

УДК 004.3.06

*М.Г. Мамедова, З.Г. Джабраилова*

Институт информационных технологий НАН Азербайджана, г. Баку  
depart15@iit.ab.az

## Нечеткая логика в прогнозировании демографических аспектов рынка труда

Показана целесообразность применения нечеткой логики в моделировании демографических аспектов рынка труда на примере задачи прогнозирования численности экономически активного населения. Предложена методика прогнозирования численности экономически активного населения с использованием модели нечетких временных рядов. Проведен сравнительный анализ и интерпретация полученных прогнозных данных для экономически активного, общего и трудоспособного населения, позволившие определить вероятное перспективное состояние рынка труда.

### Введение

Демографический прогноз, будучи неотъемлемым элементом социально-экономического развития, позволяет определить в перспективе численность всего населения, численность отдельных половозрастных групп населения в трудоспособном возрасте, экономически активного населения и т.д. Указанные показатели в той или иной мере учитываются при планировании научно обоснованной политики социально-экономического развития и формировании комплекса практических мер по ее реализации, при определении вероятного состояния рынка труда на будущее.

Развитие информационных технологий и программных средств обусловило новые возможности для моделирования демографических процессов и решения прогнозных задач. Одной из таких задач является прогнозирование численности экономически активного населения.

Экономически активное население (ЭАН) страны, будучи основной движущей компонентой рынка труда, представляет собой большую динамическую систему. Отличительной особенностью такой системы является ее функционирование в условиях неопределенности, вызванной рядом обстоятельств. Это в основном невозможность выявления всех факторов, определяющих динамику трудовых ресурсов, рост числа экономически активного населения в условиях внедрения рыночных механизмов во все сферы жизнедеятельности, а также отсутствие достаточно полной априорной информации о демографическом составе и рынке рабочей силы, включая фактическое число занятых и безработных. Следует отметить к тому же и неопределенность фактических данных, возникающую при комбинировании данных из разных источников информации: официальные и неофициальные данные, экспертные оценки.

В этой связи особую актуальность приобретает анализ экономически активного населения при неполной и неточной информации. При этом значительный интерес представляет изучение возможностей применения в моделировании демографических аспектов рынка труда аппарата теории нечетких множеств [1].

Перечисленные выше особенности экономически активного населения как динамической системы, функционирующей в условиях неопределенности, предопределяют нечеткость исходной информации, т.е. «погружение» задачи прогнозирования численности экономически активного населения в нечеткую среду. Как с теоретической, так и с практической точек зрения представляется целесообразным решение данной проблемы в рамках нечетких временных рядов [2-6].

## Методика прогнозирования численности экономически активного населения

Изменение интенсивности демографических аспектов рынка труда под воздействием социально-экономических факторов делает проблему определения перспектив изменения численности экономически активного населения одной из важнейших при разработке планирования и прогнозирования рынка труда. В настоящей работе для решения задачи прогнозирования численности экономически активного населения в качестве модели принят нечеткий временной ряд и дана следующая **постановка задачи**. Считаются известными данные численности экономически активного населения Азербайджана за фиксированный период времени, т.е. динамика и соответствующие вариации численности экономически активного населения за этот же отрезок времени. Задача состоит в определении перспективной численности экономически активного населения с учетом вариаций за истекшие годы.

В соответствии с постановкой задачи предлагается следующая методика прогнозирования.

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

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

3. Для словесного (качественного) описания в понятиях человека значений вариаций численности экономически активного 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 экономически активного населения.

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

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

Ниже на примере малой размерности приводится схема реализации предложенной методики для решения проблемы прогнозирования численности экономически активного населения.

*1-й шаг.* В табл. 1 представлена динамика численности экономически активного населения Азербайджана за 1995 – 2003 годы (исходная база для «ретроспективного прогноза») и соответствующие вариации численности экономически активного населения между каждым последующим и предыдущим годами. Под термином «вариация» для текущего года имеется в виду разница между фактической численностью экономически активного населения текущего и предыдущего годов. Например, вариация для 1997 года равна:  $3732400 - 3718600 = 13800$ . Для определения универсального множества  $U$  прежде всего необходимо выделить наименьшее и наибольшее значения вариаций в отрезке времени 1995 – 2003 гг., а затем с целью получения более удобных границ интервала выбрать подходящие значения  $D_1$  и  $D_2$  (соответствующие положительные числа). Тогда универсальное множество  $U$  можно описать в виде  $U: U = [V_{\min} - D_1, V_{\max} + D_2]$ , где  $V_{\min} = 200$  – наименьшая вариация (2000 г.),  $V_{\max} = 77300$  – наибольшая вариация (1996 г.),  $D_1 = 200$ ,  $D_2 = 400$ . После этого универсальное множество  $U$  будет выглядеть следующим образом:  $U = [0, 77700]$ .

