



Факультет компьютерных наук  
Образовательная программа «Программная инженерия»  
Выпускная квалификационная работа

**ВЕБ-СЕРВИС СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ ДЛЯ ВУЗОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА:  
СЕРВЕРНАЯ ЧАСТЬ**  
**AI-POWERED SCHEDULING SYSTEM FOR UNIVERSITIES: BACKEND**

Проектно-исследовательская ВКР

Выполнил студент группы БПИ214  
образовательной программы 09.03.04 «Программная инженерия»  
Габдуллина А. М.

Руководитель: преподаватель департамента программной  
инженерии  
Шилов В.В.

Соруководитель: Ведущий математик-разработчик АО «Тераплан»  
Архипов Д. И.



# ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

«Веб-сервис составления расписаний для вузов с использованием искусственного интеллекта» предназначен для упрощения и оптимизации процесса создания учебных расписаний для высших учебных заведений.

Система учитывает такие факторы как: наличие преподавателей, занятость аудиторий, учебные группы и курсы, которые они изучают, а также индивидуальные планы студентов. Кроме того, при составлении расписания учитываются временные пожелания для преподавателей и групп.

Программа предоставляет пользователю удобный интерфейс, которое включает в себя взаимодействие через чат-бот.

Целевая аудитория приложения: высшие учебные заведения, желающие ускорить и облегчить процесс составления расписания на учебный год.



# АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Актуальность работы обусловлена тем, что во многих образовательных учреждениях процесс составления расписания по-прежнему осуществляется вручную, требует значительных временных затрат или сопровождается использованием неудобных программных решений. Это приводит к снижению эффективности планирования и увеличению нагрузки на администрацию. В связи с этим возникает необходимость в создании современного веб-приложения — «Веб-сервис составления расписания для вузов с использованием искусственного интеллекта», которое позволит автоматизировать процесс формирования расписания и обеспечить соответствие всем предъявляемым требованиям.



# ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВКР

## Цель работы

Реализовать серверную часть веб-приложения “Веб-сервис составления расписаний для высших учебных заведений с использованием искусственного интеллекта”

## Задачи работы

- Создать базу данных
- Реализовать выгрузку моделей из базы данных и их передачу UI
- Продумать контракты взаимодействия клиентской, серверной части и модуля с чат-ботом
- Реализовать обработчики запросов на сервере
- Реализовать алгоритм составления расписания



# ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ

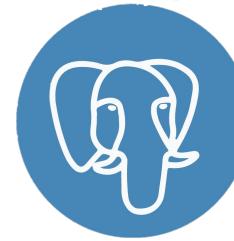
Для серверной части:



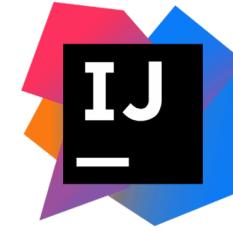
Maven



Java



PostgreSQL



IntelliJ IDEA

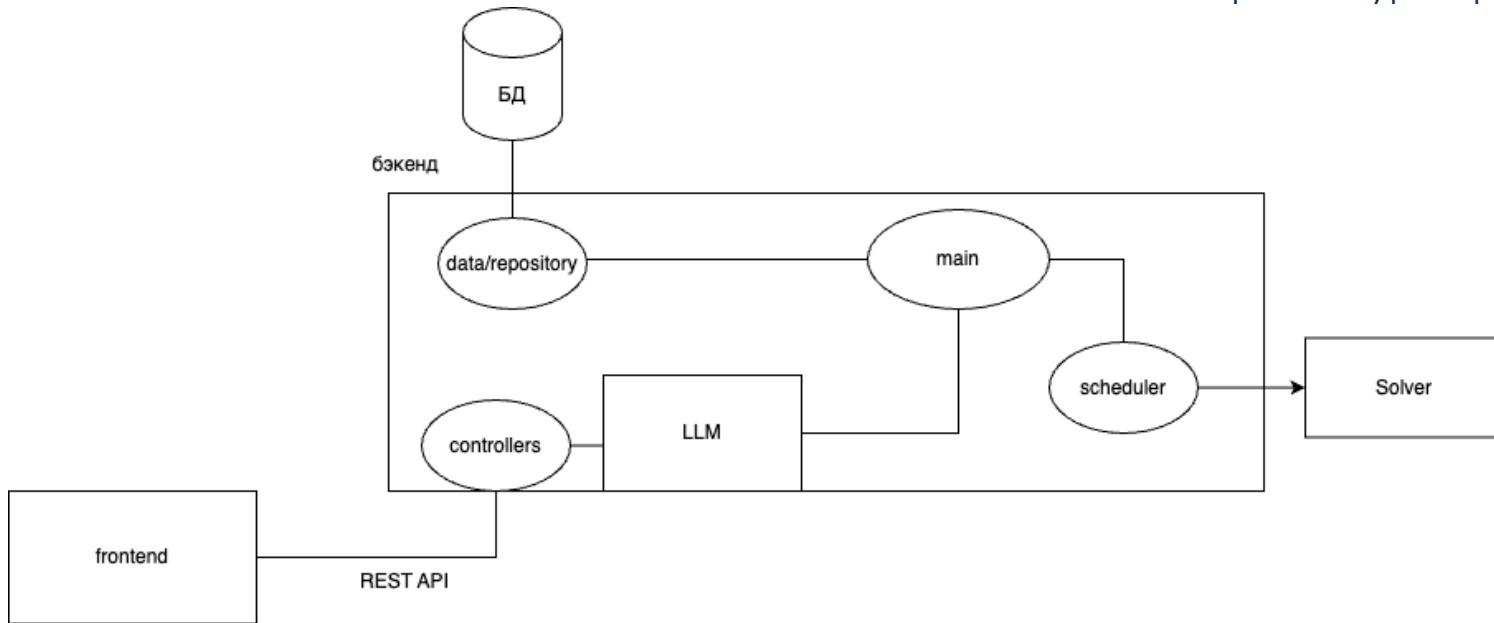


Spring Framework



# АРХИТЕКТУРА

Архитектура проекта

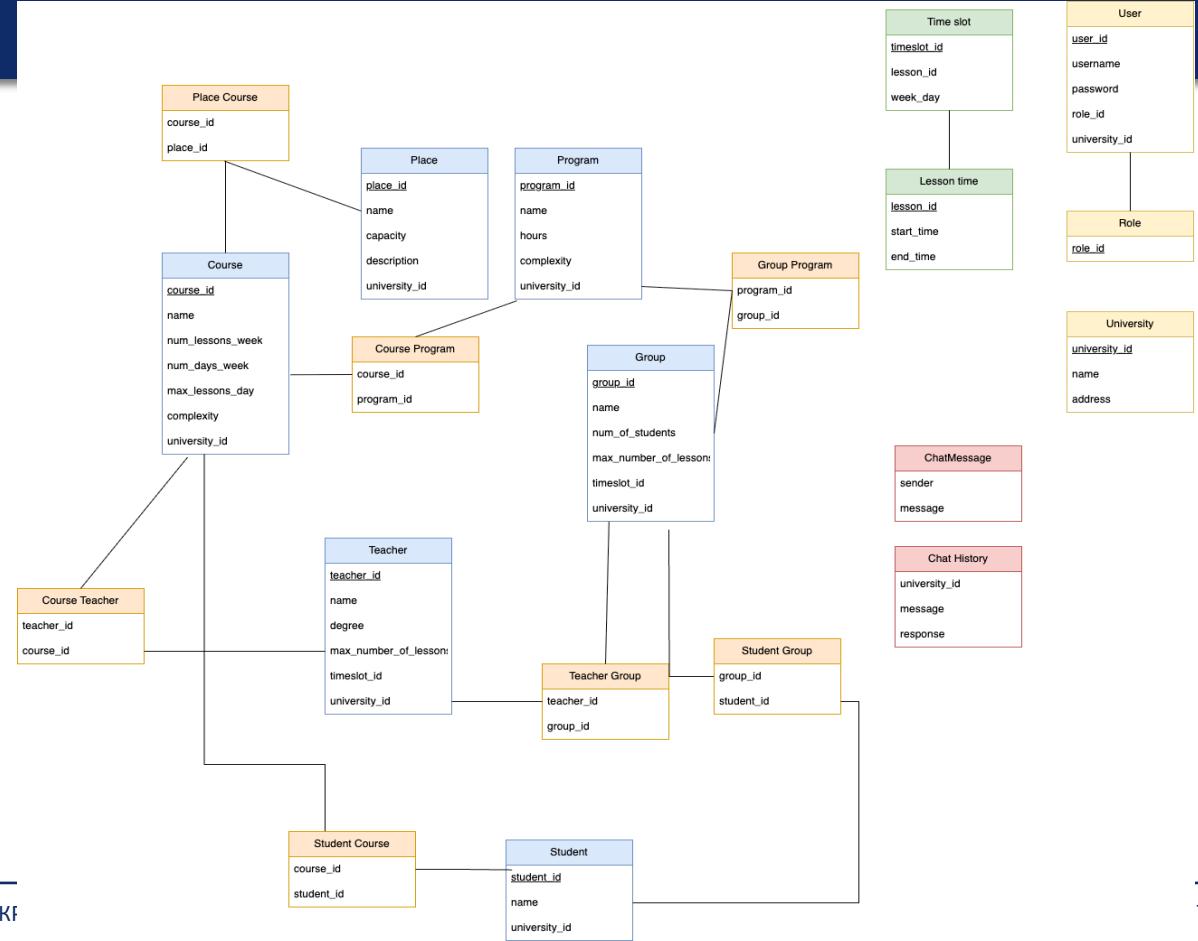




# АРХИТЕКТУРА

## Схема Базы данных

База данных размещена  
на сервере  
`jdbc:postgresql://  
82.97.244.207:5432/university`





# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ

MILP постановка задачи: Задача ставится как линейная модель с целочисленными переменными и ограничениями, представленными в виде линейных уравнений и неравенств.

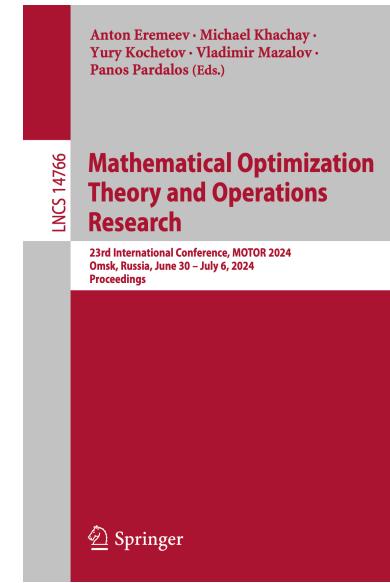
Сформулированная MILP модель с переменными, ограничениями передается в MILP солвер (CBC/Gurobi), который находит решение, соответствующее корректному расписанию.

Полученное оптимальное расписание транслируется из терминов MILP модели в термины задачи.



**GUROBI**  
OPTIMIZATION

## Эвристическое решение



Tabu Search for a Service Zone Clustering Problem

Davydov Ivan<sup>1</sup> , Gabdulla Aliyev<sup>2</sup>, Shevtsova Margarita<sup>1,2</sup>, and Arkhipov Dmitry<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Sobolev Institute of Mathematics, Novosibirsk, Russia  
[vann.davydov@gmail.com](mailto:vann.davydov@gmail.com), [shevtsova.nas@mathnet.ru](mailto:shevtsova.nas@mathnet.ru)  
<sup>2</sup> National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

**Abstract.** Network maintenance by service engineers (SE) involves a range of activities to ensure that the network is functioning optimally and providing reliable service to users. To optimize the network maintenance process, company need to find suitable places for service offices, decide how to distribute engineers between them, and find a partition of sites into office responsibility zones. These decisions should take into account multiple factors: routes from offices and sites, fair workload distribution, zone topologies, etc. Such a problem can be considered as a generalization of the facility location problem with additional geometric and workload constraints.

