

УДК 519.8 + 330.4  
ББК 65.6

## НЕЧЕТКИЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ УРОВНЯ БЕДНОСТИ

Абдуллаева Н. А.<sup>1</sup>

(Учреждение Азербайджанской академии наук  
Институт кибернетики АНАН, Баку)

*Исследуется уровень бедности в Азербайджане в зависимости от доходов населения, коэффициента безработицы, уровня инфляции и прожиточного минимума, а также дается прогноз уровня бедности на следующие три года. До настоящего времени задачи такого прогнозирования решались с помощью классических уравнений линейной регрессии. В данной статье для прогноза уровня бедности предлагается нечеткая регрессионная модель.*

Ключевые слова: уровень бедности, доходы населения, коэффициент безработицы, уровень инфляции, прожиточный минимум, нечеткая регрессионная модель.

### 1. Введение

Проблема бедности активно исследуется и имеет много сходных черт во всем мире. Тем не менее, несмотря на накопленный научный опыт изучения проблем бедности, многочисленные попытки оценить масштабы ее распространения, в том числе и в Азербайджане, представляют несколько неточную картину.

В работе [4], посвященной аналитическому обзору содержания и структуры 250 статей о бедности, опубликованных в России в 1992–2006 гг., Локшин приходит к выводу, что используемые для анализа бедности эмпирические методы и подходы

---

<sup>1</sup> Нигяр Акрамовна Абдуллаева, аспирант (nigyar.a@gmail.com)

устарели, описанию данных недостает точности. Там же сказано об отсутствии критических обзоров, метаанализа и синтеза результатов исследований бедности, опубликованных в России на протяжении 15 лет. Нельзя, однако, не отметить качественные исследования бедности А.Ю. Шевякова и А.Я. Кируты, Н.М. Римашиевской, Л.Н. Овчаровой, Т.И. Богомоловой. Тем не менее, среди работ российских ученых не удалось найти подхода к оценке и прогнозу уровня бедности, учитывающего неопределенность.

В настоящее время в моделях выражения неопределенности широко применяются нечеткие величины [5, 6]. Так, нечеткий многомерный подход к анализу бедности предложен в работах Сериоли и Зани [15], Чели и Лемми [16], Дагум [17], Мартинетти [19].

Известно, что проблема учета неопределенности [5], неполноты и противоречивости данных занимает ключевое место в измерении социально-экономических показателей, в том числе и в оценке уровня бедности. Наиболее распространенным методом оценки уровня бедности является регрессионный анализ. Однако для получения качественной регрессионной модели необходима точная числовая статистическая информация. При анализе зависимости уровня бедности от воздействующих факторов зачастую приходится иметь дело с важной информацией, которая не может быть задана точно. Для таких данных аппаратом формализации служит теория нечетких множеств Заде.

Поэтому в данной работе для оценки и прогноза уровня бедности предлагается нечеткая модель. Также предложено исследование уровня бедности в зависимости от доходов населения, коэффициента безработицы, уровня инфляции, прожиточного минимума, и прогноз уровня бедности на 3 года с применением нечеткой интервальной регрессии. Основная цель применения метода нечеткой регрессии состоит в том, чтобы получить более точный и достоверный прогноз по экономическим показателям на следующие три года на основе имеющихся статистических данных с 2000 по 2009 год.

## 2. Постановка задачи

С целью описания общей постановки задачи условно обозначим следующие экономические показатели:

- 1) уровень бедности (процент бедных от всего населения) – УБ;
- 2) доходы населения (всего, млн. манат) – ДН;
- 3) коэффициент безработицы (процент официально зарегистрированных безработных от экономически активного населения) – КБ;
- 4) уровень инфляции (процент) – УИ;
- 5) прожиточный минимум (манат) – ПМ.

В качестве исходных данных взяты годовые значения показателя уровня бедности и вышеперечисленных четырех показателей по информации Государственного статистического комитета Азербайджана за период с 2000 по 2009 год (таблица 1).

