

**На правах рукописи**



**Алмасани Сихам Абдулмалик Мохаммед**

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА  
СЛОЖНОСТИ И СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТА,  
ПРЕДСТАВЛЕННОГО В ВИДЕ СИСТЕМЫ ДАННЫХ**

Специальность 05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Таганрог – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ) на кафедре систем автоматического управления.

Научный руководитель: **Финаев Валерий Иванович**, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО ЮФУ, кафедра «Системы автоматического управления», (г. Таганрог)

Официальные оппоненты: **Бутакова Мария Александровна**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», профессор кафедры «Информатика», декан факультета «Информационные технологии управления» (г. Ростов-на-Дону)

**Тарасов Валерий Борисович**  
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра «Компьютерных систем автоматизации производства», заместитель заведующего кафедрой (г. Москва)

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) (г. Ростов-на-Дону)

Защита состоится «15» февраля 2019 г. в 11-00 на заседании диссертационного совета Д 999.065.02 на базе Южного федерального университета и Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова по адресу: 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ауд. Д-406.

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке ЮФУ по адресу: г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге 21, ж и на сайте: <http://hub.sfedu.ru/diss/announcement/>

Автореферат разослан «      » декабря 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
Д 999.065.02, доктор технических наук,  
профессор



А.Н. Целых

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Исследование информационных структур, исследование объектов, как системы данных, происходит зачастую в условиях неопределенности, недостаточности информации относительно полноты статистической выборки, следовательно, неопределенности относительно модели исследуемого объекта и внешней среды. Эффективное поведение любого объекта – это такое поведение, при котором обеспечивается выполнение критериев качества функционирования объекта, независимо от его вида и назначения, т.е. это может быть объект технического назначения, либо экономического, либо социального, либо любого другого назначения. Без исследования информационных процессов, получения их оценок сложно решать задачи исследования состояния объектов и их поведения.

Объекты постоянно усложняются, степень неопределенности возрастает и это не позволяет применять аналитическое моделирование. Один и тот же объект может находиться в разных состояниях с разной степенью неопределенности, а в этих состояниях для его моделирования надо применять модели разного вида, начиная от аналитических моделей и оканчивая моделями, основанными на использовании интуиции и опыта специалистов. Выполнять такое моделирование можно с применением универсального подхода, который представляет собой описание процесса моделирования с возможностью применения самых разных моделей и операторов, определяющих вид входных и выходных параметров и параметров состояния моделируемого объекта. В существующей практике применения универсального подхода нет рекомендаций относительно применения того или иного вида модели в зависимости от степени сложности, существующей неопределенности объекта и от условий её функционирования. Применение вероятностного подхода не даёт достоверных результатов из-за сложности описания процессов объекта - сложно понять, когда объект может перейти от одного состояний к другому, и какую модель следует применить для моделирования в новом состоянии.

Если в универсальной, агрегированной модели определять время смены одной модели на другую при переходе объекта из одного подмножества состояний в другое, то результаты моделирования будут более адекватными. В диссертации предложено решение задачи определения момента времени выбора другой модели для моделирования с учетом информационной меры оценки сложности объекта, а также алгоритмизация процесса применения операторов агрегата, что позволяет развить аспект применения универсальной модели объекта.

Исследование поведения объекта в условиях неопределенности успешно решается с применением экспертных знаний, реализованных в лингвистических моделях, как моделях с логическими правилами, и соответствующего программного обеспечения. Модели на основе методов искусственного интеллекта успешно применяют в объектах разного назначения.

Следует отметить вклад в развитие методов теории искусственного интеллекта таких известных зарубежных ученых и ученых России, как Аверкин А.Н., Айзерман М.А., Берштейн Л.С., Борисов Н.А., Дюбуа Д., Заде Л.А., Кофман А., Мицумото М., Поспелов Д.А., Саати Т.Л., Сугено М., Тарасов В.Б., Тэрано Т., Циммерман Х.Д., Ягер Р.Р. и многих других.

Лингвистические модели в условиях неопределенности позволяют не только находить адекватные сложившимся ситуациям решения, но и решать задачи прогноза динамики изменения объекта в пространстве состояний. Модели требуют верификации, и проводить проверку адекватности моделей лучше всего с применением статистических данных на конкретных объектах.

Проводимые в диссертационной работе исследования направлены на разработку алгоритмов анализа сложности и состояний объекта, представленного в виде системы данных, синтеза универсальных моделей и лингвистических моделей с логическими правилами для исследования объекта в условиях неопределенности с применением знаний экспертов и при апробации результатов исследований на примерах исследования данных на рынке ценных бумаг. Существенная неопределенность требует привлечения знаний экспертов – специалистов, знания и интуиция которых подлежат формализации.

Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной.

**Цель диссертационной работы состоит** в разработке методов и алгоритмов преобразования на основе экспертной интерпретации статистических данных для решения задач анализа сложности и исследования поведения объектов в условиях неопределенности, а также метода прогноза состояний объектов при одновременном применении системы данных и экспертных знаний.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- экспертная формализация системы данных для задачи анализа и оценки сложности объектов по результатам наблюдений и моделирования, оценки неопределенности системы данных для моделирования и прогноза результатов функционирования объекта;

- разработка унифицированного алгоритма моделирования для исследования сложности объекта в условиях неопределенности и при экспертном определении времени применения оператора переходов;

- разработка информационного обеспечения для исследования сложности функционирования объектов;

- разработка метода прогноза изменения состояний объекта и алгоритма (с функцией сложности) применения методов прогнозирования его эволюции.

**Математическими методами исследования** в диссертационной работе являются методы и алгоритмы анализа и обработки статистических данных, теория нечётких множеств и теория нечёткой логики, принципы проектирования программных модулей принятия решений и прогноза, для анализа информационных процессов в исследуемых объектах.

**Достоверность и обоснованность** научных положений, выводов полученных результатов диссертационной работы подтверждается корректностью постановок задач, обоснованностью принятых допущений, корректным применением известных теоретических положений, непротиворечивостью известным данным, устойчивой работой разработанного информационного обеспечения и высокой степенью сходимости полученных результатов с полученными экспериментальными данными.

