

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Название института

Работа допущена к защите
Должность руководителя М
_____ И.О. Фамилия
«_____» _____ 202Х г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РАБОТА БАКАЛАВРА

ТЕМА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

по направлению подготовки ХХ.ХХ.ХХ Наименование направления подготовки
Направленность (профиль) ХХ.ХХ.ХХ_YY Наименование направленности (про-
филя) образовательной программы

Выполнил

студент гр. N

И.О. Фамилия

Руководитель

должность,

степень, звание

И.О. Фамилия

Консультант

должность, степень

И.О. Фамилия

Консультант

по нормоконтролю¹

И.О. Фамилия

Санкт-Петербург

202Х

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Анализ предметной области и обзор систем составления расписания	5
1.1. Требования к системе составления расписания сессии.....	5
1.1.1. Учёт семестрового расписания СПбПу.....	5
1.1.2. Роли пользователей системы	5
1.1.3. Модель входных данных	7
1.2. Обзор российских систем составления расписания	11
1.2.1. 1С: ХроноГраф Расписание	11
1.2.2. Avtor (АВТОРасписание)	11
1.2.3. Галактика Расписание учебных занятий.....	12
1.3. Обзор зарубежных систем составления расписания.....	13
1.3.1. Apereo UniTime	13
1.3.2. Lantiv Scheduling Studio	13
1.4. Выводы	14
Глава 2. Алгоритмы составления расписания сессии	15
2.1. Постановка задачи составления расписания сессии.....	15
2.1.1. Обозначения.....	15
2.1.2. Ограничения.....	18
2.2. Режимы алгоритмов составления расписания.....	21
2.2.1. Инкрементальный режим.....	21
2.2.2. Пакетный режим	22
2.3. Обзор алгоритмов составления расписания сессии.....	22
2.3.1. Обход графа в глубину для поиска идеальных решений	22
2.3.2. Алгоритм обхода графа в глубину с учётом приоритетов преподавателей	27
2.3.3. Генетический алгоритм	29
2.3.4. Жадный алгоритм	31
2.4. Методы оптимизации поиска лучших решений.....	31
2.4.1. Метрики оценки качества расписания	31
2.4.2. Метод ветвей и границ.....	33
2.4.3. Алгоритм имитации отжига.....	35
2.5. Выводы	37
Глава 3. Реализация системы составления предварительного расписания ..	38
3.1. Выбор языка программирования	38

3.1.1. Java	38
3.1.2. JavaScript	39
3.1.3. C#	39
3.1.4. C++	39
3.1.5. Определение языка программирования	40
3.2. Выбор фреймворка для построения веб-приложения	40
3.2.1. Spring.....	40
3.2.2. Dropwizard.....	41
3.2.3. Vert.x	41
3.2.4. Определение фреймворка для построения веб-приложения	41
3.2.5. Хранение данных	42
3.2.6. Выводы	42
3.3. Архитектура системы	42
3.3.1. Веб-клиент и UI.....	43
3.3.2. Spring-сервер.....	46
3.3.3. Хранилище данных	48
3.4. Выводы	48
Глава 4. Тестирование и апробация.....	49
4.1. Функциональное тестирование.....	49
4.2. Unit-тестирование	50
4.3. Апробация.....	51
4.4. Выводы	56
Заключение	57
Список использованных источников.....	58
Приложение 1. Поиск расписаний с учётом приоритетов преподавателей..	59
Приложение 2. Классы для хранения входных данных	69
Приложение 3. Модуль взаимодействия с API ruz.spbstu.ru	85
Приложение 4. Классы-репозитории.....	90
Приложение 5. Класс SessionService.....	93
Приложение 6. Класс GoogleFormService.....	101
Приложение 7. Класс SessionDao	116
Приложение 8. Форма загрузки учебных планов.....	124
Приложение 9. Форма загрузки установленных аттестаций.....	126

ВВЕДЕНИЕ

Составление расписания экзаменационных сессий сейчас является сложным и кропотливым процессом, который требует автоматизации. Создание программы, которая поможет сотрудникам университета с распределением экзаменов по датам, времени и аудиториям с учётом пожеланий преподавателей и университетского расписания, сможет значительно ускорить процесс составления расписания, а также устранил противоречия связанные с неустановленными формами сбора сведений.

Сложность составления расписания сессии заключается в ручном переборе вариантов расстановки аттестаций и сверкой их с семестровым расписанием во избежание накладок с занятостью кабинетов и преподавателей.

Целью данной работы является исследование алгоритмов для составления расписания сессии и проектирование сервиса составления предварительного расписания сессии СПбПУ. Для достижения этой цели, необходимо будет решить следующие **задачи**:

- Провести анализ существующих систем составления расписания.
- Рассмотреть задачу составления расписания сессии с алгоритмической точки зрения, исследовать алгоритмы для составления расписания сессии и оптимизации этого процесса.
- Написать сервис для получения данных о расписании с использованием API ruz.spbstu.ru
- Реализовать алгоритм составления предварительного расписания сессии программно.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ОБЗОР СИСТЕМ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

Проблема составления расписания не нова, и существует множество средств, призванных упростить её решение. В интернете можно найти онлайн-календари с возможностью совместного редактирования, системы управления бизнес-процессами и программы генерации расписания для разного рода предприятий. Но далеко не все из них могут быть использованы в качестве полноценной системы составления расписания сессии для университета, поэтому в параграфе 1.1 рассматриваются требования к системе составления расписания сессии СПбПУ.

На рынке существует отдельная ниша систем составления расписания для ВУЗов, и в параграфе 1.2 рассматриваются её русскоязычные представители, а в параграфе 1.3 - зарубежные. Далее приведено сравнение таких систем и анализ их преимуществ и недостатков для решения конкретной задачи - составления предварительного расписания сессии в университете.

1.1. Требования к системе составления расписания сессии

1.1.1. Учёт семестрового расписания СПбПу

Важным аспектом системы составления расписания сессии СПбПу является учёт занятости аудиторий и преподавателей. Бывают ситуации, когда сессия для некоторых учебных групп начинается в тот момент, когда у других групп всё ещё проводятся семестровые занятия. Чтобы иметь возможность составлять расписание сессии, которое не ставит проведение аттестаций в занятые по семестровому расписанию аудитории, необходимо обращаться с помощью API к официальному расписанию занятий [ruz].

1.1.2. Роли пользователей системы

Одним из требований к системе сбора сведений является выделение двух ролей пользователей:

- Администратор - пользователь, который сообщает системе сведения о сессии, аудиториях и о плане экзаменов, а также инициирует процесс генерации расписания.

- Преподаватель - пользователь, который сообщает системе о собственных пожеланиях к проведению своих экзаменов.

Рассмотрим возможности этих типов пользователей подробнее. На диаграмме на рисунке 1.1 показаны возможности преподавателя.

Преподаватель может поучаствовать в составлении расписания, указав даты, дни недели и время, когда он доступен или не доступен для проведения аттестаций, необходимые типы аудиторий, своих ассистентов и пожелания по компоновки групп по дням.

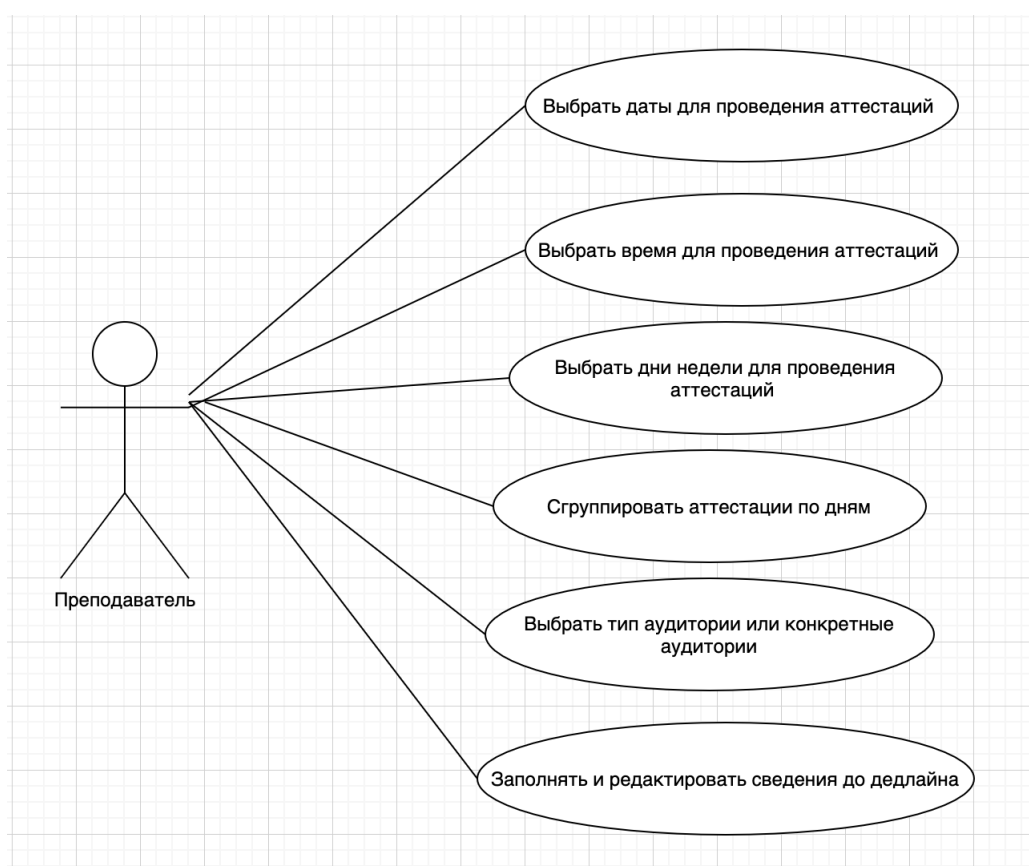


Рис.1.1. Use case диаграмма ППС

Возможности администратора показаны на диаграмме на рисунке 1.2.

Администратор заполняет общие сведения о сессии, такие как даты, время, доступные аудитории с указанием, сколько в них мест и есть ли там проектор и компьютеры и предстоящие экзамены по группам и преподавателям. Также, могут быть указаны аттестации, для которых уже определено время и место проведение. Это актуально, например, для событий, проводимых другими подразделениями университета. В возможности администратора помимо вышесказанного входит генерация формы сбора предпочтений преподавателей.

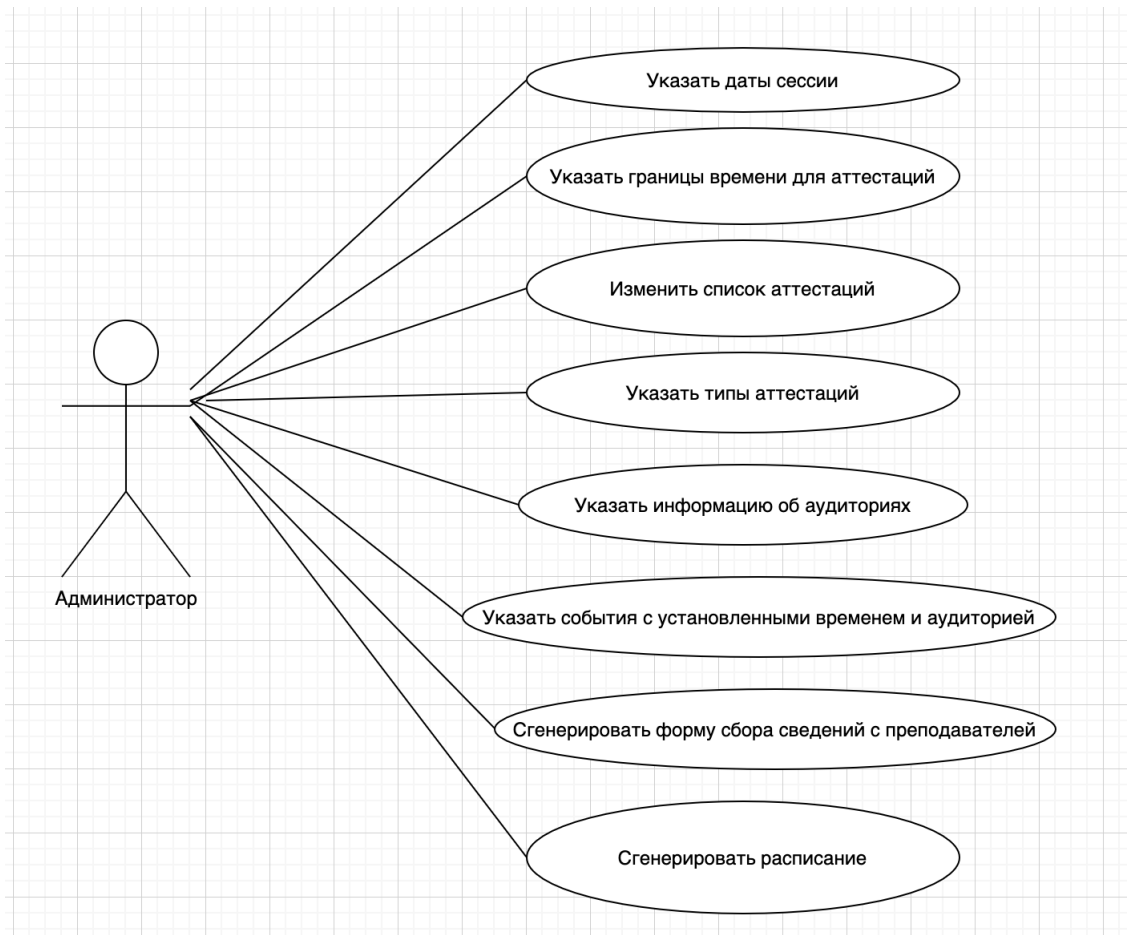


Рис.1.2. Use case диаграмма администратора

Таким образом, когда администратор заполнит все вышеперечисленные поля формы, в системе уже будет минимальный набор данных, необходимый для составления расписания. Далее, преподаватели могут заполнять свои формы с пожеланиями к своему расписанию. Незаполненная преподавателем форма не будет являться проблемой для системы. Пустая форма по умолчанию приравнивается к готовности преподавателя проводить экзамены и зачёты в любой день, в любое время.

1.1.3. Модель входных данных

Исходя из данных, которые необходимо учитывать при составлении расписания сессии была спроектирована модель данных, соответствующая схеме базы данных для их хранения. Она представлена на схеме 1.3.

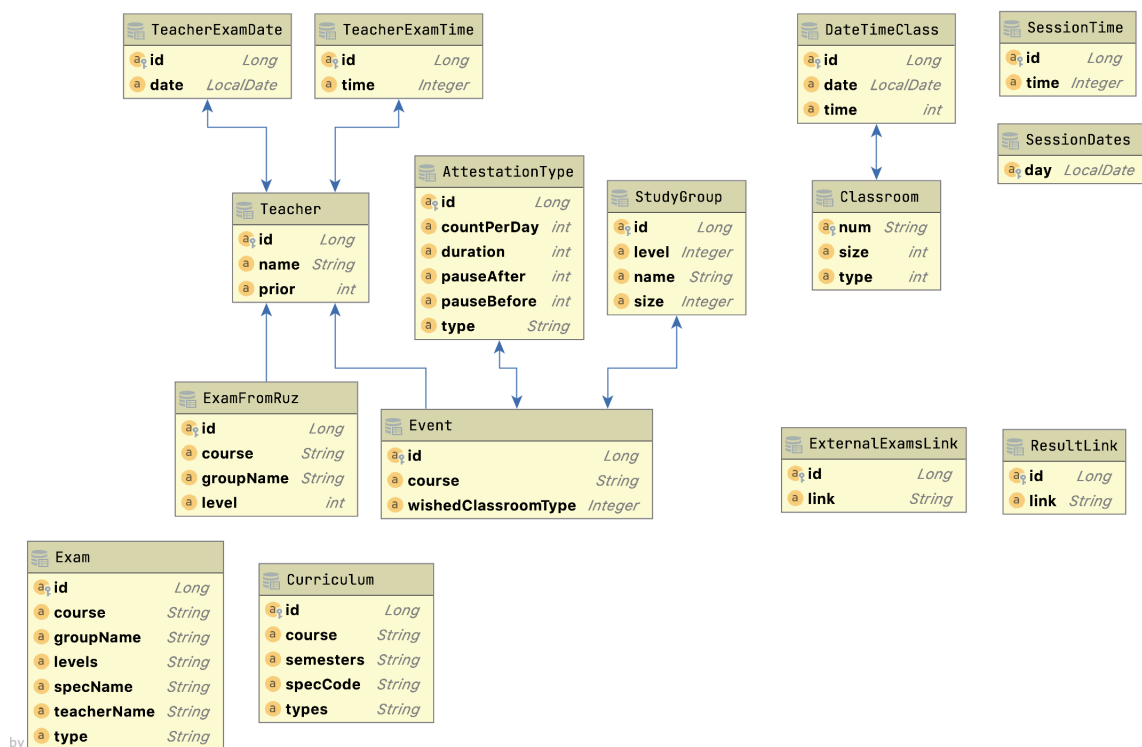


Рис.1.3. Схема базы данных

Сущности схемы:

- Teacher - таблица преподавателей.
 - id - уникальный идентификатор
 - name - имя
 - prior - приоритет
- TeacherExamDate - таблица дат, которые преподаватель указывает, как доступные для проведения аттестаций.
 - id - уникальный идентификатор
 - date - дата
 - teacherId - id преподавателя
- TeacherExamTime - таблица времени, которое преподаватель указывает, как доступное для проведения аттестаций.
 - id - уникальный идентификатор
 - time - время
 - teacherId - id преподавателя
- StudyGroup - таблица учебных групп.
 - id - уникальный идентификатор
 - level - курс
 - name - номер

- size - кол-во студентов
- AttestationType - таблица типов аттестаций.
 - id - уникальный идентификатор
 - countPerDay - количество в день
 - duration - длительность в часах
 - pauseAfter -пауза в днях после аттестации
 - pauseBefore - пауза в днях до аттестации
 - type - название типа
- Classroom - таблица аудиторий с указанием есть ли там компьютеры или проектор и количеством мест.
 - id - уникальный идентификатор
 - classroom - номер кабинета
 - computers - наличие компьютеров
 - projector - наличие проектора
 - sitscount - кол-во мест в аудитории
- SessionDate - таблица дат, в которые проводится сессия. Такой способ хранения данных о датах сессии был выбран вместо хранения даты начала и окончания, потому что зимняя сессия может состоять из нескольких интервалов, прерванных например новогодними праздниками.
 - id - уникальный идентификатор
 - date - дата
- SessionTime - таблица часов для проведения аттестаций.
 - id - уникальный идентификатор
 - time - время
- ExternalExamLink - ссылки на google-таблицы, с аттестациями, для которых назначено время и место проведения. Они могут использоваться, например, для учёта аттестаций, которые назначаются другими подразделениями университета
 - id - уникальный идентификатор
 - link - ссылка
- Curriculum - таблица для хранения учебного плана.
 - id - уникальный идентификатор
 - course - название дисциплины
 - semester - семестр, в который проводится аттестации
 - specCode - специальность

- type - тип аттестации
- Exam - таблица аттестаций, данные о которых вводятся вместе с данными о преподавателях. Используется при формировании расписания сессии заочников, когда по данным из расписания guz, нельзя определить, кто должен проводить аттестации.
 - id - уникальный идентификатор
 - course - название дисциплины
 - groupName - группа
 - levels - семестр
 - specName - специальность
 - teacherName - преподаватель
 - type - тип аттестации

Описанные выше сущности соотносятся с данными, которые необходимо получать от пользователей. В процессе работы алгоритма составления расписания в персистентное хранилище записываются также следующие сущности:

- ResultLink - ссылки на google-таблицы, со сгенерированными ранее вариантами расписаний
 - id - уникальный идентификатор
 - link - ссылка
- DateTimeClass - таблица доступных окон - дата+время+аудитория. В ней хранятся окна для проведения аттестаций, из которых исключены варианты, занятые другими занятиями.
 - id - уникальный идентификатор
 - date - дата
 - time - время
 - classroomId - id аудитории
- Event - таблица аттестаций, которые необходимо провести.
 - id - уникальный идентификатор
 - course - название дисциплины
 - wishedClassroomType - необходимый тип аудитории
 - teacherId - id преподавателя
 - groupId - id учебной группы

1.2. Обзор российских систем составления расписания

1.2.1. 1С: ХроноГраф Расписание

Фирма «1С», занимающаяся разработкой ПО для бизнеса и образования в качестве системы для автоматизации учебного планирования и составления расписания в разного рода организациях предлагает свою программу «1С: ХроноГраф Расписание» [1СГ]. «1С: ХроноГраф Расписание» позволяет:

- составлять понедельное расписание организации или отдельных её подразделений;
- задавать периоды обучения с учётом нерабочих дней, каникул и разбиением на четные и нечётные недели;
- создавать черновое расписание, используя функцию «Предварительный расчёт».

