

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

---

PRACE GEOGRAFICZNE NR 181

MAREK KUPISZEWSKI

# **MODELOWANIE DYNAMIKI PRZEMIAN LUDNOŚCI W WARUNKACH WZROSTU ZNACZENIA MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH**



WARSZAWA 2002

159. Błażejczyk K., *Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*, 1993, s. 123, 46 il.
160. Krawczyk B., *Typologia i ocena bioklimatu Polski na podstawie bilansu cieplnego ciała człowieka*, 1993, s. 96, 14 il.
161. Banach M., *Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek*, 1994, s. 176, 54 il., 35 fot.
162. Zgliński W., *Kształtowanie się strefy żywicielskiej aglomeracji warszawskiej*, 1994, s. 164, 50 il.
163. Szulc H., *Morfogeneza osiedli wiejskich w Polsce*, 1995, s. 112, 40 il., 1 mapa.
164. Glazik R., *Obieg wody w klimacie kontynentalnym na przykładzie północnej Mongolii*, 1995, s. 190, 65 il.
165. Dąbrowska-Zielińska K., *Szacowanie ewapotranspiracji, wilgotności gleb i masy zielonej łąk na podstawie zdjęć satelitarnych NOAA*, 1995, s. 82, 26 il.
166. Plit J., *Antropogeniczne i naturalne przeobrażenia krajobrazów roślinnych Mazowsza (od schyłku XVIII w. do 1990 r.)*, 1996, s. 135, 45 il.
167. Grzeszczak J., *Tendencje kontrurbanizacyjne w Europie Zachodniej*, 1996, s. 82, 5 il.
168. Bański J., *Przemiany rolniczego użytkowania ziemi w Polsce w latach 1975–1988*, 1997, s. 105, 45 il.
169. Gałązka A., *Sytuacja mieszkaniowa ludności aglomeracji warszawskiej w latach 1970–1988. Zróżnicowania przestrzenne i tendencje zmian*, 1998, s. 154, 26 il.
170. Rykiel Z., *Przemiany struktury społeczno-przestrzennej miast polskich a świadomość terytorialna jego mieszkańców*, 1999, s. 148, 15 il.
171. Taylor Z., *Przestrzenna dostępność miejsc zatrudnienia, kształcenia i usług a codzienna ruchliwość ludności wiejskiej*, 1999, s. 239, 71 il.
172. Bański J., *Obszary problemowe w rolnictwie Polski*, 1999, s. 128, 36 il.
173. Grzeszczak J., *Bieguny wzrostu a formy przestrzeni spolaryzowanej*, 1999, s. 91, 3 il.
174. Kotarba A., Kozłowska A. (red.), *Badania geoekologiczne w otoczeniu Kasprzowego Wierchu*, 1999, s. 132, 32 il., 3 fot., 4 mapy.
175. Taylor Z., *Przekształcenia sieci handlu detalicznego i gastronomii w okresie transformacji społeczno-gospodarczej Polski*, 2000, s. 61, 16 il., 8 fot.
176. Gierszewski P., *Charakterystyka środowiska hydrochemicznego wód powierzchniowych zachodniej części Kotliny Płockiej*, 2000, s. 136, 47 il., 8 fot.
177. Komornicki T., *Potoki towarowe polskiego handlu zagranicznego a międzynarodowe powiązania transportu*, 2000, s. 102, 36 il., 21 tab.
178. Roo-Zielińska E., Solon J. (red.), *Typologia zbiorowisk i kartografia roślinności w Polsce — rozważania nad stanem współczesnym*, 2001, s. 273, 46 il., 32 tab., 6 fot., 2 zał.
179. Roo-Zielińska E., Solon J. (red.), *Między geografią i biologią — badania nad przemianami środowiska przyrodniczego*, 2001, s. 330, 88 il., 31 tab., 20 fot.
180. Krawczyk B., Węclawowicz G. (red.), *Badania środowiska fizyczno-geograficznego aglomeracji warszawskiej*, 2001, s. 147, 42 il., 20 tab.

**POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO**

**\***

**PRACE GEOGRAFICZNE NR 181**



GEOGRAPHICAL STUDIES

No. 181

Marek Kupiszewski

**POPULATION DYNAMICS MODELLING  
UNDER THE INCREASING IMPORTANCE  
OF INTERNATIONAL MIGRATION**



POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

---

PRACE GEOGRAFICZNE NR 181

MAREK KUPISZEWSKI

# **MODELOWANIE DYNAMIKI PRZEMIAN LUDNOŚCI W WARUNKACH WZROSTU ZNACZENIA MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH**



WARSZAWA 2002

<http://rcin.org.pl>

KOMITET REDAKCYJNY

REDAKTOR: GRZEGORZ WĘCŁAWOWICZ  
CZŁONKOWIE: JERZY GRZESZCZAK, BARBARA KRAWCZYK,  
JAN MATUSZKIEWICZ, JERZY PARYSEK

RADA REDAKCYJNA  
BOLESŁAW DOMAŃSKI, ADAM KOTARBA, JAN ŁOBODA,  
ANDRZEJ RICHLING, JAN S. KOWALSKI, ANDRZEJ LISOWSKI,  
EMMON JUDGE, LYDIA COUDROY

Recenzenci tomu:  
IRENA KOTOWSKA  
GRZEGORZ WĘCŁAWOWICZ

Rozdziały 2, 4.4 i 5.3 niniejszej pracy zostały przygotowane w ramach Grantu Komitetu Badań Naukowych nr 6P04E05217, który również współfinansował wydanie niniejszej pracy.

ADRES REDAKCJI:  
Dział Wydawnictw IGiPZ PAN  
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa  
tel.: 697-88-51  
e-mail: e.janko@twarda.pan.pl

Opracowanie redakcyjne: Hanna Deręgowska

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego  
Zagospodarowania PAN im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa 2002

PL ISSN 0373-6547  
ISBN 83-87954-04-7

Łamanie i druk wykonano w Warszawskiej Drukarni Naukowej PAN  
00-656 Warszawa, ul. Śniadeckich 8, tel./fax: 628-87-77

<http://rcin.org.pl>



# SPIS TREŚCI

<b>1. Cel, zakres przedmiotowy i przestrzenny pracy</b>	<b>11</b>
<b>2. Rekonstrukcja metodologiczna rozwoju modeli redystrybucji i dynamiki ludności</b>	<b>15</b>
2.1. Terminologia modeli dynamiki ludności	15
2.2. Klasyfikacja modeli dynamiki ludności	16
2.3. Tradycja demograficzna: od prostych matematycznych modeli dynamiki ludności do modelu kohortowo-składnikowego i prób jego udoskonalenia	17
2.3.1. Proste modele oparte na funkcjach matematycznych	18
2.3.2. Metoda składowych wzrostu	19
2.3.3. Jednoregionalne modele dynamiki ludności uwzględniające strukturę wieku ludności (metoda kohortowo-składnikowa)	20
2.3.4. Modyfikacje modelu kohortowo-składnikowego – uwzględnienie migracji	23
2.3.5. Próba oceny	24
2.4. Tradycja geograficzna w modelowaniu migracji i dynamiki ludności – łańcuchy Markowa	26
2.4.1. Modele migracji i redystrybucji ludności oparte na łańcuchach Markowa	26
2.4.2. Wybrane problemy badawcze i zastosowania modeli opartych na łańcuchach Markowa	28
2.4.2.1. Otwarte łańcuchy Markowa	29
2.4.2.2. Heterogeniczność populacji	31
2.4.2.3. Niestacjonarne macierze przejścia	32
2.4.3. Próba oceny	34
2.5. Integracja tradycji demograficznej i geograficznej: modele wieloregionalne i modele do projekcji ludności w podziale na regiony	36
2.5.1. Modele do wyznaczania projekcji ludności w podziale na regiony	37
2.5.1.1. Od projekcji ludności ogółem do projekcji regionalnych	37
2.5.1.2. Od projekcji regionalnych do projekcji ludności ogółem	38
2.5.1.3. Metody hybrydowe	38
2.5.2. Wieloregionalne modele projekcyjne systemu ludnościowego	39
2.5.2.1. Model Rogersa i jego uogólnienia	39
2.5.2.2. Wieloregionalne modele bilansowe Reesa-Wilsona	44
2.5.2.3. W kierunku integracji modeli bilansowych i modelu Rogersa: rozwój i wybrane problemy badawcze współczesnych modeli wieloregionalnych	49
2.5.3. Próba oceny	54
2.6. Słabości i braki istniejących modeli dynamiki ludności	55



<b>3. Konstrukcja nowego wielopoziomowego wieloregionalnego modelu dynamiki ludności</b>	<b>63</b>
3.1. Przegląd trendów konstrukcji wielonarodowych modeli dynamiki ludności	63
3.1.1. Prognozy i projekcje ludności całego świata lub dużych obszarów ponadnarodowych	64
3.1.2. Prognozy i projekcje ludności wielu krajów jednocześnie	64
3.1.3. Prognozy i projekcje ludności w podziale na regiony, agregowane do poziomu krajów, a następnie do poziomu obszarów ponadnarodowych	65
3.2. Migracje międzynarodowe w wieloregionalnych modelach dynamiki ludności	68
3.2.1. Problem włączenia migracji międzynarodowych do krajowych bilansów ludności w modelach dynamiki ludności	68
3.2.2. Tryb rekrutacji migrantów z regionów kraju źródłowego oraz sposób ich dystrybucji przestrzennej w kraju docelowym	71
3.3. MULTIPOLES (MULTIstate POPulation model for multiLEvel Systems) — nowy wieloregionalny wielopoziomowy model dynamiki ludności	74
3.3.1. Identyfikacja systemu i zdefiniowanie notacji	76
3.3.2. Równania bilansowe modelu	77
3.3.2.1. Równanie bilansowe dla grup wieku $a = 0, u, \dots, A-u$	78
3.3.2.2. Równanie bilansowe dla grupy wieku 00	82
3.3.2.3. Równanie bilansowe dla najstarszej grupy wieku (A+)	83
3.3.3. Równania projekcyjne	84
3.3.4. Metoda szacowania współczynników demograficznych i rozkładu migracji	85
3.3.5. Sposób definiowania scenariuszy	88
3.3.6. Oprogramowanie komputerowe modelu MULTIPOLES	89
3.3.7. Możliwości modyfikacji algorytmu szacowania parametrów modelu: kwestia migracji międzynarodowych	91
<b>4. Implementacja modelu MULTIPOLES dla Europy Środkowo-Wschodniej: zbieranie i estymacja danych</b>	<b>93</b>
4.1. Struktura przestrzenna modelu i Ludnościowy System Informacji Geograficznej	93
4.2. Ponadnarodowe zbiory danych	96
4.3. Specyfikacja danych z 1994 r. niezbędnych do testowania modelu	97
4.3.1. Stany ludności	98
4.3.2. Urodzenia	98
4.3.3. Zgony	98
4.3.4. Migracje wewnętrzne	99
4.3.4.1. Dwa typy danych migracyjnych	99
4.3.4.2. Estymacja brakujących informacji	101
4.3.5. Migracje międzynarodowe	102
4.3.5.1. Migracje między badanymi krajami	104
4.3.5.2. Migracje pomiędzy „resztą świata” a badanymi krajami	109

4.4. Metoda estymacji danych dla 1999 r. na podstawie danych z 1994 r.	109
4.5. Możliwości poprawy dokładności danych wejściowych projekcji . .	110
4.5.1. Statystyka migracji międzynarodowych jako źródło błędów w prognozach ludności . . . . .	110
4.5.2. Niedokładne oszacowanie stanów ludności jako źródło błędów w prognozach demograficznych . . . . .	112
<b>5. Zastosowanie modelu MULTIPOLES do oceny wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę ludności Europy Środkowo- Wschodniej . . . . .</b>	<b>117</b>
5.1. Użyteczność teorii migracji do celów prognostycznych . . . . .	118
5.1.1. Ekonomiczne teorie migracji . . . . .	118
5.1.2. Socjologiczne teorie migracji . . . . .	120
5.1.3. Geograficzne teorie migracji . . . . .	121
5.1.4. Teorie migracji powstałe na gruncie innych nauk . . . . .	122
5.1.5. Ocena użyteczności teorii migracji międzynarodowych do celów prognostycznych . . . . .	122
5.2. Scenariusz przemian migracji międzynarodowych w Europie Środ- kowo-Wschodniej . . . . .	124
5.3. Wpływ migracji międzynarodowych na dynamikę i strukturę ludno- ści . . . . .	127
5.3.1. Wpływ migracji międzynarodowych na ludność państw . .	127
5.3.2. Wpływ migracji międzynarodowych na liczbę i strukturę ludności regionów . . . . .	131
<b>6. Podsumowanie . . . . .</b>	<b>143</b>
6.1. Główne wyniki pracy . . . . .	143
6.2. Wnioski dotyczące wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę ludności krajów i regionów . . . . .	147
6.3. Wnioski dotyczące dalszego rozwoju modeli dynamiki ludności mają- cego na celu redukcję błędów prognoz demograficznych . . . . .	148
6.4. Wnioski dotyczące wpływu jakości danych statystycznych na dokład- ność prognoz demograficznych . . . . .	148
<b>7. Podziękowania . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>Abstract . . . . .</b>	<b>153</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>159</b>



## SPIS RYCIN

Rycina 1: Siatka demograficzna z zaznaczonymi trzema schematami obserwacji zdarzeń demograficznych . . . . .	52
Rycina 2: Zasoby i zbiorowości zdarzeń demograficznych w wyróżnionych grupach wieku w modelu MULTIPOLES . . . . .	78
Rycina 3: Struktura modelu MULTIPOLES . . . . .	90
Rycina 4: Układ przestrzenny, dla którego implementowano model MULTIPOLES . . . . .	94
Rycina 5: Kostka migracyjna . . . . .	102
Rycina 6: Dynamika ludności w latach 1999-2024. Wariant bez migracji międzynarodowych . . . . .	128
Rycina 7: Dynamika ludności w latach 1999-2024. Wariant z migracjami międzynarodowymi . . . . .	129
Rycina 8: Różnica między wskaźnikiem obciążenia demograficznego ludźmi młodymi w 2024 r. w projekcji z migracjami i bez migracji międzynarodowych . . . . .	141
Rycina 9: Różnica między wskaźnikiem obciążenia demograficznego ludźmi starszymi w 2024 r. w projekcji z migracjami i bez migracji międzynarodowych . . . . .	142



## SPIS TABEL

Tabela 1: Tablica bilansowa ludności dla danych ze spisu ( <i>transition approach</i> ) . . . . .	46
Tabela 2: Tablica bilansowa ludności dla danych z rejestracji ( <i>movement approach</i> ) . . . . .	48
Tabela 3: Błąd prognozy Eurostatu z 1980 r. wyrażony w procentach ludności wyjściowej w 1980 r., wynikający z założenia o zerowym saldzie migracji międzynarodowych . . . . .	57
Tabela 4: System migracji w modelach DEMETER i EUROPOP . . . . .	67
Tabela 5: Metody uwzględniania migracji międzynarodowych w modelach dynamiki ludności . . . . .	70
Tabela 6: Rozwinięcie podmacierzy macierzy $M$ odpowiadającej warunkowi $is = js$ . . . . .	81
Tabela 7: Rozwinięcie macierzy $M$ . . . . .	81a
Tabela 8: System migracji w modelu MULTIPOLES . . . . .	86
Tabela 9: System migracji w wieloregionalnym wielopoziomowym modelu projekcji ludności przy założeniu pełnej informacji o migracjach międzynarodowych . . . . .	87
Tabela 10: Lista krajów i liczba regionów w każdym kraju w zastosowaniu modelu MULTIPOLES dla Europy Środkowo-Wschodniej . . . . .	95
Tabela 11: Podstawowe źródła danych migracyjnych w 1995 r. . . . .	100
Tabela 12: Liczba migracji z wybranych krajów Europy Środkowo-Wschodniej do Niemiec według raportów narodowych urzędów statystycznych . . . . .	103
Tabela 13: Macierz migracji międzynarodowych w 1994 r. według statystyk krajów wysyłających i przyjmujących . . . . .	105
Tabela 14: Macierz średnich wartości migracji międzynarodowych w latach 1994–1998; maksymalne wartości według statystyk krajów wysyłających i przyjmujących . . . . .	107
Tabela 15: Macierz średnich wartości migracji międzynarodowych w latach 1997–1999; maksymalne wartości według statystyk krajów wysyłających i przyjmujących . . . . .	108
Tabela 16: Niedoszacowanie surowych współczynników zgonów i urodzeń ogółem oraz dla miast i wsi, obliczone dla 1988 r. na podstawie struktur ludności skorygowanych o niezarejestrowane migracje międzynarodowe oraz na podstawie struktur ludności publikowanych przez GUS . . . . .	114
Tabela 17: Wpływ migracji międzynarodowych na liczbę ludności. Wyniki projekcji w wariancie z i bez migracji międzynarodowych 1999–2024 . . . . .	130
Tabela 18: Charakterystyka regionalnego rozwoju ludności w okresie 1999–2024 w dwóch wariantach projekcji: z uwzględnieniem i bez uwzględnienia migracji międzynarodowych . . . . .	133





## **1. CEL, ZAKRES PRZEDMIOTOWY I PRZESTRZENNY PRACY**

Pierwszym celem niniejszej pracy był przegląd i ocena istniejących metod modelowania i prognozowania dynamiki ludności. Stwierdzono, iż istniejące modele, w tym modele wieloregionalne, nie spełniają oczekiwań dotyczących włączenia migracji międzynarodowych do procesu modelowania przemian ludności. Nie są one przystosowane do modelowania dynamiki ludności wielu państw przy jednoczesnym utrzymaniu podziału tych państw na regiony. Ta obserwacja, w połączeniu ze wzrastającym gwałtownie w ostatnim piętnastoleciu znaczeniem migracji międzynarodowych, wyznaczyła drugi, zasadniczy cel pracy: zbudowanie wieloregionalnego wielopoziomowego modelu dynamiki ludności, który uwzględniałby migracje międzynarodowe, unikając, o ile to możliwe, założeń wątpliwych z metodologicznego punktu widzenia. Wysiłki mające na celu maksymalne zbliżenie modelu dynamiki ludności do rzeczywistości są przedmiotem znacznej części niniejszej pracy. Przygotowanie modelu obejmowało zarówno opracowanie teorii i oprogramowania komputerowego, jak i zebranie danych niezbędnych do implementacji modelu dla systemu 14 krajów Europy Środkowo-Wschodniej.

Ostatnim celem pracy było zastosowanie modelu do oceny wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę ludności państw i regionów Europy Środkowo-Wschodniej. Trzeba jednak podkreślić, że praca ma przede wszystkim charakter metodologiczny (rozwinięcie nowych, ulepszonych narzędzi prognostycznych) a nie empiryczny, w związku z czym ten fragment miał na celu przede wszystkim zilustrowanie działania modelu.

Poniżej przedstawiono zawartość poszczególnych rozdziałów pracy w odniesieniu do podstawowych celów pracy.

Rozdział 2, poświęcony rekonstrukcji metodologicznej rozwoju modeli dynamiki ludności, przedstawia dwie tradycje metodologiczne: demograficzną (rozdział 2.3), skoncentrowaną na procesach wymierania i prokreacji, oraz geograficzną (rozdział 2.4), zorientowaną raczej na proces



migracji i przestrzenną redystrybucję ludności. Tradycje te zeszły się w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych w koncepcjach demografii wieloregionalnej – systemowego opisu dynamiki ludności jako procesu zróżnicowanego w przestrzeni i zależnego zarówno od ruchu naturalnego jak i od migracji (rozdział 2.5). W pracy opisano matematyczne zasady działania modeli w takim zakresie, w jakim było to niezbędne do krytycznej analizy ich stanu i stopnia rozwoju. Pominięto ciągle modele dynamiki ludności i skoncentrowano się na wersjach dyskretnych, które są używane w praktyce. Zrezygnowano z przytaczania dowodów twierdzeń matematycznych leżących u podstaw tych modeli, wychodząc z założenia, że odwoływanie się do nich nie wniesie niczego nowego do naszej wiedzy, ani nie leży w obszarze zainteresowania niniejszej pracy.

Kończący tę część pracy rozdział 2.6 zawiera krytykę stanu rozwoju projekcyjnych modeli dynamiki ludności na początku lat dziewięćdziesiątych oraz identyfikuje zagadnienia, na których powinna skupić się uwaga naukowców w przyszłości. W szczególności omówiono implikacje procesu integracji europejskiej i zwiększającej się roli migracji międzynarodowych dla dynamiki ludności i w konsekwencji dla rozwoju modeli dynamiki ludności. Zwrócono uwagę na konieczność uwzględnienia procesu migracji międzynarodowych w modelowaniu dynamiki ludności i na celowość tworzenia modeli ponadnarodowych.

Zagadnieniom konstrukcji nowego wielopoziomowego wieloregionalnego modelu dynamiki ludności, przeznaczonego do wyznaczania projekcji i prognoz dla wielu krajów jednocześnie, poświęcony jest rozdział 3. Rozpoczyna się on od przeglądu istniejących metod opracowywania ponadnarodowych projekcji i prognoz ludności (rozdział 3.1) i omówienia problemów związanych z uwzględnieniem migracji międzynarodowych (rozdział 3.2). Następnie przedstawiono szczegółowo model MULTIPOLES – nowy wielopoziomowy wieloregionalny model dynamiki ludności (rozdział – 3.3). Pojęcie wieloregionalności w kontekście modeli dynamiki ludności jest znane i nie wymaga wyjaśnień. Warto jednak przypomnieć, że w demografii wieloregionalnej kluczową jednostką przestrzenną analizy jest region. Ta zasada została w pełni uwzględniona w konstrukcji modelu MULTIPOLES. Pojęcie wielopoziomowości, choć intuicyjnie zrozumiałe, jest w tym kontekście nowe i wprowadzone zostało na użytek tego modelu. Wielopoziomowość odnosi się do trzech różnych poziomów, na których dokonujemy pomiaru i modelowania zjawiska migracji. Pierwszy poziom to migracje wewnętrzne, między regionami każdego z modelowanych państw. Drugi poziom odnosi się do migracji międzynarodowych między krajami ujętymi w modelu, a więc wewnątrz systemu. Trzeci poziom to migracje międzynarodowe między grupą państw ujętych w modelu a „resztą świata”, czyli spoza rozważanego systemu. Omówienie modelu obejmuje sformułowanie równań bilansowych i projekcyjnych, opis metody szacowania współczynników demograficznych i roz-

kładu regionalnego migracji oraz sposobu definiowania scenariuszy. Na zakończenie krótko scharakteryzowano program komputerowy MULTIPOLES i przedstawiono perspektywy modyfikacji modelu w przyszłości.

Rozdział 4 dotyczy implementacji modelu MULTIPOLES dla układu krajów Europy Środkowo-Wschodniej (Austria, Białoruś, Estonia, Czechy, Litwa, Łotwa, Mołdawia, Niemcy, Polska, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Ukraina i Węgry), obejmującego w sumie ponad 150 regionów. Omówiono problemy konstrukcji Ludnościowego Systemu Informacji Geograficznej, w którym zgromadzono dane dla modelu i wyniki jego działania. Scharakteryzowano źródła danych i przedyskutowano kwestię szacowania brakujących danych. Krytyczne uwagi na temat dokładności statystyki ludnościowej, zwłaszcza danych dotyczących migracji międzynarodowych i stanów ludności, stanowią zakończenie rozdziału.

Zastosowanie modelu MULTIPOLES do oceny wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę ludności państw i regionów omówiono w rozdziale 5. W pierwszej części opisano krótko najważniejsze teorie migracji i przedyskutowano ich przydatność do celów prognostycznych. W dalszej części sformułowano scenariusz przemian migracji międzynarodowych oraz porównano wyniki dwóch wariantów projekcji: z uwzględnieniem migracji i bez ich uwzględnienia.

Rozdział 6 zawiera podsumowanie osiągnięć pracy i wnioski. W rozdziale tym zrekapitulowano przesłanki teoretyczne i zasady metodologiczne tworzenia modelu MULTIPOLES oraz przedstawiono wnioski dotyczące wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę ludności krajów i regionów, sugestie dotyczące dalszego rozwoju modeli dynamiki ludności oraz wnioski odnośnie wpływu jakości danych statystycznych na dokładność prognoz demograficznych.







## 2. REKONSTRUKCJA METODOLOGICZNA ROZWOJU MODELI REDYSTRYBUCJI I DYNAMIKI LUDNOŚCI

### 2.1. TERMINOLOGIA MODELI DYNAMIKI LUDNOŚCI

Celem badacza tworzącego **model dynamiki ludności** jest określenie elementów systemu ludnościowego i zależności (interakcji) między tymi elementami, a następnie opisanie ich za pomocą formuł matematyczno-statystycznych. Jest to zgodne z koncepcją L. Henry'ego (1972), który przez model demograficzny rozumie opis rozwoju populacji w określonych warunkach. Model może posłużyć do przedstawienia przyszłego zachowania systemu przy założeniu niezmienności trendów obserwowanych w przeszłości lub ściślej w pewnym, na ogół krótkim, okresie. Procedura ta zwana jest w literaturze anglosaskiej **projekcją ludności**, choć terminologia nie jest całkowicie jednoznaczna (Kotowska 1994a). Dla celów poznawczych można przyjąć pewne, odmienne od obserwowanych w przeszłości trajektorie zmian trendów ludnościowych w przyszłości i przeprowadzić projekcje zachowania systemu przy tych założeniach, co prowadzi do badania symulacyjnego czy **projekcji symulacyjnej** (Kotowska 1991). Autorzy *Methods for projections of urban and rural population* (United Nations 1974) nazywają symulację systemu ludnościowego **projekcją teoretyczną** (*theoretical projection*) lub **projekcją modelową** (*model projection*). Symulacje mogą służyć do ostrzegania przed niepożądanymi konsekwencjami obserwowanych lub założonych trendów demograficznych (Cieślak 1993).

Jeśli uznamy, że zajęcie przyjętego zestawu założeń jest najbardziej prawdopodobne, to taką symulację będziemy zwać **prognozą** (Shryock, Siegel 1976). H. ter Heide (1984) używa w tym znaczeniu terminu prawdopodobna projekcja, co wprowadza dodatkowy zamęt pojęciowy. J. Z. Holzer (1986, 1999) pisze o prognozach studialnych w takim sensie, w jakim w niniejszym rozdziale używany jest termin symulacja, natomiast

terminowi prognoza odpowiada u Holzera termin **prognoza najbardziej prawdopodobna**.

W wielu przypadkach w literaturze termin **projekcja ludności** ma bardzo szerokie znaczenie i obejmuje także prognozy. N. Keyfitz (1972) zwraca uwagę na fakt, że wielu badaczy, pomimo iż teoretycznie widzi różnicę między projekcją a prognozą, w praktyce utożsamia te dwa pojęcia. M. A. Stoto (1983) w swoim artykule dotyczącym dokładności projekcji ludnościowych stwierdza wręcz: „...wszystkie projekcje ludnościowe traktować będziemy jako predykcje, a zatem gdy mowa będzie o dokładności projekcji ludnościowych rozumiemy przez to pojęcie dokładność, z jaką przewidziano liczbę ludności”, mimo iż gdzieś indziej podkreśla, że projekcja i predykcja to nie są te same pojęcia.

W niniejszej pracy będziemy używali terminu **projekcja ludności** w sensie ekstrapolacji w przyszłość trendów obserwowanych w przeszłości lub w sensie projekcji symulacyjnej. W odniesieniu do modeli będących podstawą projekcji ludności będziemy stosować jako synonimy terminy **modele projekcyjne** i **modele dynamiki ludności**. Termin: **prognoza ludności** używany będzie w takim sensie, w jakim zdefiniowali go H. Shryock i J. Siegel (1976).

## 2.2. KLASYFIKACJA MODELI DYNAMIKI LUDNOŚCI

Modele dynamiki ludności, rozumiane tutaj jako zbiór algorytmów i wzorów matematycznych opisujących przemiany systemu ludnościowego i służących do sporządzania projekcji, symulacji i prognoz ludności, można klasyfikować na wiele sposobów. Poniżej przedstawione zostaną niektóre najczęściej spotykane kryteria klasyfikacji. Zostały one wyróżnione w tekście wytłuszczoną czcionką.

Najważniejszym kryterium klasyfikacji modeli dynamiki ludności są **czynniki determinujące** w ocenie badacza **rozwój ludności**, stanowiące zmienne niezależne modelu. Z tego punktu widzenia wyróżniać będziemy modele demograficzne, ekonomiczne, biologiczne itd. oraz modele złożone, uwzględniające oddziaływanie wielu różnorodnych czynników determinujących rozwój ludności.

Istotna, zwłaszcza dla geografa, jest **przestrzenna skala badania**. Wyróżniamy modele do projekcji i prognoz ludności w skali makro, mezo i mikro. Pierwsze dwie kategorie modeli dynamiki ludności mają bogatą tradycję, natomiast modele do projekcji mikroskalowych są stosunkowo nowym polem badań. Ostatnio badacze brytyjscy i holenderscy poświęcili temu zagadnieniu więcej uwagi (Duley, Rees, Clarke 1988; Rees, Rees 1990, van Imhoff, Post 1998).

W demografii terminy mikro i makro odnoszą się nie do jednostek przestrzennych, lecz do poziomu rejestracji zdarzeń: pierwszy termin odnosi się do rejestracji zdarzeń jednostkowych, dotyczących poszczegól-



nych osób, drugi do rejestracji sumarycznego efektu wszystkich zdarzeń w pewnej populacji.

Kolejnym czynnikiem różnicującym modele jest **liczba cech charakteryzujących ludność** (liczba wymiarów). Należy wyróżnić modele liczby ludności ogółem i modele liczby i struktury ludności według wieku, płci, ewentualnie innych cech, niekoniecznie demograficznych (por. Paradyś 1981; Land, Rogers 1982a, b). Teoria modeli wielowymiarowych umożliwia rozważenie subpopulacji o bardzo szczegółowo określonej charakterystyce (Keyfitz 1980). Można też dzielić modele, wychodząc od liczby regionów, które są brane pod uwagę, na modele jednoregionalne i modele odnoszące się do wielu regionów.

W dalszej części niniejszej pracy skupimy się wyłącznie na demograficznych modelach dynamiki ludności. Podział uwzględniający liczbę wymiarów, w jakich zachodzą procesy ludnościowe, posłuży jako element porządkujący rekonstrukcję rozwoju metod modelowania. Będziemy mówić o modelach jednoregionalnych, gdy przedmiotem zainteresowania będzie tylko jeden region lub kraj. O modelach w przekroju wielu regionów, czy w podziale na regiony będziemy mówić, gdy model obejmuje wiele regionów, które nie są ze sobą powiązane i nie mają wbudowanego mechanizmu interakcji pomiędzy regionami. Termin: modele wieloregionalne zarezerwowany będzie dla węższej klasy modeli projekcyjnych, dla tych mianowicie, w których w sposób integralny i systemowy włączono migracje ludności jako element łączący ze sobą populacje regionalne. A zatem liczba i struktura ludności w każdym z regionów zależna jest od liczby i struktury ludności we wszystkich innych regionach. Oczywiście wyniki działania tych modeli również otrzymuje się w układzie regionalnym.

Przy opisie poszczególnych modeli pozostawiono notację użytą w oryginalnie przez autorów cytowanych prac, każdorazowo objaśniając starannie znaczenie wszystkich zmiennych. W rezultacie w rozdziale 2 zastosowano niejednorodną notację. Dopiero w opisie skonstruowanego przez autora modelu MULTIPOLES stosowano konsekwentnie ujednoliconą notację przedstawioną w rozdziale 3.3.1.

### **2.3. TRADYCJA DEMOGRAFICZNA: OD PROSTYCH MATEMATYCZNYCH MODELI DYNAMIKI LUDNOŚCI DO MODELU KOHORTOWO-SKŁADNIKOWEGO I PRÓB JEGO UDOSKONALENIA**

W modelowaniu ludności tradycja demograficzna koncentrowała się na zagadnieniach reprodukcji ludności. Poniżej przedstawimy wybrane modele matematyczne i demograficzne (metoda składowych wzrostu i metoda kohortowo-składnikowa) mając na celu prześledzenie ich rozwoju, z naciskiem na modele o wysokim stopniu złożoności. Obszerny i wyczerpujący przegląd prostych modeli projekcyjnych przedstawił W. Isard (1960).

### 2.3.1. PROSTE MODELE OPARTE NA FUNKCJACH MATEMATYCZNYCH

Najprostszą technicznie metodą projekcyjną jest użycie modelu matematycznego powstałego przez przyjęcie założenia, że liczba ludności danego regionu zmienia się w czasie zgodnie z przebiegiem pewnej funkcji matematycznej.

$$P(t+h) = f(P(t), h),$$

gdzie:  $P(t)$  – liczba ludności w chwili  $t$ ;  $h$  – upływ czasu od chwili  $t$ .

Charakterystyka funkcji  $f$  odzwierciedla w kategoriach ilościowych demograficzne, społeczne, ekonomiczne i biologiczne czynniki determinujące wzrost liczby ludności. Możliwy jest dobór funkcji dostatecznie wiernie odzwierciedlającej przebieg procesu wzrostu ludności w przeszłości, natomiast nigdy nie ma gwarancji, czy w przyszłości ta zgodność nadal będzie zachowana.

Obszerny zestaw przykładów zastosowań różnych funkcji matematycznych zawarty jest w pracy W. Isarda (1960). Do modelowania dynamiki ludności ogółem najczęściej stosowane są funkcje wykładnicze, logistyczne (nasyceń) i wielomianowe. Przytoczmy poniżej jeden przykład funkcji używanej do modelowania wzrostu ludności ogółem, a mianowicie funkcję wykładniczą. Przyjmijmy tu intuicyjnie oczywisty fakt, że  $t$ ,  $h$  i  $P(t)$  są dodatnie. Funkcja wykładnicza dana jest wzorem:

$$P(t+h) = P(t) b^h.$$

Funkcja ta jest określona dla  $b > 0$ . Dla  $0 < b < 1$  jest ona malejąca, dla  $b = 1$  – stała, a dla  $b > 1$  – rosnąca. Gdy  $b > 1$ , ze wzrostem wartości argumentu  $h$  wartości funkcji rosną do  $+\infty$ , co powoduje, że funkcje tego typu mogą być użyte do prognozowania liczby ludności jedynie z wielką ostrożnością. Szybkość wzrostu zależy od wartości  $b$  – gdy jest ono bliskie jedności szybkość ta jest niewielka, ale wzrasta raptownie ze wzrostem  $b$ . Gdy  $0 < b < 1$ , funkcja maleje i przybiera wartości z przedziału  $(0, P(t))$ , zatem może być użyta do prognozy liczby ludności takich obszarów, na których obserwujemy procesy depopulacyjne. Aby uniknąć kłopotów interpretacyjnych związanych z asymptotycznym zbieganiem takiej funkcji do 0, można posłużyć się funkcją postaci:

$$P(t+h) = k + ab^h,$$

gdzie:  $a, k > 0$ ,  $0 < b < 1$ . Wtedy zbiorem wartości funkcji jest przedział  $(k, P(t))$ , a dolną asymptotą jest  $k$ .



Klasycznym i bardzo znanym zastosowaniem funkcji wykładniczej do oszacowania wzrostu liczby ludności jest prawo Malthusa dotyczące wykładniczego wzrostu liczby ludności, które w formie matematycznej może być przedstawione za pomocą wzoru (Isard 1960):

$$P(t+h) = P(t) e^{rh},$$

gdzie  $e$  jest podstawą logarytmu naturalnego, a  $r$  stałym współczynnikiem.

Dla modeli wykładniczych często używany jest zapis:

$$P(t+h) = P(t)(1+r)^h,$$

gdzie  $r$  oznacza średnią roczną stopę wzrostu obliczoną na podstawie danych obserwowanych.

Dopasowanie krzywych wykładniczych do danych obserwowanych jest stosunkowo proste – wartość wskaźnika  $r$  można oszacować na podstawie wyników dwóch kolejnych spisów powszechnych lub też, co jest najlepszym rozwiązaniem, dopasować krzywą do serii danych obserwowanych, na przykład z rejestracji ludności. Ponieważ stopa wzrostu ludności zmienia się na ogół z upływem czasu, zaleca się stosowanie funkcji wykładniczych do projekcji krótko- lub średnioterminowych.

### 2.3.2. METODA SKŁADOWYCH WZROSTU

Nim przejdziemy do dalszej dyskusji niezbędna jest krótka uwaga dotycząca stosowanego nazewnictwa modeli. W niniejszej pracy przyjmujemy terminologię zaproponowaną przez H. Shryocka i J. Siegla (1976) oraz przez amerykańskie Biuro Spisów (Hollmann, Mulder, Kallan 2000), którzy odróżniają metodę składowych wzrostu (*component method*) od metody kohortowo-składnikowej (*cohort-component method*), traktując tę drugą jako specjalny przypadek tej pierwszej. Metoda składowych wzrostu opiera się na równaniu bilansowym i w najprostszym przypadku dotyczy ludności ogółem. Metoda kohortowo-składnikowa, wywodząca się z modelu Lesliego, uwzględnia dodatkowo czynnik wieku. W polskiej literaturze używa się w tym kontekście terminu metoda składnikowa (Holzer 1999; Zasępa, Bolesławski, Olko 1983). Niniejszy i następny rozdział mają na celu przedstawienie obu metod.

Demograficzna metoda składowych wzrostu jest bardziej zaawansowana niż zasygnalizowane powyżej proste modele oparte na funkcjach matematycznych, uwzględnia bowiem rolę, jaką odgrywają urodzenia, zgony i migracje we wzroście liczby ludności, a zatem znacznie głębiej wchodzi w mechanizmy zmian demograficznych. Stosowanie jej wymaga większej ilości danych niż stosowanie metod matematycznych. W metodzie tej (Shryock, Siegel 1976) opracowuje się oddzielną prognozę lub projekcję

składowych wzrostu (w modelu zamkniętym – liczby urodzeń i zgonów, a w modelu otwartym również liczby migrantów) dla kolejnych lat, a następnie oblicza się liczbę ludności w kolejnych momentach na podstawie równania bilansowego:

$$P(t+h) = P(t) + B(t,t+h) - D(t,t+h) + IM(t,t+h) - OM(t,t+h),$$

gdzie:

- $P(t)$  i  $P(t,t+h)$  – liczby ludności w chwili  $t$  i  $t+h$ ,
- $B(t,t+h)$  – liczba urodzeń w okresie od  $t$  do  $t+h$ ,
- $D(t,t+h)$  – liczba zgonów w okresie od  $t$  do  $t+h$ ,
- $IM(t,t+h)$  i  $OM(t,t+h)$  – odpowiednio liczba imigrantów i emigrantów w okresie od  $t$  do  $t+h$ .

W modelu zamkniętym dwa ostatnie człony równania są pomijane, co oznacza, że zakłada się brak napływu ludności do i odpływu ludności z badanego regionu. Niejednokrotnie zamiast liczby imigrantów i emigrantów używana jest w powyższym wzorze liczba migrantów netto.

Wadą prostego modelu składowych wzrostu jest brak powiązania zmian składowych wzrostu ze zmianami struktury wieku ludności. Może być on stosowany w przypadku braku danych demograficznych zdezagregowanych według wieku. Ponieważ demograficzne zachowania ludności zdeterminowane są w bardzo silnym stopniu jej strukturą wieku, w dalszej analizie skoncentrujemy się na bardziej wyrafinowanych modelach, które ją uwzględniają.

### 2.3.3. JEDNOREGIONALNE MODELE DYNAMIKI LUDNOŚCI UWZGLĘDNIAJĄCE STRUKTURĘ WIEKU LUDNOŚCI (METODA KOHORTOWO-SKŁADNIKOWA)

Metoda kohortowo-składnikowa (*cohort-component method*) uwzględnia postulat, aby związać struktury wieku ludności z dynamiką jej zmian. Model implementujący tę metodę zaproponowany został przez P. H. Lesiego (1945), jednakże J. Józwiak (1985) zauważyła, że podobne modele sformułowali wcześniej H. Bernardelli (1941) i P. H. Lewis (1942). W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych sformalizowana postać modelu kohortowo-składnikowego została przedstawiona za pomocą zapisu macierzowego w wielu pracach, między innymi przez N. Keyfitza (1968, 1977) i A. Rogersa (1968, 1975), a w Polsce przez J. Józwiak (1985).

Punktem wyjścia do przygotowania projekcji tego typu jest zebranie danych dotyczących liczby ludności zamieszkującej dany region, w podziale na wiek i płeć oraz danych dotyczących płodności i umieralności. W modelu czas traktowany jest jednolicie, co oznacza, że rozpiętość grup wieku wyznacza długość projekcji, czyli interwały, w jakich model



będzie generować wyniki: jeśli dane demograficzne przygotowane były dla pięcioletnich grup wieku, wyniki projekcji można uzyskać po 5, 10, 15 itd. latach od roku wyjściowego projekcji.

Model pierwotnie zaprojektowany był do obliczania tylko liczby ludności żeńskiej (*female dominant model*). Można go przedstawić za pomocą wzoru macierzowego:

$$P(t+h) = GP(t),$$

gdzie:  $G$  – macierz wzrostu, zwana też macierzą Lesliego;  $P(t)$  – wektor rozkładu ludności żeńskiej według wieku. Elementy tego wektora  $P_i(t)$  oznaczają liczbę ludności w  $i$ -tej grupie wieku (rozważamy  $r+1$  grup wieku numerowanych od 0 do  $r$ ) w chwili  $t$ .  $h$  oznacza długość kroku projekcji i jednocześnie rozpiętość wszystkich grup wieku z wyjątkiem ostatniej, która jest otwarta. Macierz  $G$  ma postać:

$$G = \begin{bmatrix} 0 & \dots & f_{\alpha-1} & \dots & f_{\beta} & 0 & \dots & 0 \\ s_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & s_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & & & & \ddots & \vdots \\ \vdots & & & & & & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & s_{r-1} & 0 \end{bmatrix}$$

$f_i$  oznacza współczynnik płodności w  $i$ -tej grupie wieku wymnożony przez współczynnik dożycia noworodków do końca interwału projekcyjnego, a  $\alpha$  i  $\beta$  odpowiednio najmłodszą i najstarszą prokreacyjną grupę wieku;  $s_i$  oznacza frakcję osób w  $i$ -tej grupie wieku dożywających do  $i+1$ -ej grupy wieku.

Sposób oszacowania parametrów modelu, w szczególności wartości  $s_i$  i  $f_i$  przedstawiony jest szczegółowo w pracy J. Józwiak (1985).

W drugim kroku projekcji, w momencie  $t+2h$  wektor rozkładu ludności będzie miał postać:

$$P(t+2h) = GGP(t),$$

a po  $n$  krokach:

$$P(t+nh) = G^n P(t).$$

Interesującym i ważnym z teoretycznego punktu widzenia problemem jest istnienie wektora granicznego  $G^n P(t)$  gdy  $n \rightarrow \infty$ . P. H. Leslie

(1945) a później J. H. Pollard (1973) i N. Keyfitz (1968), a z polskich autorów J. Józwiak (1983a, 1985), zajmowali się wyznaczaniem warunków istnienia wektora granicznego. Dowodzą oni, że wektor graniczny, zwany ludnością ustabilizowaną lub stabilną, ma postać:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} G^n P(t) = \lambda^n Y P_\infty.$$

Wektor  $P_\infty$  odzwierciedla strukturę wieku ludności ustabilizowanej i jest niezależny od rozkładu ludności początkowej  $P(t)$ , natomiast zależy od kombinacji dwóch czynników: cząstkowych współczynników płodności i zgonów obserwowanej w chwili  $t$  w populacji wyjściowej. Współczynnik wzrostu ludności ustabilizowanej jest stały i nazywany jest istotnym współczynnikiem wzrostu (Wielojęzyczny słownik demograficzny 1969) lub współczynnikiem przyrostu naturalnego Lotki (Holzer 1969; Paradysz 1980). Również współczynniki zgonów i urodzeń ludności ustabilizowanej, zwane istotnymi współczynnikami zgonów i urodzeń, są stałe i niezależne od wyjściowej struktury populacji. Mogą więc z powodzeniem zastępować współczynniki standaryzowane, nad którymi mają taką przewagę, że nie są związane z żadną wzorcową strukturą ludności, która służyłaby do standaryzacji. Ich porównywalność jest więc dużo bardziej uniwersalna. J. Paradysz (1980) docenia współczynniki istotne za łatwość i jednoznaczność w interpretacji, czułość na zmiany składowych wzrostu i informowanie o długotrwałych trendach rozwojowych. Nie są to jednak mierniki zgonów i urodzeń popularne w demografii z co najmniej dwóch powodów: ich obliczanie wymaga dużej ilości danych i jest bardziej złożone z koncepcyjnego i matematycznego punktu widzenia niż obliczanie współczynników standaryzowanych.

Model przedstawiony powyżej zakłada, że najstarsza, otwarta grupa wieku wymrze całkowicie w każdym kroku projekcji. Najprostszą modyfikacją modelu, mającą na celu jego zbliżenie do rzeczywistości, jest wstawienie różnego od zera prawdopodobieństwa dożycia członków najstarszej grupy wieku w prawym dolnym rogu macierzy wzrostu. Inną, nieco sztuczną metodą (Rogers 1985) jest takie modyfikowanie wartości  $s_{r-1}$ , aby kompensowała ona nieprawdziwe założenie o kompletnym wymarciu najstarszej grupy wieku w każdym kroku projekcji.

Choć model kohortowo-składnikowy zaprojektowany jest do projekcji liczby kobiet, w praktyce bywa używany do modelowania ludności ogółem. W tym przypadku współczynniki płodności obliczane są w stosunku do całej ludności w danej grupie wieku. Z metodologicznego punktu widzenia nie jest to postępowanie prawidłowe. Model kohortowo-składnikowy jest jednym z najpopularniejszych modeli projekcyjnych. Model ten zastosowany był na przykład przez J. Józwiak (1985) do projekcji ludności Polski.



Również GUS w swoich prognozach posługiwał się modelem kohortowo-składnikowym wzbogaconym o możliwość wprowadzania scenariuszy zmian składowych wzrostu oraz uwzględniania migracji między regionami po wykonaniu każdego kroku prognozy (Aleksińska 1973). Podobny model użyty był przez J. Z. Holzera (1990) w szeregu projekcji ludności Polski oraz w prognozie przygotowanej niedawno przez Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową (Kotowska, Serek i Toński 1999; Kotowska 1999). Obecnie model ten jest powszechnie używany do sporządzania narodowych prognoz ludności w krajach uprzemysłowionych. Według H. Cruijnsena i N. Keilmana (1992) używały go wszystkie kraje objęte przez nich badaniem ankietowym w końcu lat osiemdziesiątych.

### 2.3.4. MODYFIKACJE MODELU KOHORTOWO-SKŁADNIKOWEGO – UWZGLĘDNIENIE MIGRACJI

Przedstawiony powyżej model odnosi się do populacji zamkniętej, w której zakłada się brak odpływu lub napływu migrantów do regionu, co jest istotnym i mało realistycznym ograniczeniem. Dlatego do modelu tego wprowadzono korekty mające na celu uwzględnienie ruchu wędrownego ludności:

$$P(t+h) = GP(t) + M(t,t+h),$$

gdzie  $M(t,t+h)$  oznacza wektor sald migracji według wieku w okresie  $(t,t+h)$ .

$P(t+h)$  jest wtedy wektorem rozkładu ludności według wieku skorygowanym o te salda migracji. Ta wersja modelu spotykana jest często, zwłaszcza w pracach państwowych urzędów statystycznych (Cruijnsen, Keilman 1992; van Imhoff, van Wissen, Spieß 1994; van der Gaag, van Imhoff, van Wissen 1997c). Jej podstawową niedogodnością jest całkowite zaniedbanie w modelu zarówno procesu prokreacji, jak i wymierania w subpopulacji migrantów, którzy migrowali w czasie  $(t,t+h)$ . Dla takich krajów, jak Luksemburg czy Niemcy, gdzie liczba imigrantów jest znaczna, zaniedbanie to może być przyczyną istotnych błędów modelu (Rees i in. 1999).

Nieco inny, bardziej naturalny sposób uwzględnienia salda migracji w danym regionie zaproponował A. Rogers (1971). Zaproponował on model, który różni się od modelu kohortowo-składnikowego postacią macierzy wzrostu:

$$G = \begin{bmatrix} 0 & \dots & f_{\alpha-1} & \dots & f_{\beta} & \dots & 0 \\ s_0 + m_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & s_1 + m_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & & & \ddots & \vdots \\ \vdots & & & & & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & s_{r-1} + m_{r-1} & 0 \end{bmatrix}$$

W modelu tym  $f_i$  i  $s_i$  zdefiniowane są jak w klasycznym modelu kohortowo-składnikowym, a  $m_i$  oznacza współczynnik migrantów netto w  $i$ -tej grupie wieku dożywających do  $i+1$ -ej grupy wieku. Na podstawie współczynników ruchu wędrownego ludności lub częściej na podstawie sald migracji na 1000 mieszkańców oszacowuje się straty lub zyski migracyjne w każdej z grup wieku. Modyfikacja A. Rogersa testowana była przez niego (1971) na danych odnoszących się do Islandii.

Model ten ma jedną zasadniczą wadę: używa współczynnika migracji netto. Samo pojęcie migracji netto jest tworem czysto statystycznym, podającym migracyjne zyski lub straty danego regionu w określonym czasie. Z powodzeniem może być ono używane do opisu systemu migracyjnego układów przestrzennych. Przeliczenie migracji netto na jednego lub tysiąc mieszkańców również może służyć do celów opisowych. Nie istnieje jednak prawidłowo zdefiniowany współczynnik migracji netto (Rogers 1990). Wynika to z podstawowej i fundamentalnej zasady konstrukcji współczynników demograficznych: określa się je jako stosunek liczby zdarzeń do liczby osób, które mogły tych zdarzeń doświadczyć. W przypadku migracji netto trudno mówić jednoznacznie o jakichś zdarzeniach. Gdy migracja netto wynosi sto, może to być efektem napływu stu osób przy braku odpływu lub też napływu pięćdziesięciu tysięcy stu osób przy odpływie pięćdziesięciu tysięcy osób. W pierwszym przypadku jest więc efektem stu, w drugim stu tysięcy stu migracji.

Liczne opisy stosowania różnych modyfikacji metody kohortowo-składnikowej można znaleźć w pracy D. Pittengera (1976) oraz w opracowaniach *Methods for projections of urban and rural population* (United Nations 1974) i *Methods for population projections by sex and age* (United Nations 1956). Przeglądu metod prognostycznych stosowanych przez państwowe urzędy statystyczne dokonali N. Keilman (1988) oraz N. Keilman i H. Crujlsen (1992).

### 2.3.5. PRÓBA OCENY

Modele bazujące na funkcjach matematycznych są najprostsze ze wszystkich modeli projekcyjnych, nie wymagają też dużego wysiłku przy



zbieraniu danych i nie są pracochłonne. Zaleca się używanie ich wszędzie tam, gdzie brak jest informacji o ruchu naturalnym i wędrownym, oraz w przypadku braku wykwalifikowanych specjalistów, którzy mogliby stosować metody o wysokim stopniu złożoności. W rezultacie modele te były zalecane głównie krajom trzeciego świata. Nie ma żadnych ograniczeń odnoszących się do wielkości badanego obszaru. Jednak K. Tekse (1975) zwraca uwagę, że zastosowanie metod matematycznych do prognozy liczby ludności małych obszarów może przynosić gorsze wyniki niż stosowanie ich do prognozy liczby ludności obszarów dużych i wielkich.

Modele wykorzystujące funkcje matematyczne, mimo swojej prostoty, mają szereg wad. Słabością tych modeli jest ich arbitralność. Zmiana klasy funkcji może radykalnie zmienić wyniki prognozy. Ponadto nie biorą one pod uwagę ani uwarunkowań demograficznych, ani społecznych czy ekonomicznych i mogą dawać znaczne błędy w prognozowaniu. Oddzielenie modelu od jakiejkolwiek konceptualizacji modelowanego procesu wydaje się być wadą szczególnie istotną.

W związku z powszechną poprawą statystyk ludnościowych i komputeryzacją, zarówno procesu przygotowania danych jak i ich dystrybucji, metody wyznaczania prognoz i projekcji ludności opierające się na funkcjach matematycznych w większości krajów straciły popularność na rzecz metod bardziej złożonych i jednocześnie dokładniejszych. Jednym z możliwych rozwiązań są metody demograficzne, łączące dynamikę rozwoju ludności z dynamiką składowych wzrostu: urodzeń, zgonów i migracji.

Tradycyjna perspektywa demograficzna wniosła do współczesnej praktyki modelowania ludności kilka podstawowych cech: precyzję pomiaru zdarzeń, wrażliwość na zmienność zachowań demograficznych z wiekiem oraz tradycję użycia matematyki do opisu zjawisk demograficznych. Macierzowy zapis wzorów matematycznych opisujących dynamikę ludności ułatwił obliczenia i pozwolił na jednolitą prezentację rozmaitych modeli, znacznie ułatwiając ich dyfuzję. Zastosowanie algebry liniowej do specyfikacji modelu kohortowo-składnikowego doprowadziło do opisu charakterystyki populacji teoretycznych (np. ludności ustabilizowanej i stacjonarnej) o cechach zależnych wyłącznie od charakterystyki dynamiki ludności, a nie od jej wyjściowej struktury. Taki opis teoretyczny daje nam narzędzie analityczne pozwalające na praktycznie nieograniczone badania porównawcze cech różnych populacji. Model kohortowo-składnikowy jest podstawą większości istniejących prognoz demograficznych i stanowi jądro bardziej złożonych modeli.

Z drugiej strony tradycja demograficzna modelowania dynamiki ludności pozostała obojętna na zróżnicowanie zachowań demograficznych uwarunkowane położeniem w przestrzeni geograficznej. Badanie związku procesów demograficznych ze stopniem urbanizacji czy z poziomem rozwoju ekonomicznego, których waga w procesie modelowania dynamiki ludności została ostatnio wyeksponowana przez M. Kupiszewskiego

i P. H. Reesa (1999), leżało na uboczu zainteresowań demografów. Niewiele też uwagi poświęcono migracjom jako elementowi wiążącemu subpopulacje regionalne, choć pewne zainteresowanie budził modyfikujący wpływ migracji na strukturę ludności. Utrudniło to w dużym stopniu systemowe podejście do badań demograficzno-przestrzennych, w którym to podejściu przestrzeń geograficzna widziana jest jako jeden z różnicujących elementów systemu, kształtujący w znacznej mierze jego zachowanie. Tu z pomocą przyszła tradycja geograficzna, skoncentrowana na zagadnieniach redystrybucji przestrzennej ludności, wykorzystująca zupełnie inne modele niż te, które tradycyjnie używane były w demografii.

## 2.4. TRADYCJA GEOGRAFICZNA W MODELOWANIU MIGRACJI I DYNAMIKI LUDNOŚCI – ŁAŃCUCHY MARKOWA

Niniejszy rozdział poświęcony jest zastosowaniu łańcuchów Markowa w geografii ludności, zwłaszcza w badaniach migracji. Badania te rozwijały się burzliwie w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych, stąd większość cytowań literatury w tym rozdziale odnosi się do publikacji dość odległych w czasie. Jednakże, jak pokażemy poniżej, znaczenie łańcuchów Markowa dla rozwoju modelowania ludnościowych procesów przestrzennych znacznie wychodzi poza ten okres i jest trwałym wkładem w metodologiczny i teoretyczny rozwój badań ludnościowych. Dyskusyjne założenie Markowa o „braku pamięci” procesu migracyjnego występuje *implicite* w prawie wszystkich modelach dynamiki ludności. Niniejszy podrozdział nawiązuje do wcześniejszego artykułu M. Kupiszewskiego (1990).

### 2.4.1. MODELE MIGRACJI I REDYSTRYBUCJI LUDNOŚCI OPARTE NA ŁAŃCUCHACH MARKOWA

Pierwszą pracą formułującą podstawy teoretyczne łańcuchów Markowa był jego artykuł z 1907 r. (por. też Markow 1951). Stwierdził on, iż ważną rodziną procesów stochastycznych są procesy posiadające własność Markowa wyrażoną warunkiem, że stan procesu w chwili  $t_n$  (wartość zmiennej losowej  $X_{t_n}$ ) zależy od jego stanu w chwilach  $t_{n-1}, t_{n-2}, \dots, t_{n-i}$ , a nie zależy od jego stanu w chwilach wcześniejszych niż  $t_{n-i}$ . Wartość indeksu  $i$  wyznacza rząd procesu.

Gdy zmiana stanu procesu następuje w dyskretnych momentach czasu, to proces taki nazywamy łańcuchem. Rząd procesu stanowi o długości jego „pamięci”: wyniki dla procesu rzędu 1 zależą będą tylko od jego stanu poprzedniego, dla procesu rzędu 2 od dwóch poprzednich stanów. Ogólnie wynik działania procesu rzędu  $i$  będzie od  $i$  stanów poprzednich. W praktyce stosowanie procesów rzędu wyższego niż pierwszy napotyka trudności związane z uzyskaniem danych niezbędnych do estymacji



parametrów procesu. Liczne badania wykazują, że podatność na migracje zależy między innymi od tego, czy dany osobnik migrował już uprzednio, czy nie; jest to więc proces, którego model powinien odwoływać się do poprzednich doświadczeń migrantów. Jednakże trudności w uzyskaniu danych odpowiadających na pytanie, ile osób migrujących w danym okresie migrowało również w okresie poprzednim, ilu z tych, którzy migrowali w dwóch kolejnych okresach, migrowało także w okresie je poprzedzającym itd., powoduje, że migracje modelowane są najczęściej za pomocą łańcuchów pierwszego rzędu.

Proces może przemieszczać się z upływem czasu od jednego stanu do drugiego, przy czym prawdopodobieństwo przejścia od stanu  $E_i$  do stanu  $E_j$  dane jest nieujemną funkcją  $p(E_i, E_j, t)$ . W dalszym ciągu dla prostoty wzorów rozważane będą jedynie łańcuchy skończone, będące podstawą zastosowań teorii Markowa w praktyce. Zbiór wartości jakie może przybierać zmienna losowa  $X_t$  jest wówczas zbiorem skończonym. Funkcja  $p$  może być przedstawiona za pomocą macierzy:

$$P = [p_{ij}], i, j = 1, \dots, m \text{ (gdzie } m - \text{liczba stanów)},$$

zwanej macierzą przejścia łańcucha Markowa. Na macierz nałożone są następujące warunki:

$$\hat{p}_{ij} \geq 0 \text{ oraz } \sum_{j=1}^m p_{ij} = 1.$$

Macierze spełniające te warunki nazywać będziemy stochastycznymi.

Ze względu na niezmiennosć macierzy przejścia wyróżniamy łańcuchy stacjonarne, zwane również jednorodnymi, to znaczy takie, w których macierz przejścia jest stała w czasie, oraz niestacjonarne, w których jest ona zmienna w czasie. Należy zwrócić uwagę, że stacjonarność łańcucha na ogół stoi w sprzeczności z modelowaną rzeczywistością. Użycie łańcuchów niestacjonarnych oznacza konieczność estymowania macierzy przejścia jako funkcji czasu w każdym kroku.

