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Ranga | 3 | 8 | 12 | 13 | 7 | 2 | 1 | 13 | 11 | 16 | 6 | 5 | 14 | 10 | 4 | 9 |

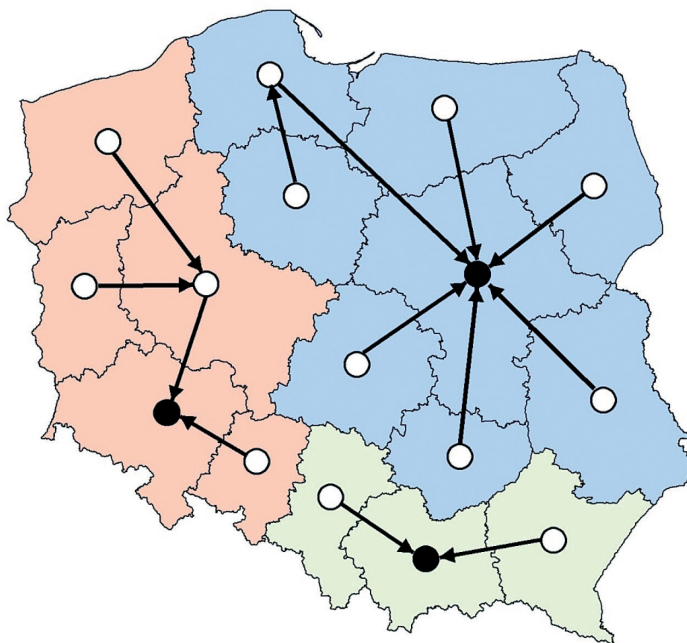
* – regiony nadrzędne

Źródło: opracowanie własne.

najwięcej migrantów z regionów o niższej randze, natomiast jest podporządkowany, gdy najwięcej migrantów napływa do niego z regionu o wyższej randze. Wynikowe układy powiązań z regionem nadrzędnym jako węzłem skupiającym napływ migracyjny przedstawiono na rycinie 2.

W systemie regionalnym kraju wyróżnia się trzy układy powiązań migracyjnych: mazowiecki, małopolski, dolnośląski, których nazwa pochodzi od regionu-węzła. W skład tych trzech układów wchodzi wszystkie regiony kraju. Układy powiązań obejmują regiony spójne przestrzennie. Różnią się pod względem zasięgu przestrzennego. W każdym układzie powiązań region-węzeł skupia napływ migracyjny z kilku regionów. Najbardziej rozbudowany przestrzennie jest układ mazowiecki. Układy składają się z regionów zhierarchizowanych. Relacje skierowane do regionu-węzła mają charakter relacji bezpośrednich lub pośrednich. Ze względu na skalę przestrzenną i rozłączność terytorialną układy powiązań mogą być ujmowane jako makroregiony.

Zastosowanie metody największego przepływu (najsilniejszego powiązania) daje obraz makrostruktury regionalnej kraju w postaci podziału na makroregiony, który jednak w dużym uproszczeniu odzwierciedla rzeczywiste relacje systemo-



Ryc. 2. Układy powiązań w zakresie napływu migracyjnego – metoda Nystuena i Daceya
 Źródło: opracowanie własne.

we. W związku z tym w krytycznym komentarzu należy przedstawić przejawy i przyczyny nieadekwatności tego ujęcia. Są one następujące:

