

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**  
Кафедра дискретной математики и информационных технологий

**РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА И МОДУЛЕЙ ПРИЛОЖЕНИЯ  
«МИРЗ»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 421 группы  
направления 09.03.01 — Информатика и вычислительная техника  
факультета КНиИТ  
Варламова Алексея Игоревича

Научный руководитель \_\_\_\_\_ М. В. Белоконь  
старший преподаватель \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Л. Б. Тяпаев  
доцент, к. ф.-м. н.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью эффективного управления земельными ресурсами в условиях активного развития аграрного сектора экономики. Сложность земельных отношений, связанная с многообразием участников и их взаимодействий, требует применения специализированных программных средств для моделирования и анализа институциональных процессов. Программа «Модель институционального регулирования земельных отношений аграрного сектора экономики» («МИРЗ») представляет собой инструмент, использующий нечёткие когнитивные матрицы и операции алгебры нечётких множеств для анализа и управления системой земельных отношений. Данная программа позволяет моделировать различные состояния земельных отношений, выявлять ключевые аспекты их функционирования и определять доминирующие концепции, влияющие на систему. Разработка удобного интерфейса и функциональных модулей для приложения «МИРЗ» является актуальной задачей, направленной на повышение эффективности анализа земельных отношений и принятия обоснованных управленческих решений.

**Цель работы** – разработка интерфейса и программных модулей приложения «МИРЗ» для обеспечения удобного взаимодействия пользователя с системой и выполнения расчётов на основе нечётких когнитивных матриц. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить теоретические основы нечётких когнитивных моделей и операций алгебры нечётких множеств, применяемых в управлении земельными ресурсами.
2. Разработать графический интерфейс приложения, включающий элементы для выбора входных и выходных данных, а также отображения результатов.
3. Реализовать программные модули для обработки данных из файлов Excel, включая импорт, расчёт и корректировку таблиц.
4. Обеспечить интеграцию функциональных компонентов приложения, таких как вспомогательные функции для обработки данных и расчёта матриц.

**Материалы исследования** включают теоретические источники по нечётким когнитивным матрицам и алгебре нечётких множеств, а также про-

граммные средства и технологии разработки. В работе использованы научные труды, посвящённые теории нечётких множеств (Л. Заде, Б. Коско), управлению земельными ресурсами (А.В. Иванов) и разработке программного обеспечения на языке C# (Дж. Альбахари, А. Трёлсен). Практическая часть исследования базируется на разработке приложения «МИРЗ» с использованием языка программирования C#, среды разработки Microsoft Visual Studio, библиотеки Microsoft Office Interop Excel и технологии Windows Forms. Исходные данные представлены в виде таблиц Excel, содержащих экспертные оценки взаимодействий между участниками земельных отношений.

**Структура работы** состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованных источников. Первая глава, «Управление земельными ресурсами», посвящена теоретическим основам нечётких когнитивных матриц, операциям алгебры нечётких множеств, технологиям разработки, особенностям обработки данных и применению программы «МИРЗ» в управлении земельными ресурсами. Вторая глава, «Программная реализация», описывает этапы разработки приложения, включая подключение библиотек, создание графического интерфейса, импорт и расчёт таблиц, а также реализацию вспомогательных функций. В заключении подведены итоги работы и обозначены перспективы её развития. Список использованных источников включает 20 наименований, охватывающих как теоретические, так и практические аспекты исследования.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке интерфейса и программных модулей приложения «Модель институционального регулирования земельных отношений аграрного сектора экономики» («МИРЗ»), предназначенного для анализа и управления земельными отношениями с использованием нечётких когнитивных матриц (НКМ) и операций алгебры нечётких множеств. Работа направлена на создание удобного и функционального инструмента, обеспечивающего структурирование данных, проведение расчётов и интерпретацию результатов для поддержки принятия управленческих решений в аграрном секторе. Основное содержание включает теоретическое обоснование применения НКМ, описание использованных технологий разработки, программную реализацию приложения, включая графический интерфейс и функциональные модули, а также детальное описание обработки таблиц D3 и D4.

**В первом разделе** рассматриваются теоретические и практические аспекты применения нечётких когнитивных матриц в управлении земельными ресурсами. НКМ представляют собой квадратную матрицу, где строки и столбцы соответствуют концепциям (например, «Земельный кодекс», «Государственный кадастр недвижимости»), а значения в ячейках отражают степень влияния: положительные значения указывают на стимулирующее влияние, отрицательные — на препятствующее, нулевые — на отсутствие влияния. Теоретическая основа базируется на теории нечётких множеств Лотфи Заде, позволяющей учитывать градацию взаимодействий в диапазоне от 0 до 1.