Dla stacjonarnego łańcucha z definicji mamy:

$$\Pr\{E_{i_1}, E_{i_2}, \dots, E_{i_k}\} = s_{i_1} p_{i_1 i_2} \dots p_{i_{k-1} i_k}$$

gdzie  $s_{i_1}$  oznacza prawdopodobieństwo, że łańcuch jest w stanie wyjściowym  $E_{i_1}$ .

Prawdopodobieństwo, że stan  $E_l$  zostanie osiągnięty ze stanu  $E_k$  w  $n$  krokach, można dla każdego  $k$  i  $l$  określić wzorem macierzowym:

$$P^{(n)} = P^n$$

Stan  $E_i$  jest osiągalny ze stanu  $E_k$ , jeśli istnieje takie  $n$ , że  $p_{ki}^{(n)} > 0$  (notacja  $p_{ki}^{(n)}$  oznacza element macierzy  $P^{(n)}$ , natomiast  $p_{ki}$  jest elementem macierzy  $P$  podniesionym do potęgi  $n$ ).

Zwykle stany są klasyfikowane w zależności od wartości związanych z nimi elementów macierzy  $P$ . Stan  $E_j$  będziemy nazywali pochłaniającym lub absorpcyjnym, jeśli  $p_{jj} = 1$  czyli  $p_{ji} = 0$  dla  $i \neq j$ . Oznacza to, że ze stanu tego nie można przejść do żadnego innego. Stan taki ma w praktyce odpowiednik na przykład w likwidacji przedsiębiorstwa, czy zgonie osoby, w zależności od natury badanego zjawiska.

Jeżeli łańcuch znajdował się początkowo w stanie opisanym wektorem prawdopodobieństw  $s = [s_1, \dots, s_m]$ , gdzie  $s_i$  oznacza prawdopodobieństwo, że łańcuch jest w stanie  $E_i$ , wówczas po  $n$  krokach znajdzie się w stanie  $s^{(n)} = sP^n$ .

#### 2.4.2. WYBRANE PROBLEMY BADAWCZE I ZASTOSOWANIA MODELI OPARTYCH NA ŁAŃCUCHACH MARKOWA

Przy przeglądzie zastosowań łańcuchów Markowa do badań migracyjnych można przyjąć dwie systematyzujące klasyfikacje. W pierwszej, w zależności od celu użycia łańcuchów, wyróżnia się ich zastosowanie jako narzędzia opisu lub też jako narzędzia modelowania *sensu stricto* (Brown 1970). Drugim kryterium podziału jest sposób rozwiązania pewnych problemów metodologicznych, takich jak na przykład sposób estymacji macierzy przejścia, otwartość lub zamkniętość łańcucha czy rozwiązanie kwestii stacjonarności i homogeniczności przy konstruowaniu macierzy przejścia (Dramowicz 1976). W niniejszym opracowaniu przyjęto to drugie kryterium.

Podstawowym problemem do rozstrzygnięcia, z którym spotyka się badacz chcący użyć łańcuchów Markowa do modelowania pewnego zjawiska, jest pytanie, czy wybrany aparat matematyczny może być użyteczny do badania danego zagadnienia. Tradycyjnie uważa się, że łańcuchy Markowa nadają się do modelowania ruchliwości społecznej i zawodowej ludności (Prais 1955a, b), do badania migracji ludności (Joseph 1975; Czyż 1981) lub przemieszczeń zakładów przemysłowych (Collins 1970), do modelowania zagadnień osadniczych (Fuquit 1965), rynkowych (Golledge, Brown 1967), ekonomiczno-rolniczych (Szajnowska 1973) czy wreszcie przemian struktury produkcji przemysłu (Gruszczyński, Koźniewska 1975). We wszystkich tych przypadkach zakłada się, że spełniony jest warunek Markowa. Założenie takie powinno być poddane testom statystycznym. Odpowiednie testy zaproponowali T. W. Anderson i L. A. Godman (1957) oraz S. Kullback, M. Kupperman i H. Ku (1962). Umożliwiają one również testowanie hipotez o rządzie łańcucha. Przykładem ich użycia może być opracowanie L. Collinsa (1970). Przy modelowaniu redystrybucji przestrzennej ludności użycie zamkniętych łańcuchów Mar-



kowa ze stacjonarną macierzą przejścia i założeniem o homogeniczności całej populacji można spotkać stosunkowo często (Musham 1961; Boleśławski 1972; Compton 1969, 1970; Joseph 1975; Ostaszewska 1981; Rikkinen 1971). Jednakże podstawowe założenia takiego modelu są w dużym stopniu nierealistyczne. Dlatego też wysiłek włożony w rozwój modeli demograficznych opartych na łańcuchach Markowa polegał głównie na próbach uchylecia poszczególnych ograniczeń. W dalszym ciągu zajmujemy się trzema problemami: wprowadzeniem otwartych łańcuchów, uwzględnieniem w praktyce heterogeniczności populacji i użyciem niestacjonarnej macierzy przejścia.

#### 2.4.2.1. *Otwarte łańcuchy Markowa*

Próby prognozowania liczby ludności za pomocą łańcuchów Markowa były z góry skazane na niepowodzenie, gdyż nie uwzględniają one ani urodzeń, ani napływu ludności spoza badanego systemu. Istnieje cały szereg prób rozwiązania tego problemu. Kilka z nich zademonstrujemy poniżej.

Najprostszą metodą uwzględnienia zmian liczby ludności jest ponowne oszacowanie wektora rozkładu ludności w każdym punkcie czasu lub po pewnym czasie (po pewnej liczbie kroków modelu). Podejście takie przyjął G. Joseph (1974) w krótkoterminowej prognozie ludności w Wielkiej Brytanii sporządzonej na podstawie danych ze spisu w 1961 r. i mikrospisu z 1966 r.

Ze względu na charakter danych model Josepha może służyć jedynie do wyznaczania prognozy ludności w wieku co najmniej 5 lat. Model uwzględnia zgony i emigrację zagranicę, ale nie uwzględnia urodzeń. Imigracja z zagranicy, stanowiąca o otwartości modelu, jest *de facto* uwzględniona przy obliczaniu macierzy regionalnych współczynników dożycia, przez które mnożony jest w każdym kroku wektor rozkładu liczby ludności. Stosowanie tego modelu dla projekcji dłuższej niż 5-letniej prowadzi do odcinania kolejnych 5-letnich grup wieku, tak że predykcja dla okresu 15-letniego obejmowałaby ludność w wieku 15 i więcej lat.

K. Ostaszewska (1981) proponuje, aby całkowita liczba ludności w systemie zmieniała się zgodnie ze z góry zadaną funkcją. Funkcja ta odzwierciedla więc zmiany liczebności ludności wynikające z jednej strony ze zgonów i emigracji poza system, a z drugiej z urodzeń i imigracji spoza systemu. Wtedy model łańcucha Markowa służy wyłącznie do modelowania redystrybucji przestrzennej ludności między regionami. Ostaszewska uzyskała słabe dopasowanie swojego modelu, ale najprawdopodobniej wynika ono ze złego doboru funkcji wzrostu ludności.

Powyższe rozwiązania są w rzeczywistości półśrodkami: ich ograniczenia są bardzo silne (u K. Ostaszewskiej (1981) zmiana liczby ludności według arbitralnie zadanej funkcji, u G. Josepha (1974) nieuwzględnienie

urodzeń) i trudno uznać, żeby dawały dużo lepszy wgląd w przebieg procesów ludnościowych niż użycie konwencjonalnych łańcuchów Markowa.

Bardziej uniwersalne rozwiązanie zagadnienia zastosowania otwartych łańcuchów Markowa do modelowania ludności pochodzi od A. Rogersa (1966a). Użył on absorpcyjnego łańcucha Markowa o macierzy przejścia  $P$ , którą można przedstawić za pomocą podmacierzy w następujący sposób:

$$P = \begin{bmatrix} Q & R \\ 0 & I \end{bmatrix}$$

gdzie:

$0$  – macierz zerowa;

$I$  – macierz jednostkowa;

$Q$  – podmacierz prawdopodobieństwa migracji;

$R$  – podmacierz prawdopodobieństwa przejścia do stanów absorpcyjnych.

Elementy macierzy  $Q^n$  dążą do 0 dla  $n \rightarrow \infty$ , co oznacza, że prawdopodobieństwo przejścia z dowolnego stanu do stanu absorpcyjnego po nieskończenie wielu krokach wynosi 1.

Niech  $w(0)$  będzie wektorem rozkładu początkowego ludności. Uwzględniając migracje otrzymujemy nowy rozkład ludności:

$$\underline{w}^{(0)} = w^{(0)} Q.$$

Niech  $x$  będzie regionalnym wektorem urodzeń. Uwzględniając go mamy:

$$w^{(1)} = \underline{w}^{(0)} + x = w^{(0)} Q + x$$

i dla  $n$ -tego kroku

$$w^{(n)} = w^{(0)} Q^n + x(I + Q + \dots + Q^{n-1}).$$

Ponieważ  $Q^n \rightarrow 0$  dla  $n \rightarrow \infty$ , rozkład równowagi dany jest wzorem:

$$y = \lim_{n \rightarrow \infty} w^{(n)} = x(I - Q)^{-1}.$$

A. Rogers zilustrował działanie swojego modelu przy użyciu fikcyjnych danych, natomiast J. Lindsay i B. M. Barr (1972) testowali go, po niewielkich modyfikacjach, dla danych z lat 1921 – 1961 dla prowincji Peace River w stanie Alberta w Kanadzie.



#### 2.4.2.2. Heterogeniczność populacji

Zastosowanie łańcuchów Markowa do modelowania procesów ludnościowych opiera się na założeniu, że zachowanie wszystkich ludzi jest jednakowe, czyli że ludność jest homogeniczna. Dzięki temu rozkłady prawdopodobieństw znalezienia się pojedynczej osoby w różnych stanach (regionach) możemy interpretować jako rozkłady ludności. Wiadomo jednak, że prawdopodobieństwo migracji nie jest identyczne dla wszystkich ludzi zamieszkujących dany obszar, lecz zależy od takich czynników jak: wiek (Rogers, Castro 1981a, b, c; Jagielski 1982), czas pobytu w danym miejscu (Mc Ginnis 1968), posiadanie nieruchomości, dochód, wykształcenie (Abu-Lughod, Foley 1960), sytuacja rodzinna (Speare, Goldstein, Frey 1974) i wielu innych. Celowe jest więc szukanie takich rozwiązań, które by te zróżnicowania odzwierciedlały. Najprostszym sposobem, zaproponowanym przez L. A. Goodmana (1962), jest konstruowanie oddzielnych macierzy przejścia dla różnych subpopulacji. L. Li (1970) dezagregował populację według grup wieku, a L. Li (1970) i J. D. Tarver i W. R. Gurley (1965) według grup etnicznych. Powyższe podejście powoduje szybki wzrost liczby parametrów procesu obliczeniowego i konieczność posiadania odpowiednio zdezagregowanych danych.

Poza aprioryczną dezagregacją macierzy przejścia dla heterogenicznej ludności na prawdopodobnie bardziej homogeniczne podmacierze zaproponowano jeszcze inne metody. D. D. McFarland (1970) skonstruował model, w którym można przejść od zbioru indywidualnych macierzy przejścia do globalnej macierzy przejścia. Model ten jest jednak trudny do zastosowania w praktyce ze względu na brak danych i narzędzi do estymacji indywidualnych macierzy przejścia.

W 1955 r. I. Blumen, M. Kogan i P. J. McCarthy zaproponowali, w odniesieniu do ruchliwości zawodowej, model migranta-rezydenta (*mover-stayer*). Model ten zakłada, że w każdym stanie (dziale przemysłu) jest pewien odsetek osób niemobilnych. Oznaczmy go symbolem  $s_i$  dla  $i$ -tego działu przemysłu. Dalej zakłada się, że pozostałe osoby, mobilne, przemieszczają się zgodnie z macierzą przejścia

$$M = [m_{ij}], i, j = 1, \dots, n,$$

gdzie  $m_{ij}$  oznacza prawdopodobieństwo, że osoba zaliczona do klasy mobilnych, zatrudniona na początku okresu w przemyśle  $i$ , będzie na końcu tego okresu zatrudniona w przemyśle  $j$ . Zatem prawdopodobieństwo, że osobnik z przemysłu  $i$  pozostanie w nim do końca okresu, liczone jednocześnie dla populacji rezydentów i migrantów, wynosi:

$$p_{ii} = s_i + (1 - s_i) m_{ii}$$

natomiast prawdopodobieństwo jego przejścia do przemysłu  $j$  wynosi:

$$p_{ij} = (1 - s_i) m_{ij}$$

$$p_{ij} = (1 - s_i) m_{ij} \text{ dla } i \neq j.$$

Model był testowany z pozytywnym rezultatem, przez I. Blumena, M. Kogana i P. J. McCarthy'ego (1955) oraz przez L. A. Goodman'a (1961) przy użyciu danych z lat 1947—1949, uzyskanych z tzw. *Continuous Work History Sample*.

Mimo iż model migranta-rezydenta wyrósł na gruncie badań socjologicznych, jego sformalizowanie jest tej natury, iż można go bez żadnych zmian użyć w badaniach przestrzennych. Przykładem tego może być praca S. Spilermana (1972). Wychodząc od modelu klasycznego przeszedł on do bardziej ogólnego modelu, w którym każdej osobie przypisane jest prawdopodobieństwo migracji na ciągłej osi współczynników ruchliwości. Spilerman testował swój model na symulacyjnym zestawie danych, a następnie na danych z 1958 r. dla USA. Innym, późniejszym chronologicznie i słabszym uogólnieniem modelu migranta-rezydenta jest przyjęcie podziału ludności na dwie homogeniczne subpopulacje o różnych, niezerowych prawdopodobieństwach migracji (Kitsul, Philipov 1981).

#### 2.4.2.3. Niestacjonarne macierze przejścia

Problem stacjonarności procesów Markowa był przez wiele lat w centrum zainteresowania tych, którzy zdecydowali się użyć łańcuchów Markowa jako narzędzia badania migracji. Założenie o stacjonarności, czyli o niezmienności procesu migracji w czasie, z góry wyklucza możliwość modelowania dynamiki jego zmian. Ponadto jest to założenie nierealistyczne (Chojnicki 1977; Huff, Clark 1978). Próby jego uchylenia są stosunkowo nieliczne. Przede wszystkim zwróćmy uwagę, że wszystkie próby użycia łańcuchów do badania heterogenicznych populacji, o ile heterogeniczność jest związana z czasem (np. wiekiem migrantów, czasem pobytu w danym miejscu itp.), są jednocześnie modelami z niestacjonarną macierzą przejścia, gdyż – *ceteris paribus* – czynnik czasu będzie modyfikował macierze przejścia.

Poniżej przedstawimy dwie propozycje rozwiązania problemu stacjonarności macierzy przejścia: tzw. *Cornell University Model*, uwzględniający aksjomat kumulatywnej inercji, to znaczy przekonanie badaczy, iż migracja danej osoby jest tym mniej prawdopodobna, im dłużej osoba ta była niemobilna, oraz model semi-Markowa zaproponowany przez R. B. Ginsberga.

Pierwsze prace dotyczące *Cornell University Model* pochodzą z lat sześćdziesiątych (McGinnis, Myers, Pilger 1963; Myers, McGinnis, Masnick 1965, 1967), natomiast dokładny opis teoretyczny przedstawił w 1968 r. R. McGinnis. U podstaw modelu leży stwierdzenie, że prawdopodobieństwo pozostania w danym stanie (miejscu) rośnie monotonicznie z czasem



pozostawania w tym stanie. Zatem ci, którzy krótko mieszkają w danym miejscu, mają większe szansę na dalszą migrację, niż ci, którzy mieszkają tam wiele lat.

Stan układu opisany jest macierzą:

$${}_dS = \begin{bmatrix} {}_1S_1 & \dots & {}_1S_m \\ {}_2S_1 & \dots & {}_2S_m \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ {}_dS_1 & \dots & {}_dS_n \end{bmatrix}$$

gdzie indeksy przed  $S$  oznaczają liczbę okresów, przez jakie element procesu przebywał w stanie określonym indeksem znajdującym się za  $S$ . Macierz przejścia  ${}_d\bar{P}(t) = {}_dP_{ij}(t)$  budujemy z elementów postaci:

$${}_dP_{ij} = \Pr\{x(t) \in {}_iS_j \mid x(t-1) \in {}_dS_i\}; i, j = 1, \dots, m; d, k = 1, 2, \dots,$$

gdzie notację  $x(t) \in {}_dS_i$  należy rozumieć „ $x$  jest w stanie  $S_i$  w chwili  $t$  i był tam przez  $d$  poprzednich okresów” (McGinnis 1968, s.717).

Aby zoperacjonalizować powyższy model, trzeba nałożyć ograniczenia na wartość  $d$ . W przeciwnym przypadku, gdy  $d$  rośnie do nieskończoności, w ten sam sposób rośnie liczba parametrów modelu.

W odniesieniu do migracji ludności model był wielokrotnie testowany (Morrison 1967; Land 1969) z pozytywnym rezultatem, jednakże późniejsze badania (Clark, Huff 1977; Pickles, Davies, Crouchley 1982) doprowadziły do zakwestionowania aksjomatu kumulatywnej inercji. W. A. V. Clark i J. C. Huff (1977, s. 1373) stwierdzają wręcz, że „...kumulatywna inercja ma mały, o ile w ogóle dający się zaobserwować, wpływ na współczynniki mobilności”. Tak kontrastujące dowody istotności kumulatywnej inercji dla mobilności ludności sugerują, iż jej znaczenie może zależeć od innych cech populacji.

Inne rozwiązanie problemu niestacjonarności macierzy przejścia i jednocześnie heterogeniczności ludności, a ściślej mówiąc wpływu czasu pobytu w danym miejscu na prawdopodobieństwo migracji, zaproponował R. B. Ginsberg (1971, 1972a, b, 1973, 1978) stosując do tego celu proces semi-markowski. R. B. Ginsberg (1978) zakłada, że każdej osobie przyporządkowano dwa wektory:  $s = (s_0, \dots, s_n, \dots)$  opisujący jej kolejne miejsca zamieszkania i  $t = (t_0, \dots, t_n, \dots)$ , zawierający czasy wykonania kolejnych migracji. Znajac  $t$  można wyznaczyć wektor  $T = (T_1, \dots, T_n, \dots)$ , zawierający odstępy czasu pomiędzy migracjami:

$$T_j = t_j - t_{j-1}, j = 1, \dots, n, \dots$$

Zmiany stanu można wyrazić za pomocą procesu stochastycznego:  $\{X(t): t \geq 0\}$ , gdzie  $X(t)$  oznacza miejsce zamieszkania w chwili  $t$ . Historia migracji konkretnej osoby jest więc realizacją tego procesu.

Zakłada się, że sekwencja zmian opisanych wektorem  $s$  da się wyrazić za pomocą łańcucha Markowa. Ponadto przyjmuje się, że interwały  $T_k$  są wzajemnie niezależne i mają rozkład  $F_{ij}$  zdeterminowany jedynie stanem początkowym  $i$  i stanem końcowym  $j$ . Niezależność interwałów oznacza regenerację procesu: rozkład prawdopodobieństw w chwili  $t_k$  jest taki sam, jak w chwili  $t_0$ . Znając ponadto macierz przejścia  $P = [p_{ij}]$  dla stanów  $s_1, \dots, s_n, \dots$ , cały proces można opisać macierzą semi-markowską (Ginsberg 1972b):

$$Q_{ij}(t) = p_{ij} F_{ij}(t),$$

gdzie  $Q_{ij}(t)$  określa prawdopodobieństwo migracji z  $i$  do  $j$  po czasie  $t$  lub krótszym. Wprowadzenie funkcji rozkładu  $F_{ij}(t)$  pozwala na uwzględnienie wpływu czasu pobytu w danym miejscu na prawdopodobieństwo migracji. Umożliwia na przykład odzwierciedlenie w modelu efektu kumulatywnej inercji.

Użycie procesów semi-markowskich wymaga estymacji lub przyjęcia *a priori* rozkładu  $F_{ij}$ . Uzyskanie informacji dotyczących interwałów pomiędzy migracjami jest niezwykle trudne. Rejestry wzdłużne pozwalające ustalić długości interwałów prowadzone są w nielicznych krajach świata, głównie w Skandynawii.

### 2.4.3. PRÓBA OCENY

Niniejszy rozdział stanowi selektywny przegląd olbrzymiej literatury dotyczącej łańcuchów Markowa. Jego celem było zasygnalizowanie podstawowych problemów zastosowania łańcuchów Markowa w badaniach ludnościowych i ocena użyteczności i niedostatków tego narzędzia w badaniach migracji i redystrybucji ludności.

Łańcuchy Markowa nie są narzędziem matematycznym, które bez dodatkowych adaptacji można użyć do modelowania dynamiki ludności. Jednakże opis migracji za ich pomocą ma bogatą tradycję. Łańcuchy Markowa mają poczesne miejsce przede wszystkim jako narzędzie matematyczne służące do modelowania międzyregionalnych przepływów ludności. Modele Markowa odcisnęły swoje piętno na dzisiejszej praktyce modelowania zjawisk demograficznych co najmniej na dwa sposoby. Po pierwsze, przez lata należały do podstawowego zestawu narzędzi używanych przez geografów i tworzyły kanon edukacyjny pokoleń studentów, zwłaszcza w krajach anglosaskich. Po drugie, założenie Markowa o braku



pamięci procesu migracyjnego jest nadal ukryte w większości istniejących modeli projekcyjnych, choć fakt ten nie jest na ogół eksponowany w ich opisach.

Niewątpliwie łańcuchy Markowa dostarczają niezwykle ogólnego narzędzia, operują bowiem pojęciami stanu i zmiany (przejścia), których interpretacja może być bardzo szeroka. Stanem łańcucha może być na przykład rozkład przestrzenny liczby ludności, zakładów produkcyjnych czy typów gospodarstw rolnych itp. Jako przejście można rozumieć migrację ludności, zmianę miejsca działania lub likwidację zakładu przemysłowego czy zmianę profilu produkcji gospodarstwa rolnego. Zastosowanie koncepcji średniego czasu pierwszego przejścia daje znakomite narzędzie do określania mierzonej w terminach interakcji migracyjnych odległości regionów. Ponadto aparat matematyczny opisujący łańcuchy Markowa jest prosty i dzięki macierzowemu przedstawianiu zależności łatwy do zaprogramowania. Dobrze rozwinięta teoria matematyczna pozwala na rozwiązywanie szerokiego wachlarza problemów praktycznych. Jednakże zastosowanie łańcuchów Markowa do badań migracyjnych ma różne wady. Przede wszystkim ich założenia dotyczące braku pamięci, stacjonarności macierzy przejścia i homogeniczności modelowanych populacji są nieadekwatne do rzeczywistości. Liczne, teoretycznie udane próby modyfikacji modelu, tak aby maksymalnie zbliżyć go do obserwowanej rzeczywistości, są trudne do zastosowania bądź ze względu na kłopoty z estymacją parametrów modelu, bądź z powodu braku danych w odpowiednich przekrojach czasowych lub danych dostatecznie zdezagregowanych według wybranych cech społeczno-ekonomicznych. Stosowanie łańcuchów Markowa rzędu wyższego niż pierwszy, ze względu na ograniczoną liczbę istniejących wzdłużnych zbiorów danych migracyjnych, praktycznie ograniczone jest albo do badań migracji w kilku krajach skandynawskich, albo do polegania na badaniach reprezentacyjnych, na niewielkich na ogół próbach, dla których szacowanie warunkowych (pod warunkiem migracji w poprzednim okresie lub poprzednich okresach) prawdopodobieństw migracji między regionami obciążone jest znacznym błędem statystycznym. Mimo tych wad badanie migracji za pomocą łańcuchów Markowa może dać wgląd w długoterminowe konsekwencje utrzymywania się obserwowanego natężenia ruchu wędrownego.

Interpretując wyniki działania modeli, w których używa się łańcuchów Markowa, pamiętać trzeba, że są one konstrukcją teoretyczną, której charakter jest „bardziej poszukiwawczy i eksperymentalny, niż wyjaśniający” (Woods 1979, s.191). W ostatnim dziesięcioleciu popularność tego modelu pośród specjalistów zajmujących się badaniami ludnościowymi bardzo spadła – *Population Index* wymienia w okresie od 1986 do 1999 r. zaledwie około trzydziestu artykułów z zakresu badań ludnościowych, w których użyto łańcuchów Markowa.

## 2.5. INTEGRACJA TRADYCJI DEMOGRAFICZNEJ I GEOGRAFICZNEJ: MODELE WIELOREGIONALNE I MODELE DO PROJEKCJI LUDNOŚCI W PODZIALE NA REGIONY

Przestrzeń geograficzna jest istotnym elementem różnicującym zjawiska demograficzne, co w oczywisty sposób znalazło odzwierciedlenie w pracach nad modelowaniem dynamiki ludności. Podstawowym wyróżnikiem w modelach prognostycznych i projekcyjnych uwzględniających zróżnicowania regionalne jest sposób traktowania układu przestrzennego i zależności zachodzących między wyróżnionymi do celów badawczych regionami. Zarysowały się dwa podejścia. Pierwsze, prostsze, zdominowane przez myślenie o regionie jako izolowanej jednostce przestrzennej o nieprzepuszczalnych granicach, nazwałem modelami służącymi do wyznaczania projekcji w podziale na regiony. W tych modelach projekcyjnych dąży się do uzyskania informacji o przyszłych zmianach w liczbie, strukturze i rozmieszczeniu ludności w pewnym systemie regionalnym – w każdym z regionów i jednocześnie w całym obszarze, będącym sumą regionów. Jednakże każdy region traktowany jest jako oddzielna jednostka przestrzenna, nie powiązana z innymi regionami. W podejściu tym nie przywiązuje się wielkiej wagi do interakcji zachodzących między tymi regionami. Do modelowania wykorzystuje się modele demograficzne opisane w rozdziale 2.3.

Drugie podejście, bardziej złożone, którego główną cechą jest położenie nacisku na związki zachodzące między regionami stanowiącymi przestrzenny układ odniesienia modelu projekcyjnego, nazywa się powszechnie wieloregionalnymi modelami projekcyjnymi. Podstawową cechą modeli wieloregionalnych jest widzenie zmian rozmieszczenia i struktury ludności w aspekcie systemowym. Regiony stanowią zbiór elementów systemu ludnościowego, natomiast przepływy międzyregionalne wyrażają powiązania (interakcje) między elementami systemu. Rozwój systemowego podejścia wieloregionalnego w demografii jest prawdopodobnie jednym z najistotniejszych sukcesów osiągniętych ostatnio na gruncie tej nauki. W chwili obecnej można wyróżnić dwa podstawowe kierunki budowy wieloregionalnych modeli projekcyjnych: pierwszy, polegający na uogólnieniu metody kohortowo-składnikowej, związany jest nierozłącznie z prof. Andrei Rogersem, drugi zaś, bazujący na koncepcjach bilansów społecznych, zaproponowanych przez Richarda Stone'a, laureata nagrody Nobla w zakresie ekonomii w 1984 r., został rozwinięty przez prof. Philipa Reesa.

Poniżej przedstawiono podstawowe metody konstruowania modeli do projekcji w podziale na regiony oraz dwa główne kierunki rozwojowe wieloregionalnych modeli dynamiki ludności i prace zmierzające do ich integracji.



Na podstawie sposobu potraktowania zależności między projekcjami regionalnymi i projekcjami ludności ogółem F. Willekens (1983) wyszczególnił cztery podstawowe typy metod projekcyjnych uwzględniających przestrzenne zróżnicowania procesów demograficznych:

1. Od projekcji ludności ogółem do projekcji regionalnych (*top-down*).
2. Od projekcji regionalnych do projekcji ludności ogółem (*bottom-up*).
3. Metody hybrydowe.
4. Wieloregionalne projekcje systemu ludnościowego.

Pierwsze trzy grupy metod, obejmujące modele do projekcji w podziale na regiony, omówione zostaną w rozdziale 2.5.1, ostatnia zaś grupa metod w rozdziale 2.5.2.

## 2.5.1. MODELE DO WYZNACZANIA PROJEKCJI LUDNOŚCI W PODZIALE NA REGIONY

### 2.5.1.1. *Od projekcji ludności ogółem do projekcji regionalnych*

Metoda *od projekcji ludności ogółem do projekcji regionalnych* polega na przygotowaniu projekcji globalnej dla całego kraju lub makroregionu. Następnie za pomocą procedury alokacyjnej oblicza się regionalne udziały ludności, będące projekcjami regionalnymi. Opis algorytmów alokacyjnych przedstawiony jest w pracach D. Pittengera (1976) i H. ter Heidego (1981). Metoda ta jest bardzo popularna, gdyż korzysta się w niej w istotny sposób z informacji odnoszących się do szczebla krajowego, który na ogół silnie wpływa na rozwój regionalny. Ponadto wymagania dotyczące danych demograficznych niezbędnych do przygotowania projekcji są niewielkie, a techniki projekcyjne proste. Jest to jedna z najlepszych metod projekcji ludności małych regionów, dla których zastosowanie metod bazujących na obliczeniu współczynników urodzeń, zgonów i migracji jest obciążone potencjalnym błędem ze względu na małą liczebność badanych subpopulacji. W tym przypadku obliczanie współczynników dla ludności wszystkich regionów ogółem jest znacznie dokładniejsze.

Opisywana metoda nie jest pozbawiona wad. Jeśli regiony są bardzo zróżnicowane, słabnąć może zależność ich rozwoju od rozwoju kraju. Wtedy kłopotliwe jest określenie odpowiednich algorytmów alokacyjnych i tym samym dokładność projekcji regionalnych może być mniejsza. W związku z tym zaleca się użycie opisanej metody, gdy regiony są mało zróżnicowane. Ta kategoria projekcji przyjmuje *implicite*, że ignoruje się różnice pomiędzy regionami oraz nie wiąże się wzrostu liczby ludności i zmian strukturalnych z leżącymi u ich podłoża procesami demograficznymi zachodzącymi w regionach. Zwróćmy uwagę, że metoda ta nie zakłada żadnych zależności między regionami: są one traktowane jako odrębne części całości.

Projekcje ludności ogółem mogą być przygotowywane za pomocą metod przedstawionych wcześniej w niniejszej pracy oraz w pracach W. Isarda (1960), H. Shryocka i J. Siegla (1976) i podręcznikach ONZ (United Nations 1956, 1974).

#### 2.5.1.2. *Od projekcji regionalnych do projekcji ludności ogółem*

Klasa metod *od projekcji regionalnych do projekcji ludności ogółem* jest w pewnym sensie odwrotnością klasy metod opisanej powyżej, a jej wady i zalety są lustrzanym odbiciem zalet i wad klasy metod *od projekcji ludności ogółem do projekcji regionalnych*. W metodzie tej przeprowadza się projekcje regionalne. Suma ich wyników nie jest na ogół równa wynikowi projekcji ludności ogółem. Istnieje jednak wiele metod zapewnienia zgodności pomiędzy projekcjami ludności ogółem i regionalnymi (Keilman 1985; van Imhoff 1992). Do zalet tej metody należy zindywidualizowane podejście do każdego z regionów, co pozwala na podkreślenie regionalnych różnic demograficznych. Słaby jest natomiast związek pomiędzy procesami zachodzącymi w skali krajowej i regionalnej. Tak jak w poprzedniej metodzie, nie zakłada się żadnych zależności między regionami. Opisana metoda powinna być użyta, gdy zróżnicowanie między regionami jest duże.

#### 2.5.1.3. *Metody hybrydowe*

Metody tego typu łączą w sobie cechy metod *od projekcji ludności ogółem do projekcji regionalnych* i *od projekcji regionalnych do projekcji ludności ogółem*. Niektóre zmienne modelu projekcyjnego określane są jako funkcje zmiennych projekcji regionalnych. Wartość pozostałych zmiennych określana jest na poziomie kraju. Tak więc pewne zmienne modelu zależne są od przebiegu procesów rozwojowych w regionach, inne zaś wynikają z przebiegu procesów w kraju. Podejście to jest znacznie bardziej realistyczne niż podejścia dwóch poprzednio opisywanych klas metod. Siatka powiązań między zjawiskami demograficznymi i układem przestrzennym jest dwukierunkowa. Pewne procesy na poziomie krajowym determinują przebieg procesów regionalnych i jednocześnie niektóre procesy zachodzące w regionach wywierają wpływ na zachowania procesów na poziomie krajowym.

Znanym przykładem demo-ekonomicznego hybrydowego modelu projekcyjnego jest francuski model REGINA (Courbis 1979). Podobny charakter ma model regionu Noteci (Kulikowski, Krus 1980). Na podstawie przeglądu modeli demograficzno-ekonomicznych przygotowanego przez P. Rietvelda (1982) można stwierdzić, że na 50 modeli, które były analizowane, 21 modeli było modelami hybrydowymi, w 12 zastosowano metodę *od projekcji regionalnych do projekcji ludności ogółem*, a w pozostałych 17 – metodę *od projekcji ludności ogółem do projekcji regionalnych*. W litera-



turze polskiej bardzo interesujące modele organizacji przestrzennej, w których ludność była jednym z elementów modelowanego systemu, wprowadził R. Domański (1985, 1987a, b). Model ten przedstawia wzajemne oddziaływania podsystemu miast, podsystemu obszarów wiejskich i podsystemu transportowego i pozwala zarówno na symulację jak i na optymalizację systemu.

W projekcjach demograficznych hybrydowa natura modelu projekcyjnego stosowana jest najczęściej w odniesieniu do migracji wewnętrznych – tej składowej wzrostu która, jako najbardziej niestabilna, sprawia demografom najwięcej kłopotu. W modelu projekcyjnym używanym w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych przez *Bureau of the Census* w USA użyto następującej konstrukcji: na podstawie regionalnych współczynników emigracji obliczono liczbę emigrantów ze wszystkich regionów łącznie. Migranci ci zostali zgromadzeni w tzw. puli migracyjnej (*migration pool*) modelu. Obliczenie liczby imigrantów, którzy z puli migracyjnej przepłynęli do poszczególnych regionów, odbyło się przy zastosowaniu algorytmu alokacyjnego. H. Gordijn i H. Heida (1979) w projekcji dla Holandii postąpili odwrotnie: najpierw obliczyli liczbę imigrantów, a funkcję dystrybucyjną zastosowali do „rekrutowania” emigrantów z poszczególnych regionów. Podejście takie wynikało z faktu, iż migracje w Holandii w wielkim stopniu zdeterminowane są przez rynek mieszkaniowy.

## 2.5.2. WIELOREGIONALNE MODELE PROJEKCYJNE SYSTEMU LUDNOŚCIOWEGO

### 2.5.2.1. Model Rogersa i jego uogólnienia

Efektem integracji doświadczeń demograficznych i geograficznych było powstanie nowej klasy modeli projekcyjnych. Andrei Rogers (1966b, 1968, 1971, 1975, 1995) rozwinął wieloregionalny model jednoczesnych zmian liczby oraz struktury i rozmieszczenia ludności. Rogers uwzględnił w nim przemiany w strukturze wieku ludności w poszczególnych regionach i związał z nimi ruch naturalny i wędrowniczy pomiędzy regionami. Charakter modelu podkreśla bardzo silnie zależność tempa rozwoju całej ludności od procesów zachodzących w regionach i między regionami i jednocześnie uzależnia procesy regionalne od zachowania całego systemu ludnościowego. Projekcję dla kraju otrzymuje się przez zagregowanie wyników dla regionów, zachowując automatycznie zgodność między projekcjami dla regionów i projekcją dla całego kraju. W literaturze polskiej pierwsze obszernie omówienie modelu Rogersa, autorstwa R. Domańskiego pojawiło się już w 1972 r., natomiast najwcześniejsze projekcje pochodzą z przełomu lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych (Dziewoński, Korcelli 1978, 1981a, b).

Pod względem metodologii, jak zauważa F. Willekens, „wieloregionalny demograficzny model projekcyjny może być traktowany jako rozszerzenie klasycznego demograficznego modelu kohortowo-składnikowego, tak by uwzględniać migracje z miejsca na miejsce. Może być również traktowany jako rozszerzenie modelu regionalnych zmian ludności opartego na łańcuchach Markowa, powszechnie używanego w analizie geograficznej, tak by uwzględnić wiek” (Willekens 1984, s. 33).

Model Rogersa (1966b, 1975, 1995) można zdefiniować następująco:

$$P(t+h) = GP(t),$$

gdzie  $P(t)$  oznacza kolumnowy wektor obrazujący regionalną dystrybucję kobiet według wieku w chwili  $t$ . Model sformułowany jest wyłącznie dla ludności żeńskiej. Zatem:

$$P(t) = [P_1^0(t), \dots, P_1^r(t), \dots, P_n^0(t), \dots, P_n^r(t)]^T,$$

gdzie  $P_i^k(t)$  oznacza liczbę kobiet w grupie wieku  $k$  w chwili  $t$  w regionie  $i$ . Wartość  $k$  zmienia się w przedziale od 0 do  $r$  (najstarsza grupa wieku),  $i$  przebiega zbiór od 1 do  $n$ , gdzie  $n$  oznacza liczbę regionów.  $T$  oznacza transpozycję.

Niezależną od czasu macierz wzrostu  $G$  można zdekomponować na podmacierze w następujący sposób:

$$G = \begin{bmatrix} G_{11} & \dots & \dots & G_{n1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ G_{1n} & \dots & \dots & G_{nn} \end{bmatrix}$$

Macierze  $G_{ij}$  można przedstawić następująco:

$$G_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & \dots & f_{\alpha-1}^{ij} & \dots & f_{\beta}^{ij} & 0 & \dots & 0 \\ s_0^{ij} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & s_1^{ij} & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & s_{r-1}^{ij} & 0 \end{bmatrix}$$

gdzie  $f_x^{ij}$  oznacza współczynnik urodzeń dziewczynek przez kobiety w gru-



pie wieku  $x$  w regionie  $i$ , które dożyły końca jednostkowego okresu projekcji w regionie  $j$ . Analogicznie  $s_x^j$  oznacza współczynnik dożycia kobiet w grupie wieku  $x$ , które na początku kroku projekcji przebywały w regionie  $i$  i dożyły do końca tego kroku w regionie  $j$ . G. M. Feeney (1973) zaproponował alternatywną definicję modelu, która, w sensie uzyskanych wyników, jest równoważna z definicją Rogersa (Jóźwiak 1985).

Macierz  $G$  zwana jest, ze względu na analogie w budowie podmacierzy  $G_{ij}$ , wieloregionalną lub uogólnioną macierzą Lesliego. Analogicznie jak w przypadku jednoregionalnego, zamkniętego ze względu na migracje modelu kohortowo-składnikowego dowodzi się (Rogers 1975), że po dostatecznie dużej liczbie kroków projekcji osiągany jest graniczny rozkład ludności, zwany wieloregionalnym ustabilizowanym rozkładem ludności. Po osiągnięciu stabilności rozkłady ludności według wieku i regionów pozostają stałe w czasie i w każdym regionie ludność wzrasta zgodnie ze stabilnym współczynnikiem wzrostu ludności  $\lambda$ . Graniczny wektor rozkładu ludności zależy jest od kombinacji trzech czynników: cząstkowych współczynników płodności, zgonów i emigracji obserwowanej w chwili  $t$  w populacji wyjściowej projekcji. Współczynniki zgonów, urodzeń i migracji, zwane wieloregionalnymi współczynnikami Lotki-Rogersa lub istotnymi wieloregionalnymi współczynnikami zgonów, urodzeń i migracji, obserwowane dla ludności ustabilizowanej są stałe i niezależne od wyjściowej struktury populacji (por. Paradysz 1980). Możliwość zastosowania istotnych współczynników do międzynarodowych porównań poziomu przyrostu naturalnego zademonstrował J. Paradysz (1996). Zalety tych współczynników przedstawiane były w rozdziale dotyczącym demograficznych tradycji modelowania wzrostu ludności.

Tak sformułowany model nie pozwala na symulacje i prognozy. Może jedynie służyć do wyznaczania projekcji ludności, co wynika z założenia o niezmienności cząstkowych współczynników płodności, zgonów i mobilności ludności. W wielu przypadkach autorzy przekonstrowali model tak, aby ominąć to ograniczenie (Scherbov, Usbeck 1983; Kupiszewski 1989). Najprostszym sposobem na wprowadzenie takiej modyfikacji jest definiowanie macierzy  $G$  w każdym kroku projekcji, zależnie od predefiniowanych lub modelowanych zewnętrznie w stosunku do modelu projekcyjnego trajektorii zmian migracji, płodności i umieralności, lub co najmniej jednej z tych składowych. Oczywiście wtedy macierz  $G$  będzie zależna od czasu.

Innym ważnym ograniczeniem modelu jest jego niezdolność do uwzględniania populacji mężczyzn. Jedną z możliwości obejścia tej trudności jest zastąpienie ludności żeńskiej ludnością ogółem i obliczanie współczynników płodności nie w odniesieniu do subpopulacji kobiet, lecz do całej, zarówno męskiej jak i żeńskiej populacji. Rozwiązanie takie, trudne do obrony na gruncie teoretycznym ze względu na to, iż wymusza błędne definiowanie większości miar płodności, w praktyce stosowane było wielokrotnie, na przykład we wszystkich studiach prowadzonych w programie

*Migration and Settlement* w IIASA w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych (por. np. Dziewoński i Korcelli 1978, 1981a, b; Korcelli, Just 1983; Koch i Gatzweiler 1980; Philipov 1981; Sauberer 1981; Rogers, Willekens 1986). Rozwiązanie problemu, w gruncie rzeczy bardzo proste, sformułowane zostało w latach osiemdziesiątych, gdy wymagania agencji planistycznych, domagających się prognoz ludnościowych nie tylko zdezagregowanych według wieku, ale także według płci, wymusiły prace w tym kierunku.

Model do projekcji ludności męskiej i żeńskiej miał szereg sformułowań. Na przykład P. H. Rees (1989) zaproponował następujące sformułowanie modelu projekcyjnego dla dwu płci: niech wektor  $P(t)$  oznacza rozkład ludności według wieku i płci, którego element  ${}_lP^k(t)$  oznacza ludność płci  $l$  (gdy  $l = m$  – płci męskiej, gdy  $l = f$  – płci żeńskiej) w grupie wieku  $k$  w chwili  $t$  w regionie  $i$ . Jak w przypadku klasycznego modelu wieloregionalnego  $k$  zmienia się w przedziale od 0 do  $r$  (najstarsza grupa wieku),  $i$  zmienia się od 1 do  $n$ , gdzie  $n$  oznacza liczbę regionów.

Wtedy:

$$P(t) = \begin{bmatrix} {}_mP_1^0(t) \\ \vdots \\ {}_mP_n^0(t) \\ \vdots \\ {}_mP_1^r(t) \\ \vdots \\ {}_mP_n^r(t) \\ {}_fP_1^0(t) \\ \vdots \\ {}_fP_n^0(t) \\ \vdots \\ {}_fP_1^r(t) \\ \vdots \\ {}_fP_n^r(t) \end{bmatrix}$$

Macierz wzrostu  $G$  można zdefiniować za pomocą podmacierzy  ${}_lS_k$  i  ${}_lF_k$  w następujący sposób:



$\frac{1}{G}$

0	...	0	...	0	...	0	0	...	0	0	...	0	...	...	$F_{m\alpha+1}$	...	$F_{m\beta}$	0	...	0
$S_0$	0	0	...	0	...	0	0	...	0	0	...	0	...	0	...	0	0	0	...	0
0	$S_1$	0	...	0	...	0	0	...	0	0	...	0	...	0	...	0	0	0	...	0
$\vdots$	0	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	0	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$
0	0	0	0	...	0	$S_{r-1}$	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	...	0	0	0
0	...	0	...	0	...	0	0	...	0	0	...	$F_{\alpha+1}$	...	$F_{\beta}$	0	...	0	...	0	0
0	0	0	...	0	...	0	$S_0$	0	0	0	...	0	...	0	0	...	0	...	0	0
0	0	0	...	0	...	0	0	...	0	$S_1$	...	0	...	0	0	...	0	...	0	0
$\vdots$	0	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	0	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$
0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	...	0	$S_{r-1}$	0

W powyższej macierzy mamy zdefiniowane kwadratowe podmacierze  ${}_iS_k$  o elementach  ${}_is_k^{ij}$ , które oznaczają współczynniki emigracji i dożycia osobnika płci  $l$  w  $k$ -tej grupie wieku, który na początku jednostkowego okresu projekcji zamieszkiwał w regionie  $i$  i dożył do końca tego okresu w regionie  $j$ . Elementy  ${}_is_k^{ij}$  określają stopień retencji ludności i dożywiania w regionie  $i$ . Podmacierze  ${}_iF_k$  składają się z elementów  ${}_if_k^{ij}$  oznaczających współczynnik urodzeń dzieci płci  $l$  przez kobiety w grupie wieku  $k$  w regionie  $i$  i dożywających końca kroku projekcji w regionie  $j$ . Jest to uogólniona postać zapisu zaproponowanego wcześniej przez G. M. Feeneya (1970). J. Józwiak (1985) pokazuje sposób szacowania parametrów modelu.

Praktyczne implementacje modelu Rogersa w 17 krajach uczestniczących w programie *Migration and Settlement* i towarzyszące im prace badawcze zwróciły uwagę na fakt, iż sformułowanie matematyczne modelu (wieloregionalnych tablic trwania życia lub projekcyjnego) musi zależeć od typu danych o migracjach, a mianowicie od tego, czy są to dane ze spisu, dotyczące zliczeń migrantów (otrzymane na podstawie informacji o miejscu zamieszkania osób w dwóch określonych chwilach czasu), czy też dane z rejestracji, dotyczące migracji (w tym migracji wielokrotnych) w pewnym przedziale czasu (Rogers 1975; Rogers i Ledent 1976; Ledent 1980a; Rees i Willekens 1981). Sformułowanie modelu Rogersa zakładające, że w każdym kroku projekcji może zajść tylko jedno zdarzenie (Rogers 1975, por. też dyskusję tego zagadnienia w pracach J. Paradyśa (1982, 1985a)) oznaczało, iż było ono właściwe dla danych spisowych. Aby móc skorzystać z danych pochodzących z rejestrów ludności A. Rogers (1975) zmodyfikował algorytm obliczeń, ale ostateczne rozwiązanie problemu wielu zdarzeń w jednym kroku projekcji pochodzi od R. Schoena (1975) i A. Rogersa i J. Ledenta (1976). Przyjmując terminologię zaproponowaną przez J. Ledenta, modele sformułowane dla danych z rejestracji określa się obecnie w literaturze anglojęzycznej terminem *movement approach* (Opcja 1 i 3 u Willekensa i Rogersa (1978), Opcja 1 u Rogersa (1995)), natomiast modele wymagające danych ze spisu to *transition approach* (Opcja 2 u Rogersa (1975, 1995)). Szersze omówienie tych dwóch typów danych migracyjnych zawarto w rozdziale 4.3.4.1.

#### 2.5.2.2. Wieloregionalne modele bilansowe Reesa – Wilsona

Twórcami modeli bilansowych (*accounting based models*), wychodzących od koncepcji bilansów społecznych (*social accounting*) R. Stone'a (1971a, b) byli P. H. Rees i A. G. Wilson (Rees, Wilson 1973, 1975b, 1977 oraz Wilson, Rees 1974). Podstawą konstrukcji tych modeli jest precyzyjne zdefiniowanie wszystkich stanów początkowych i końcowych, w jakich może znajdować się dana osoba (w szczególności uwzględnienie „reszty świata”) oraz zdefiniowanie przejść ze stanów początkowych do końcowych. Pierwszym krokiem było zaprojektowanie dość złożonej, lecz jednocześnie konsekwentnej notacji (Rees 1973). Następnie zbudowano



tablice bilansowe, w których umieszczono dane dotyczące liczebności ludności w stanach początkowych i końcowych oraz dane dotyczące zdarzeń demograficznych lub przepływów między stanami. Przy tworzeniu modelu projekcyjnego takie tablice tworzy się dla okresu wyjściowego projekcji (*benchmark period*) w celu sprawdzenia zgodności bilansu lub estymacji brakujących danych oraz w celu obliczenia współczynników (prawdopodobieństw) przejść między stanami. Kolejnym etapem jest sformułowanie równań projekcyjnych, które pozwalają obliczyć liczbę ludności w stanach końcowych na podstawie znajomości ludności w stanach początkowych i współczynników przejść. Całe bilansowanie można zrealizować na różnych poziomach agregacji: bądź dla ludności ogółem (Rees, Wilson 1973), bądź w podziale według wieku lub płci i wieku (Wilson, Rees 1974; Rees, Willekens 1981; Rees 1984).

Postać tabel bilansowych i równań projekcyjnych zależy od typu danych. Pierwsze modele bilansowe sformułowane przez P. Reesa i A. Wilsona (1973) dotyczyły przypadku danych ze spisu (*transition approach*). Tablicę bilansową tego typu prezentuje tabela 1 (Rees 1993).

Liczba ludności przebywającej w regionie  $j$  pod koniec okresu jest określona, przy użyciu notacji zdefiniowanej w tabeli 1, równaniem:

$$P^{..sj} = P_{ejsj} + \sum_{i \neq j} P^{eisj} + P^{bjsj} + \sum_{i \neq j} P^{biasj} + P^{ersj} + P^{brej}$$

czyli (Rees, Willekens 1981):

$$P^{..sj} = (P_{ejsj} - \sum_{i \neq j} P^{ejsi} - P^{ejsr} - P^{ejdj} - \sum_{i \neq j} P^{ejdi} - P^{ejdr}) + \sum_{i \neq j} P^{eisj} + P^{bjsj} + \sum_{i \neq j} P^{biasj} + P^{ersj} + P^{brej}$$

Jak wspomniano, przedstawiony wyżej model opiera się na danych migracyjnych pochodzących ze spisów ludności. Wartość  $P^{eisj}$  szacowana jest w efekcie tabulacji odpowiedzi na pytanie gdzie Pan/Pani był(a)  $n$  lat temu? Pytanie o datę i miejsce urodzenia służy do obliczenia liczby osób urodzonych w ciągu  $n$  lat przed spisem ( $P^{b..sj}$ ).

W tym wypadku zdefiniowanie wskaźników przejścia nie sprawia większych trudności. Na przykład współczynnik

$$h^{eisj} = \frac{P^{eisj}}{P^{ei..}}$$

wyraża prawdopodobieństwo, że osoba przebywająca w regionie  $i$  na początku okresu dożyje do końca okresu w regionie  $j$ . Tego typu współczynniki mogą być bezpośrednio użyte w równaniu projekcyjnym (Rees 1986).

Tabela 1. Tablica bilansowa ludności dla danych ze spisu (*transition approach*)

Stan początkowy	Stan końcowy							Suma (stan począt- kowy)
	Region docelowy					Reszta świata	Zgony	
	1	$j$	...	$n$				
Region pochodzenia								
1	$P^{e1s1}$	...	$P^{e1sj}$	...	$P^{e1sn}$	$P^{e1sr}$	$P^{e1d}$	$P^{e1..}$
⋮	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮
$i$	$P^{eis1}$	...	$P^{eisj}$	...	$P^{eisn}$	$P^{eizr}$	$P^{eid}$	$P^{ei..}$
⋮	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮
$n$	$P^{ens1}$	...	$P^{ensj}$	...	$P^{ensn}$	$P^{ensr}$	$P^{end}$	$P^{en..}$
Reszta świata	$P^{ers1}$	...	$P^{ersj}$	...	$P^{ersn}$	0	$P^{erd}$	$P^{erP..}$
Urodzenia	$P^{b.s1}$	...	$P^{b.sj}$	...	$P^{b.sn}$	$P^{b.sr}$	$P^{b.d}$	$P^{b...}$
Suma (stan końcowy)	$P^{..s1}$	...	$P^{..sj}$	...	$P^{..sn}$	$P^{..sr}$	$P^{..d}$	$P^{.....}$

Źródło: Rees 1993.

W tabeli tej użyto następujących oznaczeń:

$P_{eij}$  – liczba osób, które na początku okresu badawczego przebywały (*existed*, stąd indeks *e*) w regionie *i* i dożyły (*survived*) do końca okresu w regionie *j*. Gdy  $i = j$ , jest to liczba osób, które albo nie migrowały albo emigrowały i powróciły do regionu pochodzenia i dożyły w tym regionie do końca okresu. Gdy  $i \neq j$ , jest to liczba osób, które emigrowały z regionu *i* i dożyły do końca okresu w regionie *j*.

$P_{eiar}$  – liczba osób, które na początku okresu przebywały w regionie *i* i dożyły do końca okresu w „reszcie świata”;

$P_{eid}$  – liczba osób, które na początku okresu przebywały w regionie *i* i zmarły gdziekolwiek przed końcem okresu. Operator  $\cdot$  oznacza sumowanie;

$P_{eri}$  – liczba osób, które na początku okresu badawczego przebywały w regionie *i*;

$P_{erj}$  – liczba osób, które na początku okresu badawczego przebywały w „reszcie świata” i dożyły do końca okresu w regionie *j*;

$P^{er..}$  – liczba osób, które imigrowały z „reszty świata” do któregośkolwiek regionu;

$P^{b.sj}$  – liczba dzieci urodzonych w którymśkolwiek regionie, które dożyły do końca okresu w regionie *j*;

$P^{..sj}$  – liczba osób, które na końcu okresu badawczego przebywały w regionie *j*;



W większości państw europejskich prowadzone są rejestry ludności zawierające m.in. rejestrację migracji (por. Rees, Kupiszewski 1999b). Tabela 2 prezentuje tablicę bilansową ludności według Reesa (1993) dla przypadku, gdy dysponujemy danymi z rejestracji, dotyczącymi liczby migracji pomiędzy regionami (*movement approach*).

Należy zwrócić uwagę, że w tego typu tabeli bilansowej wyrazy na przekątnej oznaczone jako  $R^i$  nie mają bezpośredniej interpretacji i mogą być wyznaczone jedynie z bilansu, przy czym w szczególnych przypadkach otrzymana wartość może być ujemna (Rees, Willekens 1981; Rees 1984).

Równanie bilansowe na liczbę ludności w regionie  $j$  na końcu okresu, wyrażone za pomocą zmiennych zdefiniowanych w tabeli 2, ma postać (Rees, Willekens 1981):

$$P^j = P^j - \sum_{i \neq j} M^{ji} - E^j - D^j + \sum_{i \neq j} M^{ij} + I^j + B^j.$$

W przypadku modeli projekcyjnych opartych na danych z rejestracji, współczynników przejść nie można obliczyć bezpośrednio z danych. Należy najpierw obliczyć współczynniki centralne (*occurrence-exposure rates*) nazywane przez Kotowską współczynnikami OE (Kotowska 1994a, s. 99). P. Rees (1984, 1993) definiuje je jako iloraz liczby zdarzeń przez liczbę ludności, która może tych zdarzeń doświadczyć (*population at risk*), np. współczynniki migracji definiuje jako:

$$m^v = \frac{M^v}{0.5(P^i + P^u)}.$$

F. Willekens natomiast definiuje je jako iloraz liczby zdarzeń przez liczbę osobolet (Willekens, Drewe 1984, Willekens 1995a):

$$m^v = \frac{M^v}{0.5h(P^i + P^u)},$$

gdzie  $h$  jest długością okresu. Korzystanie ze współczynników centralnych opiera się na założeniu, że zdarzenia demograficzne są równomiernie rozłożone w czasie.

Szczegółowy opis modelu bilansowego w sformułowaniu dla danych ze spisu i jego implementacji komputerowej można znaleźć w pracy P. H. Reesa (1981). Model i program MOVE dla danych z rejestracji opisane są w pracy P. H. Reesa (1984).

Podsumowując rozważania na temat modeli bilansowych, można stwierdzić, że do głównych osiągnięć tego nurtu modelowania należy dokładniejsze niż w innych modelach definiowanie stanów i znaczny

Tabela 2. Tablica bilansowa ludności dla danych z rejestracji (*movement approach*)

Stan początkowy	Stan końcowy						Reszta świata	Zgony	Suma (stan początkowy)
	Region docelowy								
	1	$j$	...	$n$					
Region pochodzenia									
1	$R^1$	...	$M^{1j}$	...	$M^{1n}$	$E^1$	$D^1$	$P^1$	
⋮	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$i$	$M^{i1}$	...	$R^i$	...	$M^{in}$	$E^i$	$D^i$	$P^i$	
⋮	⋮				⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$n$	$M^{n1}$	...	$M^{nj}$	...	$R^n$	$E^n$	$D^n$	$P^n$	
Reszta świata	$I^1$	...	$I^j$	...	$I^n$	0	0	$I$	
Urodzenia	$B^1$	...	$B^j$	...	$B^n$	0	0	$B$	
Suma (stan końcowy)	$P^1$	...	$P^j$	...	$P^n$	$E$	$D$	$T$	

Źródło: Rees 1993.

Znaczenie zmiennych występujących w tabeli 2 jest następujące:

 $M^{ij}$  – migracje z regionu  $i$  do regionu  $j$ ; $E^i$  – emigracje z regionu  $i$  do „reszty świata”; $D^i$  – zgony w regionie  $i$ ; $I^j$  – imigracje z „reszty świata” do regionu  $j$ ; $B^i$  – urodzenia w regionie  $i$ ; $P^i$  – ludność regionu  $i$  na początku okresu; $P^j$  – ludność regionu  $j$  na końcu okresu; $E$  – całkowita emigracja ze wszystkich regionów; $D$  – całkowita liczba zgonów we wszystkich regionach; $I$  – całkowita imigracja do wszystkich regionów; $B$  – całkowita liczba urodzeń we wszystkich regionach; $R^i$  – wyraz będący resztą z bilansu dla regionu  $i$  (*residual term*);

⋮ – operacja sumowania;

0 – pozycje nieuwzględniane w bilansie.



postęp w sposobie definiowania współczynników przejść. Co jest istotne, model zawiera przepływy do i ze świata zewnętrznego, a więc migracje zagraniczne. Modele bilansowe dostarczają przykładu najbardziej konsekwentnego traktowania danych demograficznych, co pozwoliło, w oparciu o jednolitą notację, na ponowne zdefiniowanie i porównanie (Rees i Wilson 1975a) kilku modeli dynamiki ludności (Lesliego, Rogersa, Stone'a) oraz przetestowanie ich na podstawie identycznych fikcyjnych danych, a następnie skonfrontowanie z modelem bilansowym.

#### 2.5.2.3. *W kierunku integracji modeli bilansowych i modelu Rogersa: rozwój i wybrane problemy badawcze współczesnych modeli wieloregionalnych*

W projekcyjnych modelach bilansowych uwaga użytkownika zogniskowana jest wokół zagadnienia prawidłowego definiowania stanów, obliczania brakujących wielkości i szacowania współczynników przejść między stanami. Pozwala to uchwycić różne, nawet niekiedy mało liczne kategorie ludności i przemieszczenia między tymi kategoriami.