1. Rangowanie regionów według wielkości przepływów w zakresie napływu, tj. operowanie skalą porządkową, oznacza szeregowanie regionów na zasadzie „większego” lub „mniejszego” przepływu. Względna pozycję regionów określa się, nie biorąc pod uwagę różnic między kolejnymi rangami.
2. Redukcja powiązań określonego regionu do jego pojedynczego, najsilniejszego powiązania prowadzi do znacznej straty informacji o rzeczywistych powiązaniach w makroregionie i oznacza przejście od złożonej sieci powiązań międzyregionalnych do zbyt uproszczonego jej obrazu. Pomiaru straty informacji dokonuje się, porównując zredukowaną sieć powiązań w określonym makroregionie z siecią oryginalną. Jako przykład można podać makroregion małopolski, w którym napływ migrantów w zredukowanej sieci (z regionu śląskiego i podkarpackiego) stanowi tylko 52% całości napływu do tego regionu.
3. Różnica między powiązaniem najsilniejszym a drugim czy nawet trzecim pod względem intensywności w przypadku niektórych regionów jest niewielka. Przykładem jest region kujawsko-pomorski z prawie równorzędnym odpływem do trzech regionów: pomorskiego, opolskiego, wielkopolskiego, co może świadczyć o możliwej przynależności tego regionu do kilku makroregionów (tab. 1).
4. Występują duże bezwzględne różnice w wielkości natężenia najsilniejszego powiązania określonego dla każdego regionu.

5. Największy przepływ z regionu i do regionu j jest relacją skierowaną, ponieważ przepływ między dwoma regionami może być najmniejszy dla jednego z nich, ale nie zawsze najmniejszy dla drugiego.

Metoda Nystuena i Daceya jest metodą klasyfikacji regionów na rozłączne klasy. Jednak klasyfikacja regionów według kryterium pojedynczego najsilniejszego powiązania ma charakter podziału systemu regionalnego na trzy części, z których każda jest „odcięta” od pozostałych części systemu regionalnego. W tym ujęciu metodologicznym wynikowe makroregiony nie są podsystemami systemu regionalnego kraju.

Zastosowanie metody maksymalizacji współczynnika determinacji

Analiza struktury systemu regionalnego w świetle powiązań migracyjnych z zastosowaniem metody $\max R^2$ składa się z dwóch etapów.

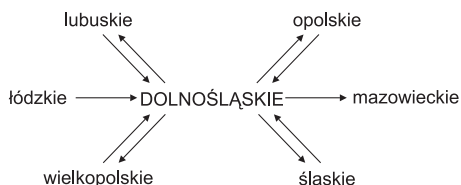
Pierwszy etap obejmuje redukcję powiązań poszczególnych regionów w zakresie odpływu i napływu migracyjnego. Wartość progowa istotności odpływu (w układzie wierszy macierzy migracji) kształtuje się w przedziale $0,734 < R^2 < 0,973$, a w odniesieniu do napływu (w układzie kolumn) w przedziale $0,652 < R^2 < 0,974$ (tab. 3).

Macierze istotnych odpływów (macierz A) i istotnych napływów (macierz B) są macierzami binarnymi (tab. 4, 5).

Należy zwrócić uwagę, że powiązania istotne zarówno w rozkładzie odpływu, jak i napływu do poszczególnych regionów są odpowiednikami ich najsilniejszych powiązań i mają różną wartość bezwzględną, wyrażoną liczbą migrantów. Metoda $\max R^2$ prowadzi do transformacji macierzy migracji w skali interwałowej do macierzy binarnej, co oznacza stratę informacji o intensywności powiązań.

Istotne powiązania regionów w zakresie odpływów (wiersze macierzy A) i napływów (kolumny macierzy B) wyznaczają indywidualne układy powiązań regionów wchodzących w skład badanego systemu regionalnego. Indywidualne układy powiązań 16 regionów, określone na podstawie ich powiązań własnych (own flows, w języku metody), różnią się pod względem składu i wielkości. Najbardziej rozbudowany indywidualny układ powiązań ma region zachodniopomorski (odpływ skierowany do 4 regionów, napływ z 7 regionów), przeciętnie rozbudowany – region dolnośląski, a najsłabiej – region lubelski (odpływ do jednego regionu i napływ z jednego regionu) (ryc. 3).

