
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 336.1; 336.22

МЕТОДЫ НЕЧЕТКОЙ ПОЛЕЗНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АКТИВНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ БЕЗРАБОТНЫХ

Т. В. Азарнова, И. Г. Гусева, Е. А. Козырева

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10.10.2009

Аннотация. Данная статья посвящена вопросам применения нечетких технологий и дискриминантного анализа для разработки механизмов совершенствования качества активных программ профессионального обучения. Предложенный в статье алгоритм позволяет проводить детальный анализ эффективности программ для конкретных групп безработных, а дискриминантный анализ дает прогнозную оценку эффективности программ для кандидатов на обучение. Данный метод может служить средством поддержки принятия решений на стадии профориентации и индивидуального подбора программ обучения и переобучения для безработных.

Ключевые слова: активные программы, нечеткие технологии, прогнозирование эффективности, теория полезности, дискриминантный анализ.

Annotation. This article is devoted to the questions of the application of illegible technologies and discriminated analysis to develop mechanism to perfect the quality of active programs of professional instruction. The proposed algorithm allows carrying out the detailed analysis of the effectiveness of programs for the specific groups of unemployed and the discriminated analysis states predictive assessment of the effectiveness of programs for the candidate on training. This method can serve as a tool for decision support at the stage of career guidance and individual selection of training programs and retraining for the unemployed.

The keywords: active programs, illegible technologies, the prognostication of effectiveness, the theory of usefulness, discriminated analysis.

ВЕДЕНИЕ

В настоящее время программы профессионального обучения и переобучения безработных активно используются в деятельности службы занятости. Проблема оценки эффективности экономических и социальных результатов данных программ является одной из наиболее дискуссионных в данный момент. Эффективность можно рассматривать под различным углом зрения. В общем случае под эффективностью понимают соотношение затрат и результатов, оцениваемое как с позиции государства, так и с позиции индивида, участвующего в них. Результат может измеряться экономическим или социальным эффектом либо для общества в целом, либо для конкретного безработного, получившего возможность вернуться к полноценной трудовой деятельности.

Трудности в оценке эффективности связаны, в частности, с тем, что возможности проведения эксперимента ограничены, сложно сравнить группы участия в программах с контрольными группами. Наблюдаются случаи, когда эксперты службы занятости или сами безработные низко оценивают эффективность пройденной программы. Причины неэффективности могут быть связаны с неэффективностью методов организации программ, и с нежеланием самих безработных действительно участвовать в этих программах. На эффективность конкретных программ могут оказывать влияние ненаблюдаемые субъективные факторы, связанные с личной мотивацией безработного и предпочтениями нанимателей. Актуальной на сегодняшний момент остается задача разработки методов, реализующих эффективные механизмы маркетинга рабочей силы, которые позволяли бы проводить детальный, желательный прогнозный анализ эффективности про-

грамм для конкретных групп безработных. Такие методы могут стать важным инструментом совершенствования качества программ, проверки соответствия их потребностям нанимателей, средством повышения профессионального статуса безработных.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной статье предложена методика, которая с одной стороны позволит оценить эффективность программы для людей уже прошедших соответствующие программы обучения или переподготовки (респондентов), а с другой стороны получить прогнозные (априорные) оценки эффективности аналогичных программ обучения и переобучения для новых лиц (кандидатов на участие в программах). В работе используется многокритериальная функция полезности, которая предоставляет возможность учесть различные аспекты полезности (различные эффекты) программы для респондентов.

Набор данных о каждом зарегистрированном ранее в прошлом или на сегодняшний момент безработном содержит значительное число входных персональных характеристик: социально-демографические, профессионально-квалификационные, причины увольнения, вид трудоустройства и т.д. Будем предполагать, что выходная характеристика — полезность их участия в программе характеризуется по трем попарно взаимно независимым по полезности лингвистическим критериям $\langle X, T_X, U_X \rangle, \langle Y, T_Y, U_Y \rangle, \langle Z, T_Z, U_Z \rangle$ (X, Y, Z — названия критериев, $T_X = \{X_i, i = 1, \dots, n\}$, $T_Y = \{Y_i, i = 1, \dots, p\}$, $T_Z = \{Z_i, i = 1, \dots, m\}$ — множества термов, U_X, U_Y, U_Z — базовые множества). Вначале кратко опишем подходы к оценке для каждого респондента лингвистической полезности по каждому критерию, а затем метод декомпозиции полезности по трем критериям, направленный на построение многокритериальной функции полезности $V(X, Y, Z)$. Построение нечетких функций полезности по каждому критерию заключается в определении нечеткой полезности V_i для каждой нечеткой переменной X_i (исхода для конкретного респондента). В данной работе для построения нечеткой функции полезности используется метод оценки лингвистических отношений [1]. Предполагается, что для некоторого исхода X_i респондент может установить нечеткую полезность V_i с функцией принадлежности $\mu_{V_i}(v)$, и

