

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра Математической экономики

**Нечеткое моделирование в среде MATLAB при принятии**

---

**плохоструктурированных финансово-экономических решений**

---

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ (МАГИСТЕРСКОЙ, ДИПЛОМНОЙ)  
РАБОТЫ

студентки 6 курса 641 группы

направление 080801 - Прикладная информатика (в экономике)

механико-математического факультета

Сафиуллиной Светланы Вадимовны

Научный руководитель  
доцент

А. М. Варюхин

Зав. кафедрой  
д.ф. – м. н., профессор

С. И. Дудов

## ВВЕДЕНИЕ

**Обоснование актуальности темы.** Процесс нечеткого моделирования представляет собой последовательность взаимосвязанных этапов, каждый из которых выполняется с целью использования нечеткой модели системы для решения исходной проблемы. Аппарат теории нечетких множеств, положенный в основу разработанной в данной работе модели, позволяет найти решение этой проблемы в условиях неопределенности, а также слабой структурированности оценочных показателей, не прибегая к применению экспертных оценок. Основное преимущество использования данного аппарата заключается в возможности создания количественных оценок для лингвистических переменных, а также эффективного отображения зависимости между этими переменными в виде нечетких правил.

**Объектом и предметом исследования** являются экономические ситуации, связанные с необходимостью принятия решений в условиях большой неопределенности и риска.

**Цель и задачи исследования** состоят в изучении основных функций пакета Fuzzy Logic Toolbox программной среды MatLab, а также приобретении навыков построения системы нечеткого вывода на примере оценки кредитоспособности клиентов.

**Методология и методы исследования** базируются на аппарате теории нечетких множеств. В ходе моделирования используются следующие формализмы: четкие переменные, нечеткие последовательности и функции, вероятностные распределения с нечеткими параметрами, нечеткие знания и классификаторы.

**Практическая значимость.** Разработанные в дипломной работе информационно-программные средства реализации нечетких моделей могут служить основой для решения практических задач принятия экономических решений и быть интегрированы в соответствующие системы поддержки принятия решений (СППР).

## **1 Математические модели и информационные технологии - основа повышения качества и эффективности экономических решений**

Задача принятия решений (ЗПР) - одна из самых распространенных в любой предметной области. Ее решение сводится к выбору одной или нескольких лучших альтернатив из некоторого набора.

В общем случае ЗПР можно представить следующим образом:

$$\{T, A, K, X, F, G, D\},$$

где:

T- постановка задачи (например, выбрать лучшую альтернативу или упорядочить весь набор);

A- множество допустимых альтернативных вариантов;

K- множество критериев выбора;

X- множество методов измерения предпочтений (например, использование различных шкал);

F- отображение множества допустимых альтернатив в множество критериальных оценок (исходы);

G- система предпочтений эксперта;

D- решающее правило, отражающее систему предпочтений.

Любой из элементов этого набора может служить классификационным признаком принятия решений.

ЗПР можно классифицировать по многим основаниям. Определение типа задачи помогает понять ее специфику и выбрать наиболее подходящие методы решения.

При управлении сложными финансово-экономическими процессами лицо, принимающее решение (ЛПР) все чаще сталкивается с неопределенными плохо структурированными проблемными ситуациями. В этом случае аналитическая поддержка принятия решения, основанная на традиционных математических методах и информационных технологиях, не может обеспечить необходимый уровень качества и эффективности управления. Для эффективного решения подобных задач целесообразно использовать для

аналитической поддержки принятия решений интеллектуальные математические модели искусственного интеллекта (ИИ).

## **2 Нечеткое моделирование (Fuzzy-технологии) как средство автоматизации принятия сложных финансово-экономических решений**

Нечеткая логика рассматривается как стандартный метод моделирования и проектирования. Системы на нечетких множествах разработаны и успешно внедрены в таких областях, как медицинская диагностика, техническая диагностика, финансовый менеджмент, управление персоналом, биржевое прогнозирование, распознавание образов, разведка ископаемых, выявление мошенничества, управление компьютерными сетями, управление технологическими процессами, логистика и многих других.

