

DOI: 10.12731/2218-7405-2017-6-103-113

УДК 314.382, 51.77

## СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КОЭФФИЦИЕНТА ДЕТОРОЖДЕНИЙ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НЕЧЕТКОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

*Вараксин С.В., Вараксина Н.В.*

**Цель.** Построение математической модели динамики изменения рождаемости в Алтайском крае в 2000–2016 годах, анализ динамики изменения коэффициентов рождаемости для нескольких возрастных категорий женщин детородного возраста.

**Методы и методология проведения работы.** Вспомогательным элементом анализа служит построение линейных математических моделей динамики коэффициентов рождаемости с помощью метода нечеткой линейной регрессии на основе нечетких чисел. Нечеткая линейная регрессия рассматривается как альтернатива стандартной статистической линейной регрессии в случае коротких временных рядов и неизвестного закона распределения. Определены параметры нечеткой линейной и стандартной статистической регрессий для временных рядов коэффициентов рождаемости, используя построенный алгоритм на языке системы MatLab. Метод нечеткой линейной регрессии пока не используется в социологических исследованиях.

**Результаты.** Делается вывод о социально-демографических изменениях в обществе, о высокой эффективности демографической политики руководства региона и страны и применимости метода нечеткой линейной регрессии для социологического анализа.

**Ключевые слова:** демография; коэффициент рождаемости; временной ряд; нечеткое число; нечеткий временной ряд; нечеткая линейная регрессия; социологическое прогнозирование.

## A SOCIOLOGICAL ANALYSIS OF THE CHILDBEARING COEFFICIENT IN THE ALTAI REGION BASED ON METHOD OF FUZZY LINEAR REGRESSION

*Varaksin S.V., Varaksina N.V.*

**Purpose.** *Construction of a mathematical model of the dynamics of childbearing change in the Altai region in 2000–2016, analysis of the dynamics of changes in birth rates for multiple age categories of women of childbearing age.*

**Methodology.** *A auxiliary analysis element is the construction of linear mathematical models of the dynamics of childbearing by using fuzzy linear regression method based on fuzzy numbers. Fuzzy linear regression is considered as an alternative to standard statistical linear regression for short time series and unknown distribution law. The parameters of fuzzy linear and standard statistical regressions for childbearing time series were defined with using the built in language MatLab algorithm. Method of fuzzy linear regression is not used in sociological researches yet.*

**Results.** *There are made the conclusions about the socio-demographic changes in society, the high efficiency of the demographic policy of the leadership of the region and the country, and the applicability of the method of fuzzy linear regression for sociological analysis.*

**Keywords:** *demography; childbearing coefficient; time series; fuzzy number; fuzzy time series; fuzzy linear regression; sociological forecasting.*

Динамика численности населения, факторы, обуславливающие увеличение числа деторождений, либо снижение числа детей на семью являются актуальным объектом социологических исследований. Применение математического инструментария при анализе данной проблематики существенно увеличивает валидность получаемых результатов, точность построения прогнозных моделей на многофакторной основе.

Для Алтайского края решение проблемы естественного увеличения численности населения является одним из приоритетных

направлений региональной политики, что обуславливает необходимость и практическую значимость проведения социологических исследований, направленных на анализ данной ситуации и построение прогнозов ее развития.

Традиционно для прогнозных моделей в социологических и демографических исследованиях применяется метод стандартной статистической линейной регрессии. Большим преимуществом данной методологии является простота определения параметров линейной регрессии, а минусами – требования к минимальной длине временного ряда и нормальности закона распределения. При использовании метода нечеткой линейной регрессии не накладывается таких жестких ограничений.

Применение методики нечетких множеств и нечетких чисел становится востребованным в естественных науках и технических исследованиях в последние двадцать-тридцать лет [1, 2, 3], в социогуманитарных областях знания техника нечетких множеств и нечетких чисел до последнего времени практически не использовалась.

Работа Л. Заде [5] является первой и основополагающей работой по теории нечетких множеств. Отличие нечеткого множества от обычного в том, что характеристическая функция принадлежности  $\mu(x)$  нечеткого множества может принимать произвольные значения от 0 до 1, соответственно степени достоверности принадлежности элемента этому множеству. Нечеткое число – это нечеткое множество с выпуклой унимодальной (т.е. имеющей один максимум) функцией принадлежности, значение в точке максимума которой равно 1. Одними из наиболее употребительных нечетких чисел являются треугольные числа  $(a, b, c)$ , ненулевые части графика, функции принадлежности которых образованы двумя наклонными отрезками. Нахождение значений функций принадлежности нечетких множеств на основе обычных, четких данных называют фазификацией, а нахождение обычного, нечеткого значения для нечеткого множества – дефазификацией. Нечетким временным рядом называют набор соответствующих определенным моментам времени нечетких чисел.