**Объектами исследования** в диссертационной работе методы и алгоритмы анализа и обработки статистических данных, теория нечётких множеств и теория нечёткой логики, принципы проектирования программных модулей для прогноза и анализа моделей информационных процессов в исследуемых объектах.

**Научная новизна.** В диссертации получены следующие новые научные результаты, которые выносятся на защиту:

- алгоритм определения степени сложности объекта по системе данных на выбранной экспертами шкале оценок, отличающийся от известных отображением состояния и результатов функционирования объекта в сложности объекта с применением знаний экспертов;

- алгоритм экспертной обработки данных о состоянии объекта и результатах его функционирования, а также с применением логического вывода относительно вида моделей исследования на основе анализа этих данных об объекте, отличающийся тем, что в унифицированной модели в виде агрегата определяется применение того или иного вида операторов при предварительной оценке сложности объекта, что в целом способствует адекватному применению моделей в задаче исследования;

- метод прогноза изменения состояний объекта по системе данных, отличающийся тем, что прогноз эволюции объекта выполняется исходя из неопределенности данных о результатах функционирования, что позволяет применять адекватные модели прогноза.

**Теоретическая ценность** работы заключается в развитии научно-технических направлений «теоретическая информатика» и «системный анализ» в аспекте разработки алгоритмов экспертной обработки и представления информации, использования информации в методах обработки данных относительно оценки сложности объекта и синтезом унифицированных моделей для исследования объекта.

**Практическая ценность** результатов исследований состоит в применении полученных результатов диссертации в виде моделей, методов и информационного обеспечения для исследования функционирования сложных объектов разного назначения в неопределенных средах.

**Реализация результатов работы.** Практические и теоретические результаты работы внедрены:

- на предприятии ООО «НИЛ АП» и ООО «Техно КВМ» принят к использованию программный комплекс, реализованный на основе метода определения степени сложности объекта, и метода прогноза изменения состояний сложного объекта;

- в учебном процессе на кафедре систем автоматического управления Института радиотехнических систем и управления ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

**Апробация работы и публикации.** Основные положения диссертации и отдельные ее результаты докладывались и получили положительные отзывы на следующих конференциях:

- International Conference of Innovative technologies and didactics in teaching (ITDT-2016) // España. La Laguna, 2016.

- International conference «Innovative technologies and didactics in teaching (ITDT-2017)» // Germany. From 2 till 3 May. - Berlin, 2017.

- International conference «Innovative technologies and didactics in teaching (ITDT-2017)» // Germany. From 2 till 3 May. - Berlin, 2017.

- III Всероссийской научной конференции молодых учёных, аспирантов и студентов. Сборник трудов. – Ч. 2. – Геленджик: Изд-во ЮФУ, 2014.

- Международная научно-практическая конференция «Роль технических наук в развитии общества», Уфа: Аэтерна, 2015.

- III Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития современной науки: социально-экономические, естественно-научные исследования и технический прогресс», Часть 2. – Ростов-на-Дону: ООО «ПРИОРИТЕТ», 2015.

- Международная научно-практическая конференция «Роль наук в развитии общества», Часть 1. – Уфа: Аэтерна, 2015.

- VIII Международной научно-практической конференции, Том I – Невинномысск, 2015.

- Молодежь и наука: реальность и будущее. Материалы IX Международной научно-практической конференции. Невинномысск, 2016 г.

По теме диссертации опубликованы 22 статьи, среди которых 5 включены в список журналов, индексируемых базой данных SCOPUS, 3 включены в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 5 в других изданиях и 9 тезисов докладов.

**Структура диссертационной работы.** Диссертационная работа содержит 194 страницы машинописного текста, включая введение, четыре раздела, заключение, список литературы из 203 наименований, 56 рисунков, 23 таблиц, а также приложение.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи, описаны применяемые методы исследования, научная новизна, практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту, достоверность и обоснованность научных положений диссертации, апробация работы.

**В первом разделе** разработан алгоритм формализации данных для задач моделирования объектов, рассмотрена измеримость неопределенности и информации. В рамках разработанного алгоритма предложен подход к

измерению степени неопределенности данных, выполнен анализ известных определений сложности наблюдаемого объекта, введена информационная мера для оценки (измерения) степени сложности объекта, представленного в виде системы данных.

Произведена формализация информационного понятия «сложный объект». Формализация параметров, определяющих понимание сложности объекта, выполнена с применением лингвистических переменных. Разработан алгоритм определения степени сложности объекта, представленного в виде системы данных, на основе знаний экспертов, который на основе измерений значений параметров объекта позволяет делать вывод о степени сложности с применением моделей нечеткого логического вывода.

Во втором разделе диссертации рассмотрены закономерности наблюдаемого объекта, степень проявления которых влияет на сложность его поведения. Приведены модели для описания стохастических параметров и модели в виде лингвистических и нечетких переменных. Рассмотрены особенности моделирования фондового рынка, как примера сложного объекта.

Разработана блок-схема алгоритма унифицированной модели сложного объекта (рис. 1) и приведено описание подпрограмм модели.

