

ANALIZA MODELI STATYSTYCZNYCH PROGNOZY ROZWOJU DEMOGRAFICZNEGO NA PRZYKŁADZIE MIASTA OLSZTYNA

Marek Ogryzek

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Artykuł obejmuje badania dotyczące prognozy rozwoju demograficznego na przykładzie miasta Olsztyna. Celem diagnozy liczby ludności jest wspomaganie decyzji urbanistycznych. Prognoza rozwoju demograficznego miasta jest ważną informacją, warstwą tematyczną, która jest lub powinna być składnikiem systemów informacji przestrzennej miast. Prognozowanie polega na przewidywaniu natężenia zmian wielu cech, a uwzględnienie wielu zmiennych wymaga czasochłonnego i kosztownego opracowania modeli statystycznych. Opracowany przez autora symulator umożliwia symulowanie przyszłej liczby ludności za pomocą modelu stochastycznego, uwzględniając czynnik losowy oraz rozwiązania zadań decyzyjnych za pomocą formuł matematycznych z teorii gier. W pracy porównano wyniki prognozowanej liczby ludności z prognozy GUS (1997 r.) z autorskiego symulatora demograficznego o nazwie „Maria” (2008 r.) z rzeczywistą liczbą ludności w latach 1997–2015.

Słowa kluczowe: analiza demograficzna, czynnik losowy, symulator, teoria gier, urbanistyka, GIS

WPROWADZENIE

Gospodarowaniem dobrem rzadkim, jakim jest przestrzeń, i planowaniem zmian, które mogą w niej zachodzić zajmuje się gospodarka przestrzenna. Ta dyscyplina badań ma długoletnie tradycje oraz wymiar aplikacyjny, którym jest planowanie przestrzenne [Fogel 2013]. Celem diagnozy sytuacji społeczno-gospodarczej według Dziemianowicz i in. (2003) jest dokładna i rzetelna ocena problemów ważnych z punktu widzenia rozwoju lokalnego. Rozwój demograficzny według Kłóska i Czyżewskiego [2009] jest pewną

Adres do korespondencji – Corresponding author: Marek Ogryzek, Katedra Planowania i Inżynierii Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. R. Prawocheńskiego 15, 10-720 Olsztyn, e-mail: marek.ogryzek@uwm.edu.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn 2015

wielowymiarową charakterystyką (nieprecyzyjną), której sposób mierzenia pozostaje niejednoznaczny. Wyniki badań determinuje w głównej mierze ostateczna lista zmiennych diagnostycznych, a błędy i zaniechania w diagnozie mogą skutkować źle sformułowanymi celami. Zdaniem Ogryzka [2008], celem diagnozy liczby ludności jest podejmowanie decyzji zapewniających pożądane społecznie warunki socjalno-bytowe i zaspokajających potrzeby człowieka. Klasyczne prognozowanie wymaga czasochłonnego i kosztownego opracowania modeli wielostanowych, dlatego autor opracował metodę typowania przyszłej liczby ludności za pomocą modyfikacji metody klasycznej. Uzupełnił ją o formuły statystyczne uwzględniające elementy niepewności (czynnik losowy) poprzez włączenie teorii gier liczbowych do określenia przyszłych kierunków zmian w podstawowych procesach demograficznych. Do tego celu wykorzystał sztuczną inteligencję – symulator komputerowy, któremu nadał nazwę „Maria”, uzasadniając, iż modelom klasycznym bardzo często towarzyszą zjawiska czarnych dziur, które w modelu stochastycznym czynnik losowy eliminuje lub łagodzi zniekształcenia tych efektów. Ogryzek [2008] w swoich badaniach udowodnił, iż wyniki prognozy od 1997 do 2007 r. symulatorem są bliższe rzeczywistości, jednakże badał tylko przeszłość.