Таблица 1 – Динамика и соответствующие вариации численности экономически активного населения за 1995 – 2003 гг.

Годы	Численность ЭАН (тыс.чел.)	Вариация (тыс.чел.)	Фаззификация вариации
1995	3641.3		
1996	3718.6	77.3	$A^{96} = \{(0.02/u_1), (0.03/u_2), (0.04/u_3), (0.06/u_4), (0.12/u_5), (0.27/u_6), (0.79/u_7)\}$
1997	3732.4	13.8	$A^{97} = \{(0.6/u_1), (0.92/u_2), (0.34/u_3), (0.14/u_4), (0.07/u_5), (0.04/u_6), (0.03/u_7)\}$
1998	3743.8	11.4	$A^{98} = \{(0.75/u_1), (0.78/u_2), (0.27/u_3), (0.12/u_4), (0.06/u_5), (0.04/u_6), (0.03/u_7)\}$
1999	3748.0	4.2	$A^{99} = \{(0.98/u_1), (0.39/u_2), (0.15/u_3), (0.08/u_4), (0.05/u_5), (0.03/u_6), (0.02/u_7)\}$
2000	3748.2	0.2	$A^{00} = \{(0.78/u_1), (0.27/u_2), (0.12/u_3), (0.06/u_4), (0.04/u_5), (0.03/u_6), (0.02/u_7)\}$
2001	3763.4	15.2	$A^{01} = \{(0.52/u_1), (0.98/u_2), (0.39/u_3), (0.15/u_4), (0.08/u_5), (0.05/u_6), (0.03/u_7)\}$
2002	3777.5	14.1	$A^{02} = \{(0.58/u_1), (0.94/u_2), (0.35/u_3), (0.14/u_4), (0.07/u_5), (0.04/u_6), (0.03/u_7)\}$
2003	3801.4	23.9	$A^{03} = \{(0.23/u_1), (0.66/u_2), (0.87/u_3), (0.31/u_4), (0.13/u_5), (0.07/u_6), (0.04/u_7)\}$

*2-й шаг.* Универсальное множество  $U$  следует разделить на несколько интервалов равной длины. В данном случае универсальное множество  $U$  разделено на 7 интервалов равной длины:  $u_1 = [0, 11100]$ ,  $u_2 = [11100, 22200]$ ,  $u_3 = [22200, 33300]$ ,  $u_4 = [33300, 44400]$ ,  $u_5 = [44400, 55500]$ ,  $u_6 = [55500, 66600]$ ,  $u_7 = [66600, 77700]$ . Учитывая тот факт, что усредненная погрешность прогнозирования метода нечетких

временных рядов является наименьшей, необходимо отметить средние точки этих интервалов:

$$u_{cp.}^1 = 5550 \quad u_{cp.}^2 = 16650 \quad u_{cp.}^3 = 27750 \quad u_{cp.}^4 = 38850$$

$$u_{cp.}^5 = 49950 \quad u_{cp.}^6 = 61050 \quad u_{cp.}^7 = 72150. \quad (1)$$

3-й шаг сводится к определению множества нечетких множеств в универсальном множестве  $U$ . В данном случае «вариация численности экономически активного населения» – название лингвистической переменной, которая имеет следующие лингвистические значения:  $A_1$ =(очень низкий уровень роста численности экономически активного населения (ОНУР)),  $A_2$ =(низкий уровень роста численности экономически активного населения (НУР)),  $A_3$ =(нет изменений роста численности экономически активного населения (НИР)),  $A_4$ =(средний уровень роста численности экономически активного населения (СУР)),  $A_5$ =(нормальный уровень роста численности экономически активного населения (НорУР)),  $A_6$ =(высокий уровень роста численности экономически активного населения (ВУР)),  $A_7$ =(очень высокий уровень роста численности экономически активного населения (ОВУР)). Каждому лингвистическому значению соответствует нечеткая переменная, которой по определенному правилу ставится в соответствие нечеткое множество, определяющее смысл этой переменной. Например, лингвистическое значение «очень низкий уровень роста численности экономически активного населения» задается нечеткой переменной  $\langle \text{ОНУР}, [0, 11100], A_1 \rangle$ , где  $A_1$  – нечеткое множество с областью определения  $[0, 11100]$  из универсального множества  $U$  – может быть, например, описано в виде (3).