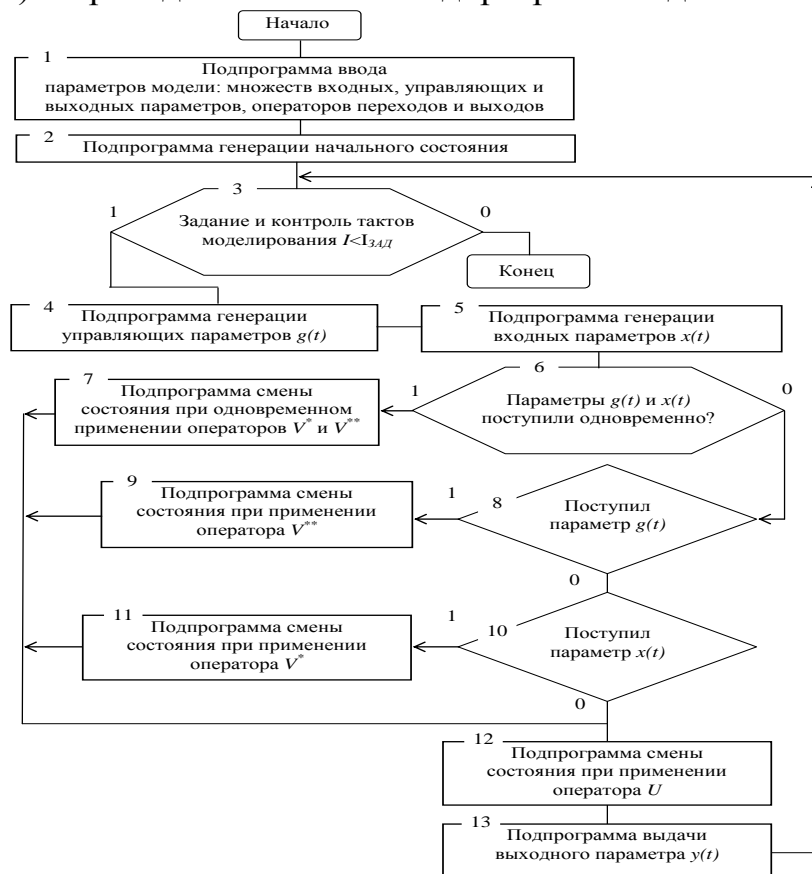


Рис. 1. Блок-схема алгоритма унифицированной модели сложного объекта

Предложено связать степень сложности объекта с моделями, которые следует применять на разных интервалах времени при проявлении разной степени сложности объекта. Разработан алгоритм формирования оператора выбора модели, а для оценки сложности объекта, представленного в виде системы данных, применена модель классификации.

Для апробации алгоритма определения степени сложности рассмотрен пример оценки сложности объекта - фондового рынка. Экспертами определяются ЛП и их НП:  $p_1$  – проявление нестационарности;  $p_2$  – проявление последействия;  $p_3$  – проявление случайности;  $p_4$  – взаимоотношения со средой;  $p_5$  – наличие информационных ресурсов. Экспертами задается множество  $S$  оценок фондового рынка, как сложного объекта и однозначное соответствие между элементами множества  $S$  и элементами множества моделирования  $g$  для исследования рынка ценных бумаг, как показано в табл. 1.

Для принятия решения относительно степени сложности объекта экспертами составляется таблица соответствия «ситуация - решение», пример задания которой показан в табл. 2.

Таблица 1

Соответствие «диапазон оценок сложности объекта - множество моделей»

№ варианта решения	Диапазон оценок сложности объекта	Виды математических моделей (g)
1	0 – 0,2	Модели в виде аналитической функции
2	0,2 – 0,4	Модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений
3	0,4 – 0,5	Модели в виде нелинейных дифференциальных уравнений
4	0,5 - 0,8	Стохастические модели
5	0,8 – 1,0	Модели принятия решений

Таблица 2

Таблица соответствие ситуация-решения

№ правила	Проявление нестационарности	Проявление последействия	Проявление случайности	Сложность взаимоотношений со средой	Наличие информационных ресурсов	Оценка сложности Фондового рынка
1	небольшая	Небольшая	Низкая	Низкая	Мало	недостаточно
2	небольшая	Небольшая	Низкая	Низкая	достаточно	недостаточно
	...	...	...	...	...	...
241	Большая	Большая	Высокая	Высокая	достаточно	очень сложная
243	Большая	Большая	Высокая	Высокая	много	очень сложная

Информационное обеспечение определяет степень сложности фондового рынка и выдает рекомендации относительно модели для моделирования поведения фондового рынка (см. рис. 2.).

Введите параметры оценки сложности фондового рынка, как сложного объекта

Проявление нестационарности  %

Проявление случайности  %

Проявление последействия  %

Сложность взаимоотношений со средой  %

Наличие информационных ресурсов  %

Оценка сложности объекта 0.895

Сверх сложный объект - применить модели принятия решений

Рис. 2. Оценки сложности фондового рынка



Разработан унифицированный алгоритм модели с решающими правилами и алгоритмы нечеткого логического вывода для модели классификации и модели вычисления степени истинности нечеткого логического вывода. Рассмотрены варианты применения нечеткого логического вывода.

**В третьем разделе диссертации** осуществлена разработка метода прогноза изменения состояний объекта, представленного в виде системы данных. Произведен анализ существующих методов прогнозирования и обоснована необходимость применения прогноза при исследовании поведения объекта. Сделан вывод о необходимости разработки комбинированных методов прогнозирования для повышения точности прогноза.

Структура метода состоит из следующих этапов его применения.

Этап 1. На основе анализа системы данных о функционировании объекта выполняется оценка сложности объекта.

Этап 2. Выполняется прогноз «резких изменений» в состоянии сложных объектов на основе применения экспертного логического вывода относительно времени и силы эволюционных изменений в развитии сложного объекта с учетом выбранных критериев измерения точности прогноза.

Этап 3. Из оценки степени неопределенности имеющихся данных выбирается метод прогнозирования: либо формализованные, либо интуитивные методы прогноза.

Этап 4. Выполняется верификация результатов прогноза.

Этап 5. Выполняется прогноз времени наступлений изменений состояний объекта, что позволяет принимать адекватные управляющие решения относительно дальнейшего функционирования объекта.

Прогноз измерений состояний объекта выполняется на основе анализа статистических данных за выбранный период его функционирования. Имеющаяся выборка статистических данных на вербальном уровне определена ЛП  $l_1$  – идентифицируемость данных,  $l_2$  – стационарность данных,  $l_3$  – последствие в данных,  $l_4$  – эргодичность в последовательности данных.

Для каждой ЛП выполнено задание НП, базовых множеств и функций принадлежности. Оценка и измерение степени неопределенности выполняем для двух значений - небольшая степень неопределенности и большая степень неопределенности. Исследована выборка статистических данных фондового рынка за период 16.01.2013 по 01.12.2013 и выполнено экспертное измерение степени неопределенности. Получено значение 0,32, т.е. степень неопределенности небольшая. В этом случае для прогноза применены методы корреляционного анализа.

Рассмотрено применение интуитивных методов для прогноза, применение модели нечеткого логического вывода на основе обработки знаний экспертов. Для исследования прогноза разработано информационное обеспечение (ИО). Вводимые функции принадлежности показаны на рис. 3.

Для проведения исследований применена база данных, содержащая цены обмена доллара США (USD) к рублю (RUB) согласно данным от 02.06.2014 до 09.12.2014. Также был выполнен расчет технических индикаторов. В результате

работы ИО формирует советующее решение о возможности покупки или продажи ценных бумаг на рынке. На рис. 4 показан вывод решения.

