

На правах рукописи



Даниленко Александра Николаевна

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ  
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В СФЕРЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность 05.13.10 – Управление в социальных  
и экономических системах

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Самара 2012

Работа выполнена на кафедре программных систем  
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет)» (СГАУ)

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор Коварцев Александр Николаевич

Официальные оппоненты: Смирнов Сергей Викторович, д.т.н., доцент  
Институт проблем управления сложными  
системами РАН, директор

Пиявский Семен Авраамович, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный  
архитектурно-строительный университет»,  
заведующий кафедрой « Прикладная математика  
и вычислительная техника»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный  
университет»

Защита состоится 06 апреля 2012 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 219.003.03 при ФГОБУ ВПО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» по адресу 443010, г. Самара, ул. Л.Толстого, д. 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОБУ ВПО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики».

Автореферат разослан 02 марта 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д.т.н., профессор



О.Н. Маслов

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## **Актуальность темы**

Современная организационно-управленческая практика обозначает проблему профессиональной пригодности человека как одну из наиболее актуальных. С точки зрения функционирования предприятия, действия неквалифицированного сотрудника могут привести к поломке дорогостоящего оборудования, производству некачественной продукции, срыву сроков поставок, а иногда и к человеческим жертвам. Кроме того, занятие человека деятельностью, неадекватной его психологическим качествам, нередко приводит к психосоматическим или хроническим заболеваниям.

Однако теоретические подходы к решению данной проблемы неоднозначны. Так, например, психофизиология исследует психодинамические и процессуальные характеристики работника; эргономика предлагает рассматривать взаимодействие субъекта, объекта и условий труда; психологические школы делают упор на личностные особенности работающего человека; для социологии и психологии труда основополагающей является концепция профессиональной пригодности, согласно которой, соответствие индивидуально-типологических и психофизиологических, а также характерологических особенностей человека требованиям конкретной профессии является определяющим фактором его успешности в трудовой деятельности.

Сложность проблемы приводит к необходимости рассматривать системные и комплексные варианты ее решения. Особенно остро такая необходимость встает при изучении сферы деятельности «человек-техника», где присутствуют все возможные факторы влияния на процесс труда: физиологические, психофизиологические, психологические, социальные, эргономические. Принципиальная специфика экстремальных профессий, помимо уже указанных общих факторов эффективности, обуславливается еще целым рядом обстоятельств объективного характера, связанных с вынужденным темпом работы в условиях дефицита времени, высоким уровнем нервно-эмоционального напряжения, а, зачастую, и с угрозой для жизни и здоровья.

Основной подход к исследованию данных проблем, по сути, сводится к решению задачи управления человеческим фактором.

Под «человеческим фактором» будем понимать совокупность всех врожденных и приобретенных физических и психических свойств личности, которые могут быть поставлены в связь с профессиональными ошибками, включая особенности и механизмы взаимодействия человека с техникой.

При таком подходе перед человеком, принимающим решение о соответствии соискателя требованиям профессии, возникает необходимость обработки более сотни различных характеристик, описывающих конкретного кандидата, каждая из которых отличается степенью объективности данных и степенью влияния на конечный результат. Ситуация осложняется тем, что для каждой специальности существует свой, уникальный, набор значимых качеств. Очевидно, что обработка такого объема информации вручную является трудоёмким процессом, и наи-

большей эффективности при решении данных проблем можно достичь лишь с использованием передовых информационных технологий и систем.

В связи с тем, что информация, на основе которой принимаются управленческие решения, является нечёткой или недостаточно определённой, возникает необходимость применения математических основ нечёткой логики и теории нечётких множеств как эффективных подходов к решению данной проблемы. В настоящее время наблюдается тенденция к гибридизации моделей систем нечёткого логического вывода и нейросетевых моделей, которые сочетают в себе возможности представления и обработки нечётких знаний в виде базы нечётких продукционных правил, и возможности обучения на ограниченном множестве примеров с последующим обобщением полученных знаний.

Значительный вклад в разработку теоретических и практических основ определения профессионально значимых качеств и управления человеческим фактором внесли такие ученые, как Бодров В.А., Дергач А.А., Климов Е.А., Лукьянова П.Ф., Майерс Д., Свенцицкий А.Л., Шульц Д., Шульц С. и другие.

Вопросы качества функционирования системы принятия решений, а также вопросы, посвященные теории нечёткой логики, теории нейронных сетей, в разное время исследовали Бабашка Р., Борисов В.В., Виттих В.А., Гонсалес А., Делгадо М., Коско Б., Круглов В.В., Ларичева О.И., Леоненко А., Перес Р., Пилинский М., Пиявский С.А., Рутковская Д., Рутковский Л., Рыбина Г.В., Саати Т., Смирнов С.В., Сугэно М., Уоссермен Ф., Хайкин С., Штовба С., Шумский С.А., Федулов А.С., Ярушкина Н.Г. и др.

Анализ существующих современных программных продуктов определения профессиональной пригодности показал, что они способны зарегистрировать фактически любое описанное заказчиком свойство человека. Однако, они не отражают того факта, какого поведения следует ожидать от обследуемого и в чем проявятся те или иные свойства его характера. Постановка большинства практических задач предполагает «на выходе» не просто описательную характеристику особенностей человека «здесь и теперь», но и прогноз поведения этих людей в различных ситуациях на длительный срок.

В связи с этим актуальной представляется разработка методов и алгоритмов для систем интеллектуальной поддержки принятия решений при оценивании человеческого фактора в сфере профессиональной деятельности, которые позволят присваивать полученным выводам определённую степень достоверности и корректировать её по мере обработки имеющихся данных и поступления новых.

Результаты исследования соответствуют пунктам 4 – «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах», 5 – «Разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и принятия решений в социальных и экономических системах», 10 – «Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экономических и социальных системах» паспорта научной специальности 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах.

Работа выполнялась при финансовой поддержке гранта по программе «У.М.Н.И.К.» (Участник молодежного научно-инновационного конкурса) в 2010 – 2011 годах и позволила автору работы стать победителем областного конкурса «Молодой учёный» в номинации «Аспирант» в 2010 году.

**Объект исследования:** процесс принятия решений в системах оценки человеческого фактора в сфере профессиональной деятельности.

**Цель работы:** повышение эффективности принятия решений при оценивании человеческого фактора в сфере профессиональной деятельности.

**Задачи исследования:**

1. Анализ существующих подходов к решению задачи управления человеческим фактором при оценке профессиональной деятельности и к решению проблемы неопределенности, неполноты и недостоверности данных.

2. Построение базы нечётких продукционных правил для определения профессиональной пригодности с применением метода экспертных оценок.

3. Разработка методов и алгоритмов генерации базы нечётких продукционных правил в моделях нечёткого вывода для различных требований к специальности.