Indywidualne układy powiązań 16 regionów w wymiarze przestrzennym



Ryc. 3. Indywidualny układ powiązań na przykładzie regionu dolnośląskiego
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Maksymalne współczynniki determinacji – metoda Holmesa i Haggetta

| Województwa | max R ² | |
|---------------------|--------------------|--------|
| | Odpływ | Napływ |
| Dolnośląskie | 0,775 | 0,849 |
| Kujawsko-pomorskie | 0,939 | 0,833 |
| Lubelskie | 0,973 | 0,785 |
| Lubuskie | 0,863 | 0,915 |
| Łódzkie | 0,842 | 0,800 |
| Małopolskie | 0,790 | 0,829 |
| Mazowieckie | 0,654 | 0,652 |
| Opolskie | 0,892 | 0,932 |
| Podkarpackie | 0,835 | 0,797 |
| Podlaskie | 0,912 | 0,974 |
| Pomorskie | 0,831 | 0,762 |
| Śląskie | 0,734 | 0,746 |
| Świętokrzyskie | 0,817 | 0,771 |
| Warmińsko-mazurskie | 0,922 | 0,832 |
| Wielkopolskie | 0,829 | 0,865 |
| Zachodniopomorskie | 0,809 | 0,716 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Macierz A (istotne odpływy)

| Odpływ | Napływ | | | | | | | | | | | | | | Suma | | |
|---------------------|--------------|--------------------|-----------|----------|---------|-------------|-------------|----------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------|---------------------|------|---------------|--------------------|
| | Dolnośląskie | Kujawsko-pomorskie | Lubelskie | Lubuskie | Łódzkie | Małopolskie | Mazowieckie | Opolskie | Podkarpackie | Podlaskie | Pomorskie | Śląskie | Świętokrzyskie | Warmińsko-mazurskie | | Wielkopolskie | Zachodniopomorskie |
| Dolnośląskie | X | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 |
| Kujawsko-pomorskie | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| Lubelskie | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Lubuskie | 1 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| Łódzkie | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Małopolskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Mazowieckie | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| Opolskie | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Podkarpackie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Podlaskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Pomorskie | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| Śląskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Świętokrzyskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Warmińsko-mazurskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 2 |
| Wielkopolskie | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | 5 |
| Zachodniopomorskie | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | X | 4 |
| Suma | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 13 | 1 | 1 | 0 | 4 | 3 | 0 | 2 | 4 | 3 | |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Macierz B (istotne napływy)

| Napływ | Dolnośląskie | Kujawsko-pomorskie | Lubelskie | Lubuskie | Łódzkie | Małopolskie | Mazowieckie | Opolskie | Podkarpackie | Podlaskie | Pomorskie | Śląskie | Świętokrzyskie | Warmińsko-mazurskie | Wielkopolskie | Zachodniopomorskie | Suma |
|---------------------|--------------|--------------------|-----------|----------|---------|-------------|-------------|----------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------|---------------------|---------------|--------------------|------|
| Dolnośląskie | X | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| Kujawsko-pomorskie | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| Lubelskie | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Lubuskie | 1 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| Łódzkie | 1 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Małopolskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Mazowieckie | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 8 |
| Opolskie | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Podkarpackie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Podlaskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Pomorskie | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| Śląskie | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | 1 | 0 | 0 | 1 | 7 |
| Świętokrzyskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Warmińsko-mazurskie | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 3 |
| Wielkopolskie | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | 5 |
| Zachodniopomorskie | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | X | 3 |
| Suma | 5 | 4 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | 5 | 7 | |

Źródło: opracowanie własne.

przyjmują formę koncentryczną i większość z nich cechuje się zwartością przestrzenną. Spójność przestrzenna układów regionalnych: dolnośląskiego, małopolskiego, podkarpackiego, śląskiego, zachodniopomorskiego zaburzają powiązania w zakresie odpływu do regionu mazowieckiego, a w przypadku regionu zachodniopomorskiego również napływ z regionu śląskiego.

Według Holmesa i Haggetta (1977) w poszerzonej procedurze wyodrębniania podsystemów w strukturze systemu regionalnego, po określeniu indywidualnych układów powiązań 16 regionów w etapie pierwszym, kolejnym zadaniem jest określenie roli, jaką odgrywa region i ($i = 1, 2, 3...16$) w kształtowaniu indywidualnych układów powiązań pozostałych regionów systemu.