Основной проблемой данной программы является несовместимость с другими платформами. «1С: ХроноГраф Расписание» - однопользовательская программа, и нельзя интегрировать её с web-приложением для возможности сбора данных напрямую от пользователей. Сложность составления расписания сессии в этой системе обуславливается также её ориентированностью на составление расписания по неделям без учёта специфики проведения аттестаций.

1.2.2. Avtor (АВТОРасписание)

Программа «АВТОРасписание» [avtor] имеет несколько версий для различных учебных заведений: общеобразовательных школ, колледжей, техникумов, профессиональных училищ и ВУЗов. Это позволяет в подстроиться под специфику расписания конкретного типа образовательного учреждения, что является одним из её конкурентных преимуществ.

«АВТОРасписание» имеет достаточно широкий спектр применений. Этот программный продукт позволяет

- составлять понедельное расписание для учебных групп с минимальным количеством окон;
- составлять расписание преподавателей с минимальным количеством окон;
- оптимально размещать занятия по аудиториям, учитывая их вместимость и оснащённость необходимым оборудованием;
- учитывать пожелания сотрудников к своему расписанию;

- разделять учебные группы на подгруппы;
- вносить ручные корректировки в расписание.

Преимуществом этой программы помимо прочего является возможность публиковать расписание обучающихся и преподавателей из самой системы «Автор» на сайте, внутреннем портале или на мультимедийных стендах образовательной организации. Но при этом импорт данных всё ещё производится вручную диспетчером, что не очень удобно для учебного заведения с большим штатом сотрудников, которые сами могли бы вносить свои пожелания в систему.

1.2.3. Галактика Расписание учебных занятий

«Галактика Расписание учебных занятий» - часть системы управления ВУЗом той же корпорации Галактика [galaktica]. Этот программный продукт позволяет составлять расписание в ВУЗе, а также:

- вычислять несколько десятков показателей эффективности расписаний;
- оптимально размещать занятия по аудиториям, учитывая их вместимость и оснащённость необходимым оборудованием;
- учитывать приоритет преподавателей, учебных групп и дисциплин;
- контролировать пересечение расписаний для преподавателей, учебных групп и подгрупп во избежание «накладок»;
- контролировать длительность занятий;
- вручную бронировать аудиторный фонд;
- учитывать план изучения дисциплин для выстраивания их в правильном порядке.

«Галактика Расписание учебных занятий» - серьёзный инструмент для формирования расписания в высших учебных заведениях, учитывающий множество факторов при его составлении и имеющий удобную систему отчётности. На данный момент эта программа наиболее полно решает проблему автоматической генерации расписания российских ВУЗов, но и она не имеет интерфейса для прямого импорта пожеланий преподавателей прямо в систему. Компания «Галактика» помимо прочего предлагает техническое сопровождение своего ПО, но это учитывается при расчёте стоимости лицензии на использование программы.

1.3. Обзор зарубежных систем составления расписания

1.3.1. *Apereo UniTime*

UniTime от компании Apereo [**unitime**] - система автоматического создания расписания западных высших учебных заведений. Она учитывает, что студенты могут выбирать себе индивидуальный набор курсов, чего не происходит в российских ВУЗах, где обучение происходит по плану образовательных программ направлений.

UniTime даёт возможность:

- автоматически генерировать расписание курсов и экзаменов;
- минимизировать конфликты студенческих курсов;
- вносить ручные корректировки в расписание.

Эта программа имеет понятный web-интерфейс и может быть интегрирована в другую систему, но она не позволяет преподавателям вносить данные о своей занятости, чтобы учесть их при составлении расписания. Неприспособленность программы под составление расписания для групп, а не для конкретных студентов делает её менее удобной, чем российские аналоги.

1.3.2. *Lantiv Scheduling Studio*

Программа «Scheduling Studio» [**lantiv**] от компании Lantiv представляет собой систему совместной работы над расписанием и реализует следующие задачи:

- совместный доступ к редактированию расписания ВУЗа;
- оффлайн редактирование с возможностью синхронизации после появления в сети;
- цветовое выделение накладок расписания;
- составление расписания на различные временные периоды: неделя, семестр, четверть, год;
- копирование составленных элементов расписания на другие периоды.

Данный программный продукт имеет приятный и понятный интерфейс, но не имеет модуля автоматической генерации расписания, из-за чего основная часть работы всё ещё ложится на плечи диспетчеров. «Scheduling Studio» удобно использовать для составления нетривиального расписания, которое меняется от недели к неделе и плохо вписывается в шаблон школьного расписания или

расписания учебных занятий ВУЗа, например. Но для составления расписания сессии требуется большая степень автоматизации, чем предлагается этим ПО.

1.4. Выводы

Сведения о возможностях каждого из описанного в параграфах 1.2 и 1.3 сведём в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Сравнение систем составления расписания

	Учитывает пожелания ППС	Интегрируется с сайтами ВУЗов	Имеет возможность задавать нетривиальное расписание	Плата за использование	Генерация предварительного расписания	Открытый исходный код
1С: ХроноГраф Расписание	+	-	-	+	+	-
Avtor	+	-	+	+	+	-
Галактика Расписание учебных занятий	+	+	+	+	+	-
Apereo UniTime	-	+	+	-	+	+
Lantiv Scheduling Studio	-	-	+	+	-	-

Видно, что среди систем составления расписания для составления предварительного расписания сессии лучше всего могла бы подойти программа «Галактика Расписание учебных занятий», так как она удовлетворяет большинству требований, но при этом она, как и почти всё представленное в таблице ПО, требует оплату за использование. Также среди представленных программных продуктов все, кроме одного, не предоставляют открытый доступ к исходному коду. Таким образом, в рамках данной работы необходимо было разработать программу, удовлетворяющую всем перечисленным в таблице критериям.

ГЛАВА 2. АЛГОРИТМЫ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ СЕССИИ

Глава посвящена обзору алгоритмов, которые можно применять для составления расписания сессии, а также для оптимизации этого процесса.

В параграфе 2.1 приведена постановка задачи составления расписания сессии, далее в параграфе 2.2 рассмотрены два возможных режима составления расписания, а в параграфах 2.3 и 2.4 - алгоритмы, используемые для решения данной задачи.

2.1. Постановка задачи составления расписания сессии

Для составления расписания учебной сессии в университете необходимо каждой запланированной аттестации подобрать день, время и аудиторию проведения. Известны доступные аудитории и множество аттестаций, которые необходимо провести в рамках сессии. Для каждой аудитории известно время ее доступности. Для каждого типа аттестации определена длительность, максимальное количество в день и количество дней отдыха до и после её проведения. Нужно составить расписание сессии так, чтобы общая эффективность расписания была наибольшей. Далее введём математические обозначения для названных выше параметров, формализуем ограничения и определим, какое расписание будет являться оптимальным.

2.1.1. Обозначения

Составим расписание сессии для g учебных групп, каждая из которых характеризуется номером и количеством учащихся в ней студентов.

Множество номеров учебных групп:

$$Gr = \{gr_1, \dots, gr_g\} \quad (2.1)$$

Количество студентов в соответствующей учебной группе:

$$S = \{s_1, \dots, s_g\} \quad (2.2)$$

В данной задаче необходимо учитывать пожелания преподавателей, поэтому каждый преподаватель помимо ФИО должен характеризоваться множеством удобных для него дней и часов проведения аттестаций. Также преподавателям необходимо прописывать приоритет, чтобы в случаях, когда нельзя удовлетворить

пожеланиям всех преподавателей, в первую очередь будут учитываться пожеланиям именно преподавателей с большим приоритетом.

Множество, состоящее из p имён преподавателей ВУЗа:

$$T = \{t_1, \dots, t_p\} \quad (2.3)$$

Приоритеты соответствующих преподавателей:

$$Pr = \{pr_1, \dots, pr_p\} \quad (2.4)$$

Множество из q дней, которые преподаватель t выбрал возможными для проведения им аттестаций:

$$Td_t = \{td_{t1}, \dots, td_{tq}\} \quad (2.5)$$

Множество из s часов, которые преподаватель t выбрал возможными для проведения им аттестаций:

$$Tt_t = \{tt_{t1}, \dots, tt_{tc}\} \quad (2.6)$$

Важно также учитывать правила проведения сессий, ограничивающие количество аттестаций в день и определяющие, сколько дней отдыха нужно оставить группе до и после аттестации.

Определим множество из y типов аттестаций (экзамен, зачёт и т.п.):

$$A = \{a_1, \dots, a_y\} \quad (2.7)$$

Количество дней отдыха перед (Pb) и после (Pa) проведением аттестации каждого типа:

$$Pb = \{pb_1, \dots, pb_y\} \quad (2.8)$$

$$Pa = \{pa_1, \dots, pa_y\} \quad (2.9)$$

Длительность каждого типа аттестации в часах:

$$Ad = \{ad_1, \dots, ad_y\} \quad (2.10)$$

Максимальное количество аттестаций каждого типа в день:

$$Ac = \{ac_1, \dots, ac_y\} \quad (2.11)$$

При выборе аудиторий для проведения аттестаций необходимо полагаться на их размер и техническую оснащённость. Определим множество из u номеров аудиторий:

$$R = \{r_1, \dots, r_u\} \quad (2.12)$$

Типы соответствующих аудиторий (компьютерный класс, имеет проектор и т.п.):

$$Rt = \{rt_1, \dots, rt_y\} \quad (2.13)$$

Количество мест в соответствующих аудиториях:

$$Rs = \{rs_1, \dots, rs_y\} \quad (2.14)$$

Аттестации, которые необходимо провести в течение сессии описываются учебной группой, дисциплиной и преподавателями, которые должны провести данную аттестацию. Так же для каждой аттестации необходимо указать её тип и тип аудитории, в которой она должна проводиться.

Множество аттестаций:

$$E = \{e_1, \dots, e_k\} \quad (2.15)$$

Множества групп (Eg) и дисциплин (Ec) для каждой из k аттестаций:

$$Eg = \{eg_i \in Gr, \forall i \in \{1, \dots, k\}\} \quad (2.16)$$

$$Ec = \{ec_1, \dots, ec_k\} \quad (2.17)$$

Множества типов аттестаций и типов аудиторий для каждой из k аттестаций:

$$Ea = \{ea_i \in A, \forall i \in \{1, \dots, k\}\} \quad (2.18)$$

$$Er = \{er_1, \dots, er_k\} \quad (2.19)$$

Множество, состоящее из преподавателей, проводящих аттестацию e :

$$Et_e = \{et_{ei} \in T, \forall i\} \quad (2.20)$$

Каждой аттестации необходимо сопоставить дату, часы и аудиторию для проведения. Декартово произведение всех возможных дат, часов и свободных кабинетов представляет собой множество потенциальных окон для проведения аттестаций.

Множество окон:

$$W = \{w_1, \dots, w_n\} \quad (2.21)$$

$wd_i \in D$ - календарный день, соответствующий окну i ;

$wh_i \in H$ - время, соответствующее окну i ;

$wc_i \in R, \forall i \in \{1, \dots, n\}$ - аудитория, соответствующая окну i .

Введём множество *Solutions*, состоящее из функций булевых переменных, которые принимают значение 1, если за i -ей аттестацией бронируется j -е окно:

$$S(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{the attestation } e_i \text{ is held in window } w_j \\ 0 & \text{the attestation } e_i \text{ is not held in window } w_j \end{cases} \quad (2.22)$$

Таким образом, необходимо найти значения функции $S \in \text{Solutions}$ для $\forall i \in \{1, \dots, k\}$ и $\forall j \in \{1, \dots, n\}$. Множество пар $\langle i, j \rangle$, для которых $S(i, j) = 1$, представляют собой расписание сессии - соответствие аттестации дню, времени и аудитории.

Программно описанные в этом параграфе множество реализованы в качестве классов, представленных] в приложении 2.

2.1.2. Ограничения

Задача составления расписания сессии имеет ряд физических ограничений, а также ограничений, обусловленных правилами проведения сессии. Соблюдение этих ограничений позволит составить корректное расписание сессии:

Во-первых, в одной аудитории в одно время может проводиться только одна аттестация:

$$\forall j \in \{1, \dots, n\} \sum_{i=1}^k S(i, j) = 1 \quad (2.23)$$

Каждая аттестация в период сессии должна проводиться единожды, так как в данном случае не рассматривается расписание дополнительной сессии:

$$\forall i \in \{1, \dots, k\} \sum_{j=1}^n S(i, j) = Ad_e a_i \quad (2.24)$$

Преподаватель не должен отрабатывать в определённый день больше некоторого количества часов x :

$$\forall b \in \{1, \dots, p\} : \sum_{\forall i \in \{1, \dots, k\}, et_{ia}=t_b} \sum_{\forall j \in \{1, \dots, n\}} \sum_{\forall u \in d_u \in D, wd_j=d_u} S(i, j) \leq x \quad (2.25)$$

Любая группа не может сдавать аттестации любого типа в день больше, чем максимальное число, обусловленное типом аттестации:

$$\forall b \in \{1, \dots, g\}, \forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall m \in \{1, \dots, y\} : \\ \sum_{\forall i \in \{1, \dots, k\}, et_i = a_m, eg_i = gr_b} \sum_{\forall d \in D, wd_j = d} S(i, j) \leq ac_m * ad_m \quad (2.26)$$

Любая группа перед любой своей аттестацией не должна иметь аттестаций в окно отдыха перед аттестацией этого типа:

$$\forall b \in \{1, \dots, g\}, \forall i \in \{1, \dots, k\} eg_i = gr_b : \\ \max_{\forall j \in \{1, \dots, n\}, ed_j < ed_i} (ed_j) < ed_i - pb_{et_i} \quad (2.27)$$

Любая группа после любой своей аттестацией не должна иметь аттестаций в окно отдыха после аттестацией этого типа:

$$\forall b \in \{1, \dots, g\}, \forall i \in \{1, \dots, k\} eg_i = gr_b : \\ \min_{\forall j \in \{1, \dots, n\}, ed_j > ed_i} (ed_j) > ed_i - pa_{et_i} \quad (2.28)$$

Каждая аттестация должна проводиться в аудитории равной и или превосходящей по вместимости размеру группы:

$$\forall i \in \{1, \dots, k\}, \forall j \in \{1, \dots, n\} : s_{eg_i} > rs_{wc_j} \rightarrow S(i, j) = 0 \quad (2.29)$$

Каждая аттестация не может проводиться в аудитории с оснащённостью меньшей ожидаемой:

$$\forall i \in \{1, \dots, k\}, \forall j \in \{1, \dots, n\} : er_i < rt_{wc_j} \rightarrow S(i, j) = 0 \quad (2.30)$$

Чтобы составить расписание, комфортное для преподавательского состава, учтём некоторые ограничения связанные с предпочтениями преподавателей. Эти ограничения уже не столь критичны, как перечисленные выше, так как их нарушение не влечёт за собой нарушение правил или законов физики, но их наличие делает расписание более удобным для сотрудников.

Каждый преподаватель волен указать список календарных дней, в которые он готов принимать аттестации. Идеальное расписание предполагает, что любой преподаватель проводит все свои аттестации только в дни из этого списка:

$$\forall t \in T, \forall d \in D : d \notin Td_t \rightarrow S(i, j) = 0 \quad (2.31)$$

Также, преподаватель может указать удобные для него часы проведения аттестаций. Идеальное расписание учитывает это и располагает аттестации так, чтобы они затрагивали только выбранные часы каждого преподавателя:

$$\forall t \in T, \forall h \in H : h \notin Tt_h \rightarrow S(i, j) = 0 \quad (2.32)$$

Данная задача относится к классу NP-полных задач, а значит в худшем исходе придётся перебрать все возможные k аттестаций и n окон в качестве аргументов функции $S(i, j)$, где выполняются все описанные выше ограничения. Обобщим их для функции S :

$$S(i, j) = \begin{cases} \forall j \in \{1, \dots, n\} \sum_{i=1}^k S(i, j) = 1; \\ \forall i \in \{1, \dots, k\} \sum_{j=1}^n S(i, j) = Ad_e a_i; \\ \forall b \in \{1, \dots, p\} : \\ \sum_{\forall i \in \{1, \dots, k\}, et_i = t_b} \sum_{\forall j \in \{1, \dots, n\}} \sum_{\forall u \in d_u \in D, wd_j = d_u} S(i, j) \leq x; \\ \forall b \in \{1, \dots, g\}, \forall j \in \{1, \dots, n\}, \forall m \in \{1, \dots, y\} : \\ \sum_{\forall i \in \{1, \dots, k\}, et_i = a_m, eg_i = gr_b} \sum_{\forall d \in D, wd_j = d} S(i, j) \leq ac_m * ad_m; \\ \forall b \in \{1, \dots, g\}, \forall i \in \{1, \dots, k\} eg_i = gr_b : \\ \max_{\forall j \in \{1, \dots, n\}, ed_j < ed_i} (ed_j) < ed_i - pb_{et_i}; \\ \forall b \in \{1, \dots, g\}, \forall i \in \{1, \dots, k\} eg_i = gr_b : \\ \min_{\forall j \in \{1, \dots, n\}, ed_j > ed_i} (ed_j) > ed_i - pa_{et_i}; \\ \forall i \in \{1, \dots, k\}, \forall j \in \{1, \dots, n\} : s_{eg_i} > rs_{wc_j} \rightarrow S(i, j) = 0; \\ \forall i \in \{1, \dots, k\}, \forall j \in \{1, \dots, n\} : er_i < rt_{wc_j} \rightarrow S(i, j) = 0 \end{cases} \quad (2.33)$$

Оптимальным расписанием будет такое, где минимальное количество пожеланий преподавателей игнорируется. Таким образом, свведём задачу к поиску такого расписания S , на котором выполняется следующий минимум:

$$\min_{\forall S \in Solutions} \left(\sum_{\forall i \in \{1, \dots, k\}, \forall j \in \{1, \dots, n\}, wd_j \notin Td_{et_i}, wh_j \notin Th_{et_i}} (S(i, j) * pr_{et_i}) \right) \quad (2.34)$$

Видно, что идеальными расписаниями будут те, где учитываются пожелания всех преподавателей, так как в этом случае точно достигается наименьшее значение минимума формулы $(2.34) = 0$.

