УДК 330.341:339.923

JEL F63

DOI: 10.17213/2312-6469-2020-1-353-359

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АНАЛИЗА ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

© *И.В. Яковенко* 2020

*Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия*

Статья посвящена построению экономико-математических моделей, позволяющих осуществлять анализ, мониторинг и прогнозирование демографической ситуации в одном из субъектов Российской Федерации – Ростовской области. Демографическая ситуация оценивается с помощью коэффициента рождаемости в зависимости от показателей социально-экономического развития административно-территориальных единиц региона. Экономико-математические модели строились на основе обработки статистических данных, характеризующих городские округа и муниципальные районы Ростовской области.

Ключевые слова: демографический потенциал, прогнозирование, экономико-математические модели.

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS FOR ANALYZING THE FEATURES OF THE REGION'S DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT

© *I.V. Yakovenko* 2020

*Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
Novocherkassk, Russia*

The article is devoted to the construction of economic and mathematical models that allow analysis, monitoring and forecasting of the demographic situation in one of the subjects of the Russian Federation – the Rostov region. The demographic situation is estimated using the birth rate, depending on the indicators of socio-economic development of the administrative-territorial units of the region. Economic and mathematical models were built on the basis of processing statistical data that characterize urban districts and municipal districts of the Rostov region.

Keywords: demographic potential, forecasting, economic and mathematical models.

Введение

В настоящее время механизмы пространственного развития России формируются в сложных условиях, вызванных воздействием геополитических и геоэкономических факторов, дестабилизирующих процессы социально-экономического развития страны. В связи с этим решение проблем ускорения социально-экономического развития России в целом и её административно-территориальных образований выдвигаются на передний план. Решение задачи ускорения социально-экономического роста любой страны во многом определяется уровнем развития её административно-территориальных единиц. В научных исследованиях наблюдается повышенный интерес к изучению экономических проблем и особенностей, возникающих при управлении субъектами Российской Федерации. В утверждённой правительством Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года [1] акцентируется внимание на том, что без повышения эффективности регионального управления обеспечение ускорения социально-экономического роста всей страны является неразрешимой задачей. Среди основных проблем пространственного развития Российской Федерации, кроме высокого уровня межрегионального социально-экономического неравенства, отмечено «возрастание демографической нагрузки на трудоспособное население» [1] и «ухудшение демографической ситуации вследствие снижения рождаемости» [1]. Одним из ключевых факторов социально-экономического развития субъектов Российской Федерации является демографический и трудовой потенциал, т.к. недостаточное количество трудовых ресурсов – это значительный тормоз формирования экономического потенциала. В послании Президента РФ Федеральному собранию от 15 января 2020 года [2] сфокусировано внимание на решении масштабных социально-экономических задач, среди которых ключевую позицию занимают демографические процессы: «судьба России, её историческая перспектива» зависит от количества детей, рождающихся в семьях российских граждан. Является очевидным, что основные микро- и макроэкономические показатели развития страны сильно коррелированы с демографическими показателями. В настоящей статье исследована взаимосвязь естественного прироста населения от социально-экономических показателей одного из субъектов Северо-Кавказского федерального округа Российской Федерации – Ростовской области, отличающейся от других регионов высоким научно-производственным и ресурсным потенциалом.

Метод исследования

В состав Ростовской области включены такие муниципальные образования, как городские округа и муниципальные районы. Естественный прирост населения P_i административно-территориальных единиц $i = \overline{1, k}$, определяемый с помощью коэффициента рождаемости Ростовской области, изучался в зависимости от следующих показателей социально-экономического развития:

v_{i1} – среднемесячная начисленная заработная плата на одного работника;

v_{i2} – индекс промышленного производства;

v_{i3} – уровень регистрируемой безработицы;

v_{i4} – среднесписочная численность работников по полному кругу предприятий и организаций;

v_{i5} – ввод в действие общей площади жилых домов.