Таблица 1. Статистические данные по показателям в Азербайджане с 2000 по 2009 год

Год	Уровень бедности % УБ	Доходы населения млн. манат ДН	Коэффициент безработицы % КБ	Уровень инфляции % УИ	Прожиточный минимум манат ПМ
2000	68,1	3511,4	1,17	1,8	23,2
2001	49,0	3802,0	1,29	1,5	24,0
2002	46,7	4244,1	1,35	2,8	35,0
2003	44,7	4978,9	1,31	2,2	35,8
2004	40,2	6135,3	1,35	6,7	38,8
2005	29,3	7792,3	1,35	9,6	42,6
2006	20,8	9949,8	1,26	8,3	58,0
2007	15,8	14305,6	1,18	16,7	64,0
2008	13,2	20058,2	1,03	20,8	70,0
2009	11,0	22396,1	1,00	1,5	84,0

В Азербайджане явление бедности представляет особый интерес для исследования, так как не подчиняется многим

тенденциям, характерным для других стран. Из динамики показателей, представленной в таблице 1, видно, что снижение уровня бедности обусловлено высокими темпами роста доходов, несмотря на рост инфляции и незначительное увеличение официально зарегистрированной безработицы. Рост доходов, в свою очередь, обеспечен своевременной индексацией доходов, повышением зарплат, пенсий, социальных пособий, увеличением размера адресной социальной помощи, выдаваемой неимущим слоям населения. Однако, значение показателя уровня бедности довольно высокое, притом, что уровень официально зарегистрированных безработных чуть больше одного процента. Из теории известно, что невысокий уровень безработицы позволяет поддерживать заниженная заработная плата. Действительно, несмотря на неоднократное повышение минимальной заработной платы (МЗП) и ежегодное увеличение размера прожиточного минимума (ПМ), уровень МЗП и ПМ далеки от рекомендованных Европейской Социальной Хартией норм в 60% и 50% от средней зарплаты<sup>1</sup> (прожиточный минимум лишь в 2000 г. и 2002 г. составлял соответственно 52,4% и 55,5% от средней зарплаты, с 2007 г. годовой размер ПМ официально утверждается), минимальная оплата труда не дотягивает и до прожиточного минимума. В тоже время, обследования Международной организации труда показали более высокие оценки безработицы в стране. При этом необходимо учитывать, что наличие материальных благ, не являющихся результатом трудовой деятельности человека, к примеру, высокая заработная плата других членов семьи или доход от сдачи в аренду имущества, оказывает влияние на

---

<sup>1</sup> *В целях недопущения значительной дифференциации доходов в соответствии с установкой Европейского комитета по социальным правам минимальный уровень заработной платы должен составлять 60% от средней заработной платы по национальной экономике. В тоже время соответствующая величина может снижаться в сторону 50%, если государства докажут, что при этом может обеспечиваться достойный уровень жизни.*

принятие человеком решения о необходимости работать. Кроме того, в Азербайджане фактически сложилась ситуация, при которой большинство людей, считающих себя безработными, имеют доход, работая в неформальном секторе экономики без договора и трудовой книжки. По оценкам международных экспертов объемы неформальной экономики довольно высоки (см. таблицу 2).

Таблица 2. Справочные данные по экономическим показателям в Азербайджане

Показатели	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Средняя заработная плата (СЗП), манат	44,3	52,0	63,1	77,4	99,4	123,6	149,0	215,8	274,4	298,0
Минимальная заработная плата (МЗП), манат	1,1	5,5	5,5	9,0	20,0	25,0	30,0	50,0	60,0	75,0
Соотношение МЗП к СЗП, %	<b>2,5</b>	<b>10,6</b>	<b>8,7</b>	<b>11,6</b>	<b>20,1</b>	<b>20,2</b>	<b>20,1</b>	<b>23,2</b>	<b>21,9</b>	<b>25,2</b>
Прожиточный минимум (ПМ), манат	23,2	24,0	35,0	35,8	38,8	42,6	58,0	64,0	70,0	84,0
Соотношение ПМ к СЗП, %	<b>52,4</b>	<b>46,2</b>	<b>55,5</b>	<b>46,3</b>	<b>39,0</b>	<b>34,5</b>	<b>39,0</b>	<b>29,7</b>	<b>25,5</b>	<b>28,2</b>
Уровень безработицы (по оценкам МОТ), %	-	-	-	10,7	8,4	7,6	6,8	6,5	6,1	6,0
Объемы неформальной экономики % от ВВП <sup>1</sup>	60,6	61,1	61,3	61,3	60,8	59,4	-	-	-	-

<sup>1</sup> Schneider F. *Shadow Economies and Corruption All Over the World: New Estimates for 145 Countries // Economics.* –2007. – № 9.