Для решения данной задачи рассмотрим алгоритмы динамического и линейного программирования, алгоритм на графах, эволюционный алгоритм и метод численной оптимизации.

2.2. Режимы алгоритмов составления расписания

Алгоритмы составления расписания можно использовать в двух режимах: инкрементальном и пакетном (batch-режим). В данном разделе рассмотрим, что из себя представляет каждый из этих режимов и почему пакетный режим больше подходит для решения задачи составления расписания сессии.

2.2.1. Инкрементальный режим

Инкрементальным режимом назовём выполнение алгоритма многократно при появлении новых данных. В контексте данной задачи это означает, что каждый раз, когда новый преподаватель будет добавлять информацию о своих предпочтениях, алгоритм будет просчитывать возможные варианты расписания с учётом:

- уже имеющихся данных, которые имеют приоритет, перед новыми;
- внесённых преподавателем изменений.

Так, при каждом новом пересчёте уже составленные расписания преподавателей считаются утверждёнными, что даёт возможность не считать их заново, тем самым ускорив работу алгоритма.

Из преимуществ данного подхода можно выделить возможность преподавателя, не дожидаясь других, увидеть своё расписание. Также, с точки зрения организации, плюсом можно считать стимул преподавателей как можно раньше заполнить форму сбора информации, чтобы иметь приоритет перед другими. Таким образом появляется возможность раньше закончить процесс составления расписания.

Недостатки данного режима более существенны на практике, чем его преимущества, так как основным недостатком является закрепление наиболее удобного расписания за теми, кто заполнил форму сбора раньше остальных, что может повлечь коллизии. Можно рассмотреть случай, когда первый преподаватель, заполнивший форму сбора, выбирает большое окно для проведения экзаменов и алгоритм бронирует за ним несколько определённых случайных дат, а остальные оставляет свободными. Тогда второй преподаватель, уезжающий на конференцию

в свободные даты и готовый провести экзамены в даты, занятые первым, уже не сможет это сделать, потому что у первого преподавателя приоритет, и его уже нельзя подвинуть на сводные даты.

2.2.2. Пакетный режим

Пакетным режимом в данном случае будет единоразовая обработка всех полученных сведений. Для этого необходимо определить дедлайн для сбора пожеланий преподаватель, при наступлении которого составить предварительное расписание для всех за один вызов алгоритма.

Преимуществом такого подхода является возможность установить приоритеты преподавателей и групп, на основе которых можно решать коллизии в случае невозможности нахождения идеального решения, учитывающего пожелания каждого.

Недостатком такого подхода можно назвать невозможность до дедлайна получить расписание, но в реальности это не будет глобальным минусом, потому что составленное таким образом предварительное расписание, всё равно, в последствии может быть скорректировано вручную.

Таким образом, из двух рассмотренных режимов для решения задачи составления расписания больше подходит именно пакетный, потому что его преимущества более значимы, а единственный недостаток не играет роли на практике, в отличие от описанных недостатков инкрементального режима.

2.3. Обзор алгоритмов составления расписания сессии

2.3.1. Обход графа в глубину для поиска идеальных решений

Задача составления расписания сессии является NP-полной, как, например, задача обхода графа, для которой существует множество классических алгоритмов, решающих её. Алгоритм обхода графа в глубину [dfs] является одним из них. Но чтобы применить этот алгоритм для составления расписания, необходимо свести эту задачу к задаче построения графа, у которого в качестве вершин выступают элементы расписания - аттестации и временные окна для их проведения. Наличие ребра обуславливается выполнением двух следующих условий:

- ребро из вершины с аттестацией i из отсортированного списка аттестаций E , может быть соединено только с аттестацией $i+1$ из E ;

- ребро из вершины $\langle i, j \rangle$ с аттестацией i и окном j в вершину $\langle i+1, q \rangle$ может существовать, если выполняются условия формул (2.33), (2.31) и (2.32) для $S(i+1, q)$ при $n=i+1$.

Тогда решением будет являться связный граф состоящий из k вершин - пар аттестаций и временных окон, отведённых для этих аттестаций.

Основная идея обхода в глубину – когда возможные пути по ребрам, выходящим из вершин, разветвляются, нужно сначала полностью исследовать одну ветку и только потом переходить к другим веткам. Сложность классического обхода в глубину с матричным заданием графа равна $O(m^2)$, где $m = n * k$ - количество вершин. Но так как известно, что доступность рёбер для каждой из вершин с аттестацией i ограничена n вершинами с аттестацией $i+1$, сложность снизится до $O(n^2 * k)$. Но так как для проверки остальных условий необходимо проверять i предыдущих вершин графа, сложность останется $O(n^2 * k * \log(k))$.

В процессе решения значениями функции $S(i, j)$ будет заполняться булева матрица. Важно помнить, что значение 1 в ячейке может быть проставлено, только при соблюдении ограничений системы (2.33), и стоит заметить, что выполнение ограничения, что в одной аудитории в одно время может проводиться только одна аттестация, влечёт за собой наличие в одном столбце матрицы не более одного значения 1, из-за чего матрицу можно заменить на целочисленный массив, где индексы соответствуют индексу возможного окна, а значения - индексу события, которое будет там проведено.

Будем считать, что идеальное решение найдено, если в каждой строке матрицы есть значение 1 или каждое число от 0 до k встречается в массиве решения, что означает, что каждую аттестацию можно сопоставить какому-то окну w_j с учётом перечисленных выше ограничений. Такое решение добавляется в список всех идеальных решений. Далее представлен псевдокод процедуры FindSolutions 2.1., которая реализует алгоритм обхода графа в глубину. Заметим, что в списке доступных окон W все элементы отсортированы по дням, кабинетам и часам, чтобы легко можно было оценивать занятость одного кабинета несколько часов подряд.

В процедуре FindNextStartTime 2.4 проводится проверка условий из формулы (2.33), чтобы подобрать следующее подходящее ребро, исходящее из указанной вершины. В случае, если для вершины не существует исходящего ребра, которое удовлетворяет всем условиям, данная процедура вернёт значение -1, в противном случае вернёт следующее ребро. В данной функции также происходит проверка

Algorithm FindSolutions**Input:** $E, W, k = |E|, n = |W|$ **Output:** $Solutions$

```

1.  $Solutions \leftarrow \{\}, S \leftarrow [], i \leftarrow 0$ 
2. while  $i < k$  do
3.    $time = NextTime(i)$ 
4.   for  $\forall u \in 0, \dots, k$  do
5.     if  $S[u] = i$  then
6.        $S[u] \leftarrow -1$ 
7.    $nextTime = FindNextStartTime(i, time)$ 
8.   if  $nextTime = -1$  then
9.     if  $i = 0$  then
10.      return  $Solutions$ 
11.     else
12.        $i \leftarrow i - 1$ 
13.   else
14.      $duration = ed_i$ 
15.     for  $\forall b \in \{nextTime, \dots, nextTime + duration\}$  do
16.        $S[b] \leftarrow i$ 
17.      $i \leftarrow i + 1$ 
18.   if  $i = k$  then
19.      $Solutions \leftarrow Solutions \cup S$ 
20.      $i \leftarrow i - 1$ 
21. return  $Solutions$ 

```

Рис.2.1. Псевдокод алгоритма DFS для составления расписания

условий из формул (2.31) и (2.32), чтобы обеспечить поиск идеального решения, удовлетворяющего пожеланиям всех преподавателей.

Function FindNextStartTime**Input:** $event, time, \mathbb{E}, \mathbb{W}, \mathbb{S}, k = |\mathbb{E}|, n = |\mathbb{W}|$ **Output:** t

```

1.  if  $time < 0$  then
2.    return-1
3.  for  $i \in \{time, \dots, k\}$  do
4.     $w \leftarrow W[i]$ 
5.    if  $S[i] = -1 \wedge rt_w = er_{event} \wedge i + ad_{event} < n \wedge se_{event} \leq er_w \wedge er_w =$ 
       $er_{W[i+ad_{event}]} \wedge ed_w = ed_{W[i+ad_{event}]} \wedge wd \in Td_{event} \wedge wt \in$ 
       $Tt_{event} \wedge wt + ed_w \in Tt_{event}$  then
6.       $teacherTime \leftarrow 0, countPerDay \leftarrow 0, j \leftarrow 0$ 
7.      while  $i < k$  do
8.        if  $S[j] = -1$  then
9.           $j \leftarrow j + 1$ 
10.         continue
11.        if  $w = S[j] \wedge wt \in et_{solution}[j]$  then
12.          break
13.        if  $et_{S[j]} = et_{event}$  then
14.           $teacherTime = teacherTime + 1$ 
15.          if  $teacherTime > maxTimePerDay - ed_{event}$  then
16.            break
17.        if  $eg_{S[j]} = eg_{event}$  then
18.          if  $(ea_{S[j]} = ea_{event}) \wedge (wd = ed_{S[j]})$  then
19.             $countPerDay \leftarrow countPerDay + 1$ 
20.            if  $(ac_{et_{event}} < countPerDay) \vee (wt - pb_{ea_{event}} \leq$ 
               $wd_{S[j]} \wedge wt + pa_{ea_{event}} \geq wd_{S[j]})$  then
21.              break
22.             $k \leftarrow k + 1$ 
23.        if  $j = n$  then
24.          return  $i$ 
25.  return-1

```

Рис.2.2. Проверка условий формул (2.33), (2.31) и (2.32)

2.3.2. Алгоритм обхода графа в глубину с учётом приоритетов преподавателей

На практике возникают ситуации, когда недостаток аудиторий и накладки в личных расписаниях преподавателей не позволяют найти такое расписание, которое удовлетворит всем пожеланиям. По этой причине приходится учитывать приоритеты ограничений и минимизировать потери по формуле (2.34).

Существует ряд ограничений, поступиться с которыми нельзя. В их число входят правила проведения аттестаций и физические условия, связанные с проведением экзаменов в аудиториях, описанные в формуле (2.33). Но есть и менее жёсткие факторы - это пожелания преподавателей к датам и времени экзаменов.

Каждый преподаватель указывает дни и время, когда ему было бы удобно присутствовать на аттестации. В некоторых случаях удобство эквивалентно тому, что в остальные дни преподаватель в принципе не может принимать экзамены. Приоритет таких ограничений должен быть выше, чем у случаев, когда преподавателю просто комфортнее было бы присутствовать на экзаменах в определённые дни.

Для этого было введено множество приоритетов P_i , где больший приоритет соответствует большему влиянию учёта пожеланий преподавателя на потери функции (2.34). Система приоритетов в случае появления коллизий при составлении расписания позволит в первую очередь попытаться нарушить только пожелания с наименьшим приоритетом и только, если это необходимо, с более высокими.

Модернизируем алгоритм поиска «идеального» решения:

Для этого нужно хранить массив `ignoreWishes`, в котором будут фиксироваться те аттестации, для которых приходится искать решения без учёта предпочтений преподавателей.

Также, в алгоритме 2.3 на строке 2 необходимо отсортировать массив аттестаций по приоритетам преподавателей, чтобы искать решения без учёта высокоприоритетных преподавателей лишь в последнюю очередь.

Метод поиска решений `FindSolutions` 2.3 теперь содержит условный оператор, который в случае определения того, что идеального решения найти не удаётся, переходит в режим игнорирования пожеланий преподавателя для конкретного события. Для этого в массиве `ignoreWishes` выставляется `true` по индексу, соответствующему этому событию.

Algorithm FindSolutions

Input: $P, E, W, k = |E|, n = |W|$
Output: S

```

1.  $ignoreWishes \leftarrow [], S \leftarrow [], i \leftarrow 0$ 
2.  $Sort(E)$ 
3. while  $i < k$  do
4.    $time = NextTime(i)$ 
5.   for  $\forall u \in 0, \dots, k$  do
6.     if  $S[u] = i$  then
7.        $S[u] \leftarrow -1$ 
8.    $nextTime = FindNextStartTime(i, time)$ 
9.   if  $ignoreWishes[i] = False \wedge nextTime = -1$  then
10.     $ignoreWishes[i] = True$ 
11.     $nextTime = FindNextStartTime(i, 0)$ 
12.   if  $nextTime = -1$  then
13.     if  $i = 0$  then
14.       return  $null$ 
15.     else
16.        $ignoreWishes[i] = False$ 
17.        $i \leftarrow i - 1$ 
18.   else
19.      $duration = ed_i$ 
20.     for  $\forall b \in \{nextTime, \dots, nextTime + duration\}$  do
21.        $S[b] \leftarrow i$ 
22.      $i \leftarrow i + 1$ 
23. return  $S$ 

```

Рис.2.3. Псевдокод алгоритма DFS для составления расписания с учётом приоритетов преподавателей

Метод поиска следующего подходящего времени и аудитории теперь может работать в двух режимах. В режиме игнорирования рассматриваются только те окна, которые хотя бы в какой-то мере не удовлетворяют пожеланиям преподавателя. Для этого в алгоритме 2.4 в строке 5 используется логический оператор XOR между результатом проверки соблюдения пожеланий преподавателя и значением в массиве игнорирования.

Function FindNextStartTime

Input: $event, time, \mathbb{E}, W, S, k = |\mathbb{E}|, n = |\mathbb{W}|, ignoreWishes$
Output: t

```

1.  if  $time < 0$  then
2.      return -1
3.  for  $i \in \{time, \dots, k\}$  do
4.       $w \leftarrow W[i]$ 
5.       $teacherWish \leftarrow (wd \in Td_{event} \wedge wt \in Tt_{event} \wedge wt + ed_w \in$ 
         $Tt_{event}) \nabla ignoreWishes[i]$ 
6.      if  $S[i] = -1 \wedge rt_w = er_{event} \wedge i + ad_{event} < n \wedge s_{event} \leq er_w \wedge er_w =$ 
         $er_{W[i+ad_{event}]} \wedge ed_w = ed_{W[i+ad_{event}]} \wedge teacherWish$  then
7.          ...
8.      if  $j = n$  then
9.          return  $i$ 
10. return -1

```

Рис.2.4. Проверка условий формулы (2.33) с учётом режима игнорирования

Асимптотическая сложность этой интерпретации алгоритма тоже равна $O(n^2 * k)$, но требует дополнительную память на хранение бинарного массива `ignoreWishes`.

2.3.3. Генетический алгоритм

Генетический алгоритм имитирует естественный отбор и состоит из нескольких этапов:

- Создание популяции;
- Размножение путём обмена генами у двух особей;

- Мутации путём проведения определённых изменений генов некоторых особей;
- Расчёт метрики приспособленности для особей и отбор лучших для перехода в новое поколение.

Определим основные понятия генетического алгоритма для простого случая составления расписания. Ген будет представлять собой объект с полями: Группа, Преподаватель, Предмет, Тип аттестации, Дата, Время, Аудитория. Популяция - все возможные комбинации расположения аттестаций по аудиториям во времени. Особь - некоторый набор генов (пример расписания). Такая задача сводится к нахождению наилучшей особи - расписания.

Фитнес-функция для этого алгоритма, в которой задаётся способ расчёта метрики качества расписания, должна учитывать ограничения (2.33), чтобы с каждым новым поколениям расписания имели всё меньше и меньше накладок.

Из преимуществ генетического алгоритма можно выделить:

- Адаптивность времени выполнения;
- Возможность ограничить количество поколений алгоритма, по истечении которых алгоритм оставит наиболее подходящее расписание;
- Адаптивность качества;
- Если задать условием остановки алгоритма - достижение некоторого счёта в фитнес-функции, можно завершить работу с приемлемыми потерями, полученными, например, от пренебрежения пожеланиями преподавателями.

Недостатками генетического алгоритма для задачи составления расписания будут:

- Массивные входные данные, так как для формирования популяции необходимо брать декартово произведение нескольких датасетов, а после манипулировать большой начальной популяцией;
- Нелинейная зависимость качества от длительности выполнения, так как часто в эволюционных алгоритмах последующее поколение бывает менее приспособлено, чем предыдущее, а значит, заранее предугадать количество итераций при заданном минимальном пороге качества нельзя;
- Сложность подбора параметров фитнес-функции;
- Длительная отладка.

2.3.4. Жадный алгоритм

Жадный алгоритм - это алгоритм, который на каждом шаге выбирает локально оптимальное решение, ожидая, что итоговое решение тоже будет оптимальным. В какой-то мере жадным алгоритмом пользуются диспетчеры при составлении расписания сессии: сначала выставляются даты для аттестаций проводимых высоприоритетными преподавателями-совместителями, а далее в свободные окна расставляются менее приоритетные.

Но программная реализация жадного алгоритма при составлении расписания слишком часто не будет сходиться к решению, которое удовлетворяет всем ограничениям. Во многих задачах допустимо искать не глобальный оптимум решения, чтобы уменьшить время выполнения, но при составлении расписания сессии нельзя пренебрегать рядом ограничений, а значит если на какой-то итерации алгоритма некоторую аттестацию остаётся расположить в занятой аудитории, применение такой оптимизации совершенно теряет смысл. Можно повторять жадный поиск решения несколько, если сразу не удаётся найти подходящее расписание, но так процесс подбора решения потеряет свою "жадность" и выродится к полному перебору.

2.4. Методы оптимизации поиска лучших решений

2.4.1. Метрики оценки качества расписания

Для оценки предложенных расписаний подсчитаем несколько метрик:

Длительность сессии для каждого преподавателя с учётом его приоритета:

$$DurationT = \sum_{\forall t \in T} (pr_t * (\max_{i \in \{0, \dots, n\}, et_S[i]=t} (wd_i) - \min_{i \in \{0, \dots, n\}, et_S[i]=t} (wd_i))) \quad (2.35)$$

Считаем, что расписание преподавателя должно быть максимально компактным по датам, а значит разницу между первым и последним днём проведения экзаменов нужно минимизировать.

