

ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «НАСЕЛЕНИЕ» С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Чучкалова С. В.

Используя методы системной динамики, с помощью имитационного математического моделирования строится модель демографии Кировской области с учетом социально-экономических факторов. Прогнозируется динамика численности людей моложе трудоспособного возраста, трудоспособного возраста и старше трудоспособного возраста. Рассматриваются три сценария изменения численности населения с учетом экономического потенциала области.

Введение. Население — сложная взаимодействующая система с нелинейными связями. Система динамического моделирования Ithink позволяет моделировать системы с нелинейными связями. Построим динамическую имитационную модель демографии на примере Кировской области. Вопрос демографии в области очень актуален. В статье проводится исследование факторов, влияющих на рождаемость и смертность. Среди факторов, наиболее сильно влияющих на демографическую ситуацию в области, в частности на высокую смертность, можно выделить неблагоприятную экологическую ситуацию, высокий уровень потребления алкоголя, отток трудоспособного населения из области.

Модель. Рассмотрим причинно-следственные связи динамической системы «население». Наблюдаем два вида петель: положительной обратной связи (рождаемость, иммиграция) отрицательной обратной связи (смертность, эмиграция).

В общем виде соотношение, описывающее эволюцию численности населения, примет вид (Павловский и др., 2005):

$$x_{t+1} = x_t(1 - \beta_t)(1 + \gamma_t) + y_t.$$

Данное соотношение учитывает количество умерших людей, родившихся и миграцию населения: x_t — численность населения, γ_t — коэффициент рождаемости, β_t — коэффициент смертности, y_t — миграционный прирост в году t (разность между въехавшими и выехавшими людьми).

Рассмотрим влияние следующих социально-экономических факторов на рождаемость: x_1 — потребление крепких алкогольных напитков в литрах на душу населения, x_2 — расходы на здравоохранение в рублях на душу населения, x_3 — загрязняющие выбросы в атмосферу в кг на душу населения, x_4 — доля студентов высших учебных заведений, приходящаяся на одного жителя области, x_5 — выпуск валового регионального продукта в тысячах рублей на душу населения. Используя канонические корреляции, получаем силу влияния признаков-факторов. Результаты, полученные с помощью пакета Statgraphics, ранжируем по силе влияния: $x_4 > x_5 > x_3 > x_1 > x_2$. То есть, наибольшее влияние на коэффициент рождаемости оказывают: численность студентов вузов, выпуск валового регионального продукта. Объяснить первенство фактора x_4 (отрицательное влияние), можно тем, что с каждым годом число студентов вузов растет. Величина канонической корреляции составила 0.8; вычисленное значение $\chi^2_{набл.} = 13.99$ превосходит $\chi^2_{кр.} = 11.07$, таким образом, каноническая корреляция значима.

Дополнительно проведем регрессионный анализ. Построим модель множественной линейной регрессии:

$$\gamma = 0.02 - 0.007x_1 + 0.0003x_2 - 0.003x_3 - 0.006x_4 + 0.008x_5 \quad (1)$$

Факторы объясняют 64.51% изменчивости в результирующем признаке — коэффициенте рождаемости, так как $R^2 = 64.51$. Статистика $F = 4.36$ больше табличного $F(6;12) = 4$ при уровне значимости $\alpha = 0.05$, то уравнение регрессии значимо. Каждый коэффициент регрессии значим, так как $t_{сман.}$ больше $t_{кр.}(12) = 2.179$ и p -value меньше уровня значимости $\alpha = 0.05$. Таким образом, уравнение регрессии можно использовать для прогнозов. На основании уравнения (1) можем сделать следующие выводы.

Во-первых, чем больше потребляется алкоголя, производится загрязняющих выбросов в атмосферу, тем меньше рождаемость. Обосновать можно тем, что с употреблением крепких алкогольных напитков, с нарушением экологии растет число заболеваний у населения и снижаются репродуктивные способности. С ростом числа студентов в высших учебных заведениях уменьшается рождаемость. Отрицательное влияние

числа студентов в вузах, прежде всего, связано с женской грамотностью, когда на первое место выходят карьера и материальное благополучие.

Во-вторых, расходы на здравоохранение и рост ВРП приводят к увеличению коэффициента рождаемости.

Аналогично для коэффициента смертности получаем ранжирование влияния факторов: $x_5 > x_1 > x_2 > x_4 > x_3$. Уравнение регрессии записывается в следующем виде:

$$\beta = 0.03 + 0.005x_1 - 0.002x_2 + 0.002x_3 + 0.001x_4 - 0.005x_5.$$

Переменные x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 задаются в виде линейных регрессий по времени на основе статистических данных (GKS). Например, расходы на здравоохранение в рублях на душу населения:

$$x_2 = -7.78 + 3.37t.$$

Миграционный прирост y также задается в виде линейной регрессии по времени.

Результаты. Все население области разобьем на три возрастные группы: моложе трудоспособного возраста, трудоспособного возраста, старше трудоспособного возраста. Каждая такая группа еще делится по полу и по проживанию в городе или селе области.