лингвистическое отношение предпочтения $\langle S_{ij}, T_{S_{ij}}, U_{S_{ij}} \rangle$ между исходами X_i и X_j (термножество $T_{S_{ij}}$ переменной S_{ij} состоит из термов S_e — «приблизженно эквивалентны», S_n — «несколько предпочтительнее», S_z — «значительно предпочтительнее», базовое множество $U_{S_{ij}} = [0, 3]$). В соответствии с интерпретацией базовой переменной $s \in U_{S_{ij}}$ для числовых полезностей v_i, v_j исходов X_i и X_j имеет место $v_i = s \cdot v_j$. С учетом этого восстановление значений функции принадлежности неизвестной полезности исхода X_j осуществляется согласно выражению

$$\mu_{V_j}(v) = \sup_{s \in U_s} \min \left\{ \mu_{S_{ij}}(s), \mu_{V_i}(s \cdot v) \right\}.$$

Метод декомпозиции полезности по трем критериям работает в предположении попарной взаимной независимости по полезности выбранных критериев. Лингвистические критерии K^1 и K^2 называются взаимно независимыми по полезности, если K^1 не зависит по полезности от K^2 и K^2 не зависит по полезности от K^1 . Методика проверки взаимной независимости критериев по полезности изложена в [1]. Метод декомпозиции базируется на следующем утверждении [1]: *если три критерия $\langle X, T_X, U_X \rangle, \langle Y, T_Y, U_Y \rangle, \langle Z, T_Z, U_Z \rangle$ попарно взаимно не зависят по полезности, то нечеткая функция полезности может быть представлена в виде:*

$$\begin{aligned} V(Y_j, Z_k, X_i) = & k_y v_y^-(Y_j) + \\ & + \frac{v_y^+(Y_j) - v_y^-(Y_j)}{v_y(Y_0)} k_z v_z^-(Z_k) + \\ & + \frac{v_y^+(Y_j) - v_y^-(Y_j)}{v_y^+(Y_0)} \frac{v_z^+(Z_k) - v_z^-(Z_k)}{v_z^+(Z_0)} \times \\ & \times k_x v_x^-(X_i) + \frac{v_y^+(Y_j) - v_y^-(Y_j)}{v_y^+(Y_0)} \times \\ & \times \frac{v_z^+(Z_k) - v_z^-(Z_k)}{v_z^+(Z_0)} \frac{v_x^+(X_i) - v_x^-(X_i)}{v_x^+(X_0)} k_x V_x(X_0), \end{aligned}$$

где $V_y(Y_j), V_z(Z_k), V_x(X_i)$ нормализованные условные нечеткие функции полезности, такие, что $v_y^-(Y_0) = 0, v_y^+(Y_1) = 1, v_z^-(Z_0) = 0, v_z^+(Z_1) = 1, v_x^-(X_0) = 0, v_x^+(X_1) = 1$ (символом v^- обозначается левая граница носителя нечеткого множества, а символом v^+ — правая граница носителя нечеткого множества; X_0, Y_0, Z_0 — исходы, полезность которых оценивается как «низкая»,

X_1, Y_1, Z_1 — исходы соответствующие «высокой» полезности); k_x, k_y, k_z — положительные шкалирующие константы, причем

$$k_z = k_y \frac{v_y^+(Y_0)}{v_z^+(Z_0)}, \quad k_x = k_y \frac{v_y^+(Y_0)}{v_x^+(X_0)}. \quad (1)$$

