

**ВОЗМОЖНОСТИ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКИХ
РЯДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

О. С. Кошевой

**POSSIBILITIES OF ECONOMETRIC MODELING
USING DYNAMIC SERIES FOR EVALUATING
AND FORECASTING SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT**

O. S. Koshevoy

Аннотация. Предмет и цель работы. Демографическая ситуация в Российской Федерации напрямую влияет на показатели рынка труда, что в конечном счете отражается на уровне экономической безопасности страны. Принимая во внимание негативные тенденции, связанные с показателями рождаемости, начиная с 2013 года, следует констатировать высокую актуальность научных исследований, посвященных вопросу воспроизводства рабочей силы. При этом важнейший демографический показатель «рождаемость» определяется как одно из приоритетных направлений развития социально-экономической сферы на современном этапе. *Методы.* Информационные ресурсы официальной статистики и их графический анализ. Эконометрическое моделирование оценки влияния числа браков на рождаемость с использованием динамических рядов позволяет производить диагностику состояния исследуемого показателя в будущем в зависимости от состояния показателя в текущий момент времени. *Результаты.* Оценка перспектив изменения рождаемости в прогнозном периоде в зависимости от количества браков. *Выводы.* Сформированы направления повышения показателей рождаемости.

Ключевые слова: рождаемость, браки, динамические ряды распределения, лаг, модель, зависимая переменная, независимая переменная.

Abstract. Subject and goals. The demographic situation in the Russian Federation has a direct impact on the performance of the labour market, which ultimately affects the economic security of the country. Given the negative factors associated with fertility rates since 2013, research on labour reproduction is relevant. At the same time, the most important demographic indicator "fertility" is defined as one of the priority directions of development of the social and economic sphere at the present stage. *Methods.* Information resources of official statistics and their graphical analysis. Econometric simulation of the estimation of the effect of marriage on fertility using dynamic series, which allow to diagnose the condition of the investigated indicator in the future, depending on the standing of the indicator at the current moment of time. *Results.* Assessment of fertility prospects in the forecast period depending on the number of marriages. *Conclusions.* Directions for increasing fertility rates have been formed.

Keywords: fertility, marriages, dynamic distribution series, lag, model, dependent variable, independent variable.

Введение

Переход экономики Российской Федерации к рыночным механизмам хозяйствования привел к резкому ухудшению демографической ситуации, особенно 1990-х гг. прошлого столетия. Несмотря на некоторое улучшение по-

казателей рождаемости в начале 2000-х гг., негативное влияние 1980–1990-х гг. приводит к нестабильности демографических процессов. Исходя из того, что демография является одним из механизмов реализации прорывных проектов в области социально-экономического развития РФ, вопросы улучшения демографии должны оставаться в центре внимания в деятельности органов государственной власти. На это прямо указано в Послании Президента Федеральному собранию 1 марта 2018 г.: «...в предстоящее десятилетие нужно обеспечить устойчивый естественный рост численности населения России...» [1].

На рис. 1 представлена динамика рождаемости по Пензенской области [2, 3].

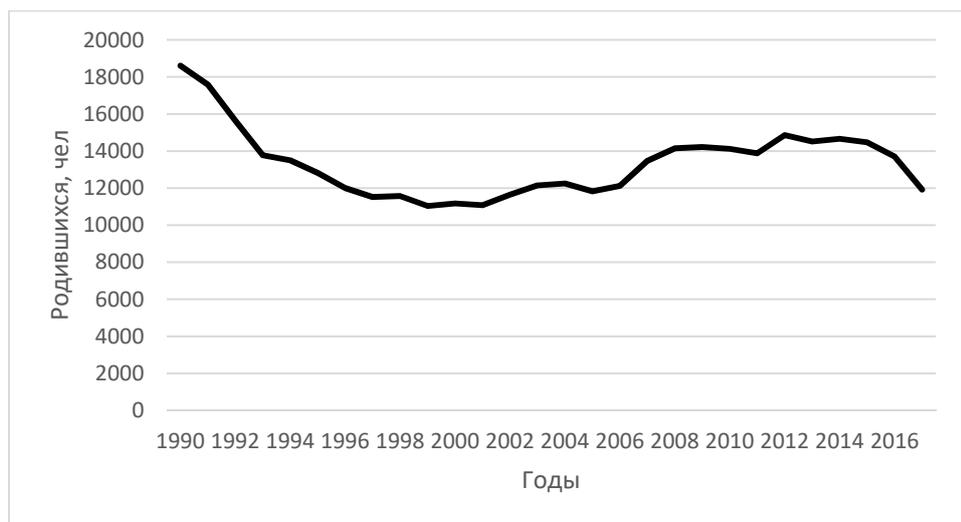


Рис. 1. Динамика рождаемости по Пензенской области

Из рис. 1 видно, что в структуре динамики рождаемости по Пензенской области четко просматривается волновой процесс. При этом рождаемость снижалась до 2000 г., затем наблюдался рост рождаемости и, начиная с 2011 г., опять наблюдается снижение рождаемости.