4. Разработка структуры нечёткой нейронной сети для решения задачи поддержки принятия решения управления человеческим фактором для оценки профессиональной пригодности специалиста.

5. Разработка программного комплекса, реализующего разработанные методы и алгоритмы, для повышения эффективности принятия решений при оценивании человеческого фактора, автоматизации этапа анализа и интерпретации диагностических данных при оценке профессиональной пригодности.

6. Исследование результатов классификации разработанной структуры нейронной сети для решения задачи поддержки принятия решения управления человеческим фактором. Проведение экспериментальных исследований по обработке реальных данных с целью апробации разрабатываемых методов, алгоритмов и комплекса программ поддержки принятия решений при оценивании человеческого фактора в сфере профессиональной деятельности.

**Методы исследования,** используемые в диссертации, основаны на положениях теории нечётких множеств и нечёткой логики, теории нейронных сетей, теории принятия решений, теории оптимизации, системы нечёткого вывода.

**Научная новизна** работы заключается в следующих положениях:

1. Предложена новая комплексная методика учета широкого круга личностных характеристик специалистов при оценивании их профессиональной пригодности, охватывающая множество патопсихологических синдромов, индивидуально-личностных факторов, интеллектуальных способностей, личностно-профессиональных типов и т.д.

2. Впервые в области оценки профессиональной пригодности специалистов экстремальных профессий использовалась нечёткая продукционная модель управления человеческим фактором, построенная на основе экспертных оценок с целью редуцирования пространства признаков.

3. Предложен новый метод исследования модели нечётких правил на полноту и непротиворечивость, основанный на теории градуированных формальных систем, позволяющий определить «предел» полноты.

4. Разработаны новые методы и алгоритмы автоматической генерации базы нечётких правил для круга экстремальных специальностей с определением для них степени значимости личностных характеристик человека.

5. Впервые предложена двухсоставная методика решения задачи классификации специалистов экстремальных профессий при оценке их профессиональной пригодности, основанная на гибридизации систем нечёткого вывода и новой модели нейронечёткой сети.

**Практическая ценность работы** заключается в разработке алгоритмического обеспечения и автоматизированного программного комплекса интеллектуальной поддержки принятия решений в системах управления человеческим фактором, позволяющего решать следующие задачи:

- поддержки принятия решений подбора кандидата с «оптимальным» сочетанием характеристик;
- оценки профессиональной пригодности на этапе отбора кандидата;
- конструирования профиля «идеального работника»;
- многофакторной диагностики профессионально значимых качеств личности на основе интерактивного перечня требований к профессии;
- индивидуального планирования карьеры.

#### **Внедрение результатов работы**

Результаты работы внедрены в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), Самарском государственном университете, Санкт-Петербургском государственном политехническом университете, Балтийском государственном техническом университете «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Саратовском государственном техническом университете, Волгоградском государственном техническом университете, Военной кафедре Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), Центре содействия трудоустройства при Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского, ККЦ «Интеллект» (г. Самара), ООО «БИГСЕЛ» (г. Самара).

#### **Апробация работы**

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на Всероссийской студенческой научно-технической школе-семинаре «Аэрокосмическая декада», (Крым, 2008 г.), Международной студенческой научно-технической конференции студентов и аспирантов аэрокосмических вузов «Седьмой международной выставки и научно-технической конференции по гидроавиации», (Геленджик, 2008 г.), XVI, XVII Международной молодежной научной конференции «Туполевские чтения» (Казань, 2008 – 2009 гг.), Самарской областной студенческой научной конференции (Самара, 2008 – 2009 гг.), Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием «X Королёвские чтения» (Самара, 2009 г.), Международной научно-технической кон-

ференции «Четвертые Уткинские чтения», (Санкт – Петербург, 2009 г.), Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития двигателестроения», (Самара, 2009 г.), VIII, X Международной конференции «Авиация и космонавтика», (Москва, 2009, 2011 г.), Международной молодежной научной конференции «XXXVI Гагаринские чтения» (Москва, 2010 г.), II, III Общероссийской молодежной научно-технической конференции «Молодежь, техника, космос», (Санкт-Петербург, 2010 – 2011 гг.), Международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Перспективные информационные технологии для авиации и космоса», (Самара, 2010 г.), Международной заочной научно-практической конференции "Инновационные процессы и корпоративное управление", (Минск, 2011 г.), Интернет-конференции "Проблемы управления", (Москва, 2011 г.), II Всероссийской научной конференции с международным участием «Научное творчество XXI века» (Красноярск, 2011 г.).

### **Публикации**

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 30 работ, из них 1 монография и 5 работ опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

### **Объем и структура работы**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Основное содержание работы изложено на 134 страницах, включая 62 рисунка и 8 таблиц. Список использованных источников включает 89 наименований, 4 приложения размещены на 22 страницах.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** показана актуальность темы диссертации, определены цель работы и задачи исследования, изложена практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проанализированы основные принципы и особенности исследования проблем принятия решений при оценивании человеческого фактора в сфере профессиональной деятельности.

Основной тенденцией в теоретико-методологических исследованиях психологии труда является анализ профессиональной деятельности в контексте социальных отношений. Ключевое для данного подхода понятие психологической целостности позволяет включить в анализ не только профессиональные и личностные характеристики работника, но и факторы социально-экономических условий его существования.

Такое направление анализа профессионализма привело к тому, что в изучении проблем эффективности профессиональной деятельности приоритетными стали исследования роли субъекта в социально-оперативной среде, а именно поиск личностных, индивидуальных и социально обусловленных характеристик человека во взаимодействии с характеристиками оперативной среды и разработка универсальных и гибких моделей профессионала. Совокупность индивидуально-личностных особенностей человека, определяющая эффективную реализацию

функций, обозначается понятием «профессионально-важные качества». Такой глубоко психологический подход в социологии дает возможность эмпирически выделять факторы эффективности деятельности.

Характерной чертой современного развития социологии и психологии труда, является возрастающее внимание к раскрытию и учету индивидуально-психологических особенностей личности, пониманию его как целостности. В широком смысле личностные качества – это совокупность всех свойств, особенностей работника, позволяющих ему реализовать свои функции. Формирование производительной способности работника осуществляется на основе диалектического единства общих (психофизических, интеллектуальных), специальных (профессионально-квалификационных) и особенных (организаторских, творческих т.д.) личностных способностей.

Существующие подходы к решению подобных задач в социологии и психологии сводятся к проведению факторного анализа или построению регрессионных моделей.

Однако, с точки зрения управления, подобные подходы недостаточно эффективны. Факторный анализ данных имеет ряд недостатков и неприменим в случае наличия нелинейных статистических связей между наблюдаемыми переменными. Традиционным методом прогнозирования в социологии и психологии выступает регрессионный анализ. Его задача заключается в верной идентификации модели. Но при этом выбор того или иного вида функции не формализован и целиком зависит от опыта эксперта.