Нечеткие множества  $A_1, A_2, \dots, A_7$  в универсальном множестве  $U$  определяются с помощью формулы (2):

$$\mu_{A_i}(u_i) = \frac{1}{1 + \left[ C \cdot (V - u_{cp.}^i)^2 \right]}, \quad (2)$$

где  $V$  – вариации из табл. 1,  $u_{cp.}^i$  – средние точки соответствующих интервалов, значения которых представлены в (1);  $C$  – постоянное число, которое подбирается таким образом, чтобы обеспечить преобразование четких количественных чисел в нечеткие, т.е. их вхождение в интервал  $[0,1]$  (в данной работе  $C=0.0001$ );  $A_i = (\mu_{A_i}(u_i)/u_i)$ ,  $u_i \in U$ ,  $\mu_{A_i}(u_i) \in [0,1]$  – нечеткие множества.

Если в формуле (2) в качестве значения переменной  $V$  принять средние точки соответствующих интервалов, тогда нечеткие множества  $A_i$  ( $i=1,7$ ) будут определены следующим образом:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{(1/u_1), (0.45/u_2), (0.17/u_3), (0.08/u_4), (0.05/u_5), (0.03/u_6), (0.02/u_7)\} \\ A_2 &= \{(0.45/u_1), (1/u_2), (0.45/u_3), (0.17/u_4), (0.08/u_5), (0.05/u_6), (0.03/u_7)\} \\ A_3 &= \{(0.17/u_1), (0.45/u_2), (1/u_3), (0.45/u_4), (0.17/u_5), (0.08/u_6), (0.05/u_7)\} \\ A_4 &= \{(0.08/u_1), (0.17/u_2), (0.45/u_3), (1/u_4), (0.45/u_5), (0.17/u_6), (0.08/u_7)\} \\ A_5 &= \{(0.05/u_1), (0.08/u_2), (0.17/u_3), (0.45/u_4), (1/u_5), (0.45/u_6), (0.17/u_7)\} \\ A_6 &= \{(0.03/u_1), (0.05/u_2), (0.08/u_3), (0.17/u_4), (0.45/u_5), (1/u_6), (0.45/u_7)\} \\ A_7 &= \{(0.02/u_1), (0.03/u_2), (0.05/u_3), (0.08/u_4), (0.17/u_5), (0.45/u_6), (1/u_7)\} \end{aligned} \quad (3)$$

Примерный вид непрерывных функций принадлежности нечетких множеств  $A_i$ , описывающих значения лингвистической переменной «вариация численности экономически активного населения», представлен на рис. 1.

4-й шаг сводится к фаззификации вариаций, вычисленных в шаге 1. При этом если для года  $i$  вариация будет  $V_i$ ,  $V_i \in u_j$ , то для  $u_j$  ( $u_j \in U$  – интервалы универсального множества  $U$ ) функция принадлежности  $\mu_{A_i}(u_j)$  вычисляется по формуле (2) с учетом  $V=V_i$ , т.е. из универсального множества выделяется тот интервал, в который попадает рассматриваемая вариация. Результаты фаззификации для всех рассматриваемых годов представлены в табл. 1. Здесь  $A^{mn}$  – нечеткие множества соответствующих вариаций за год  $t=mn$ , где  $1995 < t \leq 2003$  (во избежание громоздкости обозначения в табл. 1 указаны последние две цифры года).

