

УДК 519.23:330.322

UDC 519.23:330.322

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ РЕГИОНОВ. ЧАСТЬ 2. НЕЧЕТКИЕ ПРОДУКЦИОННЫЕ И ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ**

**MATHEMATICAL MODELING OF INFLUENCE SURFACE MORPHOLOGY OF HETEROGENEOUS ION-EXCHANGE MEMBRANE TO THE ELECTROCONVECTION**

Узденов Умар Ахматович  
к.э.н., доцент

*Карачаево-Черкесский государственный университет, Карачаевск, Россия*

Uzdenov Umar Ahmatovich  
Cand.Econ.Sci., associate professor

*Karachaevo-Circassian State University, Karachaevsk, Russia*

Коваленко Анна Владимировна  
к.э.н., доцент

*Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия*

Kovalenko Anna Vladimirovna  
Cand.Econ.Sci., associate professor

*Kuban State University, Krasnodar, Russia*

Уртенов Махамет Али Хусеевич  
д. ф.-м. н., профессор

*Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия*

Urtenov Makhmet Ali Khuseevich  
Dr.Sci.Phys.-Math., professor

*Kuban State University, Krasnodar, Russia*

Данная статья является продолжением статьи [1], посвященной определению системы показателей для оценки кредитоспособности регионов РФ, получению минимального и оптимального числа кластеров кредитоспособности регионов для зависимого показателя, построению дискриминантных моделей для оценки кредитоспособности регионов, с достоверностью распознавания 91% и 96%. Однако, для адекватной и эффективной оценки состояния региона, модели многомерного статистического анализа необходимо дополнять и использовать их в комплексе с другими моделями оценки состояния региона, такими как, нечёткие продукционные, гибридные системы, нейронные сети, т.е. составить репрезентативную группу методов. Статья посвящена разработке нечётких продукционных и гибридных (нейро-нечётких) систем оценки кредитоспособности регионов

This article is a continuation of [1] devoted to the definition of a system of indicators to assess the creditworthiness of Russian regions, obtaining the minimum and the optimal number of clusters for the regions dependent credit index, the construction of discriminant models to assess the creditworthiness of the regions, with the reliability of recognition of 91% and 96%. However, adequate and effective assessment of the state of the region, the model of multivariate statistical analysis is necessary to supplement and use them in conjunction with other models of assessment of the region, such as fuzzy are the production, hybrid systems, neural networks, i.e., create a representative group of methods. Development of fuzzy and fuzzy hybrid (neuro-fuzzy) systems for the credit assessment of regions subject of this article

Ключевые слова: ОЦЕНКА КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ, РЕГИОН, НЕЧЁТКАЯ ПРОДУКЦИОННАЯ СИСТЕМА, ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА, НЕЙРО-НЕЧЁТКАЯ СЕТЬ

Keywords: CREDIT RATING, REGION, FUZZY SYSTEM, HYBRID SYSTEM, NEURO-FUZZY NETWORK

**ВВЕДЕНИЕ.**

Данная статья является продолжением статьи [1], посвященной определению системы показателей для оценки кредитоспособности

регионов РФ, получению минимального и оптимального числа кластеров кредитоспособности регионов для зависимого показателя, построению дискриминантных моделей для оценки кредитоспособности регионов, с достоверностью распознавания 91% и 96%. Отметим, что для адекватного и эффективного исследования состояния конкретно взятого региона, модели многомерного статистического анализа необходимо дополнять и использовать их в комплексе с другими моделями оценки состояния региона, такими как, нечёткие продукционные, гибридные системы, нейронные сети, т.е. составить репрезентативную группу методов.

Разработке нечётких продукционных и гибридных (нейро-нечётких) систем оценки кредитоспособности регионов посвящена данная статья.