Левые границы определяются соответственно:

$$\begin{aligned} v_y^-(Y_j) &= \frac{v_y^+(Y_j) - v_y^+(Y_0)}{1 - k_y \alpha v_y^+(Y_0)}, \\ v_z^-(Z_k) &= \frac{v_z^+(Z_k) - v_z^+(Z_0)}{1 - k_z \alpha v_z^+(Z_0)}, \\ v_x^-(X_i) &= \frac{v_x^+(X_i) - v_x^+(X_0)}{1 - k_x \alpha v_x^+(X_0)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Величина α вычисляется в соответствии с выражением

$$\alpha = \frac{v_y^+(Y_0) - v_y^+(Y_1) + v_y^-(Y_1)}{k_y v_y^-(Y_1) v_y^+(Y_0)}, \quad (3)$$

кроме того, справедливо равенство

$$\frac{v_y^-(Y)}{v_z^-(Z)} = \frac{v_y^+(Y) - v_y^+(Y_0)}{v_z^+(Z) - v_z^+(Z_0)}. \quad (4)$$

В соответствии с данным утверждением, для построения нечеткой полезности $V(Y_j, Z_k, X_i)$ при взаимной попарной независимости критериев по полезности необходимо:

1. Установить правые границы $v_y^+(Y_j)$, $v_z^+(Z_k)$, $v_x^+(X_i)$ носителей для Y_j, Z_k, X_i .
2. Определить $V_x(X_0)$;
3. Установить $v_y^-(Y_1)$.
4. Вычислить $v_z^-(Z_1)$, используя равенство 4.
5. Определить k_x, k_y, k_z , используя соотношение между ними и решая уравнение

$$\begin{aligned} k_y v_y^-(Y_1) + \frac{1 - v_y^-(Y_1)}{v_y^+(Y_0)} k_z v_z^-(Z_1) + \\ + \frac{1 - v_y^-(Y_1)}{v_y^+(Y_0)} \frac{1 - v_z^-(Z_1)}{v_z^+(Z_0)} k_x v_x^-(X_1) = 1. \end{aligned}$$

6. Вычислить α по формуле 3.

7. Вычислить $v_y^-(Y_j)$, $v_z^-(Z_k)$, $v_x^-(X_i)$ в соответствии с выражениями 2.

8. Восстановить $V(X_i, Y_j, Z_k)$.

Построенную нечеткую полезность можно аппроксимировать одним из базовых термов.

Аппроксимация субъективной полезности каждого респондента базовыми термами нечеткой полезности дает возможность разбить

респондентов на классы G_1, \dots, G_g (g — количество групп), соответствующие термам нечеткой полезности (группирующая переменная). В результате получается обучающая группировка для дискриминантного анализа [3]. Дискриминантный анализ позволяет решать задачи дискриминации и классификации новых объектов.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Изложенная выше теория легла в основу разработки алгоритма, позволяющего решать задачу построения функции полезности по трем попарно взаимно независимым критериям и на базе данной функции полезности проводить дискриминантный анализ.

Работу данного алгоритма продемонстрируем на примере, в котором в качестве независимых критериев используются:

мотивация к успеху с термами < Низкая, средняя, умеренно высокая, слишком высокая >;

уровень соответствия ценностей и степень удовлетворенности потребностей с термами < Неудовлетворенность, частичное неудовлетворение, удовлетворительное соответствие, полное удовлетворение >;

нервно-психическая устойчивость с термами < Неустойчивость, недостаточная устойчивость, полная неустойчивость >.

На первом (предварительном) этапе работы алгоритма методом « α — срез» [2] определяются функции принадлежности термов каждого критерия. В качестве примера на рис. 1 приведены термы критерия *мотивация к успеху*.

Второй этап алгоритма заключается в построении нечеткой функции полезности для каждого критерия. Пользователю предлагается определить исход, полезность от которого он оценил бы как «высокую». Проводится сравнение других исходов с выбранным, используя характеристики: «отсутствует предпочтение», «эквивалентны», «несколько предпочтительнее», «значительно предпочтительнее». В результате получаем функции принадлежности неизвестных исходов. Построение нечеткой функции полезности продемонстрируем на рис. 2 на примере критерия *нервно-психическая устойчивость*.