Суммарная длительность минимального отдыха между экзаменами по группам:

$$Pause = \sum_{\forall gr \in Gr} (\min_{i, j \in \{0, \dots, n\}, eg_S[i]=gr, wd_i \neq wd_j, i > j} (wd_i - wd_j)) \quad (2.36)$$

Считаем, что студентам желательно не иметь маленьких перерывов между экзаменами, поэтому стремимся максимизировать Pause для расписания.

Суммарная длительность сессии по группам:

$$DurationG = \sum_{\forall gr \in Gr} \max_{i \in \{0, \dots, n\}, egs[i] = gr} (wd_i) \quad (2.37)$$

Чем раньше закончится сессия, тем раньше у иногородних студентов появится возможность уехать домой, а значит порядковый номер последнего дня сессии для группы нужно пытаться минимизировать.

Суммарное кол-во рабочих дней для преподавателей с учётом их приоритетов:

$$Work_t = \{wd_i, \forall i \in 1, \dots, n, et_{S[i]} = t\}; \quad (2.38)$$

$$WDays = \sum_{\forall t \in T} (pr_t * \|Work_t\|) \quad (2.39)$$

Считаем, что преподавателю удобно иметь максимальное количество дней, свободных от проведения экзаменов, а значит метрику WDays стараемся минимизировать. На практике это означает, что лучше провести несколько зачётов в один день, чем заставлять человека несколько раз в неделю приезжать в университет.

Все эти метрики имеют разные шкалы, какие-то мы пытаемся максимизировать, какие-то минимизировать, одни измеряются несколькими неделями, а другие несколькими днями. Поэтому каждую метрику для всех рассматриваемых решений необходимо нормализовать. Это приведёт данные метрики к единой шкале и улучшит их интерпретируемость.

Ко всем метрикам качества для выбранных для сравнения расписаний применим минимаксную нормализацию [**minimax**], которая рассчитывается по формуле:

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (2.40)$$

Далее сделаем так, чтобы большему значению каждой метрики соответствовало более предпочтительное расписание. Для этого те метрики, для которых лучшее решение имеет меньшее значение - вычтем из 1. Тем самым соотношение всех значений метрики среди расписаний останется таким же, но качество метрики будет расти с качеством решения.

2.4.2. Метод ветвей и границ

Метод ветвей и границ принадлежит к группе алгоритмов целочисленного линейного программирования и применяется для оптимизации задач полного перебора [**branch**]. Он как нельзя кстати придётся для модернизации алгоритма полного обхода графа в глубину. Суть этого метода состоит в том, чтобы в процессе обхода графа, отбрасывать заведомо менее оптимальные решения, чем уже найденные.

Такой подход потребует выделить память под хранение метрик качества. В памяти необходимо держать качество текущего рассчитываемого расписания и предыдущего лучшего расписания. В качестве метрики качества возьмём разброс между первым и последним днём проведения сессии для каждого преподавателя. Чем он меньше, тем лучше считается расписание. Естественно, можно выбрать и другие критерии качества расписания, но алгоритм при этом поменяется незначительно. Выбор такой метрики вынуждает хранить массив с количеством дней разброса для каждого преподавателя, поэтому выделим память под массивы `metrics[]` и `bestMetrics[]` размером `p` (число преподавателей).

Модернизируем функцию поиска решений методом обхода графа в глубину, добавив в качестве условия перехода к следующей аттестации проверку на то, является ли расписание на данном этапе, худшим, чем предыдущее полностью составленное расписание. Эта проверка добавляется в строке 18 алгоритма 2.5.

Algorithm FindSolutions**Input:** $E, W, k = |E|, n = |W|$ **Output:** $Solutions$

```

1.   $metrics \leftarrow [], bestMetrics \leftarrow [], Solutions \leftarrow \{\}, S \leftarrow [], i \leftarrow 0$ 
2.  while  $i < k$  do
3.       $time = NextTime(i)$ 
4.      for  $\forall u \in 0, \dots, k$  do
5.          if  $S[u] = i$  then
6.               $S[u] \leftarrow -1$ 
7.       $nextTime = FindNextStartTime(i, time)$ 
8.      if  $nextTime = -1$  then
9.          if  $i = 0$  then
10.             return  $Solutions$ 
11.          else
12.              $i \leftarrow i - 1$ 
13.      else
14.           $duration = ed_i$ 
15.          for  $\forall b \in \{nextTime, \dots, nextTime + duration\}$  do
16.               $S[b] \leftarrow i$ 
17.           $i \leftarrow i + 1$ 
18.          if  $i = 0 \vee \neg isItWorse(i)$  then
19.               $i \leftarrow i + 1$ 
20.          else
21.             return  $Solutions$ 
22.      if  $i = k$  then
23.           $Solutions \leftarrow Solutions \cup S$ 
24.           $bestMetrics \leftarrow metrics$ 
25.           $i \leftarrow i - 1$ 
26.  return  $Solutions$ 

```

Рис.2.5. Псевдокод алгоритма DFS с использованием метода ветвей и границ

Функция `isItWorse` 2.6 пересчитывает для рассматриваемого преподавателя длительность его сессии и проверяет, не является ли оно худшим, чем у того же преподавателя в предыдущем полном расписании. Для этого в массиве текущего решения находится максимальный и минимальный день, для рассматриваемого преподавателя и возвращается их разница.

Function `isItWorse`

Input: *event, time, \mathbb{E} , \mathbb{W} , \mathbb{S} , $k = |\mathbb{E}|$, $n = |\mathbb{W}|$, *ignoreWishes**

Output: *t*

```

1.  max, min  $\leftarrow wd_{n-1}$ , i  $\leftarrow event - 1$ 
2.  while i  $\geq 0 \wedge et_i = et_{event}$  do
3.      j  $\leftarrow \min_{j \in 0, k-1, S[j]=i} (j)$ 
4.      if  $wd_j > max$  then
5.          max  $= wd_j$ 
6.      else if  $wd_j < min$  then
7.          min  $= wd_j$ 
8.      i  $\leftarrow i - 1$ 
9.  metrics[event]  $\leftarrow max - min$ 
10. return  $bestMetrics[0] \neq -1 \wedge bestMetrics[et_{event}] < metrics[et_{event}]$ 
```

Рис.2.6. Функция сравнения метрики качества для преподавателя с предыдущим лучшим решением

2.4.3. Алгоритм имитации отжига

Для выбора лучшего из расписаний и расчёта всех метрик необходимо будет дополнительно обойти x расписаний, состоящих из n возможных временных окон. А потом просуммировать их по p преподавателям и g учебным группам. Если входные данные были такими, что было найдено 5-10 возможных расписаний, то не составит труда просчитать их все, так как относительно n - числа временных окон, оно вносит минимальный вклад в сложность вычислений.

Но рассмотрим случай, когда методом полного перебора было найдено большое количество возможных расписаний, и число x достаточно велико и даже сравнимо с n . В такой ситуации было бы полезно находить более оптимальные решения без расчёта метрик для каждого расписания, жертвуя некоторой погрешностью.

Для этого можно применить оптимизационный алгоритм имитации отжига [sim]. Он основан на имитации физического процесса отжига металлов - при постепенно понижающейся температуре переход атома из одной ячейки кристаллической решётки в другую происходит с некоторой вероятностью, которая понижается с понижением температуры.

При помощи моделирования этого процесса ищется такая точка или множество точек, на котором достигается минимум некоторой функции $F(S)$. Для задачи выбора лучшего расписания функция $F(S)$ - функция, вычисляющая качество расписания, например, по метрике DurationG, где S - некоторое из полученных расписаний:

$$F(S) = \sum_{\forall gr \in Gr} \max_{i \in \{0, \dots, x\}, eg_{S[i]} = gr} (wd_i) \quad (2.41)$$

Решение ищется последовательным вычислением точек S_0, \dots, S_f из множества Solutions (для задачи выбора оптимального расписания - возможные варианты расписаний), где f - количество итераций понижения температуры. Каждая последующая точка претендует на то, чтобы лучше предыдущих приближать решение. В качестве исходных данных возьмём точку S_0 . На каждом шаге алгоритм вычисляет новую точку и понижает значение счётчика - температуры Q_i , и когда он достигает нуля, алгоритм останавливается в этой точке.

Температурой для данной задачи возьмём некоторую константу, достаточно большую, чтобы хватило итераций для нахождения примерного оптимума, но при этом меньшую, чем x . Пусть это будет константа $Q_0 = \frac{n}{10}$.

К точке x_i на каждом шаге применяется оператор A , который случайным образом модифицирует её, в результате чего получается новая точка x^* . Он возвращает следующее расписание для расчёта метрики качества на следующей итерации.

$$A(S_i) = S_{Y(0, x-i)}, \text{ Y - random number on a segment } [0, x-i] \quad (2.42)$$

Но перейдёт ли S^* в S_{i+1} произойдёт с вероятностью, которая вычисляется в соответствии с распределением Гиббса:

$$P(x^* \rightarrow S_{i+1} \mid S_i) = \begin{cases} 1, & F(S^*) - F(S_i) < 0 \\ \exp\left(-\frac{F(S^*) - F(S_i)}{Q_i}\right), & F(S^*) - F(S_i) \geq 0 \end{cases} \quad (2.43)$$

В псевдокоде 2.7 представлено создание цикла понижения температуры, который возвращает расписание, которое будет выбрано, когда температура станет нулевой.

Algorithm SimulatedAnnealing

Input: $Solutions, E, W, x = |Solutions|, k = |E|, n = |W|$
Output: S

1. $i \leftarrow 0$
2. $metrics[i] = F(Solutions[i])$
3. **for** $q \in n/10, \dots, 0$ **do**
4. $next = A(Solutions[i])$
5. $metrics[next] = F(Solutions[next])$
6. $pr = P(S_{next} \mid S_i)$
7. **if** $Y(0, 1 < p)$ **then**
8. $i \leftarrow next$
9. **return** $Solutions[i]$

Рис.2.7. Псевдокод алгоритма имитации отжига для определения оптимального расписания из предложенных

Из преимуществ этого метода оптимизации можно выделить его скорость, потому что расчёт метрик качества расписания осуществляется только для установленного числа решений. Но при этом это снижает точность выбора наиболее удачного расписания, так как присутствует фактор случайности при выборе следующего решения на каждом шаге алгоритма.

2.5. Выводы

Система составления расписания сессии СПбПу реализует алгоритм обхода в глубину с учётом приоритетов преподавателей, одним из входных параметров которого будет максимальное количество рассчитанных расписаний. Этот параметр необходим для ускорения работы алгоритма, если не стоит задачи выбрать самое лучшее из всех возможных расписаний. Реализация этого алгоритма представлена в приложении 1

Если выбрана метрика определения наиболее оптимального расписания, можно применить метод ветвей и границ, чтобы ещё ускорить вычисления и

вернуть меньшее количество наиболее качественных расписаний сессии. Метод имитации отжига плохо применим к оптимизации выбора самого удачного расписания на практике, так как он нацелен на относительно большое число входных вариантов расписания, что во-первых редкость, потому что зачастую предпочтения преподавателей и загруженность помещений не даёт большой выбор расписаний, а во-вторых требует длительного времени на расчёт большого числа расписаний, среди которых будет выбираться лучшее.

ГЛАВА 3. РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СОСТАВЛЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАСПИСАНИЯ

В данной главе речь идёт о ПО, рассматривавшемся в качестве средств разработки системы составления расписания сессии для СПбПу. В параграфах 3.1 и 3.2 приводится обоснование выбора средств реализации системы таких как язык программирования, фреймворков и СУБД. В параграфе 3.3 приводится архитектура реализованной системы.

3.1. Выбор языка программирования

Так как система составления расписания сессии должна иметь веб-модуль, необходимо подобрать подходящий для этой цели язык программирования. Среди высокоуровневых языков, которые потенциально могли бы сделать процесс разработки более быстрым, а результат качественным рассматривались следующие претенденты:

- Java;
- JavaScript;
- C#;
- C++.

3.1.1. Java

Java - один из самых популярных объектно-ориентированных языков программирования, что всегда является преимуществом, так как количество и качество документации, множество фреймворков и библиотек под любые нужды делает

процесс разработки быстрее и эффективнее. Технология Garbage Collection, реализованная в Java оптимизирует управление памятью программ, что очень важно для работы с большим количеством входных данных, как в задаче составления расписания сессии. Также плюсом данного языка является его кроссплатформенность, а значит код на нём может быть запущен везде, где установлена Java Virtual Machine.

3.1.2. JavaScript

JavaScript - язык программирования, который изначально использовался для разработки фронтенда и с помощью скриптов встраивал в HTML страницы исполняемый код. Сейчас JavaScript можно использовать и в качестве основного языка для написания бэкенда, так как с появлением среды Node.js программы на JavaScript можно запускать и на сервере. Преимуществом JavaScript всё ещё является его ориентированность на работу с веб страницами, а также его простота. Скрипты на этом языке поддерживаются всеми современными браузерами и не требуют установки дополнительного программного обеспечения. В качестве языка для бэкенда недостатком служит отсутствие явной типизации, а так же разработку усложняет тот факт, что нет возможности узнать об ошибке на этапе компиляции, а значит о том, что где-то в коде появилось сложение строки с числом, разработчик узнает только тогда, когда программа выполнится до этого места и не раньше.

3.1.3. C#

C#, как и Java, является кроссплатформенным языком программирования, который разработан для создания приложений среды NET Framework. С точки зрения разработки C# удобен обилием синтаксического сахара, за счёт которого упраздняются громоздкие конструкции, делающие написание кода более быстрым, а также повышающие его читаемость. Это в какой-то мере сказывается на производительности вычислений, но окупается удобством разработки. Помимо этого для C# тоже существует множество фреймворков, что также предоставляет возможность переиспользовать уже готовые технологии.

3.1.4. C++

C++ - объектно-ориентированный язык программирования с возможностью низкоуровневой работы с данными, что даёт возможность писать на нём даже микроконтроллеры. Но сложность синтаксиса и небогатая стандартная библиотека

затрудняет высокоуровневую разработку. С++ достаточно популярен и имеет большое количество документации, но даже с ней не всегда легко правильно самостоятельно обеспечить грамотную работу с памятью. Ещё одним недостатком этого языка является зависимость от платформы и этот фактор перевешивает даже отличную производительность этого языка.

3.1.5. Определение языка программирования

Для реализации сервиса составления предварительного расписания сессии к языку программирования предъявлялись следующие требования:

- Наличие подробной документации;
- Наличие фреймворков для упрощения работы с базой данных и веб-сервисом программы;
- Кроссплатформенность;
- Удобство и скорость разработки.

Язык Java удовлетворяет всем перечисленным критериям благодаря своей популярности среди программистов. Это существенно упрощает процесс разработки, так как для Java существует множество пособий, а способы устранения возникающих ошибок уже в большинстве собой описаны на различных интернет-ресурсах. Далее выбор фреймворков будет рассматриваться именно для Java, благо для данного языка их существует достаточно. Но стоит заметить, что язык JavaScript, хоть и не очень хорошо подходит для основоного языка в этом проекте, но будет использоваться для создания веб-интерфейса, так как Java не очень хорошо приспособлена для этой задачи.

3.2. Выбор фреймворка для построения веб-приложения

3.2.1. Spring

Spring - Java-фреймворк, состоящий из множества компонентов таких как Inversion of Control для управления объектами, MVC для расширения Servlet API и прозрачного разделения между слоями модель, представление, контроллер и даже компонента доступа к базам данных [**spring**]. Все эти и другие компоненты могут добавляться в проект независимо, что делает разработку более гибкой. Наличие этих модулей избавляет разработчика от низкоуровневой работы с запросами, налаживания взаимодействия с базами данных и прочих моментов имеющих чисто

технический характер и не имеющих связи с бизнес-задачей программы. Ещё одним преимуществом Spring для разработчика является его популярность и качественная документация, чего часто не хватает молодым и мало известным проектам.

3.2.2. Dropwizard

Dropwizard - это фреймворк для создания веб-сервисов RESTful [**dropwizard**]. Он по умолчанию поставляется с такими библиотеками, как Jetty server, Jackson, Metrics, Hibernate Validator и Guava. Dropwizard не имеет русскоязычной документации, что является недостатком. Так же у Dropwizard не так много модулей, как у Spring, но всё ещё просто расширяется с использованием файлов конфигураций.

3.2.3. Vert.x

Vert.x - это асинхронный, событийно ориентированный фреймворк, создатели которого во многом вдохновлялись фреймворком node.js [**vertx**]. Он позволяет оптимизировать параллельную отправку и получение запросов, обрабатывая их большее количество с меньшими ресурсами, нежели фреймворки, основанные на блокирующем асинхронном вводе-выводе. Vert.x позволяет работать с действительно нагруженными системами, но не имеет такого же количества модулей для разных целей, как Dropwizard и тем более Spring.

3.2.4. Определение фреймворка для построения веб-приложения

Для написания системы составления расписания сессии СПбПу из рассмотренных фреймворков был выбран именно Spring, потому что обладает всеми необходимыми для данной задачи модулями. Огромное количество библиотек, включённых в Spring может помочь при дальнейшем расширении сервиса без переписывания его на другой фреймворк. Также при поддержании работы системы другими разработчиками не возникнет проблемы с изучением Spring, потому что для него существует множество справочных материалов в том числе на русском языке.

3.2.5. Хранение данных

Spring Framework имеет поддержку ORM Hibernate [**hibernate**]. ORM или Object-Relational Mapping - это технология, позволяющая сопоставлять объекты объектно-ориентированной модели, на которой зиждится Java, с сущностями базы данных. Таким образом, не нужно вручную создавать таблицы с полями, соответствующими структуре Java - объекта, ведь можно просто добавить к нему аннотацию, а Hibernate сделает всё автоматически, а самое главное автоматически преобразует полученные результаты select-запроса в объект, что не всегда просто делать самостоятельно. Также, Hibernate имеет predefined запросы к базе данных, из-за чего можно не прописывать монотонные sql-запросы на поиск и удаления элемента по id или добавления его в таблицу.

Hibernate поддерживает диалекты и MySQL, и Oracle, и Microsoft SQL Server, и PostgreSQL, поэтому в качестве СУБД была выбрана PostgreSQL, так как она полностью бесплатна и проста в установке на любой платформе.

3.2.6. Выводы

Таким образом, в качестве основного языка программирования был выбран Java, который во фронтенд части дополняется JavaScript, более приспособленным для реализации интерфейсов. Среди фреймворков для работы с веб-приложениями для Java выбор пал на Spring Framework, имеющий множество разных модулей, в том числе Hibernate, с помощью которого осуществляется взаимодействие с базой данной PostgreSQL.

