

## Раздел V. Применение статистических методов в математическом моделировании

УДК. 330.43(075)

Т.С. Юрина

### РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ (ПО ДАННЫМ 1992 – 2006 гг.)

*В статье кратко описано построенное модельное уравнение динамики смертности населения России посредством регрессионного анализа. Выделены и описаны факторы, оказывающие наибольшее влияние на уровень смертности населения России, а также значения показателей, отражающих качественные характеристики итогового модельного уравнения.*

*Корреляционный анализ; временные ряды; регрессионный анализ; регрессионная модель.*

T.S. Yurina

### REGRESSION ANALYSIS OF THE POPULATION DEATH RATE IN RUSSIA (1992 – 2006)

*In this article the constructed modelling equation of dynamics of death rate of the population of Russia is short described by means of regression analysis. Also the factors, making the greatest impact on a death rate of the population of Russia, and the parameters, which are reflecting qualitative characteristics of the final modelling equation, are received and described.*

*Correlation analysis; time series; regression analysis; regression model.*

Проблема высокого уровня смертности населения была и остается одной из самых острых проблем развития современной России.

Уровень смертности населения наиболее адекватно отражается в показателе ожидаемой продолжительности жизни при рождении (рис. 1).

Показатель уровня смертности зависит от множества различных факторов: социально-экономического развития страны, экологической обстановки, благосостояния населения, уровня стресса и многого другого.

Для построения математической модели в форме регрессионного уравнения были использованы данные Федеральной службы государственной статистики, отражающие показатель уровня смертности населения и значения ее коэффициентов по рассматриваемым причинам смерти в России за 1992 – 2006 гг. ([www.gks.ru](http://www.gks.ru)). В качестве исследуемых факторных признаков были взяты значения коэффициентов смертности населения (умерших на 100 000 человек) по различным причинам: от новообразований, болезней системы кровообращения, органов дыхания, органов пищеварения, от некоторых инфекционных и паразитарных болезней, случайных отравлений алкоголем, от всех видов транспортных несчастных случаев, от утоплений, самоубийств и убийств. Также были учтены коэффициенты, выражающие объем выбросов, загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от

стационарных источников (тыс. тонн), сброс загрязненных сточных вод (млрд м<sup>3</sup>, данные Росводресурсов) и среднедушевые денежные доходы населения.

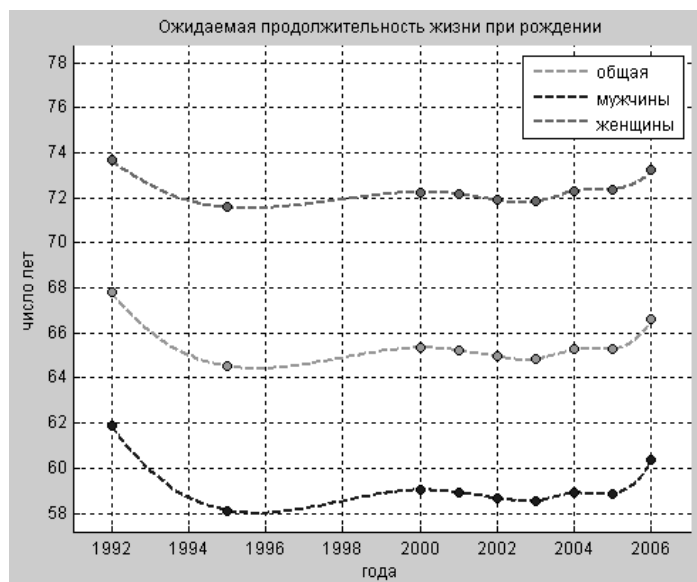


Рис. 1. Ожидаемая продолжительность жизни (данные 1992 – 2006 гг.)



Рис. 2. Смертность населения по основным причинам

Проведенное исследование показало, что уравнение смертности населения России носит характер, подчиненный законам обратной регрессии, есть зависимость результативного признака  $Y$  от факторных признаков  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}$  представляется в виде обратной регрессионной модели:

$$Y_t = \beta_0 X_{t0} + \frac{\beta_1}{X_{t1}} + \frac{\beta_2}{X_{t2}} + \dots + \frac{\beta_k}{X_{tk}} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

где  $X_{tp}$  – значение регрессора  $X_p$  в наблюдении  $t$ , причем  $X_{t0} = (1, 1, \dots, 1)^T$ , а  $\beta_i$  – коэффициенты регрессии [2].