Из демографии известно, что одним из факторов, оказывающих непосредственное влияние на рождаемость, является количество браков, заключенных населением. На рис. 2 показана динамика изменения количества браков за рассматриваемый временной период.

Из сравнения рис. 1 и 2 видно, что основной волновой процесс на обоих рисунках совпадает, однако на кривой количества браков присутствует значительное число колебаний с периодом приблизительно в три года. Следовательно, для эконометрического моделирования зависимости рождаемости от числа браков целесообразно воспользоваться моделированием динамических временных рядов, в которых в качестве объясняющих переменных используются не только текущие, но и лаговые (переменные, относящиеся к предыдущим моментам времени) их значения [4, 5].

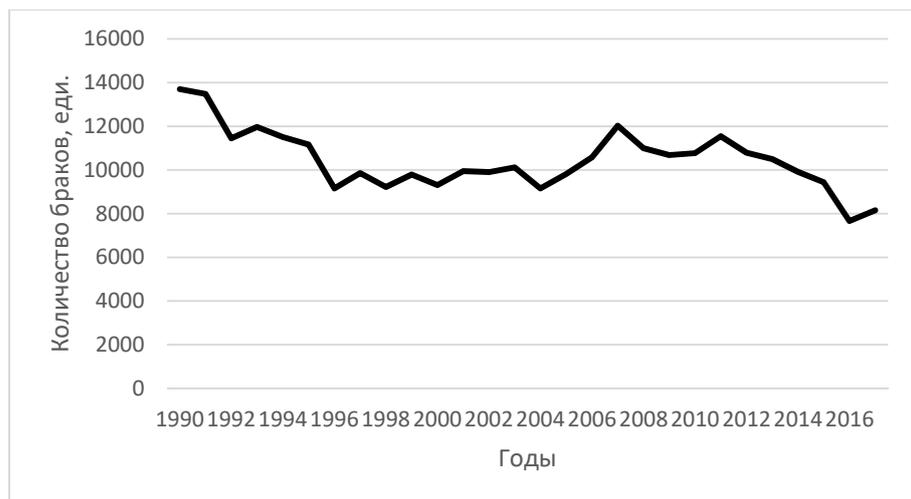


Рис. 2. Динамика количества браков по Пензенской области

Методы

В практике эконометрического моделирования находят использование авторегрессионные модели и модели с распределенным лагом.

Модели авторегрессии в правой части уравнения в качестве объясняющих переменных содержат значения зависимой переменной, сдвинутой относительно текущего времени на некоторый временной лаг, например, модель вида

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + \beta_1 y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где y_t – зависимая переменная; α , β_0 , β_1 – коэффициенты модели; x_t – объясняющая переменная; y_{t-1} – лаговое значение зависимой переменной; ε_t – остатки модели.

Исходя из сформулированной выше задачи эконометрического моделирования, для выполнения исследования воспользуемся вторым типом динамических эконометрических моделей, а именно моделями с распределенным лагом.

Моделями с распределенным лагом называются модели, содержащие в качестве объясняющих переменных x_t лаговые их значения x_{t-L} [6]:

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \dots + \beta_p x_{t-L} + \varepsilon_t. \quad (2)$$

В данном уравнении параметр β_0 отражает влияние объясняющей переменной x_t на зависимую переменную y_t без учета лаговых переменных x_{t-L} и называется мультипликатором в краткосрочном периоде.

Через L моментов времени суммарное влияние x_t на y_t определяется величиной $\beta = \beta_0 + \beta_1 + \dots + \beta_p$, называемой мультипликатором в долгосрочном периоде

Применение классического метода наименьших квадратов (МНК) к моделям с распределенным лагом в большинстве случаев ограничено вследствие [7]:

- текущие и лаговые значения объясняющей переменной приводят к проблеме мультиколлинеарности в используемых эконометрических моделях;
- при увеличении величины лага одновременно увеличивается размерность задачи, вследствие увеличения числа факторных признаков ($x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots$);
- в исследуемых моделях часто наблюдается явление автокорреляции.

Следствием указанных проблем является снижение точности и эффективности получаемых с использованием моделей оценок. Поэтому для динамических моделей с распределенным лагом разработаны специальные методы, к которым относятся:

- модель геометрических лагов (модель Койка);
- модель полиномиальных лагов (модель Алмона).