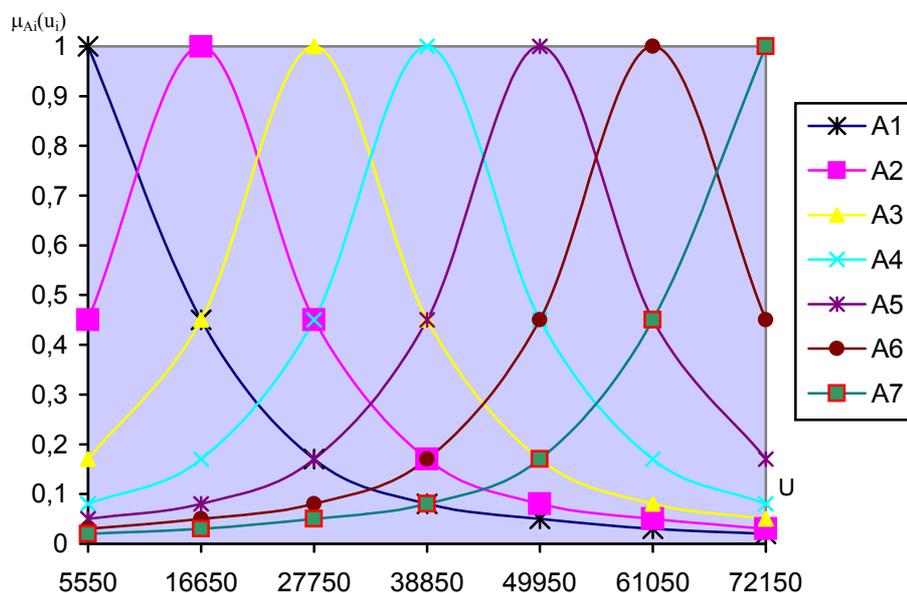


Рисунок 1 – Функции принадлежности значений нечетких множеств лингвистической переменной «вариация численности экономически активного населения»

5-й шаг. Необходимо выбрать базис  $w$  ( $1 < w < l$ , где  $l$  – количество годов, предшествующих текущему и включенных в экспериментальную оценку). С учетом базиса, т.е. предыстории, вычислить матрицу нечетких отношений  $R^w(t)$ , на основе которой выдается прогноз. С этой целью после выбора  $w$  строится операционная матрица  $i \times j$   $O^w(t)$  ( $i$  – число строк, соответствующее числу годов в последовательности  $t - 2, t - 3, \dots, t - w$ ;  $j$  – число столбцов, соответствующее количеству интервалов вариаций) и матрица-критерий  $1 \times j$   $K(t)$  для прогнозируемого года  $t$  (матрица-строка, соответствующая нечеткой вариации численности экономически активного населения за год  $t - 1$ ). Например, принимая  $w=5$ , можно определить операционную матрицу  $4 \times 7$   $O^7(t)$ , т.е. матрицу нечеткой вариации численности экономически активного населения за годы  $t - 2, t - 3, t - 4, t - 5$ , и матрицу-критерий  $1 \times 7$   $K(t)$ , т.е. матрицу нечеткой вариации численности населения за год  $t - 1$ . Значит, при  $w=5$  фактически используются данные для 6 предыдущих годов.

Так, например, для прогноза численности экономически активного населения на 2001 год операционная матрица  $O^7(t)$  и матрица-критерий  $K(t)$  будут определены следующим образом:

$$O^5(2001) = \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} \text{нечеткая вариация численности} \\ \text{экономически активного населения на} \\ \text{1996 г.} \end{array} \right| A^{96} \\ \left. \begin{array}{l} \text{нечеткая вариация численности} \\ \text{экономически активного населения на} \\ \text{1997 г.} \end{array} \right| A^{97} \\ \left. \begin{array}{l} \text{нечеткая вариация численности} \\ \text{экономически активного населения на} \\ \text{1998г.} \end{array} \right| A^{98} \\ \left. \begin{array}{l} \text{нечеткая вариация численности} \\ \text{экономически активного населения на} \\ \text{1999 г.} \end{array} \right| A^{99} \end{array}$$