Model projekcyjny Rogersa skoncentrowany jest w większej mierze na zagadnieniu interakcji przestrzennych, zależności zmian systemu od zmian jego elementów i na odwrot. Łatwo dostrzec zyski z integracji obu podejść: możliwe jest stworzenie modelu, który przy położeniu nacisku na zagadnienie wzajemnych związków między regionami byłby definiowany za pomocą precyzyjnych równań bilansowych. Za pierwszą próbę łączenia obu metod można przyjąć cytowany już artykuł P. H. Reesa i A. G. Wilsona (1975a). Nowatorstwo tej pracy polegało na zastosowaniu jednolitych definicji i jednolitej notacji do opisu modeli projekcyjnych, wychodzących z różnych przesłanek teoretycznych i o różnych postaciach matematycznych. Myśl tę rozwinęli J. Ledent i P. H. Rees (1980) oraz P. H. Rees i F. Willekens (1981, 1986a). Najnowsze prace nad modelami projekcyjnymi również odwołują się do tych doświadczeń.

P. H. Rees (1984) sformułował wspomniany wcześniej model bilansowy MOVE dla danych z rejestracji. Również na początku lat osiemdziesiątych F. Willekens opracował w Holenderskim Interdyscyplinarnym Instytucie Demograficznym (NIDI) pierwszą wersję modelu MUDEA (MUItiregional DEmographic Analysis) (Willekens 1983, 1995a; Willekens, Drewe 1984) wraz z pakietem oprogramowania (Willekens 1988). Model ten także wychodzi od bilansowania zmiennych demograficznych w sformułowaniu dla danych z rejestracji, jest modelem dla dwóch płci. Model uwzględnia migracje zagraniczne, przy czym odpływy do „reszty świata” uwzględnione są w postaci współczynników, natomiast napływy za pomocą wartości bezwzględnych. MUDEA był pierwszym pakietem wielowymiarowej analizy demograficznej, który wyszedł poza czysto teoretyczne zastosowania i spełniał wszystkie podstawowe wymogi stawiane przez planistów prze-

strzennych. Połączenie go z modulem graficznej prezentacji wyników i innymi pakietami analizy demograficznej, służącymi do parametryzacji rozkładów zdarzeń demograficznych w funkcji wieku oraz z wielowymiarową bazą danych, stwarza niezwykle szerokie możliwości prowadzenia analiz demograficznych.

Główne równania projekcyjne modelu mają dla każdej płci postać (Willekens, Drewe 1984):  
dla kohorty urodzeniowej

$$K(0,t+1) = F(00,t) [B(t) + O_o(00,t)];$$

dla  $0 < x < z - 1$

$$K(x+1,t+1) = S(x,t) K(x,t) + F(x,t) O_o(x,t);$$

i dla ostatniej, otwartej grupy wieku

$$K(z+,t+1) = S(z-1,t) K(z-1,t) + S(z+,t) K(z+,t) + F(z-1,t) O_o(z-1,t) + F(z+,t) O_o(z+,t),$$

gdzie:

- $x$  – grupa wieku:  $x = 0, 1, \dots, z - 1, z+$ ; ( $z+$  - najstarsza, otwarta grupa wieku);
- $00$  – indeks grupy wieku obejmującej dzieci urodzone w okresie  $(t, t+1)$ ;
- $K(x,t)$  – wektor liczby ludności danej płci w poszczególnych regionach, w grupie wieku  $x$ , w chwili  $t$ ;
- $O_o(x,t)$  – wektor liczby imigrantów z „reszty świata” w okresie  $(t, t+1)$ ;
- $B(t)$  – wektor urodzeń w okresie  $(t, t+1)$ ;
- $S(x,t)$  – macierz przejścia; element  $s_{ij}(x,t)$  określa prawdopodobieństwo, że osoba w wieku  $(x, x+1)$  przebywająca w regionie  $i$  w chwili  $t$  dożyje do chwili  $t+1$  i będzie wówczas w regionie  $j$ ;
- $F(x,t)$  – macierz współczynników dożycia imigrantów w wieku  $(x, x+1)$ , przybywających do regionu  $i$  i dożywających do chwili  $(t+1)$  w regionie  $j$ .

Wartości elementów macierzy  $S(x,t)$  i  $F(x,t)$  zależą od wartości współczynników zgonów, migracji wewnętrznych i emigracji do „reszty świata”.

Warto zwrócić uwagę na niejednoznaczność sposobu, w jaki konstruuje się równanie dla kohorty urodzeniowej. Niejednoznaczność ta wynika z różnych możliwości szacowania liczby osobolat (oznaczymy ją jako  $L(00,t)$ , która jest mianownikiem współczynników demograficznych. Wyżej podany wzór na  $K(0,t+1)$  został otrzymany przy założeniu, że (Willekens, Drewe 1984):

$$L(00,t) = 0.5 (0 + K(0,t+1)) = 0.5 K(0,t+1).$$



Willekens (1995a) zaproponował również inną możliwość, mianowicie aby szacować  $L(00,t)$  jako:

$$L(00,t) = 0.25 (B(t) + K(0,t+1)).$$

Równanie na  $K(0,t+1)$  ma wówczas oczywiście inną postać niż podana wyżej.

Oprogramowanie wywodzące się bezpośrednio z modelu Rogersa, umożliwiające interaktywne przeprowadzanie prognoz, w szczególności definiowanie scenariuszy zmian parametrów modelu, opracowane zostało w Międzynarodowym Instytucie Stosowanych Badań Systemowych (IIASA) przez S. Scherbova ze współpracownikami (Scherbov, Yashin, Grechucha 1986; Scherbov, Grechucha 1988). Interaktywny charakter oprogramowania podkreśla jego nazwa DIALOG.

Bardzo zaawansowanym i dostępnym w formie oprogramowania użytkowego modelem jest LIPRO (Lifestyle PROjection), stworzony przez E. van Imhoffa i N. Keilmana (van Imhoff 1990a, b; van Imhoff, Keilman 1991) w Holenderskim Interdyscyplinarnym Instytucie Demograficznym (NIDI). Jest to model wielostanowy, zaprojektowany do prognozowania liczby i struktury ludności według różnych cech oraz do prognozowania liczby i struktury gospodarstw domowych. Dwie właściwości modelu zwracają szczególną uwagę: ogólność sformułowania i możliwość wyboru liniowej bądź wykładniczej formy modelu. Model LIPRO stosowała w Polsce I. Kotowska do prognozowania ludności według stanu cywilnego i miejsca zamieszkania oraz do przygotowania prognozy gospodarstw domowych (Kotowska 1991, 1992, 1994a, b).

Liniowa wersja modelu LIPRO wywodzi się z równań przedstawionych w pracy F. Willekensa i P. Drewe (1984). Wersja wykładnicza jest modelem z ciągłym czasem. Równania projekcyjne w wersji wykładniczej podaje się, tak jak w wersji liniowej, oddzielnie dla grupy wieku obejmującej dzieci urodzone w danym kroku projekcji, dla ostatniej grupy wieku i dla grup pozostałych. Przykładowo, równanie dla pozostałych grup wieku ma w wykładniczym modelu wieloregionalnym postać (van Imhoff 1990b):

$$K^T(x+h,t+h) = K^T(x,t) \exp[\mu(x,t)h] + O^T(x,t)h^{-1}\mu^{-1}(x,t)\{\exp[\mu(x,t)h] - I\},$$

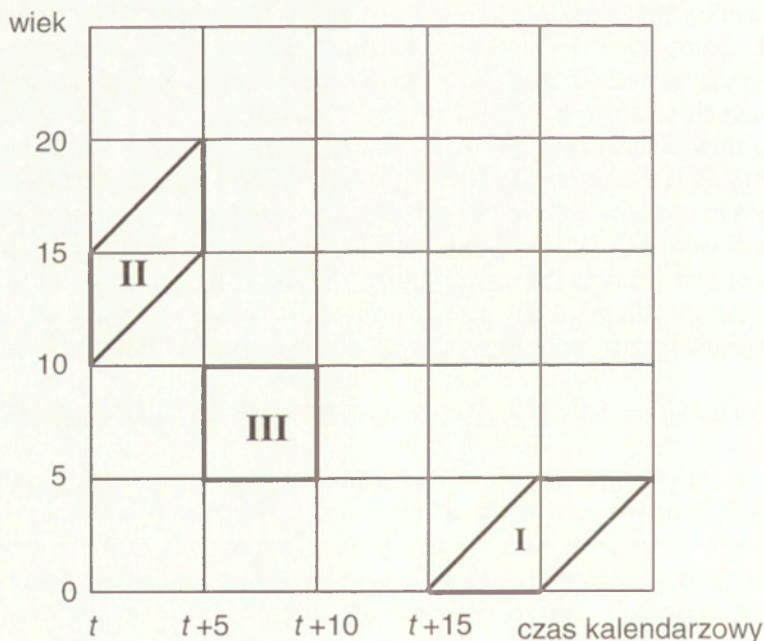
gdzie  $K$  i  $O$  są odpowiednio wektorami liczby ludności i imigracji,  $T$  oznacza operację transpozycji, a  $I$  jest macierzą jednostkową. Macierz  $\mu(x,t)$  jest macierzą intensywności zależną od chwilowych intensywności (czyli prawdopodobieństw zajścia zdarzenia w czasie  $dt \rightarrow 0$ ) zgonów, migracji wewnętrznych i emigracji. Zakłada się, że macierz  $\mu(x,t)$  jest stała w okresie  $(t, t+h)$ . Równanie powyższe jest rozwiązaniem równania

$$\frac{d}{dh} K^T(x+h,t+h) = K^T(x+h,t+h)\mu(x,t) + \frac{O^T(x,t)}{h}.$$

Warto zwrócić uwagę za Willekenssem na istotną różnicę pomiędzy modelem liniowym a wykładniczym: w modelu liniowym zakłada się, że zjawiska demograficzne rozłożone są równomiernie w czasie, natomiast w modelu eksponencjalnym są one rozłożone zgodnie z funkcją wykładniczą (Willekens 1995a).

Twórcy modeli projekcyjnych rozwijanych w latach 80-tych i 90-tych podkreślają konieczność zwracania uwagi na dokładne określenie typu danych wykorzystywanych w projekcji (Rees, Willekens 1981; Rees 1993, 1994; van Imhoff, van Wissen, Spieß 1994). O różnicy między modelami dla danych ze spisu i rejestracji mówiliśmy już wcześniej. Drugą kwestią związaną z danymi jest rozróżnienie trzech rodzajów zbiorowości zdarzeń demograficznych i odpowiednio trzech typów danych, czy też schematów zbierania lub estymacji danych dotyczących zdarzeń demograficznych (w literaturze anglojęzycznej: *age-time observation plans*, *age-time schemes*; Rees, Willekens 1986b; Rees 1986, 1993). Są to (patrz rycina 1):

- I. zbiorowość zdarzeń lub dane typu wiek-kohorta (*age-cohort plan*; w literaturze polskiej zbiorowość zdarzeń I rodzaju);
- II. zbiorowość zdarzeń lub dane typu okres-kohorta (*period-cohort plan*; zbiorowość zdarzeń II rodzaju);
- III. zbiorowość zdarzeń lub dane typu okres-wiek (*period-age plan*; zbiorowość zdarzeń III rodzaju).



Ryc. 1. Siatka demograficzna z zaznaczonymi trzema schematami obserwacji zdarzeń demograficznych

Lexis diagram showing different demographic observation plans



W literaturze anglosaskiej wyróżnia się jeszcze czwarty typ: okres-wiek-kohorta, któremu w literaturze polskiej odpowiadają tzw. zbiorowości elementarne.

Powyższa klasyfikacja jest dobrze znana demografom i opisywana w podręcznikach demografii (Holzer 1986, 1999; Kurkiewicz 1992). Przypominamy ją tutaj dlatego, że w praktycznych zastosowaniach nie zawsze przywiązywano dostateczną wagę do typu danych. Dla celów przygotowania projekcji niezbędne są dane zbierane według schematu okres-kohorta (Rees 1986, 1993, 1994; Rees, Willekens 1986b), natomiast do obliczania tablic trwania życia – dane typu wiek-kohorta (Rees 1986). Najbardziej uniwersalne są oczywiście dane typu okres-wiek-kohorta, zawierające informacje o okresie w którym nastąpiło zdarzenie, wieku osoby doświadczającej zdarzenia i jej dacie (okresie) urodzenia. Dane takie można bez trudu agregować celem uzyskania danych pozostałych typów. W praktyce najczęściej gromadzone przez urzędy statystyczne są dane typu okres-wiek. Proces ich przeszacowywania na pozostałe typy danych stanowi dodatkowe źródło błędów.

Kolejną istotną sprawą, na którą zwraca uwagę P. Rees (1994), jest konieczność zgodności między długością kroku projekcji i rozpiętością grup wieku. Wiąże się z tym konieczność szacowania współczynników dożycia dla okresów odpowiadających rozpiętości grup wieku. Jeżeli na przykład dostępne dane dotyczą 5-letnich grup wieku, to długość kroku projekcji będzie wynosiła 5 lat. Jeżeli dysponujemy przy tym danymi dla okresów jednorocznych, to należy je przeliczyć tak, by otrzymać 5-letnie współczynniki dożycia. W praktycznych zastosowaniach mamy do czynienia z projekcjami o długości kroku i rozpiętości grup wieku bądź 1 rok, bądź 5 lat. 5-letnie grupy wieku i okresy projekcji mogą być użyte w przypadku przygotowywania prognoz długoterminowych, natomiast do celów planistycznych bardziej przydatna jest prognoza dla grup jednorocznych, które mogą być następnie agregowane w zależności od potrzeb. Na przykład przy prognozowaniu niezbędnej liczby miejsc w szkołach różnego typu w Polsce potrzebna byłaby prognoza dla grup wieku 7-12, 13-15 i 16-18 lat.

Niepewność, czy założone scenariusze zmian składowych wzrostu ludności sprawdzą się w przyszłości, oraz zła jakość danych dotyczących migracji międzynarodowych zmuszają badaczy do szukania alternatywnych metod prognoz ludności. Jednym z rozwiązań, które od pewnego czasu są rozważane, są prognozy probabilistyczne, które łączą wyniki prognozy z prawdopodobieństwem ich uzyskania (Alho 1990; Lutz, Sanderson, Scherbov 1996, 1998). Z naukowego punktu widzenia prognozy te są bardzo obiecującą alternatywą prognoz deterministycznych. P. H. Rees i in. (1999) zalecili w ocenie dotychczasowych prognoz Unii Europejskiej, aby w przyszłości prognozy ludności Unii wykonywane były również za pomocą tej metody. Niektóre kraje wykorzystywały metodę probabilistyczną do sporządzenia prognoz dynamiki ludności (Lee, Tuljapurkar 1994; Lutz,

Scherbov 1998a, b). Istnieją jednak problemy ze zoperacjonalizowaniem wyników takiej prognozy dla celów planistycznych, co wynika z faktu, iż jej rezultatem są pary: liczba ludności i prawdopodobieństwo jej uzyskania. Taka kombinacja jest dużo trudniejsza do zrozumienia i zaakceptowania niż tradycyjne informacje uzyskiwane z prognoz demograficznych.

### 2.5.3. PRÓBA OCENY

Wieloregionalne modele projekcyjne (Rogers 1975) należą bez wątpienia do najważniejszych osiągnięć demografii przestrzennej okresu powojennego. Złożyło się na to wiele czynników. Z punktu widzenia rozwoju teorii modelowania demograficznego A. Rogers i jego współpracownicy opracowali model najlepiej odzwierciedlający zjawiska demograficzne zachodzące w przestrzeni, uwzględniając migracje w procesie projekcyjnym. Co niezwykle ważne, odpowiednie wzory matematyczne sformułowano uwzględniając systemowy charakter migracji w procesie zmian dynamiki przestrzennej ludności. Równie istotne było zapewnienie, pod wpływem prac nad modelami bilansowymi (Rees, Wilson 1977), poprawności definiowanych współczynników. Uniwersalność tak sformułowanego wieloregionalnego modelu projekcyjnego przekroczyła oczekiwania autorów. Stosunkowo szybko uzmysłowiono sobie, że koncepcja opisu dynamiki ludności za pomocą modeli wieloregionalnych może być bez zasadniczych trudności uogólniona na systemy wielostanowe, gdzie możliwe jest uwzględnienie złożonych cech społeczno-ekonomicznych, jak wykształcenie, dochód, stan cywilny itp. (Land, Rogers 1982a, b) i procesu zmian tych cech. W niniejszej pracy zdecydowano pominąć zagadnienia rozwoju demografii wielostanowej, wychodząc z założenia, że mechanizmy matematyczne są w niej bardzo zbliżone do mechanizmów stosowanych w demografii wieloregionalnej.

Czysto teoretyczne osiągnięcia w tworzeniu modeli nie usprawiedliwiałyby tak entuzjastycznej oceny jak przedstawiona powyżej. Znacznie ważniejsze, jak zauważył A. Rogers w wydanej w 1995 r. książce łączącej cechy podręcznika i podsumowania ponad dwudziestu lat badań, jest praktyczne zastosowanie nowej metodologii. Przegląd praktycznych zastosowań modeli wieloregionalnych i wielostanowych, zawarty w cytowanej książce, jest zaiste imponujący. Modele te były stosowane przez dziesiątki urzędów statystycznych, ministerstw i organizacji międzynarodowych na prawie wszystkich kontynentach oraz przez liczne instytucje akademickie (Quebec Bureau of Statistics 1981; ter Heide, Willekens 1984; US Bureau of the Census 1988; van Imhoff, van Wissen, Spieß 1994). Ocenę przydatności tej metodologii w praktyce potwierdzają E. van Imhoff, L. van Wissen i K. Spieß (1994) w przeglądzie prognoz ludności, sporządzanych na poziomie regionalnym przez kraje członkowskie Europejskiego Obszaru Ekonomicznego (EEA). Według ich oceny metodologia wieloregionalna jest stosowana w prawie połowie krajów objętych badaniem.



W polskiej oficjalnej praktyce prognostycznej modele wieloregionalne nie są stosowane przez Główny Urząd Statystyczny, ale środowiska akademickie (Holzer, Kotowska 1998) nawołują do ich wprowadzenia. Zastosowania wieloregionalnej analizy demograficznej w warunkach polskich w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych omówione zostało obszernie w pracach J. Paradyśa (1985a, b, 1987) i M. Kupiszewskiego (1987a, 1994), w związku z czym nie będą analizowane szczegółowo w niniejszej pracy. Można jednak zauważyć, że w ostatnich dziesięciu latach zainteresowanie środowisk akademickich w Polsce metodami wieloregionalnymi osłabło i właściwie jedynymi znaczącymi pracami w tym okresie były: regionalna prognoza ludności Polski sporządzona przez I. Kotowską (1991, 1992) przy użyciu modelu LIPRO, regionalna prognoza ludności według stanu cywilnego (Kotowska 1994b) oraz prace prognostyczne M. Kupiszewskiego i D. Kupiszewskiej (1998, 1999) dla krajów Europy Centralnej i Wschodniej.

Pomimo niewątpliwych osiągnięć modelowania demograficznego, rozwój tej dziedziny badań nie został zakończony. Badacze zwracają uwagę na różnorodne wady modeli. Obszerna krytyka istniejących modeli zawarta jest w następnym rozdziale.

## 2.6 SŁABOŚCI I BRAKI ISTNIEJĄCYCH MODELI DYNAMIKI LUDNOŚCI

W praktyce prognostycznej (van Imhoff, van Wissen, Spieß 1994) do prognoz regionalnych najczęściej używane są modele kohortowo-składnikowe lub ich wieloregionalne uogólnienia. Modele wieloregionalne spełniają podstawowe wymagania nakładane na modele prognostyczne, jakie formułowane były w latach siedemdziesiątych i pierwszej połowie lat osiemdziesiątych. Uwzględniają one zarówno procesy płodności i umieralności zachodzące w regionach, jak i procesy migracyjne zachodzące między regionami i ich konsekwencje dla przyrostu naturalnego. Wcale albo w niewielkim stopniu uwzględniają one migracje międzynarodowe. Pierwsze sformułowanie modelu Rogersa nie brało ich w ogóle pod uwagę (Rogers 1975). Modele, które powstawały na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych (Rees i Wilson 1977; Rees 1984; Willekens i Drewe 1984), zapewniły teoretyczną możliwość uwzględnienia migracji zagranicznych poprzez wprowadzenia do bilansu przepływów do i z „reszty świata”, jednak w praktycznych zastosowaniach możliwość ta była niejednokrotnie ignorowana.

Druga połowa lat osiemdziesiątych i pierwsza połowa lat dziewięćdziesiątych zmieniły naszą percepcję procesów demograficznych z dwóch powodów. Po pierwsze, migracje międzynarodowe w Europie przybrały na pewien czas masowy charakter i zaczęły znacząco wpływać na dynamikę ludności niektórych państw. Ze względu na koncentrację migracji w czasie

był to impuls migracyjny o wiele silniejszy niż rozłożone w czasie migracje z lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych. Na przykład ludność Niemiec utrzymywać się będzie na poziomie z lat osiemdziesiątych wyłącznie dzięki migracjom międzynarodowym (Kupiszewski i Kupiszewska 1998; United Nations 2000). Dynamika ludności Śląska Opolskiego, skąd odpływ do Niemiec na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych był bardzo znaczny (Rauziński 1982a, b, 1989a, b, 1996; Heffner 1990, 1998; Kupiszewski 1993), zależna była w ostatnim dziesięcioleciu w znacznym stopniu od przepływów międzynarodowych. Po drugie, procesy polityczne zachodzące w Europie – zdynamizowanie integracji europejskiej wewnątrz Unii Europejskiej z jednej strony i uruchomienie procesów akcesyjnych byłych krajów Europy Środkowej i Wschodniej z drugiej strony, dały asumpt do traktowania przestrzeni europejskiej jako przestrzeni zintegrowanej.

Przemianę poglądów na rolę migracji międzynarodowych może najlepiej zilustrować ewolucja w traktowaniu migracji międzynarodowych w oficjalnych prognozach ludnościowych sporządzanych przez Eurostat, od zignorowania problemu w projekcji w 1980 r. (NEI 1986), poprzez marginalne potraktowanie problemu w połowie lat osiemdziesiątych przez R. Haverkate i H. van Haselena (1990), którzy uwzględnili jedynie salda migracji międzynarodowych w Niemczech i Irlandii, ignorując wszelkie inne przepływy, do potraktowania migracji międzynarodowych jako kluczowego elementu modyfikującego regionalną dynamikę ludności, równoprawnego migracjom wewnętrznym i ruchowi naturalnemu, i przygotowania odrębnych scenariuszy ich zmian (de Jong, Visser 1997).

Tabela 3 pokazuje, na ile podejście Holenderskiego Instytutu Ekonomicznego (NEI 1986), zakładające zerowe migracje międzynarodowe netto w krajach Unii Europejskiej w okresie 1980-2010, było błędne. Pobieżna choćby analiza tabeli pokazuje, że w ciągu 15 lat kumulatywny błąd prognozy dla całej Unii Europejskiej wynosił 2.21%, ale dla wielu krajów był znacznie większy. Ludność Irlandii przeszacowana była o 6.11% ludności wyjściowej, a niedoszacowanie ludności w Luksemburgu wynosiło 9.28%. Dla Niemiec błąd wynosił 7.30%, co w wartościach bezwzględnych stanowiło 4483 tys. osób. Tak duże błędy powodują, że prognozy ludności stają się bezużyteczne, a przygotowujący je demografowie tracą wiarygodność. Z tych względów prognozy ludnościowe Eurostatu przeszły w ciągu ostatnich 20 lat daleko idącą ewolucję (Rees i in. 1999).

Akceptacja znaczenia migracji międzynarodowych w projekcjach ludności otworzyła drogę do dyskusji, jak w modelu dynamiki ludności ująć te migracje i jak prognozować ich przyszły przebieg. Analiza możliwości włączenia migracji międzynarodowych do wieloregionalnych modeli projekcyjnych przedstawiona zostanie w rozdziale 3.2.1.

Kolejnym elementem wpływającym na percepcję i przebieg procesów demograficznych jest proces integracji europejskiej, który wewnątrz Unii



Tabela 3. Błąd prognozy Eurostatu z 1980 r. wyrażony w procentach ludności wyjściowej w 1980 r.,  
wynikający z założenia o zerowym saldzie migracji międzynarodowych

	EUR12	B	DK	D	GR	E	F	IRL	I	L	NL	P	UK
Migracje międzynarodowe netto													
1980–1984	198365	–35527	5312	9152	86134	4121	261549	–32834	–138819	2042	70838	22296	–55899
1985–1989	2044514	41030	31819	1660596	121999	–98526	249000	–164442	–12689	11014	137077	–226933	294569
1990–1994	4779573	96097	52991	2812978	290586	81236	380000	–10097	544722	20678	206760	–64031	367653
Suma	7022452	101600	90122	4482726	498719	–13169	890549	–207373	393214	33734	414675	–268668	606323
Ludność w 1980 r. (w tys.)													
	318039,5	9843,2	5122,1	61439,2	9587,5	37241,5	53882,1	3392,8	56998,9	363,7	14091,3	9755,6	56321,6
Błąd prognozy w %													
1980–1984	0,06	–0,36	0,10	0,01	0,90	0,01	0,49	–0,97	–0,24	0,56	0,50	0,23	–0,10
1985–1989	0,64	0,42	0,62	2,70	1,27	–0,26	0,46	–4,85	–0,02	3,03	0,97	–2,33	0,52
1990–1994	1,50	0,98	1,03	4,58	3,03	0,22	0,71	–0,30	0,96	5,69	1,47	–0,66	0,65
1980–1994	2,21	1,03	1,76	7,30	5,20	–0,04	1,65	–6,11	0,69	9,28	2,94	–2,75	1,08

Źródło: Obliczenia własne na podstawie NEI (1986), Council of Europe (1995, 1998), Eurostat (1997, 1998).

Europejskiej ulega intensyfikacji i pogłębianiu, rozumianym tu jako redukcja barier formalnoprawnych i administracyjnych w przepływie ludności. Traktat z Maastricht (European Commission 1992), który wszedł w życie z dniem 1 listopada 1993 r., stanowi, że każdy obywatel państwa będącego sygnatariuszem Traktatu jest jednocześnie obywatelem Unii Europejskiej. Implikuje to prawo każdego obywatela Unii Europejskiej do korzystania z pełni praw obywatelskich, w tym swobody wyboru miejsca zamieszkania i podejmowania pracy w każdym z państw członkowskich Unii. Komisja Europejska została zobowiązana do wydania przepisów niezbędnych do praktycznego wprowadzenia w życie powyższej normy prawnej. Nie jest to bynajmniej zadanie proste, gdyż harmonizacja przepisów dotyczyć musi nie tylko prawa do osiedlania się, ale i prawodawstwa dotyczącego zatrudnienia, wykonywania niektórych zawodów, akceptowania dyplomów szkół i uczelni i kwalifikacji zawodowych, i w końcu przepisów dotyczących zabezpieczenia społecznego i chorobowego (Convey, Kupiszewski 1996).

Proces rozszerzania Unii Europejskiej i włączania doń niektórych krajów postkomunistycznych z pewnością będzie miał pewien wpływ na migracje międzynarodowe (Orłowski, Zienkowski 1998; Kupiszewski 1998; Korcelli 2000), choć prawdopodobnie nie tak wielki jak spekulują media czy sugerują niektórzy badacze niemieccy (Franzmeyer, Brücker 1997; Sinn i in. 2000) czy austriaccy (Fassmann, Hintermann 1997). Krytyczny przegląd wybranych prognoz migracji między krajami kandydującymi do Unii Europejskiej i krajami Unii, sporządzony z demograficznego punktu widzenia, zawarty jest w pracy M. Kupiszewskiego (2001a). Bariery formalne istniejące między krajami członkowskimi Unii a krajami kandydującymi będą redukowane po pewnym czasie od rozszerzenia Unii, jak to w przeszłości było w przypadku Portugalii i Hiszpanii.

Wzrost znaczenia migracji międzynarodowych w dynamice ludności wielu krajów i postępująca lub oczekiwana integracja wybranych obszarów Europy zachęcają do spojrzenia na procesy demograficzne jako na procesy zachodzące współbieżnie na terytorium ponadnarodowym, obejmującym kilka lub kilkanaście państw, a nawet cały kontynent. Postulat ten nie jest obcy geografom ludności i demografom. W dziedzinie modelowania przestrzennej dynamiki ludności oczywista możliwość jego uwzględnienia to przygotowanie projekcji ludności obejmującej obszary ponadnarodowe, które składać się mogą z państw grupowanych według pewnego kryterium, na przykład położenia geograficznego – częściami kontynentu lub kontynentami (por. Lutz, Sanderson, Scherbov i Goujon 1996), czy kombinacji położenia geograficznego i poziomu rozwoju ekonomicznego (United Nations 1997a, b). Niestety, ten poziom agregacji powoduje, że wyniki takich projekcji, choć interesujące w ogólnych rozważaniach dotyczących rozwoju ludności i w dyskusjach o podłożu politycznym, są



mało użyteczne w zastosowaniach praktycznych i planistycznych, które muszą operować znacznie mniejszymi jednostkami przestrzennymi.

Bardzo często projekcje dla obszarów ponadnarodowych są sumami projekcji narodowych (United Nations 1997a, b; Boussemant 1997). Projekcje te nie są na ogół dalej dzielone na mniejsze jednostki regionalne. Umożliwiają więc one jedynie obserwacje procesów demograficznych w poszczególnych krajach, na ogół przy bardzo elementarnych i uproszczonych założeniach, koncentrujących się na ruchu naturalnym ludności. W przypadku projekcji Rexecode (Boussemant 1997) założenia odnoszą się do zmian surowych współczynników urodzeń i zgonów, które zależne są w dużej mierze od struktury wieku ludności. Takie postępowanie jest oczywiście błędne, trudno więc projekcję tę traktować poważnie.

W krytyce projekcji ludności kontynentów lub innych wielkich obszarów kluczowy jest fakt, że ich wysoki poziom agregacji przestrzennej nie zadowala wielu użytkowników. Na przykład dla Komisji Europejskiej, zobowiązanej do okresowej analizy wpływu różnych funduszy regionalnych na rozwój regionów, projekcja na poziomie krajów lub Unii Europejskiej nie daje żadnej użytecznej informacji. Istotne jest więc, aby przy projektowaniu modeli dynamiki ludności dla obszarów ponadnarodowych włączyć do modelu dodatkowy podział na regiony w każdym z krajów. Oznacza to, że projekcja powinna dostarczać informacji o stanie i liczbie ludności całego obszaru ponadnarodowego, każdego z państw w tym obszarze i każdego z regionów w każdym z tych państw. Taka argumentacja dostarczyła przesłanek do skonstruowania nowego wieloregionalnego wielopoziomowego modelu dynamiki ludności opisanego w następnym rozdziale.

Przedstawiona krytyka istniejących modeli nie wyczerpuje bynajmniej listy nierozwiązanych problemów. Najważniejsze z tych, których nie próbowano rozwiązać w niniejszej pracy, omówiono poniżej.

Istotny punkt krytyki odnosi się do założenia Markowa dotyczącego pamięci modelu: współczynniki emigracji używane przy konstruowaniu macierzy wzrostu  $G$  lub macierzy przejścia  $S$  nie są zależne od historii migracji. Jest to sprzeczne z badaniami empirycznymi, które pokazują, że prawdopodobieństwo migracji osoby, która już raz migrowała, jest większe niż prawdopodobieństwo migracji osoby, która nie zmieniła miejsca zamieszkania od urodzenia (Ledent 1980b). Problem ten można stosunkowo łatwo rozwiązać, jeśli dysponuje się danymi o kolejnych miejscach zamieszkania i miejscu urodzenia migrantów. Można wtedy obliczać współczynniki oddzielnie dla każdej kategorii ludności i stosować je w modelu już nie wieloregionalnym, ale wielostanowym (Philipov, Rogers 1980). Rozwiązanie takie nie jest zbyt popularne, gdyż zaledwie kilka państw dysponuje danymi wzdłużnymi niezbędnymi do estymacji parametrów takiego modelu.

Kolejnym problemem jest przyjęcie, że ludność regionu w określonej grupie wieku i płci jest homogeniczna z punktu widzenia zachowań

demograficznych. Tu bezpośrednim rozwiązaniem jest stosowanie modeli wielostanowych, opisanych przez K. C. Landa i A. Rogersa (1982a, b). Przykładem modelu wielostanowego jest też LIPRO. Oczywiście stosowanie modeli wielostanowych, które poza wiekiem, płcią i miejscem zamieszkania operują jeszcze innymi charakterystykami, na przykład wykształceniem, stanem cywilnym czy miejscem urodzenia, wymaga nieporównanie więcej danych. Z tego względu ich stosowanie jest ograniczone, gdyż często na podstawie istniejących danych nie można estymować prawdopodobieństw przejść pomiędzy stanami. Jak skomplikowane może być takie szacowanie, można ocenić na podstawie następującego przykładu: jeśli oprócz wieku i miejsca zamieszkania do specyfikacji modelu dodamy wykształcenie i stan cywilny, niezbędne będzie na przykład oszacowanie prawdopodobieństwa, że osoba zamieszkała w regionie *i*, będąca w grupie wieku 20–24 lat, stanu wolnego, o wykształceniu średnim, będzie pięć lat później mieszkać w regionie *j*, będzie miała wykształcenie wyższe i będzie rozwiedziona.

Istnieją już teoretyczne metody pozwalające na rozwiązanie powyższych ograniczeń. Prawdziwym problemem jest dostępność danych niezbędnych do kalibracji modeli. Nadszedł więc czas, by narodowe biura statystyczne, jeżeli mają dostarczyć precyzyjnych, zdezagregowanych prognoz ludności, skoncentrowały się na zbieraniu dokładniejszych, bardziej zdezagregowanych danych demograficznych. Dla naukowców zaś do pokonania pozostaje problem redukcji zapotrzebowania na dane przy jednoczesnym zachowaniu poziomu dezagregacji samych modeli. Parametryzacja rozkładów zdarzeń: urodzeń (Coale, Trussel 1974; Rogers, Planck 1983), zgonów (Heligman, Pollard 1979; Rogers, Planck 1983, migracji (Rogers, Castro 1981 a,b,c) według wieku otworzyła już ćwierć wieku temu obiecujące horyzonty badawcze.

Przyszłość użycia modeli wieloregionalnych będzie leżała, jak postulują M. Kupiszewski i P. H. Rees (1999), w odmiennym niż dziś jest to przyjęte definiowaniu systemu migracji. Na podstawie szczegółowych studiów migracji w 10 krajach Europy P. H. Rees i M. Kupiszewski (1999a) stwierdzili, że tradycyjnie definiowane w projekcjach ludności regiony, zwykle jednostki administracyjne pierwszego rzędu, w żaden sposób nie odpowiadają procesom migracyjnym zachodzącym w rzeczywistości. Dynamika ludności mierzona w dużych jednostkach przestrzennych zaciemnia obraz rzeczywistych zmian. Wewnątrz dużych aglomeracji miejskich zachodzi znaczna część migracji mających zasadniczy wpływ nadystribucję ludności. Młodzi ludzie migrują do centrum aglomeracji, natomiast rodziny starają się z niej uciec, aby uzyskać lepsze warunki mieszkaniowe. Zjawiska te są całkowicie ignorowane w prognozach ludności, gdyż zwykle duże regiony miejskie wchodzą w skład jednostek administracyjnych najwyższego rzędu. W związku z tym M. Kupiszewski i P. H. Rees (1999) zaproponowali, aby przy konstruowaniu prognoz demograficznych używać



małych jednostek przestrzennych, wielkości gmin. Oczywiście wiarygodna estymacja parametrów projekcji dla tak małych jednostek, liczących w skrajnych przypadkach poniżej stu mieszkańców, nie jest możliwa. Zaproponowano więc, aby z takich małych jednostek konstruować metaregiony o zbliżonych charakterystykach, np. znajdujące się obok siebie na *continuum* miejsko-wiejskim (np. wielkie miasta, obszary podmiejskie, średnie miasta, małe miasteczka, obszary wiejskie różnego rodzaju), według cech ekonomicznych (rejon z dominacją usług, przemysłu i rolnictwa) itd. Prognoza byłaby prowadzona dla tych metaregionów, a następnie jej wyniki dezagregowane na poszczególne gminy i w kolejnym kroku agregowane tak, aby uzyskać prognozę dla większych jednostek przestrzennych. Szczególną zaletą tak skonstruowanych prognoz jest możliwość skrupulatnego konstruowania scenariuszy migracji dla poszczególnych grup wieku oddzielnie. Słuszność takiego podejścia uzasadniona jest obszernie przez M. Kupiszewskiego i P. H. Reesa (1999).

Wyniki otrzymane z tak wyspecyfikowanego modelu należałoby porównać z wynikami modelu o konwencjonalnym podziale przestrzennym i ocenić, być może na historycznych danych, pozwalających na porównanie błędów *ex post*, czy wyniki są obciążone większym czy mniejszym błędem. Można też rozważyć jakąś formę dopasowania do siebie dwóch prognoz, adaptując metodologię uzyskiwania zgodności prognoz krajowej i regionalnej stosowaną w regionalnych prognozach typu *bottom-up*. T. Wilson i P. H. Rees (1998) pokazali, że możliwe jest przeliczenie wyników projekcji z danego podziału do innego podziału geograficznego. Jednakże nie testowali oni swojego rozwiązania z punktu widzenia teorii agregacji i dezagregacji przestrzennej w prognozach demograficznych. Nierozwiązanym w chwili obecnej problemem jest kontrola wielkości błędu związanego z agregacją i dezagregacją projekcji, ale obfita literatura przedmiotu (por. np. Rogers 1976; Gibberd 1981; Józwiak 1983b; Dittmann 1990) stanowi znakomity punkt wyjścia do prowadzenia badań nad tym zagadnieniem.

Dalszym krokiem w rozwoju modeli dynamiki ludności winno być, jak postuluje F. Willekens (1995a, s. 2), uwzględnienie czynników i procesów mających wpływ na zdarzenia demograficzne. Trzeba je zidentyfikować i zrozumieć mechanizmy ich wpływu na procesy demograficzne. Wtórzuje mu P. Rees (1994, s. 1), postulując, iż należy szukać związków między migracjami a lokalnymi rynkami pracy i zasobami mieszkaniowymi, oraz I. Kotowska (1994a, s. 122) twierdząc, iż w prognozowaniu powinno się nawiązywać do kontekstu społeczno-ekonomicznego i wpływu czynników psychologicznych na zachowania demograficzne. Niezbędne jest zatem powiązanie naszej wiedzy jakościowej z ilościowymi modelami dynamiki ludności.





### **3. KONSTRUKCJA NOWEGO WIELOPOZIOMOWEGO WIELOREGIONALNEGO MODELU DYNAMIKI LUDNOŚCI**

Model MULTIPOLES zaprojektowany przez autora niniejszej pracy jest modelem wielonarodowym uwzględniającym migracje międzynarodowe w możliwie pełny sposób. Przed przystąpieniem do szczegółowego omówienia modelu wydaje się nam celowe przedstawienie dotychczasowych metod konstruowania modeli wielonarodowych oraz sposobów uwzględniania migracji w modelach różnego typu.

#### **3.1. PRZEGLĄD TRENDÓW KONSTRUKCJI WIELONARODOWYCH MODELI DYNAMIKI LUDNOŚCI**

W niniejszym rozdziale rozważać będziemy modele używane do wyznaczania projekcji i prognoz ludności wielu krajów jednocześnie. Są one bardzo różnorodne: od prostych modeli kohortowo-składnikowych stosowanych do każdego kraju po kolei, aż po złożone wieloregionalne modele wielopoziomowe. Tradycyjnie projekcje i prognozy ludności obejmujące obszary ponadnarodowe były domeną, żeby nie powiedzieć monopolem, organizacji międzynarodowych dysponujących wieloosobowymi zespołami badawczymi, znacznymi zasobami finansowymi i zinstytucjonalizowanym dostępem do narodowych biur statystycznych. Dopiero w ciągu ostatnich kilku lat na skutek rozwoju technik komputerowych i dostępności danych demograficznych możliwe stało się przygotowywanie ich przez indywidualnych badaczy.

Ponadnarodowe prognozy i projekcje ludności konstruowano dotychczas w trzech układach przestrzennych:

- prognozy i projekcje ludności całego świata lub dużych obszarów ponadnarodowych;
- prognozy i projekcje ludności wielu krajów jednocześnie;
- prognozy i projekcje ludności w podziale na regiony, agregowane do poziomu krajów i dalej do poziomu obszarów ponadnarodowych.

### 3.1.1. PROGNOZY I PROJEKCJE LUDNOŚCI CAŁEGO ŚWIATA LUB DUŻYCH OBSZARÓW PONADNARODOWYCH

Pierwszy, najogólniejszy układ przestrzenny obejmuje albo cały świat, albo kontynenty lub ich fragmenty. Na przykład W. Lutz, W. Sanderson, S. Scherbov i A. Goujon (1996) użyli podziału świata na trzynaście wielkich regionów, a ONZ (United Nations 1997a, b) używa czterech różnych podziałów: na kraje rozwinięte i rozwijające się, na sześć kontynentów, na 21 subregionów i w końcu na poszczególne państwa. Prognozy i projekcje w tej skali przestrzennej mogą mieć zastosowanie głównie w badaniach futurologicznych oraz do ostrzegania i planowania strategicznego na poziomie międzynarodowym, na przykład przy wczesnym ostrzeganiu przed klęską głodu (do tego problemu odnosiła się pionierska prognoza Notensteina z 1945 r.), ostrzeganiu przed możliwością wyczerpywania się w przyszłości zasobów naturalnych (Meadows i in. 1972), a także do szacowania emisji zanieczyszczeń (Bongaarts 1992) lub zapotrzebowania na energię (IIASA & WEC 1995). Oczywiście, jak słusznie zauważył T. Frejka (1996), zastosowania tego typu prognoz obejmują również zagadnienia o bardziej demograficznym charakterze, jak wpływ różnych trajektorii zmian płodności i umieralności na strukturę ludności, lub też o charakterze teoretycznym, jak ocena, jakie modyfikacje istniejących trendów rozwoju są niezbędne, aby uzyskać w przyszłości określone wielkości i struktury ludności. To ostatnie zagadnienie badał na przykład T. Frejka w opublikowanej w 1973 r. książce.

Przy tak wielkich jednostkach przestrzennych jakiegokolwiek zastosowanie wyników prognoz do bezpośrednich celów praktycznych, na przykład planowania przestrzennego, jest niemożliwe.

### 3.1.2. PROGNOZY I PROJEKCJE LUDNOŚCI WIELU KRAJÓW JEDNOCZEŚNIE

Prognozy i projekcje ludności wszystkich lub wybranych państw świata lub poszczególnych kontynentów przygotowywane są przede wszystkim przez organizacje międzynarodowe dla obszarów znajdujących się w zasięgu ich oddziaływania. Najbardziej znane są wielowariantowe prognozy ONZ (na przykład United Nations 1997a, b, 1999), publikowane regularnie od lat pięćdziesiątych, a także prognozy Banku Światowego (World Bank 1992; Vu, Bos 1992). Prognozy te sporządzane są dla ludności państw, głównie przy zastosowaniu modelu kohortowo-składnikowego, oddzielnie dla każdego kraju (Frejka 1996). Zastosowanie tego typu prognoz zależy w dużej mierze od tego, czy przygotowane są one w podziale na płeć i wiek, czy tylko dla ludności ogółem. Tradycyjnie prognozy ONZ i Banku Światowego używane są jako podstawa dalszych badań i porównań zarówno przez demografów potrzebujących prognoz demograficznych, ale



nie zainteresowanych lub nie posiadających kwalifikacji do ich sporządzania, jak i przez reprezentantów innych kierunków badań, którzy z jakichś względów chcą odnieść się do przewidywanych zmian demograficznych.

### 3.1.3. PROGNOZY I PROJEKCJE LUDNOŚCI W PODZIALE NA REGIONY, AGREGOWANE DO POZIOMU KRAJÓW, A NASTĘPNIE DO POZIOMU OBSZARÓW PONADNARODOWYCH

Najbardziej skomplikowane z metodologicznego punktu widzenia i pracochłonne z punktu widzenia przygotowania danych są prognozy i projekcje ludności wielu krajów w podziale na regiony w każdym lub w niektórych z tych krajów. Modele służące do ich opracowania można podzielić na dwie kategorie:

- wielonarodowe wieloregionalne modele, w których projekcje dla każdego kraju wyznacza się oddzielnie przy pomocy modelu wieloregionalnego;
- wielonarodowe wieloregionalne modele zintegrowane, stosujące podejście systemowe; w modelach tych migracje zagraniczne odzwierciedlają interakcje między państwami – elementami systemu.

Przykładami modeli należących do pierwszej kategorii są: DEMETER używany do sporządzania prognoz ludności Unii Europejskiej dla lat 1980-2010 (NEI 1986, 1991), 1985-2015 (Haverkate, van Haselen 1990) i 1990-2020 (Eurostat 1991; NEI 1994a, b) oraz model przygotowany przez NIDI i holenderskie Centralne Biuro Statystyczne, przy pomocy którego uzyskano najświeższą prognozę w tej serii, obejmującą lata 1995-2025 (van der Gaag, van Imhoff, van Wissen 1997b; van der Gaag, de Jong 1997; de Jong 1997). Ten ostatni model będziemy nazywać EUROPOP, zgodnie z propozycją Reesa przedstawioną w pracy dotyczącej oceny powyższej serii prognoz (Rees i in. 1999).

Drugą, bardziej zaawansowaną kategorię reprezentują obecnie, o ile autorowi wiadomo, tylko dwa modele projekcyjne: model ECPOP zaprojektowany przez Phila Reesa dla ludności Unii Europejskiej (Rees, Stillwell, Convey 1992; Rees 1996) oraz model MULTIPOLES zaprojektowany przez autora niniejszej pracy.

Prognozy i projekcje przedstawione w dwóch poprzednich podrozdziałach (to jest prognozy i projekcje ludności całego świata lub dużych obszarów ponadnarodowych, lub ludności wielu krajów jednocześnie) oraz prognozy i projekcje opracowane na podstawie pierwszej kategorii modeli zdefiniowanej powyżej wykorzystują powszechnie znane i sprawdzone modele dynamiki ludności. Na przykład w prognozie EUROPOP użyto wariantu liniowej wersji modelu LIPRO (van der Gaag, van Imhoff, van Wissen 1997b), natomiast w prognozie DEMETER 1990—2020 wykorzystano model MUDEA (Rees i in. 1999).

Modele należące do kategorii drugiej musiały być definiowane od nowa i wymagały przygotowania specjalnego oprogramowania. Konieczność zdefiniowania modeli „od zera” wynikała z konieczności systemowego potraktowania migracji międzynarodowych. Nie oznacza to jednak, że modele te całkowicie odcinały się od istniejącego dorobku metodologicznego. Wprost przeciwnie, w każdym przypadku punktem wyjścia były istniejące i dobrze poznane wieloregionalne modele dynamiki ludności.

Istotną cechą, którą różnią się wielonarodowe wieloregionalne modele dynamiki ludności jest sposób definiowania systemu migracji międzynarodowych. W przypadku modeli należących do kategorii pierwszej uwzględnia się jedynie migracje netto do każdego regionu. W modelach kategorii drugiej mamy do czynienia z macierzą przepływów międzynarodowych między regionami rozważanych krajów oraz z migracjami spoza układu. Za takim traktowaniem migracji przemawiają argumenty, o których była mowa w rozdziale 2.6. Główny z nich wiąże się z przemianami politycznymi w świecie. Powstawanie ponadnarodowych zjednoczonych obszarów, takich jak Unia Europejska czy NAFTA, prowadzi do likwidacji lub redukcji formalnych barier ograniczających w tradycyjnych narodowych państwach XX w. możliwość przemieszczania się ludności. Może się zdarzyć, że dwa sąsiadujące regiony należące do różnych państw będą miały silniejsze powiązania migracyjne niż dwa odległe regiony w tym samym państwie. Różnice kulturowe i językowe będą oczywiście bardzo silnie przeciwdziałać zaistnieniu takiej sytuacji, niemniej jednak przykłady, takie jak migracje z Irlandii do dużych regionów metropolitalnych Wielkiej Brytanii (Greater London, West Midlands, Merseyside, Greater Manchester) czy też migracje z północnej Francji do południowo-wschodniej Anglii, są podstawą do poważnego rozważenia zmiany sposobu specyfikacji migracji w modelach dynamiki ludności.

Tabela 4 przedstawia syntetyczną definicję systemu migracji dla modeli EUROPOP i DEMETER, a tabela 8 prezentuje system migracji zaproponowany w modelu MULTIPOLES. Omówienie tabel i różnic między przedstawionymi w nich systemami zawarte jest w rozdziale 3.3.3.

Nim przejdziemy do szczegółowego opisu modelu MULTIPOLES, dokonamy przeglądu sposobów uwzględniania migracji zagranicznych w istniejących modelach.



Tabela 4. System migracji w modelach DEMETER i EUROPOP

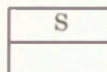
Kraj		Region pochodzenia	Kraj docelowy											
			1				is				ns			
			Region docelowy			Ogółem	Region docelowy			Ogółem	Region docelowy			Ogółem
			1, 1	1, <i>ir</i>	1, <i>nr</i> (1)		<i>is</i> , 1	<i>is</i> , <i>ir</i>	<i>is</i> , <i>nr</i> ( <i>is</i> )		<i>ns</i> , 1	<i>ns</i> , <i>ir</i>	<i>ns</i> , <i>nr</i> ( <i>ns</i> )	
1	1, 1				S									
	1, <i>ir</i>				S									
	1, <i>nr</i> (1)				S									
	Ogółem	S	S	S	S									
is	<i>is</i> , 1								S					
	<i>is</i> , <i>ir</i>								S					
	<i>is</i> , <i>nr</i> ( <i>is</i> )								S					
	Ogółem					S	S	S	S					
ns	<i>ns</i> , 1												S	
	<i>ns</i> , <i>ir</i>												S	
	<i>ns</i> , <i>nr</i> ( <i>ns</i> )												S	
	Ogółem									S	S	S	S	
Migracje między- narodowe netto														

Oznaczenia:



Migracje wewnętrzne

Migracje międzynarodowe netto



Wartości obliczone na drodze sumowania

Migracje nie uwzględnione w modelu

Uwaga: W niniejszej tabeli przyjęto uproszczoną notację. W modelu DEMETER migracje międzynarodowe uwzględnione były tylko w odniesieniu do niektórych państw.

Źródło: Adaptowane z Rees, Kupiszewski, Eyre, Wilson, Durham, 1999. <http://rcin.org.pl>

### 3.2. MIGRACJE MIĘDZYNARODOWE W WIELOREGIONALNYCH MODELACH DYNAMIKI LUDNOŚCI

Formułując model prognostyczny dynamiki ludności, trzeba rozwiązać dwa problemy. Pierwszy problem to sposób włączenia przepływów międzynarodowych do bilansów ludności. Odbywa się to najczęściej na poziomie państw, gdyż nie istnieją zbiory danych definiujących przepływy między regionami różnych państw. Tylko dla niektórych krajów Unii Europejskiej dostępne są regionalne dane o migracjach zagranicznych. W konsekwencji drugim problemem, rozwiązywanym na poziomie regionalnym, jest tryb „rekrutacji” migrantów z regionów kraju źródłowego oraz sposób ich dystrybucji regionalnej w kraju docelowym. Literatura dotycząca tego zagadnienia jest ograniczona i głównie koncentruje się na przestrzennej dystrybucji ludności zagranicznej. Regionalne dane dotyczące migracji zagranicznych netto obliczone jako zmiana liczby ludności, która nie wynika z urodzeń, zgonów i migracji wewnętrznych (tzw. metoda czwartej składowej, zastosowana w prognozie EUROPOP (de Jong, Visser 1997)) nie są w opinii autora wiarygodnym źródłem informacji, gdyż wyrażają nie tylko informację o wielkości migracji międzynarodowej netto, ale i błędy rejestracji ludności.

#### 3.2.1. PROBLEM WŁĄCZENIA MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH DO KRAJOWYCH BILANSÓW LUDNOŚCI W MODELACH DYNAMIKI LUDNOŚCI

W niniejszym rozdziale rozpatrzone są możliwości uwzględnienia migracji międzynarodowych w modelach dynamiki ludności. Skrótowo przedstawia je tabela 5. Najprostsze rozwiązanie, zastosowane na przykład przez Holenderski Instytut Ekonomiczny (NEI 1986) w prognozie ludności państw Wspólnoty Europejskiej z 1980 r., polega na przyjęciu, że migracje międzynarodowe netto w każdym z państw równe są zeru. Podejście takie zostało skrytykowane w innym miejscu pracy (rozdział 2.6) i w ocenie prognoz Unii Europejskiej (Rees i in. 1999).

Drugą możliwością jest skonstruowanie projekcji obejmującej cały świat i traktowanie ludności świata jako systemu zamkniętego. Po zdefiniowaniu systemu ludnościowego można zastosować jakikolwiek wieloregionalny model dynamiki ludności (Rees 1986). Ze względu na dostępność danych rozwiązanie to może być stosowane, gdy „regiony” pokrywają się z krajami lub grupami krajów. Na ogół projekcja dla układu przestrzennego obejmującego regiony jakiegoś kraju plus „reszta świata” (np. w odniesieniu do Polski – województwa plus „reszta świata”) nie jest możliwa bez dodatkowych estymacji i założeń upraszczających ze względu na brak odpowiednich danych migracyjnych. Metoda ta może być z powo-



dzeniem stosowana w projekcjach obejmujących duże obszary kuli ziemskiej pokrywające w sumie cały świat. W. Lutz, W. Sanderson, S. Scherbov i A. Goujon (1996) wykorzystali w swojej projekcji model DIAL, który pierwotnie miał służyć do projekcji regionów jednego państwa.

Kolejną możliwością, zastosowaną w modelu bilansowym (por. tabela 2), jest uwzględnienie liczby imigrantów i emigrantów napływających i odpływających z „reszty świata”, ale bez traktowania „reszty świata” jako jednego z regionów. Na ogół dane takie są dostępne, ale często niezbędne są dodatkowe założenia dotyczące zarówno struktury wieku i płci, jak i regionów docelowych dla imigrantów.

Niektóre modele uwzględniają migracje zagraniczne używając miary migracji netto lub współczynnika migracji netto (Rogers 1971; Espenshade, Bouvier, Arthur 1982; Liaw 1979; Espenshade 1987; Rogers 1989). Model stosujący współczynniki migracji netto sformułował w wersji jednoregionalnej Rogers (1971), ale w 1990 roku (Rogers 1990) skrytykował takie rozwiązanie. Liczbę migracji netto uwzględniono w prognozach Eurostatu (NEI 1994a, b).

Model P. Reesa MOVE (Rees 1984, 1986) pozwalał na wszelkie kombinacje, tzn. na uwzględnienie emigracji jako liczb bezwzględnych lub współczynników odpływu (zdefiniowanych jako *occurrence-exposure rates*) oraz imigracji jako liczb bezwzględnych lub współczynników napływu zdefiniowanych w stosunku do ludności regionu docelowego (*immigration admission rates*) tj.

$$m^j = \frac{P^j}{0.5(P^i + P^j)},$$

gdzie użyliśmy notacji z rozdziału 2.5.2.2. Wadą współczynników napływu jest to, że ich mianownik nie odnosi się do ludności mogącej doświadczyć migracji. F. Willekens (1995a, s. 3) krytykuje ich użycie „...ponieważ ludnością mogąca doświadczyć imigracji NIE jest ludność badanego obszaru, lecz ludność „reszty świata”.

Teoretycznie przepływy z „reszty świata” można uwzględnić stosując współczynniki odpływu. W tym przypadku współczynnik uzyskamy przez podzielenie liczby zdarzeń (migracji) przez średnią liczbę ludności, która mogłaby w tych zdarzeniach uczestniczyć, w tym przypadku liczbę ludności całego świata pomniejszoną o liczbę ludności w modelowanym obszarze. Jednakże tak naprawdę nie znamy dokładnie liczby ludności świata. Wiele państw słabo rozwiniętych, a o dużych populacjach albo podaje wielkości szacunkowe, albo podawane liczby ludności obciążone są znacznymi błędami. Wprowadzenie błędnej liczby ludności w „reszcie świata” spowodowałoby wprowadzenie do modelu błędów o niekontrolowanej wielkości. Ponadto posłużenie się współczynnikami odpływu z „reszty świata”, przy założeniu ich stałości, dałoby w wyniku wzrost imigracji proporcjonalny do wzrostu ludności „reszty świata”.

Tabela 5. Metody uwzględniania migracji międzynarodowych w modelach dynamiki ludności

Sposób traktowania migracji międzynarodowych	Przykłady zastosowania
<b>TRADYCYJNE MODELE JEDNO- LUB WIELOREGIONALNE</b>	
Pominięcie migracji międzynarodowych	Rogers 1975; Willekens, Rogers 1978; NEI 1986; Scherbov, Yashin, Grechucha 1986; Scherbov, Grechucha 1988 (DIAL)
Współczynniki odpływów w zamkniętym systemie ludnościowym całego świata	Lutz, Sanderson, Scherbov i Goujon 1996 (DIAL); Rees 1986
Napły i odpływ (liczby bezwzględne)	Model bilansowy Stone'a 1971a; Rees, Wilson 1977; Rees 1986
Migracje netto	Prognozy Eurostatu: NEI 1986, 1994a, b; Haverkate, van Haselen 1990, 1992; Eurostat 1991 (DEME-TER); EUROPOP
Współczynniki dla odpływu i liczby bezwzględne dla napływu	Willekens, Drewe 1984; Willekens 1995a (MUDEA); van Imhoff, 1990b; van Imhoff, Keilman 1991 (LIPRO); Rees 1986
Wskaźniki migracji netto	Rogers 1971; Liaw 1979; Rees 1986
<b>MODELE WIELOPOZIOMOWE</b>	
Modele wielopoziomowe, używające na poziomie migracji międzynarodowych między modelowanymi krajami współczynników odpływu, a na poziomie migracji międzynarodowych spoza systemu jednej z metod stosowanych w modelach jedno- lub wieloregionalnych	Rees, Stillwell, Convey 1992; Rees 1996; Kupiszewski, Kupiszewska 1998, 1999; niniejsza praca (MULTIPOLES)

Źródło: opracowanie własne.

W kategorii standardowych modeli jedno- lub wieloregionalnych najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie poprawnie zdefiniowanych współczynników emigracji kiedy tylko jest to możliwe i wartości bezwzględnych w pozostałych przypadkach, to znaczy użycie współczynników dla odpływów i liczb dla napływów międzynarodowych. Takie rozwiązanie



zaproponował F. Willekens i P. Drewe (Willekens, Drewe 1984; Willekens 1995a) w modelu MUDEA. Model ten pozwala uzyskać maksimum informacji przy zachowaniu zasad definiowania współczynników demograficznych.

Wielopoziomowe wieloregionalne modele projekcyjne (Rees, Stillwell, Convey 1992; Rees 1996; Kupiszewski, Kupiszewska 1998, 1999; niniejsza praca) stanowią znacznie pełniejsze rozwiązanie problemu. Migracje międzynarodowe między krajami należącymi do systemu modelowane są na podstawie poprawnie zdefiniowanych współczynników emigracji. Wyłącznie migracje pomiędzy krajami należącymi do modelowanego systemu a „resztą świata” muszą być modelowane w jeden ze sposobów opisanych dla modeli jedno- lub wieloregionalnych. Zarówno w modelu ECPOP P. Reesa jak i w modelu MULTIPOLES zastosowano jako miarę migracje netto.