Первой в разработке моделей нечеткой линейной регрессии стала работа Х. Танака [4], базовая модель нечеткой линейной регрессии в которой имеет вид  $y = kx + b$ , где  $k$  и  $b$  – некоторые треугольные числа. В данной работе применяется алгоритм определения параметров частного случая модели Танака равномерной нечеткой регрессии, в которой  $k$  является четким числом, а  $b$  – нечетким числом вида  $(b-D, b, b+D)$ . Исходный временной ряд является обычным числовым рядом, а его значения считаются дефазификациями соответствующих нечетких чисел  $\{x(t)\}$ . Согласно работе Пономарева И.В., Славского В.В [3], 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,

$$2\Delta = u - v \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$v \leq kt_i - x_i \leq u, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$b = \frac{u+v}{2} \quad (3)$$

которая решается стандартным симплекс-методом.

В данной статье нами предпринимается попытка анализа динамики изменения рождаемости в Алтайском крае с построением математических линейных моделей методом нечеткой линейной регрессии [7]. Все вычисления производятся в системе MatLab, которая применяется для определения параметров линейной регрессии в исследовании динамики процесса изменения уровня рождаемости в Алтайском крае в 2000–2016 годах для разных возрастных категорий женской части населения.

В качестве исходных данных для анализа используются данные Управления Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай, таблица возрастных коэффициентов рождаемости в Алтайском крае

Таблица 1.

**Возрастные коэффициенты рождаемости**

Годы	Родившиеся в среднем за год на 1000 женщин в возрасте, лет							
	моложе 20	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	15–49
2000	35,4	101,5	66,5	32,5	9,3	1,7	0,1	33,8
2001	33,3	101,6	67,6	35,1	10,9	1,7	0,1	34,6
2002	33,8	102,8	74,3	39,9	11,1	2,1	0,1	36,9
2003	33,1	102,2	77,8	42,3	14,0	2,3	0,1	38,5
2004	33,2	97,3	78,2	40,9	13,9	2,2	0,0	38,4
2005	32,9	88,5	73,1	40,9	14,4	2,4	0,1	37,0
2006	33,9	93,8	71,4	41,0	15,3	2,3	0,1	37,7
2007	35,2	97,4	85,0	51,1	19,6	2,6	0,1	42,8
2008	36,7	102,3	94,2	59,4	23,3	3,7	0,1	47,5
2009	35,0	101,6	97,7	61,0	25,3	4,0	0,1	49,0
2010	33,4	96,9	100,1	65,6	28,5	4,6	0,2	50,1
2011	31,8	97,1	102,2	67,4	29,4	5,8	0,2	51,2
2012	33,3	101,5	112,4	76,5	36	6,1	0,2	56,2
2013	34,3	100,2	112,7	78,1	36,5	7,0	0,3	56,2
2014	33,2	98,6	114,1	79,5	36,5	7,8	0,4	55,8
2015	28,9	95,8	112,7	80,6	36,8	7,8	0,4	54,1

Алгоритм определения параметров нечеткой линейной регрессии дает следующие значения коэффициентов регрессии по возрастным категориям и усредненные коэффициенты:

- до 20 лет  $k=-0,314$  ,  $b=665$ ,  $D=2,8$
- 20–24 года  $k=-0,083$  ,  $b=263$ ,  $D=7,0$
- 25–29 лет  $k=3,81$  ,  $b=-562$ ,  $D=9,1$
- 30–34 года  $k=3,66$  ,  $b=-7290$ ,  $D=6,8$
- 35–39 лет  $k=2,225$  ,  $b=-4444$ ,  $D=3,7$
- 40–44 года  $k=0,436$  ,  $b=-871$ ,  $D=1,08$
- 45–49 лет  $k=0,021$  ,  $b=-43$ ,  $D=0,096$
- средний  $k=1,822$  ,  $b=-3614$ ,  $D=3,8$

С использованием метода нечеткой линейной регрессии, нами были построены графики динамики коэффициентов рождаемости в Алтайском крае. Выборочная совокупность разделена на семь возрастных групп, а динамика деторождений рассмотрена независимо для каждой группы. Построенные графики косвенно демонстрируют реакцию представительниц разного возраста на такие внешние

факторы, как программа по выдаче материнского капитала, региональные меры поддержки молодых семей, многодетных семей и т.д.