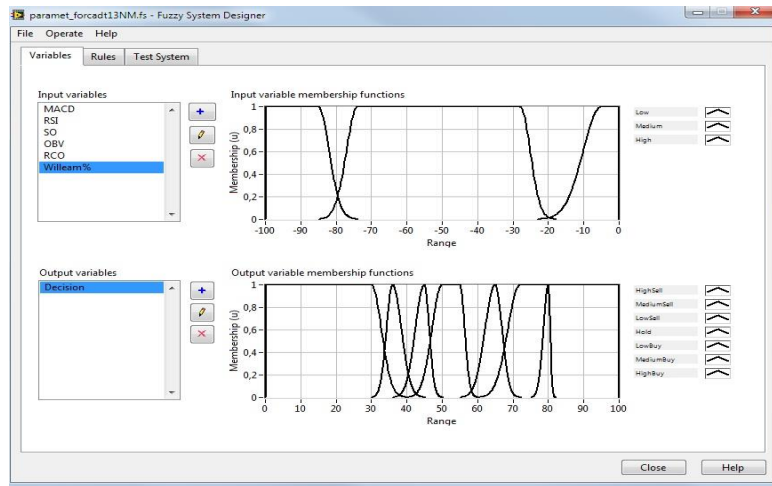


Рис. 3. Функции принадлежности для задачи прогноза

Data	MACD	RSI	SO	OBV	ROC	Willem%	NO	Decision making
08.26.2014	0,271	59,56796	38,21478	-15202	0,066539	-61,785	36	Medium buy
08.27.2014	0,259	60,23997	42,53835	12807	0,657601	-57,461	37	buy a lot
08.28.2014	0,293	70,21470	83,64839	20852	1,529695	-16,351	38	buy a lot
08.29.2014	0,339	73,82388	87,0944	22151	2,783488	-12,905	39	Medium buy
09.01.2014	0,392	76,43183	85,33969	10521	3,541151	-14,660	40	buy a lot
09.02.2014	0,442	77,95822	94,99404	16725	3,777981	-5,0059	41	buy a few
09.03.2014	0,423	60,56569	53,26696	-16838	2,012715	-46,733	42	buy a lot
09.04.2014	0,418	63,06681	64,14013	17357	2,21681	-35,859	43	buy a lot
09.05.2014	0,406	62,25258	61,67626	-17966	1,745485	-38,323	44	buy a lot
09.08.2014	0,4	63,52058	67,43442	10952	2,878758	-32,565	45	Medium buy
09.09.2014	0,392	63,86913	68,96993	16848	2,657125	-31,030	46	buy a lot
09.10.2014	0,402	67,35422	84,90083	17963	3,196056	-15,099	47	buy a lot
09.11.2014	0,422	70,13279	92,86578	17235	3,853933	-7,1342	48	buy a lot
09.12.2014	0,452	72,77382	88,335	17748	4,418115	-11,665	49	buy a lot
09.15.2014	0,516	77,872	95,114	10969	4,324	-4,886	50	Medium buy
09.16.2014	0,558	77,244	79,841	-18488	3,427	-20,158	51	buy a few
09.17.2014	0,595	78,238	80,998	15699	3,055	-19,002	52	Medium buy
09.18.2014	0,616	78,147	79,678	-17672	2,6	-20,323	53	Medium buy
09.19.2014	0,624	77,338	78,525	-17476	4,395	-21,474	54	sell a lot
09.22.2014	0,645	79,795	91,106	10350	4,603	-8,894	55	buy a lot
09.23.2014	0,645	76,117	85,852	-12946	4,399	-14,147	56	sell a lot
09.24.2014	0,607	65,104	68,054	-14263	3,104	-31,946	57	buy a lot
09.25.2014	0,596	69,061	80,994	16004	3,89	-19,007	58	Medium buy
09.26.2014	0,627	74,868	94,526	16907	4,801	-5,474	59	buy a lot
09.29.2014	0,675	77,695	94,115	12895	5,1782	-5,885	60	Medium buy
09.30.2014	0,714	78,488	92,483	16980	4,822	-7,516	61	Medium buy

Рис. 4. Вывод советующего решения о покупке и продаже ценных бумаг

Выполнена верификация результатов прогноза методом имитационного моделирования. Результаты моделирования показали, что ошибка прогноза находится в пределах 17%. Можно сделать вывод, что модель прогноза достаточно адекватна, а точность прогноза достаточно высока для принятия адекватных решений.

**В четвертом разделе** определены требования к разработке ИО для исследования функционирования объектов в неопределенных, динамических средах. Определена модульная реализации ИО. В модульную структуру ИО последовательно входят модули, позволяющие унифицировать процесс оценки сложности объекта, моделирования и прогноза его состояний и принятия решений относительно дальнейшей эволюции объекта. Общий алгоритм работы ИО показан на рис. 5. Приведен алгоритм работы модуля принятия решений, состоящий из совокупности подпрограмм, показанный на рис. 6.