3.3. Архитектура системы

На схеме 3.1 представлена архитектура система составления предварительного расписания сессии СПбПУ.

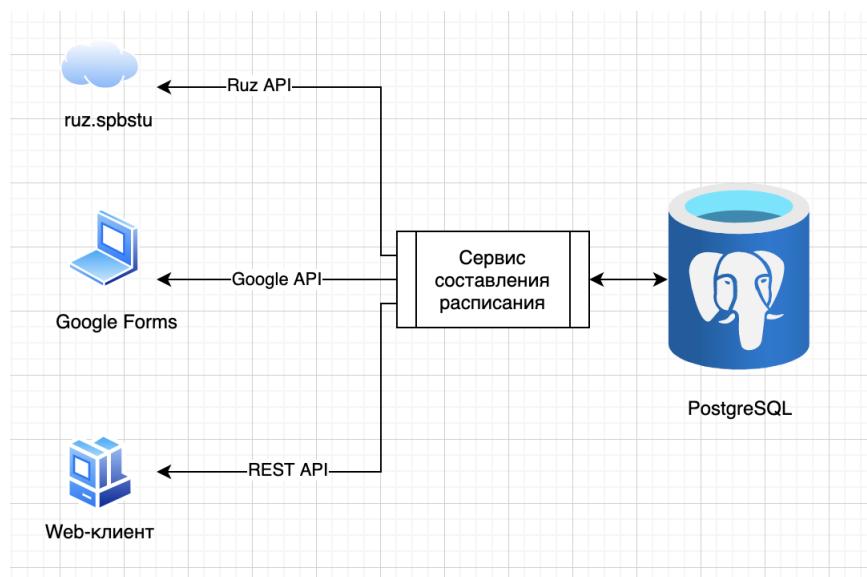


Рис.3.1. Схема архитектуры системы

Администратор имеет доступ к веб-интерфейсу приложения. С его помощью сведения о том, для каких аттестаций, групп, на какие даты и время должно быть составлено расписание. Spring сервер сохраняет эти данные в базе данных. Полученные сведения дополняются информацией с сайта расписания университета по API. На основе имеющихся данных сервер с помощью Google API формирует форму для сбора сведений преподавательского состава. После получения с помощью Google API информации о пожеланиях преподавателей на сервере происходит генерация предварительного расписания и выгрузка его в google-таблицу.

Далее рассмотрим каждое из данных звеньев системы подробнее.

3.3.1. Веб-клиент и UI

Веб-клиент позволяет администратору работать с системой составления расписания. "Общение" пользователя с сервером осуществляется с помощью REST-запросов на сервер, написанных на JavaScript. Этот код представлен в приложении ??

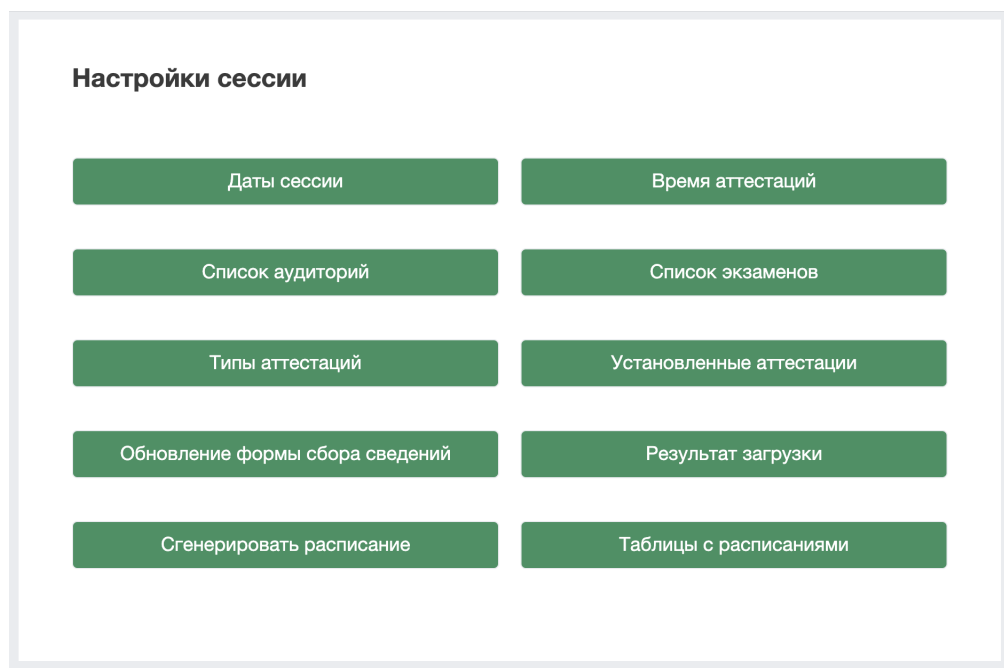


Рис.3.2. Главная страница интерфейса администратора

На рисунке 3.2 представлен перечень действий, который может выполнить администратор. Они реализуются рядом POST-запросов.

POST-запрос к `/session/update_date` с параметром `days` позволяет выбрать дни сессии. Форма для выбора дат изображена на скриншоте 3.3.

The screenshot shows the 'Настройки сессии' (Session Settings) page, specifically the 'Даты проведения экзаменов' (Exam Dates) section. It includes a date range selector with two input fields: 'с' (from) and 'по' (to). The first field contains '18.05.2021' and the second contains '28.06.2021'. Below this is a second set of input fields with placeholders 'ДД.ММ.ГГГГ' and 'ДД.ММ.ГГГГ'. A button 'Добавить ещё один временной интервал' (Add another time interval) is located below the date range selector. To the right of the date range selector is a green button 'Отправить форму' (Send form) and a grey button 'Назад' (Back). A list of selected dates is shown on the left side of the form, starting with '2021-05-18' and ending with '2021-06-09'.

Рис.3.3. Форма выбора дней

POST-запрос к `/session/update_class` с параметром `classroomFile` позволяет добавить файл с данными об аудиториях, а запрос к `/session/update_att` с параметром `attestationFile` позволяет загрузить файл с данными о типах аттестаций.

POST-запрос к `/session/update_time` с параметрами `time1` и `time2` позволяет выбрать время проведения аттестаций. Форма для выбора времени изображена на скриншоте 3.4.

Настройки сессии

Время проведения экзаменов

Самый ранний экзамен может начаться в:

Экзамены должны закончиться в:

Отправить форму

Назад

Рис.3.4. Форма выбора времени

POST-запросы к `/session/update_exam_teacher` и `/session/update_exam` с параметрами `spes` и `examFile` позволяет для конкретных специальностей загружать файлы со списком экзаменов. Форма для загрузки учебных планов представлена на скриншоте 3.5.

Учебные планы

Введите код, с которого начинаются названия групп (до "/") выбранной специальности:

Добавьте файл, содержащий список аттестаций для выбранной специальности.

Формат строки: Название дисциплины, номера семестров, типы аттестации

Пример: Программирование веб-приложений (JS), "6,7", "Экзамен, Зачет"

Выберите файл Файл не выбран

ИЛИ добавьте файл, содержащий список аттестаций для выбранной специальности по группам.

Формат строки: Название дисциплины, группа, номера семестров, типы аттестации, ФИО преподавателя

Пример: Программирование веб-приложений (JS), "6,7", "Экзамен, Зачет", Иванов Иван Иванович

Выберите файл Файл не выбран

Отправить форму

Рис.3.5. Форма загрузки учебных планов

POST-запрос к `/session/update_external` с параметром `externalId` позволяет добавить идентификатор google-таблицы, в которой содержатся аттестации с известными датами, временем и аудиториями, а запрос к `/session/teachers/update` с параметром `спес` даёт возможность обновить google-таблицу с данными для формирования google-формы сбора предпочтений ППС к расписанию сессии.

С помощью POST-запроса к `/session/result/create` с параметрами `спес` и `levels` для выбранных специальностей и курсов генерируется предварительное расписание. Страница с выбором специальностей и курсов для создания расписания представлена на рисунке 3.6.

Группы для составления расписания

Номера специальностей

✕

✕

[Добавить ещё одну специальность](#)

Курсы

☒ 1

☒ 2

☒ 3

☒ 4

☐ 5

☐ 6

[Сгенерировать расписание](#)

[Назад](#)

Рис.3.6. Форма загрузки учебных планов

3.3.2. *Spring-сервер*

Сервер имеет три основных класса-контроллера: `SessionService` 5, `ApiRuz` 3 и `GoogleFormService` 6. Они осуществляют бизнес-логику системы и обеспечивают связь между пользователями, данными и системой.

`SessionService` класс отвечает за загрузку данных о сессии от администратора. Он обрабатывает запросы, описанные в предыдущем параграфе и сохраняет данные в базе данных.

GoogleFormService класс отвечает за генерацию google-формы с предпочтениями преподавателей, загрузку данных из неё, а также из таблицы с известными аттестациями.

Чтобы создать форму для сбора предпочтений ППС, сначала нужно выгрузить данные о преподавательских аттестациях в google-таблицу. Администратор может самостоятельно подредактировать в ней данные, например, убрав аттестации, даты и время которых определяются дирекциями других институтов. Далее администратор может создать google-форму для сбора предпочтений. Форма генерируется автоматически с помощью AppScripts скрипта ?? по данным из таблицы.

Форма для сбора предпочтений ППС формирует для каждого преподавателя персональный опросник, в котором он определяет предпочтения только для своих аттестаций. Фрагмент такой формы представлен на рисунке 3.7

Тушканова Ольга Николаевна

Сгруппируйте те аттестации, которые желательно проводить в один день (для этого у совместных аттестаций проставьте галочки в одном столбце)
Для аттестаций, которые можно проводить по одной в день можете не выбирать ничего

	Совместные аттестации 1	Совместные аттестации 2
Интеллектуальный анализ данных з3530903/70301	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Интеллектуальный анализ данных з3530903/70301	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Выберете тип аудитории, необходимый для проведения аттестации

	Любая	Любой компьютерный класс	Любая аудитория с проектором	Дистанционно
Интеллектуальный анализ данных з3530903/70301	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Интеллектуальный анализ данных з3530903/70301	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Рис.3.7. Фрагмент формы для сбора предпочтений ППС

Когда предпочтения преподавателей собраны, администратор может составить расписание. Для этого сервер при помощи Google API запрашивает данные из формы и на их основе составляет предварительное расписание. Полученное расписание сервер так же записывает в таблицу.

Класс `ApiRuz` отвечает за получение данных с официального сайта расписания СПбПУ для формирования списка аттестаций и учёта занятости аудиторий занятиями.

Метод `getDatesByRoomAndDate(String room, LocalDate localDate)` получает даты и время, когда указанная аудитория занята.

Метод `initGroups(Iterable<String> spec)` получает данные о группах выбранных специальностей - их номера и курс.

Метод `initRasp()` для полученных ранее групп находит преподавателей, которые читают им дисциплины.

Непосредственно алгоритм генерации предварительного расписания реализован в классе `ScheduleAllSolutions` и подробно описан в главе 2.

3.3.3. Хранилище данных

Фреймворк `Hibernate Spring`-сервера позволяет сопоставлять `java`-объекты сущностям базы данных, поэтому сущности базы, перечисленные в параграфе 1.1.3, реализованы одноимёнными классами, помеченными аннотациями `@Entity` и `@Data`, на поля которых поставлены аннотации `@Column`, `@ManyToOne` и `@OneToMany`, обозначающие связи между колонками таблиц. Их код представлен в приложении 2.

Для осуществления запросов к базе созданы классы-наследники интерфейса `CrudRepository`. Через них функции класса `SessionDao` 7, помеченные аннотацией `@Transactional`, обращаются к данным.

3.4. Выводы

В результате была реализована система составления предварительного расписания сессии СПбПУ, включающая модуль веб-клиента для администратора, модуль взаимодействия с расписанием университета, модуль связи с `google`-таблицами для получения данных от преподавателей и модуль для генерации предварительного расписания.

Данная система может быть использована не только для составления расписания сессии, но и для составления расписания любых событий, занимающих непрерывное время в течение одного учебного дня. Это могут быть, например, установочные занятия для студентов заочной формы обучения, экзамены до-

полнительной сессии, консультации по практикам или ВКР. Такое расширение применимости системы возможно благодаря аналогичному принципу генерации расписания для неповторяющихся мероприятий, а формы сбора сведений о сессии и предпочтениях преподавательского состава достаточно гибкие для того, чтобы получать сведения о мероприятиях других типов.

ГЛАВА 4. ТЕСТИРОВАНИЕ И АПРОБАЦИЯ

В этой главе в параграфах 4.1 и 4.2 речь пойдёт о проводимом тестировании системы составления предварительного расписания сессии СПбПУ, а в параграфе 4.3 о её апробации в период весенней сессии 20-21 учебного года.

4.1. Функциональное тестирование

Для проверки того, что разработанная система выполняет все требуемые функции, было проведено ручное функциональное тестирование. Для этого были созданы несколько искусственных вариантов входных файлов, содержащих данные о типах аттестаций, учебных планах направлений и список аудиторий. С их помощью было проверены следующие функциональности:

- при загрузке файла с аудиториями данные из него корректно сохраняются в базе данных и пользователю отображается новый список;
- при загрузке файла с учебным планом для конкретной специальности, в базе данных обновляется информация только по выбранной специальности;
- при загрузке файла с типами аттестаций информация из него сохраняется в базе данных, перетирая предыдущие данные о типах мероприятий, и отображается пользователю.

Также на тестовой google-таблице с данными о событиях с установленными датой, временем и аудиторией была проверена возможность учитывать эти данные, как константу при составлении остального расписания.

При выборе дат и времени в формах редактирования сессии, была проверена корректность обновления этих данных в базе данных и отображение их пользователю. Входные данные подбирались таким образом, чтобы было видно, что данные

с сайта с расписанием учебных занятий [ruz] учитываются при генерации нового расписания.

Для проектов, разрабатываемых длительное время командой программистов, вместо ручного тестирования следовало бы использовать автоматизированное, но для данного проекта разработка самих автотестов заняла бы больше времени, чем ручное их прохождение. Проводимые тесты воспроизводили сценарии работы с системой составления предварительного расписания сессии, и показали, что с точки зрения пользователя она выполняет все заявленные функции.

4.2. Unit-тестирование

Для отладки и финальной проверки правильности работы отдельных методов программы использовалось модульное тестирование. Написание тестов позволяет на ранних этапах разработки отсекал ошибки, что повышает производительность и ускоряет процесс создания системы, так как корректность отдельных программных блоков проверяется сразу же, исключая ситуацию с переписыванием большого количества кода, вызванную чередой вовремя не замеченных багов.

Для написания модульных тестов использовался java-фреймворк junit. Был создан тестовый класс SchedulerTest, код которого находится в приложении ???. Данный класс содержит методы, помеченные аннотацией @Test, в которых выполнение некоторого условия проверяется с помощью методов класса Assert. Класс Assert фреймворка junit имеет множество методов, удобных для сверки ожидаемого результата проверяемой функции с реальным. Так, assertEquals позволяет сравнивать содержимое массивов, assertNull - равенство null, assertEquals - любое равенство и так далее. При невыполнении условий такие тесты выбрасывают исключение, что даёт разработчику сигнал о том, что изменения кода внесли ошибки в старый код, и прежде чем приступить к следующим, нужно доработать эти. Таким образом, с помощью модульного тестирования была проверена корректность работы алгоритма составления предварительного расписания при разных наборах входных данных, что подтвердило его работоспособность и в случаях, когда расписание можно составить с учётом всех пожеланий, и когда приходится игнорировать некоторые пожелания, и когда расписание невозможно составить в принципе.

4.3. Апробация

Апробация системы составления предварительного расписания проводилась на весенней сессии 2020-2021 учебного года.

Первый этап апробации заключался в составлении расписания экзаменов для студентов 4-ых курсов направлений 02.03.03 и 09.03.03. Форма для сбора пожеланий преподавателей была выполнена с помощью сервиса Microsoft Forms, так как это позволяло автоматически определять адреса электронных почт и имена респондентов. На этом этапе были выявлены несколько её недостатков:

- форма одинакова для всех преподавателей, и для того чтобы указать необходимые типы аудиторий преподавателю приходилось выбирать из огромного списка только те группы и дисциплины, у которых он проводит аттестации;
- имена ассистентов, введённые в поле респондентами не всегда соответствовали именам преподавателей с сайта расписания учебных занятий, что затруднило их маппинг;
- одному респонденту приходилось отправлять форму несколько раз для разных аттестаций;
- Microsoft Forms не имеет API для чтения собранных результатов;
- ручное создание формы заняло много времени.

Для решения этих проблем было принято решение делать формы с помощью сервиса Google Forms. Его преимуществом перед Microsoft является наличие API, позволяющего полностью автоматизировать как чтение результатов, так и создание самой формы. Теперь каждый преподаватель мог выбрать своё имя, а далее заполнять форму только по своим аттестациям. Также, в новой версии формы был минимизирован ручной ввод информации респондентами. Это решило проблему опечаток и различий введённых имён от имён из расписания. Новая версия формы не требовала повторной отправки, так как все необходимые данные преподаватель может ввести за одну итерацию заполнения формы.

Новый вариант google-формы был опробован при составлении предварительного расписания летней сессии студентов заочной формы обучения специальности Прикладная информатика. а также расписания их установочных занятий. Таким образом, были получены две таблицы с расписаниями, сгенерированными системой, что продемонстрировало принципиальную применимость разработанной системы

к составлению расписания любого мероприятия, занимающего непрерывное время в течение одного учебного дня.