Одним из самых эффективных программно-информационных инструментов нечеткого моделирования является **Fuzzy Logic Toolbox MatLab**, который полностью интегрирован со всеми возможностями MatLab и другими пакетами расширений.

Основные возможности пакета:

- Построение систем нечеткого вывода (экспертных, регуляторов, аппроксиматоров зависимостей).
- Построение адаптивных нечетких систем (гибридных нейронных сетей).
- Интерактивное динамическое моделирование в Simulink.

Пакет позволяет работать в следующих режимах:

- в режиме графического интерфейса;
- в режиме командной строки;
- с использованием блоков пакета Simulink

Для разработки и дальнейшего применения систем нечеткого вывода в интерактивном режиме могут быть использованы следующие графические средства, входящие в состав пакета Fuzzy Logic Toolbox.

- Редактор систем нечеткого вывода FIS (FIS Editor).

- Редактор функций принадлежности системы нечеткого вывода (Membership Function Editor).
- Редактор правил системы нечеткого вывода (Rule Editor).
- Программа просмотра правил системы нечеткого вывода (Rule Viewer).
- Программа просмотра поверхности системы нечеткого вывода (Surface Viewer).

Кроме этих графических средств в состав пакета Fuzzy Logic Toolbox также входят следующие специальные программы.

- Редактор адаптивных систем нейро-нечеткого вывода (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Editor).
- Программа нечеткой кластеризации методом нечетких C- средних (fuzzy C-means clustering).

### **3 Пример применения Fuzzy Logic Toolbox MatLab для решения задачи «Оценка кредитоспособности клиентов банка»**

В настоящее время, в условиях кризиса банковской системы, одной из актуальных задач является оценка кредитоспособности банковских клиентов.

Суть рассматриваемой задачи состоит в следующем. При выдаче долгосрочных кредитов на строительство зданий и коттеджей под залог недвижимости для оценки состоятельности клиентов банками традиционно используется метод экспертных оценок, который вносит в механизм оценивания определенную субъективную погрешность.

Содержательная интерпретация нечеткой модели предполагает выбор и спецификацию входных и выходных переменных системы нечеткого вывода. Предлагается использовать в нечеткой модели 5 входных переменных и 1 выходную переменную.

В качестве первой входной переменной используется оценка местоположения строящегося здания.

Вторая входная переменная представляет собой качество выполнения отделочных работ в строящемся здании.

В качестве третьей входной переменной используется оценка активов, которая используется для оценки имущества или авуаров в случае несостоятельности потенциального клиента при невозвращении им взятого кредита.

В качестве четвертой входной переменной используется оценка дохода потенциального клиента за вычетом фиксированных расходов, которая используется в случае несостоятельности клиента при невозвращении им взятого кредита.

В качестве пятой входной переменной используется величина подлежащих уплате процентов согласно предполагаемому плану выплат по взятому кредиту.

В качестве выходной переменной используется оценка кредитоспособности, которая является основой для принятия решения руководством банка по предоставлению кредита. При этом решение о предоставлении кредита руководством банка принимается только в случае высокой оценки этой выходной переменной.

Из анализа представления кредитов на строительство зданий определяется множество эвристических правил, используемых руководством банка для анализа финансовой состоятельности потенциальных клиентов. В результате формируется соответствующая эвристическая база знаний.

Построение нечеткой модели:

#### *1. Формирование четких переменных*

Будем считать, что все переменные измеряются в баллах в интервале действительных чисел от 0 до 10. Самая низкая оценка 0, а самая высокая 10.

Тогда имеем следующие четкие исходные входные переменные:

$X_1 \in [0,10]$  - местоположение строящегося здания (Location);

$X_2 \in [0,10]$  - качество отделки (Work);

$X_3 \in [0,10]$  - оценка активов клиента;

$X_4 \in [0,10]$  - оценка дохода клиента;

$X_5 \in [0,10]$  - величина выплачиваемых клиентом процентов.