Описываются операции алгебры нечётких множеств: дополнение, пересечение, объединение и симметрическая разность. Дополнение формирует промежуточные матрицы для анализа обратных влияний, пересечение определяет минимальные границы взаимодействий ( $\min(a_{ij}, b_{ij})$ ), объединение выявляет максимальные значения ( $\max(a_{ij}, b_{ij})$ ), а симметрическая разность ( $|a_{ij} - b_{ij}|$  или  $b_{ij}/a_{ij}$ ) оценивает доминирование. Эти операции обеспечивают гибкость анализа данных, от импорта экспертных оценок до расчёта доминирующих концепций.

Рассматриваются технологии разработки: язык программирования C# для объектно-ориентированного кода, среда Microsoft Visual Studio для написания и отладки, библиотека Microsoft Office Interop Excel для работы с

файлами Excel через COM-интерфейс и технология Windows Forms для создания графического интерфейса. Обработка данных включает импорт из таблиц Excel, транспонирование матриц, удвоение концепций, корректировку и расчёт основного механизма. Применение НКМ в «МИРЗ» позволяет анализировать влияние нормативных актов, выявлять доминирующие концепции и моделировать сценарии изменения регулирования.

**Во втором разделе** представлено описание этапов разработки приложения. Исходные данные — таблицы Excel с экспертными оценками взаимодействий между участниками земельных отношений. Положительные значения отражают стимулирующее влияние, отрицательные — препятствующее, нулевые — отсутствие влияния. Для упрощения обработки создаётся словарь, связывающий пары участников с адресами ячеек. Основные этапы реализации включают:

- Подготовку и структурирование данных в формате .xlsx.
- Импорт файлов, их обработку и экспорт результатов.
- Разработку графического интерфейса с элементами управления (текстовые поля, кнопки, диалоговые окна).
- Реализацию расчёта таблиц (D1, D1 удв, D3, D4) с динамическим обновлением значений.
- Интеграцию вспомогательных функций и обработку ошибок.

Подключение библиотеки Microsoft Office Interop Excel осуществляется через добавление ссылки на «Microsoft Excel 16.0 Object Library» в Visual Studio. Используется псевдоним Excel для упрощения кода (`using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel;`). Библиотека обеспечивает открытие, чтение, изменение и сохранение файлов Excel. Графический интерфейс, реализованный на Windows Forms, включает:

- Текстовые поля (`input_file_textbox, output_file_textbox`) для выбора входных и выходных данных.
- Кнопки (`select_input_button, calculate_tables`) для взаимодействия с файлами и расчётов.
- Диалоговые окна (`openFileDialog, folderBrowserDialog`) для выбора файлов и папок.

Ключевые методы включают:

- `input_Click`: импортирует данные, вызывая `SetParticipants` и

`SetInputDictionary.`

- `calculate_tables_Click`: выполняет расчёты таблиц D1, D1 удв, D3 и D4.
- `SetInputDictionary`: создаёт словарь пар участников и адресов ячеек.
- `SetParticipants`: извлекает список участников из Excel.
- `FindExcelSheetByName`: проверяет наличие листа, возвращая `null` при его отсутствии.

Таблица D3, озаглавленная «**Таблица D3 — Предварительная обработка и корректировка матрицы пар концептов**», нормализует данные для подготовки к финальному анализу в таблице D4. Она опирается на удвоенную матрицу из предыдущего этапа и выполняет коррекцию взаимодействий между концепциями. Таблица делится на левую и правую части:

- **Левая часть**: копирует данные из листа «T D1 удв», сохраняя удвоенные значения (верхние и нижние) для каждой пары концепций.
- **Правая часть**: применяет математические операции (вычитание и деление) для нормализации взаимодействий.

Структура таблицы включает пары строк и столбцов для каждого участника, начиная с строки 7 и столбца 4, с заголовками в строке 4 (например, «1.1.Земельный кодекс»). Лист назван «T D3 коррект».

Метод `buildBasicTable` создаёт таблицу с параметрами:

- Имя листа: «T D3 коррект».
- Название: «Таблица D3 — Предварительная обработка и корректировка матрицы пар концептов».
- Стандарты: [1, 16, -1, -1].
- Удвоенные столбцы: `true`.

