

**К вопросу о создании  
самообучающейся системы  
поддержки принятия решений  
в области биржевой  
торговли, основанной на  
отказоустойчивых  
подмножествах сигнальных  
признаков**

**А.Е. Янковская<sup>1,2,3</sup>, Р.В. Аметов<sup>2</sup> С.В. Китлер<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Национальный Исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет,

<sup>3</sup>Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: [ayuankov@gmail.com](mailto:ayuankov@gmail.com)



# Содержание

1. **Введение**
2. Структура предлагаемой интеллектуальной системы
3. Основы математического аппарата создания интеллектуальной системы
4. Заключение
5. Литература



# Введение (1/3)

Доля механических торговых систем (mechanical trade units–MTU) в обороте рынка ценных бумаг, фьючерсов и валют~70%

- Торговые роботы
- Автоматизированные советники
- Интеллектуальные АРМ трейдера



# Введение (2/3)

## Факторы, влияющие на рынок:

Количественные : объемы продаж, количество сделок, текущий уровень цен, биржевые индексы, значения ценовых индикаторов.

Качественные: сообщения новостных агентств, аналитические отчеты, сезонные тенденции.

## Особенности:

- Большое количество и разнородность факторов, влияющих на рынок
- Различная природа и стохастический характер данных
- Сверхбольшие объемы данных
- Недоопределенность данных



# Введение (3/3)

Задача разработки эффективных MTU существенно усложняется тем, что разработки в данной области, как правило, составляют предмет интеллектуальной собственности и их результаты не публикуются в открытой печати.

Примеры эффективных MTU:

- система прогнозирования динамики биржевых курсов для Chemical Bank, разработанная Logical Ltd.
- система прогнозирования для Лондонской фондовой биржи от SearchSpace
- система управления инвестициями для Mellion Bank, разработанная NeuralWare
- инструментальное средство FOREX-94, созданное Уралвнешторгбанком

# Содержание

1. Введение
2. **Структура предлагаемой интеллектуальной системы**
3. Основы математического аппарата создания интеллектуальной системы
4. Заключение
5. Литература



# Структура предлагаемой интеллектуальной системы (1/5)

Предлагаемая интеллектуальная система относится к классу самообучающихся систем, основанных на прецедентах (Case-based reasoning), которые в качестве единиц знаний хранят прецеденты решений (ситуаций), образующие обучающую выборку.

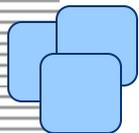
Прецеденты (обучающие объекты) описываются множеством признаков, по которым выявляются различного рода закономерности, являющиеся основой для логического вывода.

Решение принимается на основе нечеткого поиска с построением множества альтернатив, каждая из которых оценивается некоторым коэффициентом сходства с исследуемым объектом.

# Структура предлагаемой интеллектуальной системы (2/5)

Характеристические признаки:

- ❖ Значения основных финансовых параметров и биржевых индексов;
- ❖ Показатели динамики финансовых параметров;
- ❖ Статистические данные (в том числе качественные показатели анализа новостных лент);
- ❖ Сигналы выбранных биржевых индикаторов: (сигнал индикатора пересечения скользящих средних – «moving average»; сигнал индикатора «осциллятор»; сигнал индикатора RSI (relative strength index)– индекса относительной силы; сигнал индикатора «Стохастик»; сигнал индикатора MACD; сигнал индикатора направления движения ADX; сигнал динамического индикатора процентного диапазона Уильямса; сигнал индикатора «параболическая система SAR»; сигнал индекса товарного канала CCI; сигнал скорости изменения цены «ROC-price rate»; величина объемов сделок; сигнал индикатора полос Боллинджера).