Или

$$O^5(2001) = \begin{array}{c} \text{ОНУР} \quad \text{НУР} \quad \text{НИР} \quad \text{СУР} \quad \text{Н}_{\text{оп}}\text{УР} \quad \text{ВУР} \quad \text{ОВУР} \\ \left[ \begin{array}{ccccccc} 0.02 & 0.03 & 0.04 & 0.06 & 0.12 & 0.27 & 0.79 \\ 0.6 & 0.92 & 0.34 & 0.14 & 0.07 & 0.04 & 0.03 \\ 0.75 & 0.78 & 0.27 & 0.12 & 0.06 & 0.04 & 0.03 \\ 0.98 & 0.39 & 0.15 & 0.08 & 0.05 & 0.03 & 0.02 \end{array} \right] \end{array}$$

$$K(2001) = \left| \begin{array}{l} \text{нечеткая вариация численности населения на 2000 г.} \\ \text{ОНУР} \quad \text{НУР} \quad \text{НИР} \quad \text{СУР} \quad \text{Н}_{\text{оп}}\text{УР} \quad \text{ВУР} \quad \text{ОВУР} \end{array} \right| - [A^{00}], \text{ т.е.}$$

$$K(2001) = \left| \begin{array}{ccccccc} 0.78 & 0.27 & 0.12 & 0.06 & 0.04 & 0.03 & 0.02 \end{array} \right|.$$

Согласно методу следующий шаг сводится к вычислению матрицы отношений  $R(t)$ :

$$R(t)[i,j] = O^w(t) [i,j] \cap K(t) [j].$$

Или

$$R(t) = O^w(t) \otimes K(t) = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1j} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{i1} & R_{i2} & \dots & R_{ij} \end{bmatrix}.$$

Здесь  $O^w(t)$  – операционная матрица;  $R(t)$  – матрица нечетких отношений;  $\otimes$  – операция  $(\cap) \text{ Min}$ .

Далее определяется прогнозируемое значение для года  $t$  –  $F(t)$ , представленное в виде нечеткого множества

$$F(t) = [\text{Max}(R_{11}, R_{21}, \dots, R_{i1}) \text{ Max}(R_{12}, R_{22}, \dots, R_{i2}) \dots \text{Max}(R_{1j}, R_{2j}, \dots, R_{ij})].$$

Для нашего примера  $1 \leq i \leq 4$  и  $1 \leq j \leq 5$ .

$$R(2001) = \begin{array}{c} \text{ОНУР} \quad \text{НУР} \quad \text{НИР} \quad \text{СУР} \quad \text{Н}_{\text{оп}}\text{УР} \quad \text{ВУР} \quad \text{ОВУР} \\ \left[ \begin{array}{ccccccc} 0.02 & 0.01 & 0.01 & 0.004 & 0.004 & 0.01 & 0.02 \\ 0.47 & 0.25 & 0.04 & 0.01 & 0.03 & 0.001 & 0.001 \\ 0.59 & 0.21 & 0.03 & 0.01 & 0.002 & 0.001 & 0.001 \\ 0.76 & 0.11 & 0.01 & 0.01 & 0.002 & 0.001 & 0 \end{array} \right] \end{array}$$

Окончательный результат для прогноза роста численности населения на 2001 год будет выглядеть следующим образом:

$$F(2001) = \begin{vmatrix} \text{ОНУР} & \text{НУР} & \text{НИР} & \text{СУР} & \text{Н}_{\text{оп}}\text{УР} & \text{ВУР} & \text{ОВУР} \\ 0.76 & 0.25 & 0.04 & 0.01 & 0.03 & 0.01 & 0.02 \end{vmatrix}.$$

Для остальных годов прогнозные результаты вычисляются аналогичным образом.

6-й шаг. Для дефаззификации результатов, полученных на 5-м шаге, предлагается следующая формула:

$$V(t) = \frac{\sum_{i=1}^7 \mu_t(u_i) \cdot u_{\text{ср}}^i}{\sum_{i=1}^7 \mu_t(u_i)}.$$

Здесь  $\mu_t(u_i)$  – вычисленные значения функций принадлежности для прогнозируемого года;  $u_{\text{ср}}^i$  – средние точки интервалов.

Например, после расчетов для  $F(2001)$ :  $V(2001) = 11100$ , т.е. ожидаемый на 2001 год прирост экономически активного населения составляет 11100 человек. А теперь для того чтобы получить прогнозируемое значение численности экономически активного населения на 2001 год, необходимо к численности экономически активного населения за 2000 год прибавить полученное расчетное значение прироста экономически активного населения, т.е.:

$$N(2001) = 3748200 + 11100 = 3759300.$$

Прогнозируемые значения численности экономически активного населения на основе базиса  $w=5$  за период 2001 – 2003 гг., вычисленные в соответствии с изложенной методикой, представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты ретроспективного анализа прогноза численности экономически активного населения