Интеллектуальные информационные системы (нечеткие продукционные и гибридные) завоевали устойчивое признание в качестве систем поддержки принятия решений [2-5]. Подобные системы способны аккумулировать знания, полученные человеком в различных областях деятельности. Посредством таких систем удается решить многие современные задачи, в том числе и задачи управления. Одним из основных методов представления знаний в экспертных системах являются продукционные правила, позволяющие приблизиться к стилю мышления человека. Любое правило продукций состоит из посылок и заключения. Нечеткие продукционные системы тоже основаны на правилах продукционного типа, однако в качестве посылки и заключения в правиле используются лингвистические переменные, что позволяет избежать ограничений, присущих классическим продукционным правилам.

### **1. Разработка нечётких продукционных систем**

На основании результатов полученных в [1] результатов были построены нечеткие продукционные системы оценки «REGION-FS-01» - финансовой устойчивости, «REGION-ES-01», - экономического развития,

«REGION-01» - кредитоспособности, «REGION-02» - социально - экономического состояния и «REGION-12» - инвестиционной привлекательности региона. Иерархическая взаимосвязь между которыми представлена на рис. 1.



Рисунок 1 - Взаимосвязь созданных нечетких продукционных систем

Схематическое изображение НПС «REGION-FS-01» представлено на рис. 2. НПС «REGION-FS-01» содержит четыре входные лингвистические переменные ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ) по пять термов в каждой (ОН - очень низкое значение показателя, Н - низкое значение, С - среднее, В - высокое, ОВ - очень высокое), и одну выходную переменную (F - финансовая устойчивость). Для данной системы был создан полный и непротиворечивый набор из 625 правил нечёткого вывода типа Мамдани. Отметим, что для всех нечетких продукционных систем выходная переменная рассматривалась в двух видах – по пента и окта шкалам [1].

Опишем процесс разработки нечеткой продукционной системы.

1 шаг. Указанные показатели проходят процесс фаззификации, на котором они преобразуются в вектор нечетких множеств.

2 шаг. Полученные данные обрабатываются посредством предлагаемой модели нечёткого логического вывода.

3 шаг. На основании нечёткой базы знаний результаты второго этапа преобразуются в выходные данные, которые затем проходят процесс дефаззифии.

4 шаг. Результатом работы данной нечёткой модели являются количественная и качественная характеристика финансового состояния регионов РФ.

На первом шаге создания нечетких продукционных систем показатели преобразуются в вектор нечетких множеств. В процессе создания лингвистических переменных (рис.3) использовались треугольные, трапециевидные и гауссовские функции принадлежности (рис.4). Полученные данные обрабатываются посредством предлагаемой в работе модели нечёткого логического вывода.