### 3. Методика построения классической регрессионной модели

Одним из самых распространенных методов прогнозирования является традиционный метод линейной регрессии, который для нашей задачи будет иметь следующий вид:

$$(1) \text{УБ(ДН,КБ,УИ,ПМ)} = a_0 + a_1 \cdot \text{ДН} + a_2 \cdot \text{КБ} + a_3 \cdot \text{УИ} + a_4 \cdot \text{ПМ} + \varepsilon,$$

где коэффициенты  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  определяются методом наименьших квадратов;  $\varepsilon$  – ошибка наблюдения.

Оценка проведена с помощью программы *Eviews* методом наименьших квадратов, и получена следующая классическая модель множественной линейной регрессии:

$$(2) \text{УБ(ДН,КБ,УИ,ПМ)} = 177,9430 - 0,001825 \cdot \text{ДН} - 78,64723 \cdot \text{КБ} - 0,392123 \cdot \text{УИ} - 0,564792 \cdot \text{ПМ},$$

$$R^2 = 0,970899, \text{DW} = 2,717832, F\text{-statistic} = 41,70325,$$

$$\text{Prob}(F\text{-statistic}) = 0,000495.$$

Коэффициент детерминации  $R^2$ , определяющий тесноту связи между факторами и зависимой переменной равен 0,97, что является очень высоким показателем.  $F$ -статистика показывает, что регрессия в целом значима ( $\text{Prob} = 0,0005$ ). Автокорреляция отсутствует, так как статистика Дарбина-Уотсона равна 2,71.

Однако недостатком модели являются неверные знаки коэффициентов при переменных КБ, УИ, ПМ. Из законов экономики известно, что рост безработицы, инфляции, увеличение прожиточного минимума отрицательным образом влияют на уровень бедности, поэтому модель имеет противоречивую с точки зрения экономической теории интерпретацию и не может быть использована для прогнозов. Эта проблема связана с наличием мультиколлинеарности, приводящей к увеличению стандартных ошибок и искажающей истинные зависимости между переменными. В этом случае оценка методом наименьших квадратов обладает «плохими» свойствами. Для устранения мультиколлинеарности можно исключить какую-либо из переменных, но это значительно отразится на содержательном смысле модели и приведет к смещению коэффициентов модели.

Для отбора качественной модели можно также провести преобразования исходных данных, что чревато построением большого количества моделей и делает задачу трудоемкой (если над каждым из 4 показателей сделать 9 преобразований, то общее количество возможных регрессионных моделей будет равно  $9^4 = 6561$ ).

Классическое регрессионное уравнение считается пригодным для прогнозирования, но в сравнении с современным нечетким методом решения оно не обладает подобной точностью. Сказанное, в первую очередь, можно обосновать на основе данных по годам. Так, годовые данные, взятые из статистики, усреднены и не могут считаться точными числами. Числа, принятые в нечетких задачах, являются нечеткими и состоят из полноценно рассчитанных интервалов с учетом погрешности на каждом  $\alpha$ -уровне. Кроме того, в классической регрессии операции проводятся над реальными числами, в результате чего получаются реальные числа. Значит, как и первичные показатели, результаты могут не отражать полную реальность, так как используемые числа были усредненными. В нечетких расчетах результат получается как нечеткое число. Это, как правило, обеспечивает получение результатов в достоверных интервалах по  $\alpha$ -уровням с учетом погрешностей [18].