В этом случае целесообразно применение элементов искусственного интеллекта. Нейронная сеть выступает в качестве универсального аппроксиматора обучающих данных. Гибридизация моделей систем нечёткого логического вывода и нейросетевых моделей, которые сочетают в себе возможности представления и обработки нечётких знаний в виде базы нечётких продукционных правил, и возможности обучения на ограниченном множестве примеров, с последующим обобщением полученных знаний, позволяет эффективно решить задачу управления человеческим фактором в сфере профессиональной деятельности.

Также в главе проанализированы существующие на рынке программные продукты для определения профессиональной пригодности и комплексы, позволяющие реализовать нечёткую логику. Обоснована необходимость создания специального комплекса программ для интеллектуальной поддержки принятия решений при оценивании человеческого фактора в сфере профессиональной деятельности.

**Во второй главе** рассмотрены методы построения и анализа нечёткой продукционной модели управления человеческим фактором при оценке профессиональной деятельности.

Пусть множество соискателей описывается  $O = \{Ch_1, Ch_2, \dots, Ch_n\}$ , где  $Ch$  – конкретный человек.

Набор личностных характеристик, входящих в состав человеческого фактора описывается множеством  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ .



$$A = \bigcup_{i=1}^8 D_i,$$

где, например, в нашем случае,  $D_1$  – множество патопсихологических синдромов;  $D_2$  – множество индивидуально-личностных факторов;  $D_3$  – множество интеллектуальных способностей;  $D_4$  – множество личностно-профессиональных типов;  $D_5$  – множество психических процессов;  $D_6$  – множество невро-психопатических характеристик;  $D_7$  – множество показателей агрессивного поведения;  $D_8$  – множество типов темперамента.

$M = \{m_1, m_2, \dots, m_r\}$  – множество психологических методик.

$$P_{m_i} : (x, y) \rightarrow \{0, 1\}, x \in A, y \in M, i = \overline{1, 2}$$

$$\begin{cases} m_i : T \rightarrow (\tilde{a}_{i_1}, \tilde{a}_{i_2}, \dots, \tilde{a}_{i_k}), P_{m_i}(a_{i_j}, m_i) = 1 \\ T = \{t_1, t_2, \dots, t_{n_i}\} \end{cases},$$

где  $\tilde{a}_i$  – значение характеристики  $a_i$ .

$M : A \rightarrow \tilde{A}$ , где  $\tilde{A} = |\tilde{a}_{ij}|$  – матрица с нулевыми значениями.

$D_k = \{a_1, \dots, a_s\}$  – набор характеристик по фактору.

$\tilde{G}_i : a_i \rightarrow \tilde{A}_i$ , где  $\tilde{A}_i \rightarrow \{\tilde{a}_{i1}, \tilde{a}_{i2}, \dots, \tilde{a}_{ij}\}$  – множество значений  $a_i$ , которые получены при тестировании.

$\hat{G}_i : \tilde{a}_i \rightarrow \hat{A}_{ij}$ , где  $\hat{A}_{ij} = \{\hat{a}_{in}, \dots, \hat{a}_{iw}\}$ ,  $\hat{a}_{in}, \hat{a}_{iw}$  – нижняя и верхняя граница «проходного коридора» для значения  $\tilde{a}_i$ .

$\mu_{\tilde{a}_{ij}}^{(s)}(\hat{A}_{ij}^{(s)})$  – степень принадлежности «проходному коридору» значения  $\tilde{a}_{ij}$  характеристики  $a_i$ , полученного в тесте  $t_n$ , т.е. степень принадлежности одного условия в  $s$ -ом правиле вывода.

Для того, чтобы определить степень принадлежности посылки правила необходимо выполнить нечёткую операцию «И» (логическое произведение в форме  $\min$ ).

Множество результатов  $R = \{r_1, r_2, r_3, r_4\} = \{\text{не соответствует требованиям специальности, частично соответствует, в основном соответствует, соответствует}\}$ .

$$\tilde{R}_s = \{r_1, r_2, \dots, r_s\}, \tilde{r}_i \in \tilde{R} \rightarrow \hat{r}_i$$

$$\tilde{E} : r_s \rightarrow \tilde{R}$$

$\mu_{\tilde{r}_s}(\tilde{R})$  – степень принадлежности значения  $\tilde{r}_s$ .

Заключение правил определяется нечёткой импликацией «ТО», которая в данном случае интерпретируется как логическая сумма в виде  $\max$ , модифицированного путем ранжирования в соответствии с экспертной оценкой.

В связи с вышеизложенным база нечётких правил вывода будет иметь следующий вид:

**ЕСЛИ**  $\tilde{a}_{11}^{(1)} = \hat{A}_{11}^{(1)}$  **И**  $\tilde{a}_{12}^{(1)} = \hat{A}_{12}^{(1)}$  **И** ... **И**  $\tilde{a}_{1l}^{(1)} = \hat{A}_{1l}^{(1)}$  **ТО**  $\mu_{r_1}^{(1)} = \tilde{r}_1^{(1)}$  **И**  
 $\mu_{r_2}^{(1)} = \tilde{r}_2^{(1)}$  **И**  $\mu_{r_3}^{(1)} = \tilde{r}_3^{(1)}$  **И**  $\mu_{r_4}^{(1)} = \tilde{r}_4^{(1)}$

...

**ЕСЛИ**  $\tilde{a}_{11}^{(s)} = \hat{A}_{11}^{(s)}$  **И**  $\tilde{a}_{12}^{(s)} = \hat{A}_{12}^{(s)}$  **И ... И**  $\tilde{a}_{1l}^{(s)} = \hat{A}_{1l}^{(s)}$  **ТО**  $\mu_{r_1}^{(s)} = \tilde{r}_1^{(s)}$  **И**  
 $\mu_{r_2}^{(s)} = \tilde{r}_2^{(s)}$  **И**  $\mu_{r_3}^{(s)} = \tilde{r}_3^{(s)}$  **И**  $\mu_{r_4}^{(s)} = \tilde{r}_4^{(s)}$

где  $s$  – номер правила.

В работе предлагается методика проверки полученной базы нечётких правил вывода на непротиворечивость и полноту в соответствии с введёнными в теории градуированных нечётких систем понятиями синтаксических и семантических выводов.

Градуированная формальная логическая система является непротиворечивой, если нечёткое множество синтаксических выводов любого нечёткого множества формул есть нечёткое подмножество его семантических выводов, т.е.

$$C^{\text{syn}}(\tilde{A}_i)(F^{(s)}) \leq C^{\text{sem}}(\tilde{A}_i)(F^{(s)})$$

верно для любого  $\tilde{A}_i \subset F$  и формулы  $F^{(s)} \in F$ , где  $F$  – база нечётких правил.