В качестве входных данных системе подавался список возможных типов аттестаций, включающий их длительность, максимальное кол-во в день и сведения о количестве дней отдыха до и после. Список представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.1

Типы аттестаций

Тип аттестации	Отдых до	Отдых после	Длительность	Макс. кол-во в день
Эк	0	0	5	1
Зч	0	0	3	2
ЗчО	0	0	3	2
Лек2	0	0	2	10
Лаб2	0	0	2	10
Пр2	0	0	2	10
Лек4	0	0	4	10
Лаб4	0	0	4	10
Пр4	0	0	4	10
Кр	0	0	3	10
Кпр	0	0	4	10

Для определения того, какие события необходимо учесть в расписании, на вход была подана таблица с учебным планом на летнюю сессию 2021, в которой перечислены учебные группы, дисциплины, типы аттестации и преподаватели, проводящие для них аттестации. Система также может принимать на вход сведения об учебных планах без указания преподавателей. В таком случае сопоставление события и его проводящего происходило бы с помощью данных из расписания ruz.spbstu.ru. Но в данном случае преподаватели были известны, и загруженные данные представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.2

План экзаменов летней сессии студентов заочной формы обучения

Дисциплина	Курс	Группа	Тип	ППС
Дифференциальные уравнения	1	з3530903/00001	Эк	ФИО1
Дифференциальные уравнения	1	з3530903/00002	Эк	ФИО1
Дополнительные главы программирования (C#)	1	з3530903/00001	Эк	ФИО2
Дополнительные главы программирования (C#)	1	з3530903/00002	Эк	ФИО2
Базы данных	2	з3530903/90001	Эк	ФИО3
Базы данных	2	з3530903/90002	Эк	ФИО3
Структуры и алгоритмы обработки данных	2	з3530903/90001	Эк	ФИО6
Структуры и алгоритмы обработки данных	2	з3530903/90002	Эк	ФИО6
Дискретная математика (дополнительные главы)	2	з3530903/90002	ЗчО	ФИО6
Дискретная математика (дополнительные главы)	2	з3530903/90001	ЗчО	ФИО6
Учебная практика/Ознакомительная практика	2	з3530903/90001	Зч	ФИО7
Учебная практика/Ознакомительная практика	2	з3530903/90002	Зч	ФИО7
Проектирование информационных систем	4	з3530903/70301	Эк	ФИО7
Проектная деятельность бакалавра	4	з3530903/70301	Зч	ФИО8
Использование и разработка web-сервисов	4	з3530903/70301	Эк	ФИО9
Использование и разработка web-сервисов	4	з3530903/70301	Зч	ФИО9
Интеллектуальный анализ данных	4	з3530903/70301	Эк	ФИО10
Интеллектуальный анализ данных	4	з3530903/70301	Зч	ФИО10
Производственная практика/Научно-исследовательская работа	4	з3530903/70301	ЗчО	ФИО2
Администрирование информационных систем (на английском языке)	3	з3530903/80301	Эк	ФИО11
Теория вероятностей и математическая статистика	3	з3530903/80301	Эк	ФИО1
Архитектура вычислительных систем	3	з3530903/80301	Эк	ФИО12
Технологии разработки программного обеспечения (C#)	3	з3530903/80301	Эк	ФИО7
Программирование веб-приложений (JS)	3	з3530903/80301	Зч	ФИО13
Производственная практика/Технологическая (проектно-технологическая) практика	3	з3530903/80301	Зч	ФИО5

Далее профессорско-преподавательский состав, участвующий в летней сессии для заочников заполнял google-формы, в которых называли предпочтительный для себя интервал дат для проведения сессии, интервал дат своего отсутствия, удобные часы для проведения занятий и неподходящие дни недели. Также, им предлагалось ввести ссылки, по которым планируется проводить дистанционные аттестации. В данном случае эти ссылки - аналог аудиторий. Данные формы сохраняются в связанной с ней таблице, которая имела вид таблицы 4.3.

Таблица 4.3

Пожелания преподавателей к проведению сессии

Совм.	Дата с	Дата до	Имя	Ассист.	Отсутствие с	Отсутствие до	Дни недели	час 1	час 2
Нет			ФИО1	ФИО13	15.06.2021	18.06.2021		9	18
Нет			ФИО7		08.06.2021	18.06.2021	Суббота	10	20
Да	14.06.2021	19.06.2021	ФИО10					10	18
Да	10.06.2021	30.06.2021	ФИО13		17.06.2021	18.06.2021	Пятница, Суббота	9	20
Нет			ФИО12					10	20
Да	23.06.2021	07.07.2021	ФИО11				Пятница, Суббота	10	17
Нет			ФИО6				Суббота	10	20
Нет			ФИО9					11	17
Да	07.06.2021	28.06.2021	ФИО3				Четверг, Суббота	10	20

Далее были выбраны даты проведения сессии, и сгенерировано расписание, выгруженное в google-таблицу. Оно представлено в таблице 4.3. Данное расписание учитывает пожелания преподавателей, ограничения, связанные с типами аттестаций и временными рамками.

Таблица 4.4

Сгенерированное расписание сессии

Группа	ППС	Дисциплина	Тип	Дата	Час	Teams
33530903/70301	[ФИО8]	Проектная деятельность бакалавра	Зч	2021-06-17	12	...
33530903/70301	[ФИО10]	Интеллектуальный анализ данных	Зч	2021-06-17	10	...
33530903/70301	[ФИО10]	Интеллектуальный анализ данных	Эк	2021-06-18	10	...
33530903/00001	[ФИО2]	Дополнительные главы программирования (C#)	Эк	2021-06-21	11	...
33530903/90001	[ФИО6]	Дискретная математика (дополнительные главы)	Зч	2021-06-21	10	...
33530903/90002	[ФИО6]	Дискретная математика (дополнительные главы)	Зч	2021-06-21	12	...
33530903/80301	[ФИО13]	Программирование веб-приложений (JS)	Зч	2021-06-21	9	...
33530903/70301	[ФИО9]	Использование и разработка web-сервисов	Эк	2021-06-21	11	...
33530903/90002	[ФИО7]	Учебная практика/Ознакомительная практика	Зч	2021-06-21	12	...
33530903/90001	[ФИО7]	Учебная практика/Ознакомительная практика	Зч	2021-06-21	14	...
33530903/00002	[ФИО2]	Дополнительные главы программирования (C#)	Эк	2021-06-22	8	...
33530903/80301	[ФИО12]	Архитектура вычислительных систем	Эк	2021-06-22	10	...
33530903/70301	[ФИО9]	Использование и разработка web-сервисов	Зч	2021-06-23	8	...
33530903/80301	[ФИО11]	Администрирование информационных систем (на английском языке)	Эк	2021-06-23	10	...
33530903/70301	[ФИО2]	Производственная практика/Научно-исследовательская работа	Зч	2021-06-24	8	...
33530903/80301	[ФИО7]	Технологии разработки программного обеспечения (C#)	Эк	2021-06-24	10	...
33530903/90001	[ФИО3]	Базы данных	Эк	2021-06-25	8	...
33530903/90002	[ФИО3]	Базы данных	Эк	2021-06-25	13	...
33530903/00001	[ФИО13, ФИО1]	Дифференциальные уравнения	Эк	2021-06-25	8	...
33530903/00002	[ФИО13, ФИО1]	Дифференциальные уравнения	Эк	2021-06-25	13	...
33530903/80301	[ФИО13, ФИО1]	Теория вероятностей и математическая статистика	Эк	2021-06-25	12	...
33530903/70301	[ФИО7]	Проектирование информационных систем	Эк	2021-06-25	10	...
33530903/90002	[ФИО6]	Структуры и алгоритмы обработки данных	Эк	2021-06-28	10	...
33530903/90001	[ФИО6]	Структуры и алгоритмы обработки данных	Эк	2021-06-28	12	...

4.4. Выводы

Система составления предварительного расписания сессии была успешно применена в СПбПУ при составлении расписания сессии и установочных занятий студентов заочной формы обучения, чем доказала, что может быть использована для составления расписаний любых разовых мероприятий, занимающих непрерывное время в течение дня. Это делает её очень полезной для составления расписания дополнительной сессии, так как ей занимается напрямую кафедра без участия дирекции института, а значит, в этом случае предварительное расписание можно рассматривать как основанное.

Как и было заявлено в требованиях, система автоматизирует сбор сведений от профессорско-преподавательского состава, а так же сама получает и учитывает данные из официального расписания СПбПУ. Ручное редактирование расписания доступно в нескольких форматах - финальные ручные правки администратором в сгенерированной google-таблице, либо внесение установленных аттестаций в таблицу учёта, и генерация нового расписания на её основе.

Из потенциальных улучшений, которые в будущем можно добавить в систему, можно назвать:

- создание более надёжного модуля аутентификации;
- рассылка преподавателям напоминаний о том, что они не заполнили форму сбора сведений;
- открытие и рассылка готово расписания преподавателям;
- создание модуля навигации между сгенерированными таблицами и форма сбора сведений.

Добавление этих и других модулей не будет вынуждать разработчика переписывать много существующего кода, так как всё это отдельные блоки, которые можно легко встраивать в текущую систему.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной работы мною были сравнены существующие российские и зарубежные системы составления расписания, изучены алгоритмы составления и оптимизации расписания и подходы к этому процессу, спроектирована и реализована система составления предварительного расписания сессии СПбПУ.

Созданный программный продукт автоматизирует сбор требований преподавателей к проведению аттестаций, получает данные о проведении занятий и занятости аудиторий с официального сайта расписания СПбПУ и генерирует предварительное расписание с учётом физических и нормативных ограничений, а также с учётом полученных пожеланий профессорско-преподавательского состава. Помимо прочего, он позволяет редактировать расписание с использованием google-таблиц и учитывать занятия с уже установленным временем и аудиторией, что даёт возможность экспериментировать с результатами.

Система была неоднократно протестирована и на этапе апробирования показала, что может быть использована не только для составления расписания аттестаций, но и для других не повторяющихся из недели в неделю событий, как например консультации ВКР, установочные занятия студентов заочной формы обучения или экзамены дополнительной сессии, что демонстрирует её широкий спектр применений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Приложение 1

Поиск расписаний с учётом приоритетов преподавателей

```

package ru.technopolis.scheduler;

import ru.technopolis.model.*;
5
import java.time.LocalDate;
import java.util.*;

public class SchedulePriorAlgorithm {
10
    public List<int[]> solutions;
    List<Event> events;
    List<Solution> external;
    List<DateTimeClass> dtc;
    Map<Event, DateTimeClass> externalMap = new HashMap<>();
15
    List<DateTimeClass> externalDtc = new ArrayList<>();
    int[] solution;
    int eventSize;
    int dtcSize;
    int maxTimePerDay;
20
    int solutionsMaxSize;
    boolean[] ignoreWishes; //приходится ли игнорировать пожелан
        ия преподавателя для этого события

    public SchedulePriorAlgorithm(List<Event> events, List<
        DateTimeClass> dtc, List<Solution> externalExams, int
        maxTimePerDay, int solutionsMaxSize, List<Solution>
        externalSolutions) {
25
        this.events = new ArrayList<>();
        this.dtc = new ArrayList<>();

        this.events.addAll(events);
        Collections.sort(this.events);
        Set<DateTimeClass> dtcSet = new HashSet<>(dtc);
30
        //сначала те события, для которых определено время
        if (externalExams != null && externalExams.size() > 0) {
            this.external = externalExams;
            for (Solution sol : this.external) {
                Event e = sol.event;
35
                System.out.println(e);
                externalMap.put(e, sol.dtc);
                for (int i = 0; i < e.type.duration; i++) {

```

```

        DateTimeClass dtc2 = new DateTimeClass(sol.dtc.date,
            sol.dtc.time + i, sol.dtc.classroom);
        externalDtc.add(dtc2);
40    }
    int i = this.events.size() - 1;
    while (i >= 0) {
        Event ev = this.events.get(i);
        if (e.course.equals(ev.course) && e.group.name.
            equals(ev.group.name)) {
45            this.events.remove(ev);
            break;
        }
        i--;
    }
50    }
    dtcSet.addAll(externalDtc);
}
Collections.sort(this.events);
this.events.addAll(0, externalMap.keySet());
55    this.dtc.addAll(dtcSet);
    Collections.sort(this.dtc);
    this.eventSize = this.events.size();
    this.dtcSize = this.dtc.size();
    this.maxTimePerDay = maxTimePerDay;
60    this.external = externalSolutions;
    this.solutionsMaxSize = solutionsMaxSize;
    this.solution = new int[dtcSize];
    for (int i = 0; i < dtcSize; i++) {
        solution[i] = -1;
65    }
    this.solutions = new ArrayList<>();
    for (Event event : externalMap.keySet()) {
        for (int i = 0; i < dtcSize; i++) {
            if (this.dtc.get(i).equals(this.externalMap.get(event)
                )) {
70                this.submitDateTimeClass(this.events.indexOf(event),
                    i);
                break;
            }
        }
    }
75    }
    this.ignoreWishes = new boolean[eventSize];
}

```

```

80 public SchedulePriorAlgorithm findSolutions() {
    System.out.println("START FIND SOL");
    int externalSize = externalMap.keySet().size();
    int event = externalSize;
    if (externalSize == eventSize) {
        solutions.add(solution);
85     return this;
    }
    while (event < eventSize) {
        //             if (event < externalSize) {
        //                     event++;
90         //             } else {
            int time = this.getTime(event);
            this.cleanEvent(event);
            int nextTime = this.findNextStartTime(event, time);

95         //переходим в режим игнорирования пожеланий преподават
            еля, если не смогли найти идеального решения
            if (!ignoreWishes[event] && nextTime == -1) {
                ignoreWishes[event] = true;
                nextTime = this.findNextStartTime(event, 0);
            }

100         if (nextTime == -1) { //если не удалось найти другого
            подходящего DateTimeClass для этого события
            if (event == externalSize) {
                System.out.println("END FIND SOL :(");
                return this; //если речь о первом событии, то уже
                были перебраны все остальные варианты даже без у
                чёта пожеланий преподавателя
105         } else {
            ignoreWishes[event] = false;
            event--; // иначе возвращаемся к предыдущему событ
            ию и пробуем изменить для него DateTimeClass
        }
    } else {
110         this.submitDateTimeClass(event, nextTime); //брониру
            ем за событием время и аудиторию
            event++; // переходим к следующему событию
        }
        // если решение найдено, добавляем его в список решени
        й и продолжаем искать решения
        if (event == eventSize) {
115             solutions.add(solution.clone());
        }
    }
}

```

```

        if (solutions.size() >= solutionsMaxSize) return
            this;
        event--;
    }
    // }
120 }
    System.out.println("END FIND SOL :)");
    return this;
}

125 boolean findSolution() {
    int event = 0;
    while (event < eventSize) {
        int time = this.getTime(event);
        int nextTime;
130 this.cleanEvent(event);
        nextTime = this.findNextStartTime(event, time);

        //переходим в режим игнорирования пожеланий преподавател
        я, если не смогли найти идеального решения
        if (!ignoreWishes[event] && nextTime == -1) {
135 ignoreWishes[event] = true;
            nextTime = this.findNextStartTime(event, 0);
        }

        if (nextTime == -1) { //если не удалось найти другого по
            дходящего DateTimeClass для этого события
140 if (event == 0) {
                return false; //если речь о первом событии, то уже б
                ыли перебраны все остальные варианты, и решения не
                т
            } else {
                ignoreWishes[event] = false;
                event--; // иначе возвращаемся к предыдущему событию
                и пробуем изменить для него DateTimeClass
145 }
            } else {
                this.submitDateTimeClass(event, nextTime); //бронируем
                за событием время и аудиторию
                event++; // переходим к следующему событию
            }
150 }
    return true;
}

```

```

155 public List<List<Solution>> getSolutions() {
    System.out.println("GET SOL");
    if (solutions.size() == 0) return new ArrayList<>();
    List<List<Solution>> res = new ArrayList<>();
    for (int[] ints : solutions) {
        List<Solution> sh = new ArrayList<>();
160     for (int j = 0; j < ints.length; j++) {
        if (ints[j] != -1) {
            sh.add(new Solution(events.get(ints[j]), dtc.get(j))
                );
        }
    }
165     res.add(sh);
    }
    return res;
}

170 private int findNextStartTime(int event, int time) {
    if (time < 0) return -1;
    Event ev = events.get(event);
    StudyGroup group = ev.group;
    Set<Teacher> teachers = ev.teacher;
175     int duration = ev.type.duration - 1;
    LocalDate dateGroupEvent = null;
    Integer timeGroupEvent = null;
    if (ev.eventGroup != -1 && event != 0) {
        for (int i = 0; i < solution.length; i++) {
180             if (solution[i] != -1 && solution[i] != event &&
                events.get(solution[i]).eventGroup.equals(ev.
                    eventGroup)) {
                dateGroupEvent = dtc.get(i).date;
                if (ev.teacher.size() > 1) {
                    timeGroupEvent = dtc.get(i).time;
                }
185             break;
        }
    }
    }
    for (int i = time; i < dtcSize; i++) {
190         DateTimeClass location = dtc.get(i);
        // если для события установлено, что оно должно проводит
        // ся в один день с другим
        if ((dateGroupEvent != null && !dateGroupEvent.equals(
            location.date)) ||

```

```

(timeGroupEvent != null && !timeGroupEvent.equals(
    location.time))) {
    continue;
195 }
boolean teacherWishes = teachers.stream().mapToInt(
    teacher -> {
        if (
            teacher.date.stream().anyMatch(dt -> dt.equals(
                location.date))
            && teacher.time.stream().anyMatch(t -> t.equals(
                location.time))
200 && teacher.time.stream().anyMatch(t -> t.equals(
                location.time + duration))) return 0;
            else return 1;
        }).sum() == 0;
        // в режиме игнорирования учитываем только события НЕ уд
        оветворяющие пожелания преподавателя
        if (ignoreWishes[event]) {
205 teacherWishes = !teacherWishes;
        }

        boolean classRoom;
        if (ev.link != null && !ev.link.equals("")) {
210 classRoom = location.classroom.num.equals(ev.link);
        } else if (ev.wishedClassroomNums != null && !ev.
            wishedClassroomNums.equals("")) {
            classRoom = ev.wishedClassroomNums.contains(location.
                classroom.num);
        } else {
            classRoom = ev.wishedClassroomType <= location.
                classroom.type;
215 }

        if (classRoom //есть ли в аудитории нужное оборудование
            && teacherWishes // подходит ли дата и время преподавате
                лю
            && solution[i] == -1 // аудитория в это время свободна
220 && group.size <= location.classroom.size //влезает ли гр
                уппа в аудиторию
            // не слишком ли сейчас поздно для начала проведения для
                тельного события
            && i + duration < dtcSize
            && location.classroom.num.equals(dtc.get(i + duration).
                classroom.num)

```



```

225    && location.time + duration == dtc.get(i + duration).
        time // в массиве времени нет разрывов
225    && location.date.equals(dtc.get(i + duration).date)
    ) {
        Map<String, Integer> teacherTime = new HashMap<>();
        int countPerDay = 0;
        int k = 0;
230    while (k < dtcSize) {
            // если время-место свободны, они не повлияют на огр
                аничения
            if (solution[k] == -1) {
                k++;
                continue;
235    }
            Event currentEvent = events.get(solution[k]);
            DateTimeClass currentLocation = dtc.get(k);
            // если проверяемая аудитория в это время занята
            if (location.date.equals(currentLocation.date) &&
                currentLocation.time >= location.time &&
                currentLocation.time < location.time + ev.type.
                    duration && location.classroom.num.equals(
240    currentLocation.classroom.num)) {
                break;
            }
            boolean success = false;
            // если у преподавателя в этот день уже были занятия
            if (currentLocation.date.equals(location.date)
245    && !(dateGroupEvent != null && ev.eventGroup.equals(
                currentEvent.eventGroup) && ev.teacher.size() >
                1)
            ) {
                for (Teacher curT : currentEvent.teacher) {
                    for (Teacher teacher : teachers) {
                        if (curT.name.equals(teacher.name)) {
250    if (!teacherTime.containsKey(teacher.name))
                            {
                                teacherTime.put(teacher.name, 1);
                            } else {
                                teacherTime.compute(teacher.name, (key, v)
                                    -> v + 1);
                            }
255    // если преподаватель в это время ведёт друг
                        ую аттестацию
                        if (currentLocation.time >= location.time