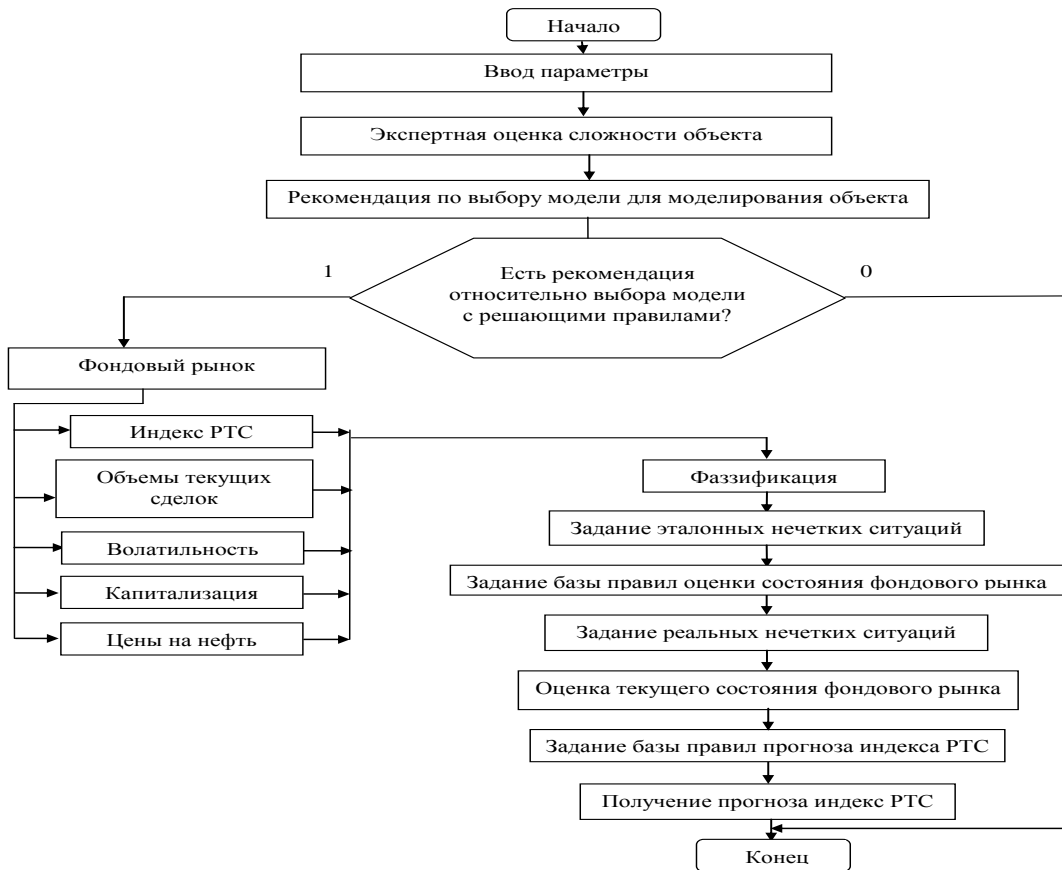


Рис. 5. Алгоритм прогноза индекса РТС

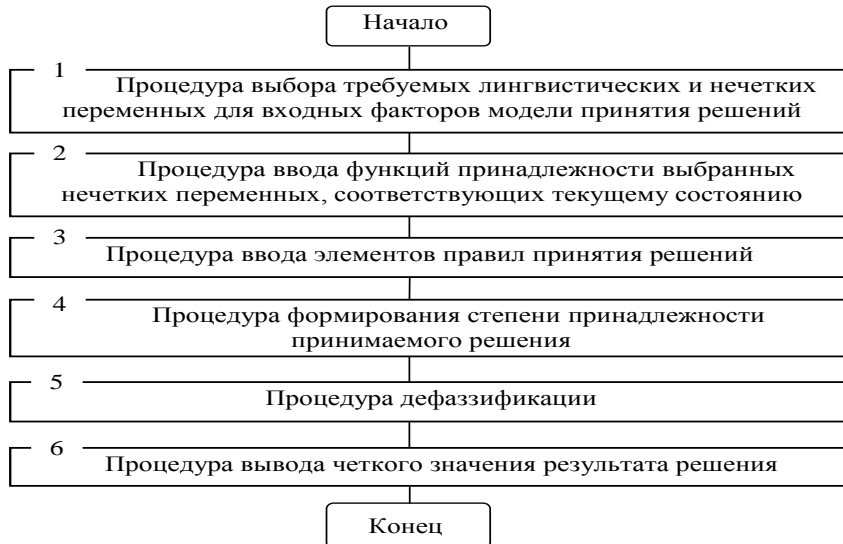


Рис. 6. Алгоритм модуля принятия решений

Для выборки статистических данных определена степень проявления неопределенности на основе экспертного логического вывода. Получено значение 0,71, т.е. степень неопределенности большая. Следовательно, правомочно применение моделей с решающими правилами.

Приведено описание работы модели принятия решений на примере исследования функционирования такого сложного объекта, как фондовый рынок. Показана работа ситуационной модели оценки состояния фондового

рынка и модели вычисления степени истинности нечетких правил вывода. Для данных моделей разработано ИО оценки состояний фондового рынка и принятия решений.

На рис. 7 показаны результаты определения экспертами и ввода в ИО лингвистических, нечетких переменных и их функций принадлежности для оценки текущего состояния фондового рынка Российской Федерации. Эксперты вводят число нечётких эталонных ситуаций, параметры для каждой нечёткой эталонной ситуации и принимаемые решения при каждой эталонной нечёткой ситуации.

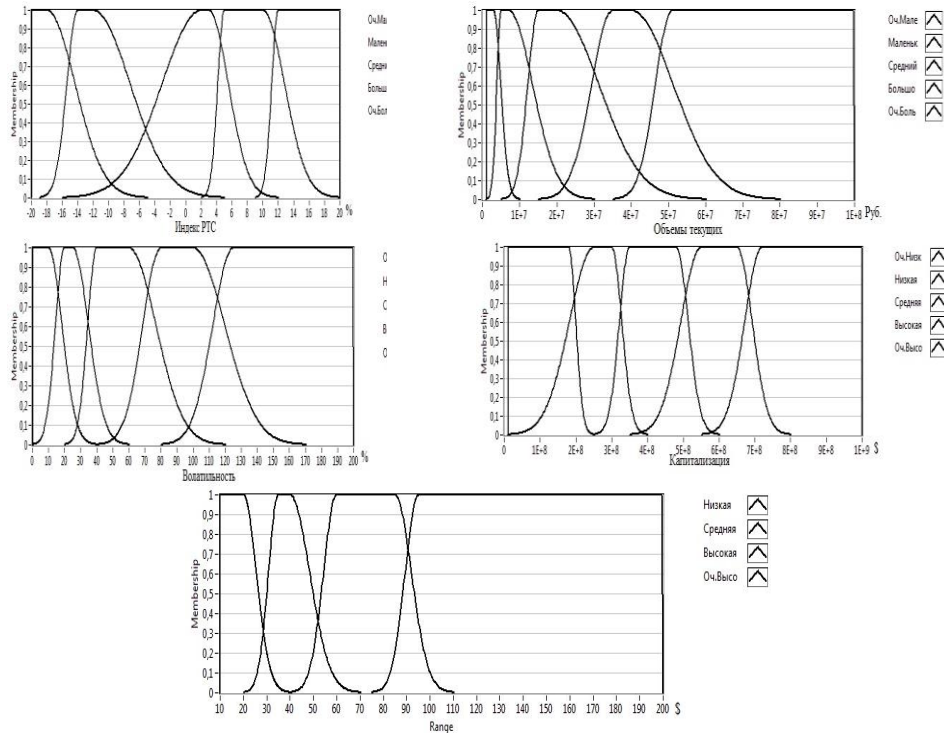


Рис. 7. Функции принадлежности ЛП

В рассматриваемом примере вводятся пользователями пять эталонных нечётких ситуаций. Вводятся параметры реальной нечёткой ситуации (см. рис. 8.). На рис. 9 показаны результаты значений функций принадлежности реальной нечеткой ситуации.