# Структура предлагаемой интеллектуальной системы (3/5)

## Закономерности

**1)** подмножества признаков с определенными легко интерпретируемыми свойствами,

**2)** весовые коэффициенты признаков, характеризующие их индивидуальный вклад в различимость объектов из разных образов

**а)** влияющими на различимость объектов из разных образов,

**б)** проявляющимися на других объектах той же природы,

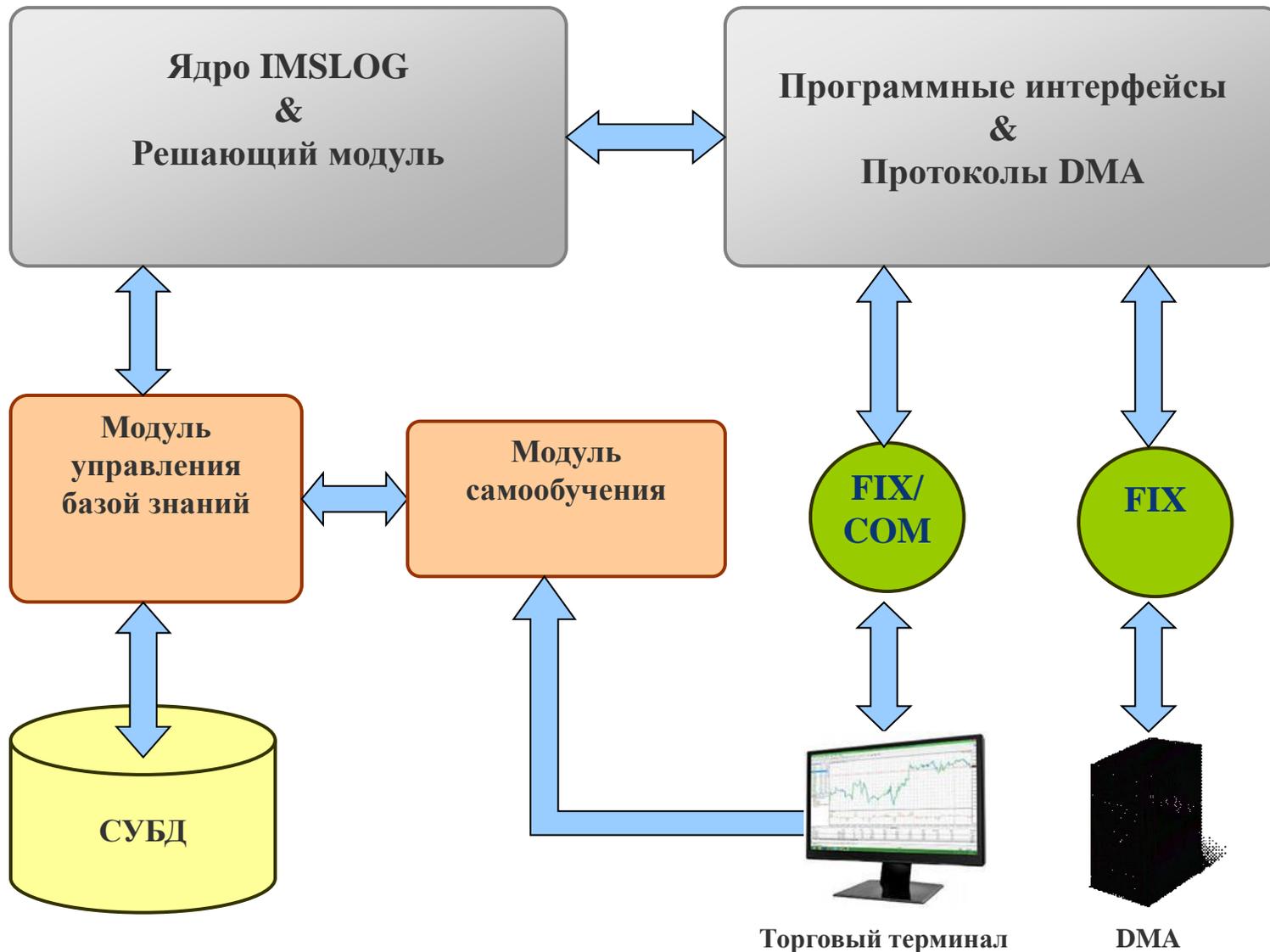
**в)** устойчиво наблюдаемыми для объектов из обучающей выборки.

# Структура предлагаемой интеллектуальной системы (4/4)

## Закономерности:

- 1) константные признаки;
- 2) устойчивые признаки;
- 3) неинформативные признаки;
- 4) *альтернативные признаки;*
- 5) *зависимые признаки (1 и 2 типа);*
- 6) обязательные признаки;
- 7) псевдообязательные признаки;
- 8) несущественные признаки;
- 9) *подмножества сигнальных признаков (1 и 2 рода);*
- 10) минимальные безусловные диагностические тесты (МБДТ);
- 11) *ББДТ, ОУСДТ и ОУББДТ;*
- 12) *смешанные диагностические тесты (СДТ);*
- 13) **весовые коэффициенты признаков.**