```

```

        && currentLocation.time <= location.time +
            duration) {
            success = true;
            break;
260     }
        // если преподаватель уже достаточно отработ
        ал в этот день.
        if (teacherTime.get(teacher.name) >
            maxTimePerDay - duration) {
            success = true;
            break;
265     }
    }
    }
    if (success) break;
}
270 if (success) {
    break;
}
}
if (currentEvent.group.name.equals(group.name)) {
275     //если в этот день уже были занятия у этой группы
    if (currentEvent.type.type.equals(ev.type.type) &&
        location.date.equals(currentLocation.date)) {
        countPerDay++;
        if (ev.type.countPerDay < countPerDay) {
            break;
280        }
    }
    //если до или после события есть другое событие, д
    о которого меньше "отдыха", чем нужно
    if (location.date.minusDays(Math.max(ev.type.
        pauseBefore, currentEvent.type.pauseAfter)).
        compareTo(currentLocation.date) <= 0
        && location.date.plusDays(Math.max(ev.type.
        pauseAfter, currentEvent.type.pauseBefore)).
        compareTo(currentLocation.date) >= 0) {
285        break;
    }
}
}
k++;
}
290 if (k == dtcSize) {
    return i;
}

```

```

    }
    }
295     return -1;
}

private void cleanEvent(int event) {
    for (int i = 0; i < dtcSize; i++) {
300         if (solution[i] == event) solution[i] = -1;
    }
}

// бронирование за событием помещения и времени
305 private void submitDateTimeClass(int event, int nextTime) {
    int duration = events.get(event).type.duration;
    for (int i = nextTime; i < nextTime + duration; i++) {
        solution[i] = event;
    }
310 }

// возвращает следующий свободный индекс DateTimeClass для у
// казанного события
private int getTime(int event) {
    int min = -1;
315     boolean contains = false;
    for (int i = 0; i < dtcSize - 1; i++) {
        // если аудитория в это время ещё никем не забронирована
        if (solution[i] == -1) {
            if (contains) {
320                 return i;
            } else if (min == -1) {
                min = i;
            }
        }
    }
325     // если это событие уже бронировало какое-то время и мес
    // то
    if (solution[i] == event) {
        if (contains) return i;
        contains = true;
    }
330 }

// если последняя ячейка была занята текущим событием, то
// следующей для него нет
if (contains) return -1;
return min;
}

```

335|}

Классы для хранения входных данных

```

@Data
@Accessors(chain = true)
5 @Entity
@Audited
public class AttestationType {
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
10 public Long id;
    @Column(nullable = false)
    public String type;
    @Column(nullable = false)
    public int pauseBefore;
15 @Column(nullable = false)
    public int pauseAfter;
    @Column(nullable = false)
    public int duration;
    @Column(nullable = false)
20 public int countPerDay;

    @OneToMany(mappedBy = "type", fetch = FetchType.LAZY,
        cascade = CascadeType.ALL)
    @JsonManagedReference
    private List<Event> event;
25

    public AttestationType(String type, int pauseBefore, int
        pauseAfter, int duration, int countPerDay) {
        this.type = type;
        this.pauseBefore = pauseBefore;
        this.pauseAfter = pauseAfter;
30 this.duration = duration;
        this.countPerDay = countPerDay;
    }

    public AttestationType(){
35 }

    @Override
    public boolean equals(Object o) {
        if (this == o) return true;

```

```

40     if (o == null || getClass() != o.getClass()) return false;
        AttestationType that = (AttestationType) o;
        return Objects.equals(type, that.type);
    }

45     @Override
    public int hashCode() {
        return Objects.hash(type);
    }

50     @Override
    public String toString() {
        return "AttestationType{" +
            "id="+ id +
            ", type='" + type + '\'' +
55     ", pauseBefore=" + pauseBefore +
        ", pauseAfter=" + pauseAfter +
        ", duration=" + duration +
        ", countPerDay=" + countPerDay +
        '}';
60     }
}

@Data
@Accessors(chain = true)
65 @Entity
@Audited
public class Curriculum {
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
70     public Long id;
    @Column(nullable = false)
    public String specCode;
    @Column(nullable = false)
    public String course;
75     @Column(nullable = false)
    public String semesters;
    @Column(nullable = false)
    public String types;

80     public Curriculum(String specCode, String course, String
        semesters, String types) {
        this.specCode = specCode;
        this.course = course;
        this.semesters = semesters;
    }
}

```

```

    this.types = types;
85 }

    public Curriculum() {
    }

90 @Override
    public String toString() {
        return "Curriculum{" +
            "specCode='" + specCode + '\'' +
            ", cource='" + course + '\'' +
95     ", semesters='" + semesters + '\'' +
            ", types='" + types + '\'' +
            '}'';
    }
}

100 @Data
    @Accessors(chain = true)
    @Entity
    @Audited
105 public class DateTimeClass implements Comparable<DateTimeClass
    > {
        @Id
        @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
        public Long id;
        @Column(nullable = false)
110 public LocalDate date;

        @Column(nullable = false)
        public int time;

115 @ManyToOne(fetch = FetchType.EAGER, cascade = {CascadeType.
        PERSIST, CascadeType.MERGE, CascadeType.REFRESH,
        CascadeType.DETACH})
        @PrimaryKeyJoinColumn
        public Classroom classroom;

        public DateTimeClass(LocalDate date, int time, Classroom
            classroom) {
120     this.date = date;
            this.time = time;
            this.classroom = classroom;
        }
    }

```

```

125 public DateTimeClass() {
    }

    @Override
130 public String toString() {
        return "DateTimeClass{" +
            "date=" + date.toString() +
            ", time=" + time +
            ", classroom=" + classroom.num +
135         '}',';
    }

    @Override
    public boolean equals(Object o) {
140     if (this == o) return true;
        if (o == null || getClass() != o.getClass()) return false;
        DateTimeClass that = (DateTimeClass) o;
        return Objects.equals(date, that.date) && time == that.
            time && classroom.num.equals(that.classroom.num);
    }

145     @Override
        public int hashCode() {
            return Objects.hash(date, time, classroom);
        }

150     @Override
        public int compareTo(DateTimeClass dtc) {
            int d = this.date.compareTo(dtc.date);
            int cl = this.classroom.num.compareTo(dtc.classroom.num);
            int t = Integer.compare(this.time, dtc.time);
155     return d != 0 ? d : (cl != 0 ? cl : t);
        }
    }

    @Data
160 @Accessors(chain = true)
    @Entity
    @Audited
    public class Event implements Comparable<Event> {
        @Id
165     @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
        public Long id;
    }

```



```

    @ManyToOne(fetch = FetchType.EAGER, cascade = {CascadeType.
        PERSIST, CascadeType.MERGE, CascadeType.REFRESH,
        CascadeType.DETACH})
    @PrimaryKeyJoinColumn
170 public StudyGroup group;

    @OneToMany(fetch = FetchType.LAZY, cascade = CascadeType.ALL
        )
    @PrimaryKeyJoinColumn
175 public Set<Teacher> teacher;

    @ManyToOne(fetch = FetchType.EAGER, cascade = {CascadeType.
        PERSIST, CascadeType.MERGE, CascadeType.REFRESH,
        CascadeType.DETACH})
    @PrimaryKeyJoinColumn
    public AttestationType type;

180 @Column(nullable = true)
    public String course;
    @Column(nullable = true)
    public Integer wishedClassroomType;
    @Transient
185 public String wishedClassroomNums;
    @Transient
    public String link;
    @Transient
    public Integer eventGroup = -1; // группа аттестаций, которы
        е желательно проводить в один день
190

    public Event(StudyGroup group, Set<Teacher> teacher,
        AttestationType type, String course, int
        wishedClassroomType) {
        this.group = group;
        this.teacher = teacher;
        this.type = type;
195 this.course = course;
        this.wishedClassroomType = wishedClassroomType;
        this.wishedClassroomNums = "";
    }

    public Event(StudyGroup group, Set<Teacher> teacher,
        AttestationType type, String course) {
200 this.group = group;
        this.teacher = teacher;
        this.type = type;
        this.course = course;

```

```

    this.wishedClassroomType = 1;
205    this.wishedClassroomNums = "";
}

public Event(StudyGroup group, String course,
    AttestationType type) {
    this.group = group;
    this.teacher = new HashSet<>();
210    this.course = course;
    this.type = type;
    this.wishedClassroomType = 1;
    this.wishedClassroomNums = "";
}

215    public boolean isGroupSpecEnabled(List<String> spec){
        if (spec.isEmpty()) return true;
        for (String s: spec) {
            if (this.group.name.startsWith(s)){
220                return true;
            }
        }
        return false;
    }

225    public boolean isGroupLevelEnabled(List<Integer> levels){
        return levels.isEmpty() || levels.contains(group.level);
    }

    public Event() {
230    }

    // чтобы при сортировке сначала был больший приоритет
    @Override
    public int compareTo(Event event) {
235        int prior = Integer.compare(Teacher.maxPrior(event.teacher
            ), Teacher.maxPrior(this.teacher));
        if (prior != 0) return prior;
        int dates = Integer.compare(Teacher.minDatesLength(event.
            teacher), Teacher.minDatesLength(this.teacher));
        if (dates != 0) return dates;
        int size = Integer.compare(event.teacher.size(), this.
            teacher.size());
240        if (size != 0) return size;
        int t = this.teacher.toString().compareTo(event.teacher.
            toString());
        if (t != 0) return t;
    }

```

```

        int evGr = Integer.compare(this.eventGroup, event.
            eventGroup);
        return evGr;
245    }

    @Override
    public String toString() {
        return "Event{" +
250        "group=" + group.toString() +
            ", teacher=" + teacher +
            ", type=" + type +
            ", course='" + course + '\'' +
            ", wishedClassroomType=" + wishedClassroomType +
255        ", wishedClassroomNums=" + wishedClassroomNums +
            ", wishedClassroomNums=" + link +
            ", eventGroup= " + eventGroup +
            '}}';
    }

260    public StudyGroup getGroup() {
        return group;
    }

265    @Override
    public boolean equals(Object o) {
        if (this == o) return true;
        if (o == null || getClass() != o.getClass()) return false;
        Event event = (Event) o;
270        return Objects.equals(group.name, event.group.name) &&
            Objects.equals(teacher, event.teacher) && Objects.
                equals(type.type, event.type.type) && Objects.equals(
                    course, event.course);
    }

    @Override
    public int hashCode() {
275        return Objects.hash(group, teacher, type, course);
    }
}

@Data
280 @Accessors(chain = true)
@Entity
@Audited
public class Exam {

```

```

285  @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    public Long id;
    @Column(nullable = false)
    public String groupName;
    @Column(nullable = false)
290  public String specName;
    @Column(nullable = false)
    public String course;
    @Column(nullable = false)
    public String type;
295  @Column(nullable = false)
    public String levels;
    @Column(nullable = false)
    public String teacherName;

300  public Exam(String specName, String groupName, String course
        , String type, String level, String teacherName) {
        this.specName = specName;
        this.groupName = groupName;
        this.course = course;
        this.type = type;
305  this.levels = level;
        this.teacherName = teacherName;
    }

    public Exam() {
310  }

}

@Data
315 @Accessors(chain = true)
@Entity
@Audited
public class ExamFromRuz {
    @Id
320  @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    public Long id;
    @Column(nullable = false)
    public int level;
    @Column(nullable = false)
325  public String groupName;
    @Column(nullable = false)
    public String course;

```

```

    @OneToMany(fetch = FetchType.LAZY, cascade = CascadeType.ALL
    )
    @PrimaryKeyJoinColumn
330 public Set<Teacher> teacherExams;

    @Transient
    public Set<String> teacherName;

335 public ExamFromRuz() {

    }

    public Set<String> getTeacherName() {
340     if (teacherExams != null) {
        return teacherExams.stream().map(x -> x.name).collect(
            Collectors.toSet());
        } else {
            return new HashSet<>();
        }
345 }

    public ExamFromRuz(String groupName, String course, int
        level) {
        this.groupName = groupName;
        this.course = course;
350     this.level = level;
    }

    public ExamFromRuz(Set<String> teacherName, String groupName
        , String course, int level) {
        this.teacherName = teacherName;
355     Set<Teacher> set = new HashSet<>();
        teacherName.forEach(x -> set.add(new Teacher(x)));
        this.teacherExams = set;
        this.groupName = groupName;
        this.course = course;
360     this.level = level;
    }

    public ExamFromRuz(String groupName, Set<Teacher> teachers,
        String course, int level) {
        this.teacherName = teachers.stream().map(x -> x.name).
            collect(Collectors.toSet());
365     this.teacherExams = teachers;
        this.groupName = groupName;
    }

```

```

        this.course = course;
        this.level = level;
    }
370
    @Override
    public int hashCode() {
        return groupName.hashCode() + course.hashCode();
    }
375
    @Override
    public String toString() {
        return "Rasp{" +
            "teacherName='" + teacherName + '\',' +
380 "    ", groupName='" + groupName + '\',' +
            "    ", course='" + course + '\',' +
            "    ", level='" + level + '\',' +
            '    '}';
    }
385
    @Override
    public boolean equals(Object o) {
        if (this == o) return true;
        if (o == null || getClass() != o.getClass()) return false;
390 ExamFromRuz examFromRuz = (ExamFromRuz) o;
        return Objects.equals(groupName, examFromRuz.groupName) &&
            Objects.equals(course, examFromRuz.course);
    }
}

395 @Data
@Accessors(chain = true)
@Entity
@Audited
public class ExternalExamsLink{
400     @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    public Long id;

    @Column(nullable = false)
405 public String link;

    public ExternalExamsLink(String link){
        this.link = link;
    }
410

```

```

        public ExternalExamsLink(){
        }
    }

415 @Data
    @Accessors(chain = true)
    @Entity
    @Audited
    public class ResultLink{
420     @Id
        @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
        public Long id;

        @Column(nullable = false)
425     public String link;

        public ResultLink(String link){
            this.link = link;
        }
430     public ResultLink(){
        }
    }

435 @Data
    @Accessors(chain = true)
    @Entity
    @Audited
    public class SessionDates {
440     @Id
        @Column(nullable = false)
        public LocalDate day;

445     public SessionDates(LocalDate day) {
        this.day = day;
    }

        public SessionDates() {
450     }

        @Override
        public String toString() {
            return day.toString();
455     }
    }

```

```

    }

    @Data
    @Accessors(chain = true)
460 @Entity
    @Audited
    public class SessionTime {
        @Id
        @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
465     public Long id;

        public SessionTime() {
        }

470     @Column(nullable = false)
        public Integer time;

        public SessionTime(Integer time) {
            this.time = time;
475     }
    }

    @Data
    @Accessors(chain = true)
480 @Entity
    @Audited
    public class StudyGroup implements Comparable<Object> {
        @Id
        @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
485     public Long id;
        @Column(nullable = false)
        public String name;
        @Column(nullable = false)
        public Integer size;
490     @Column(nullable = false)
        public Integer level;

        @OneToMany(mappedBy = "group", fetch = FetchType.LAZY,
            cascade = CascadeType.ALL)
        @JsonManagedReference
495     private List<Event> event;

        public StudyGroup(String name, int size, int level) {
            this.name = name;
            this.size = size;

```



```

500     this.level = level;
    }

    public StudyGroup() {
    }

505
    @Override
    public int compareTo(Object o) {
        if (!(o instanceof StudyGroup) || this.name == null)
            return 0;
        StudyGroup g = (StudyGroup) o;
510     if (g.name == null) return 0;
        return this.name.compareTo(g.name);
    }

    @Override
515     public int hashCode() {
        return Objects.hash(name);
    }

    @Override
520     public String toString() {
        return "Group{" +
            "id=" + id +
            ", name='" + name + '\'' +
            ", size=" + size +
525     ", level=" + level +
            '}' +
        }
    }

530 @Data
    @Accessors(chain = true)
    @Entity
    @Audited
    public class Teacher {
535     @Id
        @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
        public Long id;

        @Column(nullable = false)
540     public String name;

        @OneToMany(mappedBy = "teacher", fetch = FetchType.LAZY,
            cascade = CascadeType.ALL)

```

```

545     @JsonManagedReference
        public List<TeacherExamDate> teacherDate;

        @Transient
        public List<LocalDate> date;

        @OneToMany(mappedBy = "teacher", fetch = FetchType.LAZY,
                    cascade = CascadeType.ALL)
550     @JsonManagedReference
        public List<TeacherExamTime> teacherTime;

        @Transient
        public List<Integer> time;

555     @Column(nullable = false)
        public int prior;

        public Teacher(String name, List<LocalDate> date, List<
                    Integer> time, int prior) {
560             this.name = name;
                this.date = date;
                this.time = time;
                this.prior = prior;
        }

565     public Teacher(String name, Event event) {
        this.name = name;
        this.prior = 1;
        //this.event = event;
    }

570     public Teacher(String name) {
        this.name = name;
        this.prior = 1;
    }

575     public Teacher() {
    }

        public static int maxPrior(Set<Teacher> set){
580             return set.stream().mapToInt(x -> x.prior).max().orElse(0)
                ;
        }

        public static int minDatesLength(Set<Teacher> set){
            return set.stream().mapToInt(x -> x.date.size()).min().
                orElse(0);
        }

```

```

    }
585
    @Override
    public String toString() {
        return name;
    }
590
    @Override
    public boolean equals(Object o) {
        if (this == o) return true;
        if (o == null || getClass() != o.getClass()) return false;
595    Teacher teacher = (Teacher) o;
        return Objects.equals(name, teacher.name);
    }

    @Override
600    public int hashCode() {
        return Objects.hash(name);
    }

    public int compareTo(Teacher teacher) {
605        return Integer.compare(prior, teacher.prior);
    }
}

@Data
610 @Accessors(chain = true)
@Entity
@Audited
public class TeacherExamDate{
    @Id
615    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    public Long id;
    @Column(nullable = false)
    public LocalDate date;

    @ManyToOne(fetch = FetchType.LAZY, cascade = CascadeType.ALL
        )
    @JsonBackReference
    private Teacher teacher;

    public TeacherExamDate() {
625    }
}

```

```
@Data
@Accessors(chain = true)
630 @Entity
    @Audited
    public class TeacherExamTime{
        @Id
        @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
635     public Long id;
        @Column(nullable = false)
        public Integer time;

        @ManyToOne(fetch = FetchType.LAZY, cascade = CascadeType.ALL
            )
640     @JsonBackReference
        private Teacher teacher;

        public TeacherExamTime() {
        }
645 }
```