В модели Койка [6] используется допущение о том, что влияние объясняющей переменной на зависимую переменную продолжается бесконечно, а коэффициенты при лаговых значениях объясняющих переменных убывают в геометрической прогрессии [8] (рис. 3).

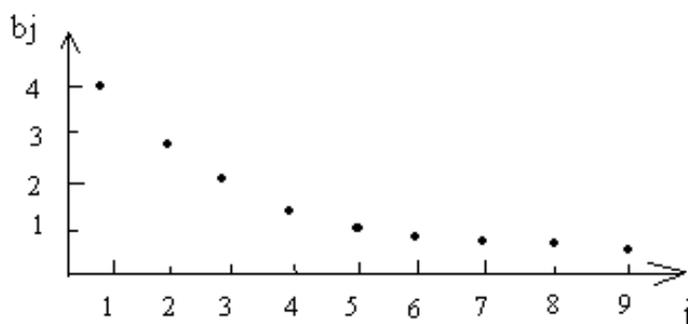


Рис. 3. Геометрическая структура лага

При этом модель имеет вид

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + \beta_0 \delta x_{t-1} + \beta_0 \delta^2 x_{t-2} + \beta_0 \delta^3 x_{t-3} + \dots + \varepsilon_t, \quad (3)$$

где δ – параметр, изменяющийся в пределах от 0 до 1.

Краткосрочный мультипликатор равен β_0 , а долгосрочный мультипликатор определяется выражением

$$\sum_{k=0}^{\infty} \beta_0 \delta^k = \frac{\beta_0}{1 - \delta}. \quad (4)$$

Тогда модель (3) содержит три неизвестных параметра (α, β_0, δ) и является нелинейной. Алгоритм построения модели заключается в следующем.

1. Из интервала (0;1) с заданным исследователем шагом последовательно выбираются значения δ , и для каждого выбранного значения рассчитываются переменные вида $z_t = x_t + \delta x_{t-1} + \delta^2 x_{t-2} + \delta^3 x_{t-3} + \dots + \delta^L x_{t-L}$. При этом величина лага L ограничивается условием, что дальнейшее его увеличение не приводит к существенному изменению z_t .

2. Строится и оценивается регрессионное уравнение вида

$$\hat{y}_t = \alpha + \beta_0 z_t. \quad (5)$$

3. Принимается значение δ , при котором коэффициент детерминации R^2 является наибольшим. Зная δ , окончательно строится регрессионное уравнение.

Использование представленного алгоритма позволяет избежать проблему мультиколлинеарности объясняющих переменных. Кроме того, преимуществом модели Койка является то, что в представленном алгоритме с помощью обычного (МНК) оценивается преобразованное уравнение парной линейной регрессии вида (5), что значительно проще и точнее, чем оценка исходной нелинейной модели. Недостатком модели Койка является нарушение первого условия Гаусса – Маркова, в результате чего полученные оценки параметров могут оказаться смещенными и несостоятельными [7].

В модели Алмона используется гипотеза о том, что зависимость коэффициентов при лаговых значениях объясняющей переменной от величины лага описывается полиномом второй либо третьей степени (рис. 4), а величина лага L – известна.

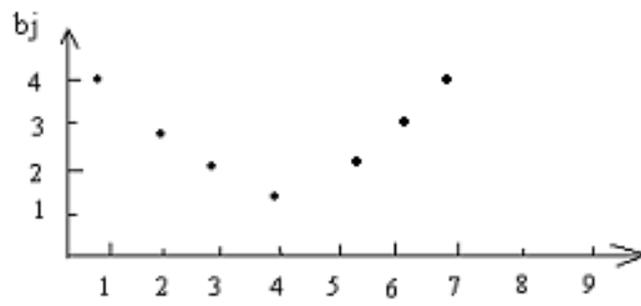


Рис. 4. Полиномиальная структура лага

Тогда для полинома второй степени и для величины лага $L = 3$ исходная модель имеет вид

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + \beta_3 x_{t-3} + \dots + \varepsilon_t, \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} \beta_0 &= \gamma_0; \\ \beta_1 &= \gamma_0 + \gamma_1 + \gamma_2; \\ \beta_2 &= \gamma_0 + 2\gamma_1 + 4\gamma_2; \\ \beta_3 &= \gamma_0 + 3\gamma_1 + 9\gamma_2. \end{aligned}$$

Преобразованная модель имеет вид

$$y_t = \alpha + \gamma_0 z_0 + \gamma_1 z_1 + \gamma_2 z_2, \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} z_0 &= x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + x_{t-3}; \\ z_1 &= x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3}; \\ z_2 &= x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3}. \end{aligned}$$

Далее с помощью МНК оцениваются параметры преобразованной модели (7), а затем рассчитываются параметры исходной модели (6).