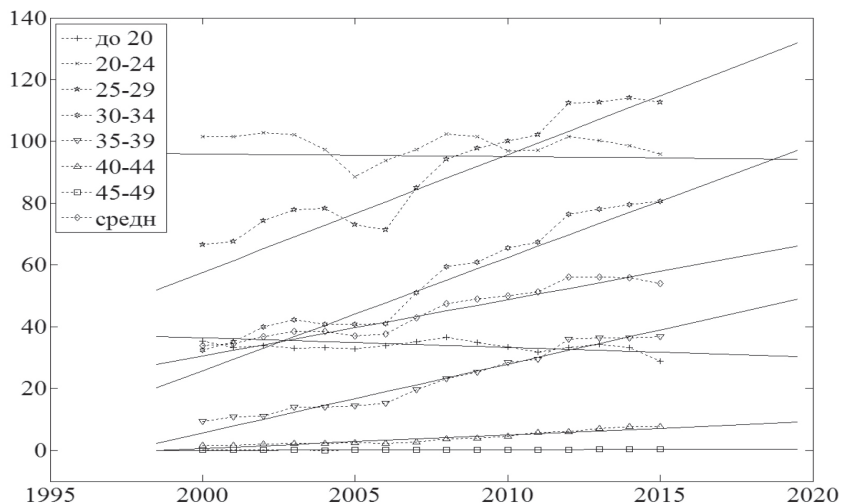


Рис. 1. Изменение коэффициентов рождаемости по возрастным категориям

Для более детального анализа нами были построены и рассмотрены две дополнительные прогностические модели для крайних возрастных групп.

На данном графике представлена модель динамики числа деторождений для возрастной группы женщин до 20 лет, где пунктирной прямой построена линия стандартной статистической регрессии, а сплошной – модель нечеткой линейной регрессии. Анализируя представленные графики, можно сделать вывод о расхождении прогностических моделей числа деторождений, сформированных на основе разных методик. Имеются объективные основания говорить о большей вероятности развития второй модели, т.к. «европейский» сценарий построения жизненных стратегий, где карьера, материальное благополучие, жизненный успех становятся приоритетными ценностями, отодвигая время вступления в брак, рождение детей, становится всё более популярным для молодого поколения. И это наглядно демонстрирует модель, построенная методом нечеткой регрессии.