In this study, we consider the following formulation of the network maintenance optimization problem. There is a set of sites, a set of potential service office locations, and a limited number of engineers. The site workload is defined by a vector of integers. The objective is to decide which offices should be open, distribute engineers between offices, and find a site partition. With respect to the latter, two internal scenarios, different types of zone topologies, are considered: star criteria are considered to be minimized: total traveling time between offices and sites in a related zone and minimal deviation of workload per worker. An original multi-stage heuristic, which includes greedy and Tabu-search approaches, is proposed. The algorithm includes geometry-based search steps to obtain solutions with star and convex zone topologies. Numerical experiments on industrial instances with up to 10000 sites and 20 offices demonstrate the efficiency of the proposed approach. The obtained results outperformed the CPLEX solver and demonstrated algorithm scalability and obtained solution quality.

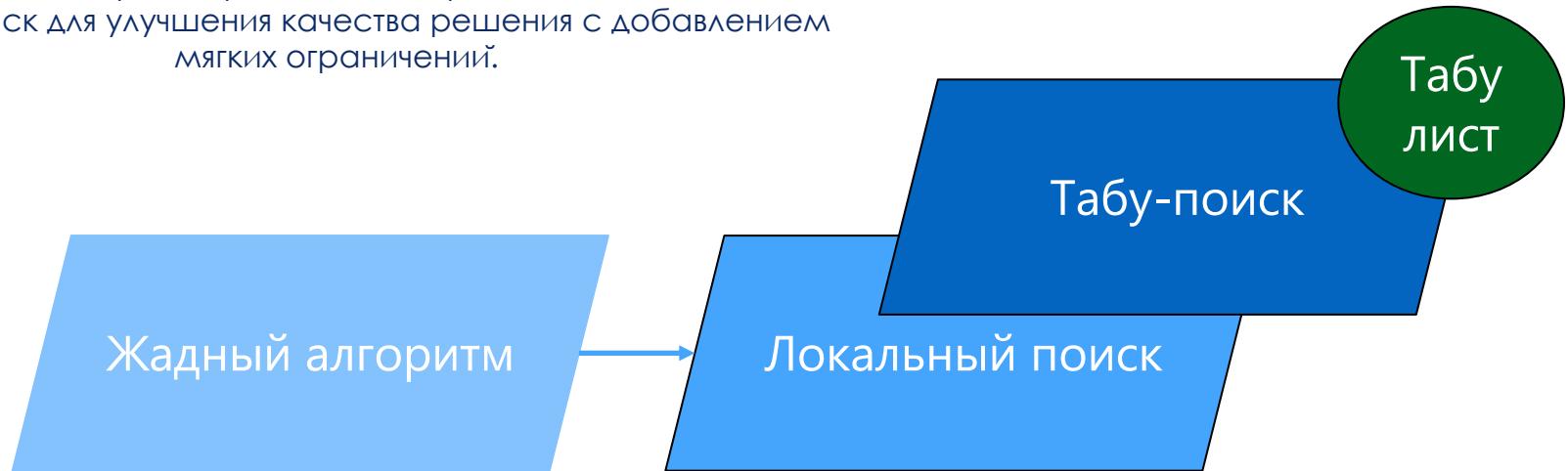
**Keywords:** service engineer · clustering · cellular networks · facility location · Tabu search



# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ

- Пред-обработка данных, поиск узких мест
- Жадный алгоритм для построения начального расписания.  
Получаем расписание со всеми необходимыми парами, но с конфликтами.
- Локальный поиск исключительно с жесткими ограничениями для предотвращения конфликтов.
- Табу поиск для улучшения качества решения с добавлением мягких ограничений.

(хранит состояния объектов, которые встречались за последние n шагов)