Основными преимуществами модели Амона являются универсальность и простота практической реализации [8].

В качестве недостатков модели Амона следует отметить следующие [8]:

1. В большинстве практических эконометрических задач величина лага L заранее неизвестна. При этом, если принятое в исследовании значение лага L будет меньше, чем в реальном процессе, то это означает, что в модели регрессии не будет учтена значимая объясняющая переменная, влияние которой скажется в случайных остатках, что, в свою очередь, приведет к получению неэффективных и смещенных оценок параметров эконометрической модели. И, наоборот, если принятое в исследовании значение лага L будет больше, чем в реальном процессе, то это означает, что в модель регрессии будет включена незначимая объясняющая переменная, в результате чего снизится эффективность полученных оценок параметров модели.

2. На практике заранее неизвестна степень полинома представления лаговых преобразований.

Основным направлением преодоления указанных трудностей является построение нескольких моделей с различной величиной лага и различной степенью полинома и выбор из полученных моделей той, которая является статистически значимой и в наибольшей степени отражает конечные цели эконометрического исследования. В условиях наличия значительного количества всевозможных инструментов в большинстве статистических пакетов данное направление не вызывает проблем реализации.

Результаты

Анализ методов построения и практической реализации динамических рядов, изложенный ранее, показывает, что наиболее приемлемым для решения задачи эконометрического моделирования зависимости рождаемости от числа браков является модель Алмона, поскольку величина лага нам заранее известна ($L = 3$), предполагаем, что именно этот случай представлен на рис. 2.

Фрагмент исходных статистических данных для выполнения моделирования представлен в табл. 1 [4, 5].

Таблица 1

Динамика рождаемости и количества браков в Пензенской области

Год	Рождаемость, чел, y_i	Количество браков, x_t	x_{t-1}	x_{t-2}	x_{t-3}	Z_0	Z_1	Z_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1992	15 634	11 451	13 478	13 701		38 630	40 880	65 363
1993	13 772	11 971	11 451	13 478		36 900	38 407	57 775
1994	13 500	11 510	11 971	11 451		34 932	34 873	59 394
1995	12 817	11 167	11 510	11 971		34 648	35 452	57 207
2000	11 172	9305	9791	9221		28 317	28 233	48 469
2001	11 080	9946	9305	9791		29 042	28 887	47 166
2002	11 645	9900	9946	9305		29 151	28 556	49 684
2003	12 150	10 122	9900	9946		29 968	29 792	49 684
2004	12 246	9156	10122	9900		29 178	29 922	49 722

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2005	11 827	9812	9156	10 122		29 090	31 028	49 684
2010	14 115	10 772	10 679	10 997		32 448	33 500	49 684
2011	13 877	11 541	10 772	10 679		32 992	34 736	49 684
2012	14 859	10 789	11 541	10 772		33 102	33 085	54 629
2013	14 516	10 502	10 789	11 541		32 832	31 030	49 686
2014	14 666	9915	10 502	10 789		31 206	35 972	49 684
2015	14 471	9441	9915	10 502		29 858	37 208	49 684
2016	13 705	7663	9441	9915		27 019	31 028	49 101
2017	11 922	8153	7663	9441		25 257	31 028	49 687

Используя инструмент *Регрессия* надстройки *Пакета анализа* табличного процессора MS Excel, получим преобразованную модель в виде линейного уравнения регрессии:

$$\hat{y}_t = 11330 + 0,41z_1 - 0,17Z_2. \quad (8)$$

Остальные параметры в уравнении (8) оказались незначимыми. Определяем параметры исходной модели (8):

$$\beta_0 = 0; \beta_1 = 0,24; \beta_2 = 0,14; \beta_3 = -0,3.$$

Тогда окончательно модель Амона будет иметь вид

$$\hat{y}_t = 111330 + 0,24x_{t-1} + 0,17x_{t-2} - 0,3x_{t-3}. \quad (9)$$

Выводы

Анализ построенной модели позволяет сделать вывод о том, что увеличение рождаемости в текущем периоде на одного человека приведет к изменению уровня рождаемости через три года примерно на 11 %, т.е. в прогнозном периоде будет наблюдаться рост рождаемости, хотя и достаточно медленными темпами.

К основным причинам, ограничивающим принятие решения о рождении ребенка со стороны женщины, относятся финансовые трудности и прерывание карьерного роста.

