

АНАЛИЗ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНА МЕТОДАМИ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ

А.Г. Палей, Г.А. Поллак (Челябинск)

Авторами проведен анализ и выявлены социально-экономические факторы, влияющие на демографическое состояние региона, а также выполнено прогнозирование показателей рождаемости и смертности с использованием результатов, приведенных в работах [1, 2].

В общем виде соотношение, описывающее эволюцию численности населения, имеет вид:

$$P_1 = P + BR - DR, \quad (1)$$

где P_1 – численность населения каждый последующий год, P – численность населения за предыдущий год; BR – темп рождаемости, количество человек, родившихся за год; DR – темп смертности, количество человек, умерших за год.

В разработанной модели рассматривается численность постоянного населения региона, поэтому миграционные процессы во внимание не принимаются.

Для определения факторов, влияющих на рождаемость и смертность, была взята выборка социально-экономических факторов по Челябинской области за 2000-2014 годы [3]: x_1 – жилплощадь, приходящаяся на 1 чел., x_2 – общее количество выбросов вредных веществ в атмосферу, x_3 – расходы на медицину, x_4 – потребление алкоголя, x_5 – доходы на душу населения, x_6 – средний прожиточный минимум, x_7 – количество прерываний беременности.

Темп рождаемости (чел/год) BR вычисляется по следующей формуле:

$$BR = P \times BRN \times BRNM \times BRNV \times BRNR \times BRND \times BRNP \times BRNA, \quad (2)$$

где P – количество населения; BRN – нормальный темп рождаемости; $BRNM$ – множитель зависимости темпа рождаемости от количества жилплощади, приходящейся на чел.; $BRNV$ – множитель зависимости темпа рождаемости от общего количества выбросов вредных веществ; $BRNR$ – множитель зависимости темпа рождаемости от расходов на медицину; $BRND$ – множитель зависимости темпа рождаемости от доходов на душу населения; $BRNP$ – множитель зависимости темпа рождаемости от среднего прожиточного минимума; $BRNA$ – множитель зависимости темпа рождаемости от количества прерываний беременности.

Темп смертности (чел/год) будем вычислять по следующей формуле:

$$DR = P \times DRN \times DRNM \times DRNV \times DRNR \times DRND \times DRNP \times DRNA, \quad (3)$$

где учтены мультипликативные поправки, определяющие зависимость темпа смертности от тех же факторов, которые приведены для темпа рождаемости.

Для 2000 года считаем, что все мультипликативные добавки равны 1 и тогда $BR = BRN$.

Нормальный темп рождаемости BRN (чел/чел) 0,0089 и нормальный темп смертности DRN (чел/чел) 0,0155 определены по статистическим данным для Челябинской области на 2000 год [3].

Для определения связи между социально-экономическими показателями и демографическим положением региона были определены коэффициенты корреляции и уравнения регрессии.

Для построения матриц корреляции и уравнений регрессии использовалась аналитическая платформа Deductor Academic 5.3 [4].

На рис. 1, 2 приведены матрицы корреляции коэффициентов рождаемости и смертности с факторами x_1 – x_7 .

Анализ матрицы корреляции для коэффициента рождаемости показывает, что наблюдается сильная положительная связь между величиной жилплощади, расходами на

медицину и материальным положением населения, Связь между экологическим состоянием региона и количеством аборт – отрицательная.

Входные поля		Корреляция с выходными полями
№	Поле	Коэффициент рождаемости ‰
1	Кол-во кв. м на чел.	0,981
2	Выбросы в атмосферу	-0,990
3	Расходы на медицину	0,896
4	Количество алкоголя	-0,148
5	Доходы на душу населения	0,942
6	Прожиточный минимум	0,939
7	Кол-во прерываний беременности	-0,959

Рис.1. Матрица корреляции для коэффициента рождаемости

Для коэффициента смертности картина обратная. Экологическое состояние региона и количество прерываний беременности увеличивает коэффициент смертности, остальные показатели его уменьшают.

Фактор x_4 , связанный с потреблением алкоголя, оказывает незначительное влияние на показатели смертности и рождаемости, поэтому в дальнейшем исследовании не учитывался.

Входные поля		Корреляция с выходными полями
№	Поле	Коэффициент смертности ‰
1	Кол-во кв. м на чел.	-0,888
2	Выбросы в атмосферу	0,864
3	Расходы на медицину	-0,855
4	Количество алкоголя	0,288
5	Доходы на душу населения	-0,892
6	Прожиточный минимум	-0,915
7	Кол-во прерываний беременности	0,921

Рис.2. Матрица корреляции для коэффициента смертности

Зависимости коэффициентов рождаемости и смертности от факторов x_1 - x_7 представлены регрессионными уравнениями, построенными по статистическим данным за 2000 – 2014.