Годы	Фактическая		Прогнозируемая		Погрешность (%)	Средняя погрешность (%)
	численность населения (тыс. чел.)	вариация (тыс. чел.)	Численность населения (тыс. чел.)	вариация (тыс. чел.)		
2001	3763.4	15.2	3759.3	11.1	0.1	0.1.34
2002	3777.5	14.1	3777.4	18.1	0.003	
2003	3801.4	23.0	3791.0	13.6	0.3	

5. *Результаты экспериментальных расчетов.* Для оценки эффективности применения предложенного подхода к решению задачи демографического прогноза проведены эксперименты по расчету численности экономически активного населения на определенные отрезки времени. Эксперименты осуществлены в два этапа, которые условно названы ретроспективным и перспективным.

1. На I этапе в качестве экспериментальной базы принят отрезок времени 2001 – 2003 гг., т.е. ретроспектива, предшествующая текущему 2004 году. Естественно, что в данном случае статистические данные о численности экономически активного населения на указанный период известны [7].

Суть проводимого эксперимента заключалась в том, что: а) динамика численности экономически активного населения за рассматриваемый период времени считалась неизвестной; б) для каждого отдельно взятого года выбранного временного отрезка [2001 – 2003 гг.] с учетом соответствующей предыстории изменения темпов роста населения был рассчитан прогноз численности экономически активного населения, базирующийся на предложенной методике; в) для проверки меры адекватности модели фактическая динамика численности экономически активного населения и соответствующие вариации за 2001 – 2003 гг. были сопоставлены с реализацией математической модели и была рассчитана погрешность аппроксимирующей моделью метода прогнозирования:

В работе погрешность метода рассчитана по следующей формуле:

$$\delta(t) = \frac{N_{\text{факт.}}^t - N_{\text{прогн.}}^t}{N_{\text{факт.}}^t} \cdot 100\%,$$

где  $N_{\text{факт.}}^t$  – фактическая численность населения за год  $t$ ;  $N_{\text{прогн.}}^t$  – прогнозная численность населения за год  $t$ ;  $2001 \leq t \leq 2003$ .

В табл. 2 приведены фактические значения и вариации численности экономически активного населения за 2001 – 2003 гг., результаты прогнозных расчетов и соответствующие значения погрешностей за этот же период, а также значение средней погрешности. Прогнозные расчеты проведены с учетом базиса  $w=5$ , т.е. расчет прогноза для каждого года ( $t=s_i$ ) из выбранного временного отрезка [2001 – 2003] проводился с учетом вариаций за 6 предшествующих лет ( $s_i - s_j=6$ ;  $2001 \leq s_i \leq 2003$ ;  $1995 \leq s_j \leq 1997$ ).

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.

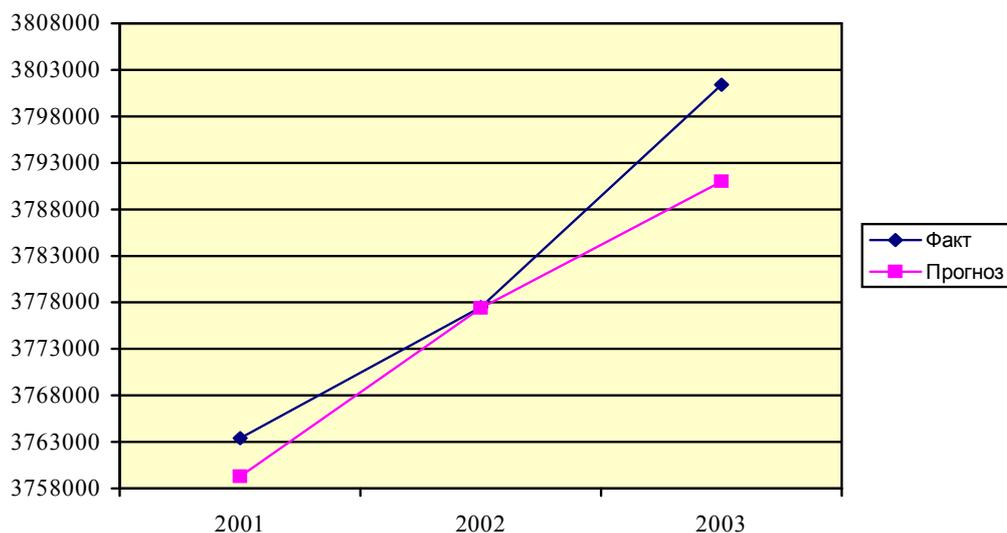


Рисунок 2 – Графическое изображение результатов ретроспективного анализа прогноза численности экономически активного населения

Графическое изображение фактической и прогнозируемой динамики численности экономически активного населения, представленное на рис. 2, 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 экономически активного населения до 2025 года включительно. Прогнозные данные сопоставлены с результатами, полученными применением других прогнозных моделей (рис. 3).