Sina3

Введите параметры реальной нечеткой ситуации

Индекс РТС  %

Объем сделок  %

Волатильность

Капитализация  %

Цена на нефть  %

Рис. 8. Конкретные значения параметров реальной ситуации

Sina4

Параметры реальной нечеткой ситуации

Индекс РТС	объем сделок	Волатильность
очень маленький 0	очень маленький 0	очень низкая 0.85
маленький 0	маленький 0	низкая 0.95
средний 0	средний 0	средняя 0
большой 0.91	большой 0.75	высокая 0
очень большой 1	очень большой 0.94	очень высокая 0

капитализация	цена на нефть
очень низкая 0	низкая 0
низкая 0	средняя 0
средняя 0	высокая 0
высокая 0	очень высокая 1
очень высокая 1	

Рис. 9. Значения функций принадлежности реальной ситуации

Информационное обеспечение определяет степени нечеткого равенства реальной нечеткой ситуации и каждой из эталонных нечетких ситуаций и формирует текущее состояние фондового рынка, затем по правилам, которые показаны в табл. 3, прогнозирует индекс РТС, как показано на рис. 10. В качестве проверки прогноза изменения индекса РТС взяты данные фондового рынка за период с 05.2014 по 04.2016. Результаты прогнозирования приведены в табл. 4, где: ОБ - очень большой; Б - большой; С - средний; ОН - очень низкий; Н - низкий; В - высокий; ОВ - очень высокий рост.

Достоверность прогноза по результатам выполненного моделирования составила примерно 90% верных результатов. Таким образом, предложенная модель и ИО позволяют прогнозировать индекс РТС фондового рынка в условии неполноты исходных данных.

Таблица 3

Экспертные правила для прогноза роста индекса РТС

Rules	Индекс РТС	Объём Сделок	Волатильность	Капитализация	Цена на нефть	Текущее состояние	Прогноз индекса РТС
1	ОБ	ОБ	ОН	ОВ	ОВ	устойчивое	сильный рост
2	ОБ	ОБ	ОН	ОВ	В	устойчивое	сильный рост
....	....	....	....	....	....	....	....
22	ОБ	ОБ	Н	ОВ	ОВ	устойчивое	Рост
....	....	....	....	....	....	....	....
117	Б	С	Н	В	В	Рост	слабый рост
118	Б	С	Н	В	С	Рост	неопределенность

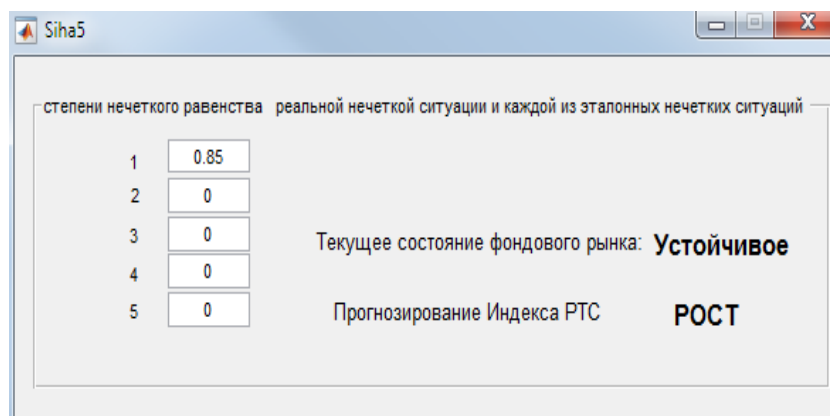


Рис. 10. Вывод текущего состояния и прогноза индекса РТС фондового рынка

Выполнено сравнение результатов диссертационной работы с классами моделей (см. таб. 5 – 7), реализованных на основе аналитических моделей, стохастических моделей, нейронных обучаемых сетей и на основе нечеткой нейронной сети.

При сравнении были применены такие критерии, как точность и достоверность получаемых при моделировании результатов – критерий  $V_1$ , время настройки модели – критерий  $V_2$ , время работы с моделью – критерий  $V_3$ , затраты ресурсов ЭВМ - критерий  $V_4$ , стоимость разработки и работы с моделью - критерий  $V_5$ .

Экспертное сравнение результатов диссертационной работы с аналогами

позволили сделать заключение о лучших характеристиках ИО на основе методов и моделей, разработанных в диссертации.

**Заключение** содержит полученные в работе результаты.

Таблица 4

## Результаты исследования

Дата	Индекс РТС %	Объём сделок (млн. \$)	Волатильность	Капитализация (млрд. \$)	Цена на нефть	Прогноз индекса РТС
5.2014	12,12	39681	25,45	728,82	109,41	Рост
6.2014	5,43	39985	30,9	758,82	112,36	Сильный рост
7.2014	-10,74	26221	36,39	707,71	106,2	Падение
8.2014	-2,39	23570	35,24	686,11	103,19	Падение
9.2014	-5,59	28214	33,26	656,76	94,67	Падение
10.2014	-2,87	25270	31,94	575,61	85,86	Падение
11.2014	-10,74	21215	40,21	556,52	70,15	Падение
12.2014	-18,84	26800	60,4	439,29	57,33	Падение
2.2015	21,60	26240	46,44	476,69	62,58	Рост
3.2015	-1,81	33700	40,78	465,12	55,11	Неопределенность
4.2015	16,91	30216	32,4	532,41	66,78	Неопределенность
5.2015	-5,88	29200	35,42	564,71	65,56	Падение
6.2015	-2,98	31200	33,83	518,18	63,59	Падение
7.2015	-8,63	28056	30,53	510,71	52,21	Падение
8.2015	-2,94	29200	37,68	455,38	54,15	Падение
9.2015	-5,26	31250	37,07	439,09	48,37	Неопределенность
10.2015	7,07	34200	34,24	473,02	49,56	Слабый рост
11.2015	0,18	31200	38,53	465,25	44,61	Неопределенность
12.2015	-10,63	27170	34,23	418,58	37,28	Падение
2.2016	3,15	36180	43,63	393,51	35,97	Рост
3.2016	13,97	32200	34,02	461,72	39,60	Сильный рост