Punktem wyjścia w drugim etapie procedury jest sformułowanie macierzy $A + B^T$ (T oznacza transponowanie macierzy), oznaczonej symbolem C (tab. 6). W macierzy C bierze się pod uwagę sumy kolumn, które interpretuje się następująco: suma kolumny regionu i ($i = 1, 2, 3...16$) jest wskaźnikiem W_i udziału tego regionu i w obrocie migracyjnym (ze względu na istotny odpływ i istotny napływ) pozostałych regionów systemu. Maksymalna wartość tego wskaźnika dla regionu w systemie złożonym z 16 regionów wynosi $2 \times (16 - 1) = 30$.

Dla przykładu suma kolumny regionu lubelskiego wynosi tylko 3 i wskazuje, że region ten jest istotnym regionem źródłowym i docelowym dla migrantów

regionu mazowieckiego i istotnym regionem źródłowym migracji dla regionu podkarpackiego (tab. 6). Z kolei suma kolumny regionu mazowieckiego wynosi 21, co oznacza, że region ten jest istotnym regionem źródłowym i docelowym migracji dla 8 regionów (16 relacji) i istotnym regionem docelowym dla 5 regionów (5 relacji). Warto zwrócić uwagę, że równocześnie region mazowiecki ma słabo rozbudowany własny indywidualny układ powiązań złożony z 1 regionu napływu i 4 regionów odpływu.

Przyjmuje się, że wartość wskaźnika W_i określa stopień koncentracji powiązań międzyregionalnych w regionie i zarówno jednokierunkowych (odpływ lub napływ), jak i dwukierunkowych i jest miarą oddziaływania regionu i w całym systemie regionalnym. W krajowym systemie regionalnym można wyróżnić regiony o najwyższych wartościach tego wskaźnika. Są to regiony: mazowiecki ($W_i = 21$), śląski ($W_i = 10$), wielkopolski ($W_i = 9$), dolnośląski ($W_i = 7$), pomorski ($W_i = 7$). Wysoka wartość wskaźnika identyfikuje regiony główne w systemie, tj. regiony, które wykazują silną koncentrację międzyregionalnych powiązań migracyjnych i kreują podsystemy regionalne o formie spolaryzowanej. O kształtowaniu się podsystemu decydują przede wszystkim powiązania międzyregionalne

Tabela 6. Macierz powiązań C (istotne powiązania systemowe)

| C = A + BT | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|--------------------|-----------|----------|---------|-------------|-------------|----------|--------------|-----------|-----------|---------|----------------|---------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| | Dolnośląskie | Kujawsko-pomorskie | Lubelskie | Lubuskie | Łódzkie | Małopolskie | Mazowieckie | Opolskie | Podkarpackie | Podlaskie | Pomorskie | Śląskie | Świętokrzyskie | Warmińsko-mazurskie | Wielkopolskie | Zachodniopomorskie | Własne powiązania |
| Dolnośląskie | X | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 10 |
| Kujawsko-pomorskie | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 7 |
| Lubelskie | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Lubuskie | 2 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| Łódzkie | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| Małopolskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| Mazowieckie | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| Opolskie | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Podkarpackie | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | X | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Podlaskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Pomorskie | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 8 |
| Śląskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Świętokrzyskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | X | 0 | 0 | 0 | 5 |
| Warmińsko-mazurskie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 5 |
| Wielkopolskie | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 2 | 10 |
| Zachodniopomorskie | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | X | 11 |
| Regionalne powiązania systemowe | 7 | 5 | 3 | 6 | 3 | 6 | 21 | 2 | 2 | 1 | 7 | 10 | 1 | 5 | 9 | 6 | |

Źródło: opracowanie własne.

o charakterze zwrotnym (w zakresie odpływu i napływu migracyjnego), które stanowią o domknięciu podsystemu, wyznaczającym jego zasięg przestrzenny, tj. jego granice (ryc. 4).

