

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Мамедова М.Г. д.т.н., Джабраилова З.Г. к.т.н.

Институт Информационных Технологий Национальной Академии Наук Азербайджана
370141, Баку, ул. Ф.Агаева, 9, тел.:(99 412) 399739,
E-mail:secretary@iit.ab.az

Существует широкий класс предметных областей, моделирование которых с помощью классического математического аппарата не дает желаемого эффекта. К таким предметным областям можно отнести, например, экономику, экологию, политику, социальную сферу и ряд других, законы функционирования которых еще плохо формализованы и изучены. Причиной этого также являются неполнота, неточность, противоречивость, ошибочность исходных данных и знаний как о предметной области, так и о решаемой задаче, динамическое изменение исходных данных, наличие большого количества компонентов и др.

Одним из наиболее перспективных подходов к моделированию плохо формализованных областей является качественное моделирование последних с применением аппарата теории нечетких множеств.

В настоящей работе в качестве объекта исследования рассматриваются демографические процессы, в частности, прогнозирование численности населения. Применение нечеткой логики для решения прогнозных задач началось с исследований [1,2], в которых дано описание математической модели временного ряда в нечеткой постановке для случая решения проблемы при нечеткой исходной информации. Впоследствии это направление было развито другими специалистами, занимающимися решением аналогичных проблем [3,4]. При этом авторы, предлагая модель нечетких временных рядов, старались путем внесения в нее определенных изменений, уменьшить среднюю погрешность прогнозирования.

Таким образом, для решения задачи прогнозирования численности населения в качестве модели принят нечеткий временной ряд, который определяется следующим образом. Пусть $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ - универсальное множество. Нечетким множеством A универсального множества U является множество:

$$A = \{(\mu_A(u_1)/u_1), (\mu_A(u_2)/u_2), \dots, (\mu_A(u_n)/u_n)\} \text{ или} \\ A = \{(\mu_A(u_i)/u_i)\}, u_i \in U, \mu_A(u_i) \in [0,1]$$

Здесь $\mu_A(u_i)$ - функция принадлежности, $\mu_A(u_i): U \rightarrow [0,1]$; $\mu_A(u_i)$ - показывает степень принадлежности u_i множеству A , $\mu_A(u_i) \in [0,1]$, "/" - знак деления.

Пусть $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, 3, \dots$) - подмножество множества R (действительных чисел) является универсальным множеством, в котором определено нечеткое множество $\mu_i(t)$ ($t = 1, 2, \dots$), т.е. функции принадлежности зависят от времени. Определим множество $F(t)$, которое состоит из $\{\mu_i(t) (t = 1, 2, \dots)\}$, т.е. $F(t)$ является множеством нечетких множеств $F(t) = \{\mu_i(t), t = 1, 2, \dots\}$. Тогда $F(t)$ является нечетким временным рядом в универсальном множестве $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$). Очевидно, что если мы принимаем $F(t)$ как лингвистическую переменную, тогда составляющие его нечеткие множества $\{\mu_i(t), t = 1, 2, \dots\}$ будут приниматься как возможные лингвистические значения $F(t)$. Кроме этого, видно, что функция $F(t)$ зависит от времени. Это означает, что в различное время t функция $F(t)$ может принимать различные значения.

Для применения нечетких временных рядов в демографическом прогнозе дана следующая постановка задачи. Считаются известными: данные об общей численности населения Азербайджана за фиксированный период времени, т.е. динамика, и

соответствующие вариации численности населения за этот же отрезок времени. Задача состоит в определении перспективной численности населения с учетом вариаций за истекшие годы.

Для решения этой задачи руководствуемся следующими принципами:

1. Поскольку предлагаемый подход впервые применяется к демографическому прогнозу численности населения, то для идентификации модели, т.е. проверки ее соответствия реальному процессу, необходимо прежде всего дать «ретроспективный прогноз», суть которого заключается в следующем:

а) в качестве прогнозируемого года принять один из истекших годов ($t=s$) и с учетом вариаций за предшествующие ему годы ($s-1, s-2, \dots, s-k$) рассчитать численность населения на этот год;

б) провести сравнительный анализ результатов реализации предложенной модели с ретроспективными данными (фактом за год s) и оценить погрешность метода;

в) эксперимент распространить на определенный отрезок времени;

г) по значениям погрешностей сделать предварительные выводы о целесообразности применения метода.

2. В случае положительных результатов применить метод для перспективного расчета численности населения.

В соответствии с постановкой задачи предлагается следующая методика прогнозирования.

1. Определение универсального множества U , которое представляет собой интервал между наименьшей и наибольшей вариациями численности населения.

2. Деление универсального множества U на несколько интервалов равной длины, включающих значения вариаций, соответствующих различным темпам роста населения.