Метод `calculate_corrected_matrices` реализует обработку:

- **Левая часть**: использует формулы, такие как  
`=’T D1 удв’!topCellAddress`, для копирования данных. Внешний цикл проходит по строкам (с 7 до `participants.Count * 2 + 7`), внутренний — по столбцам (с 4 до `participants.Count * 2 + 4`). Для каждой пары строк формулы задаются как:  
Верхняя строка: `=’T D1 удв’!topCellAddress`,  
Нижняя строка: `=’T D1 удв’!bottomCellAddress`.
- **Правая часть**: начиная со столбца 5, применяет операции в зависимо-

сти от переменной `top_division` (чередуется между `true` и `false`):

- **Диагональные элементы** (одинаковый участник):
  - \* Если `top_division = true`: верхняя строка = 0 (избегает самореференции), нижняя = `bottomCellAddress - topCellAddress`.
  - \* Если `top_division = false`: верхняя = `bottomCellAddress / topCellAddress`, нижняя = 0.
- **Недиагональные элементы**:
  - \* Если `top_division = true`: верхняя = `bottomCellAddress / topCellAddress`, нижняя = `bottomCellAddress - topCellAddress`.
  - \* Если `top_division = false`: верхняя = `bottomCellAddress - topCellAddress`, нижняя = `bottomCellAddress / topCellAddress`.

Форматирование чисел обеспечивается функцией `table_formatting`, устанавливающей числовой формат для читаемости в Excel.

Таблица D3 устраняет самореференциальные циклы, нормализует взаимодействия и подготавливает данные для финального анализа, обеспечивая корректность расчётов доминирования в таблице D4. Например, нормализация через деление (`bottomCellAddress / topCellAddress`) позволяет оценить относительную силу влияния, а вычитание (`bottomCellAddress - topCellAddress`) — аддитивные различия.

Таблица D4, озаглавленная «**Таблица D4 — Основной расчётный механизм нечёткой когнитивной матрицы системы управления земельными ресурсами в АПК**», завершает анализ, определяя доминирующие концепции, их влияние на систему, влияние системы на концепции и взаимовлияния. Таблица опирается на результаты таблицы D3 и включает:

- Выявление доминирующего концепта (например, «Земельный кодекс»).
- Расчёт величины и степени доминирования.
- Анализ взаимовлияний между концепциями.

Структура аналогична таблице D3: пары строк и столбцов для каждого участника, начиная с строки 7 и столбца 4, с заголовками в строке 4. Лист назван «**T D4 Осн мех (H)**».

Метод `buildBasicTable` создаёт таблицу с параметрами:

- Имя листа: «Т D4 Осн мех (Н)».
- Название: «Таблица D4 — Основной расчётный механизм нечёткой когнитивной матрицы системы управления земельными ресурсами в АПК (выявление доминирующего концепта, расчёт величины и степени доминирования концептов над системой и системы над концептами, а также взаимовлияния концептов)».
- Стандарты: [1, 4, 16, -1, -1].
- Удвоенные столбцы: true.

Метод `calculate_main_mechanism` реализует обработку:

- **Первая часть:** копирует данные из листа «Т D3 коррект» с использованием формул: Верхняя строка: =’Т D3 коррект’!topCellAddress, Нижняя строка: =’Т D3 коррект’!bottomCellAddress.
- **Вторая часть:** применяет сложные условные формулы для расчёта доминирования: Верхняя строка: =’Т D3 коррект’!topCellAddress, Нижняя строка: =IF(topCellAddress > bottomCellAddress, topCellAddress - bottomCellAddress, IF(topCellAddress < bottomCellAddress, bottomCellAddress / topCellAddress, IF(topCellAddress = bottomCellAddress, 0, IF(topCellAddress < 0, topCellAddress + bottomCellAddress)))), где `topCellAddress` и `bottomCellAddress` — адреса ячеек из первой части. Формула учитывает:
  - Разницу (`topCellAddress - bottomCellAddress`), если верхнее значение больше.
  - Деление (`bottomCellAddress / topCellAddress`), если нижнее значение больше.
  - Ноль, если значения равны.
  - Сумму (`topCellAddress + bottomCellAddress`), если верхнее значение отрицательное.

Форматирование аналогично таблице D3, обеспечивая читаемость результатов.