Коэффициент рождаемости P_i определяется как число родившихся R_i в конкретном административно-территориальном образовании, приходящихся на 1000 человек: $P_i = R_i / N_i$, где N_i – численность населения исследуемой территории.

Задача исследования заключается в определении вида связи между показателем естественного прироста населения P и набором показателей $\{v_i\}_{i=1}^5$ посредством нахождения коэффициентов парных корреляций

$$r_{P/v_i} = \frac{\sum_{j=1}^k (P_j - \bar{P})(v_{ij} - \bar{v}_i)}{k\delta_P\delta_{v_i}}, \text{ а также определения вида зависимости}$$

$P = F(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$. Для построения зависимости

$P = F(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$ была собрана выборка характеристик $\{P_j\}_{j=1}^k$ и $\{\{v_{ij}\}_{i=1}^5\}_{j=1}^k$, где индекс $i = \overline{1,5}$ указывает на конкретный показатель соци-

ально-экономического развития, а $j = \overline{1,k}$ – на административно-территориальное образование Ростовской области. Показатели, характеризующие величину рождаемости населения административно-территориальных единиц $j = \overline{1,k}$, обозначены переменными $\{\tilde{P}_j\}_{j=1}^k$. Вид зависимости определялся таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений данных $\{\tilde{P}_j\}_{j=1}^k$,

полученных в ходе эксперимента, отличалась от данных $\{P_j\}_{j=1}^k$, полученных по модели, с наименьшей ошибкой: $\sum_{j=1}^n (\tilde{P}_j - P)^2 \rightarrow \min$. Если вели-

чины коэффициентов парных корреляций являются значимыми, то есть смысл искать зависимость $P = F(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$ в классе функциональной зависимости:

$$P = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5.$$

Определение коэффициентов a_i , $i = \overline{1,5}$ сводится к нахождению экстремума функции

условием которого являются:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)}{\partial a_0} &= 0; \quad \frac{\partial F(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)}{\partial a_1} = 0; \\ \frac{\partial F(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)}{\partial a_2} &= 0; \quad \frac{\partial F(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)}{\partial a_3} = 0; \\ \frac{\partial F(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)}{\partial a_4} &= 0; \quad \frac{\partial F(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)}{\partial a_5} = 0. \end{aligned}$$

Для аппроксимации экспериментальных данных линейной моделью строится система уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} na_0 + a_1 \sum_{j=1}^k v_{1j} + a_2 \sum_{j=1}^k v_{2j} + \dots + a_5 \sum_{j=1}^k v_{5j} &= \sum_{j=1}^k Y_j; \\ a_0 \sum_{j=1}^k v_{1j} + a_1 \sum_{j=1}^k v_{1j}^2 + a_2 \sum_{j=1}^k v_{1j} v_{2j} + \dots + a_k \sum_{j=1}^k v_{1j} v_{kj} &= \sum_{i=1}^k v_{1j} Y_j; \\ a_0 \sum_{j=1}^k v_{2j} + a_1 \sum_{j=1}^k v_{1j} v_{2j} + a_2 \sum_{j=1}^k v_{2j}^2 + \dots + a_k \sum_{j=1}^k v_{2j} v_{kj} &= \sum_{i=1}^k v_{2j} Y_j; \\ \dots &\dots \\ a_0 \sum_{j=1}^k v_{5j} + a_1 \sum_{j=1}^k v_{1j} v_{5j} + a_2 \sum_{j=1}^k v_{2j} v_{5j} + \dots + a_k \sum_{j=1}^k v_{5j}^2 &= \sum_{j=1}^k v_{5j} Y_j. \end{aligned} \right.$$

Коэффициенты a_i , $i = \overline{1,5}$, полученные в результате решения составленной системы уравнений, позволяют определить вид линейной зависимости $P = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5$.