Wynikowy podział krajowego systemu regionalnego jest podziałem na pięć podsystemów. Nazwy podsystemów pochodzą od nazwy regionu głównego w podsystemie (tab. 7, ryc. 5). Na uwagę zasługuje fakt, że w świetle danych migracyjnych regiony główne podsystemów: mazowieckiego, pomorskiego, wielkopolskiego, dolnośląskiego należą do klasy regionów o wysokim dodatnim saldzie migracyjnym. Tylko region małopolski, należący również do tej klasy regionów, nie uzyskał pozycji regionu głównego. Odmienny charakter ma region śląski, który jako region główny podsystemu jest regionem o największym ujemnym saldzie migracyjnym w całym systemie regionalnym.

Jeżeli przy określaniu granic podsystemów uwzględnimy tylko istotne relacje zwrotne (tj. relacje odpływu i napływu) poszczególnych regionów z regionami głównymi, to skład pięciu podsystemów przedstawia się jak na rycinie 5.

Podsystem mazowiecki jest najbardziej rozbudowany i obejmuje 9 regionów Polski środkowej, północnej i wschodniej. Podsystem wielkopolski tworzy 5 regionów Polski północno-zachodniej, podsystem dolnośląski – 4 regiony Polski południowo-zachodniej, podsystem pomorski – 4 regiony Polski północnej i podsystem śląski – 5 regionów Polski południowej (tab. 7, ryc. 5).



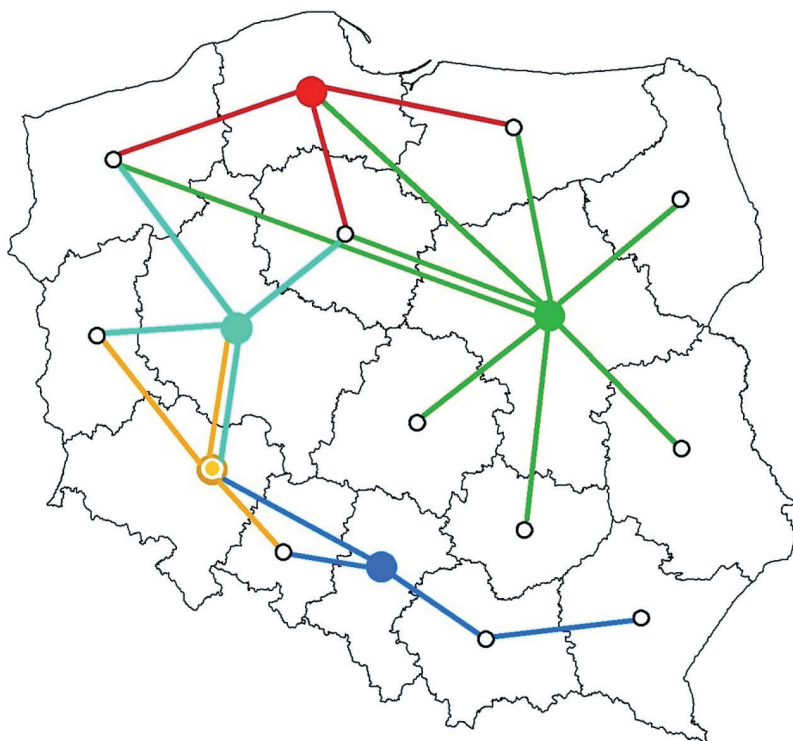
Ryc. 4. Podsystem mazowiecki. Relacje istotne regionów z regionem głównym: ↔ relacja zwrotna (odpływ i napływ), → relacja jednokierunkowa (odpływ)

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7. Podsystemy regionalne i ich skład

| Regiony składowe | Mazowiecki | Śląski | Wielkopolski | Dolnośląski | Pomorski |
|--------------------|------------|--------|--------------|-------------|----------|
| Dolnośląski | | X | X | X | |
| Kujawsko-pomorski | X | | X | | X |
| Lubelski | X | | | | |
| Lubuski | | | X | X | |
| Łódzki | X | | | | |
| Małopolski | | X | | | |
| Mazowiecki | X | | | | |
| Opolski | | X | | X | |
| Podkarpacki | | X | | | |
| Podlaski | X | | | | |
| Pomorski | X | | | | X |
| Śląski | | X | | | |
| Świętokrzyski | X | | | | |
| Warmińsko-mazurski | X | | | | X |
| Wielkopolski | | | X | X | |
| Zachodniopomorski | X | | X | | X |

Źródło: opracowanie własne.