Методы классической регрессии имеют и другие недостатки:

- недостаточная устойчивость к изменениям входной информации;
- мультиколлинеарность, т. е. проблема зависимости переменных между собой. Хотя классический регрессионный анализ предполагает, что переменные независимы друг от друга, в любых реальных приложениях оказывается, как правило, что между ними есть корреляция, и часто достаточно высокая [7];
- сведение формы математической зависимости к линейной, что приводит к достаточно большой погрешности и искаженности [21];

- трудности в изучении распределения погрешностей измерений, которые в большинстве случаев имеют распределения, отличные от нормальных [10];
- недостаточное число наблюдений (малый набор данных);
- неэффективность классических регрессионных моделей при описании процессов, действующих в нестационарной системе с ярко выраженной динамикой структурного развития [8];
- результаты измерения всегда имеют погрешность, т. е. фактически являются не точными числами, а интервалами или нечеткими множествами [10, 11].

В настоящее время альтернативой классическим методам выступают нечеткие регрессионные методы [21], которые значительно расширили границы применения регрессионного анализа, так как понятие нечеткого множества является расширением понятия обычного, четкого множества [3].

#### **4. Методика построения нечеткой регрессионной модели**

В задачах нечеткой регрессии, как и в классической регрессии, необходимо определить функцию зависимости между входными и выходными данными. В первую очередь напомним функцию зависимости в общем виде:

$$(3) \text{ УБ} = \tilde{f}(\text{ДН}, \text{КБ}, \text{УИ}, \text{ПМ}).$$

Все пять показателей, участвующие в решении задачи, принимаются как нечеткие числа.

Решение нечеткой задачи линейной регрессии состоит из выявления произвольного члена и коэффициентов, заданных на интервале [1]:

$$(4) \text{ УБ}(\text{ДН}, \text{КБ}, \text{УИ}, \text{ПМ}) = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 \cdot \text{ДН} + \tilde{A}_2 \cdot \text{КБ} + \tilde{A}_3 \cdot \text{УИ} + \tilde{A}_4 \cdot \text{ПМ}.$$

В данном уравнении показатели УБ, ДН, КБ, УИ, ПМ и коэффициенты  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4$  представим треугольными нечеткими числами с центром  $c$  и шириной  $w$ .

Другими словами, показатели УБ, ДН, КБ, УИ, ПМ и коэффициенты  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4$  – это нечеткие множества, функции



принадлежности которых имеют вид равнобедренного треугольника единичной высоты [18]:

$$(5) \quad \begin{aligned} \text{УБ} &= (\text{УБ}_c, \text{УБ}_w), \text{ДН} = (\text{ДН}_c, \text{ДН}_w), \text{КБ} = (\text{КБ}_c, \text{КБ}_w), \\ \text{УИ} &= (\text{УИ}_c, \text{УИ}_w), \text{ПМ} = (\text{ПМ}_c, \text{ПМ}_w). \end{aligned}$$

Линейная интервальная регрессионная форма нечеткого уравнения по каждому  $\alpha$ -уровню нижеследующая:

$$(6) \quad \text{УБ}^\alpha(\text{ДН}^\alpha, \text{КБ}^\alpha, \text{УИ}^\alpha, \text{ПМ}^\alpha) = A_0^\alpha + A_1^\alpha \cdot \text{ДН}^\alpha + A_2^\alpha \cdot \text{КБ}^\alpha + A_3^\alpha \cdot \text{УИ}^\alpha + A_4^\alpha \cdot \text{ПМ}^\alpha,$$

т. е.

$$\begin{aligned} \text{УБ}^\alpha(\text{ДН}^\alpha, \text{КБ}^\alpha, \text{УИ}^\alpha, \text{ПМ}^\alpha) &= (\text{УБ}_c^\alpha(\text{ДН}^\alpha, \text{КБ}^\alpha, \text{УИ}^\alpha, \text{ПМ}^\alpha), \text{УБ}_w^\alpha(\text{ДН}^\alpha, \text{КБ}^\alpha, \text{УИ}^\alpha, \text{ПМ}^\alpha)), \\ \text{ДН}^\alpha &= (\text{ДН}_c^\alpha, \text{ДН}_w^\alpha), \text{КБ}^\alpha = (\text{КБ}_c^\alpha, \text{КБ}_w^\alpha), \text{УИ}^\alpha = (\text{УИ}_c^\alpha, \text{УИ}_w^\alpha), \text{ПМ}^\alpha = (\text{ПМ}_c^\alpha, \text{ПМ}_w^\alpha), \\ A_0^\alpha &= (A_{0c}^\alpha, A_{0w}^\alpha), A_1^\alpha = (A_{1c}^\alpha, A_{1w}^\alpha), A_2^\alpha = (A_{2c}^\alpha, A_{2w}^\alpha), A_3^\alpha = (A_{3c}^\alpha, A_{3w}^\alpha), A_4^\alpha = (A_{4c}^\alpha, A_{4w}^\alpha). \end{aligned}$$