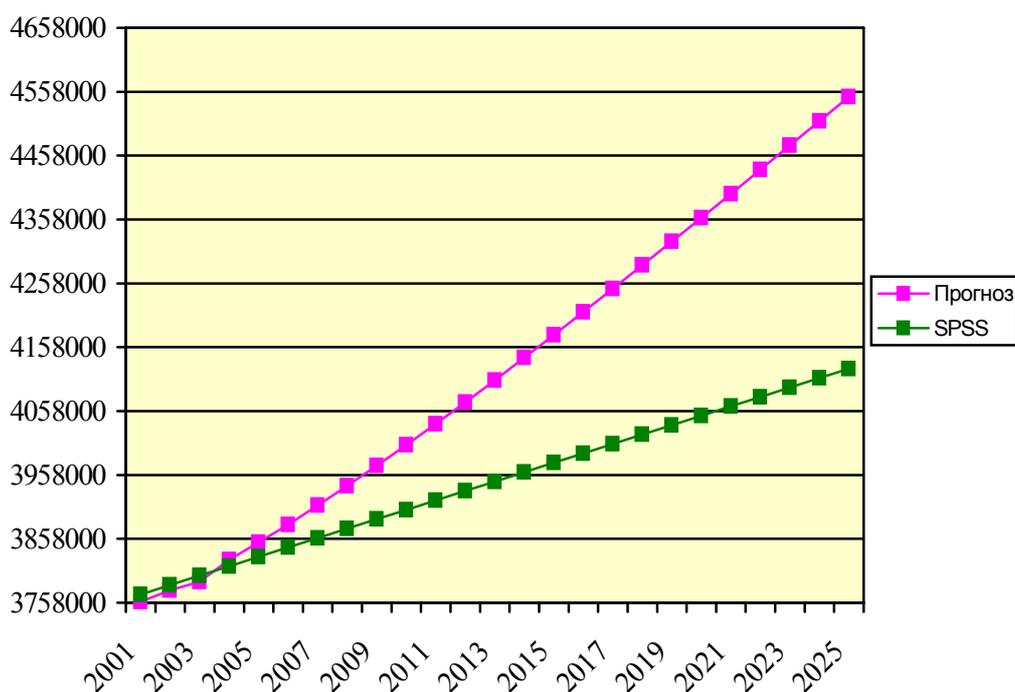


Рисунок 3 – Сравнительный анализ прогнозных данных численности экономически активного населения Азербайджана, полученных применением моделей нечетких временных рядов и SPSS

На основе предложенной методики аналогичным образом был проведен перспективный расчет численности общего и трудоспособного населения (ТСН) Азербайджана до 2025 г. включительно [8]. Полученные результаты и сделанные выводы для определения доли ЭАН по отношению к общему и трудоспособному населению отображены в табл. 3. Сделанные выводы приводят к следующей интерпретации прогнозных данных: численность общего, экономически активного и трудоспособного населения будет расти, однако доля экономически активного населения будет уменьшаться, в то время как трудоспособная часть общего населения возрастет. Эти данные являются сигналом к тому, чтобы при планировании будущего рынка труда предусмотреть меры по более активному вовлечению в него трудоспособного населения.