W prezentowanej pracy zbadano czy przedstawione wyniki prognozy po upływie 7 lat w dalszym ciągu są lepsze, czyli lepiej przewidyują rzeczywistą liczbę ludności. Zweryfikowano w ten sposób tezę, iż na symulator nie wpływa czas, czyli że za pomocą symulatora zarówno dla przeszłości, jak i przyszłości można przewidywać lepiej niż prognozy GUS. Udowodnienie tezy badawczej potwierdzi możliwość stosowania symulatora w praktyce dla Olsztyna. Miasto posiada swój własny System Informacji Przestrzennej Miasta Olsztyna. Uzyskane wyniki mogą być warstwą tematyczną w systemie oraz stanowić ważną informację dla urbanistów w kontekście planowania przestrzennego.

CEL, ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Metoda opracowania prognozy polega na sukcesywnym obliczaniu faktów ruchu naturalnego i migracyjnego na podstawie liczby ludności i współczynników według płci i wieku dla kolejnych lat, ukazując prospektywne stany ludności (tzw. metoda składnikowa). Obliczenia stanów ludności są prowadzone dla kategorii ludności zamieszkałej na stałe. Wynika to stąd, że współczynniki demograficzne są liczone w stosunku do ludności stałej, gdyż fakty ruchu naturalnego i migracyjnego są rejestrowane według stałego miejsca zamieszkania. Liczba ludności faktycznie zamieszkałej – prezentowana jako wynikowy stan ludności – jest otrzymywana przez dodanie do liczby ludności stałej salda ludności przebywającej czasowo. Niezbędne do obliczeń prospektywne współczynniki demograficzne dla jednostek najniższego poziomu otrzymuje się, uwzględniając zróżnicowanie terytorialne współczynników retrospektywnych oraz tendencję wynikającą z prospektywnych współczynników ogólnokrajowych. Jest oczywiste, że terytorialne zróżnicowanie współczynników nie musi w przyszłości utrzymywać się w tym samym kształcie jak w okresie wyjściowym. Jednak wobec braku podstaw do przewidywania jego zmian założono jedynie, iż z biegiem lat zmniejszać się będzie dyspersja współczynników, osiągając pod koniec okresu prognostycznego połowę wielkości początkowej. W przypadku

cząstkowych współczynników urodzeń i zgonów jest to uzasadnione tendencją do zacieśniania się różnic społecznych związanych z dietnością i zachowaniami zdrowotnymi w wyniku oddziaływania mediów kultury masowej i wzrostu komunikacji społecznej. W przypadku migracji wewnętrznych można przewidywać osłabienie kierunków dominujących na rzecz bardziej zróżnicowanych przepływów, co będzie związane z większą skłonnością do przemieszczania się bez przywiązywania się do mieszkania. Prognoza migracji wewnętrznych (na pobyt stały) jest sporządzana metodą puli migracji z rozdzieleniem strumieni przepływów na trzy rodzaje: wewnątrzpowiatowe, międzypowiatowe w tym samym województwie oraz międzywojewódzkie. W przypadku migracji na pobyt czasowy zastosowano jedną pulę ogólnokrajową [Holzer 1990].

Z kolei metoda z wykorzystaniem czynnika losowego jest modyfikacją opisanej wcześniej metody składnikowej polegającej na włączeniu mechanizmów rozwiązywania zadań decyzyjnych w teorii gier liczbowych, ze szczególnym uwzględnieniem „gry z naturą”. Gry z naturą według Kukuły [2008] to gry dwuosobowe, w których przeciwnikiem jest natura. Przeciwnik ten nie jest zainteresowany wynikiem gry, a więc grę rozwiązuje się z punktu widzenia jednego z graczy. Optymalną strategię można uzyskać, stosując jedną z reguł decyzyjnych:

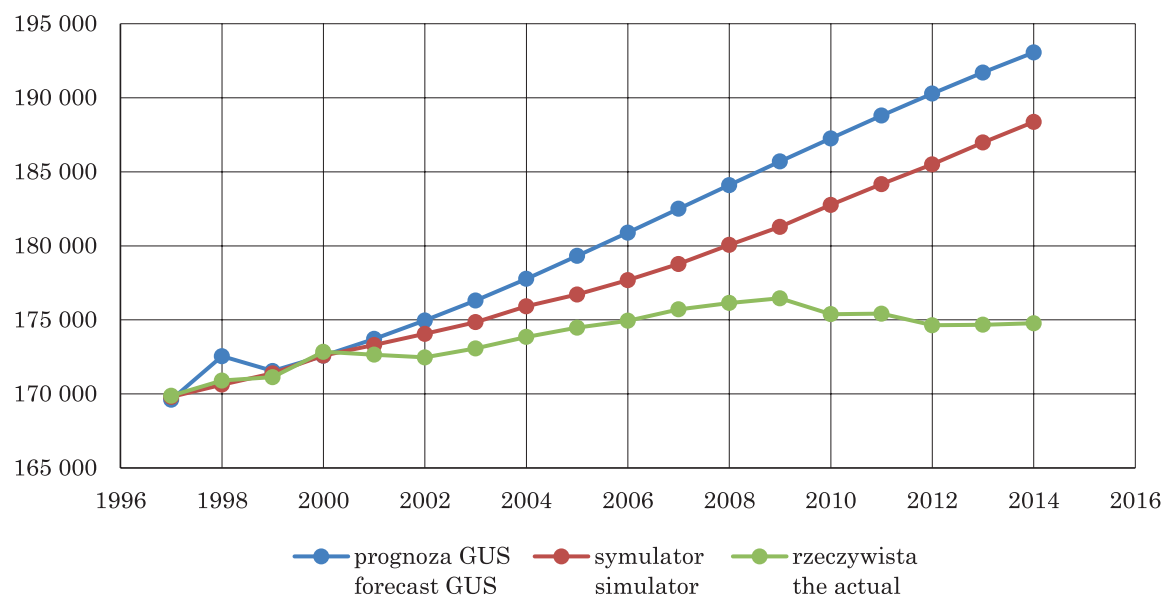
- kryterium Walda (reguła max-min);
- kryterium Hurwicza;
- kryterium Bayesa;
- kryterium optymistyczne (reguła max-max);
- kryterium Savage’a (reguła minimalnego żalu).

Na podstawie przeprowadzonych badań Ogryzek [2008] do metody składnikowej (Holzer [1990], Bolesławski [1997]) dla miasta Olsztyna dodał elementy z teorii gier – teorii ryzyka, a do rozwiązania matematycznego – zagadnienia zachowań w przypadku ryzyka i niepewności [Kamińska 2006]. Kolejnym ważnym elementem przy budowie modelu jest używanie symulatora, którego struktura jest ukierunkowana na wykorzystanie czynnika losowego. Ogryzek [2008] rozbudował metodę o czynnik losowy, aby spotęgować element niepewności zdarzeń decyzyjnych, a przez to wyniki badań wydają się precyzyjniej oddawać rzeczywistość na podstawie przeprowadzonych analiz porównawczych. Dotychczas najpopularniejsza jest metoda składnikowa (czynnikowa), która polega na przewidywaniu zmian płodności, umieralności i ruchów migracyjnych. Przewidywanie tych zmian opracowuje się metodami tradycyjnymi, a na ich podstawie wyznacza się współczynniki szukanych atrybutów. Następnym krokiem w prognozowaniu jest wyznaczenie liczby urodzeń, zgonów, napływu i odpływu liczby ludności za pomocą formuł statystycznych z wykorzystaniem współczynników szukanych parametrów. Wartości te wyznaczane są za pomocą formuł statystycznych pozbawionych elementów niepewności. Jest to też określanie natężenia przyrostu naturalnego i migracji dla poszczególnych lat prognozy, co wymusza na planiście jednoczesne sporządzanie różnych wariantów prognozy (minimum, maksimum oraz wariant pośredni). Na podstawie przeprowadzonych badań literatury proponuje się dopełnienie formuł statystycznych pozbawionych elementów niepewności o czynnik losowy poprzez włączenie teorii gier do modelu. Uzyskanie najbardziej oczekiwanych atrybutów (przyrostu naturalnego i migracji), przy ich najmniejszym ryzyku wystąpienia umożliwi poznanie najprawdopodobniejszej prognozy