Таблица 5

## Оценка информационного обеспечения для решения задач оценки состояний объекта

Информационное обеспечение	Экспертные оценки критериев качества				Приведенная оценка
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
ИО диссертации	0,9	0,8	0,9	0,8	0,85
ИО на основе аналитических моделей	0,7	0,6	0,9	0,5	0,675
ИО на основе стохастических моделей	0,6	0,7	0,9	0,5	0,675
ИО на основе нейронных обучаемых сетей	0,8	0,7	0,9	0,6	0,75
ИО на основе нечеткой нейронной сети	0,85	0,75	0,9	0,6	0,775

Таблица 6

## Оценка информационного обеспечения для решения задач прогнозирования

Информационное обеспечение	Экспертные оценки критериев качества				Приведенная оценка
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
ИО диссертации	0,8	0,8	0,9	0,8	0,825
ИО на основе аналитических моделей	0,5	0,4	0,9	0,5	0,575
ИО на основе стохастических моделей	0,6	0,6	0,9	0,6	0,675
ИО на основе нейронных обучаемых сетей	0,5	0,7	0,9	0,6	0,675
ИО на основе нечеткой нейронной сети	0,7	0,6	0,9	0,7	0,725

Оценка результатов моделирования с применением разного вида информационного обеспечения

Информационное обеспечение						Приведенная оценка
	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	
ИО диссертации	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	0,82
ИО на основе аналитических моделей	0,6	0,6	0,85	0,75	0,7	0,70
ИО на основе стохастических моделей	0,6	0,7	0,75	0,7	0,7	0,69
ИО на основе нейронных обучаемых сетей	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,68
ИО на основе нечеткой нейронной сети	0,75	0,8	0,8	0,65	0,6	0,72

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Алгоритм определения сложности объекта, отличающийся выводом степени сложности объекта на основе результатов его функционирования и состояний, как показано на рис 11.

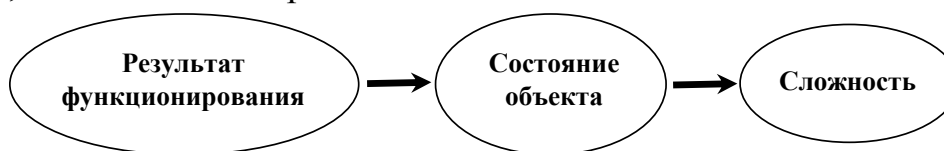


Рис. 11. Концепция определения сложности объекта

2. На основе алгоритма определения сложности объекта предложено новое представление данных с применением экспертных знаний, лингвистических и нечетких переменных и введена мера для оценки (измерения) степени сложности объекта.

3. Предложено при моделировании объекта применять унифицированный алгоритм, в составе которой может быть применено множество моделей, а выбор модели из множества для применения определяется оператором переходов объекта, в зависимости от момента подачи и содержания оператора. Исходя из степени сложности объекта, на разных интервалах времени применяются те модели, которые дают адекватные результаты при моделировании.

4. Алгоритм применения методов прогнозирования эволюции объектов, отличающийся получением прогноза «резких изменений» в состоянии объектов с результатом около 80%, возможностью применения формализованных и интуитивных методов прогноза, расчета и исследования точности прогнозирования до 90%, и применения экспертного логического вывода относительно времени и силы эволюционных изменений в развитии объекта.

5. Апробация модели выполнена для прогнозирования рынка ценных бумаг. Выполнена верификация результатов прогноза методом имитационного моделирования, показавшим точность около 80%. Сформулированы основные требования к информационному обеспечению и разработана модульная структура информационного обеспечения.

6. Разработан вариант реализации интерфейсов моделей на основе программного приложения MatLab, алгоритм работы модуля для прогноза и анализа моделей информационных процессов и определены особенности его реализации.

7. Выполнено сравнение результатов диссертационной работы с классами моделей, реализованных на основе аналитических моделей, стохастических моделей, нейронных обучаемых сетей и на основе нечеткой нейронной сети. Применение методов и моделей, разработанных в диссертации, дает лучшие результаты по критерию интегральной оценки в среднем на 25%.

### **Соответствие паспорту специальности**

Материалы диссертации соответствуют:

- п. 5 паспорта специальности 05.13.17 (разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечениях разработка и исследование методов и алгоритмов анализа текста, устной речи и изображений.), так как предложено экспертное определение степени неопределенности данных и степени сложности объекта, модели и алгоритмы анализа данных на основе знаний экспертов, выполнена разработка информационного обеспечения для формализации экспертной информации относительно неопределенности данных и свойств объектов, позволяющая оценивать степень сложности объекта на интервале оценок от нуля до единицы;

- п. 12 паспорта специальности (разработка математических, логических, семиотических и лингвистических моделей и методов взаимодействия информационных процессов, в том числе на базе специализированных вычислительных систем), так как разработаны модели нечёткого логического вывода для решения задач оценивания сложности объекта, оценки и прогноза динамики изменения статистических данных функционирующих объектов, а также осуществлена апробация моделей на примерах фондового рынка.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Статьи, опубликованные в изданиях, включенных в списке журналов, индексируемых базой данных Scopus**

1. **Almasani, S.A.M.** The Decision-making Model regarding the complexity of System / S.A.M. Almasani, V.I. Finaev, W.A.A. Qaid and A.V. Tychinsky // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2017. Vol. 95, No.13, pp. 3096 – 3104.

2. **Almasani, S.A.M.** The Decision-making Model for the Stock Market Under Uncertainty/ S.A.M. Almasani, V.I. Finaev, W.A.A. Qaid and A.V. Tychinsky // International Journal of Electrical and Computer Engineering, 2017. Vol.7, No.5: pp. 2782 – 2790.