### 3.2.2. TRYB REKRUTACJI MIGRANTÓW Z REGIONÓW KRAJU ŹRÓDŁOWEGO ORAZ SPOSÓB ICH DYSTRYBUCJI PRZESTRZENNEJ W KRAJU DOCELOWYM

Przy modelowaniu migracji międzynarodowych w celu uzyskania projekcji ludności obszarów ponadnarodowych mamy do czynienia z dwoma problemami. Pierwszym jest ustalenie, z jakich obszarów rekrutują się migranci międzynarodowi, drugim zaś określenie preferencji migrantów przy wyborze regionu docelowego. Zagadnienie modelowania tych procesów nie doczekało się do 1998 r. żadnych poważnych analiz w literaturze prognostycznej. Dopiero ostatnio P. H. Rees i in. (1999) rekomendowali Komisji Europejskiej rozpoczęcie badań nad zagadnieniami modelowania dystrybucji migrantów międzynarodowych.

W prognozach narodowych w krajach Europejskiego Obszaru Ekonomicznego (EEA) na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych tylko Belgia, Holandia, Włochy i Wielka Brytania *explicite* specyfikowały regionalne zróżnicowanie dystrybucji migrantów międzynarodowych (van Imhoff, van Wissen, Spieß 1994). W połowie lat dziewięćdziesiątych podejście takie stosowały tylko Holandia i Niemcy, które przyjęły odrębne założenia w odniesieniu do nowych i starych landów (van der Gaag, van Imhoff, van Wissen, 1997a, b). W prognozach ludności Unii Europejskiej (NEI 1994a, b; de Jong, Visser 1997) zagadnienie alokacji migracji netto zostało również uwzględnione. W prognozie EUROPOP przyjęto dla scenariusza niskiego (*low scenario*) rozkład migrantów zgodny z danymi (z rejestracji lub z szacowania metodą „czwartej składowej”) o rozkładzie wyjściowym, a dla scenariusza podstawowego i wysokiego rozkłady zbiegające od rozkładu obserwowanego na początku prognozy do rozkładu proporcjonalnego do regionalnego rozkładu ludności (de Jong, Visser 1997, s. 66). W prognozach sporządzanych przez NEI (model DEMETER)

przyjęto, że migracje netto przydzielane są do regionów proporcjonalnie do udziału ludności cudzoziemskiej w tych regionach (NEI 1994a,b). Oznacza to nieproporcjonalne faworyzowanie największych aglomeracji miejskich. Na przykład w Niemczech, przyjmujących najwięcej cudzoziemców ze wszystkich krajów europejskich, migranci międzynarodowi preferują wielkie miasta (Jones 1994; Kupiszewski, Bucher, Durham, Rees 1997). N. van der Gaag i L. van Wissen (1999) stwierdzili, że dziesięć największych niemieckich regionów (*Regierungsbezirke*) skupia 60% cudzoziemców, mając tylko 40% ludności. Dotyczy to też innych państw europejskich (van der Gaag, van Wissen, 1999). Wiemy też, że w miastach zachodnioeuropejskich zachodzą procesy segregacji etnicznej migrantów, którzy tworzą narodowościowe enklawy.

Intuicyjnie wydawałoby się więc, że napływy migrantów międzynarodowych do poszczególnych regionów powinny mieć związek z liczbą cudzoziemców w regionach, a więc, że metoda stosowana w prognozach ludności Unii Europejskiej jest słuszna. Znajduje to uzasadnienie w socjologicznych teoriach migracji międzynarodowych, łączących wielkość migracji z funkcjonowaniem sieci krewnych, znajomych i przyjaciół, którzy migrowali wcześniej. Nie mamy jednak dowodów, że tak jest w rzeczywistości. Na tę lukę w naszej wiedzy zwrócili uwagę P. H. Rees i in. (1999), rekomendując przeprowadzenie możliwie szczegółowych badań tych zagadnień przed przygotowaniem rundy 2000 prognozy ludności Unii Europejskiej. W chwili pisania niniejszej pracy dostępne są wstępne wyniki dwóch z kilku zleconych badań (Stillwell, Eyre i Rees 1999; van der Gaag, van Wissen 1999). Nawet te wstępne wyniki sugerują, że popularne oczekiwania co do zachowań przestrzennych migrantów (koncentracja w miejscach, w których jest nadreprezentacja cudzoziemców, koncentracja w dużych centrach miejskich) nie zostały potwierdzone. J. C. H. Stillwell, H. Eyre i P. H. Rees (1999) tłumaczą tę niekonsekwencję dośrodkowymi przemieszczeniami się cudzoziemców dopiero po krótkim okresie pobytu w kraju docelowym. M. Kupiszewski, H.-J. Bucher, H. Durham i P. H. Rees (1997) pokazali, jak istnienie obozów przesiedleńczych fałszuje geograficzny rozkład migrantów w kraju oraz natężenie migracji wewnętrznych. Doświadczenia z Niemiec trudno uogólniać, gdyż migracje do Niemiec w okresie, do którego odnoszą się powyżej opisane badania, zdominowane były przez napływy etnicznych Niemców (*Aussiedler*) do obozów przesiedleńczych.

Inna hipoteza, popularna na gruncie badań amerykańskich, a w odniesieniu do Polski sformułowana przez P. Korcellego (1994), zakłada, że istnieją związki między migracjami wewnętrznymi i międzynarodowymi. Jeśli udałoby się związki takie zidentyfikować i skwantyfikować w dużej liczbie krajów, uzyskalibyśmy niezwykle wartościowe narzędzie modelowania, które pozwoliłoby na szacowanie migracji międzynarodowych na podstawie danych dotyczących migracji wewnętrznych. P. Korcelli (1994,



s. 158) pokazuje, że w Polsce regiony o wysokich stratach w migracjach wewnętrznych charakteryzują się niewielką emigracją zagraniczną. Jednakże praca P. Korcellego jest w Europie badaniem pionierskim i nie ma dotychczas prawie żadnych naśladownictw. Temat związków między migracjami wewnętrznymi i międzynarodowymi podjęty został dopiero pięć lat później przez J. C. H. Stillwella, H. Eyre i P. H. Reesa (1999), którzy testowali hipotezę o związku migracji wewnętrznych i międzynarodowych w odniesieniu do szeregu krajów europejskich i stwierdzili, że nie ma przekonujących dowodów umożliwiających jej przyjęcie. Sugerują oni natomiast, że procesy koncentracji występują na późniejszym etapie adaptacji migrantów. Wynika z tego, iż powinny być one ujęte w statystyce migracji wewnętrznych, jak to się dzieje w Niemczech (Kupiszewski, Bucher, Durham i Rees 1997). J. C. H. Stillwell, H. Eyre i P. H. Rees (1999) zastrzegają jednak, że jedną z możliwych przyczyn braku związków jest wykonanie badania dla dużych jednostek przestrzennych, NUTS 2. Z kolei zespół autorów holenderskich zaobserwował negatywny związek: regiony atrakcyjne dla migrantów wewnętrznych przyciągają mniej migrantów zagranicznych i odwrotnie (van der Gaag, van Wissen, van Imhoff, Huisman 1999). Nie ma wątpliwości, że niezbędne są dalsze badania, o większym zasięgu przestrzennym i czasowym, mające na celu poszukiwanie zależności pomiędzy migracjami wewnętrznymi i międzynarodowymi.

N. van der Gaag i L. van Wissen (1999) stwierdzają, że obszary o wysokim stopniu zurbanizowania przyjmują, w stosunku do liczby ludności, proporcjonalnie mniej imigrantów niż obszary o niższym stopniu zurbanizowania, burząc tym samym kolejną popularną, acz nie testowaną opinię. Istnieje również odwrotnie proporcjonalny związek między bezrobociem i migracjami oraz nieco słabszy niż wprost proporcjonalny związek między liczbą ludności ogółem a napływem cudzoziemców. Ta ostatnia zależność wykorzystana została przy konstrukcji modelu MULTIPOLES: założono, że migracje międzynarodowe między modelowanymi państwami jak i migracje netto z „reszty świata” są przydzielane do regionów proporcjonalnie do ich liczby ludności.

Pod koniec lat osiemdziesiątych i w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych rekrutacja emigrantów międzynarodowych w Europie Środkowo-Wschodniej w dużym stopniu zależała od geograficznego rozkładu mniejszości niemieckiej w krajach wysyłających. Wynikało to z bardzo istotnej roli, jaką w całym systemie migracji międzynarodowych w Europie Środkowo-Wschodniej pełnił napływ do Niemiec, szczególnie tzw. *Aussiedler*.

Jednakże znaczna redukcja liczby *Aussiedler* – z ok. 400 tys. w 1990 do ok. 100 tys. w 1998 (Zimmermann 1999) i zmiana obszarów ich rekrutacji polegająca na zmniejszeniu znaczenia najpierw Polski a następnie Rumunii na rzecz państw postsowieckich (europäisches forum für migrationsstudien, 2000) spowodowała, iż narzucające się użycie, jako parametru

modeli, udziałów migrantów z poszczególnych jednostek administracyjnych w ogólnej liczbie emigrantów, dla Polski zanotowane na przykład przez system rejestracji PESEL do roku 1989 (Kupiszewski 1993; Sakson 1998a, b), utraciło sens (Okólski 1996b). Migracje z przełomu lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych doprowadziły do niemal powszechnego wyjazdu niektórych kategorii ludności, zwłaszcza grupy mogącej udowodnić swoje niemieckie korzenie. W Polsce zanikła również grupa migrantów, którzy w kraju docelowym prosili o azyl. Jak twierdzi M. Okólski (1996a), byli to głównie wykształceni mieszkańcy miast. W rezultacie nastąpiło spłaszczenie różnic w natężeniu emigracji z poszczególnych regionów. B. Sakson (1998a) dowodzi, że pomiędzy końcem lat osiemdziesiątych a połową lat dziewięćdziesiątych nastąpiła radykalna zmiana struktury wykształcenia migrantów. Uczestnicy wielkiej fali emigracji końca lat osiemdziesiątych i początku lat dziewięćdziesiątych byli dużo lepiej wykształceni niż pozostała część społeczeństwa. Emigracja połowy lat dziewięćdziesiątych była znacznie słabiej wykształcona, co również wynikało ze spłaszczania się geograficznego rozkładu migracji. Fakty te mają doniosłe znaczenie, jeśli chodzi o definiowanie nowych obszarów rekrutacji migrantów, zwłaszcza z Polski i Rumunii.

W przypadku modelu dla krajów Europy Środkowej wykorzystanie informacji dotyczącej rozkładów wyjazdów zagranicznych raportowanych w statystykach krajów źródłowych jest niemożliwe, gdyż dwa najważniejsze kraje wysyłające migrantów – Polska i Rumunia nie posiadają wiarygodnych statystyk dotyczących migracji zagranicznych (por. krytyczną ocenę polskiej statystyki migracyjnej autorstwa M. Kędelskiego (1990) i M. Okólskiego (1997, s. 13), którzy wprost mówią o fikcji statystycznej, oraz B. Sakson (1998a, b, 2000).

### **3.3. MULTIPOLES (MULTISTATE POPULATION MODEL FOR MULTILEVEL SYSTEMS) – NOWY WIELOREGIONALNY WIELOPOZIOMOWY MODEL DYNAMIKI LUDNOŚCI**

Pomysł wieloregionalnego wielopoziomowego modelu projekcyjnego pochodzi od P. H. Reesa (Rees, Stillwell, Convey 1992; Rees 1996). Modelu takiego użyto do projekcji ludności Unii Europejskiej. Wykorzystywał on ograniczony zbiór danych dostępnych w bazie danych REGIO i w dużej mierze opierał się na oszacowaniach rozkładów zdarzeń demograficznych. Silne uzależnienie postaci modelu od konkretnej bazy danych powoduje, że jego zastosowanie do innych układów przestrzennych było ograniczone. Nie do uniknięcia też było obciążenie tego modelu błędami oszacowań.

Te ograniczenia modelu Reesa skłoniły autora niniejszej pracy do zaprojektowania własnego modelu. Zadanie było o tyle trudne, że dla Europy Środkowo-Wschodniej nie istnieje baza danych porównywalna z bazą REGIO i w konsekwencji wszystkie dane musiały być zbierane



indywidualnie. Pozytywnym efektem konieczności zbierania danych była możliwość takiego sformalizowania modelu, aby zmniejszyć błędy oszacowań i dostosować zakres zbieranych danych do wymagań modelu a nie odwrotnie. Było to niejako odwróceniem podejścia Reesa, którego model był w dużej mierze zdefiniowany w taki sposób, aby w możliwie pełny sposób wykorzystać dane zbierane przez Eurostat.

Prace nad modelem rozpoczęto w 1995 r. We wstępnej fazie konstruowania modelu wiele wysiłku włożono w przygotowanie Ludnościowego Systemu Informacji Geograficznej, zawierającego pełen zestaw danych dotyczących stanów ludności, urodzeń i zgonów oraz całą dostępną informację dotyczącą migracji. Prototyp oprogramowania gotowy był w grudniu 1996 r. (Kupiszewski, Kupiszewska 1998). Od tego czasu model jest stale udoskonalany. W kolejnych wersjach dodano między innymi możliwość definiowania scenariuszy zmian parametrów modelu. Bardzo ogólny opis modelu zawarty jest w pracy M. Kupiszewskiego i D. Kupiszewskiej (1998). Opis modelu w niniejszej pracy odnosi się do stanu z lipca 2001.

Model MULTIPOLES, nazwany tak od angielskiego skrótu jego opisu funkcjonalnego (MULTIstate POPulation model for multiLEvel Systems), zaprojektowany został, wzorem modelu Reesa, jako wielonarodowy wieloregionalny model dynamiki ludności przeznaczony do generowania projekcji i prognoz na podstawie informacji o ruchu naturalnym i migracjach na trzech poziomach przestrzennych:

1. Migracjach międzyregionalnych, wewnątrz państwa.
2. Migracjach międzynarodowych pomiędzy państwami uwzględnionymi w modelu.
3. Migracjach międzynarodowych, gdzie źródło lub cel migracji znajduje się poza modelowanym systemem, czyli w „reszcie świata”.

Skonstruowanie modelu oraz wykorzystanie go do sporządzenia prognoz i projekcji ludności obejmowało następujące etapy:

#### **I. Konstrukcja modelu matematycznego i oprogramowania.**

1. Identyfikacja zmiennych wejściowych i wyjściowych modelu.
2. Zdefiniowanie notacji do opisu zmiennych.
3. Sformułowanie równań bilansowych i projekcyjnych.
4. Opracowanie metod szacowania współczynników demograficznych.
5. Określenie sposobu definiowania scenariuszy.
6. Przygotowanie modelu w formie oprogramowania komputerowego.

#### **II. Implementacja modelu dla konkretnego systemu ludnościowego.**

7. Zdefiniowanie struktury badanego układu.
8. Zebranie danych dla okresu wejściowego.
9. Przygotowanie zbiorów z danymi w formacie wymaganym przez program komputerowy.

### III. Zastosowanie modelu do rozwiązania określonych problemów badawczych lub planistycznych.

10. Sformułowanie scenariuszy dotyczących zmian parametrów modelu.
11. Przygotowanie scenariuszy w formacie wymaganym przez program komputerowy.
12. Oszacowanie współczynników demograficznych i innych parametrów modelu oraz wykonanie obliczeń zgodnie z równaniami projekcyjnymi.
13. Analiza i ocena wyników obliczeń.

Poniżej omówimy pierwszy etap: konstrukcję modelu matematycznego i jego implementację komputerową. Problemy związane ze zbieraniem danych w ogóle oraz z zebraniem danych dla krajów Europy Środkowo-Wschodniej w szczególności (II etap) przedstawione zostaną w rozdziale 4, natomiast w rozdziale 5 omówimy zastosowanie modelu do oceny wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę ludności.

#### 3.3.1. IDENTYFIKACJA SYSTEMU I ZDEFINIOWANIE NOTACJI

Konstruujemy czysto demograficzny model dynamiki ludności. Rozważamy ludność systemu krajów podzielonych na regiony. Interesują nas zmiany liczby ludności w podziale na płeć i 18 pięcioletnich grup wieku w dyskretnych chwilach czasu. Zdarzenia demograficzne mające wpływ na stan ludności to: urodzenia, zgony, migracje wewnętrzne, migracje zagraniczne pomiędzy regionami różnych krajów oraz migracje zagraniczne spoza rozważanego układu (czyli z „reszty świata”). Model sformułowany jest dla danych o liczbie migracji pochodzących z rejestracji bieżącej (*movement approach*).

Każdy region identyfikowany jest przez parę indeksów ( $is$ ,  $ir$ ), gdzie  $is$  oznacza numer kraju, a  $ir$  numer regionu w tym kraju. Taka notacja zapewnia pełną elastyczność modelu i możliwość zmiany zarówno liczby krajów, jak i liczby regionów w krajach. Gdy mówimy o zdarzeniach w grupie wieku  $a$  w okresie  $(t, t+u)$ , mamy na myśli zbiorowości zdarzeń typu okres-kohorta (patrz rycina 1), a więc zdarzenia dotyczące osób w wieku  $(a, a+u)$  w chwili  $t$ , które zaszły w okresie  $(t, t+u)$ , gdzie  $u$  jest rozpiętością grup wieku i długością jednostkowego okresu (kroku) projekcji. Najstarsza grupa wieku jest otwarta i obejmuje osoby w wieku powyżej  $A$  lat.

We wzorach użyto następujących oznaczeń:

- $u$  – długość kroku projekcji i rozpiętość grup wieku;
- $t$  – czas kalendarzowy;
- $g$  – indeks płci (f – kobiety, m – mężczyźni);
- $a$  – indeks grupy wieku;
- 00 – indeks grupy wieku obejmującej dzieci urodzone w danym kroku projekcji (*birth cohort*);



- $A+$  – indeks najstarszej, otwartej grupy wieku;  
 $ir, jr$  – indeks regionu;  
 $is, js$  – indeks kraju;  
 $ns$  – liczba krajów w systemie;  
 $nr(is)$  – liczba regionów w kraju  $is$ ;  
 $nrtot$  – całkowita liczba regionów.

Zmienne dotyczące zasobów:

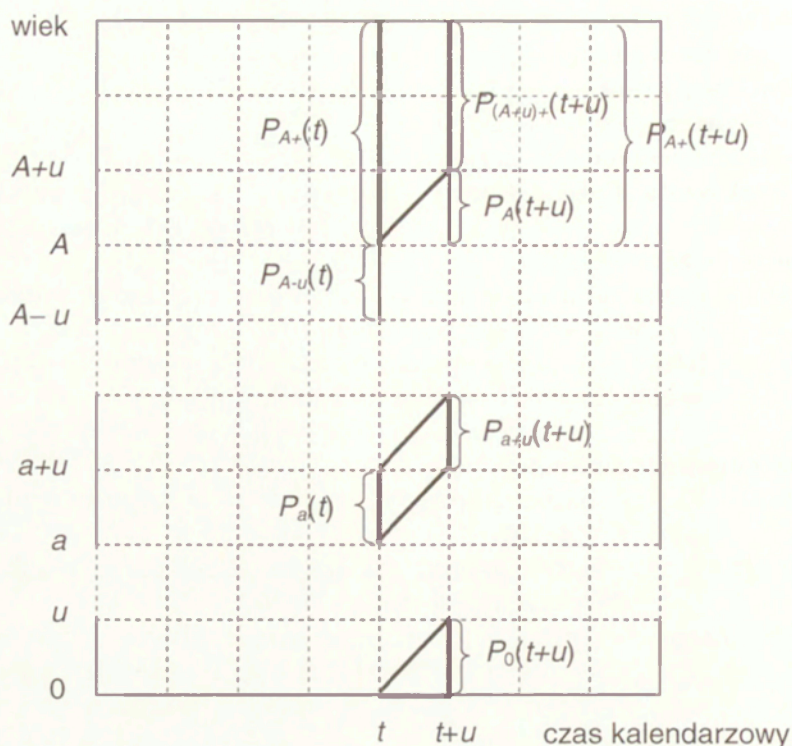
- $P_a^{(is,ir)}(t+u)$  – liczba ludności w grupie wieku  $a$  w regionie  $ir$  w kraju  $is$  w chwili  $t+u$ , czyli na końcu kroku projekcji;  
 $P_a^{(is,ir)}(t)$  – liczba ludności w grupie wieku  $a$  w regionie  $ir$  w kraju  $is$  w chwili  $t$ , czyli na początku kroku projekcji.

Zmienne dotyczące zdarzeń:

- $B^{(is,ir)}(t,t+u)$  – liczba urodzeń w regionie  $ir$  w kraju  $is$  w okresie  $(t,t+u)$ ;  
 $D_i^{(is,ir)}(t,t+u)$  – liczba zgonów w grupie wieku  $a$  w regionie  $ir$  w kraju  $is$  w okresie  $(t,t+u)$ ;  
 $M_{IRa}^{(is,ir)(is,jr)}(t,t+u)$  – liczba migracji międzyregionalnych z regionu  $ir$  do regionu  $jr$  w kraju  $is$  w grupie wieku  $a$  w okresie  $(t,t+u)$ ; (indeks IR oznacza migracje wewnętrzne);  
 $M_{ISa}^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u)$  – liczba migracji międzynarodowych z regionu  $ir$  w kraju  $is$  do regionu  $jr$  w kraju  $js$  w grupie wieku  $a$  w okresie  $(t,t+u)$ ; (indeks IS oznacza migracje międzynarodowe);  
 $M_{EXTa}^{(is,ir)}(t,t+u)$  – migracje netto z „reszty świata” w regionie  $ir$  w kraju  $is$  w grupie wieku  $a$  w okresie  $(t,t+u)$ .

### 3.3.2. RÓWNANIA BILANSOWE MODELU

Przejdziemy teraz do przedstawienia równań bilansowych i projekcyjnych dla grupy wieku 00, dla grupy najstarszej oraz dla pozostałych grup wieku. Zasoby i zbiorowości zdarzeń demograficznych w wyróżnionych grupach wieku ilustruje rycina 2. W podanych niżej równaniach pominięto dla uproszczenia indeks płci, ponieważ równania dla obu płci mają identyczną postać. Jedynie we wzorach na współczynnik płodności i liczbę urodzeń indeks płci podano *explicite*.



Ryc. 2. Zasoby i zbiorowości zdarzeń demograficznych w wyróżnionych grupach wieku w modelu MULTIPOLES

Age groups notation for stocks and events used in the MULTIPOLES model

Źródło: Opracowanie własne.

### 3.3.2.1. Równanie bilansowe dla grup wieku $a = 0, u, \dots, A-u$

Równanie bilansowe ludności w danym kroku projekcji dla regionu  $ir$  i kraju  $is$ , dla każdej z płci i wszystkich grup wieku, z wyjątkiem grupy 00 i najstarszej grupy wieku, można sformułować w następujący sposób:

$$\begin{aligned}
 P_{a+u}^{(is,ir)}(t+u) = & P_a^{(is,ir)}(t) - D_a^{(is,ir)}(t,t+u) + \\
 & - \sum_{jr \neq ir} M_{IRa}^{(is,ir) \chi_{is,jr}}(t,t+u) - \sum_{js \neq is} \sum_{jr} M_{ISa}^{(is,ir) \chi_{js,jr}}(t,t+u) + \\
 & + \sum_{jr \neq ir} M_{IRa}^{(is,jr) \chi_{is,ir}}(t,t+u) + \sum_{js \neq is} \sum_{jr} M_{ISa}^{(js,jr) \chi_{is,ir}}(t,t+u) + M_{EYT}^{(is,ir)}(t,t+u).
 \end{aligned}$$

Składowe wzrostu występujące w powyższym wzorze można wyrazić w terminach współczynników demograficznych. Używając konwencji Reesa (patrz podrozdział 2.5.2.2) zdefiniujemy je jako iloraz liczby zdarzeń przez liczbę osób, które mogły tych zdarzeń doświadczyć. Oznaczmy:



- $d_a^{(is,ir)}(t,t+u)$  – współczynnik zgonów w regionie  $ir$  kraju  $is$  w grupie wieku  $a$  w okresie  $(t,t+u)$ ;  
 $m_{IRa}^{(is,ir)(is,jr)}(t,t+u)$  – współczynnik emigracji wewnętrznych dla migracji z regionu  $ir$  do regionu  $jr$  w kraju  $is$  w grupie wieku  $a$  w okresie  $(t,t+u)$ ;  
 $m_{ISa}^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u)$  – współczynnik emigracji międzynarodowych w ramach rozważanego układu krajów dla migracji z regionu  $ir$  w kraju  $is$  do regionu  $jr$  w kraju  $js$  w grupie wieku  $a$  w okresie  $(t,t+u)$ .

Współczynniki te wyrażone są wzorami:

$$\begin{aligned}
 d_a^{(is,ir)}(t,t+u) &= \frac{D_a^{(is,ir)}(t,t+u)}{0.5 (P_a^{(is,ir)}(t) + P_{a+u}^{(is,ir)}(t+u))}, \\
 m_{IRa}^{(is,ir)(is,jr)}(t,t+u) &= \frac{M_{IRa}^{(is,ir)(is,jr)}(t,t+u)}{0.5 (P_a^{(is,ir)}(t) + P_{a+u}^{(is,ir)}(t+u))}, \\
 m_{ISa}^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u) &= \frac{M_{ISa}^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u)}{0.5 (P_a^{(is,ir)}(t) + P_{a+u}^{(is,ir)}(t+u))}.
 \end{aligned}$$

Korzystając z powyższych wzorów otrzymujemy następujące równanie bilansowe:

$$\begin{aligned}
 P_a^{(is,ir)}(t+u) &= P_a^{(is,ir)}(t) - 0.5 d_a^{(is,ir)}(t,t+u) [P_a^{(is,ir)}(t) + P_{a+u}^{(is,ir)}(t+u)] + \\
 &\quad - 0.5 \sum_{jr \neq ir} m_{IRa}^{(is,ir)(is,jr)}(t,t+u) [P_a^{(is,ir)}(t) + P_{a+u}^{(is,ir)}(t+u)] + \\
 &\quad - 0.5 \sum_{js \neq is} \sum_{jr} m_{ISa}^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u) [P_a^{(is,ir)}(t) + P_{a+u}^{(is,ir)}(t+u)] + \\
 &\quad + 0.5 \sum_{jr \neq ir} m_{IRa}^{(is,jr)(is,ir)}(t,t+u) [P_a^{(is,jr)}(t) + P_{a+u}^{(is,jr)}(t+u)] + \\
 &\quad + 0.5 \sum_{js \neq is} \sum_{jr} m_{ISa}^{(js,jr)(is,ir)}(t,t+u) [P_a^{(js,jr)}(t) + P_{a+u}^{(js,jr)}(t+u)] + \\
 &\quad + M_{EXTa}^{(is,ir)}(t,t+u).
 \end{aligned}$$

Stosując zapis macierzowy równanie bilansowe można sformułować następująco:

$$P_{a+u}(t+u) = P_a(t) - 0.5 M_a(t,t+u) [P_a(t) + P_{a+u}(t+u)] + M_{EXTa}(t,t+u),$$

gdzie  $P_a(t)$  jest kolumnowym wektorem regionalnych stanów ludności należącej do grupy wieku  $a$  w chwili  $t$ ,  $M_a(t,t+u)$  jest macierzą zależną od współczynników zgonów  $d_a^{(is,ir)}(t,t+u)$ , współczynników emigracji we-

wewnętrznych (międzyregionalnych)  $m_{IRa}^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u)$  oraz współczynników emigracji międzynarodowych  $m_{ISa}^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u)$  między modelowanymi państwami w okresie  $(t,t+u)$ . Składnik  $M_{EXTa}(t,t+u)$  wyrażony jest nie w terminach współczynników, lecz jako wartości bezwzględne i oznacza wektor migracji netto z „reszty świata”.

W dalszej części rozwinięte zostaną macierze użyte w przedstawionym powyżej ogólnym wzorze macierzowym.

Wektor  $P_a$  rozkładu ludności w grupie wieku  $a$  według krajów i regionów można zapisać jako:

$$P_a = [P_a^{(1,1)}, \dots, P_a^{(1,nr(1))}, \dots, P_a^{(is,1)}, \dots, P_a^{(is,ir)}, \dots, P_a^{(is,nr(is))}, \dots, P_a^{(ns,1)}, \dots, P_a^{(ns,nr(ns))}]^T.$$

Wektor ten składa się z  $nrtot = \sum_{is} nr(is)$  elementów.

Macierz  $M_a(t,t+u)$  jest macierzą kwadratową złożoną z  $nrtot * nrtot$  elementów. Elementy diagonalne macierzy  $M_a(t,t+u)$ , czyli elementy spełniające warunek  $is = js$  i  $ir = jr$ , są zdefiniowane następująco:

$$M_a^{(is,ir)(is,ir)}(t,t+u) = d_a^{(is,ir)}(t,t+u) + \sum_{jr} m_{IRa}^{(is,ir)(is,jr)}(t,t+u) + \\ + \sum_{js} \sum_{jr} m_{ISa}^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u).$$

Elementy pozadiagonalne mają postać:

$$M_a^{(is,ir)(is,jr)}(t,t+u) = -m_{IRa}^{(is,jr)(is,ir)}(t,t+u) \text{ dla } ir \neq jr;$$

$$M_a^{(is,ir)(js,jr)}(t,t+u) = -m_{ISa}^{(js,jr)(is,ir)}(t,t+u) \text{ dla } is \neq js.$$

Elementy diagonalne charakteryzują zmniejszenie się liczby ludności w regionie wynikające z umieralności i emigracji do innych regionów danego kraju i do pozostałych krajów. Elementy pozadiagonalne charakteryzują napływ ludności do danego regionu z pozostałych regionów układu. Podmacierz macierzy  $M_a(t,t+u)$ , odpowiadająca warunkowi  $is = js$ , można zapisać w sposób przedstawiony w tabeli 6. Całą macierz przedstawia tabela 7. W tabeli 6 i tabeli 7 pominięto dla uproszczenia indeks  $a$  oznaczający grupę wieku i argumenty określające przedział czasu.



Tabela 6. Rozwinięcie podmacierzy macierzy  $M$  odpowiadającej warunkowi  $is = js$

Kraj	Region	$is$				
		1	...	$ir$	...	$nr(is)$
$is$	1	$d^{(1,1)} + \sum_{jr} m_{IR}^{(1,1)(is,jr)} +$ $+ \sum_{js} \sum_{jr} m_{IS}^{(1,1)(js,jr)}$		$-m_{IR}^{(is,ir)(is,1)}$	...	$-m_{IR}^{(is,nr(is))(is,1)}$
	$\vdots$					$\vdots$
	$ir$	$-m_{IR}^{(is,1)(is,ir)}$		$d^{(is,ir)} + \sum_{jr} m_{IR}^{(is,ir)(is,jr)} +$ $+ \sum_{js} \sum_{jr} m_{IS}^{(is,ir)(js,jr)}$		$-m_{IR}^{(is,nr(is))(is,ir)}$
	$\vdots$	$\vdots$				
	$nr(is)$	$-m_{IR}^{(is,1)(is,nr(is))}$	...	$-m_{IR}^{(is,ir)(is,nr(is))}$		$d^{(is,nr(is))} + \sum_{jr} m_{IR}^{(is,nr(is))(is,jr)} +$ $+ \sum_{js} \sum_{jr} m_{IS}^{(is,nr(is))(js,jr)}$

Źródło: Opracowanie własne.

Rozwiązując równanie bilansowe ze względu na  $P_{a+u}(t+u)$ , otrzymujemy ostatecznie:

$$P_{a+u}(t+u) = [I + 0.5M_a(t, t+u)]^{-1} [I - 0.5M_a(t, t+u)] P_a(t) + \\ + [I + 0.5M_a(t, t+u)]^{-1} M_{EXTa}(t, t+u).$$

gdzie  $I$  jest macierzą jednostkową.

### 3.3.2.2. Równanie bilansowe dla grupy wieku 00

Dla grupy wieku obejmującej dzieci urodzone w danym kroku projekcji równanie bilansowe ma postać:

$$P_0^{(is,ir)}(t+u) = B^{(is,ir)}(t, t+u) - D_{00}^{(is,ir)}(t, t+u) + \\ - \sum_{jr \neq ir} M_{IR00}^{(is,ir)(is,jr)}(t, t+u) - \sum_{js \neq is} \sum_{jr} M_{I:00}^{(is,ir)(js,jr)}(t, t+u) + \\ + \sum_{jr \neq ir} M_{IR00}^{(is,jr)(is,ir)}(t, t+u) + \sum_{js \neq is} \sum_{jr} M_{IS00}^{(js,jr)(is,ir)}(t, t+u) + \\ + M_{EXT00}^{(is,ir)}(t, t+u).$$

Podobnie jak poprzednio chcemy wyrazić to równanie za pomocą współczynników demograficznych. Liczbę osób mogących doświadczyć zdarzenia szacujemy jak poprzednio jako średnią liczebność grupy wieku 00 w chwili  $t$  i  $(t+u)$ , czyli  $0.5(0 + P_0^{(is,ir)}(t+u)) = 0.5 P_0^{(is,ir)}(t+u)$ . Współczynniki zgonów i migracji mają więc dla grupy wieku 00 postać:

$$d_{00}^{(is,ir)}(t, t+u) = \frac{D_{00}^{(is,ir)}(t, t+u)}{0.5 P_0^{(is,ir)}(t+u)}; \\ m_{IR00}^{(is,ir)(is,jr)}(t, t+u) = \frac{M_{IR00}^{(is,ir)(is,jr)}(t, t+u)}{0.5 P_0^{(is,ir)}(t+u)}; \\ m_{IS00}^{(is,ir)(js,jr)}(t, t+u) = \frac{M_{IS00}^{(is,ir)(js,jr)}(t, t+u)}{0.5 P_0^{(is,ir)}(t+u)}.$$

Korzystając z powyższych współczynników oraz stosując zapis macierzowy, otrzymujemy następujące równanie bilansowe:

$$P_0(t+u) = B(t, t+u) - 0.5M_{00}(t, t+u)P_0(t+u) + M_{EXT00}(t, t+u),$$

gdzie  $B(t, t+u)$  jest kolumnowym wektorem urodzeń rozważanej płci w poszczególnych regionach układu w okresie  $(t, t+u)$ . Przekształcając powyższy wzór, dostajemy ostatecznie:



Tabela 7. Rozwinięcie macierzy  $M$

Kraj		1				...	is				...	ns						
	Re- gion	1	...	jr	...	nr(1)		1	...	jr	...	nr(is)		1	...	jr	...	nr(ns)
1	1	$M^{(1,1)(1,1)}$		$-m_{IR}^{(1,jr)(1,1)}$	...	$-m_{IR}^{(1,nr(1))(1,1)}$		$-m_{IS}^{(is,1)(1,1)}$	...	$-m_{IS}^{(is,jr)(1,1)}$	...	$-m_{IS}^{(is,nr(is))(1,1)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,1)(1,1)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,jr)(1,1)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,nr(ns))(1,1)}$
	:	:		:		:		:		:		:		:		:		:
	ir	$-m_{IR}^{(1,1)(1,ir)}$		$M^{(1,ir)(1,jr)}$		$-m_{IR}^{(1,nr(1))(1,ir)}$		$-m_{IS}^{(is,1)(1,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(is,jr)(1,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(is,nr(is))(1,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,1)(1,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,jr)(1,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,nr(ns))(1,ir)}$
	:	:		:		:		:		:		:		:		:		:
	nr(1)	$-m_{IR}^{(1,1)(1,nr(1))}$	...	$-m_{IR}^{(1,jr)(1,nr(1))}$		$M^{(1,nr(1))(1,nr(1))}$		$-m_{IS}^{(is,1)(1,nr(1))}$	...	$-m_{IS}^{(is,jr)(1,nr(1))}$	...	$-m_{IS}^{(is,nr(is))(1,nr(1))}$	...	$-m_{IS}^{(ns,1)(1,nr(1))}$	...	$-m_{IS}^{(ns,jr)(1,nr(1))}$	...	$-m_{IS}^{(ns,nr(ns))(1,nr(1))}$
:	:																	
is	1	$-m_{IS}^{(1,1)(is,1)}$	...	$-m_{IS}^{(1,jr)(is,1)}$	...	$-m_{IS}^{(1,nr(1))(is,1)}$		$M^{(is,1)(is,1)}$		$-m_{IR}^{(is,jr)(is,1)}$	...	$-m_{IR}^{(is,nr(is))(is,1)}$		$-m_{IS}^{(ns,1)(is,1)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,jr)(is,1)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,nr(ns))(is,1)}$
	:	:		:		:		:		:		:		:		:		:
	ir	$-m_{IS}^{(1,1)(is,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(1,jr)(is,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(1,nr(1))(is,ir)}$		$-m_{IR}^{(is,1)(is,ir)}$		$M^{(is,ir)(is,jr)}$		$-m_{IR}^{(is,nr(is))(is,ir)}$		$-m_{IS}^{(ns,1)(is,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,jr)(is,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(ns,nr(ns))(is,ir)}$
	:	:		:		:		:		:		:		:		:		:
	nr(is)	$-m_{IS}^{(1,1)(is,nr(is))}$	...	$-m_{IS}^{(1,jr)(is,nr(is))}$	...	$-m_{IS}^{(1,nr(1))(is,nr(is))}$		$-m_{IR}^{(is,1)(is,nr(is))}$	...	$-m_{IR}^{(is,jr)(is,nr(is))}$		$M^{(is,nr(is))(is,nr(is))}$		$-m_{IS}^{(ns,1)(is,nr(is))}$	...	$-m_{IS}^{(ns,jr)(is,nr(is))}$	...	$-m_{IS}^{(ns,nr(ns))(is,nr(is))}$
:	:																	
ns	1	$-m_{IS}^{(1,1)(ns,1)}$	...	$-m_{IS}^{(1,jr)(ns,1)}$	...	$-m_{IS}^{(1,nr(1))(ns,1)}$	...	$-m_{IS}^{(is,1)(ns,1)}$	...	$-m_{IS}^{(is,jr)(ns,1)}$	...	$-m_{IS}^{(is,nr(is))(ns,1)}$		$M^{(ns,1)(ns,1)}$		$-m_{IR}^{(ns,jr)(ns,1)}$	...	$-m_{IR}^{(ns,nr(ns))(ns,1)}$
	:	:		:		:		:		:		:		:		:		:
	ir	$-m_{IS}^{(1,1)(ns,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(1,jr)(ns,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(1,nr(1))(ns,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(is,1)(ns,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(is,jr)(ns,ir)}$	...	$-m_{IS}^{(is,nr(is))(ns,ir)}$		$-m_{IR}^{(ns,1)(ns,ir)}$		$M^{(ns,ir)(ns,jr)}$		$-m_{IR}^{(ns,nr(ns))(ns,ir)}$
	:	:		:		:		:		:		:		:		:		:
	nr(ns)	$-m_{IS}^{(1,1)(ns,nr(ns))}$	...	$-m_{IS}^{(1,jr)(ns,nr(ns))}$	...	$-m_{IS}^{(1,nr(1))(ns,nr(ns))}$	...	$-m_{IS}^{(is,1)(ns,nr(ns))}$	...	$-m_{IS}^{(is,jr)(ns,nr(ns))}$	...	$-m_{IS}^{(is,nr(is))(ns,nr(ns))}$		$-m_{IR}^{(ns,1)(ns,nr(ns))}$	...	$-m_{IR}^{(ns,jr)(ns,nr(ns))}$		$M^{(ns,nr(ns))(ns,nr(ns))}$

Źródło: opracowanie własne.

PROJEKTOWANIE WYKONCZAJĄCE

	Lp.	Nazwa robót	Ilość	Jednostka	Cena jednostkowa	Wartość	Uwagi
I	1	Prace projektowe	1	szt.	1000	1000	
II	2	Prace wykonawcze	1	szt.	2000	2000	
III	3	Prace nadzoru	1	szt.	500	500	
IV	4	Prace kosztorysowe	1	szt.	300	300	
V	5	Prace dokumentacyjne	1	szt.	200	200	
VI	6	Prace inżynierskie	1	szt.	150	150	
VII	7	Prace geodezyjne	1	szt.	100	100	
VIII	8	Prace laboratoryjne	1	szt.	80	80	
IX	9	Prace kosztorysowe	1	szt.	70	70	
X	10	Prace dokumentacyjne	1	szt.	60	60	
XI	11	Prace inżynierskie	1	szt.	50	50	
XII	12	Prace geodezyjne	1	szt.	40	40	
XIII	13	Prace laboratoryjne	1	szt.	30	30	
XIV	14	Prace kosztorysowe	1	szt.	20	20	
XV	15	Prace dokumentacyjne	1	szt.	10	10	
XVI	16	Prace inżynierskie	1	szt.	5	5	
XVII	17	Prace geodezyjne	1	szt.	2	2	



$$P_0(t+u) = [I + 0.5M_{00}(t, t+u)]^{-1} [B(t, t+u) + M_{EXT00}(t, t+u)].$$

Macierz  $M_{00}$  ma postać jak w tabeli 7.

Aby zastosować powyższe równanie do projekcji, musimy podać sposób obliczania wektora urodzeń  $B(t, t+u)$ . Oznaczmy:

$b_a^{(is, ir)}(t, t+u)$  – współczynnik płodności kobiet w grupie wieku  $a$  w regionie  $ir$  w kraju  $is$  w okresie  $(t, t+u)$ ;

$B_a^{(is, ir)}(t, t+u)$  – liczba dzieci urodzonych przez kobiety w grupie wieku  $a$  w regionie  $ir$  w kraju  $is$  w okresie  $(t, t+u)$ ;

$f_g^{is}$  – wskaźnik określający proporcję urodzeń płci  $g$  w kraju  $is$  (przyjmujemy, że jest on jednakowy dla wszystkich regionów w danym kraju).

Współczynnik płodności  $b_a^{(is, ir)}(t, t+u)$  definiujemy za pomocą wzoru:

$$b_a^{(is, ir)}(t, t+u) = \frac{B_a^{(is, ir)}(t, t+u)}{0.5(P_{af}^{(is, ir)}(t) + P_{(a+u)f}^{(is, ir)}(t+u))}.$$

Zwróćmy uwagę, że mianownik odnosi się tutaj do populacji kobiet, stąd indeks  $f$ , natomiast urodzenia obejmują dzieci obu płci. Liczba urodzeń płci  $g$  w regionie  $ir$  kraju  $is$  w okresie  $(t, t+u)$  wynosi:

$$B_g^{(is, ir)}(t, t+u) = 0.5 f_g^{is} \sum_a b_a^{(is, ir)}(t, t+u) [P_{af}^{(is, ir)}(t) + P_{(a+u)f}^{(is, ir)}(t+u)],$$

gdzie sumowanie przebiega po wszystkich płodnych grupach wieku.

### 3.3.2.3. Równanie bilansowe dla najstarszej grupy wieku ( $A+$ )

Równanie bilansowe dla ostatniej, otwartej grupy wieku możemy uzyskać korzystając z faktu (patrz rycina 2), że:

$$P_{A+}(t+u) = P_{(A+u)+}(t+u) + P_A(t+u),$$

gdzie każdy ze składników można wyrazić w sposób opisany powyżej. Otrzymujemy więc od razu:

$$\begin{aligned} P_{A+}(t+u) = & [I + 0.5M_{A+}(t, t+u)]^{-1} [I - 0.5M_{A+}(t, t+u)] P_{A+}(t) + \\ & + [I + 0.5M_{A+}(t, t+u)]^{-1} M_{EXTA+}(t, t+u) + \\ & + [I + 0.5M_{A-u}(t, t+u)]^{-1} [I - 0.5M_{A-u}(t, t+u)] P_{A-u}(t) + \\ & + [I + 0.5M_{A-u}(t, t+u)]^{-1} M_{EXT(A-u)}(t, t+u). \end{aligned}$$

### 3.3.3. RÓWNANIA PROJEKCYJNE

Korzystając z wyników otrzymanych w poprzednim podrozdziale, możemy napisać następujące równania projekcyjne dla wszystkich grup wieku:

$$\begin{aligned}
 P_0(t+u) &= [I + 0.5M_{00}(t, t+u)]^{-1} [B(t, t+u) + M_{EXT00}(t, t+u)], \\
 P_{a+u}(t+u) &= [I + 0.5M_a(t, t+u)]^{-1} [I - 0.5M_a(t, t+u)] P_a(t) + \\
 &\quad + [I + 0.5M_a(t, t+u)]^{-1} M_{EXTa}(t, t+u), \\
 P_{A+}(t+u) &= [I + 0.5M_{A+}(t, t+u)]^{-1} [I - 0.5M_{A+}(t, t+u)] P_{A+}(t) + \\
 &\quad + [I + 0.5M_{A+}(t, t+u)]^{-1} M_{EXTA+}(t, t+u) + \\
 &\quad + [I + 0.5M_{A-u}(t, t+u)]^{-1} [I - 0.5M_{A-u}(t, t+u)] P_{A-u}(t) + \\
 &\quad + [I + 0.5M_{A-u}(t, t+u)]^{-1} M_{EXT(A-u)}(t, t+u),
 \end{aligned}$$

gdzie macierze  $M_a$  mają postać jak w tabeli 7.

Oznaczając

$$S_a(t, t+u) = [I + 0.5M_a(t, t+u)]^{-1} [I - 0.5M_a(t, t+u)]$$

oraz

$$F_a(t, t+u) = [I + 0.5M_a(t, t+u)]^{-1},$$

gdzie  $a = 00, 0, u, \dots, A-u, A+$ , możemy zapisać powyższe równania projekcyjne w postaci:

$$\begin{aligned}
 P_0(t+u) &= F_{00}(t, t+u) [B(t, t+u) + M_{EXT00}(t, t+u)], \\
 P_{a+u}(t+u) &= S_a(t, t+u) P_a(t) + F_a(t, t+u) M_{EXTa}(t, t+u), \\
 P_{A+}(t+u) &= S_{A+}(t, t+u) P_{A+}(t) + F_{A+}(t, t+u) M_{EXTA+}(t, t+u) + \\
 &\quad + S_{A-u}(t, t+u) P_{A-u}(t) + F_{A-u}(t, t+u) M_{EXT(A-u)}(t, t+u).
 \end{aligned}$$

Równania te służą do wyznaczania projekcji ludności w prezentowanym modelu.

Macierz  $S$  można interpretować jako macierz współczynników dożycia dla ludności obecnej w systemie w chwili  $t$ , natomiast macierz  $F$  jako macierz współczynników dożycia dla ludności, która weszła do systemu poprzez urodzenia i migracje z „reszty świata” w okresie  $(t, t+u)$ .

Zauważmy, że równania te mają postać analogiczną do równań wyprowadzonych przez F. Willekensa i P. Drewe (1984) (patrz rozdział 2.5.2.3). Model MULTIPOLES jest więc rozszerzeniem wieloregionalnego



modelu projekcyjnego sformułowanego dla danych z rejestracji na przypadek wielopoziomowy. Kluczową różnicę stanowi sposób obliczania macierzy  $S$  i  $F$  oraz znaczenie wektora  $M_{EXT}$ . W modelu F. Willekensa i P. Drewe macierze  $S$  i  $F$  obliczane są na podstawie współczynników zgonów, współczynników migracji wewnętrznych i ewentualnie współczynnika emigracji do „reszty świata” z rozważanego kraju, a w miejscu  $M_{EXT}$  znajduje się całkowita liczba imigracji międzynarodowych. W modelu MULTIPOLES w wektorze  $M_{EXT}$  trzeba uwzględnić te migracje, które nie dotyczą przepływów między modelowanymi krajami, natomiast macierze  $S$  i  $F$  obliczane są na podstawie współczynników zgonów, współczynników migracji wewnętrznych oraz współczynników migracji międzynarodowych między regionami krajów rozważanego układu. Dzięki temu migracje międzynarodowe uwzględnione są w modelu MULTIPOLES w znacznie pełniejszy sposób.

System migracji w modelu MULTIPOLES przedstawia tabela 8. Tabela ta skonstruowana jest w ten sposób, że wiersze odnoszą się do regionów źródłowych migracji, a kolumny do regionów docelowych. Zgodnie z przyjętą konwencją regiony indeksowane są parą liczb, z których pierwsza oznacza numer państwa, a druga numer regionu w tym państwie. Ponadto wydzielony jest region reszta świata, z którym następuje wymiana migrantów. W podobny sposób skonstruowane są tabela 4 i tabela 9. Teoretycznie, do projekcji powinniśmy użyć informacji o przepływie między wszystkimi jednostkami przestrzennymi. Jednakże w istniejących dotychczas modelach używa się tylko niewielkiej części potrzebnej informacji o migracjach, przede wszystkim dlatego, że narodowe urzędy statystyczne dostarczają stosunkowo niewielkiej ilości danych.

Komórki tabel odpowiadające tym elementom macierzy, dla których należy dostarczyć dane by uruchomić model, zostały zaciemnione. Elementy macierzy uwzględnione w modelu, ale otrzymane na drodze szacowania lub modelowania, oznaczono literą m. Komórki puste oznaczają, że odpowiadające im przepływy nie zostały uwzględnione.

Porównanie tabeli 8 z tabelą 4 pokazuje, że w modelach DEMETER i EUROPOP mamy do czynienia z bardzo ograniczonym zasobem informacji o migracjach międzynarodowych: potrzebne są jedynie informacje o migracjach międzynarodowych netto w poszczególnych regionach. Model MULTIPOLES jest znacznie bardziej wymagający, gdyż migracje zagraniczne między modelowanymi państwami rozważane są na poziomie pełnej macierzy przepływów.

### 3.3.4. METODA SZACOWANIA WSPÓŁCZYNNIKÓW DEMOGRAFICZNYCH I ROZKŁADU MIGRACJI

Do wykonania obliczeń przy użyciu równań projekcyjnych niezbędna jest znajomość regionalnych, zależnych od płci i wieku cząstkowych

Tabela 8. System migracji w modelu MULTIPOLES

Kraj		Region pochodzenia	Kraj docelowy											
			1				is				ns			
			Region docelowy			Ogółem	Region docelowy			Ogółem	Region docelowy			Ogółem
			1,1	1,ir	1,nr(1)		is,1	is,ir	is,nr(is)		ns,1	ns,ir	ns,nr(ns)	
1	1,1				S	m	m	m	S	m	m	m	S	
	1,ir				S	m	m	m	S	m	m	m	S	
	1,nr(1)				S	m	m	m	S	m	m	m	S	
	Ogółem	S	S	S	S	S	S	S		S	S	S		
is	is,1	m	m	m	S				S	m	m	m	S	
	is,ir	m	m	m	S				S	m	m	m	S	
	is,nr(is)	m	m	m	S				S	m	m	m	S	
	Ogółem	S	S	S		S	S	S	S	S	S	S		
ns	ns,1	m	m	m	S	m	m	m	S				S	
	ns,ir	m	m	m	S	m	m	m	S				S	
	ns,nr(ns)	m	m	m	S	m	m	m	S				S	
	Ogółem	S	S	S		S	S	S		S	S	S	S	
Migracje międzynarodowe netto z „reszty świata”			m	m	m		m	m	m		m	m	m	

Oznaczenia:

	Migracje wewnętrzne
	Migracje międzynarodowe między krajami objętymi modelem
	Migracje netto spoza systemu

m	Migracje międzynarodowe modelowane
	Migracje nie uwzględnione w modelu
S	Wartości, które można obliczyć w drodze sumowania

Uwaga: W niniejszej tabeli przyjęto uproszczoną notację.

Źródło: Opracowanie własne



Tabela 9. System migracji w wieloregionalnym wielopoziomowym modelu projekcji ludności przy założeniu pełnej informacji o migracjach międzynarodowych

Kraj Region pochodzenia		Kraj docelowy												
		1				is				ns				
		Region docelowy			Ogółem	Region docelowy			Ogółem	Region docelowy			Ogółem	Reszta świata
		1,1	1,ir	1,nr(1)		is,1	is,ir	is,nr(is)		ns,1	ns,ir	ns,nr(ns)		
1	1,1				S				S				S	
	1,ir				S				S				S	
	1,nr(1)				S				S				S	
	Ogółem	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
is	is,1				S				S				S	
	is,ir				S				S				S	
	is,nr(is)				S				S				S	
	Ogółem	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
ns	ns,1				S				S				S	
	ns,ir				S				S				S	
	ns,nr(is)				S				S				S	
	Ogółem	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Reszta świata					S				S				S	

Oznaczenia:

	Migracje wewnętrzne
	Migracje międzynarodowe między krajami objętymi modelem
	Imigracje spoza systemu

	Emigracje poza system
	Migracje nie uwzględnione w modelu
S	Wartości, które można obliczyć w drodze sumowania

Uwaga: W niniejszej tabeli przyjęto uproszczoną notację.

Źródło: Opracowanie własne

współczynników demograficznych obliczonych dla zbiorowości zdarzeń typu okres-kohorta, czyli tzw. współczynników przekrojowo-wzdłużnych (Kędelski, Paradysz 1990, s. 63; Kotowska 1994a, s. 95). W niektórych wieloregionalnych demograficznych modelach komputerowych takie współczynniki muszą być dostarczone przez użytkownika jako dane wejściowe. W modelu MULTIPOLES procedury do obliczania współczynników stanowią integralną część oprogramowania.

Większość krajowych urzędów statystycznych dostarcza danych dotyczących rozkładu zdarzeń demograficznych według wieku w latach ukończonych w określonym momencie, czyli danych typu okres-wiek (dane o zbiorowościach zdarzeń III rodzaju). Takie dane uzyskujemy w odpowiedzi na pytanie, „w jakim wieku była osoba doświadczająca zdarzenia demograficznego”. Założono, że tego typu dane będą dostarczone przez użytkownika. W modelu MULTIPOLES następuje przeliczenie ich na współczynniki przekrojowo-wzdłużne za pomocą estymacji wynikających bezpośrednio z siatki demograficznej.

Zależne od wieku, płci oraz regionu źródłowego i docelowego współczynniki emigracji wewnętrznych obliczane są bezpośrednio na podstawie danych o pełnej macierzy przepływów między regionami w każdej grupie wieku. Dla migracji zagranicznych nie dysponujemy tak szczegółowymi danymi, a jedynie macierzą przepływów między krajami. Strukturę wieku ludności migrującej szacujemy za pomocą modelu Rogersa-Castro (Rogers, Castro 1981a, b, c). Zakładamy, że współczynniki emigracji zagranicznej są jednakowe dla wszystkich regionów w danym kraju (liczby bezwzględne emigracji będą oczywiście zależały od liczby ludności w tych regionach). Przypisanie migrantów międzynarodowych przemieszczających się pomiędzy modelowanymi państwami do regionów kraju docelowego dokonywane jest w proporcji do ich liczby ludności. Struktura płci migrantów międzynarodowych jest zadawana przez użytkownika modelu dla każdej pary krajów i kierunku migracji oddzielnie (wartości oszacowane na podstawie danych lub przyjęte arbitralnie, por. rozdział 4.3.5).

W odniesieniu do migracji netto spoza modelowanego systemu przyjęto, że zyski lub straty regionów są proporcjonalne do liczby ludności w tych regionach. Przyjęte założenia są w ocenie autora najbardziej prawdopodobne, trzeba jednak pamiętać, że są one zawsze obarczone ryzykiem błędu, a dane dotyczące migracji netto z „resztą świata” są najmniej wiarygodne ze wszystkich użytych w modelu.

### 3.3.5. SPOSÓB DEFINIOWANIA SCENARIUSZY

W modelu MULTIPOLES istnieje możliwość definiowania scenariuszy przemian podstawowych parametrów demograficznych modelowanej ludności: płodności, umieralności i migracji. Przemiany płodności definiuje się



poprzez ustalenie zmian współczynników dzietności całkowitej; przemiany umieralności – poprzez definiowanie zmian oczekiwanej długości trwania życia w chwili narodzenia; przemiany migracji wewnętrznych i międzynarodowych – poprzez macierze mnożników modyfikujących natężenie migracji w kolejnych krokach projekcji. Wielkość migracji międzynarodowych netto zadawana jest bezpośrednio dla każdego państwa dla każdego kroku projekcji. W niniejszej pracy wykorzystano jedynie scenariusze przemian migracji międzynarodowych (patrz rozdział 5.2). Szczegółowy opis sposobu definiowania scenariuszy poszczególnych składowych wzrostu zawarty jest w pracy M. Kupiszewskiego i D. Kupiszewskiej (1999).

### 3.3.6. OPROGRAMOWANIE KOMPUTEROWE MODELU MULTIPOLES

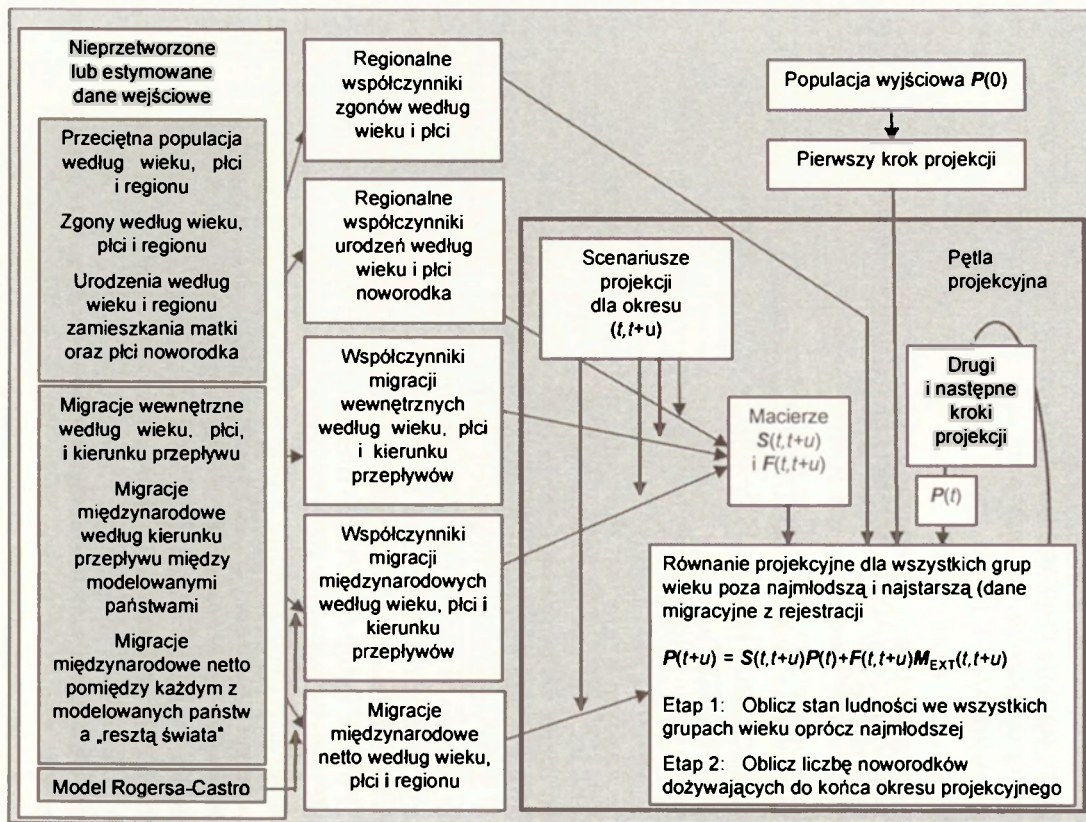
Oprogramowanie modelu MULTIPOLES zostało napisane przez dr Dorotę Kupiszewską w latach 1995–2001 jako pakiet oprogramowania dla komputerów osobistych.