На следующем этапе работы алгоритма осуществляется декомпозиция. Для примера введем набор исходов «Умеренно высокая», «Час-

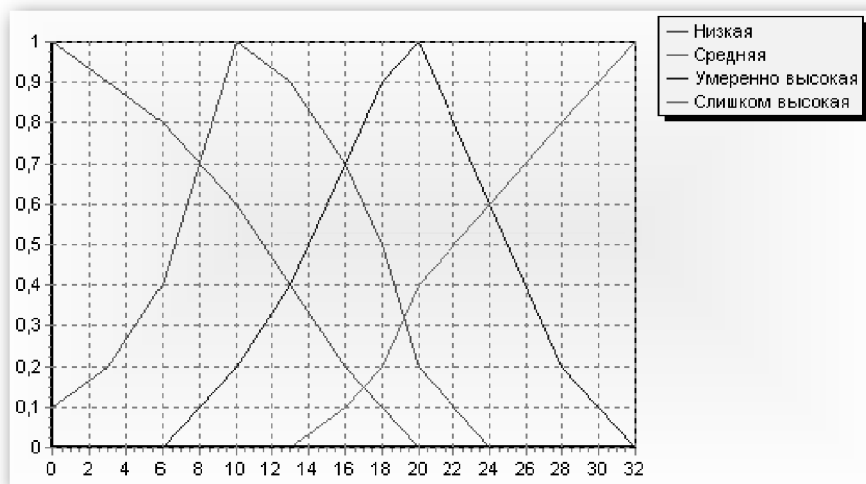


Рис. 1. Термы лингвистического критерия «мотивация к успеху»

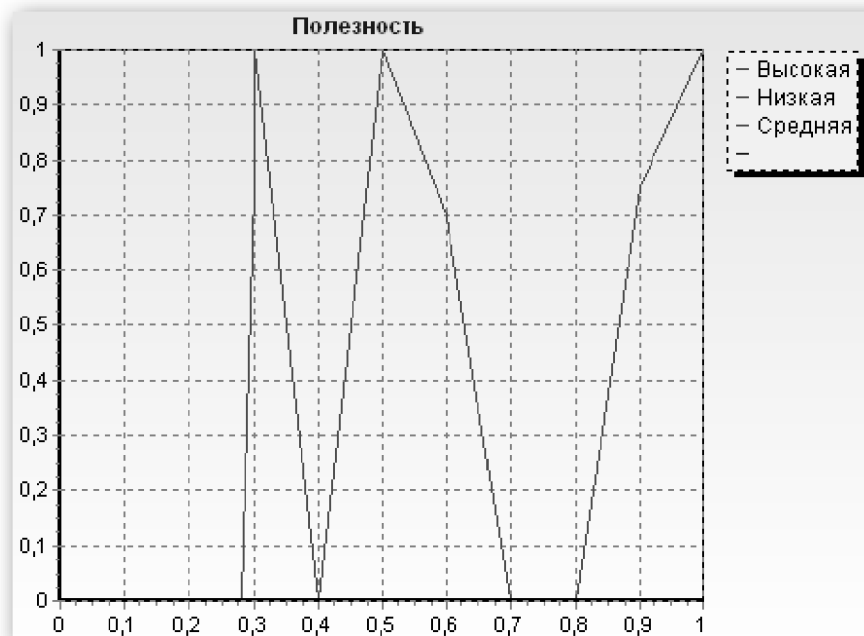


Рис. 2. Полезность термов критерия «нервно-психическая устойчивость»

тичная неудовлетворенность”, “Недостаточная устойчивость”, в результате процедуры декомпозиции получим терм полезности, изображенный на рис. 3.

Аппроксимация данного терма базовыми дает «среднюю» полезность, в результате делается вывод о незначительной эффективности программы.

Определение эффективности программы переобучения для нового кандидата основано на результатах дискриминантного анализа по

выборке, составленной из респондентов, уже прошедших данные программы. Респонденты характеризуются следующими дискриминантными переменными: профиль образования: $x_1 = \{1 - \text{математическое, техническое}; 2 - \text{естественное, } 3 - \text{гуманитарное}\}$; возраст: x_2 ; опыт работы: $x_3 = \text{количество лет работы по трудовой книжке}; x_4 - \text{число месяцев без работы}; \text{состояние здоровья: } x_5 = \{1 - \text{хорошее}; 2 - \text{удовлетворительное}; 3 - \text{наличие инвалидности или ограничений в работе}\}$; способность