Если расширить вышеуказанные выражения, то сможем написать как:

$$(7) \quad \text{УБ}_c(\text{ДН}, \text{КБ}, \text{УИ}, \text{ПМ}) = a_{0c} + a_{1c} \cdot \text{ДН}_c + a_{2c} \cdot \text{КБ}_c + a_{3c} \cdot \text{УИ}_c + a_{4c} \cdot \text{ПМ}_c,$$

$$(8) \quad \begin{aligned} \text{УБ}_w(\text{ДН}, \text{КБ}, \text{УИ}, \text{ПМ}) &= a_{0w} + a_{1c} \cdot \text{ДН}_w + a_{1w} \cdot \text{ДН}_c + a_{2c} \cdot \text{КБ}_w + \\ &+ a_{2w} \cdot \text{КБ}_c + a_{3c} \cdot \text{УИ}_w + a_{3w} \cdot \text{УИ}_c + a_{4c} \cdot \text{ПМ}_w + a_{4w} \cdot \text{ПМ}_c. \end{aligned}$$

Подобные уравнения в таком же порядке можно применять по всем  $\alpha$ -уровням. Минимизация уравнения нечеткой регрессии для каждого  $\alpha$ -уровня делает необходимым решение нижеуказанной задачи линейного программирования [18]:

$$(9) \quad \begin{aligned} \sum \text{УБ}_w &= 10 \cdot a_{0w} + \left( \sum_{i=1}^{10} \text{ДН}_w w_i \right) \cdot a_{1c} + \left( \sum_{i=1}^{10} \text{ДН}_c c_i \right) \cdot a_{1w} + \\ &+ \left( \sum_{i=1}^{10} \text{КБ}_w w_i \right) \cdot a_{2c} + \left( \sum_{i=1}^{10} \text{КБ}_c c_i \right) \cdot a_{2w} + \left( \sum_{i=1}^{10} \text{УИ}_w w_i \right) \cdot a_{3c} + \\ &+ \left( \sum_{i=1}^{10} \text{УИ}_c c_i \right) \cdot a_{3w} + \left( \sum_{i=1}^{10} \text{ПМ}_w w_i \right) \cdot a_{4c} + \left( \sum_{i=1}^{10} \text{ПМ}_c c_i \right) \cdot a_{4w} \longrightarrow \min, \end{aligned}$$

где условия ограничений:

$$(10) \quad \begin{aligned} & a_{0c} - a_{0w} + (\text{ДН}c_i - \text{ДН}w_i) \cdot a_{1c} - \text{ДН}c_i \cdot a_{1w} + \\ & + (\text{КБ}c_i - \text{КБ}w_i) \cdot a_{2c} - \text{КБ}c_i \cdot a_{2w} + (\text{УИ}c_i - \text{УИ}w_i) \cdot a_{3c} - \\ & - \text{УИ}c_i \cdot a_{3w} + (\text{ПМ}c_i - \text{ПМ}w_i) \cdot a_{4c} - \text{ПМ}c_i \cdot a_{4w} \leq \text{УБ}c_i - \text{УБ}w_i, \\ & i = \overline{1,10}, \end{aligned}$$

$$(11) \quad \begin{aligned} & -a_{0c} - a_{0w} - (\text{ДН}c_i + \text{ДН}w_i) \cdot a_{1c} - \text{ДН}c_i \cdot a_{1w} - \\ & - (\text{КБ}c_i + \text{КБ}w_i) \cdot a_{2c} - \text{КБ}c_i \cdot a_{2w} - (\text{УИ}c_i + \text{УИ}w_i) \cdot a_{3c} - \\ & - \text{УИ}c_i \cdot a_{3w} - (\text{ПМ}c_i + \text{ПМ}w_i) \cdot a_{4c} - \text{ПМ}c_i \cdot a_{4w} \leq -\text{УБ}c_i - \text{УБ}w_i, \\ & i = \overline{1,10}, \end{aligned}$$

$$(12) \quad a_{0w}, a_{1w}, a_{2w}, a_{3w}, a_{4w} \geq 0, i = \overline{1,10}.$$