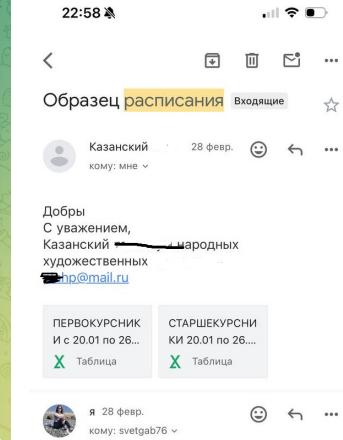
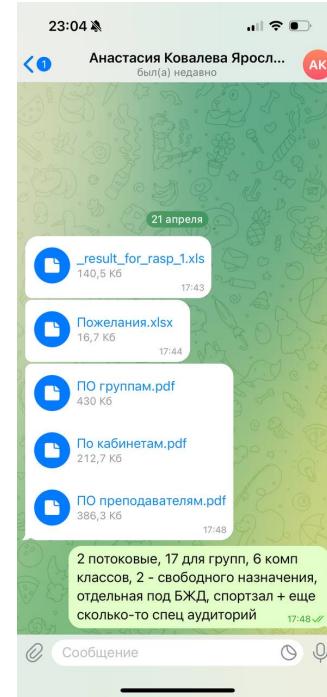
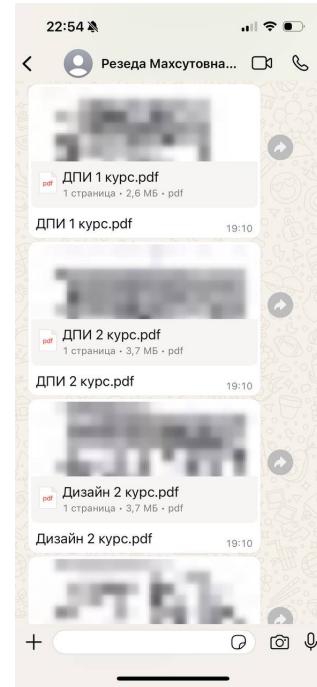
# РЕЗУЛЬТАТЫ

Кейс	Параметры	Время (эвристика)	Время (MILP)
Тест 1	30 преподавателей, 40 аудиторий, 10 групп, 30 курсов	менее 3 минут	1.5 минуты
Тест 2	60 преподавателей, 40 аудиторий, 20 групп, 30 курсов	менее 5 минут	менее 5 минут
Тест 3	100 преподавателей, 30 аудиторий, 26 групп, 90 курсов	от 15 до 20 минут	>1 часа

Во всех случаях предложенный эвристический алгоритм успешно завершал построение расписания, обеспечивая соблюдение жёстких ограничений. Сравнительный анализ с MILP-моделью показал, что с ростом размерности задачи, эвристический метод выигрывает MILP по времени выполнения. Это указывает на масштабируемость предложенного подхода и его применимость в реальных условиях.



# АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ





# РЕЗУЛЬТАТЫ

## Практическая значимость

- Разработана серверная часть веб-сервиса для автоматизированного составления расписаний вузов
  - Реализован гибридный алгоритм: локальный + табу поиск
- Учтены жёсткие и мягкие ограничения (преподаватели, аудитории, нагрузки, пожелания)
  - Проведено тестирование на реальных кейсах университетов
- Алгоритм успешно строит корректные расписания за разумное время даже при масштабных входных данных



# ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЛАНЫ

- Добавить новые ограничения (сдвоенные пары, четная/нечетная неделя и т.д.)
- Добавить экспорт расписаний в удобном формате
- Добавить возможность задавать исходные расписания для составления максимально отклоняющихся от них расписаний
- Внедрить проект в университеты



# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. PostgreSQL [Электронный ресурс]. URL: <https://www.postgresql.org>, свободный (Дата обращения: 20.09.2024).
2. Spring Boot: [Электронный ресурс]. URL: <https://spring.io/projects/spring-boot>. (Дата обращения: 20.09.2024).
3. IntelliJ IDEA Edu: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/idea/>. (Дата обращения: 20.09.2024).
4. Maven: [Электронный ресурс]. URL: <https://maven.apache.org>. (Дата обращения: 20.09.2024).

Статья:

1. Давыдов И., Габдуллина А., Шевцова М., Архипов Д. Tabu Search for a Service Zone Clustering Problem // Lecture Notes in Computer Science. – 2024. – Т. 14766. – С. 75–88. – DOI: 10.1007/978-3-031-62792-7\_6. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-62792-7\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-62792-7_6)



Благодарю за внимание!

Габдуллина А. М.

Веб-сервис составления расписаний для вузов  
с использованием искусственного интеллекта:  
Серверная часть

[amgabdullina\\_1@edu.hse.ru](mailto:amgabdullina_1@edu.hse.ru)

Москва, 2025