

А. ЯНКОВОЙ  
(Одесса)

## ПРИНЦИП БАЛАНСА ПЕРЕМЕННЫХ В ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Назначение и область применения принципа баланса переменных – открытие законов развития и прогнозирование взаимосвязанных показателей. Указанный принцип носит универсальный характер и может с успехом использоваться при моделировании и прогнозировании любых переменных. Однако в сфере общественной жизни, где все взаимообусловлено, он особенно эффективен, представляет собой мощный инструмент открытия социально-экономических законов развития и получения наиболее точных и надежных прогнозов.

Рассмотрим сущность принципа баланса переменных и его применение при открытии закона развития и прогнозирования рождаемости ( $P$ ), смертности ( $C$ ) и естественного прироста ( $EП$ ) населения СССР.

Очевидно, для данных показателей справедливо соотношение:  $EП = P - C$ , которое далее будем называть исходным балансовым соотношением. Оно выражает внутреннюю взаимосвязь изучаемых демографических показателей. Естественный прирост населения, характеризующий в обобщенном виде жизненный уровень народа, демографическую ситуацию и социально-политическое положение трудящихся в стране, определяется как разность между показателями рождаемости и смертности. Тогда принцип баланса переменных может быть в сжатом виде сформулирован следующим образом: открытие законов развития (окончательный выбор оптимальной комбинации функций для описания динамики взаимосвязанных показателей) определяется степенью соблюдения для прогнозируемых значений переменных исходного балансового соотношения.

Процесс открытия закона развития изучаемых взаимосвязанных показателей состоит из двух основных стадий.

1. Определение возможных функций-кандидатов, наиболее точно описывающих исследуемые ряды динамики.

На этой стадии широко применяются традиционные методы статистического моделирования: качественный теоретический анализ, визуальное изучение графиков, расчет последовательных разностей, характеристик прироста и других параметров, включая критерии математической статистики. В результате, на первой стадии из всего перечня опорных функций, число которых может быть достаточно большим, отбираются несколько главных, наиболее адекватных процессам рождаемости,

смертности и естественного прироста населения. По методу наименьших квадратов определяются параметры каждой из отобранных функций, осуществляется экстраполяция и рассчитываются прогнозные значения показателей на заданный период упреждения. В данной работе поставлена задача получить прогноз рождаемости, смертности и естественного прироста населения СССР на 1989-1992 гг., используя информацию об изучаемых показателях за 1955-1987 гг. (период предыстории).

2. Последовательный перебор ограниченного числа главных функций, выделенных на предыдущей стадии.

В качестве оценки каждой комбинации выступает степень соблюдения исходного балансового соотношения для всех точек периода упреждения. Наилучшая комбинация, то есть сам закон, соответствует минимальному значению критерия баланса переменных:

$$\hat{A} = \frac{\sum (D - \tilde{N} - \hat{A}\tilde{i})^2}{\sum D^2} \rightarrow \min.$$

Рассмотрим содержание обеих указанных стадий при открытии закона развития и прогнозирования показателей рождаемости, смертности и естественного прироста населения СССР. Исходные данные, характеризующие динамику изучаемых показателей (период предыстории), взяты из статистических сборников «Народное хозяйство СССР в цифрах» за 1955-1987 гг. Ряды динамики показателей рождаемости, смертности и естественного прироста населения графически изображены на рис.