# Структура предлагаемой интеллектуальной системы (5/5)



# Содержание

1. Введение
2. Структура предлагаемой интеллектуальной системы
- 3. Основы математического аппарата создания интеллектуальной системы**
4. Заключение
5. Литература



# Основы математического аппарата создания ИС (1/7)

Основы самообучающейся интеллектуальной системы:

- матричный способ представления данных и знаний
- тестовые методы распознавания образов
- математический аппарат анализа данных и знаний с учётом ошибок в описаниях исследуемых (распознаваемых) объектов
- конвергенция (согласованное совместное применение) различных наук и научных направлений

# Основы математического аппарата создания ИС (2/7)

**Матрица описаний ( $Q$ )** – матрица, задающая описание обучающих объектов в пространстве характеристических признаков.

**Матрица различений ( $R$ )** – матрица, задающая разбиение объектов на классы эквивалентности по каждому механизму классификации.

**Образ** – подмножество объектов базы знаний с совпадающими значениями классификационных признаков. Каждому образу сопоставлен номер.

# Основы математического аппарата создания ИС (3/7)

Поиск подмножеств признаков, устойчивых к заданному количеству ошибок при формировании описаний исследуемых объектов сводится к построению отказоустойчивых безызбыточных безусловных диагностических тестов (ОУББДТ) и ОУСДТ.

Для нахождения ОУББДТ осуществляется построение по матрицам  $Q$  и  $R$  **безызбыточной матрицы импликаций  $U'$** , задающей условия различимости объектов, принадлежащих разным образам.

Достаточным условием устойчивости к  $t$  ошибкам значений признаков в описании исследуемого объекта является наличие в каждой строке матрицы  $U'$  не менее  $h$  ( $h=2t+1$ ) единичных значений.

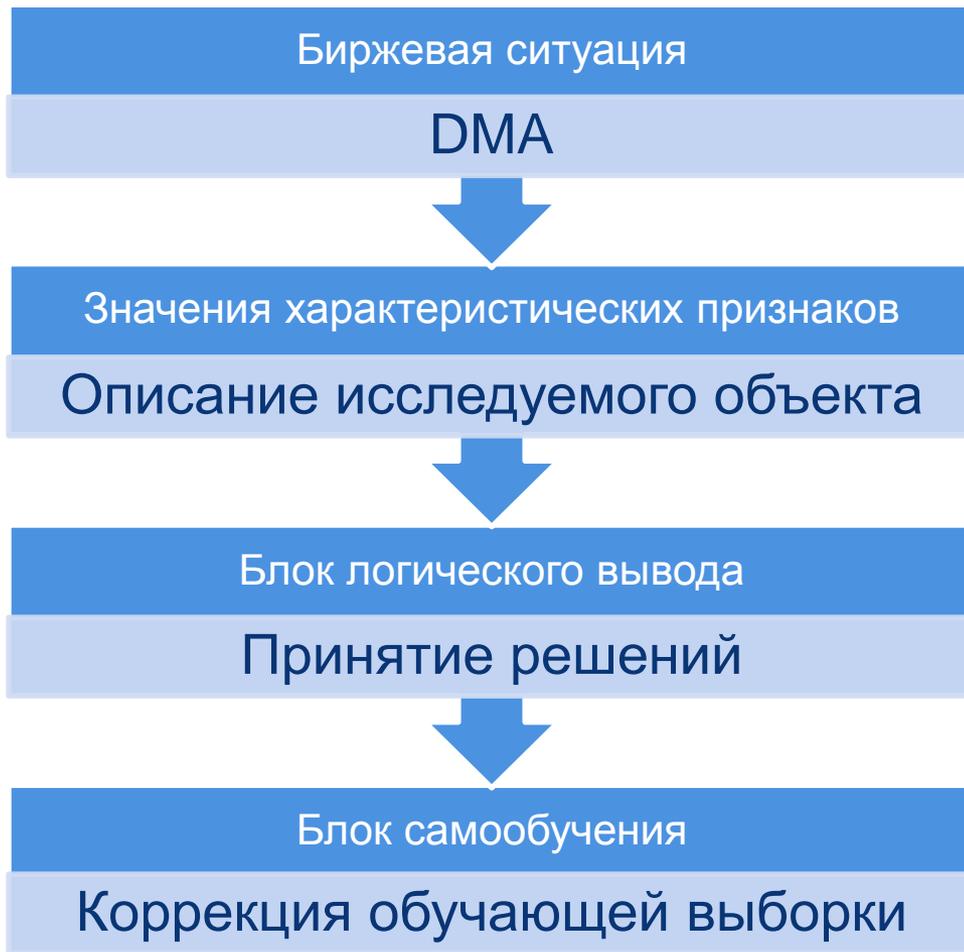
# Основы математического аппарата создания ИС (4/7)

Если вышеприведенное условие выполняется, то задача построения ОУББДТ основана на задаче нахождения безызбыточных  $h$ -кратных столбцовых покрытий матрицы  $U'$ .