Таблица D4 предоставляет ключевые результаты анализа, выявляя доминирующие концепции (например, наиболее влиятельные нормативные акты) и количественно оценивая их воздействие на систему земельных отношений. Это позволяет моделировать сценарии, такие как изменение регулирования.

вания, и поддерживает принятие обоснованных управленческих решений в аграрном секторе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы успешно реализована разработка интерфейса и программных модулей приложения «Модель институционального регулирования земельных отношений аграрного сектора экономики» («МИРЗ»), предназначенного для анализа сложных взаимодействий в системе земельных отношений с использованием нечётких когнитивных матриц (НКМ). Цель работы — создание эффективного и удобного инструмента для обработки данных и поддержки принятия управлеченческих решений в аграрном секторе — была достигнута путём выполнения всех поставленных задач.

Изучены теоретические основы нечётких когнитивных моделей и операций алгебры нечётких множеств, включая дополнение, пересечение, объединение и симметрическую разность, что обеспечило прочную основу для программной реализации. Разработан интуитивно понятный графический интерфейс на базе технологии Windows Forms, включающий текстовые поля, кнопки и диалоговые окна для выбора входных и выходных данных, а также отображения результатов. Реализованы ключевые программные модули, такие как `SetInputDictionary`, `SetParticipants` и `calculate_tables_Click`, которые обеспечивают импорт данных из файлов Excel, поэтапную обработку матриц и расчёт доминирующих концепций. Приложение протестировано, что подтвердило его надёжность, функциональность и соответствие требованиям.

Приложение «МИРЗ» предоставляет пользователям мощный инструмент для моделирования земельных отношений, выявления ключевых факторов и анализа их влияния на систему. Использование библиотеки Microsoft Office Interop Excel позволило интегрировать обработку файлов Excel, упрощая импорт экспертных оценок и экспорт результатов. Операции алгебры нечётких множеств обеспечили гибкость анализа, включая транспонирование, удвоение, корректировку матриц и финальный расчёт. Графический интерфейс делает приложение доступным для пользователей с разным уровнем технической подготовки, а механизмы обработки ошибок, такие как метод `FindExcelSheetByName`, повысили его стабильность.

В ходе разработки были преодолены технические сложности, связанные с обработкой больших объёмов данных и интеграцией СОМ-интерфейса

Excel. Полученные результаты демонстрируют способность приложения «МИРЗ» структурировать сложные данные, выполнять количественный анализ и предоставлять результаты для обоснованных управленческих решений. В перспективе возможно расширение функциональности приложения за счёт добавления визуализации результатов (графиков, диаграмм), а также интеграции методов кластеризации или прогнозирования на основе исторических данных. Разработанное приложение вносит значительный вклад в автоматизацию анализа земельных отношений, способствуя повышению эффективности управления в аграрном секторе и открывая новые возможности для исследований в области институционального регулирования.

**Основные источники информации:**

- 1 Заде, Л. А. Нечёткие множества // Информатика и управление. — 1965.  
— URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0020025585900041> (дата обращения: 10.03.2025).
- 2 Коско, Б. Нечёткие когнитивные карты // Международный журнал человеко-машинных исследований. — 1986. — URL:  
[https://www.cs.cmu.edu/softagents/papers/Kosko\\_FCM\\_1986.pdf](https://www.cs.cmu.edu/softagents/papers/Kosko_FCM_1986.pdf) (дата обращения: 12.03.2025).
- 3 Беллман, Р. Е., Заде, Л. А. Принятие решений в нечёткой среде // Management Science. — 1970. — Vol. 17, No. 4. — URL:  
<https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.17.4.B141> (дата обращения: 18.03.2025).
- 4 Иванов, А. В. Институциональное регулирование земельных отношений // Аграрная экономика. — 2020. — № 34-2. — URL:  
<https://www.agrarianeconomics.ru/articles/2020/34-2-45-60> (дата обращения: 28.03.2025).
- 5 Альбахари, Дж., Альбахари, Б. С# 8.0: Полное руководство. — O'Reilly Media. — URL:  
<https://www.oreilly.com/library/view/c-80-in/9781492051138/> (дата обращения: 30.03.2025).
- 6 Майкрософт. Документация по Microsoft Office Interop Excel. — URL:  
<https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.office.interop.excel> (дата обращения: 03.04.2025).

7 Циммерманн, Х.-Дж. Теория нечётких множеств и её приложения. — Springer. — URL: <https://www.springer.com/gp/book/9783319749921> (дата обращения: 10.04.2025).