Таблица 3 – Результаты прогнозирования общего, экономически активного и трудоспособного населения на период 2004 – 2025 гг., полученные применением нечетких временных рядов

Годы	Числ. общего населения (тыс. чел.)	Числ. ЭАН (тыс. чел.)	Числ. ТСН (тыс. чел.)	Доля ЭАН по отнош. к общ.нас. (%)	Доля ТСН по отнош. к общ.нас. (%)	Доля ЭАН по отн. к ТСН (%)
2004	8398.0	3825.4	4838.0	46.00	57.61	79.07
2005	8481.9	3852.3	4890.5	45.57	57.66	78.77
2006	8566.7	3880.5	4945.1	45.75	57.72	78.47
2007	8652.3	3910.5	5001.8	45.65	57.81	78.18
2008	8738.5	3940.9	5061.0	45.55	57.92	77.87
2009	8825.3	3972.5	5123.4	45.46	58.05	77.54
2010	8912.5	4004.9	5189.7	45.38	58.23	77.27
2011	8912.5	4038.1	5260.2	45.31	59.02	76.77
2012	9000.0	4072.0	5334.3	45.24	59.27	76.34
2013	9087.8	4106.5	5410.1	44.08	59.53	75.90
2014	9175.9	4141.5	5487.2	45.13	59.80	75.48
2015	9264.2	4177.1	5564.5	45.08	60.06	75.07
2016	9352.6	4213.2	5642.1	45.04	60.33	74.67
2017	9441.1	4249.6	5719.9	45.54	60.59	74.30
2018	9529.7	4286.4	5797.7	44.98	60.84	73.93
2019	9618.4	4323.4	5875.5	44.95	61.09	73.58
2020	9707.1	4360.8	5953.3	44.92	61.33	73.25
2021	9795.8	4398.3	6031.1	44.90	61.57	72.93
2022	9884.5	4436.1	6108.9	44.88	61.80	72.62
2023	9973.2	4474.0	6186.7	44.86	62.03	72.32
2024	10061.9	4512.1	6264.5	44.84	62.26	72.03
2025	10150.6	4550.3	6342.3	44.82	62.48	71.75

## Заключение

Методика, предложенная в статье, позволяет получить прогноз демографических аспектов рынка труда – динамику общего, трудоспособного и экономически активного населения на основе нечетких временных рядов. Особенностью методики является возможность выдачи прогнозов при неполной, нечеткой исходной информации. Описанный подход допускает при расчете прогноза на какую-либо дату включение в экспериментальную базу истекшей динамики численности населения на любую отдаленную перспективу. Это, в свою очередь, способствует учету при расчете прогноза предыстории тенденций изменения темпов роста населения и, соответственно, получению более точных прогнозов, чтобы определить вероятное состояние рынка труда на будущее.

На базе предложенной методики разработаны соответствующие алгоритмы и программные средства, позволившие провести обработку представительного статистического материала, сравнить результаты, полученные на основе нечеткой

прогнозной модели, с результатами других методов прогнозных расчетов и сделать окончательный вывод о перспективности метода в решении задач прогнозирования демографических аспектов рынка труда.

## Литература

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
2. Song Q., Chissom B.S. Fuzzy time series and its models // Fuzzy Sets and Systems. – 1993. – Vol. 54.
3. Song Q., Chissom B.S. Forecasting enrollments with fuzzy time series – part II // Fuzzy Sets and Systems. – 1994. – Vol. 62.
4. Chen S.M. Forecasting enrollments based on fuzzy time series // Fuzzy Sets and Systems. – 1996. – Vol. 81.
5. Hwang J.R., Chen S.M., Lee C.H. A new method for handling forecasting problems based on fuzzy time series // Proc. 7<sup>th</sup> Internat. Conf. On Information Management. – Chungli, Tayouan, Taiwan, ROC. – 1996.
6. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. Применение нечетких временных рядов для прогнозирования численности населения // Сб. трудов НИУЦ по труду и социальным проблемам. – Вып. 1. – Баку, 2002. – С. 41-63.
7. Statistical Yearbook of Azerbaijan – 2003 / Statistical Committee of Azerbaijan Republic. – Baku, 2003.
8. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. Применение нечеткой логики в демографическом прогнозе // Информационные технологии. – 2004. – № 3. – С. 45-53.

*M.G. Mamedova, Z.G. Dzhabrailova*

### **Fuzzy Logic in Forecasting of Labor Market Demographic Aspects**

The expediency of fuzzy logic application in modeling of demographic aspects of labor market by the example of economically active population forecasting task has been shown. Forecasting methodology of economically active population using fuzzy time series model has been suggested. Comparative analysis and interpretation of obtained forecasting data for economically active, general and capable population that gave opportunity to determine probable perspective state of labor market has been made.

*Статья поступила в редакцию 24.06.2005.*