Ryc. 5. Podsystemy regionalne (powiązania zwrotne)

Źródło: opracowanie własne.

Należy zwrócić uwagę, że ze względu na dużą liczbę istotnych powiązań migracyjnych, charakteryzujących poszczególne regiony, wyodrębnione podsystemy nie są rozłączne i pozostają w relacjach: (1) zawierania i (2) zachodzenia na siebie. Spośród wyodrębnionych podsystemów podsystem pomorski zawiera się w podsystemie mazowieckim i reprezentuje drugi poziom złożoności systemu regionalnego. Natomiast zachodzą na siebie wyraźnie dwa podsystemy: wielkopolski i dolnośląski. Efektem jest zarysowująca się tendencja do formowania się złożonego, bipolarnego podsystemu wielkopolsko-dolnośląskiego, o bardziej zrównoważonym układzie powiązań. Wśród regionów będących składnikami podsystemów pojawia się kategoria regionu o przynależności do kilku podsystemów w postaci tzw. regionu stykowego (marginalnego). Do regionów stykowych zalicza się regiony: kujawsko-pomorski, lubuski, opolski, warmińsko-mazurski, zachodniopomorski. Z kolei przynależność regionu podkarpackiego do podsystemu śląskiego nie jest określona na podstawie bezpośredniego powiązania zwrotnego tego regionu z regionem śląskim jako regionem głównym, tylko pośrednio poprzez jego relacje z regionem małopolskim.

Należy podkreślić, że ważnymi aspektami badania struktury systemu regionalnego z zastosowaniem metody $\max R^2$ są:

1. możliwość redukcji skomplikowanych rzeczywistych powiązań systemowych regionu do określonej liczby powiązań istotnych statystycznie;
2. rozróżnienie między własnym indywidualnym układem powiązań regionu (pattern of its own flows) i układem powiązań regionu z pozostałymi regionami systemu (systemwide properties); ten drugi układ odzwierciedla oddziaływanie regionu w całym systemie i określa jego rolę w kształtowaniu się podsystemu;
3. wyodrębnienie podsystemów jako rezultatu analizy całej sieci istotnych relacji międzyregionalnych;
4. nierozłączny podział na podsystemy;
5. podsystemy jako odpowiedniki makroregionów z granicami o systemowej interpretacji. Granice makroregionów ulegają w różnym stopniu pewnemu „rozmyciu”, o czym świadczy „nieostra” przynależność niektórych regionów do poszczególnych makroregionów.

Konkluzja

Uzyskane wyniki poznawcze można rozpatrywać w aspekcie metodologicznym i empiryczno-diagnostycznym. W niniejszym opracowaniu zastosowano równoległe dwie metody taksonomii numerycznej w analizie struktury systemu regionalnego i podjęto próbę oceny ich przydatności badawczej (por. Klapka i in. 2013). Zarówno metoda największego przepływu, jak i metoda $\max R^2$ zakładają uproszczenie sieci powiązań w systemie regionalnym, co jest zabiegiem koniecznym i właściwym ze względu na wysoką złożoność relacji systemowych. Jednak w pierwszej metodzie dokonuje się znacznej redukcji powiązań na podstawie przyjętego z góry założenia dotyczącego „ważności” powiązania, natomiast

w drugiej – operuje się statystycznym parametrem istotności jako obiektywnym kryterium redukcji. Jednak o „wyższości” metody $\max R^2$ decyduje przede wszystkim możliwość realizacji podejścia polegającego na analizie całej sieci istotnych powiązań międzyregionalnych w systemie, co prowadzi do wyodrębnienia podsystemów jako makroregionów.