3. **Almasani, S.A.M.** Assessing the current state of the stock market under uncertainty / S.A.M. Almasani, V.I. Finaev, W.A.A. Qaid and A.V. Tychinsky //



Journal of Theoretical and Applied Information Technology // 2016. Vol. 89, No 1, pp. 164 – 171.

4. **Almasani, S.A.M.** Research on the effectiveness of prediction models in the securities market / S.A.M. Almasani, V.I. Finaev and W.A.A. Qaid // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2015. VOL. 10, NO 22: pp. 10651 – 10658.

5. Kobersi, I.S. Control of the Heating System with Fuzzy Logic / I.S. Kobersi, V.I. Finaev, **S.A. Almasani** and W.A.A. Kaid // World Applied Sciences Journal, 2013. Vol.23 (11): pp. 1441 – 1447.

**Статьи, опубликованные в изданиях, включенных в перечень ВАК**

6. **Алмасани, С.А.М.** Метод прогноза изменения состояний сложной системы / С.А.М. Алмасани, И.В. Пушнина, В.И. Финаев // Журнал Информация и связь, № 4, 2017, С. 37 – 44.

7. **Алмасани, С.А.М.** Исследование моделей прогноза рынка ценных бумаг / С.А.М. Алмасани // Журнал Информация и связь, № 3, 2016, С. 125 – 128.

8. Коберси, И.С. Сравнение нечеткого и ПИД-регулятора в задачах контроля уровня нефти / И.С. Коберси, **С.А. Алмасани**, В.В. Игнатьев. // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2013, №2. - С. 253 – 260.

**Публикации в других изданиях**

9. **Almasani, S.A.M.** Information support for decision making under uncertainty in the securities market / S.A.M. Almasani, V.I. Finaev // International Conference «Innovative technologies and didactics in teaching (ITDT-2016)», Spain. From 2 till 3 May. - La Laguna, 2016/ pp. 153 – 161.

10. Finaev, V.I. System complexity determination / V.I. Finaev, A.A. Pushnina, **S.A.M. Almasani** // International conference «Innovative technologies and didactics in teaching (ITDT-2017)», Germany. From 2 till 3 May. - Berlin, 2017. PP. 94 – 103.

11 Finaev, V.I. Aggregation in complex system simulation / V.I. Finaev, A.A. Pushnina, **S.A.M. Almasani** // International conference «Innovative technologies and didactics in teaching (ITDT-2017)», Germany. From 2 till 3 May. - Berlin, 2017. PP. 148 – 156.

12. **Almasani, S.A.M.** Fuzzy Expert Systems to Control the Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC) Systems / S.A.M. Almasani, W.A.A. Qaid, A.Khalid and I.A.A. Alqubati // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2015. Vol. 4 Issue 08: pp.808 – 815.

13. **Almasani, S.A.M.** Filtering Spam Using Fuzzy Expert System / S.A.M. Almasani, W.A.A. Qaid, A.Khalid and I.A.A. Alqubati // Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, 2015. Vol. 6, No. 12: pp. 655 – 660.

14. **Алмасани, С.А.М.** Аналитический обзор моделей прогнозирования рынка ценных бумаг / С.А.М. Алмасани // Материалы III Всероссийской научной конференции молодых учёных, аспирантов и студентов. – Геленджик, Часть 2. – Геленджик: Изд-во ЮФУ, 2014. – С. 217 – 219.

15. **Алмасани, С.А.М.** Анализ методов прогноза рынка ценных бумаг. С.А.М. Алмасани // Международная научно-практическая конференция «роль технических наук в развитии общества», Уфа: Аэтерна, 2015. - С. 3 – 4.

16. **Алмасани, С.А.М.** Метод анализа индикаторов рынка ценных бумаг / С.А.М. Алмасани // Национальная ассоциация ученых (НАУ) Ежемесячный научный журнал № 1 (6) / Екатеринбург, 2015. – С. 106 – 107.

17. **Алмасани, С.А.М.** Модели прогноза рынка ценных бумаг с применением нечеткой логики / С.А.М. Алмасани // III Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития современной науки: социально-экономические, естественно-научные исследования и технический прогресс», Часть 2. – Ростов-на-Дону: ООО «ПРИОРИТЕТ», 2015. – С. 27 – 29.

18. **Алмасани, С.А.М.** Системное определение рынка ценных бумаг / С.А.М. Алмасани // Международная научно-практическая конференция «Роль наук в развитии общества», Часть 1. – Уфа: Аэтерна, 2015. – С. 3 – 4.

19. **Финаев, В.И.** Прогноз состояния фондового рынка. Наука и образование на рубеже тысячелетий/ В.И. Финаев, **С.А.М. Алмасани** //Сборник научно-исследовательских работ. - Вып. 1. – Кисловодск, 2015. – С. 76 – 80.

20. **Финаев, В.И.** Модель прогноза состояния фондового рынка на основе нейронной сети / В.И. Финаев, **С.А.М. Алмасани** // Молодежь и наука: реальность и будущее: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Том I – Невинномысск, 2015. – С. 226 – 230.

21. **Алмасани, С.А.М.** Принятие решений на рынке ценных бумаг на основе экспертных знаний / С.А.М. Алмасани // Наука и образование на рубеже тысячелетий: сборник научно-исследовательских трудов. Вып. 1. – Кисловодск, 2016. – С. 200 – 207.

22. **Алмасани, С.А.М.** Информационное обеспечение и его применение для исследования состояния фондового рынка / С.А.М. Алмасани // Молодежь и наука: реальность и будущее. Материалы IX Международной научно-практической конференции. Том 2. 2016. – С. 21 – 25.

В работах, написанных в соавторстве, личный вклад автора состоит в следующем: в [1, 10, 11] разработка методов анализа сложности и состояний объекта, разработка метода агрегированного моделирования для исследования объекта в условиях неопределенности, разработка информационного обеспечения; в [2 – 4, 7, 9, 19, 20] разработка алгоритма унифицированной модели сложной объекта, разработка метода прогноза изменения состояний сложной объекта и алгоритма применения методов прогнозирования эволюции сложных объектов, разработка информационного обеспечения; в [5, 8, 12, 13] разработка нечеткой экспертной системы, разработка информационного обеспечения.

Соискатель



Алмасани Сихам Абдулмалик Мохаммед