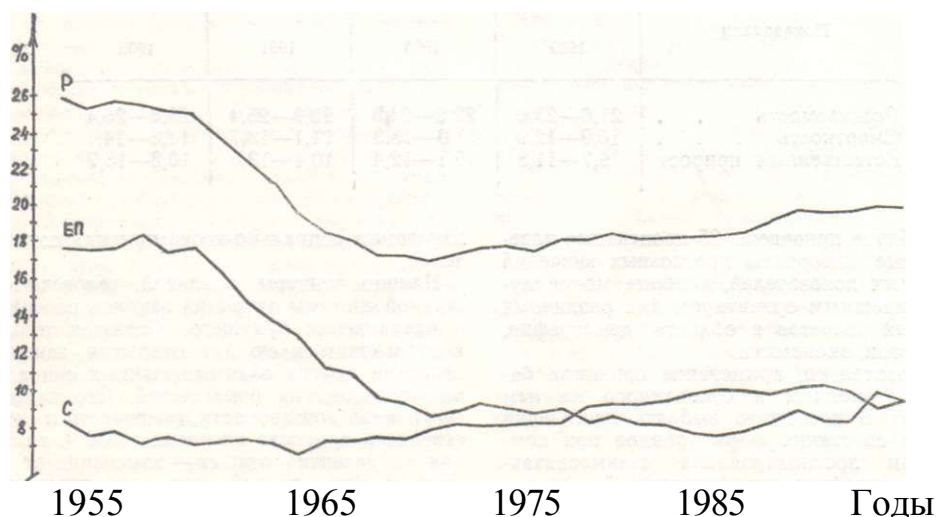


Рис. Динамика рождаемости, смертности и естественного прироста населения СССР (в расчете на 1000 чел.)

Визуальный анализ графиков показывает, что для 50-х и первой половины 60-х годов характерно довольно резкое снижение рождаемости (следствие «демографического эха» войны) при относительно стабильной смертности населения. Это привело к существенному снижению естественного прироста: с 18,1 промилле в 1958 г. до 9,5 промилле в 1968 г. В середине 60-х и в 70-е годы рождаемость несколько стабилизировалась (ее минимум – 17 промилле приходится на 1969 г.) и начала постепенно возрастать, однако при этом стала расти смертность населения. Рост смертности в эти годы обусловлен распространением различных эпидемий, в частности, эпидемии гриппа в марте 1965 г.

В 1975 г. впервые за изучаемый послевоенный период смертность населения превысила естественный прирост, причем это превышение сохранялось вплоть до 1986 г., когда положение изменилось за счет некоторого роста рождаемости и снижения смертности в результате решительных мер, принятых в борьбе с пьянством и алкоголизмом.

Рассматривая на рис. общую тенденцию изменения изучаемых показателей, следует отметить у переменных  $P$  и  $EP$ , хотя и не совсем четко выраженные, минимальные значения. Это позволяет выдвинуть гипотезу о криволинейности изменения уровней рождаемости и естественного прироста населения СССР за исследуемый период времени. Поэтому в качестве первоначальных опорных функций для трендовых моделей указанных показателей использовались параболы второй и третьей степени, экспоненциальная и степенная функции, логистическая кривая, функции Гомперца и Торнквиста, авторегрессионные функции различных типов и некоторые их комбинации.

Что касается смертности, то здесь тенденция вполне очевидна: наблюдается небольшой, но довольно стабильный прирост переменной  $C$ , поэтому для построения трендовых моделей применялись следующие функции: линейная, парабола второй степени, гипербола, экспонента и их комбинации.

В результате расчетов на ЭВМ были получены три группы моделей, включающие 43 уравнения. Анализ функций с использованием статистических критериев позволил выделить 14 трендов, наиболее адекватно описывающих изучаемые признаки (5 для рождаемости, 4 для смертности и 5 для естественного прироста населения). Для каждой из отобранных функций вычислены показатели точности аппроксимации и прогнозные значения переменных на 1989-1992 гг.

Расчеты показали, что все отобранные на первой стадии уравнения достаточно точно отражают динамику исследуемых процессов: средняя ошибка аппроксимации для трендов рождаемости колеблется от 2,13 до 8,63 %, для моделей смертности – от 2,40 до 5,40 %, для моделей естественного прироста населения – от 4,15 до 10,46 %.