Для реализации модели $P = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5$ были

собраны статистические данные, характеризующие городские округа (рис. 1) и муниципальные районы (рис. 2) Ростовской области. Результаты корреляционного анализа показателей коэффициентов рождаемости по группам «Городские округа» (рис. 3, а) и «Муниципальные районы» (рис. 3, б) показал следующее. Коэффициенты парных корреляций демонстрируют прямую статистическую связь между коэффициентами рождаемости в городских округах, муниципальных районах и следующими показателями:

– среднемесячной заработной платой на одного работника.
 $v_1 (r_{p/v1} = 0,57; \tilde{r}_{p/v1} = 0,37);$

	1 v1	2 v2	3 v3	4 v4	5 v5	6 P
Ростов-на-Дону	39808,2	102,5	0,4	430696	886426	8,2
Азов	28364,3	98,2	0,8	22746	30750	7,6
Батайск	31762,7	128	0,8	25952	104889	11
Волгодонск	34439,6	110,6	0,6	47234	48557	6,4
Гуково	24560,1	95,1	1	8241	48557	5
Донецк	22069,9	83,5	1,3	6032	8459	5
Зверево	29740,6	77	0,7	5179	3643	8,15
Каменск-Шахтинский	31797,8	102,2	0,9	26498	1605	6,7
Новочеркасск	33529,6	94,3	0,4	46074	12219	7,5
Новошахтинск	25854,3	106,5	1,1	13591	91465	6
Таганрог	32335,7	130,7	0,8	75756	10069	7,9
Шахты	28468,7	115,1	1,2	40250	58821	6,49

Рис. 1. Статистические данные, характеризующие зависимость коэффициента рождаемости городских округов Ростовской области от показателей $\{\{v_{ij}\}_{i=1}^5\}_{j=1}^k$

	1 v1	2 v2	3 v3	4 v4	5 v5	6 P
Белокалитвинский	27032	132	0,9	19025	13011	6,8
Боковский	21944,3	87,2	1,3	2183	3607	6,86
Верхнедонской	21311,3	116,5	1,2	2781	2221	5,7
Веселовский	25545,9	70	0,6	4006	5444	7
Волгодонской	21760,3	77,8	1,1	2969	8067	7,5
Дубовский	22655,4	93,7	1,5	2580	1216	7,57
Егорлыкский	22694,7	111,7	1,2	4233	8128	7,7
Заветинский	25058,4	102,6	1,5	1830	173	6,2
Зерноградский	31373,6	129,1	1	11154	5452	8,2
Зимовниковский	29091,8	86,7	0,6	5490	4287	8,7
Кагальницкий	33062,5	82,7	1,3	5442	10457	9
Каменский	25373,9	112,7	1,3	6636	6022	6,2
Кашарский	24190,2	113,9	1,9	3239	1605	5,2
Константиновский	22304,3	102,8	1,1	5029	4646	7,3
Красносулинский	31722,4	110,3	1	14262	11620	5,5
Куйбышевский	23699,3	88,4	1,4	1811	832	5,8
Мартыновский	20471	41,6	1,5	4266	2068	9,7
Матвеево-Курганский	25250,5	97,6	1	6204	5856	7,2
Миллеровский	27097,7	71,6	0,9	13737	10284	6,5
Милютинский	21257,5	63,6	2,6	1930	1286	6,3
Морозовский	26625,7	106,4	0,8	7561	6493	7,2
Мясниковский	30158,1	84,3	1,1	10447	26532	9,9
Неклиновский	24730,9	123,7	0,9	10082	32382	6,3
Обливский	22501,1	92,5	1,7	2278	6175	6,2
Октябрьский	28449,8	67,5	1	12836	16397	7,6
Орловский	23550,5	99	0,6	5377	4123	5,9
Песчанокопский	24168,1	92,2	1,2	4370	4399	5,9
Пролетарский	26570,4	96,9	1,2	4995	6213	6,8
Ремонтненский	21685,8	99,9	1,3	2819	638	7,4
Родионово-Несветайский	28305,3	159,2	1,4	3118	6397	8,1
Сальский	28670	100,7	0,9	20323	35669	8,2
Семикаракорский	26511,8	52,3	1	7368	9750	8,4
Советский	23807,1	101,4	2,8	800	617	7,3
Тарасовский	26125	97	1,2	4469	3534	6,3
Тацинский	24568,8	91	1	6140	3220	6,6
Усть-Донецкий	24600,7	108,8	1,2	4316	7624	5,3
Целинский	26763,6	60,1	1,5	5263	5214	8,7
Цимлянский	28696,7	94,4	0,8	6880	8911	8,4
Чертковский	24722,3	78,2	1,6	4684	2970	5,97
Шолоховский	25282,2	120,2	1,4	4785	6363	6,8