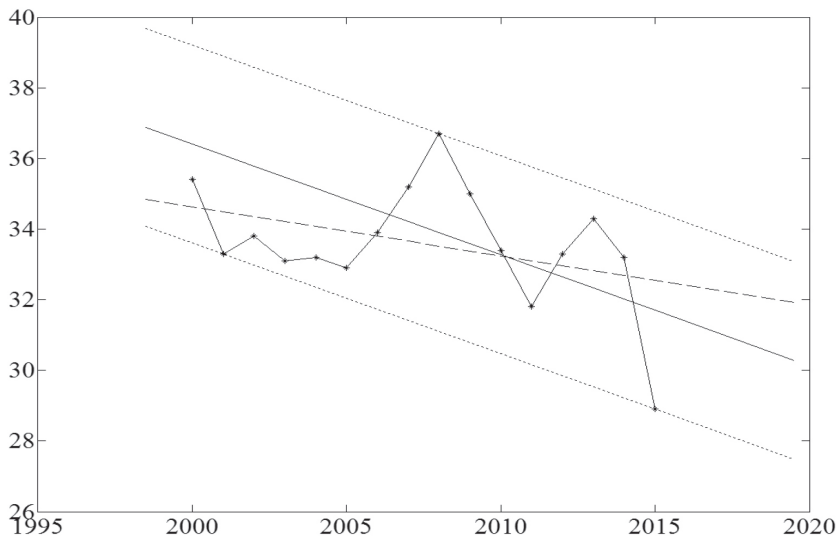


Рис. 2. Изменение коэффициентов рождаемости для возрастной группы до 20 лет

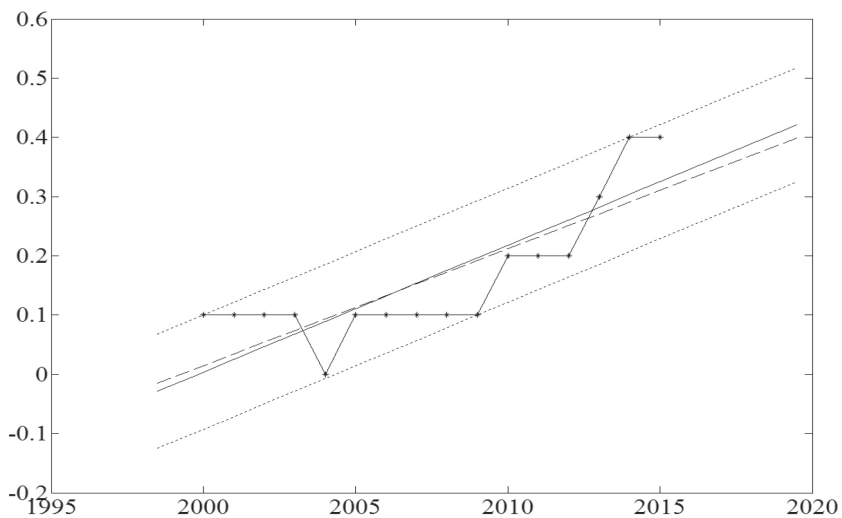


Рис. 3. Изменение коэффициентов рождаемости для возрастной группы 45–49 лет

Анализируя динамику деторождений в данной возрастной группе, с помощью метода нечеткой линейной регрессии, мы можем пред-

положить в перспективе большее число детей на одну женщину зрелого возраста в Алтайском крае, что косвенно может говорить о прогнозируемом увеличении доли семей с двумя детьми, многодетных семей. Данная перспектива желательна для нашего региона в связи с текущей демографической ситуацией, а сохранение положительной динамики возможно при продолжении региональных и федеральных программ господдержки материнства и детства.

Представленные материалы говорят о высоком прогностическом потенциале теории нечетких временных рядов в построении различных моделей в социологическом прогнозировании и, следовательно, их большей практической значимости при анализе эмпирического социологического материала и формировании системы мер по решению латентных и явных социальных проблем в современном обществе.

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

### **Список литературы**

1. Bissierier A., Boukezzoula R., Galichet S., Linear Fuzzy Regression Using Trapezoidal Fuzzy Intervals // Journal of Uncertain Systems, v.4 (2010) no.1, pp. 59–72. URL: <http://www.worldacademicunion.com/journal/jus/jusVol04No1paper06.pdf> (дата обращения: 08.06.2017).
2. Peters G., Fuzzy linear regression with fuzzy intervals, Fuzzy Sets and Systems, v.63(1994), n.1, pp. 45–55.
3. Savic D.A., and W. Pedrycz, Evaluation of fuzzy linear regression models, Fuzzy Sets and Systems, v.39(1991), pp. 51–63.
4. Tanaka H., Uejima S., Asai K., Linear Regression Analysis with Fuzzy Model // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, v. 12(1982). no. 6, pp. 903–907.
5. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Computation, v.8(1965), pp. 338–353.
6. Вараксин С.В., Вараксина Н.В. Социологический анализ демографических процессов в Алтайском крае на основе метода нечеткой



- линейной регрессии // Политика и Общество. 2017. № 5. С. 10–18. DOI: 10.7256/2454-0684.2017.5.23187. URL: [http://e-notabene.ru/ppo/article\\_23187.html](http://e-notabene.ru/ppo/article_23187.html) (дата обращения: 26.06.2017).
7. Вараксин С.В., Вараксина Н.В., Гончарова Н.П. Моделирование демографических процессов с помощью нечетких степенных рядов // Навстречу будущему. Прогнозирование в социологических исследованиях: Международная социологическая Грушинская конференция, 15–16 марта 2017 г., Фонд «Всероссийский центр изучения общественного мнения», ФГБОУ РАНХиГС: Материалы конференции / Отв. ред. А.В. Кулешова. М.: АО «ВЦИОМ», 2017, pp. 900–911.
  8. Вараксина Н.В., Вараксин С.В., Гончарова Н.П. Применение метода нечеткой линейной регрессии к моделированию демографических процессов // Социология в современном мире: наука, образование, творчество. Сб. статей. Изд. Алтайского госуниверситета, Барнаул, ч.1(2017). Вып. 9, pp. 2–5.
  9. Пономарев И.В., Славский В.В. Нечеткая модель линейной регрессии // Доклады Академии наук, т. 428(2009), №5, pp. 598–600.
  10. Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай / Официальная статистика / Алтайский край / Население URL: [http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/akstat/ru/statistics/altayRegionStat/population/](http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/akstat/ru/statistics/altayRegionStat/population/) (дата обращения: 08.06.2017).