Przyjęto, że w modelu ludność będzie ujęta w pięcioletnie grupy wieku, a zatem jednostkowy okres projekcji wynosi pięć lat. Liczba krajów i liczba regionów w każdym kraju jest dowolna, definiowana przez użytkownika i ograniczona jedynie zasobami pamięci. Współczesne komputery osobiste bez kłopotu mogą wykonać obliczenia dla paruset regionów.

Struktura modelu komputerowego MULTIPOLES przedstawiona jest na rycinie 3. Wyznaczanie projekcji rozpoczyna się od wprowadzenia danych dla okresu wyjściowego (*benchmark data*) i danych dotyczących scenariuszy. Następnie obliczane są regionalne, zależne od płci i wieku przekrojowo-wzdłużne współczynniki demograficzne (urodzeń, migracji i zgonów). Po tym wstępnym etapie następuje wejście w pętlę projekcyjną. Każdy krok pętli rozpoczyna się od zaktualizowania wartości współczynników demograficznych zgodnie z przyjętymi scenariuszami i obliczenia zaktualizowanych macierzy  $S$  i  $F$ . Przeprowadza się również dezagregację zaktualizowanych migracji netto z „reszty świata”. Następnie, na podstawie stanów ludności na początku danego kroku projekcji, wartości macierzy  $S$  i  $F$  oraz wektora  $M_{EXT}$  obliczane są stany ludności na końcu tego kroku dla wszystkich grup wieku z wyjątkiem grupy najmłodszej. Na zakończenie obliczana jest liczba urodzeń w każdym z regionów i liczba dzieci w grupie wieku 00 na koniec kroku projekcji.

Wyniki projekcji zapisywane są do zbiorów tekstowych w formacie umożliwiającym łatwe załadowanie do systemu informacji geograficznej i arkusza kalkulacyjnego, co niezwykle ułatwia analizę i wizualizację wyników.

Oprogramowanie MULTIPOLES zbudowane jest z modułów, dzięki czemu łatwo je modyfikować. Istnieje też możliwość dodawania nowych modułów. Ostatnio dodanym modułem były procedury służące do generowania prognoz zasobów siły roboczej.



Ryc. 3. Struktura modelu MULTIPOLES

The structure of MULTIPOLES model

Źródło: Opracowanie własne



### 3.3.7. MOŻLIWOŚCI MODYFIKACJI ALGORYTMU SZACOWANIA PARAMETRÓW MODELU: KWESTIA MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH

Jakość projekcji zależy między innymi od tego, na ile zminimalizuje się błędy w danych wejściowych wprowadzonych do modelu. W przypadku prognozy demograficznej dochodzi jeszcze problem adekwatności przyjętych w scenariuszu założeń co do ewolucji składowych wzrostu ludności. W odniesieniu do prognozy, jej jakość może być zmierzona *ex post* poprzez pomiar wielkości błędu, natomiast w przypadku projekcji musi pozostać w sferze opisu i analizy poprawności postępowania. Zagadnienie pomiaru i porównywania błędów prognoz nie będzie w niniejszej pracy dyskutowane, ale zainteresowany czytelnik może się z nim zapoznać, studiując dość obfitą literaturę przedmiotu (na przykład: Keyfitz 1981; Stoto 1983; Long 1987; Smith, Sincich 1988; Jóźwiak 1988; Keilman i Kućera 1991; Keilman 1990, 1992; Kupiszewski 1995; Rees i in. 1999). Z obszernej listy przyczyn błędów prognoz demograficznych, wyspecyfikowanych przez N. Keilmana i T. Kućerę (1991) i P. H. Reesa i in. (1999) wybierzemy tylko te, które mają bezpośrednie zastosowanie w niniejszej pracy: niepewność co do adekwatności algorytmu alokacji migrantów międzynarodowych, która będzie przedyskutowana poniżej, i złą jakość danych, omówioną w rozdziale 4.5.

Dyskusyjnym elementem obecnej wersji modelu projekcyjnego MULTIPOLES jest sposób rekrutacji i dystrybucji migrantów międzynarodowych. Wynika to głównie ze słabego stanu badań i wiedzy odnoszących się do tych procesów. Krótką dyskusję na temat stanu wiedzy przeprowadzono w rozdziale 3.2.2. Opisano tam pokrótce najnowszą inicjatywę badawczą Eurostatu, mającą na celu rozwiązanie tego problemu. Dopiero zakończenie cyklu badań i przygotowanie raportów końcowych pozwoli na ocenę, jak najlepiej skonstruować modele rekrutacji i alokacji migrantów międzynarodowych. Po ich opublikowaniu opracowany zostanie sposób traktowania migrantów zagranicznych, który najlepiej odzwierciedla ich rzeczywiste zachowania przestrzenne.

Problem rekrutacji i dystrybucji migrantów nie istniałby, gdybyśmy dysponowali pełnymi danymi o przepływach międzynarodowych pomiędzy regionami różnych krajów. Mielibyśmy wówczas do czynienia z systemem migracji przedstawionym w tabeli 9. W takim idealnym systemie migracje wewnętrzne i międzynarodowe w ramach rozważanego układu traktowane byłyby jednolicie i tworzyły jedną wielką macierz migracji.

Z obliczeniowego punktu widzenia taki model z jedną wielką macierzą migracji jest bardzo korzystny, gdyż pozwala uciec od wszelkich problemów z rozszacowywaniem migracji międzynarodowych, występujących w wielopoziomowych modelach projekcyjnych. Pozwala on też na dokładną analizę dynamiki ludności na obszarach rozciągających się na terenie kilku państw. Z technicznego punktu widzenia wprowadzenie omawianej modyfikacji do modelu MULTIPOLES nie byłoby trudne, dzięki jego

modularnej konstrukcji, i polegałoby na znacznym uproszczeniu procedury obliczania współczynników natężenia migracji międzynarodowych.

Podstawowym czynnikiem, który w chwili obecnej wyklucza wprowadzenie takiego rozwiązania w praktyce, jest stan statystyki migracji międzynarodowych między regionami. Dla Unii Europejskiej model specyfikowany na poziomie NUTS 2 musiałby mieć, według obecnego podziału, 204 regiony. Macierz migracji między tymi regionami zawierałaby bardzo wiele zer lub małych liczb, o silnych fluktuacjach. Estymacja współczynników migracji między regionami wymagałaby wieloletnich serii danych i odpowiednich technik modelowania migracji. Ponadto, znając obecny stan statystyki migracji międzynarodowych, można przypuszczać, że jeśli nie wiemy dokładnie, ile osób przemieszcza się między państwami, to tym bardziej nie uzyskamy wiarygodnych informacji dotyczących przemieszczeń między regionami leżącymi w różnych państwach. Jest to poważny argument przeciw użyciu modeli z tak rozbudowaną informacją o migracjach.

Z drugiej strony wprowadzenie „ciągłego spisu ludności” (Baccaïni 1999), nad którym zaawansowane są prace we Francji, może zrewolucjonizować statystykę migracji międzynarodowych, gdyż z takiego „spisu” (stosowanie cudzysłowu jest o tyle usprawiedliwione, że tak naprawdę będzie to gigantyczne, powtarzane co 2 lata badanie na reprezentatywnej próbie, którego wyniki wiązane będą z poprzednimi takimi badaniami) będzie można uzyskać dość dokładną informację o kierunkach, z jakich do każdego z regionów napłynęli migranci. Zastąpienie tradycyjnych spisów nowymi kroczącymi „spisami” ma tak wiele zalet (zmniejszenie kosztów, stałe uaktualnianie wyników), że wprowadzenie go we Francji (spis w 1999 r. był tam ostatnim tradycyjnym spisem) może doprowadzić do rozprzestrzeniania się nowej techniki w całym świecie. Jeśli tak się stanie, zbudowanie opisanego powyżej modelu przestanie być mrzonką.



## **4. IMPLEMENTACJA MODELU MULTIPOLES DLA EUROPY ŚRODKOWO-WSCHODNIEJ: ZBIERANIE I ESTYMACJA DANYCH**

### **4.1. STRUKTURA PRZESTRZENNA MODELU I LUDNOŚCIOWY SYSTEM INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ**

Implementacja modelu MULTIPOLES wymaga znacznej ilości danych zdezagregowanych według wieku, płci i regionu. Poniżej przedstawione zostaną źródła danych demograficznych wykorzystanych w niniejszej pracy. Pokróćce przedstawione zostaną zastosowane procedury estymacji brakujących danych. Trzeba zwrócić uwagę, że w literaturze geograficznej i w mniejszym stopniu demograficznej niedostatecznie wiele uwagi poświęca się procedurom zbierania i estymowania danych. Tymczasem jest to niezwykle istotna część przygotowania prognoz i projekcji ludności, mająca znaczący wpływ na ich jakość. Z tego względu w niniejszej pracy przedstawiono w ogólnym zarysie źródła danych i procedury użyte do estymacji brakujących danych. Zdecydowano się jednak zaniechać przedstawiania całego procesu w szczegółach, pozostawiając je do opublikowania w oddzielnej pracy o specjalistycznym charakterze.

Model MULTIPOLES został implementowany dla 14 krajów Europy Środkowo-Wschodniej (Austria, Białoruś, Czechy, Estonia, Litwa, Łotwa, Mołdawia, Niemcy, Polska, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Ukraina, Węgry) podzielonych na regiony. Jako zasadę przyjęto podział regionalny na jednostki administracyjne pierwszego rzędu. Niektóre państwa nie były dzielone na mniejsze jednostki bądź ze względu na wielkość (kraje bałtyckie, Słowenia), bądź ze względu na brak danych na poziomie regionalnym (kraje poradzieckie – Ukraina, Białoruś i Mołdawia). Modelowany układ składa się w sumie ze 154 regionów (tabela 10, rycina 4). Przyjęto podział na 5-letnie grupy wieku, przy czym grupa najstarsza obejmowała ludność w wieku ponad 85 lat.

Zarządzanie znaczną ilością danych demograficznych możliwe było dzięki skonstruowaniu Ludnościowego Systemu Informacji Geograficznej





(LSIG). LSIG zaprojektowany został w ten sposób, że z jednej strony dostarcza informacji niezbędnych do kalibracji modelu MULTIPOLES, a z drugiej strony jest przez ten model zasilany wynikami prognoz i projekcji i umożliwia ich analizę, wizualizację i kartowanie. Dane demograficzne powiązane są z cyfrowymi mapami administracyjnymi i politycznymi Europy Środkowo-Wschodniej. Dane obserwowane dostępne są dla czterech punktów w czasie i obejmują okres 15 lat (1984–1999). Dane dla 1984 i 1989 r. zebrane zostały w podziale politycznym wówczas obowiązującym. W szczególności zbierano dane oddzielnie dla NRD i RFN oraz dla całej Czechosłowacji. Dane z 1994 i 1999 r. gromadzone były dla nowo ukształtowanego po 1989 r. podziału politycznego. Dla 1999 r. zebrano dane dla państw, a dane na poziomie regionalnym były szacowane (por. rozdział 4.4). Przy zbieraniu danych korzystano zarówno z zasobów organizacji międzynarodowych, jak i ze źródeł narodowych. Dane uzyskane z prognoz i projekcji obejmują okres 25 lat (obecnie do 2024 r.). LSIG używany jest nie tylko w niniejszej pracy, lecz jest uniwersalnym narzędziem badawczym wykorzystywanym do różnych zadań.

Tabela 10. Lista krajów i liczba regionów w każdym kraju w zastosowaniu modelu MULTIPOLES dla Europy Środkowo-Wschodniej

Kraj	Liczba regionów
Austria	9
Białoruś	1
Czechy	8
Estonia	1
Litwa	1
Łotwa	1
Mołdawia	1
Niemcy	16
Polska	49
Rumunia	41
Słowacja	4
Słowenia	1
Ukraina	1
Węgry	20
Liczba regionów łącznie	154

Źródło: Opracowanie własne.

Jedynie część zasobów LSIG użyta została w niniejszej pracy. W pierwszym kroku jako rok wyjściowy do skalibrowania modelu MULTIPOLES przyjęto rok 1994. Dodatkowe informacje zebrano dla 1999 r. Po dokonaniu niezbędnych estymacji brakujących danych dla 1999 r. sporządzono

projekcję przyjmując ten rok jako wyjściowy. W następnych rozdziałach przedstawiono dokładnie zarówno sposób i zakres zasilania LSIG danymi dla 1994 i 1999 r., jak i sposób estymacji brakujących informacji dla 1999 r.

#### 4.2. PONADNARODOWE ZBIORY DANYCH

Ostatnia dekada przyniosła bardzo daleko idące zmiany w dystrybucji i dostępności danych demograficznych i społeczno-ekonomicznych. Zmiany te wynikały z co najmniej dwóch przesłanek: rozwoju technologii z jednej strony i rozwoju współpracy międzynarodowej z drugiej strony. Rozwój technologii, a zwłaszcza dostępność i względna taniość osobistego sprzętu komputerowego, z gigabajtowymi dyskami, z czytnikami płyt CD-ROM, redukcja kosztów urządzeń zapisujących oraz jednolite standardy technologiczne umożliwiły wymianę dużych zbiorów danych. Rozwój oprogramowania, a zwłaszcza narzucone przez wielkich producentów oprogramowania jednolite standardy zapisu zbiorów, usuwa istniejącą jeszcze w latach siedemdziesiątych trudność, często nie do pokonania: niezgodność formatów otrzymanych zbiorów z posiadanym oprogramowaniem. Sieć komputerowa dostępna już w większości instytucji akademickich w Europie zwiększyła szybkość i zmniejszyła koszty obiegu informacji.

Same zmiany technologiczne nie byłyby wystarczającym impulsem do zmian dystrybucji zbiorów danych. Zmiany polityczne w Europie, upadek reżimów komunistycznych i koniec zimnej wojny, a także rozszerzenie współpracy ekonomicznej w Europie, spowodowały zwiększenie aktywności i zasięgu geograficznego działania organizacji międzynarodowych. W rezultacie powstało szereg projektów badawczych i zbiorów danych demograficznych obejmujących całą lub część Europy. Pośród tych pierwszych należy wymienić prognozy ludnościowe Wspólnot Europejskich, przygotowywane od 1980 r. w pięcioletnich odstępach przez Netherlands Economic Institute (NEI), a w ostatniej turze, w 1995 r., przez konsorcjum instytutów naukowych (dla 1980 r. patrz NEI 1986; dla 1985 r. – Harverkatte i van Haselen 1990; dla 1990 r. – NEI 1991, 1994a, b, Eurostat 1991 i w końcu dla 1995 r. Eurostat 1997), a także przez P. H. Reesa (1996) i J. de Beera i L. van Wissena (1999). Eurostat przygotował obszerną regionalną bazę danych REGIO dla krajów Unii Europejskiej, która zawiera dość szczegółowy rozdział dotyczący zagadnień demograficznych. Dane te wykorzystywane były zarówno do celów prognostycznych w wymienionych powyżej prognozach ludności Wspólnot Europejskich i Unii Europejskiej, jak i do badań naukowych (Rees 1996; de Beer i van Wissen 1999). REGIO jest jedyną komercyjnie dostępną bazą danych zawierającą dane regionalne na poziomie od NUTS-1 (*Nomenclature des unités territoriales statistiques* będący systemem hierarchicznego przestrzen-



nego podziału statystycznego Unii Europejskiej) do NUTS-3. Niestety brak jest bazy danych na poziomie regionalnym, która pokrywałaby całą Europę lub jej pozostającą poza Unią część. Należy również zauważyć, że baza REGIO jest niekompletna, to znaczy niektóre dane są dostępne tylko dla części krajów.

Kolejnymi źródłami danych demograficznych są opracowania ONZ (United Nations 1997a, b), dostarczające estymowanych stanów ludności według płci i wieku, podstawowych wskaźników demograficznych oraz prostych prognoz demograficznych dla krajów członkowskich, oraz roczniki demograficzne Rady Europy (Council of Europe 1995–2000), które począwszy od 1998 r. dystrybuowane są jednocześnie w formie książkowej i na płytach CD-ROM. Tak jak ONZ, Rada Europy zbiera wyłącznie dane dla całych państw, ale zakres tematyczny zbieranej informacji jest szerszy, natomiast zakres geograficzny węższy – do końca lat osiemdziesiątych obejmował tylko kraje członkowskie, w praktyce należące albo do Wspólnot Europejskich albo do EFTA, by w latach dziewięćdziesiątych rozszerzyć się na całą Europę i kraje poradzieckie, również nie należące do Rady. Interesującym elementem publikacji Rady Europy, sięgających wstecz do początku lat osiemdziesiątych, są tablice migracji międzynarodowych, według informacji dostarczonych zarówno przez kraje wysyłające jak i przyjmujące. Podobny zestaw danych dotyczących migracji międzynarodowych zbierany jest od lat siedemdziesiątych przez Europejską Komisję Ekonomiczną ONZ z siedzibą w Genewie. Niestety, dane te nie są publikowane.

Spośród opisanych wyżej źródeł danych w niniejszej pracy wykorzystano dane Rady Europy i Europejskiej Komisji Ekonomicznej ONZ dotyczące migracji międzynarodowych oraz dane Rady Europy dotyczące stanów ludności, urodzeń i zgonów w 1999 r. Publikacje Rady Europy wykorzystano również przy zbieraniu danych dla 1994 r. dla państw, które nie były dzielone na regiony.

Wszystkie dane na poziomie regionalnym zostały zebrane bezpośrednio w krajach będących przedmiotem badania. Dotyczy to Austrii, Czech, Niemiec, Polski, Rumunii, Słowacji i Węgier. Źródłem danych były przede wszystkim krajowe urzędy statystyczne. Długa lista osób, które w trakcie tego żmudnego procesu udzieliły mi pomocy, znajduje się na końcu pracy.

#### **4.3. SPECYFIKACJA DANYCH Z 1994 R. NIEZBEDNYCH DO TESTOWANIA MODELU**

Zgodnie z przedstawioną wcześniej definicją modelu, do wyznaczenia projekcji i prognoz niezbędne są następujące dane:

- stany ludności według płci w osiemnastu 5-letnich grupach wieku w regionach;
- urodzenia ludności według wieku matki w 5-letnich grupach wieku w regionach;

- zgony ludności według płci w osiemnastu 5-letnich grupach wieku w regionach;
- pełna macierz międzyregionalnych migracji wewnętrznych ludności według płci w osiemnastu 5-letnich grupach wieku;
- macierz migracji międzynarodowych między badanymi państwami;
- migracje międzynarodowe netto między każdym z badanych państw a „resztą świata” stanowiącą dopełnienie zbioru badanych państw.

#### 4.3.1. STANY LUDNOŚCI

Dane dotyczące stanów ludności otrzymano dla wszystkich państw objętych badaniem bądź z narodowych urzędów statystycznych, bądź ze źródeł publikowanych. W przypadku Austrii, jedyne go kraju pośród badanych, który swoją statystykę opierał przed 1996 r. na spisach powszechnych (począwszy od 1996 r. rozpoczęto tam wprowadzanie rejestracji stanów ludności i migracji), użyto oszacowań stanów ludności według wieku i płci, wykonanych przez Austriacki Urząd Statystyczny. W pozostałych przypadkach użyto danych z rejestracji bieżącej. W kilku przypadkach trzeba było rozszacować nieznaczną, od kilku do kilkunastu osób, liczbę ludności, której wiek był nieznan. Przyjęto założenie, iż prawdopodobieństwo, że osoba w nieznanym wieku powinna być ujęta w pewnej grupie wieku, jest proporcjonalne do liczebności tej grupy wieku.

#### 4.3.2. URODZENIA

Tak jak w przypadku stanów ludności, dane o urodzeniach żywych według wieku matki i regionu zamieszkania uzyskano z krajowych urzędów statystycznych lub z publikowanych źródeł. W niektórych przypadkach (np. dla Austrii, Niemiec, Rumunii i Słowenii) znany był rozkład urodzeń według płci, w pozostałych przyjęto stałą, niezależną od wieku matki i regionu, proporcję urodzeń chłopców w całej populacji (51.5% urodzonych chłopców) i na tej podstawie oszacowano liczbę urodzonych dziewczynek i chłopców. Urodzenia z matek poniżej 15 roku życia przypisano do grupy wieku 15-19 lat. Nie są to znaczące liczby, zwykle nie więcej niż 1-2 w regionie w ciągu roku. Urodzenia z matek w wieku 50-54 przypisano do grupy wieku 45-59 lat. Również i w tym wypadku liczby są niewielkie, np. w Austrii w 1994 r. zanotowano dwa takie przypadki. Niektóre państwa nie podają w ogóle danych o urodzeniach w tych dwóch skrajnych grupach wieku. Gdy wiek matki był nieznan, urodzenia rozszacowano proporcjonalnie do liczby urodzeń w każdej grupie wieku.

#### 4.3.3. ZGONY

Dane dotyczące zgonów według wieku, regionu i płci uzyskano z narodowych urzędów statystycznych, z publikowanych opracowań oraz z INED



w Paryżu. Tak jak w przypadku innych danych, niekiedy było niezbędne rozszacowanie pewnej niewielkiej liczby zgonów, gdy nieznany był wiek zmarłych. Przyjęto założenia analogiczne do przyjętych w przypadku podobnych rozszacowań stanów ludności i urodzeń.

#### 4.3.4. MIGRACJE WEWNĘTRZNE

W idealnej sytuacji powinniśmy mieć macierze przepływów między regionami w każdym z państw, specyfikujące liczbę migracji, zdezagregowane według płci i wieku. Takie dane dostępne są tylko w niektórych państwach, w związku z czym niejednokrotnie niezbędne jest użycie danych mniej szczegółowych lub danych dotyczących liczby migrantów, a nie liczby migracji. Problemy związane z przystosowywaniem takich danych do potrzeb modelu omówione zostaną poniżej.

##### 4.3.4.1. *Dwa typy danych migracyjnych*

Jak wspomniano wcześniej, badania prowadzone w IIASA (Rees, Willekens 1986a) uwypukliły różnice w pomiarach migracji dokonanych na podstawie danych z rejestracji bieżącej i danych ze spisów powszechnych. Choć sama świadomość różnicy w zakresie badanego zjawiska, wynikającej z użycia różnych rodzajów danych, istniała już w latach siedemdziesiątych (Courageau 1973, 1980; Rees 1977), to dopiero badania w IIASA doprowadziły od matematycznego sformalizowania konsekwencji tych różnic w formie różnych wzorów na prawdopodobieństwo dożycia do końca pewnego okresu w danym regionie, stosowanych w wieloregionalnych tablicach trwania życia (Ledent 1980a; Ledent, Rees 1980, 1986; Rees 1980) oraz różnych wzorów w algorytmach modeli projekcyjnych (por. 2.5.2.3).

Prawidłowo prowadzona rejestracja bieżąca zapewnia informacje o każdej migracji, za której kryterium najczęściej uważa się przekroczenie granicy administracyjnej (por. Poulain 1994). Konsekwencją tego stanu rzeczy jest rejestrowanie migracji powrotnych jako dwóch osobnych zdarzeń. Również migracje osób, które zmarły przed zakończeniem okresu, w którym zbierane są dane, lub które urodziły się po jego rozpoczęciu, zostaną zarejestrowane (Kupiszewski 1987b).

Nieco inaczej ma się sprawa z danymi migracyjnymi pochodzącymi ze spisów ludności. W trakcie spisu informacje o migracjach można zbierać na wiele sposobów. W każdym spisie zbiera się dane o miejscu urodzenia i miejscu spisania respondenta. Umożliwia to określenie konsekwencji wszystkich migracji danej osoby w ciągu trwania jej życia, ale nie informuje o liczbie i kierunkach wykonanych migracji, ani o ich rozkładzie w czasie. Na przykład osoba, która wielokrotnie migrowała i po zakończeniu aktywnego życia zawodowego powróciła do miejsca urodzenia,

zaklasyfikowana będzie jako niemobilna. Nic też nie będziemy wiedzieli o migracjach osób, które zmarły przed spisem, gdyż nie zostaną one spisane.

Typowym spisowym pytaniem dotyczącym migracji jest pytanie o miejsce pobytu w określonym momencie w przeszłości, na ogół rok lub pięć lat przed dniem spisu albo też w czasie poprzedniego spisu. W niektórych państwach, na przykład we Francji, używa się niestandardowych okresów, np. siedmioletnich. Dwie kategorie ludności w ogóle nie są objęte takim badaniem: ci, którzy migrowali, ale zmarli przed spisem, oraz ci, którzy urodzili się w okresie, o którym mowa w pytaniu. Wielokrotne migracje łańcuchowe policzone będą jako jedna migracja, a migracja powrotna (dwa zdarzenia) nie zaistnieje w ogóle. Pytanie to umożliwia więc określenie sumarycznego wyniku przesunięć wszystkich osób objętych spisem, które urodziły się przed momentem, o który pytamy i które dożyły do dnia spisu. Informacja dotyczy liczby osób, których miejsce zamieszkania w określonym momencie różniło się od miejsca zamieszkania w chwili spisania, a nie liczby migracji, jak przy rejestracji bieżącej. Liczba migrantów uzyskana w wyniku tabulacji omawianego pytania spisowego będzie zawsze niższa niż liczba migracji wykazanych w tym samym okresie przez rejestrację bieżącą. P. H. Rees (1977) próbował określić współczynniki pozwalające przeszacować liczbę migracji według rejestracji na liczbę migrantów uzyskaną ze spisu i *vice versa*, ale nie wydaje się, aby tego rodzaju próby mogły doprowadzić do jakichś ogólniejszych ustaleń.

Kolejnym możliwym pytaniem spisowym jest pytanie o czas ostatniej migracji i o to, skąd ona nastąpiła. Takie pytanie zadano podczas Narodowego Spisu Powszechnego 1978 10-procentowej próbie respondentów. Odpowiedzi na tak postawione pytanie są bardzo trudne do analizowania i całkowicie niezdatne do użycia w modelowaniu dynamiki ludności bez daleko idących uproszczeń i założeń dodatkowych. Nie będziemy się więc tą możliwością dłużej zajmować.

Tabela 11. Podstawowe źródła danych migracyjnych w 1995 r.

Rejestracja bieżąca	Spis ludności	Rejestracja i spis	Specjalne badanie migracji
Czechy Niemcy  Polska	Austria <sup>1</sup>	Węgry  Rumunia	Słowacja

<sup>1</sup> W 1996 r. Austria wprowadziła system rejestracji migracji.

Źródło: Rees, Kupiszewski 1999b.



Tabela 11 pokazuje, jakie są podstawowe źródła danych migracyjnych w tych krajach, dla których migracje międzyregionalne włączono do modelu ludności. Wszystkie państwa z wyjątkiem Austrii i Słowacji opierają swoją statystykę migracyjną na rejestracji bieżącej. Austria, poczynając od 1996 r., również wprowadziła tę formę zbierania danych, jednakże nie miało to wpływu na sposób zbierania danych we wcześniejszym okresie. Dane słowackie, zbierane w trakcie specjalnego badania migracji, są zbliżone do danych z rejestracji bieżącej.

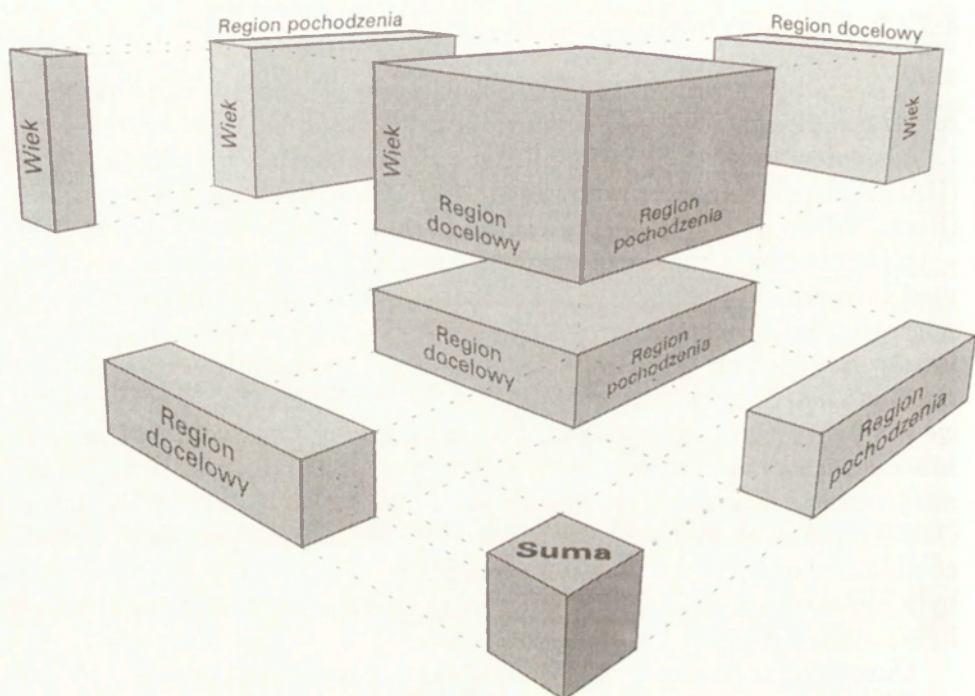
#### 4.3.4.2 *Estymacja brakujących informacji*

Dla każdego kraju niezbędne było przygotowanie macierzy migracji między regionami według wieku i płci. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) rozwinął znacznie koncepcje dotyczące migracji i ich pomiaru (Rees, Willekens 1986a). Wprowadzono wtedy pojęcie kostki migracyjnej – trójwymiarowej macierzy migracji, stosowanej w wieloregionalnych modelach projekcyjnych (rycina 5). Wymiarami kostki są: region źródłowy migracji, region docelowy migracji i wiek. Kostka konstruowana jest dla każdej płci oddzielnie. Niejednokrotnie pełna kostka migracyjna nie jest dostępna, istnieją natomiast dwuwymiarowe tablice specyfikujące migracje według regionu napływu i wieku lub według regionu odpływu i wieku, lub macierz przepływów między regionami. Dalej te tablice będziemy nazywali ściankami kostki migracyjnej. F. Willekens, A. Por i R. Raquillet (1981) opracowali metodę rekonstrukcji kostki migracyjnej na podstawie co najmniej dwóch ścianek kostki. Różne warianty tej metody stosowane były wielokrotnie w niniejszej pracy, gdyż w wielu przypadkach nie można było uzyskać pełnych kostek migracyjnych.

Odrębnym problemem była rekonstrukcja struktury wieku migrantów w 5-letnich grupach wieku, gdy dostępne były dane dla szerszych, nieregularnych grup wieku. Tak było w przypadku danych niemieckich, które zagregowane były w sześciu grupach wieku: 0-17 lat, 18-24, 25-29, 30-49, 50-64, 65 i więcej lat. W tym przypadku do rekonstrukcji struktury wieku migrantów zastosowano model Rogersa-Castro (Rogers, Castro 1981a). Strukturę płci migrantów oszacowano na podstawie zagregowanych danych dla landów.

Proces szacowania brakujących informacji jest czasochłonny, ale daje w miarę dokładne wyniki (Willekens, Por i Raquillet 1981). Znacznie większe problemy nastęrcza porównywalność danych migracyjnych pochodzących z różnych państw (Poulain 1994). Różnice odnoszą się zarówno do czasu pobytu w nowym miejscu zamieszkania, wymaganego, aby zmianę miejsca zamieszkania traktowano jak migrację, jak i do procedur administracyjnych. W niniejszej pracy nie próbowano sprowadzić danych do wspólnego mianownika, jeśli chodzi o definicje i procedury admini-

stracyjne, gdyż w chwili obecnej jest to raczej zadanie dla organizacji międzynarodowych i narodowych urzędów statystycznych niż dla pojedynczego badacza. Praktyka ignorowania takich różnic jest przyjęta również przez Eurostat i IIASA w ich projekcjach i prognozach.



Ryc. 5. Kostka migracyjna.

A migration cube

Źródło: Rees, Willekens 1986a.

#### 4.3.5. MIGRACJE MIĘDZYNARODOWE

Uzyskanie dokładnych danych dotyczących migracji międzynarodowych nie jest obecnie możliwe. W prognozach demograficznych powszechnie uważa się migracje międzynarodowe za jedno z głównych źródeł niepewności. Dostępne dane dostarczane przez urzędy statystyczne krajów wysyłających i krajów przyjmujących są całkowicie nieporównywalne



(tabela 12), z ponad trzydziestokrotnymi różnicami w podawanej liczbie migrantów (porównaj przedstawioną w tabeli 12 liczbę emigrantów z Polski do Niemiec według danych GUS i *Statistisches Bundesamt*

Tabela 12. Liczba migracji z wybranych krajów Europy Środkowo-Wschodniej do Niemiec według raportów narodowych urzędów statystycznych

Emigracje według statystyki narodowych biur statystycznych krajów środkowoeuropejskich			
	z Polski <sup>a</sup>	z Węgier <sup>b</sup>	z Czechosłowacji <sup>c</sup>
1987		6389	717
1988	24630	4864	719
1989	18528		1021
1990	11431		
Imigracje według statystyki <i>Statistisches Bundesamt</i> <sup>d</sup>			
	z Polski	z Węgier	z Czechosłowacji
1987	158220	8938	9101
1988	313792	12966	11978
1989	455075	15372	17130
1990	370172	18400	21000
Imigracje według danych niemieckich w % emigracji według danych kraju wysyłającego			
	z Polski	z Węgier	z Czechosłowacji
1987		140	1269
1988	1274	267	1666
1989	2456		1678
1990	3238		

Uwagi: <sup>a</sup> Wyłącznie do Niemiec Zachodnich.

<sup>b</sup> Wszyscy emigranci niezależnie od kierunku migracji, zarówno legalni jak i nielegalni.

<sup>c</sup> Do Niemiec Wschodnich i Zachodnich.

<sup>d</sup> Łącznie z *Aussiedler*.

Źródło: SOPEMI 1992.

w 1990 r.). Wyjaśnienie przyczyn tak znacznych różnic między statystyką polską a niemiecką znaleźć można w pracy M. Kędelskiego (1990) i w sekcji 4.5.1 niniejszej pracy. Liczni autorzy, jak J. Kelly (1987), M. Poulain, M. Debuissan, T. Eggerickx (1991) i M. Poulain (1993), stwierdzają, że

takie różnice w statystykach migracji międzynarodowych w Europie wynikają zarówno z różnych definicji migracji zagranicznych przyjmowanych przez różne kraje (w Europie tylko Wielka Brytania używa definicji zalecanej przez ONZ), jak i z unikania przez migrantów rejestracji wyjazdów, zwłaszcza w krajach pochodzenia, gdzie często mogli oni po wyjeździe korzystać z różnych form zabezpieczenia społecznego. Różne są też w różnych krajach procedury administracyjne, formularze, sposób zbierania i przekazywania informacji. Ponadto nieznana jest liczba emigrantów, którzy unikają rejestracji w kraju docelowym, najczęściej ze względu na nielegalne podejmowanie pracy. Wszystko to powoduje, że w praktyce ustalenie liczby migrantów międzynarodowych jest zadaniem bardzo niewdzięcznym.

W modelu projekcyjnym użytym w niniejszej pracy wyróżniono dwie klasy migracji międzynarodowych: migracje między analizowanymi krajami i migracje pomiędzy „resztą świata” a każdym z analizowanych krajów. W przypadku pierwszej kategorii migracji celem była estymacja pełnej macierzy przepływów. W drugim przypadku chodziło jedynie o ustalenie migracji netto.

#### 4.3.5.1. *Migracje między badanymi krajami*

Przy zbieraniu danych dotyczących migracji międzynarodowych między badanymi krajami należy rozwiązać kwestię, jak uzyskać jednolitą macierz migracji, mając do dyspozycji różniące się znacznie dane pochodzące z krajów wysyłających migrantów i z krajów docelowych.

W związku z problemami z pomiarem migracji międzynarodowych, standardem stało się konstruowanie macierzy przepływów między krajami, w których uwidacznia się przepływy rejestrowane zarówno przez kraj wysyłający, jak i przyjmujący migrantów. Tabela 13 przedstawia macierz przepływów migracyjnych w 1994 r., sporządzoną na podstawie danych zebranych przez Radę Europy i ONZ oraz na podstawie statystyk poszczególnych krajów. Jest ona skonstruowana w ten sposób, że każdy wiersz jest podwójny. Jego górna część oznacza dane według kraju przyjmującego, oznaczone w lewej kolumnie słowem „przyjmujący”, a dolna dane według kraju wysyłającego, oznaczone słowem „wysyłający”. W niektórych przypadkach dane te różnią się znacznie: Niemcy w 1994 r. zarejestrowali 11602 migrantów z Czech, podczas gdy Czesi zarejestrowali ich tylko 108. Tak więc według danych niemieckich migrantów było ponad 107 razy więcej niż według danych czeskich. Oczywiście nie jest możliwe użycie tak skonstruowanej macierzy do modelowania dynamiki ludności. Aby móc to zrobić, trzeba ujednolicić zawartość każdej z komórek macierzy. Narzucają się tu następujące możliwości: albo dokonać obliczeń mających na celu ustalenie uśrednionych przepływów, albo przyjąć dane



Tabela 13. Macierz migracji międzynarodowych w 1994 r. według statystyk krajów wysyłających i przyjmujących

do z	Austria	Białoruś	Czechy	Estonia	Niemcy	Węgry	Łotwa	Litwa	Moldawia	Polska	Rumunia	Słowacja	Słowenia	Ukraina
Austria przyjmujący wysyłający			314	1	15543		1	0	0	168	121	90	75	3
Białoruś przyjmujący wysyłający			14	36 1296	2105 464		240 6434	250 3364	23 900	135 101				6448 9033
Czechy przyjmujący wysyłający	16			0 0	11602 108	0	0 0	1 0	0 0	51 3	4 0	3144 0	4 1	110 1
Estonia przyjmujący wysyłający	0	88 281	2 0		1683 311	0	99 62	45 56	1 39	7 5	0 0	0 0	0	929 585
Niemcy przyjmujący wysyłający	15032	0 745	1374 14375	25 665		25597	75 1118	24 1136	0 368	1843 104789	228 102506	128 7165	146 2321	3224 3562
Węgry przyjmujący wysyłający			26	0	24853		2	0	0	17	60	37	3	250
Łotwa przyjmujący wysyłający	5	418 1402	4 0	42 54	2800 548	1		179 239	5 59	21 13	0 0	2 0	0	1956 1254
Litwa przyjmujący wysyłający	1	634 548	2 0	15 6	2495 180	0	88 56		6 32	98 75	0 0	0 0	0	890 265
Moldawia przyjmujący wysyłający	1	515	4 0	5 0	2131 1729	7	11 2	8 0		13 17	66 16	4 1	2	8548 0
Polska przyjmujący wysyłający	441	10	223 53	3 0	81740 18876	9	7 0	10 7	3 0		1 0	41 6	0	354 13
Rumunia przyjmujący wysyłający	1255		48 98	0 1	86559 6867	1773	0 0	0 0	34 4	17 13		86 11	0	16 2
Słowacja przyjmujący wysyłający	5		4076 95	1 0	6953 15	10	1 0	0 0	0	17 0	0 0		0	22 2
Słowenia przyjmujący wysyłający	161		9 2	0	2960 252		0	0	0	5	0	3		4
Ukraina przyjmujący wysyłający	52	11772 9030	456 176	102 161	15112 9335	845	208 385	161 401	382 8370	434 530	1 21	388 356	6	

Uwaga: Puste miejsca w tabeli oznaczają brak danych.

Źródło: Niepublikowane dane ECE UN, Council of Europe 1995, 1996.

państw przyjmujących lub państw wysyłających, albo w końcu przyjąć maksimum tych dwóch wartości.

M. Poulain (1993) zaproponował algorytm do estymacji przepływów międzynarodowych pomiędzy państwami Unii Europejskiej. Algorytm ten opierał się na założeniu, że dane pochodzące ze wszystkich możliwych par krajów, między którymi miały miejsce migracje, zostały zniekształcone w tym samym stopniu, gdyż czynniki zniekształcające, takie jak system prawny, rozwój ekonomiczny, system zabezpieczenia społecznego są podobne. To założenie jest dyskusyjne w przypadku krajów Unii Europejskiej. W zbiorze krajów tak zróżnicowanych jak badane w niniejszej pracy założenie to jest z całą pewnością fałszywe.

Przyjęcie danych raportowanych przez kraje wysyłające migrantów nie jest celowe, gdyż największe niedoszacowanie liczby migracji obserwujemy właśnie w statystykach tych krajów. Dużo lepszym rozwiązaniem jest przyjęcie danych dostarczanych przez państwa przyjmujące: ich statystyki, choć też podatne na niedoszacowanie, są dużo dokładniejsze. W niniejszej pracy przyjęto trzecie rozwiązanie, a mianowicie jako wartość migracji przyjęto większy z dwóch przepływów podawanych przez państwo przyjmujące i wysyłające. Rozwiązanie to nie jest być może „czyste” z metodologicznego punktu widzenia, ale przemawia za nim fakt, iż jeśli już migracja została zarejestrowana, co wiąże się z mitręgą biurokratyczną i szeregiem decyzji o znaczących konsekwencjach ekonomicznych, to najprawdopodobniej się odbyła. Oczywiście zawsze będzie pewna liczba migracji, które zostały zarejestrowane w jednym z krajów (najczęściej w kraju wysyłającym), ale się nie odbyły, na przykład ze względu na śmierć migranta po zarejestrowaniu, ale przed rozpoczęciem podróży. To przeszacowanie nie stanowi jednak problemu, gdyż jest z nadwyżką kompensowane przez niedoszacowanie liczby migrantów. Dane podawane przez kraje wysyłające tylko w nielicznych przypadkach są większe niż dane podawane przez kraje przyjmujące: dzieje się tak przy emigracji z Białorusi oraz Niemiec.

Aby wyeliminować fluktuacje losowe trudne do uniknięcia przy pomiarze migracji międzynarodowych, jako punkt wyjścia przyjęto uśrednione kilkuletnie macierze migracji międzynarodowych. W obliczeniach zastosowano dwie takie macierze. W pierwszym etapie badania, mającym na celu obliczenie ludności w 1999 r. na podstawie ludności z 1994 r. zastosowano średnią macierz migracji z lat 1994-1998 (tabela 14). Przy wyznaczaniu projekcji dla okresu od 1999 do 2024 przyjęto jako wyjściową średnią macierz migracji z lat 1997-1999 (tabela 15).

W tabeli 14 i tabeli 15 puste komórki oznaczają albo brak danych, a więc brak zarejestrowanych migracji, albo średni roczny przepływ poniżej 100 osób. Wartości poniżej 100 migracji zostały pominięte jako nieistotne. Przemawiał za tym dodatkowy argument natury technicznej: małe przepływy byłoby trudno zdezagregować według wieku, płci i regionu.



Tabela 14. Macierz średnich wartości migracji międzynarodowych w latach 1994–1998; maksymalne wartości według statystyk krajów wysyłających i przyjmujących

do z	Austria	Białoruś	Czechy	Estonia	Niemcy	Węgry	Łotwa	Litwa	Moldawia	Polska	Rumunia	Słowacja	Słowenia	Ukraina
Austria					14345	140				216	313			
Białoruś				282	2142		1413	872	209	190				4528
Czechy					10743							1427		
Estonia		182			1629									489
Niemcy	14835	1029	11040	873		20172	1365	1776	855	82013	40859	6629	2565	4931
Węgry					18684					143	519			169
Łotwa		938			2524			235						1284
Litwa		330			2906									455
Moldawia		239			2461						2479			5125
Polska	597		113		89301	227								175
Rumunia	1388		127		35823	3218								
Słowacja			972		7276	167								
Słowenia	134				2450									
Ukraina		6304	192	124	16677	1175	257	387	4311	658	115	337		
Napływ z państw objętych modelem	17108	9131	12529	1358	206963	25150	3204	3407	5535	83438	44302	8572	2652	17228
Odływ do państw objętych modelem	15257	9661	12302	2430	188943	19598	5107	3959	10369	90507	40782	8477	2608	30575
Migracje netto z państw objętych modelem	1851	-530	227	-1072	18020	5552	-1904	-552	-4834	-7069	3519	95	43	-13347
Migracje netto z „reszty świata”	5032	10716	10092	-3950	296870	25700	-7405	-367	-3994	-8008	-18705	2485	1791	-92606
Migracje netto ogółem	6883	10186	10319	-5022	314890	31252	-9308	-919	-8828	-15078	-15186	2580	1834	-65904

Uwaga: Napływy i odpływy z państw objętych modelem różnią się nieznacznie od sum odpowiednich kolumn i wierszy w tabeli, gdyż obejmują również przepływy poniżej 100 osób. Puste miejsca w tabeli oznaczają brak danych lub przepływ poniżej 100 osób.

Źródło: Council of Europe, 1995–1999.

Tabela 15. Macierz średnich wartości migracji międzynarodowych w latach 1997–1999; maksymalne wartości według statystyk krajów wysyłających i przyjmujących

do \ z	Austria	Białoruś	Czechy	Estonia	Niemcy	Węgry	Łotwa	Litwa	Moldawia	Polska	Rumunia	Słowacja	Słowenia	Ukraina
Austria			464		14523	734				1826	630	497	331	103
Białoruś					2332		145	325		183				1310
Czechy	561				9457							833		
Estonia					1306									111
Niemcy	14928	1060	8534	857		15534	1385	1809	835	75819	15392	6422	2352	4550
Węgry	871				14984					142	568			110
Łotwa		703			2420			200						486
Litwa		347			2814									111
Moldawia		333			2331						6580			427
Polska	2230				89032	106								
Rumunia	1476		108		18640	3239			210					
Słowacja	677		1233		7573	216								
Słowenia	318				2056									
Ukraina	208	5235	559	105	16635	1107	230	331		473	320	270		
Napływ z państw objętych modelem	21369	7880	11057	1059	184103	20982	1862	2671	1249	78593	23513	8150	2772	7142
Odpyływ do państw objętych modelem	19154	4470	10920	1582	149478	16753	3934	3454	9835	91591	23736	9729	2434	25598
Migracje netto z państw objętych modelem	2215	3410	138	-523	34625	4229	-2072	-784	-8585	-12998	-224	-1579	338	-18456
Migracje netto z „reszty świata”	7710	14002	9961	-891	314678	8343	-1855	1439	761	226	-6939	3076	553	-76315
Migracje netto ogółem	9925	17412	10099	-1414	349303	12572	-3927	655	-7824	-12772	-7163	1497	891	-94771

Uwaga: Napływy i odpyły z państw objętych modelem różnią się nieznacznie od sum odpowiednich kolumn i wierszy w tabeli, gdyż obejmują również przepływy poniżej 100 osób. Puste miejsca w tabeli oznaczają brak danych lub przepływ poniżej 100 osób.

Źródło: Council of Europe, 1998–2000.



Stan statystyki migracji międzynarodowych wymusił wykonanie szeregu oszacowań, zwłaszcza struktury wieku i płci migrantów. Oszacowania te wykonano za pomocą modelu Rogersa-Castro. Zebrane dotychczas i dostępne w literaturze parametry rozkładów modelu Rogersa-Castro charakteryzowały głównie natężenie migracji wewnętrznych. Krzywa natężenia migracji międzynarodowych według wieku ma nieco inny kształt niż analogiczna krzywa dla migracji wewnętrznych. W konsekwencji nie było możliwe użycie nagromadzonych w ciągu kilkunastu lat typowych parametrów modelu Rogersa-Castro dla migracji wewnętrznych. Niezbędne więc było dobranie zestawu parametrów modelu jak najlepiej oddających charakterystyki wiekowe migracji międzynarodowych. Dokonano tego na podstawie danych dotyczących struktury wieku migrantów (w sześciu grupach wieku używanych przez statystykę niemiecką) napływających do i odpływających z Niemiec. Parametry te służyły potem do oszacowania struktury wieku dla przepływów, o których nie było żadnej informacji poza ich wielkością.

Kolejnym problemem było oszacowanie udziału migrantów różnej płci w całej populacji migrantów. Posłużono się tutaj wyrzywkowymi danymi, głównie odnoszącymi się do migracji z i do Niemiec, i użyto je do oszacowania struktury płci migrantów przemieszczających się w innych kierunkach. Przyjęto, że emigranci z danego kraju do każdego innego kraju mają strukturę wieku i płci identyczną jak emigranci z danego kraju do Niemiec. Analogiczne założenie przyjęto w odniesieniu do imigrantów.

#### 4.3.5.2. *Migracje pomiędzy „resztą świata” a badanymi krajami*

Ostatnim elementem, który należało wziąć pod uwagę przy konstruowaniu zbioru danych, były migracje między każdym z analizowanych krajów a „resztą świata”, to jest wszystkimi krajami nie będącymi przedmiotem analizy. Oszacowanie pełnej macierzy przepływów z każdego kraju spoza systemu do każdego kraju wewnątrz systemu nie było w tym przypadku ani celowe, ani możliwe. Zamiast tego, na podstawie danych Rady Europy (Council of Europe 1995–2000), obliczono średnie jednoroczne migracje netto między każdym z analizowanych krajów i „resztą świata” dla okresu 1994–1998 i 1997–1999. Wielkości te obliczono jako różnicę między migracjami netto dla danego kraju ogółem a migracjami netto między danym krajem i pozostałymi modelowanymi krajami. W przypadku niektórych krajów, jak na przykład Niemiec, Ukrainy czy Białorusi, właśnie te przepływy spoza systemu mają dominujące znaczenie.

#### 4.4. METODA ESTYMACJI DANYCH DLA 1999 R. NA PODSTAWIE DANYCH Z 1994 R.

W końcowym etapie przygotowywania niniejszej pracy stało się możliwe uzyskanie danych dotyczących stanów ludności według płci i wieku,

urodzeń według wieku matki oraz zgonów w odniesieniu do 1999 r. Zebranie pełnej bazy danych w podziale na regiony możliwe byłoby najwcześniej w 2002 r., długo po zaplanowanym terminie opublikowania niniejszej pracy. W związku z tym zdecydowano się zrekonstruować pełną bazę danych dla 1999 r. stosując różne techniki estymacji.

Stany ludności według regionów, płci i wieku obliczone zostały w dwóch etapach: w pierwszym etapie dokonano pięcioletniej projekcji ludności z 1994 r. W ten sposób uzyskano stany ludności według wieku, regionów i płci w 1999 r. Następnie stany te zostały tak przeszacowane, aby były one zgodne z obserwowanym w 1999 r. stanem i rozkładem według płci i wieku w każdym z państw.

Aby oszacować liczbę i rozkład zgonów w 1999 r. założono, że zależność współczynników zgonów od wieku, płci i regionu była w 1999 r. taka jak w 1994 r. Otrzymaną liczbę zgonów przeszacowano tak, aby estymowana suma wszystkich zgonów w danym kraju była równa liczbie zgonów obserwowanej w 1999 r.

Liczbę i rozkład urodzeń oszacowano w podobny sposób na podstawie współczynników płodności z 1994 r. i liczby ludności estymowanej dla 1999 r., przy czym wynikowy rozkład urodzeń według wieku matki przeszacowano tak, aby był on zgodny z rozkładami urodzeń według wieku matki obserwowanymi w 1999 r. w poszczególnych krajach.

Cząstkowe współczynniki migracji wewnętrznych w 1999 r. przyjęto jako niezmiennicze w stosunku do obserwowanych w 1994 r.

#### **4.5. MOŻLIWOŚCI POPRAWY DOKŁADNOŚCI DANYCH WEJŚCIOWYCH PROJEKCJI**

Istotnym źródłem błędów projekcji i prognoz ludności są niedokładne dane wejściowe (stany ludności, liczba urodzeń, zgonów, migracji wewnętrznych i międzynarodowych), które służą do ustalenia populacji początkowych, oszacowania wyjściowych współczynników zdarzeń demograficznych oraz formułowania założeń dotyczących zmian składowych wzrostu w okresie prognoz i projekcji. Nieco szerzej i w kontekście pomiaru błędów prognozy o problemie tym pisano w pracy P. H. Reesa i in. (1999). Ponieważ największymi błędami obciążone są dane dotyczące migracji międzynarodowych i stanów ludności, skupimy się na ich analizie i wskażemy możliwości korekty.

##### **4.5.1. STATYSTYKA MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH JAKO ŹRÓDŁO BŁĘDÓW W PROGNOZACH LUDNOŚCI**

Statystyka migracji międzynarodowych jest zdecydowanie najsłabszym ogniwem statystyki ludnościowej, pomimo jej kluczowego znaczenia dla podstawowych funkcji państwa, które powinno wiedzieć, ilu obywateli



zamieszkuje na jego terytorium. R. Bilsborrow i in. (1997) stwierdzają na pierwszej stronie swojej pracy, że pojęcie migracji międzynarodowej nie jest nigdzie jednoznacznie zdefiniowane. Oznacza to, że wszelkie próby pomiaru migracji międzynarodowych skazane są z góry na niepowodzenie. Nie możemy mierzyć czegoś, co nie jest określone. Nie podlegającym dyskusji kryterium jest konieczność przekroczenia przez migranta granicy państwowej. Wszystkie inne czynniki, jak na przykład czas pobytu w kraju przeznaczenia, deklarowana przyczyna przekroczenia granicy, status prawny migranta w miejscu przeznaczenia, rola narodowości i obywatelstwa, pozycja na rynku pracy nie są zdefiniowane w jednolity sposób. Praca R. Bilsborrowa i in. (1997) stanowi znaczny krok w kierunku uporządkowania istniejących pojęć i definicji. Dokumenty ONZ (United Nations, 1980, 1998) zalecają, aby za migranta międzynarodowego uznawać osobę, która za granicą spędziła co najmniej rok. Zalecenia idą dalej, sugerując, że niezbędne jest odróżnienie migracji długoterminowych (ponad rok) i krótkoterminowych (poniżej roku). ONZ nie daje jednak wskazówek co do minimalnego czasu pobytu wymaganego, aby mówić o migracji krótkoterminowej, a nie o podróży wakacyjnej czy służbowej. Niezależnie od nieprecyzyjnych zapisów rekomendacji, jej rola w statystyce migracji w Europie jest niewielka. Dotychczas stosują ją Brytyjczycy w *International Passengers Survey* i Portugalczycy, którzy przeszacowali swoją statystykę migracji międzynarodowych tak, aby była zgodna z zaleceniami ONZ (Peixoto 1998).

W Europie każde państwo definiuje migracje międzynarodowe w zależności od przyjętych w danym kraju regulacji prawnych i potrzeb administracji państwowej. W konsekwencji dane statystyczne różnych państw są nieporównywalne. Porównanie kryteriów stosowanych w krajach Unii Europejskiej przygotowali M. Langevin i F. Begeot (1991), dla krajów EFTA M. Poulain i R. Gisser (1992), natomiast J. Salt, A. Singleton i J. Hoghart (1994) objęli swoimi badaniami całą Europę. Ta ostatnia praca zawiera, jak zauważył M. Okólski (1996b), wiele błędów. Tabele porównawcze kryteriów migracji sporządzone przez M. Langevina i F. Begeot (1991) wskazują, że tylko trzy kraje Unii Europejskiej, z wówczas dwunastu: Belgia, Włochy i Luksemburg mają porównywalne definicje. Oczywiście stosowane w praktyce procedury administracyjne tylko zwiększają to zróżnicowanie. Nie należy się więc dziwić, że zaproponowana prawie dziesięć lat temu harmonizacja statystyki migracji międzynarodowych (Poulain, Debuissou, Eggerickx 1991) nie została przyjęta do dziś. Próbuje się więc harmonizację definicji zastąpić metodami matematycznymi (Poulain 1993), ale mają one poważne ograniczenia (porównaj 4.3.5.1).

W niniejszej pracy przyjęto proste założenie: jako wielkość migracji między parą państw przyjęto większą z dwóch wartości podawanych przez kraj wysyłający i przyjmujący. Dwa elementy tak przygotowanej tablicy

przepływów budzą wątpliwości: jednym jest niezwykle wysoka liczba emigrantów i imigrantów z i do Niemiec. Sam fakt, że Niemcy są najważniejszym krajem migracyjnym w Europie nie wyjaśnia tego zjawiska. Można je łatwo wytłumaczyć, gdy porówna się kryterium migracji i emigracji międzynarodowej przyjęte w statystyce niemieckiej z kryteriami obowiązującymi w krajach wysyłających. B. Langevin i F. Begeot (1991) podają, iż w Niemczech w przypadku migracji za migranta uznaje się każdą osobę, która przyjechała z zagranicy i zamieszkała we własnym lub wynajętym mieszkaniu. W przypadku emigracji kryterium jest fakt opuszczenia mieszkania połączony z wyjazdem za granicę. Zapomnieli oni dodać, iż w rzeczywistości wymagany jest także co najmniej dwumiesięczny pobyt na ziemi niemieckiej (Lederer, Rau, Rühl 1999). Jest to jedna z najszerzych możliwych definicji migracji. Żadne inne państwo europejskie nie stosuje definicji tak szerokiej i tak ogólnej. H. W. Lederer, R. Rau i S. Rühl (1999, s. 6) uważają, że zawyża ona znacznie liczbę migracji w stosunku do statystyk innych krajów. Statystyka polska dostarcza informacji o osobach, które deklarują wyjazd z lub przyjazd do kraju na stałe. Jest to jedna z najwęższych możliwych definicji migracji międzynarodowych. M. Okólski (1997) pokazuje, do jakich paradoksów prowadzi tak restrykcyjna definicja migracji międzynarodowych. Przy tak rozbieżnych kryteriach oczywiste są różnice w liczbach zarejestrowanych migracji przedstawione w tabeli 12 i tabeli 13.

Ponieważ w przypadku Niemiec tę samą definicję stosuje się zarówno do emigrantów jak i do imigrantów i w tabeli przepływów wartości dotyczące liczby migrantów z i do Niemiec podawane przez statystykę niemiecką są zawsze większe niż wartości podawane przez statystyki innych państw, nie powinno to spowodować szczególnych błędów w prognozowanej liczbie ludności, lecz jedynie zwiększy oszacowanie intensywności migracji między Niemcami a innymi krajami. Mogą jednak zaistnieć błędy w strukturze migrantów, jeśli charakterystyki migrantów krótkoterminowych różnią się istotnie od charakterystyk migrantów długoterminowych.

Z punktu widzenia prognozowania demograficznego idealnym rozwiązaniem byłoby przyjęcie jednolitej definicji migracji międzynarodowych. Definicja ta powinna być tak sformułowana, aby eliminowała ze statystyki migracje krótkotrwałe. Ten rodzaj migracji powinien być ujęty w odrębnej statystyce. Postulaty te spełnia w pełni definicja rekomendowana przez ONZ (United Nations 1998).

#### 4.5.2. NIEDOKŁADNE OSZACOWANIE STANÓW LUDNOŚCI JAKO ŹRÓDŁO BŁĘDÓW W PROGNOZACH DEMOGRAFICZNYCH

Jednym z ważnych źródeł błędów projekcji i prognoz ludności jest niedokładne oszacowanie stanu ludności (Rees i in. 1999). Wpływa ono na



prognozowane stany ludności zarówno przez przyjęcie błędnych wyjściowych stanów ludności, jak i poprzez błędne oszacowanie współczynników urodzeń, zgonów i migracji stosowanych w projekcji. B. Sakson (1998a) pokazała, że błędy takie są zróżnicowane w zależności od wieku i płci, a także wykazują znaczne zróżnicowania przestrzenne. Problematykę tę omówimy szerzej na przykładzie Polski.