Путем решения этой проблемы линейного программирования с целевой функцией (9) и ограничивающими условиями (10), (11), (12) получаем оценочные интервальные коэффициенты  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4$ , исследуемые по каждому  $\alpha$ -уровню, которые указаны в таблице 3.

## 5. Прогнозирование уровня бедности

С целью прогнозирования показателя УБ (уровень бедности) на 2010–2012 гг. используются 3 сценария, ориентированные на различные варианты развития ситуации (средний, оптимистический и пессимистический). Метод среднего сценария является одним из наиболее употребляемых среди всех методов прогнозирования на будущее и позволяет получить достоверные результаты при стабильном развитии. Метод оптимистического сценария дает верные результаты при таком развитии, когда темпы роста стремительно меняются, а метод пессимистического сценария прогнозирования – при развитии, когда темп спада ускоренно меняется:

Таблица 3. Коэффициенты по  $\alpha$  уровням, полученные в результате решения уравнения нечеткой линейной регрессии

Коэффициенты		$\alpha$ -уровни					
		0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$A_0$	$a_{0c}$	14,7031	13,5618	12,4387	11,3330	12,9319	8,7346
	$a_{0w}$	30,6594	29,7480	28,8438	27,9463	26,5266	26,1023
$A_1$	$a_{1c}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	$a_{1w}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
$A_2$	$a_{2c}$	26,2500	26,6258	26,9880	27,3373	25,6839	28,3984
	$a_{2w}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$A_3$	$a_{3c}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	$a_{3w}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0205
$A_4$	$a_{4c}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	$a_{4w}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Средний сценарий – выводя корни из суммы квадратов темпов роста среди показателей в таблице 1, приплюсовывают их к показателям последнего 2009 года и получают показатели для прогнозирования на последующие годы.

Оптимистический сценарий – найдя наибольшую разницу темпа роста среди показателей в таблице 1, приплюсовывают ее к показателям последнего 2009 года и получают показатели для прогнозирования на последующие годы.

Пессимистический сценарий – найдя наименьшую разницу с темпом роста среди показателей в таблице 1, приплюсовывают ее к показателям последнего 2009 года и получают показатели для прогнозирования на последующие годы.

Таблица 4. Среднеквадратичные значения, рассчитанные по показателям

Вар.	Средний			Оптимистический			Пессимистический		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Годы	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
УБ <sub>С</sub>	9,0	7,3	6,0	7,8	5,5	3,9	10,5	10,1	9,6
УБ <sub>И</sub>	0,9	0,7	0,5	0,1	0,02	0,002	2,5	5,6	2,5
ДН <sub>С</sub>	27516	33806	41534	24250	26257	28429	32201	46297	66565
ДН <sub>И</sub>	1474	1858	2342	627	337	181	2360	4765	9619
КБ <sub>С</sub>	0,98	0,96	0,95	0,8	0,7	0,6	1,1	1,2	1,3
КБ <sub>И</sub>	0,013	0,011	0,001	0,003	0,0006	0,0001	0,14	0,22	0,94
УИ <sub>С</sub>	1,5	1,44	1,41	1,2	1,1	1,0	4,6	13,9	22,3
УИ <sub>И</sub>	1,5	1,4	0,8	0,3	0,9	0,9	4,6	2,25	10,9
ПМ <sub>С</sub>	96,9	111,8	128,9	85,9	87,8	89,9	122,5	178,6	260,5
ПМ <sub>И</sub>	9,6	13,2	18,2	7,0	7,0	7,0	26,3	98,4	36,9

Затем находится прогнозное значение функции с помощью выявленных входных значений на 2010–2012 гг. в таблице 4.