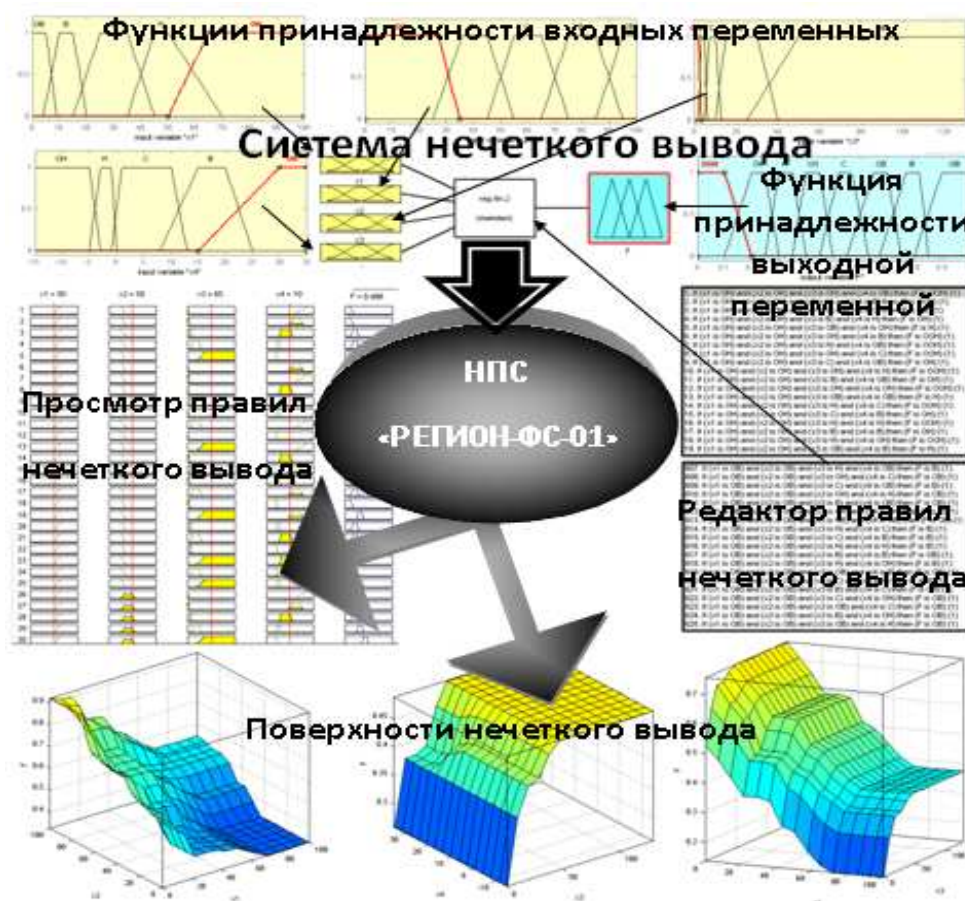


Рисунок 2 - Схематическое изображение НПС «REGION-FS-01»