Oficjalna statystyka ludności w Polsce przeszacowuje stany ludności, gdyż nie bierze pod uwagę rzeczywistych emigracji międzynarodowych. Trudno jest ściśle określić różnicę między stanami ludności podawanymi przez GUS w Rocznikach demograficznych a rzeczywistym stanem ludności. Kluczem jest tu oszacowanie wielkości i dystrybucji przestrzennej oraz struktury demograficznej emigracji z Polski w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych. Niestety mikrospis ludności z 1995 r. nie daje takich możliwości, gdyż osoby przebywające za granicą, niezależnie od czasu tej nieobecności, traktowane są jako mieszkańcy Polski (Zaremba 1996). Trudno oprzeć się tu uwadze, iż w sytuacji bardzo znacznego odpływu ludności z Polski przeprowadzanie mikrospisu nie prowadzącego do ustalenia rzeczywistego stanu ludności, kluczowego parametru demograficznego, jest marnotrawstwem społecznych pieniędzy. Ostrożne oszacowanie strat migracyjnych przedstawił P. Korcelli (1992a). M. Kupiszewski (1993, tabela 1) szacuje, że różnica między emigracją z Polski podaną przez Główny Urząd Statystyczny a statystykami napływów z Polski zestawionymi przez wybrane zagraniczne urzędy statystyczne w okresie 1987–1990 wynosi 1.24 mln osób. Okólski (1994) szacuje migracje Polaków w latach 1980–1989 na 2205 do 2345 tysięcy osób i długotrwale migracje w tym okresie na 1073 do 1317 tysięcy.

Kluczowa dla ustalenia rzeczywistego stanu ludności podczas Narodowego Spisu Powszechnego w 1988 r. jest praca B. Sakson (1998a), która na podstawie rejestru kart przekroczenia granicy oszacowała, że stan ludności podany na podstawie tego spisu został zawyżony o 713.2 tys. osób, które były nieobecne w Polsce przez ponad dwa miesiące i które wyjechały po 1.04.1981 i nie powróciły do dnia spisu, to jest do 6.12.1988. Sakson przedstawiła także zmiany struktur wieku i płci ludności oraz ich geograficzny wymiar. Jeśli zastosuje się inne kryterium, zgodne z rekomendacjami ONZ – roczną nieobecność w kraju, niedobór ludności wyniósł 590.7 tys., to jest 1.6% spisanej ludności.

Tabela 16 przygotowana dla danych spisowych z 1988 r. przez B. Sakson (1998a) pokazuje, jak dalece przeszacowanie liczby ludności wpływa na niedoszacowanie surowych współczynników urodzeń i zgonów. Niedoszacowanie współczynników ogółem powyżej 2% wystąpiło w woj. warszawskim, gdańskim, katowickim, krakowskim, opolskim, szczecińskim, wrocławskim. W odniesieniu do województwa opolskiego niedoszacowanie to przekroczyło 5%, zarówno w odniesieniu do współczynników urodzeń jak i zgonów. Jeśli weźmiemy pod uwagę, że niedoszacowanie

współczynników częściowych jest nieporównywalnie wyższe niż niedoszacowanie współczynników surowych, co wynika ze znacznej selektywności migracji w zależności od wieku, można śmiało powiedzieć, że zarówno projekcje ludności Polski przedstawione w niniejszej pracy, jak i wszystkie oficjalne prognozy GUS obciążone są bardzo znacznymi błędami związanymi z daleko idącym niedoszacowaniem częściowych współczynników urodzeń i zgonów w tych województwach, które w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych utraciły szczególnie dużo ludności.

W przyszłości interesujące byłoby oszacowanie wielkości błędów prognoz wynikających z przeszacowania stanów ludności Polski i niedoszacowania surowych i częściowych współczynników ruchu naturalnego, zwłaszcza, iż prognozy te służą do formułowania dalekosiężnych strategii rozwoju (Holzer, Serek 2000).

Tabela 16. Niedoszacowanie surowych współczynników zgonów i urodzeń ogółem oraz dla miast i wsi, obliczone dla 1988 r. na podstawie struktur ludności skorygowanych o niezarejestrowane migracje międzynarodowe oraz na podstawie struktur ludności publikowanych przez GUS

Województwo	Niedoszacowanie surowych współczynników zgonów (%)			Niedoszacowanie surowych współczynników urodzeń (%)		
	ogółem	miasto	wieś	ogółem	miasto	wieś
<b>Polska</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>	<b>0,7</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>	<b>0,7</b>
stoł. warszawskie	2,1	2,3	0,6	2,1	2,3	0,6
białkopodlaskie	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
białostockie	1,6	2,1	0,8	1,6	2,1	0,8
bielskie	1,1	1,6	0,5	1,1	1,6	0,5
bydgoskie	1,0	1,4	0,3	1,0	1,4	0,3
chełmskie	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
ciechanowskie	0,3	0,6	0,2	0,3	0,6	0,2
częstochowskie	1,2	1,4	0,9	1,2	1,4	0,9
elbląskie	0,9	1,1	0,5	0,9	1,1	0,5
gdańskie	2,4	3,0	0,6	2,4	3,0	0,6
gorzowskie	0,9	1,2	0,4	0,9	1,2	0,4
jeleniogórskie	1,4	1,7	0,8	1,4	1,7	0,8
kaliskie	0,5	0,9	0,2	0,5	0,9	0,2
katowickie	3,6	3,8	2,5	3,6	3,8	2,5
kieleckie	0,8	1,2	0,4	0,8	1,2	0,4
konińskie	0,5	0,9	0,2	0,5	0,9	0,2
koszalińskie	1,1	1,4	0,4	1,1	1,4	0,4
krakowskie	2,0	2,7	0,6	2,0	2,7	0,6
krośnieńskie	0,8	1,3	0,6	0,8	1,3	0,6
legnickie	1,5	1,9	0,5	1,5	1,9	0,5
leszczyńskie	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6	0,2
lubelskie	1,0	1,5	0,3	1,0	1,5	0,3
łomżyńskie	1,7	2,3	1,3	1,7	2,3	1,3
łódzkie	1,1	1,1	0,4	1,1	1,1	0,4
nowosądeckie	1,1	1,5	0,9	1,1	1,5	0,9
olsztyńskie	1,3	1,6	1,0	1,3	1,6	1,0



Tabela 16 c.d.

<b>opolskie</b>	<b>5,6</b>	<b>5,0</b>	<b>6,3</b>	<b>5,6</b>	<b>5,0</b>	<b>6,3</b>
ostrołęckie	0,6	0,9	0,4	0,6	0,9	0,4
pilskie	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6	0,2
piotrkowskie	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,2
płockie	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8	0,2
poznańskie	0,9	1,2	0,3	0,9	1,2	0,3
przemyskie	0,7	1,2	0,4	0,7	1,2	0,4
radomskie	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,2
rzeszowskie	1,4	2,0	0,9	1,4	2,0	0,9
siedleckie	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
sieradzkie	0,3	0,6	0,2	0,3	0,6	0,2
skierniewickie	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6	0,2
śląskie	0,9	1,2	0,5	0,9	1,2	0,5
suwalskie	1,1	1,5	0,6	1,1	1,5	0,6
<b>szczecińskie</b>	<b>1,9</b>	<b>2,4</b>	<b>0,5</b>	<b>1,9</b>	<b>2,4</b>	<b>0,5</b>
tarnobrzeskie	1,1	1,8	0,8	1,1	1,8	0,8
tarnowskie	1,4	2,1	1,0	1,4	2,1	1,0
toruńskie	0,8	1,2	0,2	0,8	1,2	0,2
wałbrzyskie	1,5	1,8	0,8	1,5	1,8	0,8
wrocławskie	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8	0,2
<b>wrocławskie</b>	<b>2,8</b>	<b>3,5</b>	<b>0,9</b>	<b>2,8</b>	<b>3,5</b>	<b>0,9</b>
zamojskie	0,4	0,9	0,3	0,4	0,9	0,3
zielenogórskie	0,9	1,2	0,4	0,9	1,2	0,4

Źródło: Sakson (1998a).





## **5. ZASTOSOWANIE MODELU MULTIPOLES DO OCENY WPŁYWU MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH NA DYNAMIKĘ LUDNOŚCI EUROPY ŚRODKOWO-WSCHODNIEJ**

Jednym z podstawowych celów niniejszej pracy było skonstruowanie modelu dynamiki ludności, który spełniałby dwa założenia jednocześnie: pozwolił na uzyskanie wyników projekcji ludności obszaru obejmującego wiele państw w układzie regionalnym, zdezagregowanych według wieku i płci oraz uwzględnił w procesie modelowania migracje międzynarodowe w sposób jak najbardziej zbliżony do tego, jak traktowane są migracje wewnętrzne. Z tego względu do zademonstrowania działania modelu wybrano ocenę wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę i strukturę ludności. Taką ocenę można przeprowadzić poprzez porównanie wyników dwóch projekcji: w pierwszej zachowano niezmiennie współczynniki cząstkowe urodzeń, zgonów i migracji wewnętrznych i przyjęto, że migracje międzynarodowe nie istnieją. W drugiej projekcji przyjęto prosty scenariusz dotyczący migracji międzynarodowych. Projekcje obejmują okres 25-letni – od 1999 do 2024 roku.

Koncepcja porównania równoległych projekcji ludności w celu oceny dynamiki i trajektorii rozwoju różnych populacji, zaproponowana została przez P. Korcellego (1986, 1987), który argumentował, że porównanie wyników równoległych projekcji pokazuje, jak zróżnicowanie obserwowanych procesów ludnościowych wpływa na dynamikę ludności w dłuższym czasie. Innymi słowy, pozwala to na ocenę, jak określone różnice w danych wejściowych wpływają na przyszłą dynamikę ludności wyrażoną przez wyniki projekcji. Koncepcja Korcellego przetestowana została w szeregu prac empirycznych (Korcelli 1986, 1987, 1992b 1997; Korcelli, Kupiszewski 1990, 1992). W efekcie postępowania zaproponowanego przez Korcellego jesteśmy w stanie wyodrębnić wpływ czynnika migracji międzynarodowych na dynamikę ludności w każdym z krajów i regionów modelowanego układu.

Trudnym problemem przy realizacji postawionego wyżej zadania jest sformułowanie najbardziej prawdopodobnego scenariusza migracji mię-

dzynarodowych w Europie Środkowo-Wschodniej. W idealnej sytuacji należałoby powiązać scenariusz zmian migracji międzynarodowych z teoriami migracji. Zatem, nim przejdziemy do przedstawienia scenariusza, spróbujemy ocenić przydatność istniejących teorii do realizacji tak zdefiniowanego zadania.

## 5.1. UŻYTECZNOŚĆ TEORII MIGRACJI DO CELÓW PROGNOSTYCZNYCH

Pierwsze próby sformułowania teorii migracji sięgają końca XIX wieku (Ravenstein 1885, 1889). Ravenstein zauważył, że głównym motywem migracji są przyczyny ekonomiczne, a przepływ migrantów następuje przede wszystkim z obszarów wiejskich do miejskich. H. Złotnik (1998) stwierdza, że sto lat później teoretyczne, konceptualne ujęcia migracji nie różnią się w zasadniczy sposób od ujęcia Ravensteina, choć ich stopień skomplikowania i stopień odzwierciedlenia rzeczywistości zwiększyły się istotnie. Znaczna część istniejącej literatury dotyczy migracji wewnętrznych, natomiast migracjom międzynarodowym więcej uwagi poświęcono dopiero stosunkowo niedawno. W ostatniej dekadzie znaczny wzrost migracji międzynarodowych w Europie i na świecie spowodował lawinowy wzrost badań nad migracjami międzynarodowymi. Część tych badań poświęcona była teoriom i determinantom migracji międzynarodowych. Obszerne przeglądy tych badań przygotowali D. S. Massey i in. (1993), M. J. Greenwood (1992) i H. Złotnik (1998). Ocena przydatności tych teorii do praktycznych zastosowań w modelach prognostycznych przedstawiona była przez S. Öberga i A. B. Wils (1992) i M. Kupiszewskiego (1996).

### 5.1.1. EKONOMICZNE TEORIE MIGRACJI

Klasyczna makroekonomiczna teoria migracji (Lewis 1954) wychodząca z poglądów Adama Smitha zakłada, że migranci przemieszczają się z regionów o niskim dochodzie do regionów o wysokim dochodzie i że migracje związane są ze stopą zwrotu kapitału zainwestowanego w kształcenie. Migracja jest więc postrzegana jedynie jako mechanizm równoważenia rynków pracy. Jeśli teoria ta byłaby prawdziwa, to migranci dążyliby do wielkich aglomeracji miejskich generujących największe dochody ze względu na silnie rozwinięte usługi finansowe, takich jak Londyn, Frankfurt, Zurych czy Luksemburg.

Neoklasyczna ekonomiczna teoria migracji formułowana jest w dwóch wersjach, mikro- i makroekonomicznej i proponuje nieco subtelniejszy obraz. Teoria makroekonomiczna (Lewis 1954; Harris, Todaro 1970; Todaro 1976) dzieli obszary, między którymi następują migracje, na zasobne w kapitał, ale odczuwające niedosyt siły roboczej oraz takie, w których jest obfitość siły roboczej i brak kapitału. Obszary o przewadze



zasobów siły roboczej w stosunku do kapitału charakteryzują się niskim poziomem płac, natomiast obszary o niedoborze siły roboczej w stosunku do kapitału mają wysoki poziom płac. Migranci przemieszczają się z obszarów o niskim do obszarów o wysokim poziomie płac, a kapitał podąża w przeciwnym kierunku. Zrównoważenie się poziomu płac w obszarach emigracji i imigracji prowadzi do zaniku migracji między tymi obszarami. Nietrudno zauważyć, że migracje powrotne nie dają się na gruncie tej teorii wyjaśnić.

Neoklasyczna mikroekonomiczna teoria uwzględnia zindywidualizowane koszty i zyski wynikające z migracji (Sjaastad 1962; Todaro 1976). Na poziomie mikroekonomicznym migracje międzynarodowe są formą inwestycji nagradzanej różnicą w dochodach między miejscem zamieszkania i miejscem docelowym migracji. Migranci starają się zmaksymalizować swoje dochody, co oznacza maksymalizację zysku z inwestycji w migrację. Takie czynniki jak poziom bezrobocia, koszty migracji, uzyskane dodatkowe kwalifikacje muszą być uwzględniane w kalkulacjach migrantów. Nielegalni migranci muszą dodatkowo uwzględnić ryzyko związane z możliwą deportacją. Kwantyfikacja i kalibracja tak zarysowanego podejścia teoretycznego napotyka na wiele problemów, głównie związanych z kwantyfikacją zmiennych branych po uwagę i zignorowaniem w teorii wielu istotnych czynników, jak restrykcyjne polityki admisyj w krajach docelowych, preferencje indywidualne i rodzinne migrantów czy koszty adaptacji w nowym kraju.

Obie zarysowane powyżej teorie wychodzą z założenia, że migranci dążą do maksymalizacji swego dochodu. Tak zwana nowa ekonomiczna teoria migracji (Stark i Bloom 1985; Stark 1991) sugeruje inne podejście. Jej autorzy argumentują, że jednostkami migrującymi lub podejmującymi decyzje o migracji są nie poszczególne osoby, lecz gospodarstwa domowe, które starają się kontrolować ryzyko utraty dochodów poprzez dywersyfikację rynków pracy, na których aktywni są ich członkowie, oraz pozyskać kapitał zabezpieczający ekonomicznie rodzinę w przyszłości. Tak więc w migracjach zawarty jest komponent ubezpieczeniowy. Teoria ta wyjaśnia, dlaczego migracje międzynarodowe trwają nawet wtedy, gdy poziom płac regionu źródłowego i docelowego wyrównują się. O. Stark i E. J. Taylor (1989) poszli o krok dalej, twierdząc, że istotne dla decyzji migracyjnych jest również relatywne różnicowanie dochodu między rodzinami migrantów i niemigrantów. Ci pierwsi starają się uzyskać przewagę ekonomiczną nad tymi drugimi.

Według teorii dualnego rynku pracy (Piore 1979) migracje napędzane są przez popyt na siłę roboczą i praktyki rekrutacyjne w regionie napływu, a nie przez różnice w poziomach wynagrodzeń pomiędzy regionem źródłowym i regionem docelowym. Decydujące więc są czynniki przyciągające a nie wypychające. Lokalni mieszkańcy przemieszczają się od prac o niskich dochodach, niskim statusie społecznym, niskiej produktywności i braku stabilności do prac o wyższych dochodach, wyższym statusie

społecznym, wyższej produktywności i stabilności, pozostawiając nieatrakcyjne miejsca pracy migrantom. Doprowadza to do daleko idącej segmentacji rynku. Ponieważ poziom wynagrodzenia nie tylko wyraża ekonomiczną wartość pracy, ale jest oznaką statusu społecznego pracownika, jego modyfikacja musiałaby pociągać za sobą łańcuchowe zmiany w wynagrodzeniach w innych zawodach. Nisko płatne, brudne prace bez perspektyw awansu atrakcyjne są dla najuboższych cudzoziemców, dla których niska płaca w kraju docelowym jest nawet kilkakrotnie wyższa od średniej płacy w kraju pochodzenia (Złotnik 1998).

Teoria systemu światowego (Wallerstein 1974) stwierdza, że migracje międzynarodowe są konsekwencją rozwoju rynków kapitalistycznych i są inherentne dla procesu przepływu kapitałów i inwestycji. Przepływy migrantów zachodzą między obszarami peryferyjnymi a centralnymi. Są one zależne od struktury rynków (znaczące bezrobocie ludności wiejskiej, która migrowała do miast w strefie peryferyjnej światowej gospodarki, współlistnieje z zapotrzebowaniem na pracowników akceptujących prace o niskich płacach i statusie, głównie w sektorze usług, w obszarach centralnych) i ich dynamiki, a niezależne od zróżnicowania dochodów.

### 5.1.2. SOCJOLOGICZNE TEORIE MIGRACJI

Podstawowym konceptem socjologicznym jest sformułowana przez S. A. Stouffera (1940, 1960) teoria sposobności pośrednich, wiążąca odległość, na jaką zachodzi migracja, z ilością i jakością czynników atrakcyjnych dla migranta, znajdujących się pomiędzy obszarem źródłowym a docelowym migracji. Teoria ta, jak zauważył M. Termote (1967), równoważna jest z modelem interakcji przestrzennych sformułowanym przez geografów.

Kwintesencją myślenia socjologicznego jest oparta na pracy S. A. Stouffera teoria E. Lee (1966), mówiąca iż migranci reagują na czynniki, które oceniają jako wypychające (nieprzyjemne) w miejscu ich zamieszkania, oraz na czynniki przyciągające ich w miejscu docelowym migracji. Warto zauważyć, iż teoria ta jest bardzo ogólna, gdyż czynniki przyjemne i atrakcyjne nie mają uniwersalnego znaczenia i mogą być różnie definiowane przez badaczy w zależności od potrzeb badanych społeczności. K. Iglicka (1995) zwraca ponadto uwagę na fakt, iż to nie czynniki wypychające i przyciągające decydują o migracji, ale ich percepcja przez potencjalnych migrantów.

Socjolodzy (Taylor 1986) twierdzą, że istnienie sieci przyjaciół, krewnych i znajomych ma kluczowe znaczenie dla potencjalnych migrantów, gdyż zmniejsza koszty monetarne, społeczne i ryzyko migracji oraz zwiększa szansę na wtopienie się w społeczność regionu napływu. Efekt istnienia sieci rodziny, przyjaciół i znajomych może być wzmocniony przez rozwiązania instytucjonalne, zarówno formalne jak i nieformalne. Teoria wsparcia instytucjonalnego (*institutional theory*) mówi o roli instytucji



i organizacji we wspieraniu migracji. Instytucje pozarządowe, podobnie jak sieci przyjaciół, znajomych i krewnych, redukują ryzyko związane z migracją, dostarczając informacji, pomagając zagospodarować się w miejscu docelowym migracji i w końcu służąc pomocą w sytuacjach krytycznych. Jednocześnie na rynku działają liczne organizacje zarabiające na migrantach, zarówno legalne (biura podróży, linie lotnicze, koleje, przewoźnicy morscy i inne przedsiębiorstwa transportowe, często integrujące usługi, kancelarie prawnicze specjalizujące się w sprawach imigracyjnych etc.), jak i nielegalne (organizacje o charakterze kryminalnym specjalizujące się w organizowaniu nielegalnych tras przerzutowych i przemycające migrantów; por. Laczko 2000). Wszystkie te organizacje starają się wzmocnić procesy migracyjne, aby maksymalizować swoje zyski. J. Salt (2000) zwraca uwagę na znaczącą rolę tych organizacji i instytucji w procesie globalizacji migracji, jaki obserwujemy w ostatnich latach na świecie.

Teoria skumulowanej przyczynowości (*cumulative causation theory*) (Myrdal 1957; Massey 1990) przyjmuje, iż migracje międzynarodowe są wynikiem zmian w środowisku społecznym i kulturalnym w regionach źródłowym i docelowym. Powrotni migranci dysponują kapitałem większym niż ci, którzy nie migrowali, stać ich na lepsze mieszkanie, inwestowanie w niewielkie rodzinne przedsiębiorstwa o charakterze lokalnym lub zakup ziemi. Powoduje to, iż w oczach ludności nie migrującej są oni grupą uprzywilejowaną, do której aspiruje coraz więcej osób z grupy niemobilnej. Migracja postrzegana jest więc jako działalność o dodatnim bilansie netto. Wytwarza to kulturę migracji. Wiele elementów tej teorii przewija się w koncepcji migracji niepełnej zaprezentowanej przez M. Okólskiego (Okólski 2000; por. też Iglicka-Okólska 1998; Iglicka, Jaźwińska, Okólski 1995; Iglicka i in. 1997; Okólski 1998; Jaźwińska, Okólski 2001).

### 5.1.3. GEOGRAFICZNE TEORIE MIGRACJI

Geografowie często postrzegają migracje jako proces związany z odległością (modele interakcji przestrzennej, Wilson 1967, 1970). Inne użyteczne podejście zakłada, że migracje można analizować jako proces dyfuzji innowacji. Wprowadzenie koncepcji barier przestrzennych do modelowania interakcji przestrzennych (migracji) jest szczególnie przydatne z punktu widzenia migracji międzynarodowych, gdyż przekroczenie granic państwa stanowi często bardzo silną barierę. Jednakże istniejąca praktyka wskazuje, że modele takie stosowane były dotychczas głównie do zagadnień związanych z interakcjami wewnętrznymi.

Centralną teorią migracji stworzoną na gruncie geografii jest teoria przejścia migracyjnego autorstwa Wilbura Zelinsky'ego (Zelinsky 1971; dyskusja modelu w literaturze polskiej zawarta jest w pracy A. Gaw-

ryszewskiego (1989) i M. Jerczyńskiego (1998)), stworzona jako analogia do teorii przejścia demograficznego. W. Zelinsky wyróżnia pięć typów migracji oraz dwa typy substytucji migracji i przez analogię do teorii przejścia demograficznego definiuje zmienne poziomy natężenia każdego z typów migracji w zależności od fazy rozwoju systemu ludnościowego. Również ta teoria dotyczy głównie migracji wewnętrznych i ma bardzo ograniczone wartości objaśniające, gdyż autor pominął w niej całkowicie procesy suburbanizacyjne i kontrurbanizacyjne, które mają kluczowe znaczenie dla wyjaśniania współczesnych migracji wewnętrznych ludności w krajach rozwiniętych (Fielding 1982, 1986, 1989; Champion, Vander-motten 1997; Kędelski 1985; Rees, Kupiszewski 1999a; Grzeszczak 1996, 2000). P. Korcelli w dyskusji zwrócił moją uwagę na fakt, iż uwzględnienie przez Zelinsky'ego dojazdów do pracy można interpretować jako uwzględnienie tworzenia się aglomeracji i konurbacji miejskich, gdyż ta forma mobilności ludności jest typowa dla rozwoju suburbanizacji.

#### 5.1.4. TEORIE MIGRACJI POWSTAŁE NA GRUNCIE INNYCH NAUK

Demografowie często analizują cechy społeczno-demograficzne migrantów, w szczególności struktury ich wieku (Rogers i Castro 1981a, b, c), choć trudno tu mówić o istnieniu pełnoprawnej teorii.

Ciekawą propozycją jest teoria systemów migracyjnych (*migration system theory*) autorstwa M. Krütz, L. L. Lim i H. Złotnik (1992). Według tej teorii można wyróżnić system migracyjny składający się z zespołu krajów wysyłających i zespołu krajów przyjmujących. Każdy z krajów może należeć do więcej niż jednego systemu migracyjnego. Teoria ta może mieć znaczenie przy przygotowywaniu prognoz demograficznych dużych ponadnarodowych obszarów, gdyż daje teoretyczne podstawy do zaliczania do nich poszczególnych krajów. H. Złotnik (1992) demonstruje, jak w praktyce należy definiować systemy migracyjne.

Znajomość historii migracji może posłużyć do przewidywania przyszłych trendów. Prognozowanie *per analogiam* do procesów historycznych nie jest bardzo dokładne, gdyż zmieniają się zarówno warunki historyczne, ekonomiczne, sytuacja geopolityczna, jak i ich percepcja i ocena. Metoda ta jest jednak często stosowana ze względu na prostotę. Jak i w przypadku demografii, można tu mówić raczej o rozwoju pewnych technik badawczych niż teorii.

#### 5.1.5. OCENA UŻYTECZNOŚCI TEORII MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH DO CELÓW PROGNOSTYCZNYCH

Istniejące teorie oferują wyjaśnienie na różnych poziomach, od mikro do makro i powstały na gruncie rozmaitych nauk, szczególnie ekonomii, geografii, socjologii i nauk behawioralnych. Można zidentyfikować kilka



wspólnych cech omawianych teorii: (1) żadna z nich nie jest wyczerpująca; (2) teorie migracji międzynarodowych nie różnią się w zasadniczy sposób od teorii migracji wewnętrznych (Willekens 1995b); (3) teorie całkowicie ignorują migracje przymusowe, stanowiące poważną część migracji międzynarodowych; (4) teorie nie uwzględniają wpływu polityki państw na migracje międzynarodowe (zarówno w odniesieniu do zezwoleń na wyjazdy jak i admisji).

Co więcej, proces migracji jest tak skomplikowany, że istniejące teorie wyjaśniają je tylko częściowo, koncentrując się na wybranych, często wąskich aspektach. Istniejące teorie ignorują problemy, które wpływają w istotny sposób na migracje międzynarodowe: niestabilność polityczną, skład etniczny ludności w kraju pochodzenia i w kraju docelowym migrantów, związki historyczne, jakoś środowiska naturalnego czy jakoś życia.

Tworzenie scenariuszy zmian migracji międzynarodowych napotyka więc na podstawowy problem: teoria migracji międzynarodowych jest stosunkowo słabo rozwinięta, często fragmentaryczna i w opinii niektórych specjalistów niezbyt przydatna do prognozowania ich dynamiki (Öberg, Wils 1992). Autor niniejszej pracy, przygotowując dla prognozy ludności Europy Wschodniej opracowywanej przez IIASA analizę możliwych trajektorii rozwoju migracji międzynarodowych (Kupiszewski 1996), podzielił ten pogląd. Pośrednio zgadzają się z nim A. de Jong i H. Visser (1997), autorzy scenariuszy migracji międzynarodowych do najnowszej prognozy Eurostatu z 1995 r., którzy dokonują co prawda przeglądu istniejących teorii migracji międzynarodowych, ale w procesie formułowania scenariuszy nie odwołują się do tych teorii. W niedawno przygotowanym studium J. Salt i A. Singleton (1995) zaprezentowali złożony teoretyczny model migracji międzynarodowych, który według autorów zapewnia ramy do konstruowania prognoz numerycznych. W praktyce model Salta i Singleton jest trudny do zoperacjonalizowania, gdyż sformułowany jest w bardzo abstrakcyjnych kategoriach. Ponadto model, ze względu na złożoną typologię przepływów migracyjnych, będzie wymagał znacznej ilości informacji, które obecnie albo nie są dostępne, albo obciążone bardzo znacznymi błędami. Próba kalibracji modelu została zapowiedziana przez Eurostat (van der Gaag, van Wissen 1997), ale dotychczas nie są znane wyniki tej próby. Właściwie jedynie teoria systemów migracyjnych może być użyteczna w badaniach prognostycznych i to jedynie w procesie definiowania ponadnarodowych regionów, między którymi zachodzą największe przepływy migracyjne.

Liczne w ostatnich latach próby prognozowania migracji pomiędzy państwami kandydującymi do Unii Europejskiej a Unią Europejską również w niewielkim stopniu opierają się na teoriach migracji i głównie koncentrują się na prostych modelach ekonometrycznych, w których podstawowym założeniem teoretycznym jest uzależnienie wielkości mi-

gracji netto lub liczebności ludności cudzoziemskiej w krajach docelowych przede wszystkim od różnicy dochodów między krajami wysyłającymi i przyjmującymi (Franzmeyer, Brücker 1997; Orłowski, Zienkowski 1998; Brücker 2000; Brücker, Trübswetter, Weise 2000; Sinn i in. 2000; Fertig i Schmidt 2000; Zienkowski 2001). Takie wąskie pojmowanie teorii migracji i sprowadzanie ich do czysto monetarnego wymiaru, jak w klasycznej ekonomicznej teorii migracji, często daje absurdalne wyniki prognoz (Kupiszewski 2001a). Odnosi się to zwłaszcza do opracowań F. Franzmeyera i H. Brückera (1997) i H.-W. Sinna i in. (2000). Moja opinia nie jest tu odosobniona, do podobnych wniosków doszli B. Alecke, P. Hubert i G. Untiedt (2001).

Empiryczne badania migracji socjologicznej natury (Fassmann, Hintermann 1997) całkowicie ignorują teorie migracji i ograniczają się do nieskomplikowanych mnożeń odsetek osób o różnym stopniu deklarowanej gotowości do migracji przez liczbę ludności.

Nie tylko słabość istniejących teorii lub kłopoty z ich przełożeniem na konkretne założenia ilościowe i wzory przyczyniają się do trudności w formułowaniu scenariuszy migracji międzynarodowych. Co najmniej dwa inne czynniki powinny być wyeksponowane. Pierwszym jest niska jakość danych o migracjach międzynarodowych. Zagadnienie to zostało poruszone w rozdziale 4.5.1 i nie będzie w związku z tym dyskutowane w tym miejscu.

Drugim czynnikiem jest zmienność i niestabilność migracji międzynarodowych w czasie. Daleko idące zmiany mogą być wywołane gwałtowną zmianą warunków politycznych, jak na przykład na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych, lub przez działania wojenne, jak na przykład w Bośni i Hercegowinie, lub też w wyniku zmiany polityki migracyjnej. Takie szybko zmieniające się w czasie procesy zawsze są trudne do modelowania, gdyż nie da się przewidzieć ani momentu, w którym fala migracji może się zdarzyć, ani jej wielkości. Można natomiast domyślać się kierunków przepływów. P. Korcelli (2000) stwierdza, że aby taka fala powstała, niezbędne jest jednoczesne wystąpienie kilku czynników generujących migracje.

## **5.2. SCENARIUSZ PRZEMIAN MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH W EUROPIE ŚRODKOWO- WSCHODNIEJ**

Istniejące teorie migracji międzynarodowych trudne są w praktyce do bezpośredniego przełożenia na konkretne modele, pozostaje więc konstruowanie scenariuszy migracji opartych na analizie przeszłych trendów oraz wiedzy i doświadczeniu autora prognozy. Jak trudne jest to zadanie mogą świadczyć błędy *ex post* prognoz migracji międzynarodowych w pań-



stwach Unii Europejskiej, sięgające według J. Salta i A. Singleton (1995) 1150%!

Przygotowano prosty scenariusz zmian migracji międzynarodowych opierając się na następujących założeniach: w okresie 1999–2024 będzie następował dalszy umiarkowany wzrost gospodarczy we wszystkich analizowanych krajach z wyjątkiem Rumunii, Mołdawii, Białorusi i Ukrainy. Nastąpi zwiększenie kontroli migracji międzynarodowych przez rządy wszystkich państw, w których zakłada się wzrost gospodarczy. Ten ostatni czynnik spowoduje zmniejszenie się migracji międzynarodowych. Migracje tzw. przesiedleńców do Niemiec (*Aussiedler*), osób pochodzenia niemieckiego zamieszkujących poza Niemcami, będą maleć aż do całkowitego wygaśnięcia z dwóch powodów: zmniejszania się liczebności potencjalnych *Aussiedler* w Europie Środkowo-Wschodniej i dawnym Związku Radzieckim oraz zaostrzenia kryteriów admisyjnych przez Niemców. Optymistycznie przyjęto, że Polska, Czechy, Słowenia, Estonia i Węgry<sup>1</sup> zostaną przyjęte do Unii Europejskiej w 2004 r. Spowoduje to stosunkowo niewielki wzrost migracji z tych krajów do Austrii i Niemiec w latach 2004–2009 i w przeciwnym kierunku. Migracje te będą się zmniejszać w kolejnych krokach projekcji. Również migracje między nowo przyjętymi państwami nieco wzrosną. Równocześnie nastąpi zaostrzenie polityki migracyjnej przez Unię Europejską, powodując zmniejszenie napływu migrantów spoza Unii do państw Unii. Nie należy jednak spodziewać się gwałtownych zmian (Korcelli 1998, 2000; Kupiszewski 2001a).

Powyższe założenia zostały skwantyfikowane w następujący sposób: punktem wyjścia jest uśredniona macierz migracji międzynarodowych obliczona na podstawie macierzy z lat 1997, 1998 i 1999 oraz obliczony w analogiczny sposób wektor migracji netto między krajami Europy Środkowo-Wschodniej i „resztą świata”, zdefiniowane w poprzednim rozdziale (tabela 15). Zakłada się, że restrykcyjna polityka migracyjna doprowadzi w ciągu pierwszych pięciu lat projekcji do redukcji migracji międzynarodowych między państwami o 5%, z wyjątkiem odpływów z Rumunii, Mołdawii, Białorusi i Ukrainy, które pozostaną na niezmienionym poziomie przez cały 25-letni okres projekcji. Zakłada się również, że napływy spoza Europy Środkowo-Wschodniej, reprezentowane w modelu jako migracje netto, zostaną zredukowane w pierwszym i drugim pięcioleciu projekcji po 5%, głównie w wyniku zwiększenia restrykcyjności polityki migracyjnej państw przyjmujących.

Dla okresu 2004–2024 zakłada się 10-procentową redukcję migracji w porównaniu z poziomem z lat 1999–2004 z wyjątkiem emigracji z Ukrainy, Mołdawii, Białorusi i Rumunii, o której była mowa wcześniej oraz migracji we wszystkich kierunkach pomiędzy Czechami, Polską,

<sup>1</sup> W czasie pracy nad przygotowaniem scenariuszy migracji stan negocjacji akcesyjnych nie wskazywał na możliwość przyjęcia do Unii Europejskiej w 2004 r. państw z tzw. drugiej grupy negocjacyjnej, z wyjątkiem Estonii.

Węgrami, Słowenią, Estonią, Niemcami i Austrią, które wzrosną w okresie 2004–2008 o 30% w wyniku założonego wejścia tych krajów do Unii Europejskiej. Ten wzrost nie obejmuje przepływów między dwoma ostatnimi krajami. Założenie dotyczące krajów mających przystąpić do Unii Europejskiej odzwierciedla w przybliżeniu zmiany w migracji netto obserwowane w Portugalii po jej przystąpieniu do Unii (Kupiszewski 1998). Począwszy od 2009 r. nastąpi redukcja tych przepływów o 10% w każdym następnym kroku projekcji. Takie zmiany zaobserwowano po zjednoczeniu Niemiec. Gwałtowna fala migracji ze wschodnich do zachodnich landów dość szybko opadła do niskiego poziomu (Alecke, Huber, Untiedt 2001). Zakłada się również, że wymiana migrantów między „resztą świata” a każdym z państw rozważanych w modelu będzie spadać o 10% w okresie 2004–2014, aby ustabilizować się na poziomie z roku 2014. Stabilizacja ta wynika ze wzrastającej presji imigracji z „reszty świata”.

Taki scenariusz wyróżnia cztery grupy krajów o różnych trajektoriach przemian dynamiki migracji międzynarodowych. Pierwszą grupę tworzą Austria i Niemcy, bogate kraje członkowskie Unii, drugą – Czechy, Polska, Węgry, Słowenia i Estonia, które według przyjętego scenariusza zostaną członkami Unii w 2004 r. Trzecią grupę stanowią Słowacja, Łotwa i Litwa, które – z punktu widzenia migracji – zajmują neutralną pozycję, a czwartą grupę – Ukraina, Mołdawia, Białoruś i Rumunia, których rozwój ekonomiczny w nadchodzącym ćwierćwieczu będzie powolny i które pozostaną krajami o ujemnym bilansie ludności. Nie wprowadzono do modelu założeń co do daty wstąpienia trzeciej grupy krajów do Unii Europejskiej i możliwych zmian przepływów migracyjnych, gdyż ze względu na marginalną rolę, jaką te państwa grają w systemie migracji międzynarodowych, nawet znaczne zmiany w istniejących przepływach nie będą miały wpływu na cały system ludnościowy Europy Środkowo-Wschodniej.

Jak widać, przedstawiony scenariusz jest, podobnie jak szereg innych scenariuszy przedstawionych przez badaczy polskich (Okólski, Stola 1998; Orłowski, Zienkowski 1998; Korcelli 2000; Kupiszewski 1998, 2001a; Zienkowski 2001), dość zachowawczy i statyczny. Nie przewiduje się w powyższym scenariuszu gwałtownych zmian w strumieniach migracji, wynikających z wybuchu wojen, głodu, katastrof ekologicznych lub całkowitego załamania gospodarczego, które mogłyby spowodować raptowne i znaczne migracje. Niewątpliwie przy przygotowaniu alternatywnych scenariuszy należałoby uwzględnić możliwość raptownego wzrostu migracji ze Wspólnoty Niepodległych Państw lub Jugosławii, co jest bardzo prawdopodobne. Powinny być również uwzględnione alternatywne trajektorie rozwoju gospodarki w Europie.



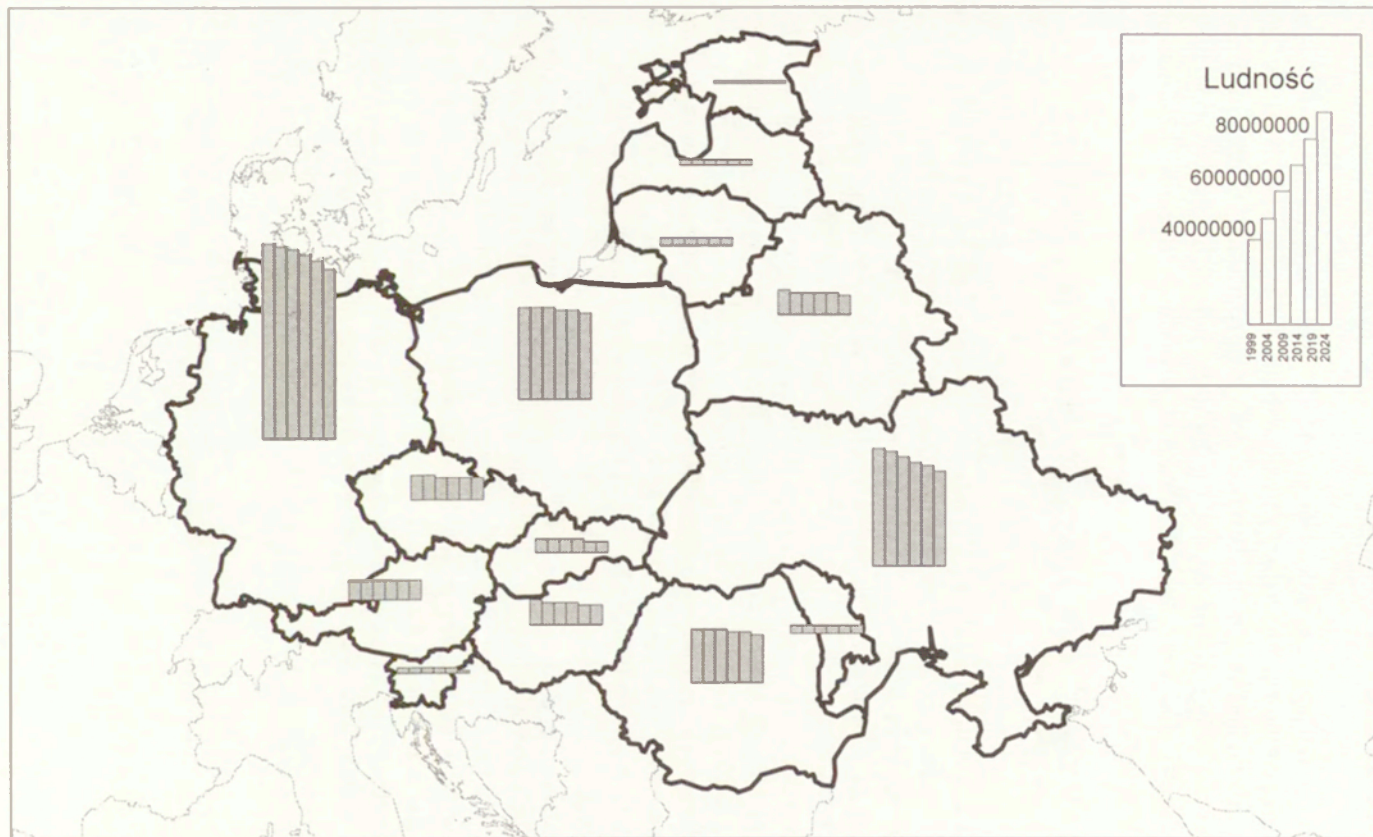
### 5.3. WPLYW MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH NA DYNAMIKĘ I STRUKTURĘ LUDNOŚCI

Aby ocenić wpływ migracji międzynarodowych na dynamikę ludności, należy zdefiniować szereg miar, które posłużą do porównań. Najbardziej oczywistą miarą jest względna lub bezwzględna różnica w liczbie ludności w krajach i regionach. Ponadto ocenie poddane będą zmiany w strukturze wieku ludności. Do tego celu zastosowane będą wskaźniki obciążenia demograficznego.

#### 5.3.1. WPLYW MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH NA LUDNOŚĆ PAŃSTW

Rycina 6, rycina 7 i tabela 17 przedstawiają wyniki dwóch wariantów projekcji – odpowiednio z wykluczeniem i z uwzględnieniem migracji międzynarodowych w okresie 1999–2024, to jest 25 lat. Najważniejszy fakt wynikający z analizy tej tabeli i rycin dotyczy redukcji ludności we wszystkich państwach i w obu wariantach projekcji. Wiąże się to z jednej strony z bardzo niskim poziomem płodności w populacji bazowej w 1999, a z drugiej strony z wejściem w okres prokreacyjny w dwóch ostatnich krokach projekcji małych liczebnie kohort kobiet urodzonych w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia. W rezultacie 5-letnie spadki liczebności ludności w większości krajów są w ostatnich dwóch krokach projekcji (2014–2024) większe niż w pierwszych piętnastu latach projekcji.

W projekcji bazującej na obserwowanych w 1999 r. regionalnych współczynnikach płodności, zgonów i migracji wewnętrznych, przy braku migracji międzynarodowych, różnice między liczbą ludności w 1999 i 2024 r. są najczęściej bardzo znaczne. Oznacza to, że jeśli państwa notujące w projekcji znaczny spadek ludności chciałyby zachować liczbę ludności na obserwowanym w 1999 r. poziomie, muszą albo zmienić, niejednokrotnie znacznie, poziom reprodukcji, lub też polegać na migrantach jako źródle ludności służącym zapobieganiu depopulacji.



Dz.w. 6. Dynamika ludności w latach 1999 - 2024. Wariant bez migracji międzynarodowych  
 Population dynamics over the 1999 - 2024 period. Variant without international migration  
 Źródło: Obliczenia własne





Tabela 17. Wpływ migracji międzynarodowych na liczbę ludności. Wyniki projekcji w wariantcie z i bez migracji międzynarodowych 1999–2024

Kraje	Ludność w 1999 r.	Ludność w 2024 r.		Różnica między wariantami wyrażona w % ludności z 1999 r.	Różnica bezwzględna (wariant z migracjami – wariant bez migracji)
		Wariant bez migracji międzynarodowych	Wariant z migracjami międzynarodowymi		
Austria	8092706	7665992	7898731	2,88	232739
Białoruś	10098616	8532722	8883671	3,48	350949
Czechy	10283865	8941464	9151978	2,05	210514
Estonia	1442398	1209452	1178253	-2,16	-31199
Niemcy	82037008	71871632	80037912	9,95	8166280
Węgry	10067514	8399932	8665526	2,64	265594
Łotwa	2431806	1969587	1887796	-3,36	-81791
Litwa	3699665	3352668	3364508	0,32	11840
Mołdawia	3649904	3510175	3288734	-6,07	-221441
Polska	38660296	36592152	36144700	-1,16	-447452
Rumunia	22472048	19994614	19800006	-0,87	-194608
Słowacja	5396030	5146528	5159358	0,24	12830
Słowenia	1983055	1754032	1774823	1,05	20791
Ukraina	49700568	39420048	37462960	-3,94	-1957088

Źródło: Obliczenia własne.



Drugi wariant projekcji, który bazuje na obserwowanych w 1999 r. regionalnych współczynnikach płodności, zgonów i migracji wewnętrznych i na opisywanym w poprzedniej sekcji scenariuszu zmian migracji międzynarodowych pokazuje stały spadek ludności. W porównaniu z wariantem bez migracji międzynarodowych różnice w liczbie ludności w 1999 i 2024 r. są większe dla państw będących źródłem migrantów (np. Polska, Rumunia, Ukraina), a mniejsze dla państw przyjmujących (np. Austria, Niemcy). Wskazuje to na równoważący, z demograficznego punktu widzenia, charakter migracji międzynarodowych. Czytelnicy zainteresowani problematyką równoważenia spadku płodności za pomocą migracji znajdują obszerną dyskusję zagadnienia w opracowaniu ONZ (United Nations 2000) i w wypowiedziach na łamach *Population and environment*, na ogół krytycznych w stosunku do prac ONZ (Abernethy 2001; Birmingham 2001; Bouvier 2001; Espenshade 2001; Grant 2001).

Tabela 17 w syntetyczny sposób przedstawia wyniki powyższych wariantów projekcji. Jak można się spodziewać, migracje międzynarodowe największy dodatni wpływ mają na ludność Niemiec. Przy przyjętych założeniach różnica między liczbami ludności w dwóch wariantach projekcji wynosi po 25 latach ponad 8 mln, czyli prawie 10% ludności obserwowanej w 1999 r. Na Białorusi migracje międzynarodowe zwiększą ludność o 3.5%, to jest 350 tysięcy. W przypadku tego kraju nie można jednak wykluczyć, że wykazywane w latach 1997–1999 dodatnie saldo migracji wynika z błędów rejestracji, a nie z rzeczywistych zysków migracyjnych.

W Mołdawii migracje międzynarodowe spowodują utratę ponad 6% ludności, czyli ponad 220 tys. osób. Procentowo mniejsze, ale nadal znaczne straty z powodu migracji zanotuje Ukraina (–3.9%) i Polska (–1.2%). Jedynymi krajami, w których migracje międzynarodowe nie mają znaczącego wpływu na liczbę ludności, są Litwa (0.32%) i Słowacja (0.24%). Znaki różnic w liczbach ludności uzyskanych w wyniku projekcji z uwzględnieniem i bez uwzględnienia migracji są zgodne z oczekiwaniami i odzwierciedlają ustabilizowane kierunki przepływów ludności między państwami. Wyjątkiem jest Białoruś, ale tu zyski migracyjne mogą wynikać albo z niedokładności rejestracji albo z administracyjnych ograniczeń swobody wyboru miejsca zamieszkania.

### 5.3.2. WPŁYW MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH NA LICZBĘ I STRUKTURĘ LUDNOŚCI REGIONÓW

W przypadku projekcji na poziomie regionalnym interesująca jest ocena, jak migracje wpływają na liczbę i na strukturę ludności. Jest to problem daleko wybiegający poza czysto demograficzny punkt widzenia. Przede wszystkim migracje mają znaczenie ekonomiczne, gdyż modyfikują, zarówno ilościowo jak i jakościowo, regionalne zasoby siły roboczej.

W konsekwencji mogą więc mieć wpływ na poziom bezrobocia. Implikacje wpływu migracji na liczbę ludności mają również charakter polityczny, jest to bowiem informacja bezpośrednio użytkowana w kampaniach politycznych i w formowaniu opinii i odczuć społeczeństw przyjmujących, które często czują się zagrożone napływem ludzi obcych, o odmiennym języku, obyczajach i kulturze. Jest to również informacja istotna z punktu widzenia polityki społecznej (Zdrojewski 2000), gdyż napływ migrantów do niektórych regionów może, dzięki odmłodzeniu struktury wieku ludności, zmienić strukturę zapotrzebowania na usługi edukacyjne, medyczne, opiekę społeczną i medyczną. Prace J. Witkowskiego (1985, 1989a, b) pokazują na związki między migracjami a mobilnością społeczną i zawodową ludności, które są ważnym elementem rozwoju społeczeństwa.

Stany liczbowe ludności w regionach w roku 1999 i 2024 w obu wariantach projekcji oraz wskaźniki wzrostu  $r$  przedstawione są w tabeli 18. W projekcji bez migracji międzynarodowych tylko 8 regionów charakteryzowało się dodatnią wartością wskaźnika wzrostu  $r$ . Były to: nowosądeckie, Vorarlberg, Zachodniopomorski Kraj, rzeszowskie, Peszt, Tyrol, tarnowskie, Salzburg. Lista ta zdominowana jest przez regiony polskie i austriackie. Według tej projekcji pozostałe regiony traciły ludność. W wersji projekcji uwzględniającej migracje ludność wzrasta w kilkunastu regionach. 10 najszybciej rosnących regionów to: Nadrenia-Palatynat, Vorarlberg, nowosądeckie, Peszt, Tyrol, Zachodniopomorski Kraj, Bawaria, Salzburg, rzeszowskie i Badenia-Wirtembergia. Różnice na tych dwóch listach wskazują na znaczenie migracji międzynarodowych w Niemczech: na pierwszej nie ma ani jednego regionu niemieckiego, na drugiej są aż trzy.

W projekcji bez migracji międzynarodowych największe straty zaobserwowano w następujących dziesięciu regionach: Budapeszt, Saksonia-Anhalt, Meklemburgia-Pomorze Przednie, Teleorman, Giurgiu, Saksonia, Turynia, Brema, Nograd, Ukraina. A zatem koncentrują się one w Niemczech, zwłaszcza we wschodnich landach, oraz na Ukrainie i w Rumunii. W wersji uwzględniającej migracje międzynarodowe największe straty notujemy w regionach: Budapeszt, Teleorman, Giurgiu, Ukraina, Łotwa, łódzkie, Calarasi, Saksonia-Anhalt, Meklemburgia-Pomorze Przednie, Olt.

Jeśli rozważymy regiony, w których uwzględnienie migracji międzynarodowych ma największy wpływ, mierzony różnicą w wartości wskaźników rocznego wzrostu, na dynamikę ludności, to zbiór ten będzie całkowicie zdominowany przez niemieckie landy. Zajmują one pierwsze 16 miejsc. Na drugim końcu listy, wśród regionów, które na skutek migracji międzynarodowych miały największe straty, są dawne republiki radzieckie: Mołdawia, Ukraina, Łotwa i Estonia oraz sześć regionów należących do Polski.