Градуированная формальная логическая система является полной, если

$$C^{\text{syn}}(\tilde{A}_i)(F^{(s)}) = C^{\text{sem}}(\tilde{A}_i)(F^{(s)})$$

верно для любого  $\tilde{A}_i \subset F$  и формулы  $F^{(s)} \in F$ , где  $F$  – база нечётких правил.

После экспертного оценивания специалистами было выделено 56 значимых характеристик для определения профессиональной пригодности кандидата. В зависимости от требований специальности набор личностных характеристик в значительной степени варьируется. В данной работе для построения общей модели управления человеческим фактором был использован максимальный набор параметров, применяемых при отборе кандидатов на экстремальные профессии, к которым относятся: работники правоохранительных органов, военнослужащие, летчики, разведчики, космонавты и т.д.

База правил, составленная экспертами, для профессии лётчика состоит из 39 правил, ниже приведены несколько правил:

*П. 1:* **ЕСЛИ** Меланхолик **ТО** Не подходит

*П. 2:* **ЕСЛИ** Депрессия (D) >60 **ИЛИ** Психопатия (Pd) >60 **ИЛИ** Психастения (Pt) >60

**ИЛИ** Шизоидность (Se) >60 **ТО** Не подходит

*П. 3:* **ЕСЛИ** Шкала лжи (Log) >60 **ТО** Не подходит

*П. 4:* **ЕСЛИ** Ипохондрия (Hs) >60 **ИЛИ** Истерия (Hy) >60 **ИЛИ** Паранояльность (Pa) >60 **ТО** Не подходит

...

База нечётких продукционных правил для профессии лётчика состоит из 62 правил:

*П. 1:* **ЕСЛИ**  $A_1=1$  **ТО**  $R_1=1$  и  $R_2=0$  и  $R_3=0$  и  $R_4=0$

*П. 2:* **ЕСЛИ**  $A_2 >60$  **ТО**  $R_1=1$  и  $R_2=0$  и  $R_3=0$  и  $R_4=0$

*П. 3:* **ЕСЛИ**  $A_3 >60$  **ТО**  $R_1=1$  и  $R_2=0$  и  $R_3=0$  и  $R_4=0$

...

*П. 10:* **ЕСЛИ**  $A_{10}=1$  **ТО**  $R_1=0$  и  $R_2=0$  и  $R_3=0$  и  $R_4=1$

...

*П. 16:* **ЕСЛИ**  $A_{14}=1$  **И**  $A_{16} <8$  **ТО**  $R_1=0$  и  $R_2=0,6$  и  $R_3=0,4$  и  $R_4=0$

...

**П. 50: ЕСЛИ  $60 < A_{48} < 90$  ТО  $R_1=0$  и  $R_2=0,4$  и  $R_3=0,6$  и  $R_4=0$**

Построенная база нечётких правил является полностью непротиворечивой, т.е. все синтаксические выводы правил являются подмножеством семантических. Полными являются все правила, кроме: 6, 16, 21, 54 и 57.

Таблица 1 – Степени принадлежности элементов неполных правил

№ правила	$\mu$ посылки		$\mu$ заключения
	<b>6</b>	$A_6$	0,1
<b>16</b>	$A_{14}$	0,6	0,6
	$A_{16}$	0,4	
<b>21</b>	$A_{18}$	0,3	0,6
	$A_{16}$	1	
	$A_{20}$	1	
	$A_{21}$	1	
<b>54</b>	$A_{50}$	0,4	0,6
<b>57</b>	$A_{51}$	0,4	0,6

Исходя из таблицы 1, супремум всех выводов возможных посылок равен 0,4, а инфимум всех возможных заключений по каждому правилу – 0,25. Следовательно, будем говорить, что данная база нечётких правил полна «в пределе» 0,85.

Так как процент неполных правил в общей базе правил менее 15, а «предел» – менее 30, что не превышает коэффициента валидности (0,3), определённого экспертами, будем считать, что такая база правил является полной и непротиворечивой.

В работе предложен алгоритм автоматической генерации базы нечётких правил с учётом проверки базы на полноту и непротиворечивость.

*1 этап:* реализуются нечёткие правила «ЕСЛИ–ТО», вычисляющие степени принадлежности посылок и заключений по каждому правилу. Производится проверка на полноту и непротиворечивость согласно следующему выражению  $C^{syn}(\tilde{A}_i)(F^{(s)}) \leq C^{sem}(\tilde{A}_i)(F^{(s)})$ . Если правило не отвечает условию непротиворечивости, то считаем, что базу правил составлена некорректно.

Если доля подмножества неполных правил больше, чем 0,15 всей базы, или  $max(\mu_{\tilde{a}_{ij}}^{(s)}(\hat{A}_{ij}^{(s)})) - min(\mu_{\tilde{r}_i}(\tilde{R})) > 0,3$ , то считаем, что нечёткая продукционная модель построена некорректно.

*2 этап:* вычисляются степени принадлежности переменных входного вектора  $x$ .

3 этап: рассчитываются максимальные значения выходов элементов второго этапа, которые представляют собой степени принадлежности, полученные в результате ликвидации перекрытий между парой выходных интервалов. Число элементов для выходного интервала  $i_k$  определяется по числу выходных интервалов, чьи входные пространства перекрываются со входным пространством данного выходного интервала  $i_k$ . Поэтому, если нет перекрытия между входными пространствами выходного интервала  $i_k$  и какого-либо другого выходного интервала, то алгоритм для выходного интервала  $i_k$  уменьшается до двух этапов.

4 этап: для выходного интервала  $i_k$  определяется минимальное среди максимальных значений, определенных ранее и соответствующих перекрытию между двумя выходными интервалами.

Если выходной интервал  $i_k$  перекрывается только с одним выходным интервалом, то алгоритм для выходного интервала  $i_k$  сокращается до трёх этапов. Таким образом, в процессе образования входных областей необходимо избавиться от перекрытия между интервалами.

Данный подход позволяет сформировать корректную нечёткую продукционную модель и оптимизировать ее в ходе работы с данными. В автоматически сформулированной базе продукционных правил контролируется ее полнота и непротиворечивость, что приводит к улучшению механизмов нечёткого логического вывода. Структуризация базы знаний позволит повысить качество и эффективность систем принятия решения.

Далее предложена модифицированная структура гибридного нейронечёткого классификатора.

Элементы первого слоя реализуют операцию фаззификации, т.е. формируют степени принадлежности входных переменных к определенным для них нечётким множествам  $A_{ij}$ :

$$\mu_{A_{ij}}(x'_{ij}) = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x'_{ij} - c_{ij}}{\sigma_{ij}} \right)^2 \right],$$

где  $c_{ij}, \sigma_{ij}$  – параметры функции принадлежности колоколообразного типа.