Следовательно, на входе модели имеется исходный четкий вектор  $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\} \in [0,10] \times [0,10] \times [0,10] \times [0,10] \times [0,10]$ . Множество возможных значений этого вектора представляет собой 5-мерный гиперкуб с ребром =10.

На выходе модели должна формироваться четкая переменная  $Y \in [0,10]$  - кредитоспособность клиента.

## 2. Фаззификация входных выходных переменных (формирование нечетких лингвистических переменных).

В качестве терм-множества переменной  $X_1$  будем использовать множество  $T_1=(\text{НЕПРЕСТИЖНОЕ, ПРЕСТИЖНОЕ, ОЧЕНЬ ПРЕСТИЖНОЕ}) = (T_{11}, T_{12}, T_{13})$  с функциями принадлежности соответственно  $\mu_{1,1}(X_1) \in [0,1]$ ,  $\mu_{1,2}(X_1) \in [0,1]$ ,  $\mu_{1,3}(X_1) \in [0,1]$ .

В качестве терм-множества переменной  $X_2$  будем использовать множество  $T_2=(\text{ПЛОХАЯ, ХОРОШАЯ, ПРЕКРАСНАЯ}) = (T_{21}, T_{22}, T_{23})$  с функциями принадлежности соответственно  $\mu_{2,1}(X_2) \in [0,1]$ ,  $\mu_{2,2}(X_2) \in [0,1]$ ,  $\mu_{2,3}(X_2) \in [0,1]$ .

В качестве терм-множества переменной  $X_3$  будем использовать множество  $T_3=(\text{НИЗКИЕ, СРЕДНИЕ, ВЫСОКИЕ})=(T_{31}, T_{32}, T_{33})$  с функциями принадлежности соответственно  $\mu_{3,1}(X_3) \in [0,1]$ ,  $\mu_{3,2}(X_3) \in [0,1]$ ,  $\mu_{3,3}(X_3) \in [0,1]$ .

В качестве терм-множества переменной  $X_4$  будем использовать множество  $T_4=(\text{НИЗКИЙ, СРЕДНИЙ, ВЫСОКИЙ})=(T_{41}, T_{42}, T_{43})$  с функциями принадлежности соответственно  $\mu_{4,1}(X_4) \in [0,1]$ ,  $\mu_{4,2}(X_4) \in [0,1]$ ,  $\mu_{4,3}(X_4) \in [0,1]$ .

В качестве терм-множества переменной  $X_5$  будем использовать множество  $T_5=(\text{НИЗКИЕ, СРЕДНИЕ, ВЫСОКИЕ})=(T_{51}, T_{52}, T_{53})$  с функциями принадлежности соответственно  $\mu_{5,1}(X_5) \in [0,1]$ ,  $\mu_{5,2}(X_5) \in [0,1]$ ,  $\mu_{5,3}(X_5) \in [0,1]$ .

В качестве терм-множества выходной переменной  $Y$  будем использовать множество  $TY=(\text{ОЧЕНЬ НИЗКАЯ, НИЗКАЯ, СРЕДНЯЯ, ВЫСОКАЯ, ОЧЕНЬ ВЫСОКАЯ})=(TY_1, TY_2, TY_3, TY_4, TY_5)$  с функциями принадлежности соответственно  $\mu_{Y_1}(X_1) \in [0,1]$ ,  $\mu_{Y_2}(X_1) \in [0,1]$ ,  $\mu_{Y_3}(X_1) \in [0,1]$ ,  $\mu_{Y_4}(X_1) \in [0,1]$ ,  $\mu_{Y_5}(X_1) \in [0,1]$ .

### *3. Формирование базы правил системы нечеткого вывода.*

На основании эвристической базы знаний, сформированной экспертами на этапе содержательной постановки задачи (Приложение А), формируем 40 правил нечетких продукций в с операндами в виде введенных выше термов соответствующих терм-множеств.