Innym ważnym aspektem przemian ludnościowych jest modyfikacja struktur wieku w czasie. Najprostszymi miarami struktury ludności,



Tabela 18. Charakterystyka regionalnego rozwoju ludności w okresie 1999–2024 w dwóch wariantach projekcji: z uwzględnieniem i bez uwzględnienia migracji międzynarodowych

Symbol regionu	Nazwa regionu	Ludność			Wskaźnik rocznego wzrostu ludności $r^1$		Różnica bezwzględna w liczbie ludności w 2024 r. między wariantami z i bez migracji	Różnica w liczbie ludności w 2024 r. między wariantami z i bez migracji wyrażona w % ludności w 1999 r.
		1999 r.	2024 r. wariant bez migracji	2024 r. wariant z migracjami	wariant bez migracji	wariant z migracjami		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
AT01	Burgenland	271878	238428	246582	-0,00527	-0,00391	8771	3,23
AT02	Karyntia	565196	538421	554470	-0,00194	-0,00077	17472	3,09
AT03	Dolna Austria	1514417	1394269	1438930	-0,00331	-0,00205	48842	3,23
AT04	Górna Austria	1406589	1385658	1423331	-0,00060	0,00047	41830	2,97
AT05	Salzburg	515138	516785	530695	0,00013	0,00119	15226	2,96
AT06	Styria	1209616	1118144	1152893	-0,00315	-0,00192	37576	3,11
AT07	Tyrol	671673	692324	709749	0,00121	0,00220	19292	2,87
AT08	Vorarlberg	353631	375318	384010	0,00238	0,00329	9836	2,78
AT09	Wiedeń	1584568	1406645	1458071	-0,00478	-0,00333	53658	3,39
BY	Białoruś	10098616	8532722	8883671	-0,00676	-0,00514	-40813	-0,40
CZ01	Praga	1194920	1004219	1029429	-0,00698	-0,00598	19798	1,66
CZ06	Środkowoczeski Kraj	1102092	958183	981163	-0,00561	-0,00466	17188	1,56
CZ02	Południowoczeski Kraj	700801	622160	636609	-0,00477	-0,00385	10424	1,49
CZ08	Zachodnioczeski Kraj	857986	735549	752958	-0,00618	-0,00524	12865	1,50
CZ04	Północnoczeski Kraj	1172862	1003546	1026933	-0,00626	-0,00533	17044	1,45
CZ07	Wschodnioczeski Kraj	1231225	1073971	1099287	-0,00548	-0,00454	18793	1,53
CZ03	Południowomorawski Kraj	2053826	1825105	1867281	-0,00473	-0,00382	30561	1,49

1	2	3	4	5	6	7	8	9
CZ05	Północnomorawski Kraj	1970153	1718731	1758319	-0,00548	-0,00456	28451	1,44
EE	Estonia	1442398	1209452	1178253	-0,00707	-0,00812	-124284	-8,62
DE1	Szlezwig-Holsztyn	2714289	2311234	2578675	-0,00645	-0,00205	297696	10,97
DE2	Hamburg	1708720	1492838	1665575	-0,00542	-0,00102	190621	11,16
DE3C	Dolna Saksonia	7773854	6775403	7554058	-0,00551	-0,00115	862804	11,10
DE4	Brema	666172	526124	587784	-0,00949	-0,00502	70519	10,59
DE54	Nadrenia-Westfalia	18024134	16092488	17926328	-0,00454	-0,00022	2029838	11,26
DE6C	Hesja	6073728	5526201	6150404	-0,00379	0,00050	684618	11,27
DE71	Nadrenia-Palatynat	4096142	4049187	4498012	-0,00046	0,00374	482979	11,79
DE81	Badenia-Wirtembergia	10451513	9527716	10592924	-0,00371	0,00054	1165155	11,15
DE96	Bawaria	12222520	11515839	12798360	-0,00239	0,00184	1392447	11,39
DEA	Saara	1077084	883504	986641	-0,00796	-0,00351	117197	10,88
DEB	Berlin	3423790	2748470	3065452	-0,00883	-0,00443	358688	10,48
DEC	Brandenburgia	2512237	2061675	2293329	-0,00794	-0,00365	260417	10,37
DED	Meklemburgia-Pomorze Przednie	1767172	1292997	1441442	-0,01258	-0,00818	172144	9,74
DEE3	Saksonia	4426329	3299412	3689770	-0,01182	-0,00731	453153	10,24
DEF3	Saksonia-Anhalt	2658664	1936208	2164824	-0,01276	-0,00825	267010	10,04
DEG	Turyngia	2440657	1832336	2044332	-0,01153	-0,00711	244952	10,04
HU05	Budapeszt	1820551	1283112	1331201	-0,01409	-0,01260	146809	8,06
HU01	Baranya	403472	325845	336388	-0,00858	-0,00730	33061	8,19
HU02	Bacs-Kiskun	534331	460976	475200	-0,00592	-0,00470	45439	8,50
HU03	Bekes	394327	316090	326943	-0,00889	-0,00752	33502	8,50
HU04	Borsod-Abauj-Zemplen	735222	606762	625584	-0,00771	-0,00648	60497	8,23
HU06	Csongrad	421298	354968	366397	-0,00688	-0,00560	35991	8,54
HU07	Fejer	425191	371108	382085	-0,00546	-0,00428	34982	8,23
HU08	Gyor-Moson-Sopron	422508	367391	378515	-0,00561	-0,00441	35400	8,38
HU09	Hajdu-Bihar	545720	475824	489658	-0,00550	-0,00435	44826	8,21
HU10	Heves	323634	264320	273152	-0,00813	-0,00681	27469	8,49
HU11	Jasz-Nagykum-Szolnok	416216	349753	360889	-0,00698	-0,00572	35208	8,46
HU12	Komarom-Esztergom	309961	261816	269860	-0,00678	-0,00556	25492	8,22
HU13	Nograd	218060	172218	178137	-0,00949	-0,00812	18392	8,43
HU14	Peszt	1012972	1045794	1073426	0,00127	0,00232	91150	9,00



1	2	3	4	5	6	7	8	9
HU15	Somogy	333582	282070	291019	-0,00673	-0,00547	28345	8,50
HU16	Szabolcs-Szatmar-Bereg	565267	475907	489807	-0,00691	-0,00575	45155	7,99
HU17	Tolna	245333	201718	208186	-0,00786	-0,00659	20427	8,33
HU18	Vas	268148	223465	230683	-0,00732	-0,00604	22615	8,43
HU19	Veszprem	376940	324967	334749	-0,00595	-0,00476	31088	8,25
HU20	Zala	294781	235829	243647	-0,00896	-0,00765	24389	8,27
LV	Łotwa	2431806	1969587	1887796	-0,00847	-0,01018	-164605	-6,77
LT	Litwa	3699665	3352668	3364508	-0,00395	-0,00381	-8010	-0,22
MD	Moldawia	3649904	3510175	3288734	-0,00156	-0,00418	-154331	-4,23
PL45	warszawskie	2384477	2189251	2167617	-0,00342	-0,00382	21887	0,92
PL01	bialskopodlaskie	311646	298695	295109	-0,00170	-0,00218	2115	0,68
PL02	białostockie	698334	662188	654666	-0,00213	-0,00259	5174	0,74
PL03	bielskie	923109	903231	891373	-0,00087	-0,00140	4577	0,50
PL04	bydgoskie	1134808	1088400	1074241	-0,00167	-0,00220	5697	0,50
PL05	chełmskie	251602	238624	235813	-0,00212	-0,00260	1728	0,69
PL06	ciechanowskie	440516	416113	411159	-0,00228	-0,00276	2715	0,62
PL07	częstochowskie	777418	689068	682265	-0,00484	-0,00524	6934	0,89
PL08	elbląskie	497398	472758	466508	-0,00203	-0,00257	2075	0,42
PL09	gdańskie	1459001	1457007	1436874	-0,00005	-0,00061	5622	0,39
PL10	gorzowskie	515354	487336	481027	-0,00224	-0,00276	2422	0,47
PL11	jeleniogórskie	525904	482615	476930	-0,00344	-0,00392	3347	0,64
PL12	kaliskie	726733	694102	685479	-0,00184	-0,00234	4187	0,58
PL13	katowickie	3923823	3594623	3550558	-0,00351	-0,00401	23717	0,60
PL14	kieleckie	1136626	1011922	1002098	-0,00466	-0,00505	10284	0,90
PL15	konińskie	484500	465871	459980	-0,00157	-0,00208	2514	0,52
PL16	koszalińskie	528658	514744	507788	-0,00107	-0,00161	2061	0,39
PL17	krakowskie	1216069	1171413	1157265	-0,00150	-0,00198	7919	0,65
PL18	krośnieńskie	513288	506300	499475	-0,00055	-0,00109	2335	0,45
PL19	legnickie	528759	501165	494499	-0,00215	-0,00268	2217	0,42
PL20	leszczyńskie	398991	385818	380644	-0,00134	-0,00188	1845	0,46
PL23	lubelskie	1017414	962875	951450	-0,00221	-0,00268	6751	0,66
PL22	łomżyńskie	357296	337958	334072	-0,00223	-0,00269	2482	0,69

1	2	3	4	5	6	7	8	9
PL21	łódzkie	1086734	880924	875334	-0,00843	-0,00869	13714	1,26
PL24	nowosądeckie	752411	815670	802503	0,00322	0,00257	370	0,05
PL25	olsztyńskie	776040	750075	739887	-0,00136	-0,00191	2978	0,38
PL26	opolskie	1030138	946341	934896	-0,00340	-0,00389	6310	0,61
PL27	ostrołęckie	413391	407577	402170	-0,00057	-0,00110	1811	0,44
PL28	pilskie	500800	498189	490960	-0,00021	-0,00079	1405	0,28
PL29	piotrkowskie	646357	589381	583061	-0,00370	-0,00413	5133	0,79
PL30	płockie	522831	474627	469651	-0,00388	-0,00430	4078	0,78
PL31	poznańskie	1345793	1331538	1313175	-0,00043	-0,00098	5760	0,43
PL32	przemyskie	418993	408452	403087	-0,00102	-0,00155	2184	0,52
PL33	radomskie	768954	731558	722759	-0,00200	-0,00248	4850	0,63
PL34	rzeszowskie	753022	779673	768226	0,00139	0,00080	2256	0,30
PL35	siedleckie	664954	646336	638559	-0,00114	-0,00162	4287	0,64
PL36	sieradzkie	414737	386627	382348	-0,00281	-0,00326	3198	0,77
PL37	skierniewickie	423790	393641	389226	-0,00296	-0,00341	3117	0,74
PL38	słupskie	432606	424031	418047	-0,00080	-0,00137	1314	0,30
PL39	suwalskie	494441	490611	483811	-0,00031	-0,00087	1739	0,35
PL40	szczecińskie	989491	933837	922017	-0,00232	-0,00283	4965	0,50
PL41	tarnobrzeskie	616078	588463	581255	-0,00184	-0,00233	3785	0,61
PL42	tarnowskie	706263	726014	715488	0,00110	0,00052	2162	0,31
PL43	toruńskie	672170	650122	641576	-0,00133	-0,00187	3190	0,47
PL44	wałbrzyskie	737063	624197	618496	-0,00667	-0,00704	6864	0,93
PL46	włocławskie	439736	411360	406452	-0,00267	-0,00315	2739	0,62
PL47	wrocławskie	1126722	1054192	1041925	-0,00267	-0,00313	7624	0,68
PL48	zamojskie	497281	463600	458648	-0,00281	-0,00324	4117	0,83
PL49	zielonogórskie	677778	653036	644256	-0,00149	-0,00203	2804	0,41
RO01	Alba	398634	332629	329713	-0,00727	-0,00762	-1397	-0,35
RO02	Arad	475224	437584	433073	-0,00331	-0,00372	-4313	-0,91
RO03	Arges	674649	592871	587309	-0,00518	-0,00556	-4479	-0,66
RO04	Bacau	744136	703912	696613	-0,00223	-0,00264	-7587	-1,02
RO05	Bihor	623581	559102	553493	-0,00438	-0,00478	-5025	-0,81
RO06	Bistrita-Nasaud	327297	306756	303491	-0,00260	-0,00303	-3617	-1,11



1	2	3	4	5	6	7	8	9
RO07	Botosani	454461	408025	404276	-0,00432	-0,00469	-1662	-0,37
RO08	Braszów	644159	600101	593547	-0,00284	-0,00328	-8301	-1,29
RO09	Braila	387296	339835	336654	-0,00524	-0,00562	-2255	-0,58
RO11	Buzau	502516	418929	415588	-0,00730	-0,00763	-179	-0,04
RO12	Caras-Severin	360482	301438	298601	-0,00718	-0,00756	-2114	-0,59
RO13	Calarasi	327128	268012	265787	-0,00800	-0,00834	-517	-0,16
RO14	Kluż	714952	612906	607283	-0,00618	-0,00655	-3741	-0,52
RO15	Konstanca	752187	706011	698204	-0,00254	-0,00298	-10503	-1,40
RO16	Covasna	229196	200482	198516	-0,00537	-0,00576	-1630	-0,71
RO17	Dimbovita	551161	484484	479876	-0,00517	-0,00556	-3571	-0,65
RO18	Dolj	741502	619818	614631	-0,00720	-0,00753	-1653	-0,22
RO19	Galati	639806	580043	574039	-0,00393	-0,00435	-6369	-1,00
RO20	Giurgiu	291240	216348	214979	-0,01196	-0,01222	1520	0,52
RO21	Gorj	399254	379005	374934	-0,00208	-0,00252	-4918	-1,23
RO22	Harghita	341990	302469	299513	-0,00492	-0,00532	-2424	-0,71
RO23	Hunedoara	541477	478709	473774	-0,00494	-0,00536	-5540	-1,02
RO24	Ialomita	303477	274531	271877	-0,00402	-0,00441	-2106	-0,69
RO25	Iasi	820008	798666	789797	-0,00106	-0,00150	-10258	-1,25
RO26	Maramures	532387	466550	461820	-0,00529	-0,00570	-4903	-0,92
RO27	Mehedinti	322295	273616	271191	-0,00657	-0,00693	-1104	-0,34
RO28	Mures	602682	548268	542813	-0,00379	-0,00419	-4916	-0,82
RO29	Neamt	583524	546191	540688	-0,00265	-0,00305	-5039	-0,86
RO30	Olt	508831	418807	415395	-0,00782	-0,00815	-688	-0,14
RO31	Prahova	859926	731030	724478	-0,00652	-0,00688	-3949	-0,46
RO32	Satu-Mare	390779	340722	337172	-0,00550	-0,00592	-3803	-0,97
RO33	Salaj	257093	217136	215189	-0,00678	-0,00714	-998	-0,39
RO34	Sibiu	452558	439852	434880	-0,00114	-0,00160	-6571	-1,45
RO35	Suczawa	712568	711192	703392	-0,00008	-0,00052	-8628	-1,21
RO36	Teleorman	455155	335553	333656	-0,01227	-0,01250	3443	0,76
RO37	Timis	697525	685072	677266	-0,00072	-0,00118	-10397	-1,49
RO38	Tulcea	262699	219130	217041	-0,00728	-0,00767	-1691	-0,64
RO39	Vaslui	457978	415257	411257	-0,00392	-0,00431	-2700	-0,59

1	2	3	4	5	6	7	8	9
RO40	Vilcea	430333	368590	365429	-0,00621	-0,00656	-1307	-0,30
RO41	Vrancea	386587	330855	327992	-0,00625	-0,00660	-1057	-0,27
RO10	Bukareszt	2313315	2024128	2004785	-0,00536	-0,00574	-15865	-0,69
SK01	Bratysława	451140	402182	403637	-0,00461	-0,00446	-1577	-0,35
SK02	Środkowosłowacki Kraj	1723239	1558082	1563611	-0,00404	-0,00390	-6196	-0,36
SK03	Wschodniosłowacki Kraj	1645910	1533593	1538010	-0,00283	-0,00272	-7719	-0,47
SK04	Zachodniosłowacki Kraj	1575741	1652671	1654101	0,00190	0,00194	-11629	-0,74
SL	Słowenia	1983055	1754032	1774823	-0,00492	-0,00445	536	0,03
UA	Ukraina	49700568	39420048	37462960	-0,00931	-0,01137	-2381521	-4,79

Uwaga: Wskaźnik średniego rocznego wzrostu ludności  $r$  w okresie 25 lat obliczono ze wzoru:  $P_{2024} - P_{1999}(1 + r)^{25}$ .

Źródło: Obliczenia własne.



przydatnymi zarówno dla demografów i geografów, jak i dla specjalistów z dziedziny polityki społecznej, są wskaźniki obciążenia demograficznego. Najczęściej używane są dwa wskaźniki:

- wskaźnik obciążenia demograficznego ludźmi młodymi, liczony jako stosunek liczby ludności w wieku przedprodukcyjnym (0–19 lat) do liczby ludności w wieku produkcyjnym (20–59 lat),
- wskaźnik obciążenia demograficznego ludźmi starszymi, zdefiniowany jako stosunek liczby ludności w wieku 60 i więcej lat do liczby ludności w wieku 20–59 lat.

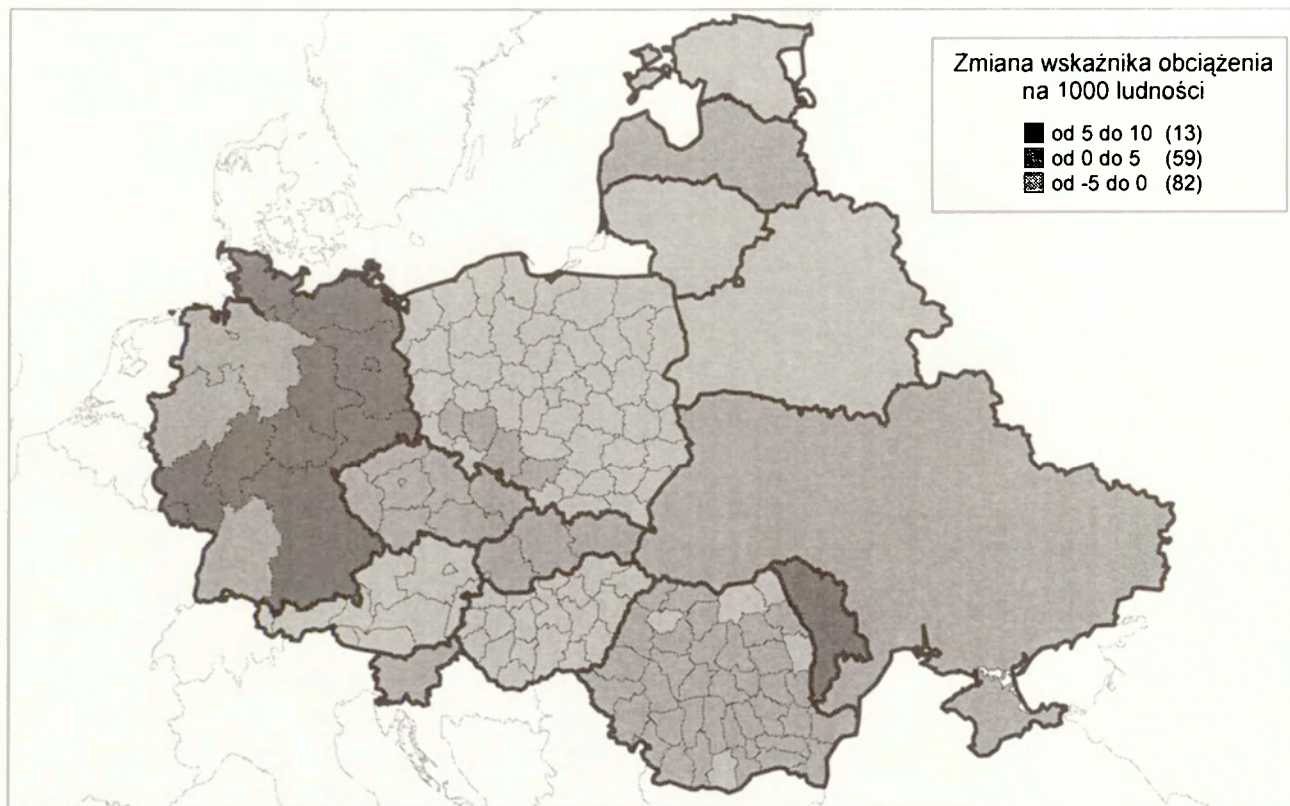
Dwie mapy (rycina 8 i 9) pokazują, jak różnią się wskaźniki obciążenia demograficznego ludźmi młodymi i starszymi po 25 latach projekcji w obu wariantach projekcji. Dodatkowo wartości różnicy wskaźników obciążenia demograficznego ludźmi młodymi (rycina 8) pokazują, że migracje międzynarodowe prowadzą do odmłodzenia struktury wieku we wszystkich landach niemieckich – różnice wynoszą do 10 osób w wieku przedprodukcyjnym na 1000 osób w wieku produkcyjnym. Beneficjentami są również Mołdawia a także, choć w mniejszym stopniu, Ukraina, Łotwa, Słowenia, Czechy, Słowacja, prawie wszystkie regiony Rumunii i niektóre regiony południowo-zachodniej Polski. Zmniejszenie wskaźników obciążeń demograficznych ludźmi młodymi, a więc efektywnie pogorszenie się struktury demograficznej w wyniku migracji międzynarodowych obserwujemy w największym stopniu w Polsce, Estonii, Litwie, na Białorusi i na Węgrzech. Wyniki regionalne są bardzo „spłaszczone” i silnie związane z wynikami kraju, do którego regiony należą. Wynika to z zastosowanego modelu alokacji migrantów międzynarodowych do regionów.

Zmiana wskaźników obciążenia demograficznego ludźmi starszymi na skutek migracji międzynarodowych (rycina 9) jest najbardziej widoczna we wszystkich regionach Niemiec oraz w Wiedniu i Burgenlandzie, gdzie w wyniku migracji międzynarodowych obciążenie zmniejszy się znacznie, od dziesięciu do 48 starszych osób na tysiąc osób w wieku 20–59 lat. W mniejszym stopniu taki sam efekt obserwujemy w regionach Węgier, Czech, Austrii, Słowenii i Białorusi. Wzrost obciążenia demograficznego ludźmi starszymi na skutek migracji międzynarodowych widoczny jest najbardziej w byłych republikach radzieckich i w nieco mniejszym stopniu w Rumunii i południowo-wschodniej i północno-wschodniej Polsce. Dodatkowo zmiany o mniej niż 5 osób starszych na 1000 osób w wieku produkcyjnym występują w pozostałych regionach Polski, na Słowacji i na Litwie.

Przytoczone wyniki empiryczne wskazują wyraźnie, że migracje międzynarodowe mają znaczny wpływ na liczbę i strukturę ludności w regionach. Modele prognostyczne ludności powinny bezwzględnie brać ten fakt pod uwagę i uwzględniać nie tylko migracje wewnętrzne, ale i międzynarodowe. Jak wspomniano wcześniej, dwa elementy modelu powinny być szczegółowo rozważane: scenariusz zmian migracji międzynarodowych

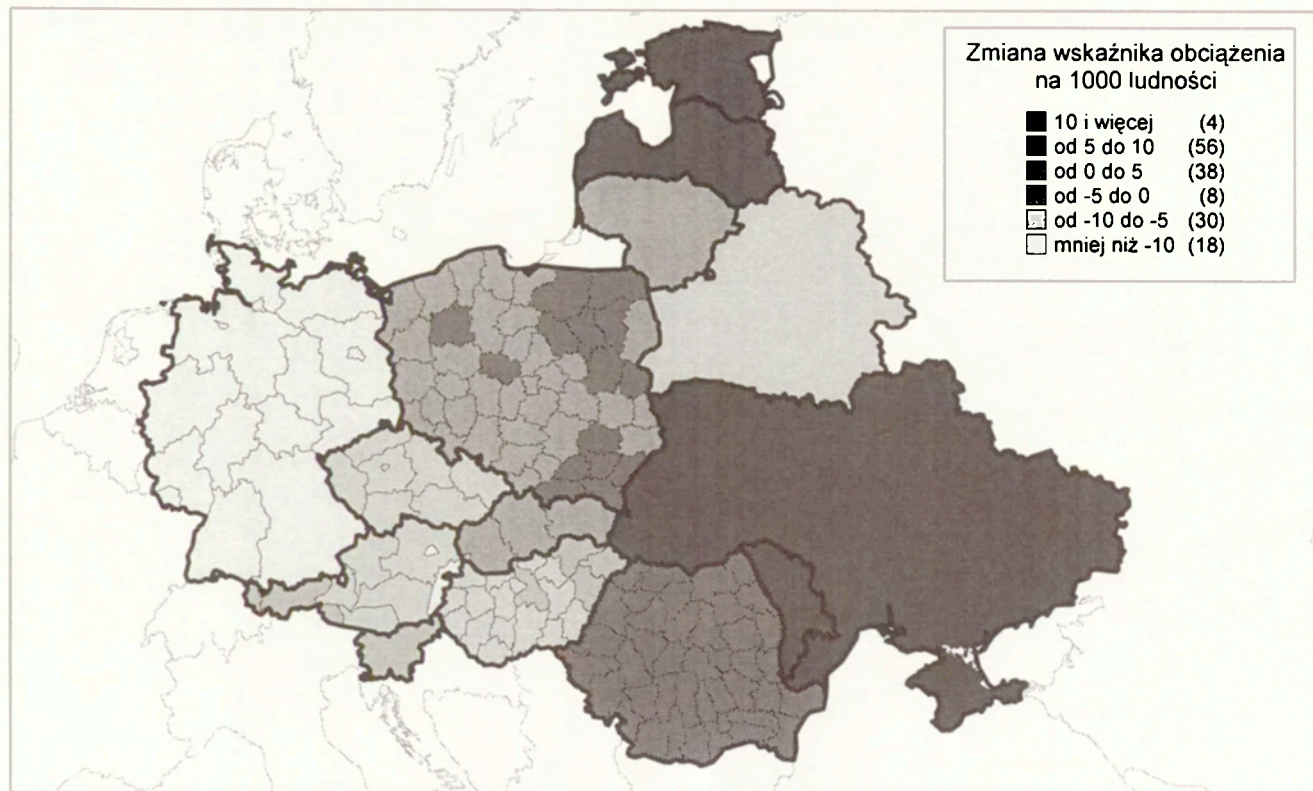
oraz mechanizm pobierania emigrantów z regionów i dystrybucji imigrantów do regionów w każdym z państw. Przy analizie wyników niezwykle ważne jest również zwrócenie uwagi na wpływ sposobu definiowania pojęcia migracji międzynarodowych i jakości danych o tych migracjach na otrzymane wyniki.





Rvc. 8. Różnica między wskaźnikiem obciążenia demograficznego ludźmi młodymi w projekcji z migracjami i bez migracji międzynarodowych w 2024 r  
Difference between young age dependency ratios for projections with and without international migration in 2024

Źródło: Obliczenia własne



Ryc. 9. Różnica między wskaźnikiem obciążenia demograficznego ludźmi starszymi w projekcji z migracjami i bez migracji międzynarodowych w 2024 r.  
Difference between old age dependency ratios for projections with and without international migration in 2024

Źródło: Obliczenia własne



## 6. PODSUMOWANIE

### 6.1. GŁÓWNE WYNIKI PRACY

Logika niniejszej pracy była następująca. W pierwszej części pracy (rozdział 2) dokonano przeglądu istniejących modeli dynamiki ludności i pokazano, iż modele te nie są adekwatnym narzędziem do prognozowania ludności w warunkach wzrostu znaczenia migracji międzynarodowych dla przemian liczby i struktury ludności. Drugą część pracy (rozdział 3) poświęcono stworzeniu nowego wieloregionalnego wielopoziomowego modelu dynamiki ludności MULTIPOLES, który uwzględnia migracje międzynarodowe w sposób systemowy, analogicznie do systemowego ujęcia migracji wewnętrznych w modelach wieloregionalnych A. Rogersa, F. Willekensa i P. H. Reesa. W trzeciej części pracy (rozdziały 4 i 5) omówiono tworzenie Ludnościowego Systemu Informacji Geograficznej dla krajów Europy Środkowo-Wschodniej, który zasila model MULTIPOLES danymi demograficznymi oraz służy do wizualizacji i kartowania wyników, a następnie przedstawiono proste zastosowanie modelu do oceny wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę ludności na poziomie państw i regionów.

Współczesne modele dynamiki ludności wywodzą się z dwóch tradycji metodologicznych: demograficznej i geograficznej. Ukoronowaniem tradycji demograficznej są modele kohortowo-składnikowe, stanowiące przez lata podstawowe narzędzie służące do przygotowywania prognoz demograficznych. Tradycja geograficzna wywodzi się z badań migracji przy użyciu łańcuchów Markowa. Rezultatem połączenia obu tradycji były wieloregionalne modele dynamiki ludności zaproponowane na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych przez Andrei Rogersa i rozwijane przez ostatnie 30 lat między innymi przez A. Rogersa, F. Willekensa i P. H. Reesa. Używane obecnie modele wieloregionalne są bardzo zaawansowane metodologicznie. Przykłady ich zastosowań do przygotowywania regionalnych prognoz ludności w poszczególnych krajach znajdziemy na wszystkich kontynentach, w szczególności w większości krajów europejskich (Rogers 1995).

Przegląd rozwoju modeli dynamiki ludności stanowił w pracy punkt wyjścia do krytycznej oceny ich przydatności w warunkach postępujących procesów integracyjnych, a zwłaszcza rosnącej roli migracji międzynarodowych. Stwierdzono, iż istniejące modele nie są przystosowane do przygotowywania prognoz i projekcji o takim stopniu skomplikowania, jaki jest niezbędny do uwzględnienia wszystkich podstawowych procesów demograficznych współczesnego świata. Po pierwsze, konieczne stało się wkomponowanie procesu migracji międzynarodowych do modeli dynamiki ludności. Po drugie, celowe było rozważenie modelowania ludności całego zespołu krajów a nie jednego kraju, ze względu na silne przepływy między nimi. Trzeci postulat, podnoszony przez Eurostat, dotyczy konieczności przygotowania prognozy ludności wielu krajów jednocześnie, opartej na zunifikowanej metodologii i jednolitym zestawie założeń. Ten problem, raczej natury praktycznej niż metodologicznej, ważny jest szczególnie dla organizacji międzynarodowej o dużym stopniu integracji, która podejmuje decyzje i może prowadzić politykę regionalną o prawie kontynentalnym zasięgu.

Argumentację dotyczącą konieczności uwzględnienia migracji międzynarodowych w modelowaniu zmian i dynamiki ludności oparto w niniejszej pracy na dwóch podstawowych przesłankach. Jeśli przyjąć, że procesy ludnościowe mają charakter systemowy, to migracje międzynarodowe mogą być interpretowane jako element interakcji między elementami systemu rozumianymi jako liczba ludności w każdym z państw i regionów. Takie widzenie roli migracji międzynarodowych nie jest ani nowe, ani odosobnione (Złotnik 1992). Druga przesłanka jest na wskroś praktyczna: błędy prognoz wynikające z nieuwzględnienia migracji międzynarodowych są znaczne, co na przykładzie prognoz Eurostatu z lat osiemdziesiątych pokazali P. H. Rees i in. (1999) (patrz też tabela 3). Wynika z tego, iż jednym z kluczowych elementów rozwoju metod prognostycznych jest wkomponowanie do modeli prognostycznych migracji międzynarodowych. Pożądane jest przy tym uwzględnienie migracji w postaci pełnej macierzy przepływów, a nie tylko migracji netto, oraz przyjęcie współczynników odpływu jako miary migracji.

Powyższe postulaty starano się zrealizować konstruując **ponadnarodowy wieloregionalny wielopoziomowy** model dynamiki ludności MULTIPOLES, łączący w jeden mechanizm rozwój ludności w państwach i regionach tych państw oraz migracje międzynarodowe między tymi państwami i spoza modelowanego układu. Autorowi znany jest tylko jeden model tej klasy: jest nim model ECPOP P. H. Reesa, przygotowany w 1992 r. dla krajów Unii Europejskiej (Rees, Stillwell, Convey 1992; Rees 1996). Model ten opierał się na niepełnych danych dostępnych w bazie REGIO, wymagających szacowania brakujących informacji. Postać modelu była silnie uzależniona od konkretnej bazy danych, przez co możliwości jego zastosowania do innych układów ludnościowych były ograniczone. Inne,



dużo prostsze modele ponadnarodowe dotyczyły ludności całych państw, nie uwzględniały zatem wymiaru regionalnego. Z kolei dotychczasowe prognozy wykonywane dla grupy krajów na poziomie regionalnym (por. prognozy DEMETER i EUROPOP przedstawione w rozdziale 3.1) uwzględniały co najwyżej migracje międzynarodowe netto do każdego z regionów.

W ocenie autora konstrukcja modelu MULTIPOLES jest największym osiągnięciem prezentowanej pracy. Pod względem metodologicznym model wywodzi się z wieloregionalnych modeli kohortowo-składnikowych i został skonstruowany zgodnie z aktualnym stanem wiedzy na temat tego typu modeli. Jest przeznaczony do prognozowania ludności regionów w podziale na płeć i wiek. Model MULTIPOLES jest **ponadnarodowy**, gdyż służy do prognozowania lub projekcji ludności wielu państw, które powiązane są między sobą interakcjami migracyjnymi. Jest więc narzędziem prognostycznym dla jednoczących się narodów Europy zarówno ze względu na postępującą globalizację procesów ekonomicznych, od których procesy demograficzne są w znacznym stopniu zależne, jak i ze względów czysto demograficznych, wynikających ze znacznej roli migracji międzynarodowych w dynamice wielu krajów i regionów.

**Wielopoziomowość** modelu wynika z faktu, iż migracje modelowane są na trzech poziomach geograficznych: na pierwszym poziomie uwzględniono wewnątrz krajowe migracje międzyregionalne, na drugim migracje międzynarodowe między modelowanymi państwami i na trzecim migracje międzynarodowe między modelowanymi państwami a „resztą świata”. Na dwóch pierwszych poziomach model opierał się na współczynnikach odpływu, na trzecim poziomie wzięto pod uwagę migracje netto. Dzięki temu zachowane jest tak charakterystyczne dla modeli wieloregionalnych, systemowe traktowanie procesu dynamiki ludności, a jednocześnie uwzględnione są ograniczenia wynikające z dostępności i jakości danych migracyjnych. Model jest **wieloregionalny**, w sensie, w jakim terminu tego używa A. Rogers, gdyż poprzez współczynniki odpływów uwzględnia w sposób systemowy zarówno wewnątrz krajowe, jak i międzynarodowe migracje międzyregionalne.

W modelu MULTIPOLES, w przeciwieństwie do modelu P. Reesa lub prognoz DEMETER i EUROPOP, zdecydowano, iż należy ograniczyć, gdzie tylko to jest możliwe, zastosowanie hipotetycznych modelowych rozkładów zdarzeń demograficznych (urodzeń, zgonów i migracji wewnętrznych). W zamian starano się szacować parametry modelu na podstawie danych obserwowanych. Takie podejście wymaga znacznego nakładu pracy poświęconego na skonstruowanie międzynarodowego przestrzennego systemu informacji demograficznej, ale za to pozwala zminimalizować błędy wynikające z oszacowania nieznanych rozkładów intensywności zdarzeń w zależności od wieku i płci.

W związku z wymaganiami modelu przygotowano Ludnościowy System Informacji Geograficznej (LSIG), który pozwolił na zbieranie i prze-

tworzenie niezbędnych informacji. Oprócz utrzymywanej przez Eurostat bazy danych REGIO i pochodnej od niej bazy danych prowadzonej przez NIDI i CBS (Holenderskie Centralne Biuro Statystyczne) jest to, według stanu wiedzy autora, jedyny tego rodzaju system operujący na poziomie regionalnym. Jego unikalność wynika też z zakresu geograficznego, gdyż bazy danych Eurostatu koncentrują się na krajach członkowskich Unii Europejskiej, a LSIG obejmuje państwa i regiony Europy Środkowo-Wschodniej. Zebrano w nim dane demograficzne dotyczące ponad 150 regionów w czternastu krajach (Austria, Białoruś, Estonia, Czechy, Litwa, Łotwa, Mołdawia, Niemcy, Polska, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Ukraina i Węgry). Większość danych uzyskano (w różnej formie) bezpośrednio z narodowych urzędów statystycznych, a następnie doprowadzono do jednolitego formatu przyjętego w LSIG. Wykorzystano również dane Rady Europy.

Najtrudniejszym etapem implementacji modelu było zebranie danych dotyczących migracji międzynarodowych, a w szczególności przygotowanie macierzy przepływów między modelowanymi krajami. Trudność wynikała przede wszystkim z faktu, iż dane dotyczące przepływów raportowane przez kraj wysyłający i kraj przyjmujący istotnie się różnią. Osobnym zadaniem było zastosowanie modelu Rogersa-Castro do obliczenia parametrów rozkładu migracji międzynarodowych według wieku.

W niniejszej pracy model MULTIPOLES został użyty do oceny wpływu migracji międzynarodowych na stan i strukturę ludności państw i regionów Europy Środkowo-Wschodniej. Przygotowanie scenariusza migracji poprzedzono krótkim przeglądem najważniejszych teorii migracji. Stwierdzono, iż bezpośrednio zastosowanie istniejących teorii migracji międzynarodowych do celów prognozowania jest bardzo utrudnione ze względu na fragmentaryzację i wąski zakres wyjaśniania poszczególnych teorii. Aby ocenić wpływ migracji na dynamikę ludności, wyznaczono projekcję ludności w dwóch wariantach: z pominięciem migracji zagranicznych oraz z uwzględnieniem migracji zmieniających się według prostego, intuicyjnego scenariusza. Zgodnie z oczekiwaniami uzyskane wyniki empiryczne wskazują wyraźnie, że migracje międzynarodowe mają znaczny wpływ na liczbę i strukturę ludności w regionach (patrz – tabela 17 i 18). Różnica w liczebności ludności uzyskanej w wyniku przeprowadzenia obu tych projekcji jest tak wielka, że pozwala na sformułowanie kategorycznego stwierdzenia: prognostyczne modele ludności muszą bezwzględnie uwzględniać nie tylko migracje wewnętrzne, ale i migracje międzynarodowe.

Nie jest to jedyne zastosowanie modelu MULTIPOLES do celów praktycznych. Uprzednio był on stosowany do projekcji ludności (Kupiszewski, Kupiszewska 1998), prognozy ludności (Kupiszewski, Kupiszewska 1999) i prognozy zasobów siły roboczej w Europie Środkowo-Wschodniej (Kupiszewski 2001b) oraz do wielowariantowych prognoz rozwoju ludności



Austrii i krajów ją otaczających. Model można więc uznać za całkowicie przetestowany.

Warto zauważyć, że model MULTIPOLES jest prawdopodobnie pierwszym wieloregionalnym modelem prognostycznym zaprojektowanym i zaprogramowanym przez polskich badaczy. Dotychczas do badań w Polsce używano modeli „importowanych” z krajów zachodnich, na przykład modelu Rogersa przygotowanego w IIASA lub modelu LIPRO.

W dalszej części rozdziału podsumujemy pozostałe wnioski, które wyniknęły z niniejszej pracy. Można je podzielić na trzy grupy. Pierwsza odnosi się bezpośrednio do wyników uzyskanych w toku badania wpływu migracji międzynarodowych na dynamikę ludności. Druga dotyczy możliwych i pożądaných zmian w konstrukcji modeli projekcyjnych. Ta grupa adresowana jest do geografów i demografów zajmujących się prognozami ludnościowymi. Trzecia grupa wniosków adresowana jest do agend państwowych i międzynarodowych zbierających dane demograficzne i dotyczy definicji stanów ludności i zdarzeń demograficznych oraz trybu zbierania danych o tych zdarzeniach. Pracownicy naukowci nie mają większego wpływu na realizację tej grupy wniosków, lecz mogą tworzyć lobby dopominające się usprawnienia działania narodowych urzędów statystycznych.

## **6.2. WNIOSKI DOTYCZĄCE WPLYWU MIGRACJI MIĘDZYNARODOWYCH NA DYNAMIKĘ LUDNOŚCI KRAJÓW I REGIONÓW**

Mimo że badania empiryczne znajdowały się na marginesie niniejszej pracy i posłużyć miały głównie do weryfikacji użytego modelu, niektóre ich wyniki wydają się interesujące, zarówno pod względem poznawczym, jak i metodologicznym. Stwierdzono między innymi, że całkowite pominięcie migracji międzynarodowych prowadzi do daleko idących zmian w stanie i strukturze ludności. Nie jest to wprowadzić ani nowe, ani niespodziewane stwierdzenie. Podejście modelowe pozwoliło jednak na skwantyfikowanie wpływu migracji międzynarodowych na stan i struktury ludności państw i regionów z uwzględnieniem takich konsekwencji migracji, jak przyrost naturalny migrantów (zarówno utracony w krajach źródłowych, jak i zyskany w krajach docelowych). W świetle modelu Niemcy zyskują dzięki migracjom ponad 8 mln ludności, prawie 10% ludności wyjściowej. Na poziomie regionalnym zmiany wywołane migracjami międzynarodowymi powodują w odniesieniu do niektórych jednostek zmianę kierunku rozwoju demograficznego, od regionów tracących do regionów zyskujących ludność. Odnosi się to zwłaszcza do niektórych regionów niemieckich. W sferze praktycznej oznacza to, iż modelowanie dynamiki ludności bez uwzględnienia migracji międzynarodowych nie ma sensu, gdyż nie może nawet prawidłowo oddać kierunku zmian ludności w niektórych regionach.

### **6.3. WNIOSKI DOTYCZĄCE DALESZEGO ROZWOJU MODELI DYNAMIKI LUDNOSCI MAJĄCEGO NA CELU REDUKCJE BŁĘDÓW PROGNOZ DEMOGRAFICZNYCH**

Skonstruowanie modelu kończy pewien etap pracy, lecz jednocześnie stawia wiele problemów, które nie zostały rozwiązane. Należy do nich przede wszystkim brak dobrego, zweryfikowanego empirycznie algorytmu rekrutacji i alokacji migrantów międzynarodowych. Niewielka liczba publikacji dotyczących tego zagadnienia oraz liczne czynniki lokalne, które determinują obszary napływów migrantów międzynarodowych w kraju docelowym i odpływów z regionów w kraju źródłowym, powodują, iż w chwili obecnej stosuje się, zarówno w MULTIPOLES jak i w prognozach Eurostatu, „neutralne” algorytmy rekrutacji i alokacji, w których przyjmuje się zasadę proporcjonalności liczby migracji do liczby ludności w regionach. W świetle istniejących badań powinny one dawać najlepsze dopasowanie modelu (van der Gaag, van Wissen 1999). W przyszłości, ze względu na znaczną liczbę migrantów międzynarodowych, weryfikacja zasadności dotychczasowych algorytmów i ewentualne wprowadzenie algorytmów alternatywnych będzie miało kluczowe znaczenie dla poprawy dokładności prognoz demograficznych.

Inną możliwością poprawienia dokładności prognoz jest znaczne powiększenie ilości wprowadzonych do modelu informacji dotyczących migracji międzynarodowych, łącznie z oszacowaniem międzyregionalnych przepływów międzynarodowych (liczby emigrantów z każdego regionu danego kraju do wszystkich innych regionów objętych modelem, również za granicą). W chwili obecnej, ze względu na zły stan statystyki migracji międzynarodowych jest to propozycja czysto teoretyczna, ale popyt ze strony środowisk naukowych i planistycznych może z czasem spowodować zmianę praktyk urzędów statystycznych.

Kolejną kwestią jest zmiana definicji układów przestrzennych, dla których sporządzane są projekcje. Należałoby rozważyć możliwość zastąpienia typowych regionów, dużych jednostek administracyjnych, agregatami złożonymi z małych jednostek przestrzennych, podobnych z punktu widzenia charakterystyk migracyjnych, przeprowadzenia projekcji dla tych agregatów i przeszacowania wyników tak, aby uzyskać projekcje dla regionów wyjściowych. Nierozwiązanym problemem jest oszacowanie wielkości błędu związanego z dezagregacją ludności wyjściowej projekcji i agregacją jej wyników.

### **6.4. WNIOSKI DOTYCZĄCE WPŁYWU JAKOŚCI DANYCH STATYSTYCZNYCH NA DOKŁADNOŚĆ PROGNOZ DEMOGRAFICZNYCH**

Kolejnym zidentyfikowanym w pracy problemem rzutującym na jakość prognoz demograficznych jest zła jakość danych statystycznych. W niniej-



szej pracy omówiono wpływ zarówno nieadekwatnej statystyki migracji międzynarodowych, jak i błędów w oszacowaniu ludności początkowej prognozy, na jej dokładność. Jedynie przyjęcie ujednoliconej definicji migracji międzynarodowej w Europie (np. definicji zgodnej z zaleceniami ONZ) może poprawić zdecydowanie zły stan statystyki migracji. Problem jest natury politycznej a nie naukowej i przez to, jak wykazują ponad dziesięcioletnie bezowocne próby harmonizacji statystyki migracji międzynarodowych w Unii Europejskiej, nic nie wskazuje na jego rozwiązanie w dającej się przewidzieć przyszłości. Należy jednak rozważyć możliwość przeszacowywania danych dostarczanych przez urzędy statystyczne, tak aby uzyskać w miarę spójne wielkości przepływów oparte na zunifikowanej definicji. W tej chwili brakuje metodologii takich przeliczeń, powinno się więc uczynić ją przedmiotem obszernego programu badawczego.

Wadliwa statystyka migracji ma bezpośredni wpływ na błędne szacowanie stanów ludności. Polska statystyka ludności jest przykładem patologicznego wręcz rozmiwania się abstrakcyjnych bytów statystycznych z rzeczywistością. Uporczywe ignorowanie faktu emigracji za granicę wieluset tysięcy ludzi doprowadziło do powstania znacznych różnic pomiędzy liczebnością ludności *de facto* i *de jure*. Jest oczywiste, że w warunkach kilkuprocentowego błędu w oszacowaniu liczby ludności Polski *de facto*, rosnącego, jak pokazała Sakson (1998a), do kilkunastu procent w pewnych regionach i pewnych grupach wieku, prognozowanie stanu i struktury ludności oparte na tych danych (i w konsekwencji na błędnych cząstkowych współczynnikach urodzeń, zgonów i migracji) nie ma większego sensu. Nie mam wątpliwości, że przed najbliższym Narodowym Spisem Powszechnym niezbędne będzie wprowadzenie takich zmian legislacyjnych, które pozwoliłyby na prawidłowe naliczanie stanu ludności Polski i likwidację fikcji zagranicznych migracji czasowych trwających kilka, a nawet kilkanaście lat.





## 7. PODZIĘKOWANIA

Wielu osobom i instytucjom winien jestem wdzięczność za pomoc w przygotowaniu niniejszej książki. Przede wszystkim pomógł mi Profesor Philip Rees ze School of Geography Uniwersytetu w Leeds, który wspierał mnie na każdym etapie pracy, a także udostępniał swoje publikowane i niepublikowane opracowania i wielokrotnie służył radą. Oprogramowanie modelu napisała moja żona Dorota. Dyskusje z nią niejednokrotnie pomogły mi wyrobić sobie pogląd na zawłości obliczeniowe różnych metod. Profesorowi Piotrowi Korcellemu jestem wdzięczny za krytykę, rady i wsparcie moralne, a także za stworzenie mi znakomitych warunków do pracy w Instytucie. Recenzentom niniejszej pracy, Profesor Irenie Kotowskiej i Profesorowi Grzegorzowi Węclawowiczowi dziękuję za wskazanie i pomoc w usunięciu niedociągnięć pracy. Za wszelkie pozostałe błędy odpowiada wyłącznie autor.

Podziękowania należą się też tym wszystkim, którzy dostarczyli mi lub pomogli w uzyskaniu danych. Byli to: dr Peter Findl z Austriackiego Centralnego Biura Statystycznego, dr Dušan Drbohlav i dr Tomas Kučera z Uniwersytetu Karola w Pradze, dr Kalev Katus, Dyrektor Estońskiego Międzyuniwersyteckiego Centrum Badań Ludnościowych, dr Bogusław Gruzewski z Wilna, dr Ewa Tabeau z NIDI, Hansjörg Bucher, Steffen Maretzke i Mathias Siedhoff z Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, prof. Hartmut Usbeck z Büro für Stadt und Regionalentwicklung GmbH, prof. Charlotte Höhn, Dyrektor oraz dr Jurgen Dorbritz z Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, dr Kovacs Zoltan z Instytutu Geografii Węgierskiej Akademii Nauk, Virginia Teodorescu, Kierowniczka Działu Studiów Demograficznych i Projekcji Ludności Narodowej Komisji Statystycznej w Bukareszcie, Lech Bolesławski z Głównego Urzędu Statystycznego w Warszawie, Franco Millich, Kierownik Sekcji Ludności Rady Europy w Strasburgu, dr Miroslav Macura, Kierownik oraz dr Tomas Frejka z Jednostki Badań Ludnościowych Europejskiej Komisji Ekonomicznej ONZ w Genewie, dr Alexander Kuchuk, Kierownik Działu Informacji o Środowisku i Zdrowotności WHO w Bilthoven oraz dr Brigitte Baccaïni

i dr Françoise Meselé z INED w Paryżu. Na różnych etapach rozwoju projekty stanowiące fragmenty niniejszej pracy finansowane były poprzez granty badawcze. *Nuffield Foundation* ofiarowała mi w roku akademickim 1995/1996 roczne stypendium badawcze (*the Nuffield Foundation Social Science Research Fellowship*), mające na celu skonstruowanie nowego modelu, a granty z *Royal Society* i *British Academy* pozwoliły na zatrudnienie programisty i mój pobyt we Francji. Grant Komitetu Badań Naukowych wspomógł przygotowanie rozdziałów dotyczących modeli prognoz ludnościowych.

Jestem też wdzięczny moim pracodawcom w okresie pisania tej pracy: School of Geography Uniwersytetu w Leeds i Instytutowi Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, za stworzenie warunków do badań, a także dr Henri Chamussy i prof. Pierre Dumolard z Wydziału Geografii Uniwersytetu w Grenoble, który gościł mnie przez 5 miesięcy.

Oszacowanie danych w 1999 r. na podstawie danych z 1994 r. (rozdział 4.4) oraz rozdziały 2 i 5.3 niniejszej pracy przygotowane zostały w ramach grantu Komitetu Badań Naukowych nr 6P04E05217. KBN dofinansował również część kosztów opublikowania niniejszej pracy.



## ABSTRACT

The first aim of the book was to review and assess population dynamics models. It was established that existing models, including multiregional ones, do not allow for neat inclusion of international migration into the process of modelling population change. They are not adapted to simultaneous modelling of the populations of many countries and, at the same time, to modelling regional populations in these countries. This observation, when combined with the constatation that the role of international migration has been growing in the last fifteen years, lead us to another aim of the book: construction of a multiregional multilevel model of population dynamics, which would take into account international migration, avoiding practices questionable from a methodological point of view. The preparation of the model entailed elaboration of the mathematical framework, preparation of the computer software and assembling data for 14 Central and Eastern European countries, on which the model was tested.

The last aim of the work was the use of the model in the numerical assessment of the impact of international migration on the dynamics of the regional and national populations of countries of Central and Eastern Europe. It has to be stressed however, that the book has a methodological (development of new forecasting tools) rather than empirical character and the assessment is aimed, above all, at the demonstration of the functioning of the model.

The structure of the book is as follows. Chapter 2 is devoted to the methodological reconstruction of population dynamics models and presents demographic (Chapter 2.3), geographical (Chapter 2.4) and multiregional (Chapter 2.5) traditions. Chapter 2.6 contains a critique of the state of the art in the modelling of population dynamics in 1990s and identifies key issues which have to be tackled in future. Expounded, in particular, are the impact of European integration and of the increasing role of international migration on population dynamics and, in consequence, its modelling.

The problem of constructing a new multilevel multiregional population dynamics model capable of generating population projections and fore-

casts for many countries on a subnational level is discussed in Chapter 3. The chapter begins with a review of existing methods of forecasting supranational populations (Chapter 3.1), as well as a discussion of problems arising from the inclusion of international migration into forecasting models (Chapter 3.2). A new multilevel multiregional population dynamics model MULTIPOLES (MULTIstate POpopulation model for multiLEvel Systems) is then presented (Chapter 3.3).

Chapter 4 describes the implementations of the MULTIPOLES model for fourteen countries of Central and Eastern Europe (Austria, Belarus, the Czech Republic, Estonia, Germany, Hungary, Lithuania, Latvia, Moldova, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia and Ukraine) covering over 150 regions altogether. The problems of the construction of a Regional Population Information System in which both input data and projection results are stored are discussed. Sources of demographic data are characterised and problems of the estimation of missing data analysed. The chapter ends with some critical remarks on the quality and precision of the data used, in particular the data on international migration and stocks of population.

The application of the MULTIPOLES model in the assessment of the impact of international migration on population dynamics in the countries of Central and Eastern Europe is presented in Chapter 5.

Chapter 6 contains the main conclusions of the book. They will be summarised below.

Contemporary population dynamics models originate from two methodological traditions: the geographical and demographic. The demographic tradition focuses on mortality and fertility and the process of reproduction of the population. The most advanced models, arising from the demographic tradition are cohort-component models, which for years served as a basic tool in the preparation of population forecasts. The geographical tradition originates to a large extent from models based on Markov chains, and focuses on the spatial redistribution of the population. These two traditions merged in the concept of multiregional demography proposed in the late sixties and early seventies by Andrei Rogers and developed in the last 30 years by himself, Phil Rees, Frans Willekens and many others. Models currently in use are very advanced from the methodological point of view. They are used as the main regional forecasting tool in many countries across the world, and in particular in Europe and North America (Rogers 1995).

The review of the development of models of spatial dynamics and the redistribution of population was the basis for a critical assessment of their usefulness under the condition of increasing European integration and, in particular, the increasing role of international migration in population dynamics. The main conclusion of the review was that the existing models are not complex enough to accommodate all key demographic processes



observed in the contemporary world. First, in most cases, they are not prepared to handle international migration. Second, they ignore the need for the modelling of a group of countries, rather than a single country, which is important, given the strong migration interaction between certain countries. Third, following Eurostat concerns, there is an apparent need for multicountry regional forecasts based on a unified methodology and set of assumptions. This problem, of a practical rather than methodological nature, is important for a large, highly integrated supranational organization, with decisionmaking powers and ambitions to create regional policies of almost continental scope.

The arguments for taking international migration into account in the modelling of population change and dynamics are derived from two basic assumptions. If we assume that population processes have a systemic character, then international migration may be interpreted as an interaction between elements of the population system, that is between national and regional populations. Such a perception of population processes is neither new nor unique (Zlotnik 1992). Another assumption is par excellence practical: forecasting errors arising directly from ignoring international migration are very large: Rees et al. (1999) (see also Table 3 in this book) show the magnitude of errors using the example of Eurostat forecasts for the 1980s. Clearly, the key issue in the process by which forecasting errors could be reduced is the incorporation of international migration into population dynamics models. The best way to do this is to use a matrix of flows between countries, rather than net migration, and to use emigration rates where possible.

The above postulates were taken into account when MULTIPOLES, a new multiregional multilevel model of population dynamics, was constructed. MULTIPOLES simultaneously models population change in countries and regions, taking account of international migration between modelled countries, as well as from outside the system. The author of this book is aware of only one model of similar capacity, namely ECPOP developed by Phil Rees in 1992 for the member states of the EU (Rees, Stillwell, Convey 1992; Rees 1996). ECPOP was based on data from the REGIO database. Other, much simpler models covered only populations of entire states, neglecting the regional dimension to population change. Some models, which took regional division into account (i.e. DEMETER or EUROPOP discussed in Chapter 2.1) gave consideration to net international migration only.

The construction of the MULTIPOLES model is the key achievement of the presented book. From the methodological point of view, the model originates from a multiregional cohort-component family of models and was designed using state-of-the-art multiregional demographic modelling. The model can be used for the projection or forecasting of multinational populations by region, age and gender. It generates the results on

supranational, national and subnational levels at the same time. It is, therefore, an ideal forecasting tool for a period of unification of the nations of Europe, an increasing role of international migration in population dynamics and increasing globalisation of economic and in consequence also of demographic processes.

The model was labelled as multilevel as it handles migration on three geographic levels. First, on the lowest level, interregional, intranational migration is taken into account. On the second level, international migration between modelled countries is considered. Finally on the highest geographic level, migration between each of the modelled countries and the rest of the World is taken into account. On the two first levels the model uses occurrence-exposure rates, whereas on the third level net migration is used. The model is multiregional in the sense of the word used by A. Rogers, who sees the population as a system, and migration as a link between elements thereof.

In the MULTIPOLES model it was decided that, whenever possible, observed schedules of demographic events should be used instead of hypothetical model schedules. The consequences of such a decision were that much effort was required by the data collection and the creation of the Regional Population Information System. Such an approach was rewarded by a reduction of uncertainty and error generated by difficult-to-verify assumptions on the distribution of demographic events.

The Regional Population Information System (RPIS) is, to the knowledge of the author, one of very few databases (the others being Eurostats REGIO and the Dutch CBSs database) collecting regional demographic data for a large number of countries. The RPIS is also unique because it covers Central and Eastern Europe. Most of the data were obtained in various forms from national statistical offices, verified and adjusted to the common standards of the RPIS. Data from the Council of Europe and other institutions were used as well. Acknowledgements and expressions of my gratitude to all those who supplied the data and helped me in any other way can be found in Chapter 7 of the book.

The most difficult part of the data collection and verification was the assembling of the reliable data on international migration, in particular the matrix of flows between modelled countries. The key problem arises from the fact that data on the same flow, reported by sending and receiving country differ substantially.

The MULTIPOLES model was used in the assessment of the impact of international migration on the magnitude and structure of populations of countries and regions in Central and Eastern Europe. Two simulations were run, the results of which were contrasted. In both simulations age-specific rates of fertility, mortality and internal migration remained unchanged. In the first simulation the scenario of international migration was adopted. The preparation of this scenario was preceded by a short



review of theories of international migration. It was concluded that direct application of these theories for forecasting international migration is very difficult because of the narrow scope of explanation of each of the theories, and their fragmentation. In the second simulation it was assumed that there is no international migration. The comparison of the results of the two simulations, which can be found in Tables 17 and 18, shows how significant and far reaching the impact of international migration on populations is. Importantly, it was possible to quantify the difference international migration makes in each country and each region over a 25-year period. Due to migration Germany will gain over 10% of the starting population. On a regional level, international migration changes in some cases the character of population development from population decline to population increase. This is very typical for the German regions. In practice, it shows that neglect of international migration in population dynamics models leads to fundamental errors, as the model is not even able to show correctly the direction of the population change in some regions, not to mention the magnitude of changes. This allows for the formulation of a categorical statement to the effect that population dynamics models must take account, not only of internal, but also of international migration.

The above is not the only application of the MULTIPOLES model. Previously, it was used for the forecast of the elderly population (Kupiszewski, Kupiszewska 1999), and for forecasting the labour force (Kupiszewski 2001b) in Central and Eastern Europe, as well as for multivariant forecasts of regional populations in Austria and surrounding countries. The model has therefore been fully tested.

Construction of a population projection model finishes a certain stage of research and at the same time ushers in questions as to which parts of the model could have been resolved better. In the case of MULTIPOLES, a number of problems remained unsolved. The first is the lack of an approved and empirically-tested algorithm of the recruitment of migrants from regions in the country of origin, and of the regional allocation of those migrants at the destination. The number of publications on the subject is limited and they do not cope with the generalisation of local variations, something which is indispensable for the creation of an algorithm. Eventually the MULTIPOLES model resembles the forecasts of Eurostat, in using neutral algorithms of recruitment and allocation, based on a migrant quota proportional to the regional populations respectively at source and destinations. The research by van der Gaag and van Wissen (1999) shows that this is a justified solution for the regional distribution of migrants at the destination. In future, because of the significant numbers of migrants, the verification of the algorithms used, and their improvement, will be a very significant step towards the improved quality of demographic forecasts. Another possibility for improving the accuracy of forecasts is to feed much more information on international migration into

the model, for example to take account of interregional international migration (i.e. migration from a region in one country to a region in another). At the moment, the poor shape of the statistics on international migration makes this suggestion purely theoretical, but demand from the research community and policymakers may, over time, result in a change of practices at national statistical offices, as is discussed later on.

Another issue is the way regions are defined in the projection process. Usually these regions consist of large, demographically heterogeneous, administrative units. It is possible to consider the change in the composition of these regions and to make them up from a number of small administrative units which have similar demographic characteristics. The projection or forecast would be prepared for homogeneous agglomerates of these small administrative units, and then projected populations would be recomposed to estimate the projected populations of initial regions - large administrative units. A problem which will have to be solved is control of the magnitude of the error generated by disaggregation of the initial population and then aggregation of projected populations.

The poor quality of statistical data has a profound impact on the quality of population forecasts. In the book we have discussed both the significance of the quality of data on international migration and the significance of the exactness of the estimation of benchmark populations for the quality of population forecasts. Only adoption of a unified definition of international migration (i.e. the UN definition) may improve the situation and reduce the error introduced by inadequate or incomparable counts of international migrants. This is a political, rather than scientific, problem. Over ten years the attempts to unify the migration statistics in the EU were completely unsuccessful, with no sign of success on the horizon. In this situation, consideration should be given to how the available data could be recalculated to offer as uniform information as possible. This should be the subject of a separate major research programme.

Errors in the statistics on international migration have direct impact on the estimation of benchmark populations. A very good example of such mishandling is that of the Polish statistics. Persistent ignoring of large scale emigration from Poland in the 1980s and 1990s resulted in increasing differences between *de facto* and *de jure* populations and creates a completely false picture of the Polish population, in terms of numbers, regional distribution of population and age and sex structures. Sakson (1998a) showed that *de facto* and *de jure* populations differ by several percent and the difference in values of certain demographic parameters in some cases exceeds the ten percent threshold. In consequence, the demographic rates are charged with substantial error.

The book has solved some issues in the modelling of population dynamics and has exposed a number of problems, which still remain unchanged. These problems range from the methodology of population dynamics models to the issue of inadequate data, and will require substantial research efforts.



## LITERATURA

- Abernethy V. D., 2001, *Comment on Bermingham's summary of the U.N.'s year 2000 replacement migration, Is it a solution to declining population and aging?* Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies 22, 4, s. 365-375.
- Abu-Lughod J., Foley M. M., 1960, *The consumer votes by moving*, [w:] A. A. Foote, J. Abu-Lughod, M. M. Foley, L. Winnick (red.), *Housing choices and housing constraints*, McGraw-Hill, New York.
- Alecke B., Huber P., Untiedt G., 2001, *What difference a constant makes? How predictable are international migration?* [w:] *Migration policies and EU enlargement. The case of Central and Eastern Europe*, OECD, Paris, s. 63-78.
- Aleksińska J., 1973, *Perspektywy rozwoju ludności do 2000 r.*, Statystyka Polski, GUS, Warszawa.
- Alho J. M., 1990, *Stochastic methods in population forecasting*, International Journal of Forecasting 6, s. 521-530.
- Anderson T. W., Goodman L. A., 1957, *Statistical inference about Markov chains*, Annals of Mathematical Statistics 28, s. 89-110.
- Baccaini B., 1999, *Recensement traditionnel et recensement renoué pour l'étude des migrations résidentielles*, Service Etudes Diffusion, INSEE Rhône-Alpes, Lyon.
- Beer de J., van Wissen L., 1999, *Europe: one continent, different worlds. Population scenarios for the 21st century*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Bermingham J. R., 2001, *Immigration: Not a solution to problems of population decline and aging*, Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies 22, 4, s. 355-363.
- Bernardelli H., 1941, *Population wave*, Journal of the Burma Research Society 31, s. 1-18.
- Bilsborrow R., Hugo G., Oberai A. S., Zlotnik H., 1997, *International migration statistics. Guidelines for improving data collection systems*, ILO, Geneva.
- Blumen I., Kogan M., McCarthy P. J., 1955, *The industrial mobility of labour as a probability process*, Cornell University, Ithaca.
- Bolesławski L., 1972, *Koncepcja prognozowania migracji wewnętrznych w oparciu o model łańcuchów Markowa*, [w:] *Ludność*, GUS, Warszawa.
- Bongaarts J., 1992, *Population growth and global warming*, Population and Development Review 18, 2, s. 299-319.
- Boussement J.-M., 1997, *Perspectives démographiques mondiales*, Redecode, s. 49-80.
- Bouvier L. F., 2001, *Replacement migration: Is it a solution to declining and aging populations?* Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies 22, 4, s. 377-381.
- Brown L. A., 1970, *On the use of Markov chains in movement research*, Economic Geography 46, Suppl., s. 393-403.

- Brücker H., 2000, *Analysis. A report on the impact of eastern enlargement on employment and wages in the EU member states*, [http://europa.eu.int/comm/dgs/employment\\_social/enlargementreport.en.pdf](http://europa.eu.int/comm/dgs/employment_social/enlargementreport.en.pdf).
- Brücker H., Trübswetter P., Weise C., 2000, *EU-Osterweiterung: Keine massive Zuwanderung zu erwarten*, Wochenbericht 21/00, DIW, Berlin. <http://www.diw.de/diwwbd/00-21-1.html>.
- Champion A., Vandermorten C., 1997, *Migration, counterurbanization and regional restructuring in Europe*, [w:] H. Blotevogel, A.J. Fielding (red.) *People, jobs and mobility in the New Europe*, John Wiley, Chichester, s. 69-90.
- Chojnicki Z., 1977, *Podstawy metodologiczne prognozowania w geografii ekonomicznej*, Przegląd Geograficzny 49, 2, s. 247-261.
- Cieślak M., (red.), 1993, *Prognozowanie gospodarcze*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław.
- Clark W. A. V., Huff J. O., 1977, *Some empirical tests of duration-of-stay effects in intraurban migration*, Environment and Planning A 9, s. 1357-1374.
- Coale A. J., Trussell J., 1974, *Model fertility schedules: Variation in the age structure of childbearing in human populations*, Population Index 40, 2, s. 185-206.
- Collins L., 1970, *Markov chains and geographical applications*, Komisja Metod Ilościowych MUG, Poznań.
- Compton P. A., 1969, *Internal migration and population change in Hungary between 1959 and 1965*, Transactions, Institute of British Geographers 47, s. 111-130.
- Compton P. A., 1970, *A stochastic model for inter-territorial migration in Hungary*, [w:] B. Sarfalvi (red.), *Recent population movements in the East European countries*, Akademiai Kiado, Budapest.
- Convey A., Kupiszewski M., 1996, *Migration policy in the European Union*, [w:] P. H. Rees, J. C. H. Stillwell, A. Convey, M. Kupiszewski (red.), *Population migration in the European Union*, Wiley and Sons, London, s. 311-329.
- Council of Europe, 1995-2000, *Recent demographic developments in Europe*, Council of Europe Press, Strasbourg.
- Courbis R., 1979, *The REGINA model, a regional-national model for French planning*, Regional Science and Urban Economics 9, s. 117-139.
- Courgeau D., 1973, *Migrants et migrations*, Population 28, s. 95-129.
- Courgeau D., 1980, *Analyse quantitative des migrations humaines*, Masson, Paris.
- Crujjsen H., Keilman N., 1992, *A comparative analysis of the forecasting process*, [w:] N. Keilman, H. Crujjsen (red.), *National population forecasting in industrialised countries*. NIDI & CBGS, 24, Swets & Zeitlinger, Amsterdam, s. 3-26.
- Czyż T., 1981, *Administrative division and regional structure of Poland*, Questiones Geographicae 7, s. 5-20.
- Dittmann P., 1990, *Metody dezagregacji prognoz demograficznych*, Monografie i Opracowania 66, Akademia Ekonomiczna imienia Oskara Langego, Wrocław.
- Domański R., 1972, *Kształtowanie otwartych regionów ekonomicznych*, PWN, Warszawa.
- Domański R., 1985, *Simulation and optimization model of spatial organisation*. Geographia Polonica 51, 245-264.
- Domański R., 1987a, *An optimization model for the spatial organisation of regional systems*. Papers of the Regional Science Association 61, 105-114.
- Domański R., 1987b, *Symulacyjny i optymalizacyjny model organizacji przestrzennej*. Przegląd Geograficzny LIX, 1-2, 13-38.
- Dramowicz K., 1976, *Modele dyfuzji i łańcuchy Markowa w analizie przestrzennej*, Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej 2, IGI PAN, Ossolineum, Wrocław.
- Duley C., Rees P., Clarke M., 1988, *A microsimulation model for updating households in small areas between censuses*, Working Paper 515, School of Geography. The University of Leeds, Leeds.