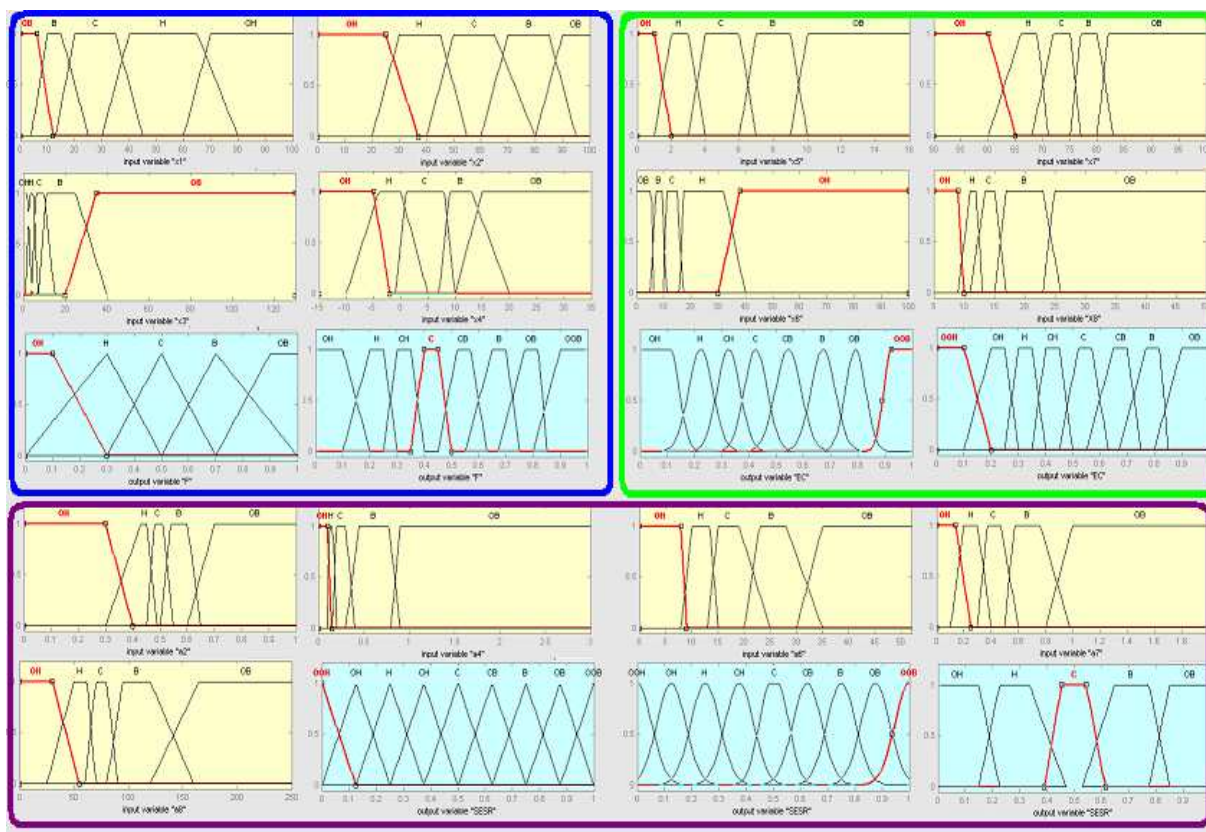


Рисунок 3 - Лингвистические переменные системы

Наименование функции	Описание	Аналитическая формула	Порядок параметров	Характер входных параметров
gaussmf	симметричная гауссовская функция принадлежности	$\mu(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}$	[e, f]	числовой
trapmf	трапециевидная функция принадлежности	$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases}$	[a, b, c, d]	числовой
sgaussmf	модифицированная гауссовская функция принадлежности	$\mu(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}$	[e, f]	числовой и лингвистический

Рисунок 4 - Функции принадлежности

На втором шаге для каждой из систем были созданы полные и не противоречивые наборы правил нечёткого вывода (рис. 5). Рассмотрим пример такого правила для НПС «REGION-FS-01»: «Если долговая нагрузка на бюджет очень высокая ( $x_1$ ) и уровень доходов бюджета очень

высокий ( $x_2$ ), а объем собственной доходной базы бюджета низкий ( $x_3$ ), причем дефицит бюджета региона имеет средние по РФ показатели, то финансовую устойчивость такого региона можно охарактеризовать как выше среднего».

На следующем шаге, на основании созданной нечёткой базы знаний результаты второго этапа были преобразованы в выходные данные. Например, результатом работы созданной нечёткой модели НПС «REGION-FS-01», являются количественная и качественная характеристика финансового состояния регионов РФ. Данные характеристики состояния предприятия изменяются в диапазоне [0, 1], причем, чем ближе значение к единице, тем лучше состояние региона. Таким образом, модель анализа финансового состояния регионов РФ представляет собой функциональные отображения вида:  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow fin, n = 4$ , где  $X$  - вектор влияющих факторов, а  $fin$  - укрупнённый влияющий фактор.

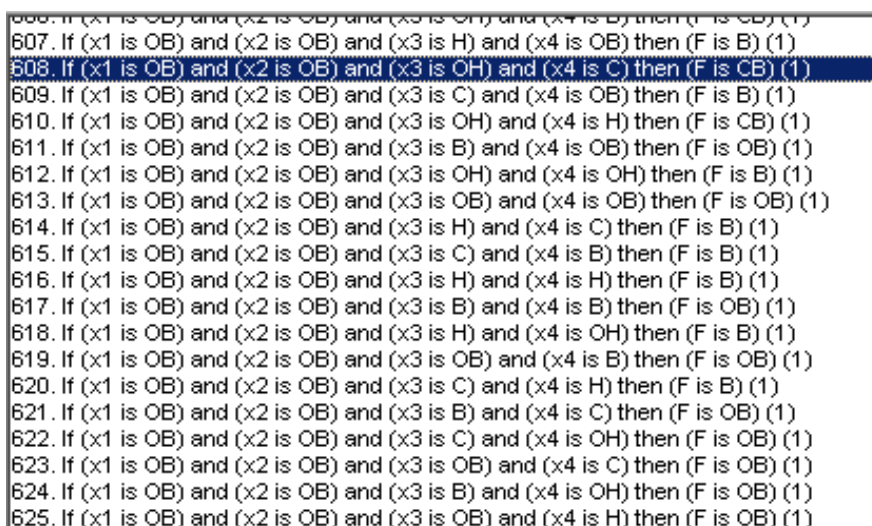


Рисунок 5 – Часть системы правил нечёткого вывода для НПС «REGION-FS-01»