Например, зависимость общего коэффициента рождаемости от расходов на медицину определяется уравнением

$$y = 9,9541 + 0,00016 x_3. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции положительный и равен 0,896.

Мультипликативная поправка, учитывающая зависимость коэффициента рождаемости от расходов на здравоохранение, вычисляется следующим образом:

$$BRNR = 1 + BRN \times RMR / MR, \quad (5)$$

где BRN – нормальный темп рождаемости, RMR – зависимость темпа рождаемости от расходов на медицину, вычисленная по уравнению регрессии, MR – расходы на медицину по статистическим данным соответствующего года. В 2000 году расходы на медицину (MR) в Челябинской области составляли 1775,9 руб./чел. [3]. Тогда, по уравнению регрессии RMR=10,238244, и мультипликативная поправка BRNR=1,000051309.

Зависимость общего коэффициента рождаемости от величины жилплощади на душу населения определяется следующим образом:

$$y = -7,1683 + 0,8768 x_1. \quad (6)$$

Коэффициент корреляции положительный 0,981.

Мультипликативная поправка для этого показателя вычисляется по уравнению

$$BRNM=1+BRN \times RMM / RM, \tag{7}$$

где BRN – нормальный темп рождаемости, RMM – зависимость темпа рождаемости от величины жилплощади на душу населения, вычисленная по уравнению регрессии, RM – величина жилплощади на душу населения по статистическим данным соответствующего года. В 2000 году на человека в Челябинской области приходилось 17,8 м² жилплощади [3]. Тогда по уравнению регрессии RMM = 9,22786, и мультипликативная поправка BRNM = 1,49346845.

Зависимость общего коэффициента смертности от расходов на медицину определяется уравнением

$$y = 16,1166 - 0,000085 x_3, \tag{8}$$

Коэффициент корреляции отрицательный и равен –0,855.

Мультипликативная поправка, учитывающая зависимость коэффициента смертности от расходов на здравоохранение, вычисляется следующим образом:

$$DRNR = 1 - DRN \times RMR / MR, \tag{9}$$

где DRN – нормальный темп смертности, RMR – зависимость темпа смертности от расходов на медицину, вычисленная по уравнению регрессии, MR – расходы на медицину по статистическим данным соответствующего года. В 2000 году расходы на медицину (MR) в Челябинской области составляли 1775,9 руб./чел. [3]. Тогда по уравнению регрессии RMR=15,9656485, и мультипликативная поправка DRNR=0,991009827.

Аналогично вычисляются мультипликативные поправки для остальных коэффициентов.

Модель реализована в программе AnyLogic v.8.1 с помощью потоковых диаграмм и разностных уравнений системной динамики [4] (рис. 3).