На второй стадии открытия законов развития осуществлялся перебор вариантов и расчет значений критерия баланса переменных по четырехлетним прогнозным данным с помощью ЭВМ. Приведем здесь лишь

основные результаты расчетов, представляющие практический интерес. Наиболее сбалансированный прогноз ( $B = 1 \times 10^{-6}$ ) дает вариант, когда ряды динамики всех трех изучаемых показателей описываются параболой второй степени. На втором месте по точности идет комбинация: 1-я функция Торнквиста, линейно-гиперболическая и линейно-логарифмическая функции. Однако степень ее разбалансированности в 16 раз выше, чем у варианта параболического прогноза. Остальные варианты еще более разбалансированы, т. е. угрожают расходящимся прогнозом изучаемых показателей.

Отсюда следует, что парабола второй степени является наиболее адекватной формой трендов для описания динамики рождаемости, смертности и естественного прироста населения СССР и прогнозирования данных показателей на 1989-1992 гг.

Анализируя коэффициенты построенных уравнений, нельзя не отметить очевидной взаимосвязи между ними:

$$\begin{array}{r}
 P = 28,21707 - 1,04442 t + 0,02527 t^2 \\
 \hline
 C = 7,40090 - 0,01742 t + 0,00413 t^2 \\
 \hline
 EP = 20,81502 - 1,02652 t + 0,02111 t^2.
 \end{array}$$

Иными словами, коэффициенты тренда, описывающего динамику естественного прироста населения, приближенно равны разности соответствующих коэффициентов трендов, описывающих изменение рождаемости и смертности. В самом деле, расхождения составляют:  $\Delta a_0 = 0,00115$ ;  $\Delta a_1 = 0,00048$ ;  $\Delta a_2 = 0,00003$ . Отсюда такая высокая сбалансированность выровненных значений переменных и для точек периода упреждения.

Мы считаем, что указанные факты – глубокий минимум критерия  $B$  и соблюдение исходного балансового соотношения для самих коэффициентов трендов, свидетельствуют о проявлении сложившегося в последние годы параболического закона развития рождаемости, смертности и естественного прироста населения СССР. Этот закон характеризуется среднегодовым ускорением роста рождаемости (в расчете на 1000 чел.) 0,050 промилле, смертности – 0,008 промилле, естественного прироста – 0,042 промилле. Со временем по мере накопления новой эмпирической информации следует пересчитывать коэффициенты параболических уравнений, уточняя прогнозы на более длительные периоды упреждения.

В табл. приведены 95-процентные доверительные интервалы прогнозных значений изучаемых показателей, которые могут служить надежным ориентиром для различных плановых расчетов в области демографии, социологии, экономики.

**Доверительные интервалы прогноза рождаемости,  
смертности и естественного прироста населения СССР  
(в расчете на 1000 чел.)**

Показатели	Г о д ы			
	1989	1990	1991	1992
Рождаемость	21,6-23,6	22,2-24,5	22,9-25,4	23,6-26,4
Смертность	10,9-12,9	11,0-13,3	11,1-13,7	11,3-14,1
Естественный прирост	9,7-11,8	10,1-12,4	10,4-13,0	10,8-13,7

Следовательно, применение принципа баланса переменных и основанного на нем критерия *B* позволило выбрать наилучший вариант сочетания форм трендов при комплексном прогнозировании взаимосвязанных демографических показателей, то есть по существу открыть закон их развития во времени. Предлагаемый подход дает возможность максимально использовать имеющуюся эмпирическую информацию и получать наиболее точные и объективно обоснованные оценки будущих значений уровней изучаемых социально-экономических показателей.

Налицо контуры реальной человеко-машинной системы открытия законов развития и предвидения будущего. Остается только воспользоваться ею для открытия законов развития других взаимосвязанных социально-экономических показателей. Что касается уровней рождаемости, смертности и естественного прироста населения СССР, то закон их развития открыт – изменение их во времени (по крайней мере, за последние годы) происходит по параболе второй степени.