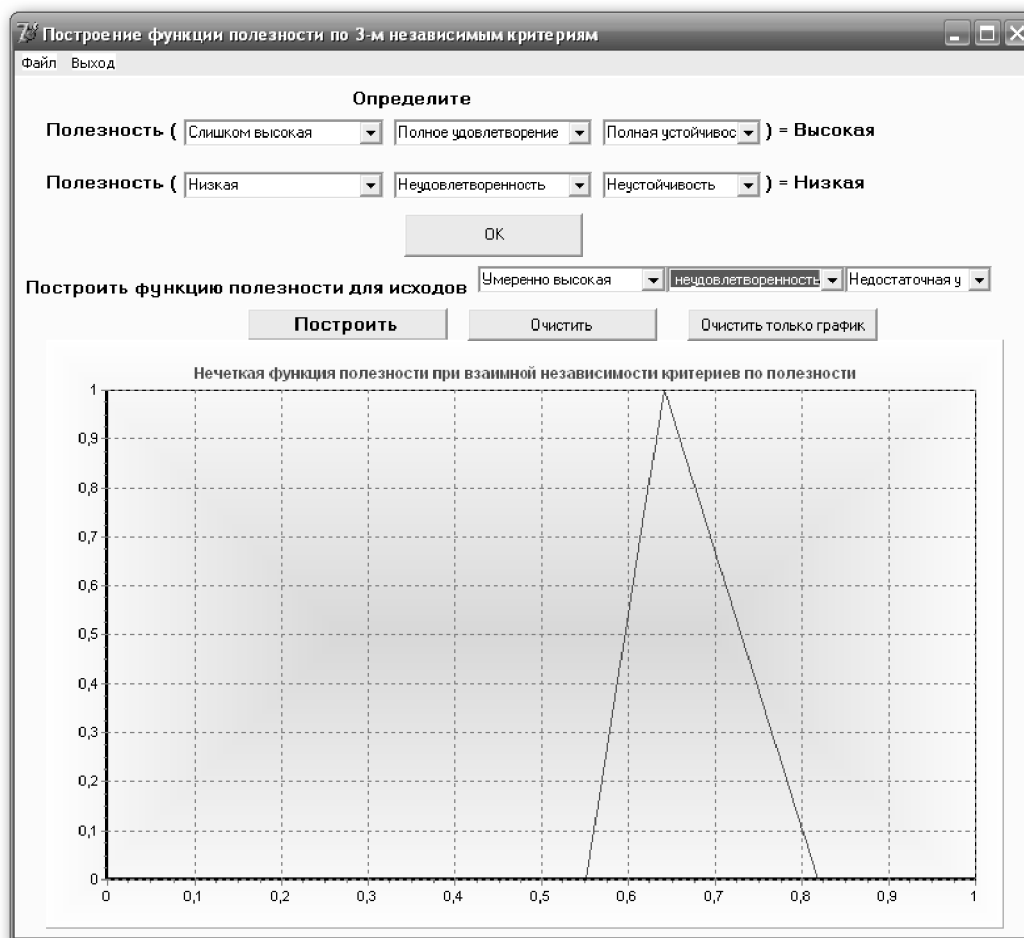


Рис. 3. Результат декомпозиции критериев

к обучению: x_6 — баллы от 0 до 100; приоритеты в работе: $x_7 = \{1$ — деньги; 2 — карьера; 3 — общение с людьми; 4 — изучение нового; 5 — самореализация}; оценка стрессоустойчивости: x_8 — баллы от 0 до 10; состав семьи: x_9 — количество членов семьи; эффективность программы: $x_{10} = \{\text{класс «программа переобучения оказала большое влияние», «программа оказала незначительное влияние» и «программа неэффективна»}\}$.

Объекты выборки следующим образом распределены по классам:

Для практического применения наибольший интерес представляют классифицирующие функции Фишера:

В качестве примера рассмотрим следующего респондента:

[Гуманитарное образование(3), 37 лет, опыт работы — 16 лет, 4 месяца без работы, имеет хронические заболевания(3), способность к обучению 70, приоритет в работе — самореали-

зация(5), стрессоустойчивость(4), женат, имеет ребенка(3)].