Структура базы нечётких продукционных правил имеет тип MISO (Multi Inputs – Single Output). Для обеспечения полноты и непротиворечивости базы нечётких правил, при создании нечёткой

продукционной модели системы, использовались априорные данные о моделируемой системе. Созданные нечеткие модели с прямым способом нечёткого вывода, основаны на правиле: нечёткий модус поненс (fuzzy modus ponens) с нечёткой импликацией Мамдани (Mamdani) [5]:

$T(A \supset B) = \min\{T(A), T(B)\}$ , где  $T$  -треугольная норма, для которой  $T$ -импликация определяется как:  $\mu_R(x, y) = T(\mu_A(x), \mu_B(y))$ .

Процесс получения результата прямого нечёткого вывода  $B'$  с использованием нечеткой импликации  $A \rightarrow B$  и нечеткого условия « $x'$  есть  $A'$ » имеет вид:  $B' = A' \bullet R = A' \bullet (A \rightarrow B)$ .

В качестве макстриангулярной композиции использовалась (max-min) – композиция:  $\mu_{B'}(y) = \max_{x \in X} \{ \min [ \mu_{A'}(x), \mu_R(x, y) ] \}$ .

Агрегирование степени истинности предпосылок правил проходило на основании граничного произведения степеней истинности.

Активизация подзаключений в нечетких правилах продукций осуществляется по формуле:  $\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}$ .

Аккумуляция заключений нечетких правил продукций осуществляется по формуле:  $\mu_D(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ .

Дефаззификация выходных переменных была задана методом центра тяжести для дискретного множества значений функций принадлежности:

$$y = \frac{\int_{\text{Min}}^{\text{Max}} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{\text{Min}}^{\text{Max}} \mu(x) dx}.$$

Поверхности нечёткого вывода созданных моделей (рис. б) позволяют визуализировать зависимость значений выходной переменной от значений входных переменных нечёткой модели. Анализ этих зависимостей говорит о правильно взятых функциях принадлежности и

полном множестве нечётких правил, т.е. об адекватности построенной модели.

В верхнем левом углу рисунка 6 изображена зависимость выходной переменной - оценки финансовой устойчивости региона от показателей  $x_1$  (отношения объема государственного долга к объему доходов бюджета) и  $x_2$  (отношение объема доходов к общему объему доходов). На этом рисунке видна обратная зависимость финансовой устойчивости региона от  $x_1$  и прямая от  $x_2$ , т.е. чем больше значения на входе у показателя  $x_1$ , и меньше у показателя  $x_2$ , тем меньше значение на выходе. Поскольку показатель  $x_1$  является инверсным по отношению ко всем остальным факторам модели, т.е. с ростом количественных уровней финансовое положение региона ухудшается, а именно усугубляется финансовая зависимость региона от дотаций государственного бюджета, то способ включения фактора  $x_1$  в модель отличается от способа включения в эту модель остальных факторов.