Принятие решения относительно исследуемого объекта на основе ОП ОУББДТ заключается в определении того, к какому образу относит этот объект каждый тест.

Итоговое решение принимается с использованием процедуры голосования на ОП ОУББДТ.

# Основы математического аппарата создания ИС (5/7)



Характеристические признаки:

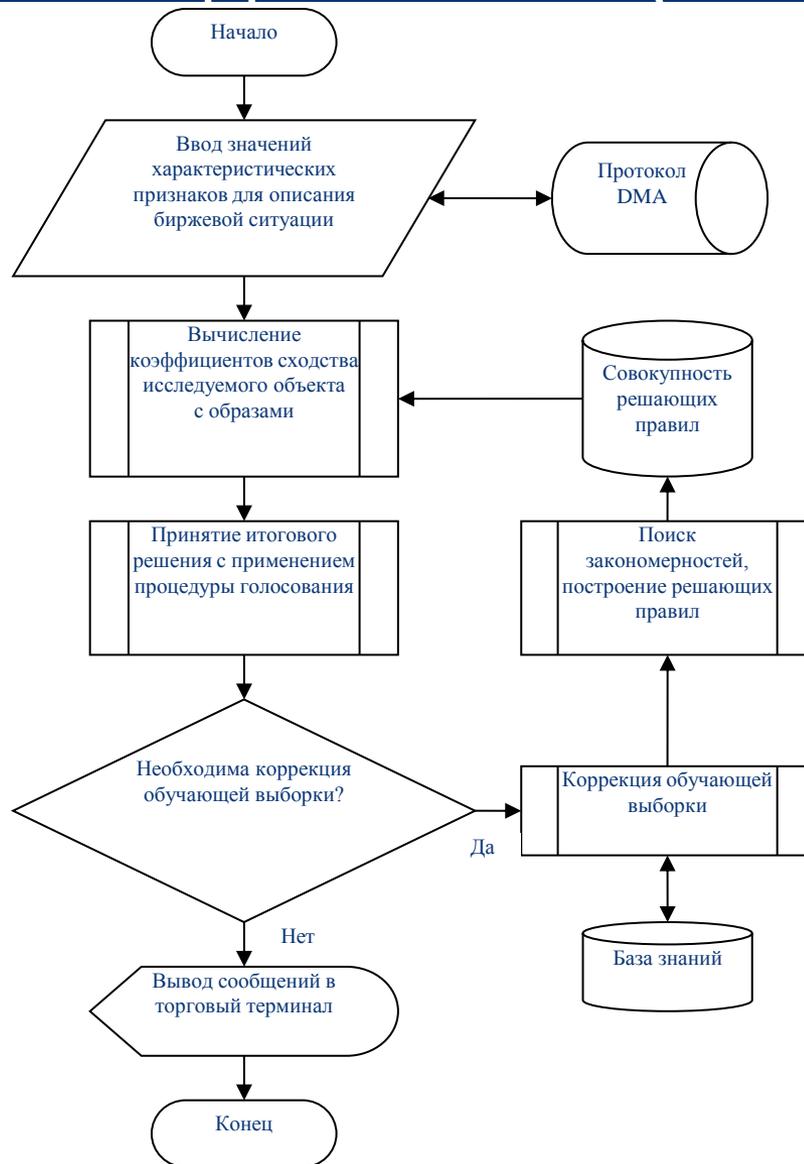
- значения основных финансовых параметров
- биржевые индексы и показатели их динамики
- статистические данные (качественные показатели анализа новостных лент)
- сигналы выбранных биржевых индикаторов

# Основы математического аппарата создания ИС (6/7)

Учет возможных ошибок формирования описания исследуемого объекта:

- алгоритмы, позволяющие учитывать ошибки измерения либо интерпретации значений финансовых показателей;
- процедура голосования на множестве решающих правил с учетом весов тестов;
- самообучение системы, заключающееся в коррекции обучающей выборки и решающих правил.