3. Для словесного, качественного описания в понятиях человека значений вариаций численности населения - лингвистической переменной - определение соответствующих лингвистических значений этой переменной, т.е. определение множества нечетких множеств $F(t)$.

4. Фаззификация исходных данных, заключающаяся в преобразовании четких количественных значений в нечеткие. Эта операция позволяет в значениях функций принадлежности отразить соответствующие количественным значениям качественные представления о темпах роста населения.

5. Выбор параметра $w > 1$, соответствующего отрезку времени, предшествующему текущему году; вычисление матрицы нечетких отношений $R^w(t)$ и прогнозирование численности населения на последующий год.

6. Дефаззификация полученного результата, т.е. переход от нечетких значений к четким (количественным).

Для оценки эффективности применения предложенного подхода к решению задачи демографического прогноза проведены эксперименты по расчету общей численности населения на определенные отрезки времени. Эксперименты осуществлены в два этапа, которые условно названы ретроспективный и перспективный.

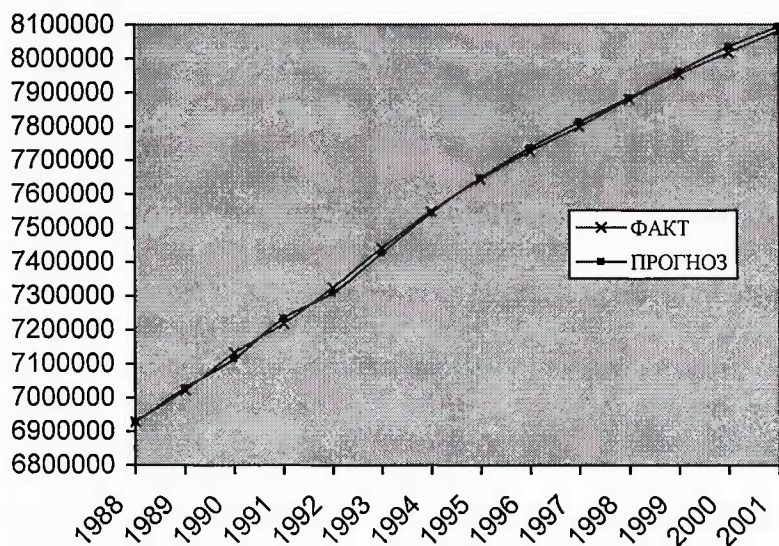
1. На I этапе в качестве экспериментальной базы принят отрезок времени 1988-2001 гг., т.е. ретроспектива, предшествующая текущему 2002 году. Естественно, что в данном случае статистические данные об общей численности населения на указанный период известны.

Суть проводимого эксперимента заключалась в том, что: а) динамика численности населения за рассматриваемый период времени считалась неизвестной; б) для каждого отдельно взятого года выбранного временного отрезка [1988-2001 гг.] с

учетом соответствующей предыстории изменения темпов роста населения был рассчитан прогноз численности населения, базирующийся на предложенной методике; в) для проверки меры адекватности модели фактическая динамика численности населения и соответствующие вариации за 1988-2001 гг. были сопоставлены с реализацией математической модели и была рассчитана погрешность аппроксимирующей моделью метода прогнозирования.

Сравнительный анализ фактических и расчетных данных и полученные значения погрешности метода аппроксимации свидетельствуют о достаточно хорошем качестве модели и позволяют сделать предварительный вывод о целесообразности использования последней в демографическом прогнозе.

Графическое изображение фактической и прогнозируемой динамики численности населения, представленное на рис.1, также наглядно демонстрирует достаточную близость указанных данных, что в свою очередь предопределяет необходимость продолжения исследований в данном направлении.



2. В свете изложенного на II этапе проведены эксперименты по перспективному расчету численности населения до 2012 года включительно.

Как известно, исследование динамики общей численности населения дает первую, обобщенную характеристику населения и не раскрывает полностью процесс его воспроизводства. Поэтому в дальнейшем предполагается расширение прогнозируемых характеристик населения за счет определения перспектив половозрастного состава, рождаемости, смертности, миграции и т.п.

Литература

1. 2.Q.Song, B.S.Chissom, Fuzzy time series and its models, Fuzzy Sets and Systems 54 (1993).
2. Q.Song, B.S.Chissom, Forecasting enrollments with fuzzy time series –part II, Fuzzy Sets and Systems 62 (1994).
3. S.M.Chen, Forecasting enrollments based on fuzzy time series. Fuzzy Sets and Systems 81 (1996).
4. J.R.Hwang, S.M.Chen, C.H.Lee, A new method for handling forecasting problems based on fuzzy time series, Proc.7th Internat. Conf. On Information Management, Chungli, Tayouan, Taiwan, ROC, 1996.