По значениям вычисленных функций Фишера можно определить априорную полезность данной программы переобучения для респондента — она будет неэффективна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базе предложенного в работе механизма построения апостериорной и прогнозной многокритериальной оценки полезности участия в активных программах может быть разработана компьютерная система поддержки принятия решений в профориентационной работе службы занятости населения. Применение таких компьютерных систем поддержки принятия решений в реальной практике позволит повысить гибкость и эффективность процессов подбора программ обучения и переобучения. Аппарат нечетких лингвистических переменных предоставляет возможность организовать обследо-

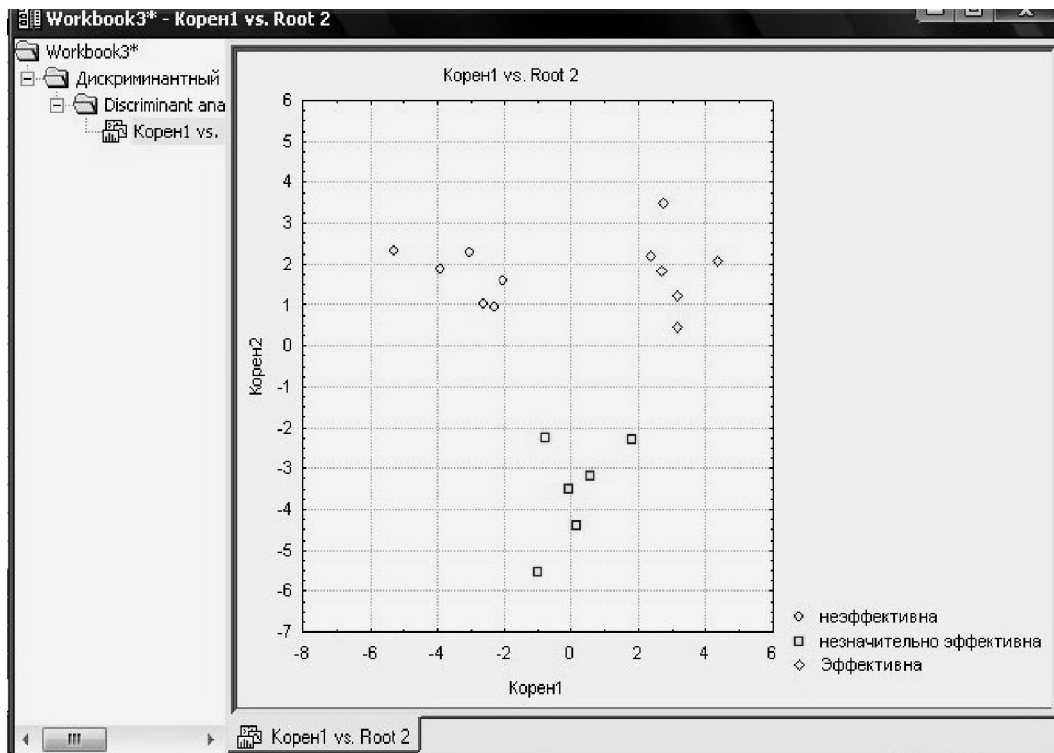


Рис. 4. Представление классов респондентов в пакете Statistica 7.0.

Переменная	Classification Functions; grouping: Полезность (Spreadsheet1)		
	неэффективна r=,33333	незначительно эффективна r=,33333	Эффективна r=,33333
Образование	365,8	371,0	361,5
Возраст	60,3	56,8	58,1
Опыт работы	-80,9	-76,9	-78,2
без работы	393,9	400,1	387,2
Здоровье	217,5	214,7	217,0
Способность к обуч	13,7	13,3	13,3
Приоритеты	-41,8	-44,4	-41,0
Стрессоустойчивость	-140,3	-137,6	-134,4
Семья	-49,5	-44,3	-43,7
Постоянн	-30878,6	-31063,7	-30350,3
r-levels (Spreadsheet1)			

Рис. 5. Коэффициенты функций Фишера

вание с респондентами средствами привычного естественного языка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов,

А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева и др. — М.: Радио и связь, 1989.

2. Леденева Т.М. Обработка нечеткой информации. Учеб. Пособие. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2006.

3. Болч Б. Многомерные статистические методы для экономики / Б. Болч, К. Дж. Хуань: Пер. с англ. — М.: Статистика, 1979. — 317 с.

Азарнова Т.В. — к. ф.-м. н., доц. каф. математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет.

Гусева И.Г. — каф. математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет.

Козырева Е. А. — каф. математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет.

Azarnova T.A. — Candidate of physics-math. Sciences, Associate Professor, the dept. of the Mathematical Methods of Operation Research, Voronezh State University.

Guseva I.G. — the dept. of the Mathematical Methods of Operation Research, Voronezh State University.

Kozireva E.A. — the dept. of the Mathematical Methods of Op Research, Voronezh State University.