# Основы математического аппарата создания ИС (7/7)



**Блок-схема алгоритма  
самообучения  
интеллектуальной  
системы**

# Содержание

1. Введение
2. Структура предлагаемой интеллектуальной системы
3. Основы математического аппарата создания интеллектуальной системы
4. **Заключение**
5. Литература



# Заключение

Подход (анализ факторов, сравнение аналогичных систем)

Структура предлагаемой системы (блок-схема)

Математический аппарат (модель, закономерности)

Алгоритмы принятия решений и самообучения (блок-схемы)

Дальнейшее развитие (практическая реализация, апробация на реальных данных)

# Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ:

❖ проект 13-07-00373;

❖ проект 13-07-98037

и гранта РГНФ:

❖ проект № 13-06-00709.

# Содержание

1. Введение
2. Структура предлагаемой интеллектуальной системы
3. Основы математического аппарата создания интеллектуальной системы
4. Заключение
5. **Литература**



# Литература (1/3)

1. Николенко С.И., Тулупьев А.Л. Самообучающиеся системы // М., МЦНМО, 2009.
2. В. В. Рязанов, “Логические закономерности в задачах распознавания (параметрический подход)”, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2007.
3. Закревский А.Д. Логика распознавания. Изд. 2-е, доп. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 144 с.
4. Гаврилко Б.П., Загоруйко Н.Г. Универсальный алгоритм эмпирического предсказания. Вычислительные системы, 1973, вып. 55, с. 134–138.
5. Журавлев Ю.И., Дмитриев А.Н., Кренделев Ф.П. О математических принципах классификации предметов и явлений. – Дискретный анализ, 1966, вып. 7, с. 3–15.
6. Kolesnikova S.I., Yankovskaya A.E. Estimation of Significance of Features for Tests in Intelligent Systems// Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2008. – Vol. 47, No 6. – pp. 930–943.

## Литература (2/3)

7. Янковская А.Е. Принятие решений, устойчивых к ошибкам измерения значений признаков в интеллектуальных системах // Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы (ИИ-2009) // Материалы X Междунар. научно-технической конференции. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. – 2009. – С. 137–130.
8. Янковская А.Е., Принятие субоптимальных решений в интеллектуальных системах, основанных на тестовых методах распознавания образов // Двенадцатая нац. конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010: Труды конференции. Т. 3. – М.:Физматлит, 2010. – С. 170–178.
9. Shannon C., Von Neumann's contributions to automata theory // Bulletin of the American Mathematical Society, – V. 64, № 2. – 1958. – 123P.
10. Yankovskaya A.E., Gedike A.I., Ametov R.V., Bleikher A.M. IMSLOG-2002 Software Tool for Supporting Information Technologies of Test Pattern Recognition // Pattern Recognition and Image Analysis. –2003. –Vol. 13. –No.4.–pp.650–657.

# Литература (3/3)

11. Янковская А.Е. Логические тесты и средства когнитивной графики. Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2011. – 92 с.
12. Янковская А.Е., Петелин А.Е. Ускоренный многокритериальный выбор оптимального подмножества диагностических тестов / Системный анализ и информационные технологии (САИТ–2009). Труды Третьей Междунар. конф. – М., 2009 – С. 366–373. (14 – 18 сент. 2009 г., Звенигород, Россия)
13. Янковская А.Е. Анализ данных и знаний на основе конвергенции нескольких наук и научных направлений // Интеллектуализация обработки информации. Сборник докл. 8-й междунар. конф. – М.: МАКС Пресс, 2010.
14. Yankovskaya A.E., Kitler S.V. Parallel Algorithm for Constructing k-Valued Fault-Tolerant Diagnostic Tests in Intelligent Systems // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2012. –V. 22, No. 3.
15. Янковская А.Е., Аметов Р.В. Логико-комбинаторно-вероятностный подход к анализу фондового рынка // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT'10». Научное издание в 4-х томах. – Москва: Физматлит, 2010 – Т.2. – С. 344–350.

Доклад окончен

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ !**

Национальный Исследовательский Томский государственный университет;  
Томский государственный архитектурно-строительный университет;  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: [ayyankov@gmail.com](mailto:ayyankov@gmail.com), [rin@tsuab.ru](mailto:rin@tsuab.ru)