przyszłej liczby ludności. Prognozowana liczba ludności na dany rok jest sumą liczby ludności z roku wcześniejszego oraz przyszłego natężenia przyrostu naturalnego i migracji (Bolesławski [1997], Ogryzek [2008]). Do wyznaczenia zmian płodności, umieralności i ruchów migracyjnych wykorzystano wartość oczekiwaną wskaźnika: urodzeń żywych, zgonów, napływu ludności, odpływu ludności. Wskaźnik ten jest liczbą urodzeń żywych, zgonów, napływu i odpływu ludności na tysiąc osób dla danego roku i jest odwrotnie proporcjonalny do liczby ludności z roku poprzedniego. Szukany wskaźnik autor wyznaczał za pomocą symulacji komputerowej przebiegu podstawowych procesów demograficznych (natężenia przyrostu naturalnego i migracji), korzystając z modyfikacji wartości oczekiwanej wykorzystywanej w ekonomii. Dla bardziej precyzyjnej miary ryzyka należy natomiast obliczyć wariancję gry. Im większe jest odchylenie od wyników, tym gra jest bardziej ryzykowna (Ogryzek [2008], Kamińska [2006]).

BADANIA WŁASNE – PORÓWNANIE WYNIKÓW METOD

Weryfikacji funkcjonalności modelu z czynnikiem losowym (symulatorem prognozy) można dokonać za pomocą porównania wyników prognozowanej, symulowanej oraz rzeczywistej liczby ludności miasta Olsztyna w latach 2008–2013. Zestawienie różnic wyników prognozowania liczby ludności przedstawiono na rysunku 1.



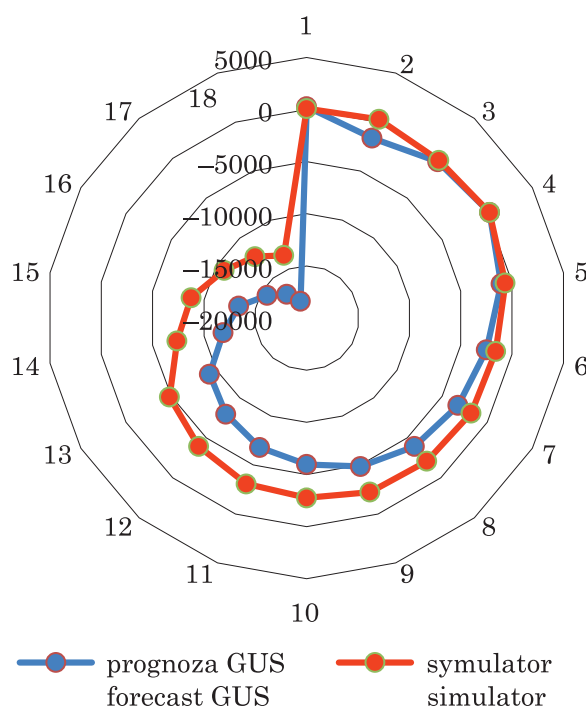
Rys. 1. Prognoza demograficzna Olsztyna na lata 1997–2014

Fig. 1. The demographic forecast Olsztyn from 1997 to 2014.

Źródło: opracowanie własne podstawie GUS [1997], Ogryzek [2008]

Source: own study based on GUS 1997, Ogryzek [2008]

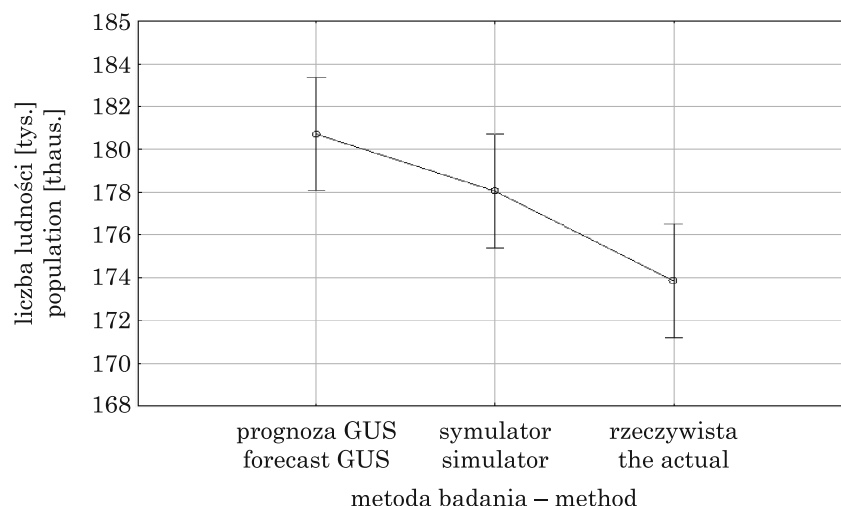
Na rysunku 1 przedstawiono wyniki prognozy demograficznej od 1997 do 2014 roku.



