

6. Буй Тхи Тху Чанг, Спицын В.Г. Разложение цифровых изображений с помощью двумерного дискретного вейвлет – преобразования и быстрого преобразования // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318, №5. – С. 73–76.

7. Буй Тхи Тху Чанг, Фан Нгок Хоанг, Спицын В.Г. Алгоритмическое и программное обеспечение для классификации цифровых изображений с помощью вейвлет – преобразования Хаара и нейронных сетей // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319, №5. – С. 103–106.

8. Fierrez J., Ortega_Garcia J., Torre_Toledano D., Gonzalez_Rodriguez J. BioSec baseline corpus: A multimodal biometric database //Pattern Recognition. – 2007. – V. 40, №4. – P. 1389–1392.

УДК 51.77

Моделирование демографических показателей Алтайского края методом нечеткой линейной регрессии

С.В. Вараксин, Н.В. Вараксина
АлтГУ, Барнаул

Научные исследования, использующие технику нечетких множеств и нечеткой логики, ведут начало от основополагающей работы Л. Заде [1]. Предполагается, что аппарат нечетких множеств будет особенно полезен в гуманитарных областях знаний, при описании социальных процессов, когда многие понятия и правила являются достаточно размытыми, законы распределения случайных величин неизвестны. В стандартной вероятностной регрессии возникают проблемы при исследовании коротких временных рядов, с неясными законом распределения и зависимостью между входной и выходной переменными. При построении модели нечеткой регрессии не требуются подобные предположения. В данной работе производится определение параметры линейной регрессии вида $x = kt + b$, в которой k является четким числом, а b – треугольным нечетким числом вида $(b-\Delta, b, b+\Delta)$. Исходный временной ряд $\{x(t)\}$ является обычным числовым рядом, а его значения считаются дефазификациями соответствующих нечетких треугольных чисел A_i . Согласно работе Пономарева И.В., Славского В.В [2], параметры подобной нечеткой линейной регрессии находятся из условия наибольшего правдоподобия как параметры наиболее узкой полосы между двумя параллельными линиями, содержащей все точки временного ряда $\{x(t)\}$. Эта задача сводится к задаче линейного программирования,

$2\Delta = u - v \rightarrow \min, u \geq kt_i - x_i, v \leq kx_i - x_i, i=1, \dots, n, b=(u+v)/2$, которую можно решить симплекс-методом в два этапа с введением искусственных переменных, т.к. исходная задача не имеет подходящего исходного опорного решения. В работе авторов [3] предложено использовать аппарат нечеткой линейной регрессии для моделирования демографических процессов. В данной работе определяются параметры линейной регрессии для коэффициентов рождаемости и смертности.

Данные Алтайского краевого статистического управления представлены в следующих таблицах:

Таблица 1 – Численность населения Алтайского края (в тыс. чел.)

2000	2001	2002	20	2004	2005	2006	2007
			03				
2651,6	2641,1	2621,0	2602,6	2572,0	2539,4	2503,5	2473,0
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2453,5	2438,9	2430,8	2417,4	2407,2	2398,7	2390,6	2384,8

Таблица 2 – Число родившихся в Алтайском крае

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
24674	25221	26889	28010	27736	26395	25594	28363
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
30741	30906	30853	30705	32879	32193	31414	30080

Таблица 3 – Число умерших в Алтайском крае

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
37813	38641	41028	41177	40577	42571	38558	37402
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
37497	35774	36369	35108	35132	33887	33971	33661

Получаем коэффициенты рождаемости и смертности (в промилле)

Таблица 4 – Коэффициент рождаемости

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
9,31	9,55	10,26	10,76	10,78	10,39	10,22	11,47
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
12,53	12,67	12,69	12,70	13,66	13,42	13,14	12,61

Таблица 5 – Коэффициент смертности

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
14,26	14,63	15,65	15,82	15,78	16,76	15,40	15,12
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
15,28	14,67	14,96	14,52	14,59	14,13	14,21	14,11

Применение симплекс-метода для коэффициента рождаемости применительно к выбранному периоду дает коэффициенты линейной регрессии $k=0,26$, $b= -521$, $\Delta= 0.92$. Линию регрессии изобразим на графике, построенном в системе MatLab (рисунок 1).