Начальные значения этих параметров установлены таким образом, чтобы функции принадлежности удовлетворяли свойствам полноты, нормальности и выпуклости. Значения  $c_{ij}$  должны быть равномерно распределены в области входных векторов  $X$ . Значения данных параметров корректируется в процессе обучения сети.

Каждый элемент второго слоя является нейроном «И». Они выполняют агрегирование степеней истинности предпосылок каждого правила базы в соответствии с операцией Т-нормы по формулам:

$$\alpha_i = \min \{ A_{i1}(x_1), A_{i2}(x_2), \dots, A_{in}(x_n) \}.$$

Элементы третьего слоя выполняют агрегирование степеней истинности предпосылок всех правил базы в соответствии с операцией нормализации.

Для решения поставленной задачи классификации соискателей на замещение вакантных должностей на основе психодиагностики объем входной выборки довольно мал и составляет в среднем 50 значений. С целью ускорения работы алгоритма обучения сети и его упрощения, заменим нейроны третьего слоя на нейроны, которые выполняет нормализацию и вычисляют следующие значения:

$$\beta_i = \frac{\alpha_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n}.$$

Элементы четвертого слоя вычисляют значения заключений по каждому правилу:

$$y_i' = B_i^{-1}(\alpha_i) = a_i + \frac{1}{b_i} \ln \frac{1 - \alpha_i}{\alpha_i},$$

где  $a_i, b_i$  – нелинейные параметры функций принадлежности  $\mu_{B_i}(y)$  нечётких множеств заключений правил.

Выходы нечёткой сети вычисляются следующим образом:  $y_i' = \beta_i B_i^{-1}(\alpha_i)$ .

Эти выходы трактуются как степени принадлежности предъявленного объекта соответствующему классу.

Так как гибридный нейронечёткий классификатор представляется в виде многослойной структуры с прямым распространением сигнала, а значение выходной переменной можно изменять, корректируя параметры элементов слоев, то для обучения этой сети можно использовать градиентные алгоритмы.

**В третьей главе** приведено описание разработанного комплекса программных средств, предназначенного для интеллектуальной поддержки принятия решения в системах управления человеческим фактором.

Основная схема взаимодействия подсистем изображена на рисунке 1.

В подсистемах начального, дополнительного и углубленного этапа изучения кандидата и изучения мотивационного статуса реализованы 18 наиболее распространенных психологических методик в области диагностики основных характеристик личности человека, определения уровня интеллекта, выявления типа темперамента, психического здоровья, мотивационного статуса и т.д.

Подсистема принятия решения реализует алгоритмы классификации, то есть соотнесения кандидата к определенному классу соответствия соискателя требованиям конкретной специальности, а также выработки рекомендаций по управлению человеческим фактором.

Подсистема информационного обеспечения вносит для хранения в базу данных результаты тестирования каждого кандидата по всем этапам изучения. Предусмотрена регистрация всех замеров личностных характеристик для наблюдения их динамики. Спроектированная база данных содержит в себе более 60 таблиц и сущностей.

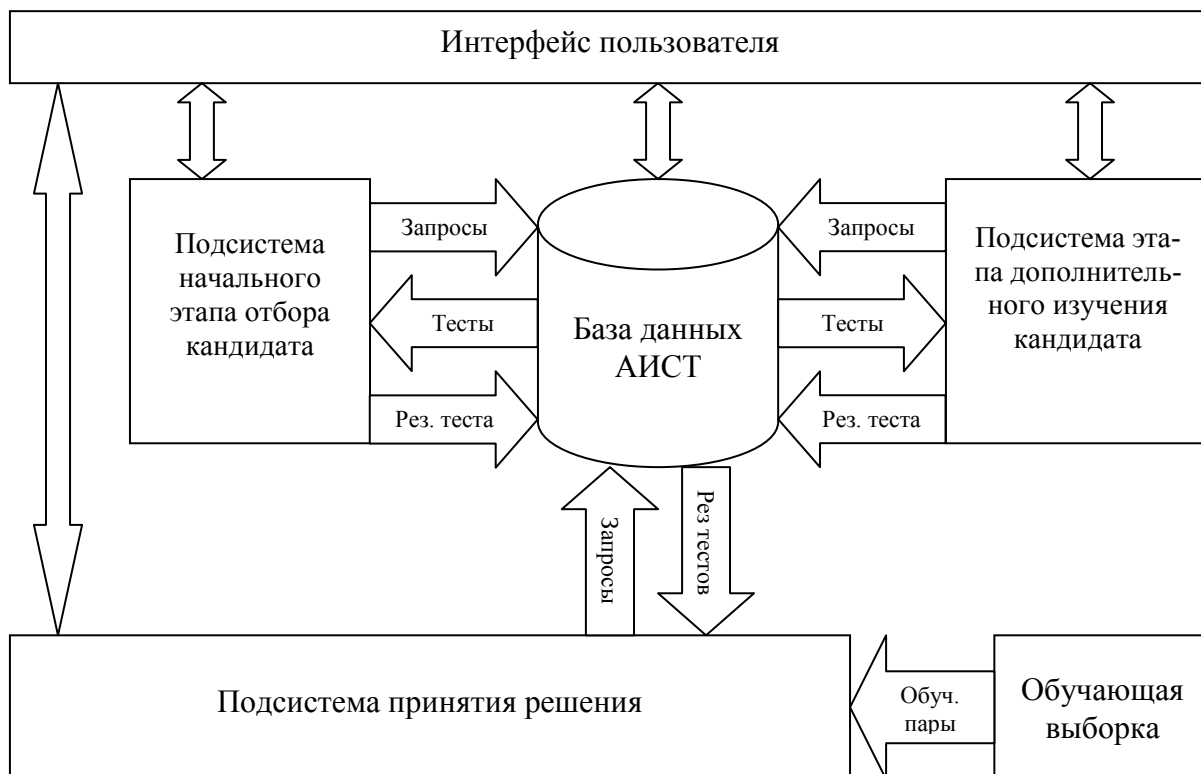


Рисунок 1 – Основная схема взаимодействия компонентов системы

Существует три основных типа пользователей системы: соискатель, эксперт и работодатель. Они различаются уровнем доступа и своими функциями.

Пользователь с наименьшими правами – соискатель, ему доступно лишь прохождение тестов, он не может вносить в систему никаких изменений.

Эксперт обладает правами на интерпретацию результатов, формирование новой батареи тестов, составление характеристик тестируемых и просмотра уже составленных, формирование отчетов по различным интересующим его психологическим факторам.