Rys. 2. Porównanie prognoz demograficznych dla Miasta Olsztyna
 Fig. 2. Comparison of demographic forecasts for the city of Olsztyn
 Źródło: opracowanie własne podstawie GUS [1997], Ogryzek [2008]
 Source: own study based on GUS [1997], Ogryzek [2008]

Punkty pomiarowe od 0 do 18, przedstawione na rysunku 2, to kolejne lata prognozy, a 0 oznacza rok wykonania prognozy. Odchylenia od wyników pojawiają się od 6 roku po wykonanej prognozie, a różnice wynoszą 5000 mieszkańców, co daje ok 2,87% dokładniejszą prognozę za pomocą symulatora. Odchylenie standardowe dla rzeczywistych wyników wynosi 1892 osoby. Oznacza to, że każda metoda symulująca liczbę ludności w porównaniu z rzeczywistością poniżej liczby 1892 jest nieistotna statystycznie i metoda ta wiernie odwzorowuje rzeczywistość. Odchylenie standardowe dla prognozy GUS wynosi 7534 osoby, natomiast dla symulatora 5878 osób. Żadna z metod zatem nie pozwala przewidzieć liczby ludności bez błędów istotnych statystycznie, jednak prognoza symulatorem jest dokładniejsza. Na rysunku 3 zamieszczono wyniki badania w programie Statistica wartości brzegowej każdej z metod za pomocą analizy wariancji ANOVA.

W analizie wykonanej w programie Statistica potwierdzono, iż między rzeczywistą wartością a prognozą GUS odchylenia standardowe są zbyt duże i należy wprowadzić korektę współczynników (czynników), natomiast dla symulatora takie dodatkowe korygowanie nie jest konieczne. Jednak, żadna z metod, a raczej wyniki uzyskane tymi metodami, nie estymuje wartości przyszłej liczby ludności z precyzją poniżej istotności statystycznej 0,95%.



Rys. 3. Porównanie metod prognozy za pomocą analizy wariancji ANOVA: metoda – oczekiwane średnie brzegowe; bieżący efekt: $F(2,51) = 6,8621$, $p = ,00229$; dekompozycja efektywnych hipotez; pionowe słupki oznaczają przedziały ufności

Fig. 3. Comparison of predictive methods for using ANOVA: method – expected average edges; current effect $F(2,51) = 6,8621$, $p = 0,00229$; effective decomposition hypotheses; vertical bars represent confidence intervals

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS [1997], Ogryzek [2008]

Source: own study based on GUS data [1997], Ogryzek [2008]

Tabela 1. Statystyki opisowe metod prognozowania

Table 1. Descriptive statistics forecasting methods

Zmienna Variable	Statystyki opisowe metod prognozowania Descriptive statistics forecasting methods		
	prognoza GUS GUS forecast	symulator Simulator	rzeczywista the actual
1	2	3	4
<i>N</i> -ważnych – <i>N</i> -important	18	18	18
% Ważnych – Important %	94,73684	94,73684	94,73684
Średnia – average	180 706,1	178 048,6	173 856,8
Ufność – Trust („-”)	176 959,5	175 170,7	172 915,6
Ufność – Trust	184 452,7	180 926,4	174 797,9
Geometr. – Geometry	180 558,3	177 960,2	173 847
Harmon. – Harmony	180 411,2	177 872,4	173 837,2
Mediana – Median	180 110,5	177 203,5	174 557
Moda – Fashion	wielokr.	wielokr.	wielokr.
Liczność – Cardinality	1	1	1
Suma – Sum	3 252 710	3 204 874	3 129 422
Minimum – Minimum	169 611	169 794	169 878
Maksimum – Maximum	193 065	188 373	176 457
Wariancja – Variance	56 761 199	33 489 896	3 581 788
Odch. std – Std	7 534,003	5 787,046	1 892,561