Правительство постоянно уделяет внимание увеличению рождаемости. Это и «материнский капитал», действие которого продлено до 2022 г., и ежемесячное пособие на рождение первенца для семей, чей среднедушевой доход не превышает 150 % величины прожиточного минимума трудоспособного населения в регионе.

В Пензенской области разработана Концепция демографической политики на период до 2025 г., в соответствии с которой выплачивается 16 видов пособий на детей и матерей [9].

Однако, несмотря на эффективность мер, принимаемых правительством, демографическая ситуация в Пензенской области продолжает оставаться близкой к критической. Помимо материальной поддержки молодых семей и использования традиционных формы воздействия на молодую семью, таких как различного вида коллективные форумы, конференции, круглые столы и т.п. необходимо для агитационной работы шире привлекать специалистов в области демографии и прежде всего в социальных сетях, где в настоящее время присутствует и общается подавляющее число молодежи РФ.

Библиографический список

1. Послание Президента Федеральному собранию. 1 марта 2018 г. – URL: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/56957> (дата обращения 20.11.2019)
2. Пензенская область. Основные показатели развития с 1991 г. по 2009 г. Комплексный статистический сборник. – Пенза : Пензастат, 2010. – 587 с.
3. Пензенская область. Статистический ежегодник. – Пенза : Пензастат, 2018. – 363 с.
4. Сажин, Ю. В. Эконометрика : учебник / Ю. В. Сажин, И. А. Иванова. – Саранск : Мордов. гос. ун-т., 2014. – 316 с.
5. Замков, О. О. Эконометрические методы в макроэкономическом анализе : курс лекций / О. О. Замков. – Москва : ГУ ВШЭ, 2001. – 122 с.
6. Нименья, И. И. Эконометрика / И. И. Нименья. – Санкт-Петербург : Издательский Дом «Нева», 2003.
7. Ежеманская, С. Н. Эконометрика / С. Н. Ежеманская // Серия «Учебники, учебные пособия». – Ростов н/Д : Феникс, 2003.
8. Новиков, А. И. Эконометрика : учеб. пособие / А. И. Новиков. – Москва : ИНФРА-М, 2003.
9. Концепция демографической политики Пензенской области на период до 2025 года : закон Пензенской области № 1889-ЗПО [принят 21 апреля 2010 года].

References

1. *Poslanie Prezidenta Federal'nomu sobraniyu. 1 marta 2018 g.* [The President 's message to the Federal Assembly]. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/56957> (accessed Nov. 20, 2019). [In Russian]
2. *Penzenskaya oblast'. Osnovnyye pokazateli razvitiya s 1991 g. po 2009 g. Kompleksnyy statisticheskiy sbornik* [Penza region. Key development indicators since 1991 to 2009 comprehensive statistical compendium]. Penza: Penzastat, 2010, 587 p. [In Russian]
3. *Penzenskaya oblast'. Statisticheskiy ezhegodnik* [Penza region. Statistical yearbook]. Penza: Penzastat, 2018, 363 p. [In Russian]
4. Sazhin Yu. V., Ivanova I. A. *Ekonometrika: uchebnik* [Econometrica: textbook]. Saransk: Mordov. gos. un-t., 2014, 316 p. [In Russian]
5. Zamkov O. O. *Ekonometricheskie metody v makroekonomicheskom analize: kurs lektсий* [Econometric Methods in Macroeconomic Analysis: Course of Lectures]. Moscow: GU VShE, 2001, 122 p. [In Russian]
6. Nimen'ya I. I. *Ekonometrika* [Econometrica]. Saint-Petersburg: Izdatel'skiy Dom «Neva», 2003. [In Russian]
7. Ezhemanskaya S. N. *Seriya «Uchebniki, uchebnye posobiya»* [Series "Textbooks, tutorials"]. Rostov-on-Don: Feniks, 2003. [In Russian]
8. Novikov A. I. *Ekonometrika: ucheb. posobie* [Econometrica: Study allowance]. Moscow: INFRA-M, 2003. [In Russian]
9. *Kontseptsiya demograficheskoy politiki Penzenskoy oblasti na period do 2025 goda: zakon Penzenskoy oblasti № 1889-ZPO [prinyat 21 aprelya 2010 goda]* [Concept of population policy of Penza region for the period up to 2025]. [In Russian]

Кошевой Олег Сергеевич

доктор технических наук, профессор,
кафедра экономики и финансов,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: olaa1@yandex.ru

Koshevoy Oleg Sergeevich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of economics and finances,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Кошевой, О. С. Возможности эконометрического моделирования с помощью динамических рядов для оценки и прогнозирования социально-экономического развития / О. С. Кошевой // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 3 (31). – С. 20–28.