Работодатель обладает правами на просмотр личного профиля и полученных характеристик, на корректировку «проходных коридоров» для принятия решения о приеме на работу, формирование интерактивного перечня к специальности, а также результатов принятия решения и прогноза. Основные экранные формы данного режима представлены на рисунке 2.

Программный комплекс реализован в среде программирования Java. Требования программного комплекса к аппаратному и программному обеспечению: процессор Pentium-166 и выше; операционная система Windows XP и выше; свободное место на диске 3 Мб.

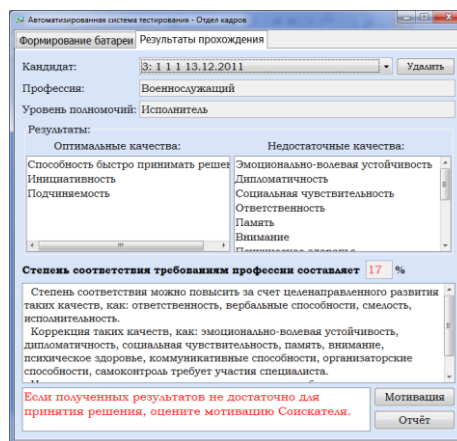
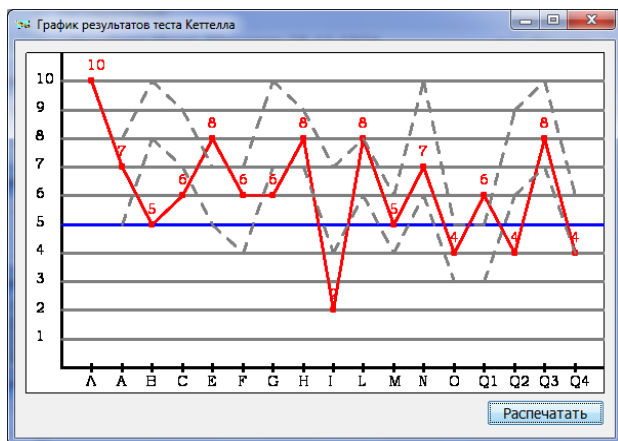


Рисунок 2 – Основные экранные формы режима «Работодатель»

В четвертой главе проведено исследование качества построенного гибридного нейронечёткого классификатора.

1) Для данной задачи минимальное значение СКО достигается при объеме обучающей выборки равной 33 примеров (рисунок 3).

2) Минимальное значение СКО достигается при шаге обучения равном 0,45 (рисунок 4).

3) Обучение гибридного нейронечёткого классификатора с гауссовой функцией фаззификации происходит быстрее, чем его модификации с треугольной функцией. Однако в последнем случае алгоритм обучения сети значительно упрощается за счет более простого вида самой функции фаззификации, благодаря чему система ведет себя более предсказуемо (рисунок 5).

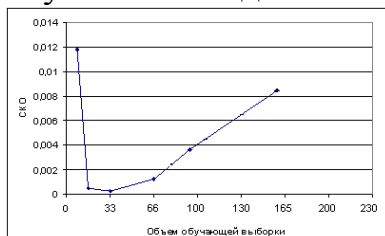


Рисунок 3

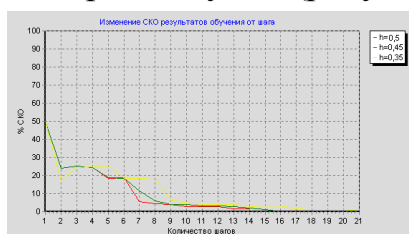


Рисунок 4

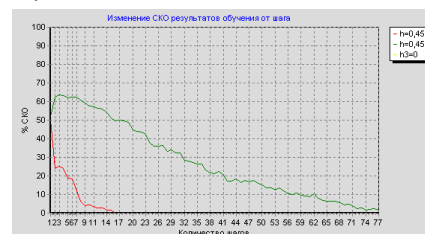


Рисунок 5

4) Вид метода дефаззификации не влияет на СКО и скорость обучения гибридного нейронечёткого классификатора.

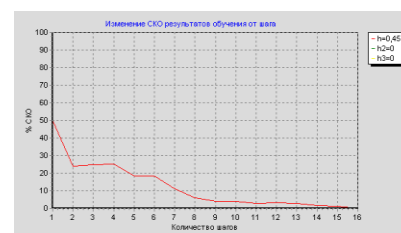
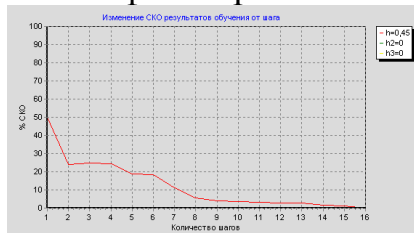
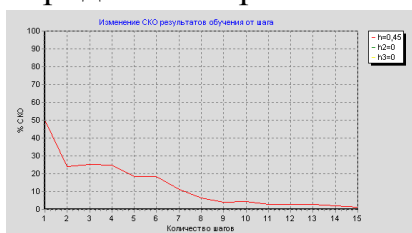


Рисунок 6 – Графики изменения длительности обучения гибридного нейронечёткого классификатора с методом дефаззификации на основе среднего квадратичного, минимального и максимального отклонения

Было проведено сравнение результатов работы разработанной системы и регрессионного анализа.

Степень соответствия выпускника В. летного училища требованиям профессии по результатам:

работы системы: 83%, рекомендации по коррекции качеств

регрессионного анализа:  $\text{Профессиональное мастерство} = 1,668 + 0,516$  (общий интеллект) +  $0,259$  (открытость-закрытость) –  $0,051$  (способность к вербальным аналогиям) –  $0,045$  (способность к вербальным обобщениям) = 4,028.

Не профессионалу сложно разобраться в результатах, полученных с помощью регрессионного анализа. Кроме того, для каждой специальности необходимо получать новое уравнение.

Был проведен сравнительный анализ результатов работы системы, регрессионного анализа и экспертных оценок для различных специальностей. По каждой профессии было протестировано 100 человек. Процент соответствия результатов работы системы и экспертной оценки по профессии: летчика – 93%, военнослужащего спецподразделения – 95%, спасателя МЧС – 94% .

Сравнение результатов тестирования курсанта В. на момент его поступления в летное училище и на выпуске после проведения всех корректирующих процедур представлены на графике.