cd. tabeli 1
cont. table 1

1	2	3	4
P. ufności odch. std. P. confidence standard deviation. std	5 653,422	4 342,527	1 420,155
P. ufności odch. std. P. confidence standard deviation. std.	11 294,56	8 675,61	2 837,22
Wsp. zm. – The coefficient of variation	4,169202	3,250263	1,088575
Standard. – Standard	1 775,782	1 364,02	446,081
Skośność – Slant	0,189361	0,328509	-0,667103
Bł. std. – Standard error	0,536278	0,536278	0,536278
Kurtoza – Kurtosis	-1,31806	-1,05071	-0,42131
Bł. std – Standard error	1,037795	1,037795	1,037795

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Na podstawie danych z tabeli 1 możemy wnioskować, iż trudność prognozowania w przypadku miasta Olsztyna w badanym okresie jest związana z typem rozkładu danych. Większość danych ma rozkład normalny, rozkład Gaussa, a dzięki właściwościom aparatu matematycznego oparte na nim metody statystyczne są proste obliczeniowo. Z zamieszczonych statystyk wynika, że przedstawione rozkłady nie mają rozkładu Gaussa. Skośność wynosi 0, co wskazuje na rozkład Gaussa, jednak kurtoza nie jest równa 3, co wyklucza ten rozkład. Jednakże takie statystyki świadczą o tym, że można zastosować transformację Log, a rozkład jest LogNormalny. Ta informacja, uzyskana na podstawie badań, potwierdza konieczność przeprowadzania badań demograficznych w oprogramowaniu GIS, w którym jest możliwość przekształcania układów i wnioskowania za pomocą kreatora geostatystycznego.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wnioskować, iż wyniki uzyskiwane za pomocą metody modelu z czynnikiem losowym są dokładniejsze od porównywanej metody klasycznej używanej przez GUS w Olsztynie w przytoczonych badaniach archiwalnych. W celu dopełnienia weryfikacji metodyki wyboru optymalnego modelu prognozy rozwoju demograficznego dla potrzeb zarządzania przestrzenią planistyczną wykonano badania konstrukcji modelu po 7 latach od wykonania prognozy symulatorem „Maria”. W pracy przedstawiono wynik analizy porównawczej prognozowanej liczby ludności z symulatora z 2006 r. oraz prognozy GUS z 1997 r. z rzeczywistą liczbą ludności Olsztyna w latach 2008–2014. Zaprezentowane badania własne potwierdzają, iż proponowana metoda jest metodą dokładniejszą. Można zatem uznać, iż czynnik czasu nie ma żadnego wpływu na wyniki, a błędy obu prognoz są istotne statystycznie, lecz błędy symulatora są niższe. W jaki sposób można próbować usprawniać metodę, od czego jest uzależniony

błąd w wynikach? Głównym czynnikiem jest wybór danych wyjściowych, czyli współczynników określających przyszłe kierunki zmian w podstawowych procesach demograficznych.

W opracowaniu podjęto zagadnienie prognozy demograficznej liczby ludności Olsztyna w latach 1997–2025. Zastosowano metodę analizy i syntezy danych źródłowych, a także porównania danych rzeczywistych z prognozowanymi w latach 1997–2014. Tworzenie każdej prognozy wiąże się z jej wykorzystaniem w wielu dziedzinach życia, w szczególności we wszystkich studiach z zakresu planowania przestrzennego. Dane zgromadzone na podstawie prognoz są wykorzystywane przez planistów przestrzennych do opracowywania strategii rozwoju gmin, miast, województw, kraju. Tworzą podstawowe dokumenty planistyczne służące do zrównoważonego zagospodarowywania przestrzeni. Proces prognozowania jest trudnym i złożonym zagadnieniem i o jego dokładności decyduje zarówno wybór metody, jak i jakość danych wyjściowych. W badaniach własnych scharakteryzowano procesy demograficzne, które będą zachodziły w nadchodzących latach w Olsztynie. Biorąc pod uwagę fakt, iż wszystkie prognozy na długie okresy objęte są dużym ryzykiem, a dodatkowo uwzględniając: niestabilizowaną sytuację polityczną Polski, niepewną sytuację na Bliskim Wschodzie i wizje ataków terrorystycznych, należy zastrzec, iż przy trwającej dynamice zmian ludnościowych odchylenia od wyników rzeczywistych zwiększają błąd statystyczny. Sprawilo to, że urzędy statystyczne dokonują korekty prognoz demograficznych co dwa lata, tym bardziej, iż w miarę upływu czasu znajdują się one na coraz niższym szczeblu podziału terytorialnego, na którym często występują zmiany administracyjne. Autor opracowania uważa, że rozwój prognozowania jest możliwy w przypadku, gdy stosowane są alternatywne scenariusze prognozy i wykorzystuje się najnowsze metody badawcze.