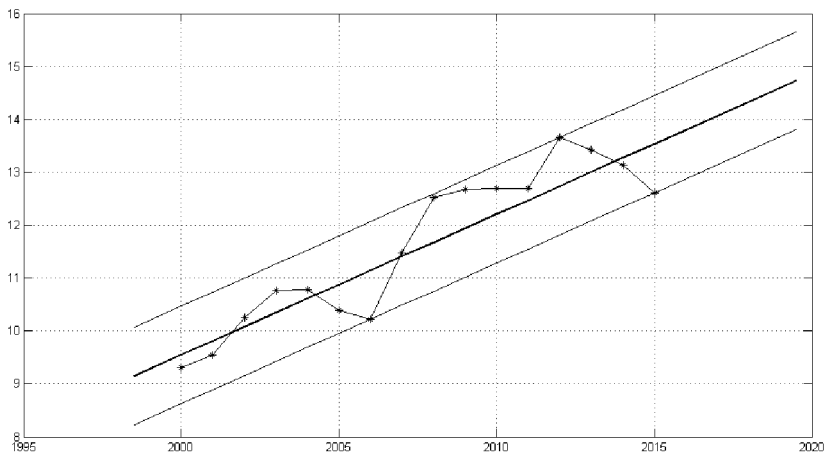


Рисунок 1 – Динамика коэффициента рождаемости в Алтайском крае

Применение симплекс-метода для коэффициента смертности применительно к выбранному периоду дает коэффициенты линейной регрессии $k= -0.0102$, $b= 36.03$, $\Delta= 1.28$, линию регрессии также изобразим на графике (рисунок 2):

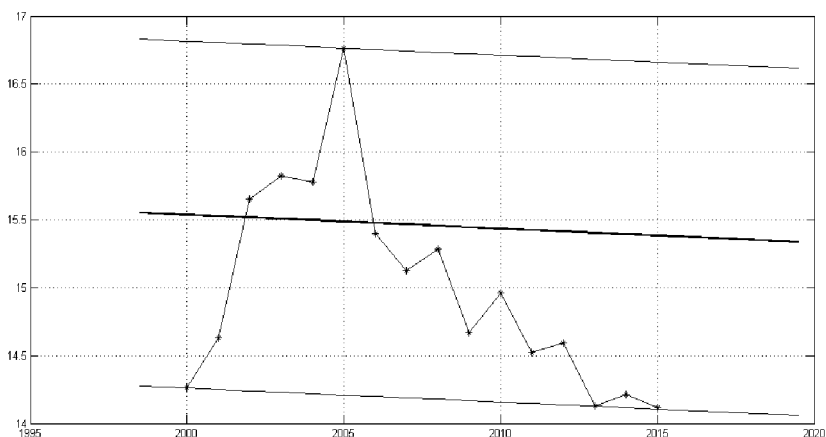


Рисунок 2 – Динамика коэффициента смертности в Алтайском крае

Все вычисления проведены в системе MatLab.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-06-00350 «Прогностический потенциал теории нечетких временных рядов в построении модели демографического поведения населения».

Библиографический список

1. Zadeh L. A., Fuzzy sets // Information and Computation, vol. 8, pp. 338–353, 1965.
2. Пономарев И.В., Славский В.В. Нечеткая модель линейной регрессии // Доклады Академии наук. – 2009. – Т. 428, №5. – С. 598–600.
3. Варакин С.В., Варакина Н.В., Гончарова Н.П. Потенциал математических моделей в прогнозировании демографического поведения населения // Управление социальными изменениями в нестабильных условиях: Всероссийская научная конференция; 24 мая 2016 г., Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, социологический факультет: материалы конференции / под общ. ред. В.П. Васильева. – М.: МАКС Пресс, 2016. – 768 с. – С. 572–576.