W aspekcie empiryczno-diagnostycznym osiągnięte wyniki sprowadzają się do próby delimitacji makroregionów Polski. Podział Polski na trzy makroregiony uzyskany metodą Nystuena i Dacey’a i podział na pięć makroregionów dokonany metodą $\max R^2$ są podziałami o pewnym stopniu zbieżności. Stanowią odwzorowanie utrwalonego podziału Polski na część zachodnią, południową i środkowo-wschodnią, zdeterminowanego zasięgiem oddziaływania wykształconych aglomeracji miejskich. Jednak drugi podział, oparty na istotnych powiązaniach makroregionalnych, daje ujęcie systemowe makroregionu i wprowadza kategorię regionu stykowego. „Przydzielenie” regionu stykowego do właściwego makroregionu wymaga jednak kontynuowania badań z zastosowaniem innych niż migracje rodzajów realnych powiązań międzyregionalnych.

Literatura

- Beauguite L. (red.) 2011. Divisions of the world according to flows and networks. Euro Broad Map. Work Package, 5. Seventh Framework Program, European Union.
- Bielecka K. 1962. Badania Johna Weavera nad strukturą przestrzenną rolnictwa. *Przegląd Geograficzny*, 34, 4: 773–779.
- Chojnicki Z. 1961. Analiza przepływów towarowych w układzie międzywojewódzkim. KPZK PAN, Studia, 1.
- Chojnicki Z., Czyż T. 1972. Zmiany struktury regionalnej Polski w świetle przepływów towarowych w latach 1958–1966. *Studia KPZK PAN*, 40.
- Chojnicki Z., Czyż T. 1978. Struktura przestrzenna systemu wojewódzkiego w świetle powiązań migracyjnych. *Archiwum Problemu Międzyresortowego*, 28. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Domański R. 1970. Syntetyczna charakterystyka obszaru. Na przykładzie Okręgu Przemysłowego Konin-Łęczyca-Inowrocław. PWN, Warszawa.
- Holmes J.H., Haggitt P. 1977. Graph theory interpretation of flow matrices: a note on maximization procedures for identifying significant links. *Geographical Analysis*, 9: 388–399.
- Klapka P., Halas M., Tonev P., Bednar M. 2013. Functional regions of Czech Republic: Comparison of simpler and more advanced methods of regional taxonomy. *Acta Universitatis Polackianae Olumecensis – Geographica*, 44, 1: 45–57.
- Nystuen J.D., Dacey M.F. 1961. A graph theory interpretation of nodal regions. *Papers, Regional Science Association*, 7: 29–42.
- Nystuen J.D., Dacey M.F. 1968. A graph theory interpretation of nodal regions. *Geographia Polonica*, 15: 135–151.
- Potrykowska A. 1983. Współzależności między dojazdami do pracy a strukturą społeczną i demograficzną regionu miejskiego Warszawy w latach 1950–1973. *Dokumentacja Geograficzna*, 2.
- Rocznik Statystyczny Województw. 2012. GUS, Warszawa.
- Weaver J.C. 1954. Crop-combination regions in the Middle West. *Geographical Review*, 44: 175–250.

The use of taxonomic methods in the analysis of the structure of the regional system

Abstract: The aim of the paper is the use of numerical taxonomy methods in the study of the macrostructure of regional system and evaluation of their analytical capabilities. In the first part of the paper a mathematical-statistical description of two methods is presented: (1) the method of the largest flow of Nystuen and Dacey (1961), (2) the method of maximizing of the coefficient of determination, developed by Holmes and Haggett (1977). In the second part of paper the proposed methods were parallely applied in the analysis of the Polish regional macrostructure based on interregional migration flows. The evaluation of the cognitive results in the of analysis of regional macrostructure is considered.

Key words: regional macrostructure, regional taxonomy, the method of the largest flow, the method of maximizing of the coefficient of determination, migration flows, subregional systems, macroregions of Poland