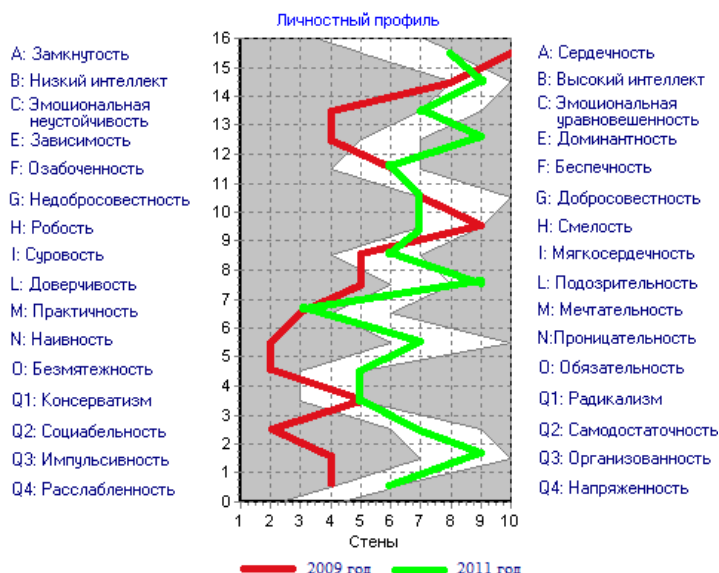


Рисунок 7 – Результаты сравнения результатов тестирования курсанта В.

Даже не специалисту заметно, что в результате коррекционной работы личностный профиль В. в значительной степени изменился.

Данный подход даёт возможность с определённой степенью достоверности рассчитывать предрасположенность к ошибочным действиям в каждом конкретном случае. Такой принцип, используемый в организационно-управленческой деятельности, может помочь в прогнозировании опасности, вызванной человеческим фактором.

**В заключении** сформулированы основные выводы и перечислены полученные в работе результаты.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ:

1. Проанализированы существующие подходы к решению задачи управления человеческим фактором при оценке профессиональной деятельности и к решению проблемы неопределенности, неполноты и недостоверности данных.



2. Предложена комплексная методика учета широкого круга личностных характеристик специалистов при оценивании их профессиональной пригодности, охватывающая множество психологических синдромов, индивидуально-личностных факторов, интеллектуальных способностей, личностно-профессиональных типов и т.д.

3. Построена база нечётких продукционных правил для определения профессиональной пригодности с применением метода экспертных оценок с целью редуцирования пространства признаков. Сформулированы требования к написанию продукционных правил.

4. Разработаны новые методы и алгоритмы генерации базы нечётких продукционных правил в моделях нечёткого вывода для круга экстремальных специальностей с определением для них степени значимости личностных характеристик человека. В алгоритме предусмотрена проверка правил на полноту и непротиворечивость, основанная на теории градуированных формальных систем, позволяющая определить «предел» полноты.

5. Предложена двухсоставная методика решения задачи классификации специалистов экстремальных профессий при оценке их профессиональной пригодности, основанная на гибридизации систем нечёткого вывода и модифицированного гибридного нейронечёткого классификатора.

6. Разработан программный комплекс, реализующий разработанные методы и алгоритмы для повышения эффективности принятия решений при оценивании человеческого фактора, автоматизации этапа анализа и интерпретации диагностических данных при оценке профессиональной пригодности.

7. Проведено исследование результатов классификации разработанной структуры нейронной сети в зависимости от шага обучения, вида функции фазификации и метода дефазификации. Проведена апробация комплекса программ поддержки принятия решений при оценивании человеческого фактора в сфере профессиональной деятельности лётчиков, военнослужащих спецподразделений, спасателей МЧС.

#### ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Работы, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией:**

1. Даниленко, А.Н. Корреляционный анализ данных с помощью карт Кохонена для решения задачи профессионального подбора кадров [Текст]/ Даниленко А.Н., Коварцев А.Н., Комаков В.В., Ихсанова С.Г. // В мире научных открытий, часть 2. – 2010. – №4(11) – С.35-37. – Библиогр.: с.37.

2. Даниленко, А.Н. Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений в системах управления кадрами [Текст]/ Даниленко А.Н. // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2011. – №46 – С.1-5. – Библиогр.: с.5.

3. Даниленко, А.Н. Интеллектуальная поддержка принятия решений в системе управления человеческим фактором [Текст] / Даниленко А.Н. // В мире научных открытий, серия «Математика. Механика. Информатика». – 2011. – №12(24) – С.102-114. – Библиогр.: с.114.

4. Даниленко, А.Н. Нейросетевая модель прогноза ошибочных действий лётчиков [Текст] / Даниленко А.Н. // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева. – 2011. – №6(30) – С.207-211. – Библиогр.: с.211.

5. Даниленко, А.Н. Прогностическое планирование карьеры студента вуза [Текст] / Даниленко А.Н., Ихсанова С.Г., Комаков В.В. // Современные исследования социальных систем. – 2012. – №1 – С.1-8. – Библиогр.: с.8.

#### **Монография:**

6. Инновационные технологии в образовании: Теория и практика. Кн.1 [Текст] / Даниленко А.Н., Ихсанова С.Г., Комаков В.В. / Научно-инновационный центр, Красноярск, 2011. – Гл. 10 Автоматизированный психодиагностический комплекс в системе профориентационной деятельности вуза – С. 145 – 160. – ISBN 978-5-904771-15-7.

#### **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ:**

7. Даниленко, А.Н. Автоматизированная информационная система психологического тестирования и анализа профессиональной пригодности «АИСТ» [Текст] / Даниленко А.Н., Комаков В.В., Солдатова О.П. // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. Рег. № 2009612163 от 27.04.09.

8. Даниленко, А.Н. Автоматизированная информационная система многофакторной диагностики профессионально значимых качеств личности на основе интерактивного перечня требований к профессии [Текст] / Даниленко А.Н., Комаков В.В., Ихсанова С.Г. // Заявка на свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. Рег. № 2012610996 от 24.01.12.

#### **Статьи:**

9. Даниленко, А.Н. Исследование свойств классификации нечётких нейронных сетей [Текст] / Даниленко А.Н., Солдатова О.П. // Радиотехника и связь: труды международной научно-технической конференции. / Изд-во СГТУ – Саратов, 2009. – Вып. (2009). – С. 22-28. – Библиогр.: с.28.

10. Даниленко, А.Н. Автоматизированная система отбора кадров для аэрокосмической отрасли [Текст] / Даниленко А.Н. // Уткинские чтения: материалы международной научно-технической конференции. / Изд-во БГТУ «Военмех» – Санкт-Петербург, 2009. – №4. – С. 146-150. – Библиогр.: с.150.

11. Даниленко, А.Н. Автоматизированная информационная система факторного анализа профессиональной пригодности «АИСТ» [Текст] / Даниленко А.Н. // Проблемы и перспективы развития двигателестроения: материалы международной научно-технической конференции. / Изд-во СГАУ – Самара, 2009. – Вып. 1 (2009). – С. 10-12.

12. Даниленко, А.Н. Автоматизированная информационная система профессиональной пригодности для малых инновационных предприятий [Текст] / Даниленко А.Н. // У.М.Н.И.К.: материалы всероссийского молодежного научно-инновационного конкурса. / Изд-во СГМУ – Самара, 2009. – Вып.1(2009). – С. 4-6.