Рис. 2. Статистические данные, характеризующие зависимость коэффициента

рождаемости муниципальных районов Ростовской области от показателей

$$\{\{v_{ij}\}_{i=1}^5\}_{j=1}^k$$

Рис. 3. Результаты корреляционного анализа рождаемости в городских округах и муниципальных районах Ростовской области

– среднесписочной численностью работников по полному кругу предприятий и организаций v_4 ($r_{p/v4} = 0,24$; $\tilde{r}_{p/v4} = 0,24$);

– вводом в действие общей площади жилых домов v_5 ($r_{p/v5} = 0,234$; $\tilde{r}_{p/v5} = 0,278$).

Коэффициенты рождаемости по городским округам и муниципальным районам связаны обратной статистической связью с уровнем регистрируемой безработицы v_3 : $r_{p/v3} = -0,5$; $\tilde{r}_{p/v3} = -0,17$. Обратная статистическая связь между коэффициентом рождаемости в муниципальных районах и таким показателем, как индекс промышленного производства v_2 ($\tilde{r}_{p/v2} = -0,375$) может быть прокомментирован тем фактом, что в муниципальных районах значительная часть населения занята частным бизнесом в сельском хозяйстве. В городских же округах между этими показателями наблюдается прямая стохастическая связь: $r_{p/v2} = 0,439$.

В результате проведения регрессионного анализа при построении зависимости $P = F(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$ получены следующие аналитические выражения:

– для городских округов

$$P = 0,65 + 0,016v_1 + 0,03v_2 - 2,3v_3 + 0,0003v_4 + 0,001v_5;$$

– для муниципальных районов

$$P = 5,2 + 0,016v_1 - 0,02v_2 - 0,16v_3 + 0,0005v_4 + 0,0001v_5$$

Построенные экономико-математические модели при включении в информационную систему управления социально-экономическим разви-

тием могут служить инструментом анализа и прогнозирования демографической ситуации в административно-территориальных образованиях Российской Федерации.

Заключение

В настоящее время целью демографической политики Российской Федерации является создание условий для повышения качества жизни населения, стабилизации его естественного прироста. В этой связи применение цифровых технологий, позволяющих проводить анализ, мониторинг и прогнозирование демографической ситуации в административно-территориальных образованиях на основе обработки больших объемов демографических данных становится ключевой задачей, решение которой обеспечивает ускорение социально-экономического развития всей страны. Использование в цифровых технологиях экономико-математических моделей, позволяющих дать количественную оценку демографической ситуации при заданных характеристиках социально-экономического развития позволят оценивать стратегические ориентиры социально-экономического развития.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. № 207-р Об утверждении Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 г. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72074066/>.
2. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 15.01.2020 "Послание Президента Федеральному Собранию" [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342959/.

Поступила в редакцию

06.01.2020

Яковенко Ирина Владимировна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Управление социальными и экономическими системами», Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия.

Yakovenko Irina V. – candidate of economic sciences, associate professor of the department «Management of social and economic systems», M.I. Platov SRSPU (NPI), Department, Novocherkassk, Russia.

Россия, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
132, str. Prosveshcheniya, 346428, Novocherkassk, Russia
e-mail: IranYak@mail.ru