При реализации модели в пакете Ithink значение численности каждой возрастной группы в начальный момент времени находится в отдельном резервуаре. Каждый резервуар представляется в виде двумерного массива: по строкам — пол человека, по столбцам — регион проживания. Резервуары сообщаются между собой, на каждом шаге (каждый год) происходит обмен между группами населения. При этом также учитываются смертность и миграционный прирост каждой группы населения. Также учитывается различное влияние факторов: уровень загрязнения окружающей среды, расходы на здравоохранение, производство ВРП и потребление алкоголя, на различные возрастные группы населения.

Рассмотрим результаты, полученные по модели. Начальные значения численностей групп населения были взяты за 1980 г.

В ходе компьютерного эксперимента убеждаемся, что формулу для коэффициента рождаемости нужно модифицировать. Уравнение коэффициента рождаемости (1) не учитывает число женщин детородного возраста. Численность женщин репродуктивного возраста можно аппроксимировать затухающей синусоидой. Поэтому аддитивная поправка к коэффициенту рождаемости представляется в виде:

$$k = \frac{(\sin(0,1 * t + 0,77) + 0,02) * e^{-0,002 * t} + 1,5}{100}.$$

Таким образом, модифицированный коэффициент рождаемости запишется формулой:

$$k_rozd = \gamma_i + k.$$

Результаты, полученные по построенной модели показывают, что после 2005 года наблюдается уменьшение численности населения во всех четырех группах: моложе трудоспособного возраста женщины села, города, мужчины села, города. Данный факт и на самом деле подтверждается статистикой, так как высокая рождаемость в 80-е годы сменилась низкой рождаемостью в 90-е. Численности мужчин, женщин села и города трудоспособного возраста также уменьшается.

Тенденция увеличения в группах старше трудоспособного возраста в селе прекратилась еще до 2000 года, в городе смена роста рассматриваемой возрастной группы на убыль произойдет чуть позднее.

Модель экономического потенциала связана с моделью демографии через соотношение численности трудоспособного населения и количества рабочих мест. Исследованы три сценария социально-экономического развития Кировской области:

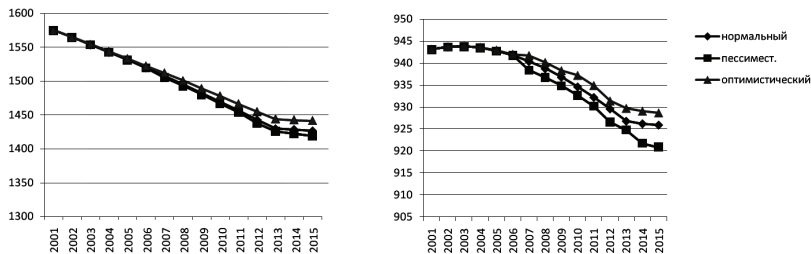
нормальный — фиксированный текущий экономический потенциал, который выражается в фиксировании на модели текущего количества рабочих мест;

оптимистический — рост экономического потенциала области в среднем на 3% в год;

пессимистический — снижение экономического потенциала в среднем на 3%.

В (табл.1) представлены графики прогнозов численности населения для трех сценариев. В первом столбце представлены графики для общей численности населения области. Снижение экономического потенциала приведет к снижению численности населения и к 2015 году разница будет около 30 тыс. жителей. Во втором столбце представлены графики прогнозных значений для численности трудоспособного возраста. Аналогично при оптимистическом сценарии наблюдается большая численность рассматриваемой возрастной группы, чем при нормальном сценарии и при pessimistическом.

Таблица 1. Три сценария динамики численности населения.



Общая численность населения.

Численность трудоспособного населения.

Заключение. Чтобы коренным образом изменить сложившуюся динамику демографии в Кировской области, необходимо не только повышать рождаемость и снижать смертность, но на административном областном уровне решить проблему миграционной убыли.

Таким образом, используя построенную имитационную модель, можно выделить следующие направления в решении демографического кризиса области:

- решение проблемы оттока трудоспособного населения за пределы области;
- проведение грамотной семейной политики, направленной на приоритет традиционного типа семьи и реализацию репродуктивных планов;
- оптимальное использование средств программ здравоохранения, способствующих снижению заболеваемости и смертности.

Предложенная модель может быть использована как в прикладных расчетах, так и в теоретических исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Павловский Ю.Н., Белотелов Н.В., Бродский Ю.И., Оленев Н.Н. Опыт имитационного моделирования при анализе социально-экономических явлений. Научное издание. — М.: МЗ ПРЕСС, 2005. — 137с.
<http://www:GKS.ru/>.

«POPULATION» DYNAMIC SYSTEM IN VIEW OF THE REGIONAL ECONOMIC POTENTIAL

Chuchkalova S. V.

Demographic socio-economic model of the Kirov region is constructed with the use of simulation technique. Population changes for young, able-bodied and aged citizens are forecasted. Three possible scenarios of population dynamics are considered in view of economic potential of the region.