### References

1. Bissierier A., Boukezzoula R., Galichet S. Linear Fuzzy Regression Using Trapezoidal Fuzzy Intervals. *Journal of Uncertain Systems*, v.4 (2010) no.1, pp. 59–72. <http://www.worldacademicunion.com/journal/jus/jusVol04No1paper06.pdf>(accessed: June 8, 2017).
2. Peters G. Fuzzy linear regression with fuzzy intervals, *Fuzzy Sets and Systems*, v.63(1994), n.1, pp. 45–55.
3. Savic D.A., and W. Pedrycz. Evaluation of fuzzy linear regression models, *Fuzzy Sets and Systems*, v.39(1991), pp. 51–63.
4. Tanaka H., Uejima S., Asai K. Linear Regression Analysis with Fuzzy Model. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v. 12(1982). no. 6, p. 903–907.

5. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Computation*, v.8(1965), pp. 338–353.
6. Varaksin S.V., Varaksina N.V. Sotsiologicheskiiy analiz demograficheskikh protsessov v Altayskom kraye na osnove metoda nechetkoy lineynoy regressii [Sociological analysis of demographic processes in the Altai Territory based on the fuzzy linear regression method]. *Politika i Obshchestvo* [Politics and Society]. 2017. No. 5, pp. 10–18. DOI: 10.7256/2454-0684.2017.5.23187. [http://e-notabene.ru/ppo/article\\_23187.html](http://e-notabene.ru/ppo/article_23187.html) (accessed: June 26, 2017).
7. Varaksin S.V., Varaksina N.V., Goncharova N.P. Modelirovanie demograficheskikh protsessov s pomoshch'yu nechetkikh stepennykh ryadov [Modeling of demographic processes with the fuzzy power series]. *Navstrechu budushchemu. Prognozirovaniye v sotsio–logicheskikh issledovaniyakh: Mezhdunarodnaya sotsiologicheskaya Grushinskaya konferentsiya* [Towards the future. Forecasting in sociological research: International Sociological Grushinsky Conference], 15–16 march 2017, Found «Vserossiiskiiy tsentr izucheniya obshchestvennogo mneniya», FGBOU RANKhiGS: Materialy konferentsii [Conference materials] / A.V. Kuleshova (ed.). M.: AO «VTsIOM», 2017, pp. 900–911.
8. Varaksina N.V., Varaksin S.V., Goncharova N.P. Primeneniye metoda nechetkoi lineinoi regressii k modelirovaniyu demograficheskikh protsessov [Application of the fuzzy linear regression method to the modeling of demographic processes]. *Sotsiologiya v sovremennom mire: nauka, obrazovanie, tvorchestvo* [Sociology in the modern world: science, education, creativity, digest of articles]. Altai State Univ. Publ., Barnaul, 2017, part 1, v.9, pp. 2–5.
9. Ponomarev I.V., Slavskii V.V. Nechetkaya model' lineinoi regressii [Fuzzy linear regression model]. *Doklady Akademii nauk*, 2009. v. 428, n. 5, pp. 598–600.
10. Upravleniye Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Altayskomu kraiyu i Respublike Altai / Ofitsial'naya statistika / Altayskiiy kraj / Naseleniye [Office of the Federal State Statistics Service for the Altai Territory and the Altai Republic / Official statistics / Altai Territory /

Population]. [http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/akstat/ru/statistics/altayRegionStat/population/](http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/akstat/ru/statistics/altayRegionStat/population/) (accessed: May 31, 2017).

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Вараксин Сергей Владимирович**, доцент кафедры алгебры и математической логики, к.ф.-н.

*Алтайский государственный университет*

*Ленинский пр-т, 61, г. Барнаул, Алтайский край, 656049, Российская Федерация*

*varaksin@bk.ru*

**Вараксина Наталья Владимировна**, доцент кафедры общей социологии, к.с.н.

*Алтайский государственный университет*

*Ленинский пр-т, 61, г. Барнаул, Алтайский край, 656049, Российская Федерация*

*varaksins@yandex.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Varaksin Sergei Vladimirovich**, Associate Professor of the Chair of Algebra and Mathematical Logic, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

*Altai State University*

*61, Leninskii pr., Barnaul, Altai region, 656049, Russian Federation*

*varaksin@bk.ru*

*SPIN-code: 1297-5457*

*Scopus Author ID: 8884556800*

**Varaksina Natalya Vladimirovna**, Associate Professor of the Chair of General Sociology, Candidate of Sociological Sciences

*Altai State University*

*61, Leninskii pr., Barnaul, Altai region, 656049, Russian Federation*

*varaksins@yandex.ru*

*SPIN-code: 2122-4560*