### *4. Реализация алгоритма нечеткого вывода.*

Реализация нечеткого вывода предполагает определенную последовательность шагов:

1. Формирование работником банка для потенциального клиента четкого вектора бальных оценок  $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$
2. Фаззификация.
3. Агрегирование.
4. Активизация.
5. Аккумуляция.
6. Дефаззификация.

Разработку нечеткой модели будем осуществлять с использованием средств Fuzzy Logic Toolbox MatLab. Для этого в редакторе FIS определим 5 входных переменных  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  и одну выходную  $Y$ . Для решения поставленной задачи нечеткого моделирования воспользуемся алгоритмом Мамдани. При этом для логических операций «И» и «ИЛИ» применяем методы **max** и **min**, а импликации, агрегирования и дефаззификации соответственно методы **max**, **min** и **centroid**.

Далее, для каждой переменной, средствами редактора функций принадлежности строим терм-множества с соответствующими

лингвистическими значениями терминами и собственно функции принадлежности.

С помощью редактора правил MatLab зададим 40 правил для разрабатываемой системы нечеткого вывода. При этом для ввода всего набора термов и правил необходимо использовать прокрутку. Теперь можно осуществить анализ построенной системы нечеткого вывода для решения поставленной задачи. Для этого «поиграем» с системой. Зададим следующие значения входных переменных:

$$X_1 = 8, X_2 = 8, X_3 = 9, X_4 = 9, X_5 = 5$$

Это достаточно высокие оценки входных переменных, которые даже на интуитивном уровне свидетельствуют в пользу клиента. Разработанная система нечеткого вывода выдает в ответ на эти входные данные  $Y = 7.93$ . Это достаточно высокое значение оценки кредитоспособности клиента, которое хорошо соотносится с интуитивными соображениями.

Изменим входные данные таким образом, чтобы интуитивно было ясно, что данный клиент обладает низкой кредитоспособностью, например:

$$X_1 = 3, X_2 = 5, X_3 = 4, X_4 = 4, X_5 = 2$$

Теперь  $Y = 3.38$  и, следовательно, клиент имеет низкую финансовую состоятельность. Это может служить основанием для отрицательного решения банка. Таким образом, построенная система нечеткого вывода показывает свою работоспособность и ее решения хорошо согласуются с интуицией работников банка.

Для анализа разработанной нечеткой модели можно воспользоваться визуализацией соответствующей поверхности нечеткого вывода. Данная поверхность позволяет оценить зависимость выходной переменной  $Y$  «кредитоспособность» от значений различных пар входных переменных. Анализ этих зависимостей может служить основанием для изменения параметров модели нечеткого вывода для повышения ее адекватности при различных стратегиях банка.

Построенная нечеткая модель обладает достаточной адекватностью, что делает возможным ее успешное практическое применение в практике принятия финансовых решений в банках.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Данная дипломная работа посвящена использованию нечеткого моделирования при принятии плохо структурированных финансово-экономических решений.

В первой главе рассмотрены определение задачи принятия решения, ее представление в общем виде, а также традиционные классификационные признаки принятия решений и типы задач принятия решений. Проанализированы основные условия применимости методов математического программирования. В работе также разобраны интеллектуальные математические модели искусственного интеллекта (ИИ) и их основные свойства.

Во второй главе рассмотрены базовые элементы теории нечеткого моделирования, основные термины и определения, лежащие в основе теории нечеткого моделирования. Рассмотрены основные возможности пакета MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. Разобраны графические средства, реализующие применение систем нечеткого вывода.

В третьей главе математически сформулирована задача оценки кредитоспособности клиентов. Получено решение этой задачи средством MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.

Качественно и количественно разработанная оценка кредитоспособности клиентов может быть использована в банковской системе на практике. Данная задача необходима банку для дальнейшего совершенствования своей кредитной деятельности. От правильной оценки часто зависит жизнеспособность банка. Неправильная оценка может привести к невозврату кредита, что в свою очередь способно нарушить ликвидность банка и, в

конечном счете, привести к банкротству кредитной организации. Поэтому банки придают огромное значение разработке современной методологической базы оценки кредитоспособности.