Przedstawione zagadnienie może stanowić podstawę do dalszych, bardziej szczegółowych badań i studiów w zakresie prognozowania demograficznego, jako metody przewidywania zmian z wykorzystaniem czynnika losowego.

PIŚMIENNICTWO

- Bolesławski, L. (1997). Prognoza demograficzna miasta Olsztyna do 2025. GUS Olsztyn.
- Dziemianowicz, W., Kierzkowski, T., Knopik R. (2003). Jak przygotować lokalny program rozwoju przedsiębiorczości? Poradnik dla gmin i powiatów. Kierzkowski, T. (red). Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa.
- Fogel, P. (2013). Wspomaganie procesu tworzenia polityki przestrzennej w gminie poprzez wykorzystanie prostych analiz GIS. *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Geographica Socio-Oeconomica* 14, 44–58.
- GUS. (2007). Bank Danych Lokalnych, www.stat.gov.pl (dostęp: 23.04.2015 r.).
- Holzer, J., Z. (1990). Perspektywy demograficzne Polski do 2030 r. Projekcje studialne – założenia, wyniki liczbowe, wnioski. Ser. Monografie i Opracowania, nr6, ISD SGPiS, Warszawa.
- Kamińska, T. (2006), http://ekonom.univ.gda.pl/mikro/skladosobowy/Kaminska/SD/Teoria%20ryzyka_popr1.pdf (dostęp: 23.04.2015 r.).
- Kłóska, R., Czyżycki, R. (2009). Wielowymiarowa analiza statystyczna poziomu rozwoju demograficznego Szczecina na tle innych miast wojewódzkich w Polsce. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego* 529, 85–92.

- Ogryzek, M., P. (2008). Weryfikacja metodyki wyboru optymalnego modelu prognozy rozwoju demograficznego dla potrzeb zarządzania przestrzenią planistyczną. *Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum* 7(3), 15–33.
- Kukuła, K. (2011). *Badania operacyjne w przykładach i zadaniach*. PWN, Warszawa.

STATISTICAL ANALYSIS MODEL FORECASTS DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT IN THE EXAMPLE OF OLSZTYN

Summary. This article contains research that forecasts the demographic development. The studies concerning demographic development were conducted in Olsztyn – the capital city of Warmia and Mazury district in Poland. The main purpose of this research is to use diagnosis concerning population growth to help in a decision making process for urban planning. The ability to forecast demographic growth is a significant information that should be one of the components of the Geographic Information System in the city. Forecasting is based on prediction of the intensity of changes while taking a number of variables into consideration. Developing statistical model is an expensive and time-consuming work. A simulator that was developed by the author allows its users to predict the size of future population. The stochastic model used for the simulation takes into account the random factor and decision-making process solution received by using mathematical equations from the game theory. The study includes the comparison of forecasted demographic growth from the Central Statistical Office [1997] and the authors' Demographic Simulator called „Maria” [2008] with the actual population size between 1997 and 2015.

Key words: demography analyze, random factor, simulation, game theory, urban planning, GIS

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 15.12.2015

Do cytowania – For citation:

Ogryzek M. (2015). Analiza modeli statystycznych prognozy rozwoju demograficznego na przykładzie miasta Olsztyna. *Acta Sci. Pol. Administratio Locorum* 14(4), 65–73.