- Dziewoński K., Korcelli P., 1978, *Migration and settlement in Poland: Dynamics and policies*, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Dziewoński K., Korcelli P., 1981a, *Migracje w Polsce: przemiany i polityka*, [w:] K. Dziewoński, P. Korcelli (red.), *Studia nad migracjami i przemianami systemu osadniczego w Polsce*, Prace Geograficzne IGiPZ PAN 140, Wrocław, s. 10-90.
- Dziewoński K., Korcelli P., 1981b, *Migration and settlement: 11. Poland*, RR-81-20, IIASA, Laxenburg.
- Espenshade T. J., 1987, *Population dynamics with immigration and low fertility*, [w:] K. Davis, M. S. Bernstam, R. Ricardo-Campbell (red.), *Below replacement fertility in industrial societies*, Cambridge University Press, Cambridge, s. 248-261.
- Espenshade T. J., 2001, „Replacement migration” from the perspective of equilibrium stationary populations, *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies* 22, 4, s. 383-389.
- Espenshade T. J., Bouvier L., Arthur W. B., 1982, *Immigration and the stable population model*, *Demography* 19, s. 125-133.
- europäisches forum für migrationsstudien, 2000, *Statistiken zur Migration und Integration von Migranten. Ausländeranteile in den Bundesländern Deutschlands in 1996*, URL: [www.uni-bamberg.de/~ba6ef3/ins.d.htm](http://www.uni-bamberg.de/~ba6ef3/ins.d.htm). Odczytane 18.3.2000.
- European Commission, 1992, *The Maastricht Agreement*, ISEC/B25/92, Commission of the European Communities, London.
- Eurostat, 1991, *Two long-term population scenarios for the European Community. Principal assumptions and main results*, [w:] *Background papers on fertility, mortality and international migration under two long term population scenarios for the European Community*. Conference Human resources in Europe at the dawn of the 21st century, Eurostat, Luxembourg.
- Eurostat, 1997, *Beyond the predictable: demographic changes in the EU up to 2050*, Statistics in focus. Population and social conditions 7, Eurostat, Luxembourg.
- Eurostat, 1998, *REGIO database*, Luxembourg.
- Fassmann H., Hintermann Ch., 1997, *Migrationspotential Osteuropa. Struktur und Motivation potentieller Migranten aus Polen, der Slowakei, Tschechien, und Ungarn*, Austrian Academy of Sciences, Vienna
- Feeney G. M., 1970, *Stable age by region distribution*, *Demography* 6, s. 341-348.
- Feeney G. M., 1973, *Two models for multiregional population dynamics*, *Environment and Planning A* 5, s. 31-43.
- Fertig M., Schmidt C. M., 2000, *Aggregate-level migration studies as a tool for forecasting future migration streams*, IZA Discussion paper 183.
- Fielding A. J., 1982, *Counterurbanization in Western Europe*, *Progress in Planning* 17(1), s. 1-52.
- Fielding A. J., 1986, *Counterurbanization in Western Europe*, [w:] A. Findlay and P. White (red.) *Western European population change*, Croom Helm, London. s. 35-49.
- Fielding A. J., 1989, *Migration and urbanization in Western Europe since 1950*, *The Geographical Journal* 155, s. 60-69.
- Franzmeyer F., Brücker H., 1997, *Europäische Union: Osterweiterung und Arbeitskräftemigration*, *Wochenbericht* 5/97, DIW, Berlin,
- Frejka T., 1973, *The future of population growth: Alternative paths to equilibrium*, Wiley and Sons, New York.
- Frejka T., 1996, *Long-range global population projections: Lessons learned*, [w:] W. Lutz (red.), *The future population of the World. What can we assume today?* Revised edition. IIASA, Laxenburg, Earthscan, London, s. 3-13.
- Fuquitt G., 1965, *The growth and decline of small towns as a probability process*, *American Sociological Review* 30, s. 403-411.
- Gaag van der N., de Jong A., 1997, *Population scenarios for the European Union: Regional scenarios*, *Maandstatistiek van de bevolking*, 45, December, s. 17-31.

- Gaag van der N., van Imhoff E., van Wissen L., 1997a, *Internal migration in the countries of the European Union. Report with full tables*, NIDI, the Hague.
- Gaag van der N., van Imhoff E., van Wissen L., 1997b, *Long-term internal migration scenarios for the countries of the European Union*, Eurostat Working Papers, E4/1997-5, Statistical Office of the European Communities, Luxembourg.
- Gaag van der N., van Imhoff E., van Wissen L., 1997c, *Regional population projection in the countries of the European Economic Area. Update of the 1992 Questionnaire*, Working Paper 97/1, NIDI, the Hague.
- Gaag van der N., van Wissen L., 1997, *Analysis and forecasting of international migration by major groups*, Working Party on Demographic Projections, Eurostat, Luxembourg.
- Gaag van der N., van Wissen L., 1999, *The subnational distribution of immigration and migrants within European countries, and the impact of the size of migration stocks upon immigration flows*, European Population Conference, the Hague.
- Gaag van der N., van Wissen L., van Imhoff E., Huisman C., 1999, *National and regional population trends in the European Union*, Eurostat Working Papers, 3/1999/E/n°8, Statistical Office of the European Communities, Luxembourg.
- Gawryszewski A., 1989, *Przestrzenna ruchliwość ludności Polski, 1952-1985*, Prace habilitacyjne, Ossolineum, IGIPZ PAN, Warszawa.
- Gibberd R., 1981, *Aggregation of population projection models*, [w:] A. Rogers (red.), *Advances in multiregional demography*, RR-81-6, IIASA, Laxenburg.
- Ginsberg R. B., 1971, *Semi-Markov processes and mobility*, *Journal of Mathematical Sociology* 1, s. 233-262.
- Ginsberg R. B., 1972a, *Incorporating casual structure and exogenous information with probabilistic models: With special reference to choice, gravity, migration and Markov chains*, *Journal of Mathematical Sociology* 2, s. 83-103.
- Ginsberg R. B., 1972b, *Critique of probabilistic models: Application of the semi-Markov model of migration*, *Journal of Mathematical Sociology* 2, s. 63-82.
- Ginsberg R. B., 1973, *Stochastic models of residential and geographic mobility for heterogeneous population*, *Environment and Planning A* 5, s. 113-124.
- Ginsberg R. B., 1978, *Probability models of residence histories: Analysis of times between moves*, [w:] W. A. Clark, E. G. Moore (red.), *Population mobility and residential change*, *Studies in Geography* 25, Northwestern University, Evanston.
- Golledge R. G., Brown L. A., 1967, *Search, learning and the market decision process*, *Geografiska Annaler*, ser. B, 49, s. 116-124.
- Goodman L. A., 1961, *Statistical methods for the mover-stayer model*, *Journal of the American Statistical Association* 56, s. 841-868.
- Goodman L. A., 1962, *Statistical methods for analysing processes of change*, *American Journal of Sociology* 68, s. 57-78.
- Gordijn H., Heida H., 1979, *Multiregional demographic model and development of a monitoring system*, Research Report 79/PS/231, Research Center for Physical Planning, Delft.
- Grant L., 2001, *„Replacement migration”: The UN Population Division on European population decline*, *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies* 22, 4, s. 391-399.
- Greenwood M. J., 1992, *The macro determinants of international migration: A survey*, Conference Mass Migration in Europe: Implications in East and West, IAS-IIASA-IF, Vienna.
- Gruszczyński M., Koźniewska I., 1975, *Wykorzystanie łańcuchów Markowa do prognozowania zmian w strukturze produkcji przemysłowej*, *Przegląd Statystyczny* 22.
- Grzeszczak J., 1996, *Tendencje kontrurbanizacyjne w krajach Europy Zachodniej*, *Prace Geograficzne IGIPZ PAN* 167.
- Grzeszczak J., 2000, *Kontrurbanizacja – idea i rzeczywistość*, *Przegląd Geograficzny* LXXII, 4, s. 373-393.



- Harris J. R., Todaro M. P., 1970, *Migration, unemployment and development: A two sector analysis*, American Economic Review 60, s. 126-142.
- Haverkate R., van Haselen H., 1990, *Demographic evolution in time in European regions* (Demeter 2015), NEI, Rotterdam.
- Haverkate R., van Haselen H., 1992, *Demographic evolution in time in European regions* (Demeter 2015), Regional Development Studies 01, Luxembourg
- Heffner K., 1990, *Depopulation process of rural settlements in the Opole region*, [w:] A. Stasiak, W. Mirowski (red.), *The process of depopulation of rural areas in Central and Eastern Europe*. Conference Papers 8, IGiPZ PAN, Warszawa, s. 138-153.
- Heffner K., 1998, Górny Śląsk. *Imigracja jako następstwo procesów emigracji*, [w:] D. Szymańska (red.), *Ruchliwość przestrzenna ludności w okresie przemian ustrojowych*, Wydawnictwo UMK, Toruń.
- Heide ter H., 1981, *Demographic distribution formulas*, General Conference of IUSSP, Manila.
- Heide ter H., 1984, *Demographic research questions arising from spatial policy in the Netherlands*, [w:] H. ter Heide, F. Willekens (red.), *Demographic research and spatial policy. The Dutch experience*, Academic Press, London, s. 3-20.
- Heide ter H., Willekens F. (red.), 1984, *Demographic research and spatial policy. The Dutch experience*, Academic Press, London.
- Heligman L., Pollard J. H., 1979, *The age pattern of mortality*, Journal of the Institute of Actuaries 107, s. 49-80.
- Henry L., 1972, *Démographie. Analyse et modèles*, Larousse, Paris.
- Hollmann F. W., Mulder T. J., Kallan J. E. 2000, *Methodology and Assumptions for the Population Projections of the United States: 1999 to 2100*. Population Division Working Paper No. 38, Population Projections Branch, Population Division, Bureau of the Census, U.S. Department of Commerce, Washington.
- Holzer J. Z., 1969, *Model ludności ustabilizowanej*, Monografie i Opracowania SGPiS 18, SGPiS, Warszawa.
- Holzer J. Z., 1986, *Demografia*, wyd. III, PWE, Warszawa.
- Holzer J. Z., 1999, *Demografia*, wyd. V, PWE, Warszawa.
- Holzer J. Z., 1990, *Perspektywy demograficzne Polski do roku 2030. Projekcje studialne — założenia, wyniki liczbowe, wnioski*, Monografie i Opracowania ISiD SGPiS 6, SGPiS, Warszawa.
- Holzer J. Z., Kotowska I. E., 1998, *Nowe potrzeby statystyki wobec konieczności oceny przemian demograficznych zachodzących w Polsce*, Wiadomości Statystyczne 43, 5, s. 1-8.
- Holzer J. Z., Serek R., 2000, *Sytuacja demograficzna Polski i świata w okresie do roku 2020*, [w:] *Strategia rozwoju Polski do roku 2020*, tom 1, Komitet Prognoz „Polska 2000 plus” przy Prezydium Polskiej Akademii Nauk, Dom Wydawniczy „Elipsa”, Warszawa.
- Huff J. O., Clark W. A. V., 1978, *The role of stationarity in Markov and opportunity models of intraurban migration*, [w:] W. A. V. Clark, E. G. Moore (red.), *Population mobility and residential change*, Studies in Geography 25, Northwestern University, Evanston.
- Iglicka K., 1995, *Migracje zagraniczne w świetle najnowszych ujęć teoretycznych*, Studia Demograficzne 3/121, s. 19-34.
- Iglicka-Okólska K., 1998, *Analiza zachowań migracyjnych na podstawie wyników badania etnosondażowego migracji zagranicznych w wybranych regionach Polski w latach 1975-1994*, Monografie i Opracowania 438, Szkoła Główna Handlowa, Instytut Statystyki i Demografii, Warszawa.
- Iglicka K., Jaźwińska E., Kępińska E., Koryś P., 1997, *Imigranci w Polsce w świetle badania sondażowego* Working Papers ISS, Prace Migracyjne 10, ISS UW, Warszawa.
- Iglicka K., Jaźwińska E., Okólski M., 1995, *Współczesne migracje zagraniczne ludności Polski. Badania za pomocą podejścia etnosondażowego*, Studia Demograficzne 4/126, s. 3-41.

- IIASA & WEC, 1995, *Global energy perspectives to 2050 and beyond*, WEC, London.
- Imhoff van E., 1990a, *The exponential multidimensional demographic projection model*, Mathematical Population Studies 2/3.
- Imhoff van E., 1990b, LIPRO: *User's guide, version 2.0*, NIDI, the Hague.
- Imhoff van E., 1992, *A general characterization of consistency algorithms in multidimensional demographic projection models*, Population Studies 46, 1, s. 159-169.
- Imhoff van E., Keilman N., 1991, *LIPRO 2.0: an application of a dynamic demographic projection model to household structure in the Netherlands*, NIDI and CBGS, 23, Swets and Zeitlinger, Berwyn, Pennsylvania/Lisse, Netherlands.
- Imhoff van E., Post W., 1998, *Microsimulation methods for population projection*, Population: An English Selection 10, 1, s. 97-138.
- Imhoff van E., van Wissen L., Spieß K., 1994, *Regional population projection in the countries of the European Economic Area*, NIDI & CBGS, 31, Swets & Zeitlinger, Amsterdam.
- Isard W., 1960, *Methods of regional analysis: an introduction to regional science*, Wiley, New York.
- Jagielski A., 1982, *Profile d'âge et migrations en Pologne*, VII Colloque Nationale de Démographie, Strasbourg.
- Jaźwińska E., Okólski M. (red.), 2001, *Ludzie na huślawce. Migracje między peryferiami Polski i Zachodu*. Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa.
- Jerczyński M., 1998, *Ruchliwość przestrzenna ludności — formy i procesy*, [w:] D. Szymańska (red.), *Ruchliwość przestrzenna ludności w okresie przemian ustrojowych*, UMK, Toruń.
- Jones A., 1994, *The new Germany. A human geography*, Wiley & Sons, Chichester.
- Jong de A., 1997, *Population scenarios for the European Economic Area: components of population growth*, Maandstatistiek van de bevolking 45, December, s. 9-16.
- Jong de A., Visser H., 1997, *Long term international migration scenarios for the European Economic Area*, Eurostat Working Paper E4/1977-6, Eurostat, Luxembourg.
- Joseph G., 1974, *Interregional population distribution and growth in Britain — a projection exercise*, Scottish Journal of Political Economy 21, s. 159-170.
- Joseph G., 1975, *A Markov analysis of age/sex differences in inter-regional migration in Britain*, Regional Studies 9, s. 69-78.
- Jóźwiak J., 1983a, *O problemie zbieżności populacji do struktury ustabilizowanej*, Studia Demograficzne 2/72, s. 83-93.
- Jóźwiak J., 1983b, *Agregacje w wieloregionalnym modelu ludności Rogersa*, Studia Demograficzne 1/71, s. 101-112.
- Jóźwiak J., 1985, *Matematyczne modele ludności*, Monografie i Opracowania SGPiS 176, SGPiS, Warszawa.
- Jóźwiak J., 1988, *Problem oceny dokładności projekcji demograficznych*, Studia Demograficzne 2/92, s. 59-74.
- Kapur J. N., 1983, *On Lee's Markovian entropy-maximization model for population distribution*, Environment and Planning A 15, s. 1449-1445.
- Keilman N., 1985, *Internal and external consistency in multidimensional population projection models*, Environment and Planning A 17, s. 1473-1498.
- Keilman N., 1988, *Methods of national population projections in developed countries*, Conference on future changes in population age structures, IIASA, Sopron.
- Keilman N., 1990, *Uncertainty in national population forecasting: Issues, backgrounds, analyses, recommendations*, Swets & Zeitlinger, Amsterdam.
- Keilman N., Crujjsen H. (red.), 1992, *National population forecasting in industrialised countries*, NIDI & CBGS 24, Swets & Zeitlinger, Amsterdam.
- Keilman N., Kučera T., 1991, *The impact of forecasting methodology on the accuracy of national population forecasts: Evidence from the Netherlands and Czechoslovakia*, Journal of Forecasting 10, s. 371-398.
- Kelly J., 1987, *Improving the comparability of international migration statistics. Contributions by the Conference of European Statisticians from 1971 to date*, International Migration Review 21, s. 1017-1037.



- Kemeny J. G., Snell J. L., 1960, *Finite Markov chains*, van Nostrand, Princeton.
- Kemeny J. G., Snell J. L., Knapp A. W., 1966, *Denumerable Markov chains*, van Nostrand, Princeton.
- Keyfitz N., 1968, *Introduction to the mathematics of population*, University of California Press, Berkley.
- Keyfitz N., 1972, *On future populations*, Journal of the American Statistical Association 68, s. 347-363.
- Keyfitz N., 1977, *Applied mathematical demography*, John Wiley, New York.
- Keyfitz N., 1980, *Multistate demography and its data: A comment*, Environment and Planning A 12, s. 615-622.
- Keyfitz N., 1981, *The limits of population forecasting*, Population and Development Review, 7, 4, s. 579-593.
- Kędzelski M., 1985, *Perspektywy procesów urbanizacyjnych w Polsce w świetle wielostanowej projekcji demograficznej*, Studia Demograficzne 1/79, s. 59-82.
- Kędzelski M., 1990, *Fikcja demograficzna w Polsce i RFN (Ze studiów nad migracjami zagranicznymi)*, Studia Demograficzne 1/99, s. 21-55.
- Kędzelski M., Paradyś J., 1990, *Demografia*, Skrypt, Akademia Ekonomiczna, Poznań.
- Kitsul P., Philipov D., 1981, *The one-year / five-year migration problem*, [w:] A. Rogers (red.), *Advances in multiregional demography*, RR-81-6, IIASA, Laxenburg.
- Koch R., Gatzweiler H-P., 1980, *Migration and settlement: 9. Federal Republic of Germany*, RR-80-37, IIASA, Laxenburg.
- Korcelli P., 1986, *Demographic evolution of urban regions: The case of Warsaw*, 6-th Anglo-Polish Geographical Seminar, London.
- Korcelli P., 1987, *Growth rate fluctuations and alternative trajectories of future population change: The case of Warsaw region*, Papers of the RSA, 61, s. 131-144.
- Korcelli P., 1992a, *European migration – the Polish example*, Conference on mass migration in Europe: Implications in East and West, IAS-IIASA-IF, Wiedeń.
- Korcelli P., 1992b, *Regional population projections: a multiple base-point approach*, Geographia Polonica 59, s. 21-32.
- Korcelli P., 1994, *On interrelations between internal and international migration*, Innovation 2, s. 151-163.
- Korcelli P., 1997, *Alternatywne projekcje zmian demograficznych i migracji w aglomeracjach miejskich*, [w:] P. Korcelli (red.), *Agglomeracje miejskie w procesie transformacji*, Cz. 5, Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN 45, Warszawa, s. 5-21.
- Korcelli P. (red.), 1998, *Przemiany w zakresie migracji ludności jako konsekwencja przystąpienia Polski do Unii Europejskiej*, Biuletyn KPZK PAN 184.
- Korcelli P., 2000, *Migration from Poland and the future EU enlargement*, [w:] Z. Chojnicki, J. Parysek (red.), *Polish geography. Problems, research, applications*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań, s. 5-18.
- Korcelli P., Just P., 1983, *Metropolitan growth and population development at the national level*, Regional Development Dialogue 4, 1, s. 1-35.
- Korcelli P., Kupiszewski M., 1990, *Dynamics of the spatial population system of Poland in the light of multiregional projections*, [w:] J. Grzeszczak (red.), *Evolution of population and economic activities in urban regions*, Conference Papers 10, IGIPZ PAN, Warsaw, s. 21-34.
- Korcelli P., Kupiszewski M., 1992, *Dynamika ludności Polski w latach 1977-1983 w świetle wieloregionalnych projekcji ludności*, [w:] *Współczesne problemy geografii społeczno-ekonomicznej Polski*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań, Seria Geograficzna 55, s. 59-78.
- Kotowska I., 1991, *Zastosowanie modelu LIPRO do prognozowania ludności Polski do roku 2050*, Monografie i Opracowania 331, ISiD SGPiS, Warszawa.
- Kotowska I., 1992, *On the improvement of demographic forecasting in Poland*, Materialien zur Bevölkerungswissenschaft 75, Wiesbaden, s. 191-209.

- Kotowska I., 1994a, *Prognozowanie gospodarstw domowych. Problemy i metody*, Monografie i Opracowania 396, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa.
- Kotowska I., 1994b, *Population dynamics in Poland, 1950-2050: internal migration and marital status changes*, IIASA Working Paper, WP-94-74, IIASA, Laxenburg.
- Kotowska I., 1999, *Wybrane wyniki prognozy stanu i struktury ludności Polski*, [w:] I. Wóycicka (red.), *Strategia polityki społecznej 1999-2020*, Transformacja Gospodarki 101. Instytut Badania nad Gospodarką Rynkową, Gdańsk, s. 15-24.
- Kotowska I., Serek R., Toński P., 1999, *Prognoza ludności według płci, wieku i miejsca zamieszkania*, [w:] I. Wóycicka (red.), *Budżet polityki społecznej. Metodologia modelu symulacyjnego*, Transformacja Gospodarki 99. Instytut Badania nad Gospodarką Rynkową, Gdańsk, s. 15-28.
- Kritz M., Lim L. L., Zlotnik H. (red.), 1992, *International migration systems: A global approach*, Clarendon Press, Oxford.
- Kulikowski R., Krus L., 1980, *A regional computerized interactive planning system*, [w:] *Proceedings of joint task force meeting on development planning for the Noteć (Poland) and Silistria (Bulgaria) regions*, CP-80-9, IIASA, Laxenburg, s. 102-150.
- Kullback S., Kupperman M., Ku H., 1962, *Tests for contingency tables and Markov chains*, *Technometrics* 4, s. 572-602.
- Kupiszewski M., 1987a, *Polskie doświadczenia zastosowania modelu Rogersa do badania zmian rozmieszczenia i struktury ludności*, *Studia Demograficzne* 1/87, s. 147-156.
- Kupiszewski M., 1987b, *Pomiar migracji w modelowaniu i prognozowaniu zmian rozmieszczenia przestrzennego ludności*, *Dokumentacja Geograficzna* 1, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Kupiszewski M., 1989, *Perspektywy procesów depopulacyjnych na obszarach wiejskich. Próba projekcji i symulacji*, [w:] J. Witkowski (red.), *Współczesne migracje i metody ich badania*, Monografie i Opracowania 287, SGPIŚ, Warszawa, s. 87-100.
- Kupiszewski M., 1990, *Model łańcuchów Markowa w modelowaniu migracji — zastosowania i problemy badawcze*, [w:] A. Gawryszewski, M. Kupiszewski (red.), *Modele migracji II*, *Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej* 3-4, s. 9-36.
- Kupiszewski M., 1993, *Poland as a source of migration and travel*, [w:] P. Jordan (red.), *Atlas of Eastern and Southeastern Europe*, Österreichisches Ost- und Südosteuropa Institut, Vienna.
- Kupiszewski M., 1994, *Multiregional demographic projections: Polish experiences*, *Geographia Polonica* 63, s. 95-104.
- Kupiszewski M., 1995, *Accuracy of Polish forecasts and demographic projections — some methodological aspects*, Working Paper 95/8, School of Geography, The University of Leeds, Leeds.
- Kupiszewski M., 1996, *Forecasting international migration in European countries in transition*, Working Paper 96/3, School of Geography, The University of Leeds, Leeds.
- Kupiszewski M., 1998, *Czy na podstawie doświadczeń innych krajów można przewidywać zmiany migracji międzynarodowych po przyjęciu Polski do Unii Europejskiej?* [w:] P. Korcelli (red.), *Przemiany w zakresie migracji ludności jako konsekwencja przystąpienia Polski do Unii Europejskiej*, *Biuletyn KPZK PAN* 184, s. 67-78.
- Kupiszewski M., 2001a, *Demograficzne aspekty wybranych prognoz migracji zagranicznych*, [w:] A. Stępnia (red.), *Swobodny przepływ pracowników w kontekście wejścia Polski do Unii Europejskiej*, Seria Zrozumieć negocjacje, UKiE, Warszawa, s. 73-98.
- Kupiszewski M., 2001b, *Prognoza dynamiki przemian siły roboczej w Europie Środkowo-Wschodniej i jej konsekwencje dla procesów integracji europejskiej — podejście regionalne*, *Maszynopis*.
- Kupiszewski M., Bucher H., Durham H., Rees P., 1997, *Internal migration and regional population dynamics in Europe: German case study*, Report prepared for the Council of Europe and for the European Commission.
- Kupiszewski M., Kupiszewska D., 1998, *Projection of Central and East European Populations — the model, the data and preliminary results*, [w:] J. Fleischhacker, R. Münz (red.), *Gesellschaft und Bevölkerung in Mittel- und Osteuropa im Umbruch*, 31 Arbeitstagung



- der Deutschen Gesellschaft für Bevölkerungswissenschaft (DGBw), 24 und 25 April 1997 in Berlin. Tagungsband. *Demographie Aktuell, Vorträge – Aufsätze – Forschungsberichte*. Bevölkerungswissenschaft, Philosophische Fakultät III, Institut für Sozialwissenschaften, Humboldt – Universität zu Berlin, Berlin, s. 22-40.
- Kupiszewski M., Kupiszewska D., 1999, *Forecasts of regional structures of the elderly populations in Central and Eastern Europe*, ECE UN conference on status of the older population: Prelude to the 21st Century, 13-15 December, Sion.
- Kupiszewski M., Rees P., 1999, *Lessons for the projection of internal migration from studies in ten European countries*, Statistical Journal of the United Nations ECE 16, s. 281-295.
- Kurkiewicz J., 1992, *Podstawowe metody analizy demograficznej*, PWN, Warszawa.
- Laczko F. (red.), 2000, *Migrant trafficking and human smuggling in Europe*, International Organisation for Migration, Geneva.
- Land K. C., 1969, *Duration of residence and prospective migration: Further evidence*, Demography 6, s. 133-140.
- Land K. C., Rogers A., 1982a, *Multidimensional mathematical demography: An overview*, RR-82-35, IIASA, Laxenburg.
- Land K. C., Rogers A. (red.), 1982b, *Multidimensional mathematical demography*, Academic Press, New York.
- Langevin B., Begeot F., 1991, *Comparabilité et synthèse des données européennes: L'expérience d'Eurostat*, Chaire Quetelet conference.
- Ledent J., 1980a, *Multistate life tables: Movement versus transition perspectives*, Environment and Planning A 12, s. 533-562.
- Ledent J., 1980b, *The Influence of the Birthplace on Geographic Mobility in the US. II. Analysis of Migration Propensities*, WP-80-78, IIASA, Laxenburg.
- Ledent J., Rees P. H., 1980, *Choices in the construction of multiregional life tables*, WP-80-173, IIASA, Laxenburg.
- Ledent J., Rees P. H., 1986, *Life tables*, [w:] A. Rogers F. Willekens (red.), *Migration and settlement. A multiregional comparative study*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Lederer H. W., Rau R., Rühl S., 1999, *Migration review 1999. Migration in- and outflows to and from Germany*, european forum for migration studies, Bamberg.
- Lee E., 1966, *A theory of migration*, Demography 3, 1, s. 45-57.
- Lee R., Tuljapurkar S., 1994, *Stochastic population projections for the United States: Beyond high, medium and low*, Journal of the American Statistical Association 89(419), s. 1175-1189.
- Leslie P. H., 1945, *On the use of matrices in certain population mathematics*, Biometrika 33, s. 183-212.
- Lewis A. W., 1954, *Economic development with unlimited supplies of labour*, The Manchester School of Economic and Social Studies 22, s. 139-191.
- Lewis E. G., 1942, *On the generalization and growth of population*, Sankhya 6, s. 93-96.
- Li L. W., 1970, *Matrix analysis of migration streams*, International Migration 8, s. 174-181.
- Liaw K-L., 1979, *Analysis and projections of the Canadian interregional population system*, Department of Geography, McMaster University, Hamilton, Ontario.
- Lindsay J., Barr B. M., 1972, *Two stochastic approaches to migration: Comparison of Monte Carlo simulation and Markov chain models*, Geografiska Annaler ser. B, 54, s. 56-67.
- Long J. F., 1987, *The accuracy of population projection methods at the U.S. Census Bureau*, Annual Meeting of the Population Association of America. Chicago.
- Lutz W., Sanderson W., Scherbov S., 1996, *Probabilistic population projections based on expert opinion*, [w:] W. Lutz (red.), *The future population of the World. What can we assume today?* Revised edition. IIASA, Laxenburg, Earthscan, London, s. 397-428.
- Lutz W., Sanderson W., Scherbov S., 1998, *Expert based probabilistic population projections*, [w:] W. Lutz, J. W. Waupel, D. A. Ahlburg (red.), *Frontiers of population forecasting*. Population and Development Review. A supplement to vol. 24, s. 139-155.

- Lutz W., Sanderson W., Scherbov S., Goujon A., 1996, *World population scenarios for the 21st century*, [w:] W. Lutz (red.), *The future population of the World. What can we assume today? Revised edition*, IIASA, Laxenburg, Earthscan, London, s. 361-396.
- Lutz W., Scherbov S., 1998a, *An expert-based framework for probabilistic national population projections: The example of Austria*, *European Journal of Population* 14, s. 1-17.
- Lutz W., Scherbov S., 1998b, *Probabilistische Bevölkerungsprognosen für Deutschland*, *Zeitschrift für Bevölkerungswissenschaft* 23(2), s. 83-109.
- Markow A. A., 1907, *Issledowanije zamieczatielnogo sluczaja zawisimych ispytanij*, *Izwestija Akademii Nauk*, VI ser., 1, s. 61-80.
- Markow A. A., 1951, *Izbrannyye trudy*, Izdatielstwo Akademii Nauk SSSR, Leningrad.
- Massey D. S., 1990, *Social structure, household strategies, and the cumulative causation of migration*, *Population Index* 56, s. 3-26.
- Massey D. S., Arango J., Hugo G., Kouaouci A., Pellegrino A., Taylor J. E., 1993, *Theories of international migration: a review and appraisal*, *Population and Development Review* 19, 3, s. 431-466.
- Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens III W. W., 1972, *The limits to growth*, Universe Books, New York.
- McFarland D. D., 1970, *Intra-generational social mobility as a Markov process: Including a time-stationary markovian model that explains observed decline in mobility rates over time*, *American Sociological Review* 35, s. 463-476.
- McGinnis R., 1968, *A stochastic model of social mobility*, *American Sociological Review* 33, s. 712-722.
- McGinnis R., Myers G. C., Pilger J., 1963, *Internal migration as a stochastic process*, 34th session of the International Statistical Institute, Ottawa.
- Morrison P. A., 1967, *Duration of residence and prospective migration: The evaluation of a stochastic model*, *Demography* 8, s. 553-561.
- Musham H. V., 1961, *Toward a formal theory of migration*, *International Population Conference 1*, New York, s. 333-341.
- Myers G. C., McGinnis R., Masnick G., 1965, *Preliminary assesment of a stochastic process model of internal migration*, *Population Index* 31, s. 256-257.
- Myers G. C., McGinnis R., Masnick G., 1967, *The duration of residence approach to a dynamic stochatsic model for internal migration: A test of axiom of cumulative inertia*, *Eugenics Quarterly* 14, s. 121-126.
- Myrdal G., 1957, *Rich lands and poor*, Harper and Row, New York.
- NEI, 1986, *Long-term regional demographic developments up to the beginning of the next century and regional policy*, Rotterdam.
- NEI, 1991, *Long-term regional demographic developments up to the beginning of the next century and regional policy*, Rotterdam.
- NEI, 1994a, *Regional population and labour force scenarios for the European Union, Part I*, NEI, Rotterdam.
- NEI, 1994b, *Regional population and labour force scenarios for the European Union, Part III*, NEI, Rotterdam.
- Notenstein F. W., 1945, *Population: The long view*, [w:] T. W. Schultz (red.), *Food for the World*, University of Chicago Press, Chicago.
- Oberg S., Wils A. B., 1992, *East-West migration in Europe. Can migration theories help estimate the numbers?* *Popnet* 22, s. 1-7.
- Okolski M., 1994, *Migracje zagraniczne w Polsce w latach 1980-1989. Zarys problematyki badawczej*, *Studia Demograficzne* 3/117, s. 3-59.
- Okólski M., 1996a, *Poland*. [w:] *International migration in Central and Eastern Europe and the Commonwealth of Independent States*, *Economic Studies* 8, UN ECE, UN Population Fund, Geneva, s. 95-110.
- Okolski M., 1996b, *Statystyka imigracji w Polsce*, Working Papers ISS, Prace Migracyjne 2, ISS UW, Warszawa.



- Okólski M., 1997, *Statistics of immigration in Poland. Conditions of correctness, assessment of the current state, proposals of new solutions*, Working Papers ISS, Prace Migracyjne 6, ISS UW, Warszawa.
- Okólski M., 1998, *Assessing the principal determinants of migration*, [w:] T. Frejka et al. (red.), *In-depth Studies on Migration in Central and Eastern Europe*, United Nations: New York/Geneva, 87-104
- Okólski M., 2000, *Incomplete migration. A new form of mobility in Central and Eastern Europe. The case of Polish and Ukrainian migrants*, [w:] C. Wallace, D. Stola (red.), *Central Europe: New migration space*, Macmillan Press, Houndmills, s. 95-115.
- Okólski M., Stola D., 1998, *Migracje między Polską a krajami Unii Europejskiej w perspektywie przystąpienia Polski do Unii Europejskiej*, [w:] P. Korcelli (red.), *Przemiany w zakresie migracji ludności jako konsekwencja przystąpienia Polski do Unii Europejskiej*, Biuletyn KPZK PAN 184, s. 9-54.
- Orłowski W. M., Zienkowski L., 1998, *Skala potencjalnych emigracji z Polski po przystąpieniu do Unii Europejskiej: próba prognozy*, [w:] P. Korcelli (red.), *Przemiany w zakresie migracji ludności jako konsekwencja przystąpienia Polski do Unii Europejskiej*, Biuletyn KPZK PAN 184, s. 55-66.
- Ostaszewska K., 1981, *Zastosowanie modeli matematycznych do przewidywania zmian rozmieszczenia ludności Polski*, Dokumentacja Geograficzna 1.
- Paradysz J., 1980, *Wieloregionalne współczynniki przyrostu naturalnego Lotki-Rogersa*, Seminarium robocze grupy tematycznej 4 problemu węzłowego 11.5, Poznań.
- Paradysz J., 1981, *Wielostanowa analiza demograficzna*, *Studia Demograficzne* 61, s. 75-89.
- Paradysz J., 1982, *Wykorzystanie modelu Rogersa-Willekensa w badaniu rozwoju populacji w czasie i przestrzeni*, [w:] *Informatyka w badaniach naukowych i dydaktyce*. Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Poznaniu 100, Poznań, s. 87-105.
- Paradysz J., 1985a, *Wielowymiarowa analiza reprodukcji ludności*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Seria II, Prace doktorskie i habilitacyjne 88, Poznań.
- Paradysz J., 1985b, *Multistate demography in Poland*, *Population Network Newsletter* 7, s. 4, 5, 8.
- Paradysz J., 1987, *Demografia wielowymiarowa w Polsce*, *Studia Demograficzne* 88, s. 131-141.
- Paradysz J., 1996, *Remarks on generation replacement in countries in transition*, *Studia Demograficzne* 1-2/123-124, s. 121-128.
- Peixoto J., 1998, *Portugal – The access to the European Community (1986) and its impact on international migration*, Unpublished paper.
- Philipov D., 1981, *Migration and settlement: 12. Bulgaria*, RR-81-21, IIASA, Laxenburg.
- Philipov D., Rogers A., 1980, *Multistate population projection*, WP-80-57, IIASA, Laxenburg.
- Pickles A. R., Davies R. B., Crouchley R., 1982, *Heterogeneity, nonstationarity and duration-of-stay effects in migration*, *Environment and Planning A* 14, s. 615-622.
- Piore M. J., 1979, *Birds of passage: Migrant labour in industrial societies*, Cambridge University Press.
- Pittenger D., 1976, *Projecting state and local populations*, Ballinger Publishing Company, Cambridge.
- Pollard J. H., 1973, *Mathematical models for the growth of human populations*, University Press, Cambridge.
- Poulain M., 1993, *Confrontation des statistiques de migration intra-européennes: vers plus d'harmonisation*, *European Journal of Population* 9, 4, s. 353-181.
- Poulain M., 1994, *La mobilité interne en Europe. Quelles données statistiques?* *Espace, Populations, Sociétés* 1, 13-30.
- Poulain M., Debuissson M., Eggerickx T., 1991, *Proposals for the harmonization of European Community statistics on international migration*, Institut of Demography, Catholic University of Louvain, Louvain-la-Neuve.

- Poulain M., Gisser R., 1992, *Migration statistics for the EFTA countries*, Eurostat Working Party on Demographic Statistics, Luxembourg.
- Prais S. J., 1955a, *The formal theory of social mobility*, Population Studies 9, s. 72-81.
- Prais S. J., 1955b, *Measuring social mobility*, Journal of the Royal Statistical Society ser. A, 68, s. 56-66.
- Quebec Bureau of Statistics, 1981, *Perspectives démographiques pour le Québec et ses régions administratives 1976-2001*.
- Rauziński R., 1982a, *Z badań nad migracjami zewnętrznymi ludności Śląska Opolskiego w latach 1950-1980*, Studia Śląskie, Seria Nowa 40.
- Rauziński R., 1982b, *Wpływ emigracji do RFN na sytuację demograficzną społeczeństwa Śląska Opolskiego w latach 1975-1980*, Kwartalnik Opolski 1.
- Rauziński R., 1989a, *Demograficzne aspekty emigracji ludności ze Śląska Opolskiego do Republiki Federalnej Niemiec w latach 1975-88*, Biuletyn Informacyjny Wojewódzkiego Ośrodka Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej 10, Opole.
- Rauziński R., 1989b, *Emigracja zagraniczna w województwie opolskim w świetle badań nad problemami pracy*, Opole.
- Rauziński R., 1996, *Wpływ migracji zagranicznych na sytuację demograficzną Śląska Opolskiego w latach 1945-1995*, Śląsk Opolski 6, 2, s. 13-18.
- Ravenstein E. G., 1885, *The laws of migration*, Journal of the Statistical Society 48, s. 167-227.
- Ravenstein E. G., 1889, *The laws of migration*, Journal of the Statistical Society 52, s. 214-301.
- Rees G., Rees P. H., 1990, *SWIS: Swansea Information System. A ward population information system for Swansea City Council*, GMAP Ltd, University of Leeds, Leeds.
- Rees P. H., 1973, *A revised notation for spatial demographic accounts and models*, Environment and Planning A 5, s. 147-155.
- Rees P. H., 1977, *The measurement of migration from census data and other sources*, Environment and Planning A 9, s. 247-272.
- Rees P. H., 1980, *Choices in the construction of multiregional life tables*, WP-80-173, IIASA, Laxenburg.
- Rees P. H., 1981, *Account based models for multiregional population analysis: Methods, program and user manual*, Working Paper 295, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Rees P. H., 1984, *Spatial population analysis using movement data and accounting methods: Theory, models, the 'MOVE' program and examples*, Working Paper 404, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Rees P. H., 1986, *Choices in the construction of regional population projections*, [w:] R. I. Woods, P. H. Rees (red.), *Population structures and models*, Allen and Unwin, London, s. 126-159.
- Rees P. H., 1989, *Old model faces new challenges: A review of the state of the art in multistate population modelling*, Working Paper 531, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Rees P. H., 1993, *Counting people: Past, present and future*, Working Paper 93/3, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Rees P. H., 1994, *Key issues in subnational projection models*, Working Paper 94/8, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Rees P. H., 1996, *Projecting national and regional populations of the European Union using migration information*, [w:] P. H. Rees, J. S. C. Stillwell, A. Convey, M. Kupiszewski (red.), *Population migration in the European Union*, John Wiley and Sons, London, s. 330-364.
- Rees P. H., Kupiszewski M., 1999a, *Internal migration and regional population dynamics in Europe: A synthesis*, Collection Demography, Council of Europe Press, Strasbourg.



- Rees P. H., Kupiszewski M., 1999b, *Internal migration: What data are available in Europe?* Journal of Official Statistics 15, 4, s. 551-586.
- Rees P. H., Kupiszewski M., Eyre H., Wilson T., Durham H., 1999, *The evaluation of regional population projections for the European Union*, ERDF Study 97/00/74/018.
- Rees P. H., Stillwell J., Convey A., 1992, *Intra-Community migration and its impact on the development of the demographic structure at regional level*, Working Paper 92/1, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Rees P. H., Willekens F., 1981, *Data bases and accounting frameworks for IIASA's comparative migration and settlement study*, CP-81-39, IIASA, Laxenburg.
- Rees P. H., Willekens F., 1986a, *Data and accounts*, [w:] A. Rogers, F. Willekens, (red.), *Migration and settlement. A multiregional comparative study*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, s. 19-59.
- Rees P. H., Willekens F., 1986b, *How the Dutch and the English adopted multiregional models for subnational population projection*. Working Paper 472, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Rees P. H., Wilson A. G., 1973, *Accounts and models for spatial demographic analysis 1: Aggregate population*, Environment and Planning A 5, s. 61-90.
- Rees P. H., Wilson A. G., 1975a, *A comparison of available models of population change*, Regional Studies 9, s. 39-61.
- Rees P. H., Wilson A. G., 1975b, *Accounts and models for spatial demographic analysis 3: Rates and life tables*, Environment and Planning A 7, s. 199-131.
- Rees P. H., Wilson A. G., 1977, *Spatial population analysis*, Arnold, London.
- Rietveld P., 1982, *A survey of multiregional economic models*, [w:] B. Issaev, P. Nijkamp, P. Rietveld, F. Snickars (red.), *Multiregional economic modeling: practice and prospect*. North-Holland, Amsterdam, s. 231-331.
- Rikkinen K., 1971, *Markov chains analysis of interprovincial migration in Finland*, Fennia 108, Helsinki.
- Rogers A., 1966a, *A Markovian policy model of interregional migration*, Papers, Regional Science Association 17, s. 205-224.
- Rogers A., 1966b, *The multiregional matrix growth operator and the stable interregional age structure*, Demography 3, s. 537-544.
- Rogers A., 1968, *Matrix analysis of interregional population growth and distribution*, University of California Press, Berkley.
- Rogers A., 1971, *Matrix methods in urban and regional analysis*, Holden-Day, San Francisco.
- Rogers A., 1975, *Introduction to multiregional mathematical demography*, Wiley, New York.
- Rogers A., 1976, *Shrinking large-scale population-projection models by aggregation and decomposition*, Environment and Planning A 8, s. 515-541.
- Rogers A., 1985, *The migration component in multiregional modelling measurement, spatial dynamics, casual knowledge and forecasting*, IUSSP Seminar on Internal Migration and Regional Development, Montreal.
- Rogers A., 1989, *The multistate stable population model with immigration*, Working Paper W-89-4, Institute of Behavioral Science, University of Colorado, Boulders.
- Rogers A., 1990, *Requiem for the net migrant*, Geographical Analysis 22, s. 283-300.
- Rogers A., 1995, *Multiregional demography*, Wiley, London.
- Rogers A., Castro L. J., 1981a, *Model migration schedules*, RR-81-30, IIASA, Laxenburg.
- Rogers A., Castro L. J., 1981b, *Age patterns of migration: Cause-specific profiles*, [w:] A. Rogers (red.), *Advances in multiregional demography*, RR-81-6, IIASA, Laxenburg.
- Rogers A., Castro L. J., 1981c, *Model schedules in multistate demographic analysis: The case of migration*, WP-81-22, IIASA, Laxenburg.
- Rogers A., Ledent J., 1976, *Increment-decrement life tables: A comment*, Demography 13, 287-290.
- Rogers A., Planck F., 1983, *MODEL: a general program for parametrized model schedules of fertility, mortality migration and marital and labour force status transition*, WP-83-102, IIASA, Laxenburg.

- Rogers A., Willekens F. (red.), 1986, *Migration and settlement: A multiregional comparative study*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Sakson B., 1998a, *Ludność obecna Polski w dniu 6.12.1988. Wpływ „niewidzialnych” migracji zagranicznych lat osiemdziesiątych na strukturę demograficzną*, Praca doktorska, Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH.
- Sakson B., 1998b, *Szacunek rzeczywistej liczby Polaków, którzy opuścili kraj w latach 1981-1989 na podstawie danych systemu ewidencji ruchu paszportowego*, *Studia Demograficzne* 1/131, s. 27-66.
- Sakson B., 2000, *Oszacowanie liczby i struktury ludności Polski w dniu 6 XII 1988 z uwzględnieniem migracji lat 1980*, *Studia Demograficzne* 1/137, s. 53-95.
- Salt J., 2000, *Europe's migration field*, Workshop on demographic and cultural specificity and integration of migrants organized by the Network for Integrated European Population Studies, 10-11 November, Bingen.
- Salt J., Singleton A., 1995, *Analysis and forecasting of international migration by major groups*, Draft report to the Working Party on Demographic Projections, Eurostat.
- Salt J., Singleton A., Hoghart J., 1994, *Europe's international migrants*, HMSO, London.
- Sauberer M., 1981, *Migration and settlement: 10. Austria*, RR-81-16, IIASA, Laxenburg.
- Scherbov S., Grechucha V., 1988, „DIAL” A system for modelling multidimensional demographic processes, WP-88-36, IIASA, Laxenburg.
- Scherbov S., Usbeck H., 1983, *Simulation of multiregional population change: an application to the German Democratic Republic*, WP-83-6, IIASA, Laxenburg.
- Scherbov S., Yashin A., Grechucha V., 1986, *Dialog system for modelling multidimensional demographic processes*, WP-86-029, IIASA, Laxenburg.
- Schoen R., 1975, *Constructing increment decrement life tables*, *Demography* 12, s. 313-324.
- Shryock H., Siegel J., 1976, *The methods and materials of demography*, US Government Printing Office, Washington D.C.
- Sinn H.-W. et al. 2000, *EU-Erweiterung und Arbeitskräftemigration: Wege zu einer schrittweisen Annäherung der Arbeitsmärkte*, Institut für Wirtschaftsforschung. München.
- Sjastaad L. A., 1962, *The costs and returns of human migration*, *Journal of Political Economy* 70, s. 80-93.
- Smith S. K., Sincich T., 1988, *Stability over time in the distribution of population forecast errors*, *Demography* 25, 3, s. 461-476.
- SOPEMI, 1992, *Trends in international migration*, OECD, Paris.
- Speare A., Goldstein S., Frey W. H., 1974, *Residential mobility, migration and metropolitan change*, Ballinger, Cambridge.
- Spilerman S., 1972, *Extensions of the mover-stayer model*, *American Journal of Sociology* 78, s. 599-626.
- Stark O., 1991, *The migration of labour*, Basil Blackwell, Cambridge.
- Stark O., Bloom D. E., 1985, *The new economics of labor migration*, *American Economic Review* 75, s. 173-178.
- Stark O., Taylor E., 1989, *Relative deprivation and international migration*, *Demography* 26, s. 1-14.
- Stillwell J. C. H., Eyre H., Rees P. H., 1999, *Regional international migration and interregional migration within the European Union: a feasibility study*, Report ERDF 98/00/27/174 prepared for Commission of the European Communities and EUROSTAT.
- Stone R., 1971a, *A demographic accounting and model-building*, OECD, Paris.
- Stone R., 1971b, *An integrated system demographic manpower and social statistics and its links with the system of national economic accounts*, Shankya ser. B, 33, s. 1-184.
- Stoto M. A., 1983, *The accuracy of population projections*, *Journal of the American Statistical Association* 78, s. 13-20.
- Stouffer S. A., 1940, *Intervening opportunities: a theory relating mobility and distance*, *American Sociological Review* 5, s. 845-867.



- Stouffer S. A., 1960, *Intervening opportunities and competing migrants*, Journal of Regional Studies 2, 1, s. 187-208.
- Szajnowska A. Z., 1973, *Próba zastosowania modelu Markowa do prognozowania własnościowego obrotu ziemi*, Opolskie Roczniki Ekonomiczne 5, s. 249-260.
- Tarver J. D., Gurley W. R., 1965, *A stochastic analysis of geographic mobility and population predictions of the Census Division of United States*, Demography 2, s. 134-139.
- Taylor E. J., 1986, *Differential migration, networks, information and risk*, [w:] Stark O. (red.), *Research in human capital and development*, Vol. 4, Migration, human capital, and development, Greenwich, AI Press, s. 147-171.
- Tekse K., 1975, *Projections of urban population*, [w:] S. D. Goldstein, S. T. Sly (red.), *The measurement of urbanization and projection of urban population*, IUSSP, Liege.
- Termote M., 1967, *Les modeles de migration. Une perspective d'ensemble*, Recherche Economique de Louvain 33, 4, 413-444.
- Todaro M. P., 1976, *International migration in developing countries*, ILO, Geneva.
- United Nations, 1956, *Methods for population projection by sex and age*, New York.
- United Nations, 1974, *Methods for projections of urban and rural population*, New York.
- United Nations, 1980, *Recommendation on statistics of international migration*, New York.
- United Nations, 1997a, *Demographic indicators 1950-2050. The 1996 Revision*, New York.
- United Nations, 1997b, *UN World population estimates and projections. The 1996 revision*, New York.
- United Nations, 1998, *Recommendation on statistics of international migration*, New York.
- United Nations, 1999, *UN World Population estimates and projections. The 1998 revision*, New York.
- United Nations, 2000, *Replacement migration: Is it a solution to declining and ageing populations?* New York.
- US Bureau of the Census, 1988, *Projection of the population of the States by age, sex and race 1988 to 2010*, Current Population Reports, Series P-25, No 1017, US Government Printing Office, Washington DC.
- Vu M. T., Bos E., 1992, *Latin America and the Caribbean region (and North America) population projections. 1992-93 edition*, Working Paper WPS 1033, Population and Human Resources Department, World Bank.
- Wallerstein I., 1974, *The modern World system. Capitalist agriculture and the origins of the European World economy in the sixteenth century*, Academic Press, New York.
- Wielojęzyczny słownik demograficzny, 1966, PWN, Warszawa.
- Willekens F., 1983, *Multiregional population analysis for urban and regional planning*, [w:] M. Batty, B. Hutchinson (red.), *System analysis in urban policy-making and planning*, Plenum, New York, s. 227-241.
- Willekens F., 1984, *Approaches and innovations in policy-oriented migration and population distribution research*, [w:] H. ter Heide, F. Willekens (red.), *Demographic research and spatial policy. The Dutch experience*, Academic Press, London, s. 21-43.
- Willekens F., 1988, *MUDEA. A computer model for multiregional forecasting*, Maszynopis.
- Willekens F., 1995a, *Multiregional demographic forecasting*, Population Research Centre, Working Paper 95-1, Faculty of Spatial Sciences, University of Groningen.
- Willekens F., 1995b, *Monitoring international migration flows in Europe. Towards a statistical data base combining data from different sources*, European Journal of Population 10, s. 1-42.
- Willekens F., Drewe P., 1984, *A multiregional model for regional demographic projection*, [w:] H. ter Heide, F. Willekens (red.), *Demographic research and spatial policy. The Dutch experience*, Academic Press, London, s. 309-334.
- Willekens F., Por A., Raquillet R., 1981, *Entropy, multiproportional and quadratic techniques for inferring patterns of migration from aggregate data*, [w:] A. Rogers (red.) *Advances in multiregional demography*. Research Report RR-81-06, IIASA, Laxenburg.

- Willekens F., Rogers A., 1978, *Spatial population analysis: Methods and computer programs*, RR-78-18, IIASA, Laxenburg.
- Wilson A. G., 1967, *A statistical theory of spatial distribution models*, Transportation Research 1, s. 253-269.
- Wilson, A. G., 1970, *Entropy in urban and regional modelling*, Pion, London
- Wilson A. G., Rees P. H., 1974, *Accounts and models for spatial demographic analysis 2: Age-sex disaggregated population*, Environment and Planning A 6, s. 101-116.
- Wilson T., Rees P. H., 1998, *Look-up tables to link 1991 population statistics to the 1998 local government areas*, Working Paper 98/5, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Witkowski J., 1985, *Migracje a ruchliwość społeczna ludności w Polsce*, Monografie i Opracowania SGPiS 196, SGPiS, Warszawa.
- Witkowski J., 1989a, *Bezpośredni wpływ migracji na sytuację społeczno-zawodową migrantów i ich rodzin*, [w:] H. Domański, J. Witkowski (red.) *Struktura społeczno-zawodowa a ruchliwość społeczna i przestrzenna ludności w Polsce*, Monografie i Opracowania SGPiS 283, SGPiS, Warszawa, s. 111-170.
- Witkowski J., 1989b, *Migracje a osiągnięcia społeczno-zawodowe migrantów i ich rodzin*, [w:] Domański H., J. Witkowski (red.) *Struktura społeczno-zawodowa a ruchliwość społeczna i przestrzenna ludności w Polsce*, Monografie i Opracowania SGPiS 283, SGPiS, Warszawa, s. 171-234.
- Woods R. I., 1979, *Population analysis in geography*, Longman, London.
- World Bank, 1992, *World population projections: 1992-1993 edition*, John Hopkins University Press, Baltimore.
- Zaremba H., 1996, *Metodologia spisu ludności – cechy demograficzne*, Wiadomości Statystyczne 3, s. 21-27.
- Zasępa R., Bolesławski L., Olko M., 1983, *Modele i prognozy demograficzne*, Monografie i Opracowania SGPiS 126, SGPiS, Warszawa.
- Zdrojewski E. Z., 2000, *Wpływ migracji definitywnych na przyrost rzeczywisty i zmiany struktur ludności w Polsce w latach 1975-1996*, Politechnika Koszalińska, Koszalin.
- Zelinsky W., 1971, *The hypothesis of the mobility transition*, Geographical Review 61, s. 219-249.
- Zienkowski L., 2001, *Ekonomiczne aspekty swobodnego przepływu pracowników w rozszerzonej Unii Europejskiej*, [w:] A. Stępnik (red.), *Swobodny przepływ pracowników w kontekście wejścia Polski do Unii Europejskiej*, Seria Zrozumieć negocjacje, UKiE, Warszawa, s. 99-126.
- Zimmermann K. H., 1999, *Ethnic German migration since 1989 — results and perspectives*, Discussion Paper 50, IZA and Bonn University, Bonn.
- Zlotnik H., 1992, *Empirical identification of international migration systems*, [w:] M. Kritiz, L. L. Lim, H. Zlotnik (red.), *International migration systems: A global approach*, Clarendon Press, Oxford, s. 19-40.
- Zlotnik H., 1998, *The theories of international migration*, Conference on international migration: Challenges for European populations, 25-27 June, Bari.









Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Polskiej Akademii Nauk, wydaje następujące publikacje seryjne:

- Geographia Polonica,
- Prace Geograficzne,
- Przegląd Geograficzny,
- Dokumentacja Geograficzna,
- Europa XXI,
- Geopolitical Studies,
- Bibliografia Geografii Polski,
- Atlas Warszawy,

oraz Atlas Rzeczypospolitej Polskiej (1995), Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce (2000).

## DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

- 18 - Lijewski T., 2000, Problemy zagospodarowania przestrzennego Polski w świetle przebudowy infrastruktury komunikacyjnej, 76 s.
- 19 - Matuszkiewicz J.M., Roo-Zielińska E., 2000, Międzywale Wisły jako swoisty układ przyrodniczy (odcinek Pilica-Narew), 194 s.
- 20 - Gałczyńska B., Kulikowski R., 2000, Wieś i rolnictwo strefy podmiejskiej Warszawy. Zróżnicowania przestrzenne i procesy transformacji, 78 s.
- 21 - Kowalski M., Śleszyński P., 2000, Uwarunkowania zachowań wyborczych w województwie śląskim, 86 s.
- 22 - Bański J., 2001, Stan i perspektywy rolnictwa na obszarach problemowych w Polsce, 62 s.

## Atlas Warszawy

- 1 - Węclawowicz G., Jarosz A., 1993, Struktury demograficzne i gospodarstw domowych.
- 2 - Węclawowicz G., Księżak J., 1994, Struktury wykształcenia i zatrudnienia ludności w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 1988.
- 3 - Węclawowicz G., Jarosz A., 1995, Warunki mieszkaniowe ludności w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 1988.
- 4 - Kozłowska-Szczęśna T., Błaziejczyk K., Krawczyk B., 1996, Środowisko fizyczno-geograficzne - niektóre zagadnienia.
- 5 - Węclawowicz G., Jarosz A., Śleszyński P., 1998, Wybory parlamentarne 1991 i 1993.
- 6 - Misztal S., 1998, Przekształcenia struktury przemysłu Warszawy.
- 7 - Potrykowska A., Śleszyński P., 1999, Migracje wewnętrzne w Warszawie i województwie warszawskim.
- 8 - Luniak M., Nowicki W., Kozłowski P., Plit J., 2001, Ptaki Warszawy 1962-2000.

Sprzedaż i prenumeratę publikacji IGiPZ PAN prowadzą księgarnie:

- Dom Handlowy Nauki Sp. z o.o., Księgarnia Naukowa, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, tel. 697-88-35.
- Główna Księgarnia Naukowa im. Bolesława Prusa, ul. Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa, tel. 826-18-35.

PL ISSN 0373-6547  
ISBN 83-87954-04-7

<http://rcin.org.pl>



<http://rcin.org.pl>

**MAREK KUPISZEWSKI • MODELOWANIE DYNAMIKI PRZEMIAN LUDNOŚCI..**