13. Даниленко, А.Н. Автоматизированная информационная система анализа профессиональной пригодности [Текст] / Даниленко А.Н. // Международная аэ-

рокосмическая школа: сборник материалов. / Изд-во МАИ – Москва, 2009. – Вып.1 (2009). – С. 89-90.

14. Даниленко, А.Н. Нечёткая классификация с помощью нейронных сетей [Текст] / Даниленко А.Н. // X Королёвские чтения: материалы всероссийской молодежной научной конференции с международным участием. / Изд-во СГАУ – Самара, 2009. – №10. – С. 325-326. – Библиогр.: с.326.

15. Даниленко, А.Н. Нейросетевой подход при психологическом тестировании специалистов аэрокосмической отрасли [Текст] / Даниленко А.Н. // Авиация и космонавтика: материалы международной конференции. / Изд-во МАИ-ПРИНТ – Москва, 2009. – №8. – С. 220-221. – Библиогр.: с.221.

16. Даниленко, А.Н. Построение модели данных результатов тестирований для решения задачи анализа профессиональной пригодности в различных отраслях деятельности [Текст] / Даниленко А.Н. // Молодежь, техника, космос: материалы общероссийской молодежной научно-технической конференции. / Изд-во БГТУ «Военмех» – Санкт-Петербург, 2010. – №2. – С. 220-221. – Библиогр.: с.221.

17. Анализ корреляционных связей результатов психологических тестирований для решения задач анализа профессионального отбора [Текст] / Даниленко А.Н. // Гагаринские чтения: материалы международной научной молодежной конференции. / Изд-во «МАТИ» РГТУ – Москва, 2010. – №36. – т.4 – С. 85-87. – Библиогр.: с.87.

18. Даниленко, А.Н. Факторизация личностных черт как проблема практической психодиагностики [Текст] / Даниленко А.Н., Комаков В.В., Ихсанова С.Г. // Вестник Поволжской государственной социально-гуманитарной академии, серия «Естествоиспытатели и педагоги». / Изд-во ПГСГА – Самара, 2010. – №5(2010). – С. 133-143. – Библиогр.: с.143.

19. Даниленко, А.Н. Извлечение нечётких правил из числовых данных и структуризация базы знаний для задачи классификации [Текст] / Даниленко А.Н., Коварцев А.Н. // Перспективные информационные технологии для авиации и космоса: избранные труды международной конференции с элементами научной школы для молодежи. / Изд-во СГАУ – Самара, 2010. – Вып. 1 (2010). – С. 57-63. – Библиогр.: с.63.

20. Даниленко, А.Н. Использование нейронечётких сетей для решения задачи классификации [Текст] / Даниленко А.Н. // Вестник Совета молодых ученых и специалистов СГАУ / Изд-во СГАУ – Самара, 2011. – №1. – С. 17-25. – Библиогр.: с.25.

21. Даниленко, А.Н. Генерация нечётких правил для решения задачи интеллектуальной поддержки принятия решений в системах управления [Текст] / Даниленко А.Н. // Молодежь, техника, космос: материалы общероссийской молодежной научно-технической конференции. / Изд-во БГТУ «Военмех» – Санкт-Петербург, 2011. – №3. – С. 165-167. – Библиогр.: с.167.

22. Даниленко, А.Н. Психодиагностический комплекс в каузальном моделировании кадровых решений [Текст] / Даниленко А.Н., Комаков В.В., Ихсанова С.Г. // Инновационные процессы и корпоративное управление: материалы III ме-

ждународной заочной научно-практической конференции. / Изд-во БГУ – Минск, 2011. – Вып.1 (2011). – С. 124-127. – Библиогр.: с.127.

23. Даниленко, А.Н. Прогноз совершения ошибочных действий летчика как фактора аварийности [Текст] / Даниленко А.Н. // Авиация и космонавтика: материалы международной конференции. / Изд-во МАИ-ПРИНТ – Москва, 2011. – №10. – С. 229-230. – Библиогр.: с.230.

24. Даниленко, А.Н. Применение нейросетевых технологий в разработке систем управления [Текст] / Даниленко А.Н. // Электронный журнал «Проблемы управления»: материалы интернет-конференции. / – Москва, 2011. – С. 1-8. – Библиогр.: с.8.

#### **Тезисы докладов:**

25. Даниленко, А.Н. Автоматизированная информационная система подбора кандидатов на работу с использованием нейросети [Текст] / Даниленко А.Н. // Тезисы докладов самарской областной студенческой научной конференции. Часть I. Общественные, естественные и технические науки., 2008 г. / Департамент по делам молодежи Самарской области; Самарский областной совет по научной работе студентов – Самара, 2008. – №34. – С.226.

26. Даниленко, А.Н. Решение задачи классификации неточных или недостаточно определенных данных с использованием нейросетей [Текст] / Даниленко А.Н. // Тезисы докладов самарской областной студенческой научной конференции. Часть I. Общественные, естественные и технические науки, 2008 г. / Департамент по делам молодежи Самарской области; Самарский областной совет по научной работе студентов – Самара, 2008. – №35. – С.258.

27. Даниленко, А.Н. Решение задачи классификации в нейронечётком логическом базисе [Текст] / Даниленко А.Н. // Международная молодежная научная конференция «Туполевские чтения». Тезисы докладов / Изд-во КГТУ – Казань, 2008. – №16. – С. 145-147.

28. Даниленко, А.Н. Автоматизированная информационная система психологического тестирования и анализа профессиональной пригодности [Текст] / Даниленко А.Н. // Всероссийская студенческая научно-техническая школа-семинар «Аэрокосмическая декада». Тезисы докладов / Изд-во МАИ (ГТУ) – Крым, 2008. – Вып. 1 (2008). – С. 75-76.

29. Даниленко, А.Н. АИС психологического тестирования и анализа профессиональной пригодности персонала [Текст] / Даниленко А.Н. // Студенческая научно-техническая конференция студентов и аспирантов аэрокосмических вузов «Седьмая международная выставка и научно-техническая конференция по гидроавиации». Тезисы докладов/ Изд-во СГАУ – Самара, 2008. – Вып.1(2008). – С. 35.

30. Даниленко, А.Н. Решение проблем профессионального отбора с помощью нечётких нейронных сетей [Текст] / Даниленко А.Н. // Международная молодежная научная конференция «Туполевские чтения». Тезисы докладов / Изд-во КГТУ – Казань, 2009. – №17. – С. 226.

Подписано в печать 22.02.2012 г.

Тираж 100 экз.

"Инсома-пресс" 443011 г. Самара, ул. Санфириковой, 110<sup>а</sup>, офис 22<sup>а</sup>