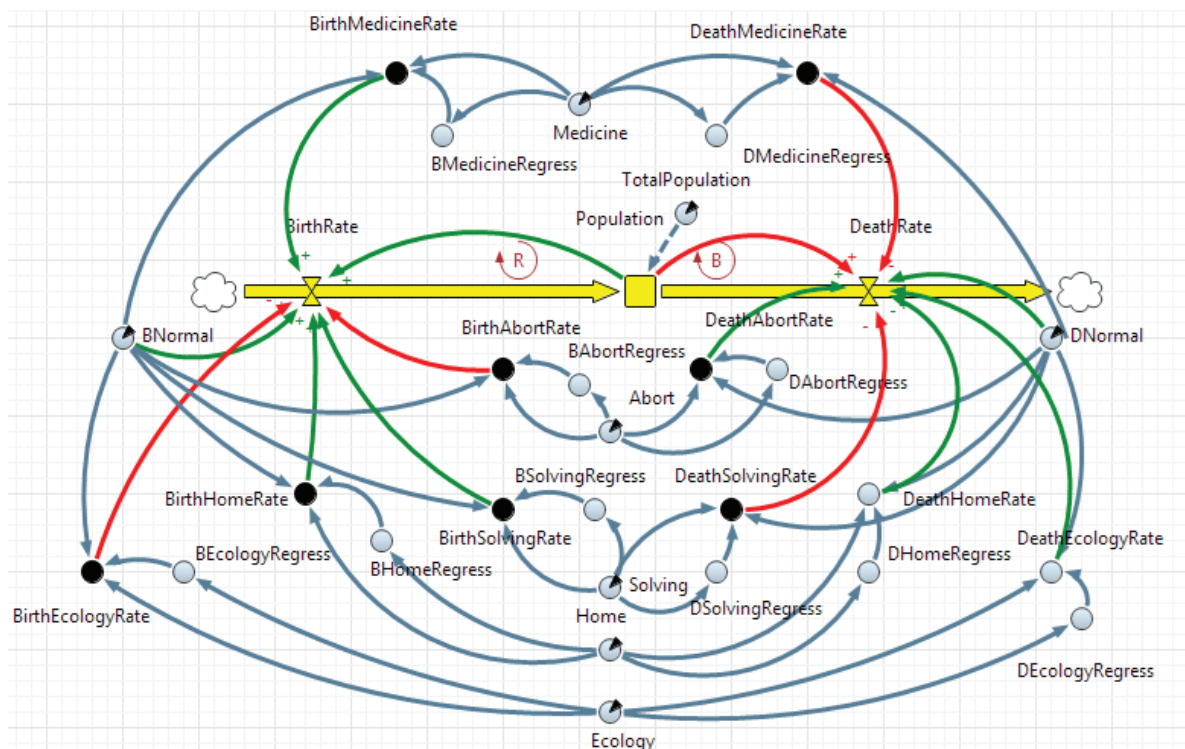


Рис. 3. Модель процесса изменения численности населения региона

Построенная модель позволяет определить степень влияния социально-экономических показателей на демографическую ситуацию региона. В частности, было выполнено прогнозирование численности населения при изменении параметра DR (темпа смертности) в диапазоне от 0,0138 до 0,013 с шагом 0,0002. Все остальные факторы соответствуют уровню 2015 года. Результаты прогнозирования представлены на рис. 4.

Демография. Эксперимент варьирования параметров

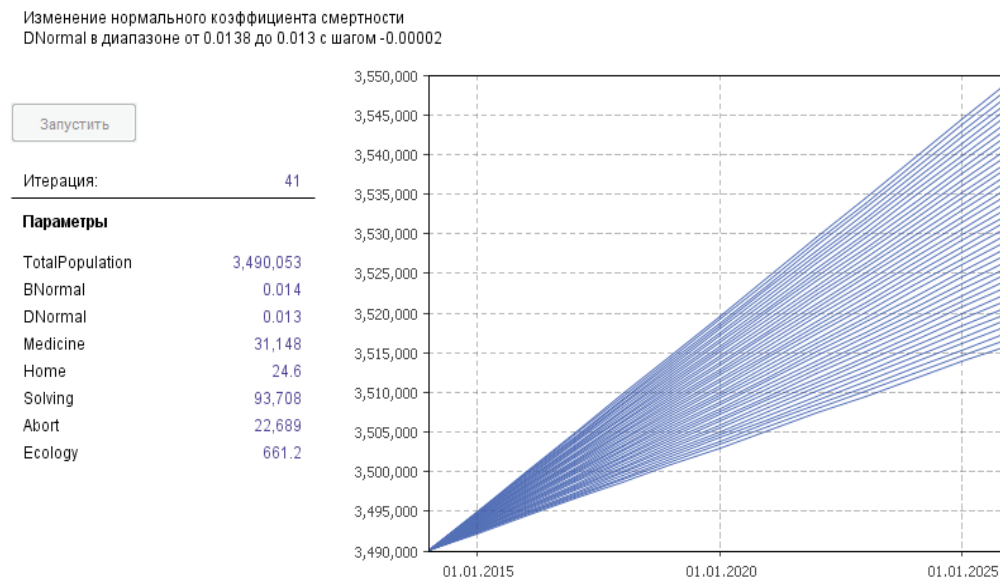


Рис. 4. Результаты моделирования при изменении темпа смертности от 0,0138 до 0,013

Выводы

1. С помощью корреляционного анализа выявлены некоторые существенные социально-экономические факторы, оказывающие влияние на общие коэффициенты рождаемости и смертности. К ним относятся: степень обеспеченности населения жилплощадью, уровень загрязнения окружающей среды, материальный уровень жизни населения, количество прерываний беременности и величина расходов на медицинское обслуживание.

2. Построены регрессионные уравнения, определяющие степень влияния полученных факторов на общий коэффициент рождаемости и смертности.

3. С использованием метода системной динамики построена имитационная модель демографического состояния Челябинской области.

4. Показано, что уменьшение коэффициента смертности с 13,9 ‰ до 13,0 ‰ при неизменных прочих условиях, относящихся к 2015 г., приведет незначительному росту населения, начиная с 2019 года.

5. Разработанная имитационная модель позволяет прогнозировать численность населения с учетом социально-экономических факторов. В результате имитационного моделирования можно получить значения коэффициентов, отражающих степень влияния внешних факторов на рождаемость и смертность.

Литература

1. **Палей А.Г., Поллак Г.А.** Имитационное моделирование развития региона // Наука ЮУрГУ: материалы 67-й научной конференции, 2015. С. 468–475.
2. **Палей А.Г., Поллак Г.А.** Моделирование социально-экономического развития региона на примере Челябинской области // V Международная научно-практическая конференция «Социально-экономическое развитие регионов России», 2015. С. 180–185.
3. Министерство экономического развития Челябинской области. URL: <http://econom-chelreg.ru>.
4. **Паклин Н.Б., Орешков В.И.** Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. СПб.: Питер, 2010. 148 с.
5. Официальный сайт компании AnyLogic. URL: www.anylogic.ru