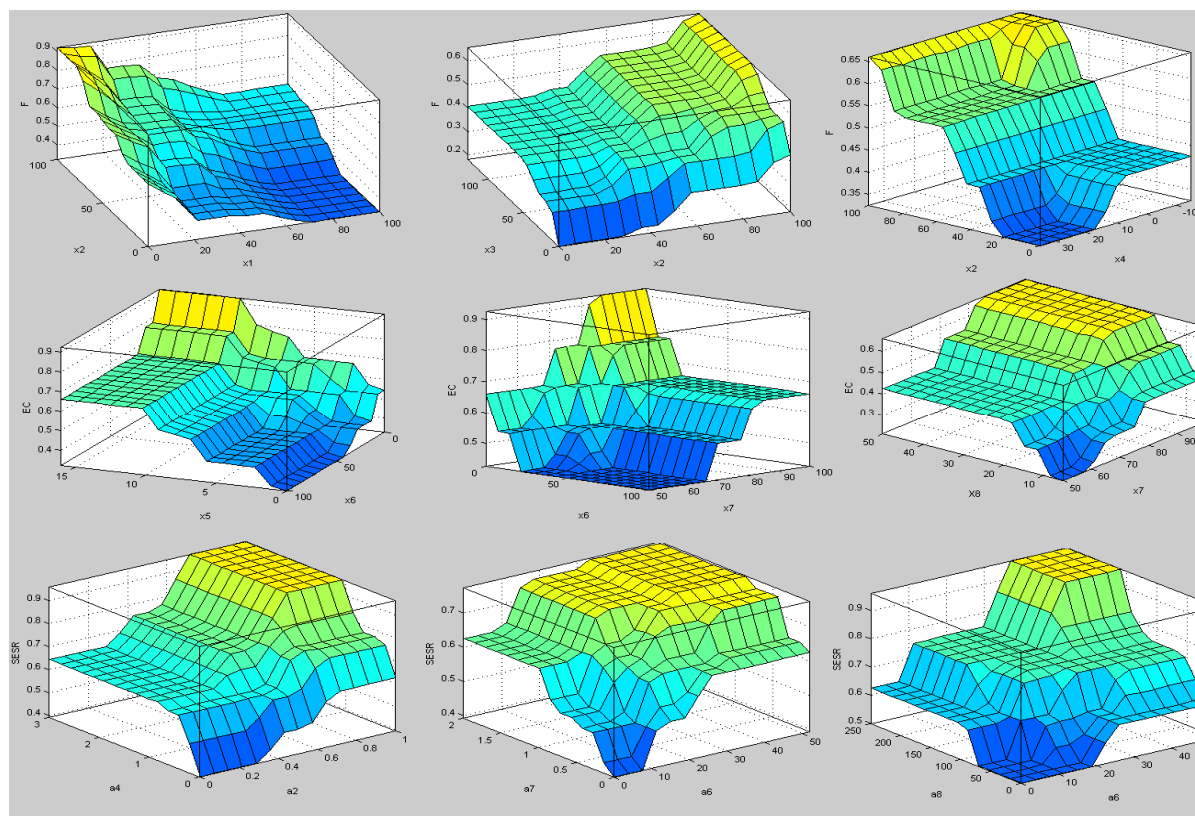
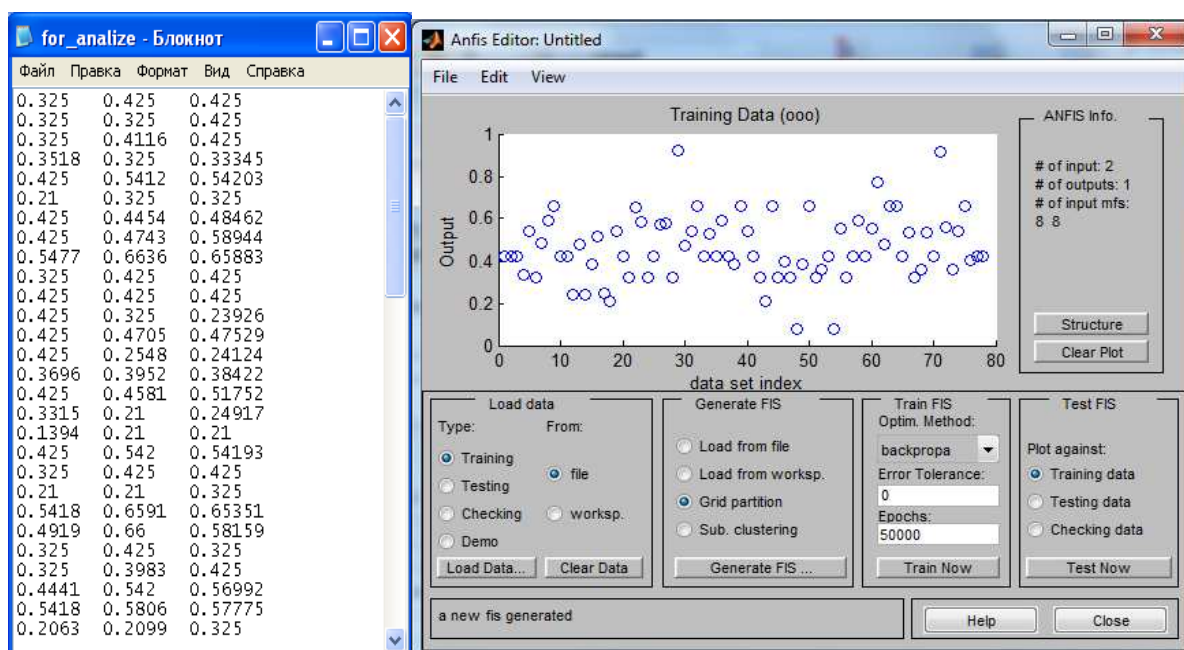