Для этого, вставив входные значения в формулах (7) и (8) по каждому  $\alpha$ -уровню, производятся расчеты. Расчеты осуществляются в отдельности для каждого – среднего, оптимистического и пессимистического сценариев.

Центр и расширения, полученные по  $\alpha$ -уровням, являются центром, левым и правым отрезком основания равнобедренного треугольника [18, 21]. В результате мы получаем центральное, левое и правое значения уровня бедности, доходов населения, коэффициента безработицы, уровня инфляции, прожиточного минимума по исследуемым 2010–2012 гг., которые указаны в таблице 5.

Указанный в таблице 5 прогноз по трем сценариям отражает в себе центральное, левое и правое значения прогноза. При необходимости полученные нечеткие результаты можно указать точными числами, что называется дефаззификацией и осуществляется многочисленными методами. Одним из этих методов является формула, рассчитываемая как соотношение суммы произведения значений нечеткой функции, найденных в соответствующих  $\alpha$ -уровнях, к сумме этих же  $\alpha$ -уровней.

$$(13) \text{ УБ} = \frac{\sum_{r=1}^R \text{УБ}_r \alpha_r}{\sum_{r=1}^R \alpha_r}.$$

Так, после вычислений получают следующие результаты, преобразованные в действительные числа путем дефаззификации:

- по среднему сценарию прогнозное значение уровня бедности составит в 2010 г. – 9,0 %, в 2011 г. – 7,3 %, в 2012 г. – 6,0 %;
- по оптимистическому сценарию уровень бедности снизится с прогнозируемых на 2010 г. 7,8 % до 5,5 % в 2011 г. и до 3,9 % в 2012 г.;
- по пессимистическому сценарию прогноз уровня бедности на 2010 г. составит 10,5 %, 2011г. – 10,1 %, 2012 г. – 9,6 %.

Таблица 5. Прогноз на 2010–2012 годы

Пессимистический			Оптимистический			Средний			Вар.
2012	2011	2010	2012	2011	2010	2012	2011	2010	Годы
9,6	10,1	10,5	3,9	5,5	7,8	6,0	7,3	9,0	УБ
7,1	4,5	8,0	3,898	5,48	7,7	5,5	6,6	8,1	УБ <sub>L</sub>
12,1	15,7	13,0	3,902	5,52	7,9	6,5	8,0	9,9	УБ <sub>R</sub>
66565	46297	32201	28429	26257	24250	41534	33806	27516	ДН
56946	41622	29841	28248	25920	23623	39192	31948	26042	ДН <sub>L</sub>
76184	50972	34561	28610	26594	24827	43876	35664	28990	ДН <sub>R</sub>
1,3	1,2	1,1	0,6	0,7	0,8	0,95	0,96	0,98	КБ
0,36	0,98	0,96	0,5999	0,6994	0,797	0,949	0,949	0,967	КБ <sub>L</sub>
2,24	1,42	1,24	0,6001	0,7006	0,803	0,951	0,971	0,993	КБ <sub>R</sub>
22,3	13,9	4,6	1,0	1,1	1,2	1,41	1,44	1,5	УИ
11,4	11,65	0,0	0,1	0,2	0,9	0,61	0,04	0,0	УИ <sub>L</sub>
33,2	16,15	9,2	1,9	2,0	1,5	2,21	2,84	3,0	УИ <sub>R</sub>
260,5	178,6	122,5	89,9	87,8	85,9	128,9	111,8	96,9	ПМ
223,6	80,2	96,2	82,9	80,8	78,9	110,7	98,6	87,3	ПМ <sub>L</sub>
260,5	277	148,8	96,9	94,8	92,9	147,1	125	106,5	ПМ <sub>R</sub>

## 6. Заключение

Для прогнозирования уровня бедности целесообразнее использовать нечеткое регрессионное моделирование, так как оно обеспечивает большую точность результатов.