Таким образом, было получено следующее итоговое уравнение регрессии для уровня смертности населения России:

$$\bar{y} = 6865.04 - 182358.928 \frac{1}{x_2} - 1342.22 \frac{1}{x_5} - 2349.07 \frac{1}{x_7} + \varepsilon_t \quad .$$

(124.851)                      (54358.701)                      (641.67)                      (999.602)                      (c.o.)

Здесь  $X_2$  – регрессор, выражающий значение коэффициента смертности от болезней системы кровообращения (умерших на 100000 человек);

$X_5$  – регрессор, выражающий значение коэффициента смертности от некоторых инфекционных и паразитарных болезней (умерших на 100000 человек);

$X_7$  – регрессор, выражающий значение коэффициента смертности от всех видов транспортных несчастных случаев (умерших на 100000 человек).

В результате проведенного исследования было выявлено, что одними из важнейших составляющих показателя уровня смертности являются показатели коэффициентов смертности от болезней системы кровообращения, от некоторых инфекционных и паразитарных болезней и от всех видов транспортных несчастных случаев.

Это является неудивительным, так как статистические данные, отражающие значения коэффициентов смертности населения по причине болезней системы кровообращения, являются самыми высокими среди всех принятых в рассмотрение факторных признаков (рис. 2). Это говорит о том, что население нашей страны подвержено в максимальной степени влиянию внешних факторов, которые влекут за собой болезни подобного характера. К таким факторам можно отнести частые стрессовые состояния, вредные привычки и врожденную предрасположенность, которая в свою очередь также зависит от множества внешних факторов, в том числе и экологической обстановки в стране. Значительное же влияние показателей смертности населения от некоторых инфекционных и паразитарных болезней на общий уровень смертности можно объяснить тем, что одной из главных особенностей данного класса болезней является легкая форма заражения через взаимодействие больного с окружающим его миром. Вследствие чего вероятность заболевания инфекционными и паразитарными болезнями становится более высокой, а вместе с ней растет и показатель смертности населения по этой причине. А причиной смерти населения от одной из наиболее важных предотвращаемых причин смерти (все виды транспортных несчастных случаев) часто является пагубное влияние человеческого фактора.

Для значимых коэффициентов регрессии были найдены коэффициенты эластичности, которые показывают, на сколько процентов изменится уровень смертности населения (с учетом знака коэффициента) при увеличении соответствующего факторного признака на 1%. Коэффициенты эластичности вычисляются по формуле

$$\partial_j = f'_{x_j}(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_k) \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}},$$

где  $f'_{x_j}(\bar{x}_j) = -\beta_j \frac{1}{x_j^2}$  [2].

Таким образом, при увеличении количества смертей от болезней системы кровообращения, от некоторых паразитарных и инфекционных болезней и от всех видов транспортных несчастных случаев на 1% , общий уровень смертности населения увеличится на 2,3781%, 0,6586% и 0,9094% соответственно.

Для полученной регрессионной модели коэффициент детерминации равен  $R^2=0,9321$ , это означает, что 93,21% вариации смертности населения России объясняется факторами  $X_2$ ,  $X_5$  и  $X_7$ .

Хотя, несмотря на то, что значение коэффициента детерминации достаточно велико, это не означает, что общий уровень смертности населения обусловлен влиянием только тех факторов, которые вошли в состав данной математической модели.

С помощью средней относительной ошибки аппроксимации  $\bar{A}$  была проведена оценка качества модели:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - \bar{y}}{y_i} \right| \cdot 100\% = 3.5599 \cdot$$

То есть средняя ошибка аппроксимации составляет 3,56%, что является довольно хорошим результатом и говорит о том, что данная модель обладает достаточно высоким уровнем аппроксимации, а значит, является качественной (рис. 3) [1].



Рис. 3. Сравнительный график статистических данных и построенной регрессионной модели уровня смертности населения России в 1992 – 2006 гг.

Тест Дарбина-Уотсона на автокорреляцию ошибок подтвердил гипотезу о независимости остатков. Для проверки нормальности распределения остатков был найден  $S$ -критерий: отношение размаха колебаний ряда остатков (т.е. разность между максимальным и минимальным значениями) и его стандартным отклоне-

ем. Если  $C$  при данном объеме наблюдений меньше нижней  $C_1$  или больше верхней  $C_2$  критической границы, то нормального распределения нет и нулевая гипотеза отвергается [3]. Имеем  $C=5,67$  при  $n = 60$  и  $\alpha = 0,05$ , сравнивая с табличными значениями, получаем,  $C_1 = 4,19 < C < C_2 = 6,07$ , т.е. можно допустить, что распределение ошибок близко к нормальному.