Рисунок 6 - Поверхности нечёткого вывода НПС «REGION-FS-01»



## 2. Разработка гибридных систем

На основе созданных нечётких продукционных систем, описанных в предыдущем пункте данной статьи, были созданы гибридные (нейро-нечёткая) системы [4], способные прогнозировать кредитоспособность регионов. Рассмотрим в качестве примера гибридную систему ННС «REGION-kredit». Обучающими данными для этой сети послужили результаты работы созданных НПС «REGION-FS-01», «REGION-ES-01» и «REGION-01». Эти показатели были помещены в файл с расширением .dat (рис. 7а) и загружены в редактор ANFIS среды MATLAB в качестве обучающих.



а

б

Рисунок 7 – а) Обучающие данные, б) Загруженная обучающая выборка

На рис. 7а первые два столбца – входные данные, а третий – выходная переменная. Входными данными для обучающей выборки послужили данные о кредитоспособности за 2009 и 2010 года по 78 регионам (рис. 7б), а выходными – за 2011 год. Для входных переменных было задано по восемь термов и, таким образом, была сформирована система из 64 правил. Далее был выбран метод обучения гибридной сети –

обратного распространения, уровень ошибки – 0, количество циклов обучения – 50000.

В итоге ошибка обучения составила 0.06554. Полученная гибридная сеть имеет достаточно сложную структуру (рис. 8). Сопоставительный анализ работы созданной гибридной сети представлен на рисунке 9. Для сопоставления использовались прогнозные данные, полученные с помощью гибридной сети ННС «REGION-kredit» и оценки нечетко-продукционной системы, которые сопоставлялись с экспертными оценками рейтингового агентства "AK&M". Сопоставительный анализ работы гибридной и нечетко-продукционной систем показал крайне высокий уровень достоверности результата.