### Литература

1. АСАИ К., ВАТАДА Д., ИВАИ С. и др. *Прикладные нечеткие системы*. Пер. с япон. – М.: Мир, 1993
2. БОГОМОЛОВА Т.Ю., ТОПИЛИНА В.С. *Бедность в современной России: измерение и анализ* // Экономическая наука современной России. – 2005. – №1. – С. 93–106.
3. ДОМРАЧЕВ В.Г., ПОЛЕЩУК О.М. *О построении регрессионной модели при нечетких исходных данных* // Автоматика и телемеханика. – 2003. – №11. – С. 74–83.
4. ЛОКШИН М. *Использование научного метода в российских исследованиях в области бедности* // Вопросы экономики. – 2008. – №6. – С. 44–60.
5. КЛЕЙНЕР Г.Б. *К спору о методе: исследование бедности или бедность исследования* // Вопросы экономики. – 2008. – №6. – С. 61–70.
6. КЛЕЙНЕР Г.Б., СМОЛЯК С.А. *Эконометрические зависимости: принципы и методы построения*. – М.: Наука, 2000.
7. КРЫШТАНОВСКИЙ А.О. *Ограничения метода регрессионного анализа* // Социология: методология, методы, математические модели. – 2000. – №12. – С. 96–112.
8. КУЗЬМИНОВА Т.В. *Моделирование динамики безработицы* // Социология: 4 М. – 2003. – №16. – С. 100–113.
9. ОВЧАРОВА Л.Н. *Бедность и экономический рост в России* // Уровень жизни населения регионов России. – 2008. – №11–12. – С. 47–60.
10. ОРЛОВ А.И. *Организационно-экономическое моделирование: Учебник в 3 ч. Часть 1: Нечисловая статистика*. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2009. – 541 с.
11. ОРЛОВ А.И. *Эконометрика*. – М.: «Экзамен», 2002.

12. ШЕВЯКОВ А.Ю., КИРУТА А.Я. *Измерение экономического неравенства*. – М.: «Лето», 2002.
13. ШУРЫГИН А.М. *Регрессия: выбор вида зависимости, эффективность и устойчивость оценок* // Автоматика и телемеханика. – 1996. – №6. – С. 90–101.
14. BARDOSSY A. *Note on fuzzy regression* // Fuzzy Sets and Systems. – 1990. – No.37. – P. 66–75.
15. CERIOLI A., ZANI S. *A fuzzy approach to the measurement of poverty*. In Dagum C. and Zenga M. (eds.), *Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty*. – Springer-Verlag, Berlin, 1990. – P. 272–284.
16. CHELI B., LEMMI A. *A totally fuzzy and relative approach to the multidimensional analysis of poverty* // Economic Notes by Monte dei Paschi di Siena. – 1995. – No.24(1). – P. 115–134.
17. DAGUM C., GAMBASSI R., LEMMI A. *New approaches to the measurement of poverty. Poverty Measurement for Economies in Transition in Eastern European Countries*. – Polish Statistical Association and Central Statistical Office, Warsaw, 1992. – P. 201–225.
18. ISHIBUCHI H. *Fuzzy regression analysis* // Japanese journal of Fuzzy Theory and Systems. – 1992. – Vol. 4, No.1. – P. 137–148.
19. MARTINETTI C.E. *A new approach to the evaluation of well-being and poverty by fuzzy set theory* // Giornale Degli Economisti e Annali di Economia. – 1994. – No.53. – P. 367–388.
20. SABIC D.A., PEDRYC W. *Evaluation on fuzzy linear regression models* // Fuzzy Sets and Systems. – 1991. – No.23. – P. 51–63.
21. SHAPIRO A. F. *Fuzzy regression models*. – ACM, Penn State University, 2005.



## **FUZZY APPROACH TO POVERTY LEVEL FORECASTING**

**Nigar Abdullayeva**, Institute of Cybernetics of ANAS, Baku, post-graduate student (nigyar.a@gmail.com)

*Abstract: Poverty level in Azerbaijan is studied as a function of personal income, unemployment coefficient, inflation rate, living wage and is forecasted to the next three years. So far forecasting problems of this sort were solved with the aim of classical linear regressions. In this article the fuzzy regression model was offered for poverty level forecasting.*

**Keywords:** poverty level, personal income, unemployment coefficient, inflation rate, living wage, fuzzy regression model.

*Статья представлена к публикации  
членом редакционной коллегии А. И. Орловым*