Таким образом, доказано, что полученное уравнение регрессии достаточно хорошо аппроксимирует исходные наблюдения: кривая объясняет 93% колебаний уровня смертности населения, средняя остатков близка к нулю ( $\bar{e} = 4.81 \times 10^{-6}$ ), их уровни независимы по критерию Дарбина-Уотсона и имеют близкое к нормальному распределение.

Следовательно, данная модель адекватно описывает ряд уровня смертности населения страны. С другой стороны, видно, что для экстраполяции на отдаленное будущее это уравнение не годится, поэтому прогноз был проведен на несколько ближайших лет.

Таким образом, исследования показали, что за последние несколько лет уровень смертности населения России снижается, о чем также свидетельствуют статистические данные Госкомстата (за 2006 – 2007 гг.). При этом прогнозные значения обещают дальнейшее развитие тенденции снижения смертности (в том случае, если не произойдет никаких непредвиденных обстоятельств).

За последние несколько лет Госкомстатом приводятся просто ужасные цифры показателей уровня смертности людей от сердечно-сосудистых заболеваний, от травм, отравлений, от «дикой» ситуации с безопасностью на дорогах и на производстве. Причем практически по всем факторам риска гибели людей от этих причин Россия отстает не только от развитых, но и от развивающихся стран.

Если правительство нашей страны не будем серьезно и действенно заниматься решением этих проблем, то практически половина из родившихся россиян не имеет шанса дожить до пенсии.

Действительно, возрастной порог смертности населения страны – особенно среди мужчин – достиг поистине критической величины. И при таком его значении Пенсионный фонд вскоре будет обслуживать один лишь слабый пол.

Но можно ли решить острейшую демографическую проблему, стоящую перед Россией, лишь с помощью продления долголетия среднестатистического гражданина нашей страны? Демографы предупреждают: при всей важности снижения уровня смертности все же «столбовой дорогой» демографического выздоровления России является повышение – и притом очень резкое – рождаемости.

Отметим, что в начале 2007 года отечественная статистика – впервые за многие годы – зафиксировала в нашей стране снижение уровня смертности. Также для указанного периода характерно и повышение уровня рождаемости, который играет важнейшую роль в борьбе со смертностью населения нашей страны. ([www.gks.ru](http://www.gks.ru))

Существенное снижение уровня смертности может быть достигнуто:

- ◆ путем увеличения финансирования медицинской сферы (обновление ее материально-технической базы, повышение заработной платы работникам сферы здравоохранения, проведения строгой кадровой политики), в частности, в кардиологию;
- ◆ решением предотвращаемых причин смерти населения:

- ◆ увеличением финансирования конструкторской, машиностроительной сфер и сферы мирной авиации, введением более строгих норм по эксплуатации всех видов общественных транспортных средств и оборудования на предприятиях, введение ужесточенных штрафов за нарушения ПДД также призваны привлечь внимание водителей к большей осторожности на дорогах;
- ◆ увеличением показателей рождаемости, как средства борьбы с уже ставшей реальностью проблемой старения нации;
- ◆ разработка программ по защите окружающей среды.

Таким образом, остается надеяться, что наблюдаемое улучшение ситуации является началом долговременной положительной тенденции.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Бородицкий М.П.* Лекции по корреляционному, регрессионному анализу и анализу временных рядов. – Изд-во: ТТИ ЮФУ, Таганрог, 2003.
2. *Никитин А.Я., Сосунова И.А.* Анализ и прогноз временных рядов в экологических наблюдениях и экспериментах. Учебно-методическое пособие. – Иркутск: Иркутский государственный педагогический институт, 2003.
3. Носко В.П. Эконометрика. Введение в регрессионный анализ временных рядов. – М., 2002.

#### **Юрина Татьяна Сергеевна**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: tatyurina@gmail.com.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)371-606.

Кафедра высшей математики; аспирантка.

#### **Yurina Tatyana Sergeevna**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: lena.alekseenko@gmail.com.

E-mail: tatyurina@gmail.com.

Phone: 8(8634)371-606.

The Department of Higher Mathematics; post-graduate student.

УДК 004.932.1

**Е.И. Патана**

### **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА МОДЕЛИ МАРКОВСКОГО СЛУЧАЙНОГО ПОЛЯ**

*В статье разрабатывается и исследуется метод определения одного из наиболее важных параметров Марковского случайного поля, необходимого для корректного моделирования текстурных изображений. В ходе исследований осуществляется корреляционный анализ значений пикселей окрестностей с целью исследования их взаимосвязи и принятия решения о размере модели.*

*Марковские случайные поля; размер модели; сегментация изображений.*