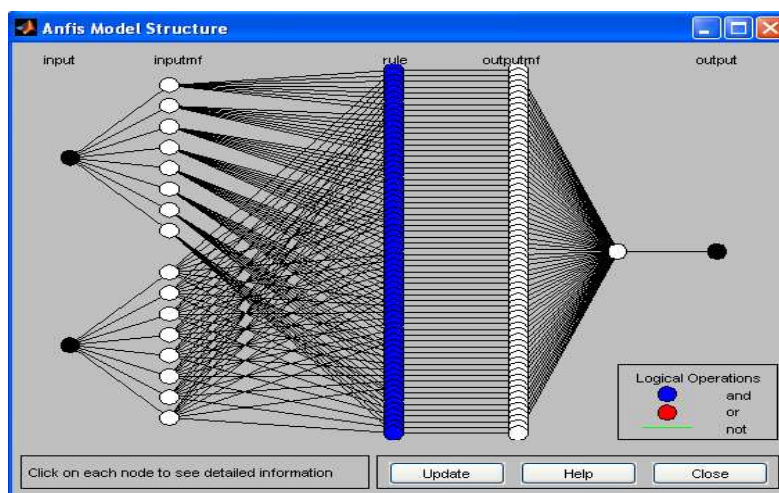


Рисунок 8 – Структура гибридной сети

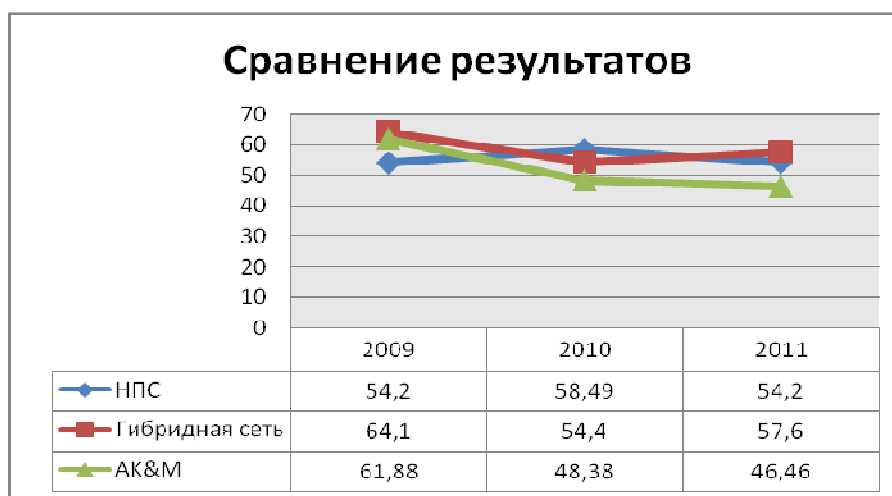


Рисунок 9 – Результаты работы гибридной сети

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Нами были созданы 5 нечётких продукционных систем для оценки финансовой устойчивости (система содержит 625 продукционных правил), экономического развития (625 правил), кредитоспособности (64 правила), социально-экономического состояния (3125 правил) и инвестиционной привлекательности региона (64 правила). На основе этих НПС была создана гибридная (нейро-нечёткая) система ННС «REGION-kredit» для прогнозирования кредитоспособности региона. Сопоставительный анализ работы гибридной и нечетко-продукционной систем показал высокий уровень достоверности результата.

## Литература

1. Узденов У.А. Интеллектуальная система оценки кредитоспособности регионов. Часть 1. Многомерный статистический анализ // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) / У.А. Узденов, А.В. Коваленко, М.Х. Уртенев // URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/104/pdf/073.pdf>
2. Узденов У.А. Современные финансово-экономическое состояние и пути повышения рейтинга КЧР: монография / У.А. Узденов, А.В. Коваленко, М.Х. Уртенев // Карачаевск: КЧГУ, 2010. – 448 с.
3. Узденов У.А. Исследование кредитоспособности регионов методами многомерного статистического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) / А.В. Коваленко, М.Х. Уртенев, У.А. Узденов // URL: <http://ej.kubagro.ru/2010/04/pdf/09.pdf>
4. Барановская Т.П., Коваленко А.В., Кармазин В.Н., Уртенев М.Х. Современные математические методы анализа финансово-экономического состояния предприятия: монография Краснодар: КубГАУ, 2009. - 250 с.

## References

1. Uzdenov U.A. Intellektual'naja sistema ocenki kreditosposobnosti regionov. Chast' 1. Mnogomernyj statisticheskiy analiz // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) / U.A. Uzdenov, A.V. Kovalenko, M.H. Urtenov // URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/104/pdf/073.pdf>
2. Uzdenov U.A. Sovremennye finansovo-jekonomicheskoe sostojanie i puti povysheniya rejtinga KChR: monografija / U.A. Uzdenov, A.V. Kovalenko, M.H. Urtenov // Karachaevsk: KChGU, 2010. – 448 s.
3. Uzdenov U.A. Issledovanie kreditosposobnosti regionov metodami mnogomernogo statisticheskogo analiza // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) / A.V. Kovalenko, M.H. Urtenov, U.A. Uzdenov // URL: <http://ej.kubagro.ru/2010/04/pdf/09.pdf>

4. Baranovskaja T.P., Kovalenko A.V., Karmazin V.N., Urtenov M.H. *Sovremennye matematicheskie metody analiza finansovo-jekonomicheskogo sostojanija predprijatija: monografija* Krasnodar: KubGAU, 2009. - 250 s.