Модуль взаимодействия с API ruz.spbstu.ru

```

@Controller
public class ApiRuz {
    public Set<ExamFromRuz> rasp;
    private Map<String, Set<Group>> specMap;
    private Map<String, Set<ExamFromRuz>> raspMap;
    private List<Integer> enabledLevels = List.of(1, 2, 3, 4, 5,
        6);
    private List<String> allGroupsNames;

    private List<StudyGroup> allGroups;
    private Set<ExamFromRuz> allExamFromRuz = new HashSet<>();

    public static List<DateTime> getDateTimesByRoomAndDate(
        String room, LocalDate localDate) {
        List<com.fleshka4.spbstu.ruz.api.models.Room> rooms =
            RuzSpbStu.getAuditoriesByBuildingId(25).getRooms();
        List<DateTime> dt = new ArrayList<>();
        int id = -1;
        for (int i = 0; i < rooms.size(); i++) {
            if (rooms.get(i).getName().equals(room)) {
                id = rooms.get(i).getId();
                break;
            }
        }
        if (id != -1) {
            List<Day> days = RuzSpbStu.
                getScheduleByAuditoryIdAndDate(id, localDate).getDays
                    ();
            for (Day d : days) {
                LocalDate date = LocalDate.parse(d.getDate());
                List<Lesson> lessons = d.getLessons();
                for (Lesson l : lessons) {
                    int start = l.getTimeStart().getHour();
                    int end = l.getTimeEnd().getHour();
                    for (int i = start; i <= end; i++) {
                        dt.add(new DateTime(date, i));
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        return dt;
    }

40 public ApiRuz() {
    }

    public ApiRuz(Set<ExamFromRuz> exams, Iterable<String> spec)
    {
        this.allExamFromRuz = exams;
45 raspMap = new HashMap<>();
        for (String code : spec) {
            raspMap.put(code, new HashSet<>());
            for (ExamFromRuz ex : exams) {
                if (ex.groupName.startsWith(code)) {
50 raspMap.get(code).add(ex);
                }
            }
        }
    }

55 public ApiRuz(List<Integer> levels, Iterable<String>
    specNames) {
        enabledLevels = levels;
        initGroups(specNames);
        initRasp();
60 }

    private int getRealLevel(Group g) {
        int level = g.getLevel();
        if (g.getKind() == 1) {
65 level += 4;
        }
        return level;
    }

70 private void initGroups(Iterable<String> spec) {
        specMap = new HashMap<>();
        RuzSpbStu.getGroupsbyFacultyId(95).forEach(x -> {
            for (String specCode : spec) {
                if (x.getNameGroup().startsWith(specCode)) {
75 if (enabledLevels.contains(getRealLevel(x))) {
                    if (!specMap.containsKey(specCode)) {
                        Set<Group> set = new HashSet<>();
                        set.add(x);
                        specMap.put(specCode, set);
                    }
                }
            }
        });
    }

```

```

80         }
        specMap.get(specCode).add(x);
    }
}

85    });
    initAllGroups();
}

private void initAllGroups() {
90    allGroupsNames = new ArrayList<>();
    allGroups = new ArrayList<>();
    for (Set<Group> set : specMap.values()) {
        allGroupsNames.addAll(set.stream().map(Group::
            getNameGroup).collect(Collectors.toList()));
        allGroups.addAll(set.stream()
95        .map(x -> new StudyGroup(x.getNameGroup(), 10, x.
            getLevel() + 4 * x.getKind()))
        .collect(Collectors.toList()));
    }
    allGroupsNames.sort(String::compareTo);
}

100 private void initAllRasp() {
    this.allExamFromRuz = new HashSet<>();
    for (Set<ExamFromRuz> set : raspMap.values()) {
        this.allExamFromRuz.addAll(set);
105    }
}

public List<StudyGroup> getAllGroups() {
    return allGroups;
110 }

public List<String> getAllGroupsNames() {
    return allGroupsNames;
}

115 public Set<ExamFromRuz> getAllRasp() {
    return this.allExamFromRuz;
}

120 private void initRasp() {
    raspMap = new HashMap<>();

```

```

for (Map.Entry<String, Set<Group>> entry : specMap.
    entrySet()) {
    Set<Group> list = entry.getValue();
    String specCode = entry.getKey();
125   raspMap.put(specCode, new HashSet<>());
    for (Group g : list) {
        String groupName = g.getNameGroup();
        int idGroup = g.getIdGroup();
        int level = getRealLevel(g);
130   for (int i = -2; i < 6; i++) {
            java.util.ArrayList<Day> days = RuzSpbStu.
                getScheduleByGroupIdAndDate(idGroup, LocalDate.
                    now().minusWeeks(i)).getDays();
            for (Day d : days) {
                List<Lesson> lessons = d.getLessons();
                for (Lesson x : lessons) {
135   String sub = x.getSubject();
                    List<Teacher> t = x.getTeachers();
                    if (t != null) {
                        Set<String> set = new HashSet<>();
                        for (Teacher te : t) {
140   set.add(te.getFullName());
                        }
                        ExamFromRuz r = new ExamFromRuz(set, groupName
                            , sub, level);
                        Set<ExamFromRuz> examFromRuzSet = raspMap.get(
                            specCode);
                        if (examFromRuzSet.contains(r)) {
145   for (ExamFromRuz currentExamFromRuz :
                            examFromRuzSet) {
                                if (currentExamFromRuz.equals(r)) {
                                    Set<String> n = currentExamFromRuz.
                                        teacherName;
                                    set.addAll(n);
                                    examFromRuzSet.remove(currentExamFromRuz
                                        );
150   break;
                                }
                            }
                        }
                        ExamFromRuz ra = new ExamFromRuz(set,
                            groupName, sub, level);
155   raspMap.get(specCode).add(ra);
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```


Классы-репозитории

```

@Repository
public interface AttestationTypeRepository extends
    CrudRepository<AttestationType, Long> {
5    @Query("SELECT r FROM AttestationType r where r.type =
        ?1")
        public List<AttestationType> getAttestationTypeByName(
            String name);
    }

@Repository
10 public interface ClassroomRepository extends CrudRepository<
    Classroom, Long> {
    @Query("SELECT r FROM Classroom r ORDER BY r.num")
    public List<Classroom> allClassroom();
    }

15 @Repository
public interface CurriculumRepository extends CrudRepository<
    Curriculum, Long> {
    @Query("SELECT r FROM Curriculum r where r.specCode = ?1")
    public List<Curriculum> findBySpecCode(String spec);
    @Query("SELECT r FROM Curriculum r where r.specCode in ?1")
20 public List<Curriculum> findBySpecCode(List<String> spec);
    }

@Repository
public interface DateTimeClassRepository extends
    CrudRepository<DateTimeClass, Long> {
25 }

@Repository
public interface EventRepository extends CrudRepository<Event,
    Long> {
    @Query("SELECT r FROM Event r where r.group is not null
        order by r.group.name, r.course")
30 public List<Event> getEvent();
    }

@Repository

```

```

public interface ExamFromRuzRepository extends CrudRepository<
    ExamFromRuz, Long> {
35     @Query("SELECT count(r) FROM ExamFromRuz r")
        public int countExams();
    }

    @Repository
40 public interface ExamRepository extends CrudRepository<Exam,
        Long> {
        @Query("SELECT r FROM Exam r where r.specName = ?1")
        public List<Exam> getExamBySpec(String spec);
    }

    @Repository
45 public interface ExternalExamsLinkRepository extends
        CrudRepository<ExternalExamsLink, Long> {
    }

    @Repository
50 public interface GroupRepository extends CrudRepository<
        StudyGroup, Long> {
    }

    @Repository
        public interface ResultLinkRepository extends CrudRepository<
            ResultLink, Long> {
55     }

    @Repository
        public interface SessionDatesRepository extends CrudRepository
            <SessionDates, Long>{
            @Query("SELECT r.day FROM SessionDates r ORDER BY r.day")
60         public List<LocalDate> sessionDates();
        }

    @Repository
        public interface SessionTimeRepository extends CrudRepository<
            SessionTime, Long> {
65     @Query("SELECT time FROM SessionTime r ")
        public List<Integer> sessionTime();
        @Query("SELECT max(time) FROM SessionTime r ")
        public Integer getMaxTime();
        @Query("SELECT min(time) FROM SessionTime r ")
70     public Integer getMinTime();
    }

```

```
    @Query("SELECT count(time) FROM SessionTime r where time =  
            ?1")  
    public Integer countTimes(Integer time);  
}
```

```
75 @Repository  
public interface TeacherRepository extends CrudRepository<  
    Teacher, Long> {  
    @Query("SELECT r FROM Teacher r where r.name = ?1")  
    public List<Teacher> getTeacherByName(String name);  
}
```

Класс SessionService

```
@Controller
public class SessionService {
5
    public SessionDao dao;

    @Autowired
    public SessionService(SessionDao dao) {
10        this.dao = dao;
    }

    @RequestMapping(value = "/session")
    public String index(Model model) {
15        return "session/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/date_settings")
    public String dateSettings(Model model) {
20        model.addAttribute("dates", dao.getSessionDates());
        return "session/date_settings/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/curriculum")
    public String curriculum(Model model) {
25        createEvents();
        Iterable<Event> events = dao.getEvents();
        model.addAttribute("events", events);
        return "session/curriculum/index";
30    }

    @RequestMapping(value = "/session/class_settings")
    public String classSettings(Model model) {
35        model.addAttribute("classrooms", dao.getClassrooms());
        return "session/class_settings/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/clean_exam")
    public String cleanExam(Model model) {
40        dao.clearExam();
        return "session/curriculum/index";
    }
}
```

```

45  @RequestMapping(value = "/session/external_exams")
    public String externalExamsSettings(Model model) {
        model.addAttribute("link", dao.getExternalExamsLink());
        return "session/external_exams/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/attestationTypes")
50  public String attestationTypeSettings(Model model) {
        model.addAttribute("attestationTypes", dao.
            getAttestationType());
        return "session/attestationTypes/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/time_settings")
55  public String timeSettings(Model model) {
        return "session/time_settings/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/exam_settings")
60  public String examSettings(Model model) {
        return "session/exam_settings/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/teacher_settings")
65  public String teacherSettings(Model model) {
        return "session/teacher_settings/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/result/clear_links")
70  public String clear_links(Model model) {
        dao.clearLinks();
        model.addAttribute("rasp", dao.getResultLink());
        return "session/result/link/index";
    }

75  @RequestMapping(value = "/update_exam", method =
        RequestMethod.POST)
    public @ResponseBody
    String update_exam(
80  @RequestParam(name = "specCode") String specCode,
    @RequestParam(name = "examFile") String examFile
    ) throws IOException {
        String tmp = "tmpexams";
        Writer w = new FileWriter(tmp);
        w.write(examFile);
    }

```

```

85      w.close();
      CSVReader reader = new CSVReader(new FileReader(tmp), ',', '
');
      String[] nextLine;
      List<Curriculum> curriculumList = new ArrayList<>();
      while ((nextLine = reader.readNext()) != null) {
90          curriculumList.add(new Curriculum(specCode, nextLine[0],
              nextLine[1], nextLine[2]));
      }
      dao.createCurriculum(curriculumList);
      new File(tmp).delete();
      return "session";
95  }

  @RequestMapping(value = "/update_exam_teacher", method =
      RequestMethod.POST)
  public @ResponseBody
  String update_exam_teacher(
      @RequestParam(name = "spec") String spec,
100  @RequestParam(name = "examFile") String examFile
  ) throws IOException {
      String tmp = "tmpexamst";
      Writer w = new FileWriter(tmp);
      w.write(examFile);
105  w.close();
      CSVReader reader = new CSVReader(new FileReader(tmp), ',', '
');
      String[] nextLine;
      List<Exam> examList = new ArrayList<>();
      while ((nextLine = reader.readNext()) != null) {
110          examList.add(new Exam(spec, nextLine[2], nextLine[0],
              nextLine[3], nextLine[1], nextLine[4]));
      }
      dao.createExam(spec, examList);
      dao.getExams().forEach(System.out::println);
      new File(tmp).delete();
115  return "session";
  }

  public void generateWindows(List<LocalDate> dates, List<
      Integer> time, List<Classroom> classrooms) {
      System.out.println("Start generate windows");
120  if (dates.size() != 0 && time.size() != 0 && classrooms.
      size() != 0) {
          List<DateTimeClass> dtc = createListDTC(dates, time,
              classrooms);
      }
  }

```

```

        dao.createDateTimeClass(dtc);
    }
    System.out.println("Stop generate windows");
125 }

public static List<DateTimeClass> createListDTC(List<
    LocalDate> dates, List<Integer> time, List<Classroom>
    classrooms){
    List<DateTimeClass> dtc = new ArrayList<>();
    int d1 = dates.get(0).getDayOfWeek().getValue();
130 List<DateTime> dateTimes = new ArrayList<>();
    for (LocalDate date : dates) {
        for (Classroom classroom : classrooms) {
            if (date.getDayOfWeek().getValue() == d1) {
                dateTimes = ApiRuz.getDateTimesByRoomAndDate(
                    classroom.num, date);
135 }
            List<Integer> dateTimesThisDate = new ArrayList<>();
            for (DateTime dateTime : dateTimes) {
                if (dateTime.date.equals(date)) {
                    dateTimesThisDate.add(dateTime.time);
140 }
                }
            for (Integer t : time) {
                if (!dateTimesThisDate.contains(t)) {
                    dtc.add(new DateTimeClass(date, t, classroom));
145 }
                }
            }
        }
    }
    return dtc;
150 }

@RequestMapping(value = "/update_time", method =
    RequestMethod.POST)
public @ResponseBody
155 String update_time(
    @RequestParam(name = "time1") String time1,
    @RequestParam(name = "time2") String time2
    ) {
    List<SessionTime> times = new ArrayList<>();
160 for (int i = Integer.parseInt(time1.substring(0, 2)); i <=
        Integer.parseInt(time2.substring(0, 2)); i++) {
        times.add(new SessionTime(i));
    }
}

```



```

    }
    dao.createTimes(times);
    List<LocalDate> dates = dao.getSessionDates();
165    List<Integer> time = dao.getTime();
    List<Classroom> classrooms = dao.getClassrooms();
    generateWindows(dates, time, classrooms);
    return "session";
}

170    @RequestMapping(value = "/update_external", method =
        RequestMethod.POST)
    public @ResponseBody
    String update_external(
        @RequestParam(name = "externalId") String externalId
    ) {
175        dao.createExternalExamsLink(externalId);
        return "session";
    }

    @RequestMapping(value = "/update_class", method =
        RequestMethod.POST)
180    public @ResponseBody
    String updateClass(
        @RequestParam(name = "classroomFile") String classroomFile
    ) {
        String[] lines = classroomFile.split("\\r\\n");
185        List<Classroom> list = new ArrayList<>();
        for (String line : lines) {
            //Формат: номер аудитории, количество мест
            String[] str = line.split(",");
            String num = str[0];
190            int type = Integer.parseInt(str[1]);
            int sits = Integer.parseInt(str[2]);
            Classroom cl = new Classroom(num, type, sits);
            list.add(cl);
        }
195        dao.createClassrooms(list);
        List<LocalDate> dates = dao.getSessionDates();
        List<Integer> time = dao.getTime();
        List<Classroom> classrooms = dao.getClassrooms();
        generateWindows(dates, time, classrooms);
200        return "session";
    }

    @RequestMapping(value = "/update_att", method =
        RequestMethod.POST)

```

```

public @ResponseBody
205 String updateAttestationTypes(@RequestParam(name = "
    attestationFile") String attetstaionTypes) {
    String[] lines = attetstaionTypes.split("\\r\\n");
    List<AttestationType> list = new ArrayList<>();
    for (String line : lines) {
        String[] str = line.split(",");
210 AttestationType att = new AttestationType(str[0],
        Integer.parseInt(str[1])
        , Integer.parseInt(str[2])
        , Integer.parseInt(str[3])
        , Integer.parseInt(str[4]));
215 list.add(att);
    }
    dao.createAttestationType(list);
    return "session";
}

220 public SessionService createEvents() {
    dao.clearEvents();
    dao.clearExamsFromRuz();
    Iterable<Curriculum> curriculumList = dao.getCurriculum();
225 curriculumList.forEach(x -> System.out.println(x.specCode)
        );
    Set<String> specList = new HashSet<>();
    curriculumList.forEach(x -> specList.add(x.specCode));
    ApiRuz apiRuz = new ApiRuz(List.of(1, 2, 3, 4, 5, 6),
        specList);
    apiRuz.getAllRasp().forEach(x -> dao.createExamFromRuz(x))
        ;
230 dao.createGroups(apiRuz.getAllGroups());
    Iterable<StudyGroup> groupIterable = dao.getGroups();
    HashMap<String, StudyGroup> groupHashMap = new HashMap<>()
        ;
    for (StudyGroup gr : groupIterable) {
235 groupHashMap.put(gr.name, gr);
    }

    List<ExamFromRuz> examFromRuz = (List<ExamFromRuz>) dao.
        getExamFromRuz();
    List<AttestationType> attestationTypes = (List<
        AttestationType>) dao.getAttestationType();
    int odd = LocalDate.now().getMonth().getValue() < 3 ||
        LocalDate.now().getMonth().getValue() > 8 ? 1 : 2;
240 for (ExamFromRuz exam : examFromRuz) {

```

```

System.out.println("examFromRuz");
String l = ((Integer) ((exam.level - 1) * 2 + odd)).
    toString();
for (Curriculum curriculum : curriculumList) {
    if (exam.course.equalsIgnoreCase(curriculum.course)
245    && exam.groupName.startsWith(curriculum.specCode)
    && curriculum.semesters.contains(l)) {
        StudyGroup group = groupHashMap.get(exam.groupName);
        String att = curriculum.types.toLowerCase();
        for (AttestationType at : attestationTypes) {
250            if (att.contains(at.type)) {
                dao.createEvent(group, exam.getTeacherName(), at
                    , exam.course);
                break;
            }
        }
255    }
}

Iterable<Exam> exams = dao.getExams();
for (Exam exam : exams) {
260    String[] str = exam.teacherName.split(",");
    Set<String> teachers = new HashSet<>(Arrays.asList(str))
        ;
    for (AttestationType at : attestationTypes) {
        if (exam.type.equalsIgnoreCase(at.type)) {
            dao.createEvent(new StudyGroup(exam.groupName, 10,
                Integer.parseInt(exam.levels)/2 + 1), teachers,
                at, exam.course);
265            break;
        }
    }
}
return this;
270 }

@RequestMapping(value = "/update_date", method =
    RequestMethod.POST)
public @ResponseBody
String updateDate(
275 @RequestParam(name = "days") String[] days
) {
    List<LocalDate> list = new ArrayList<>();
    for (int i = 0; i < days.length / 2; i++) {
        LocalDate date1 = null;

```

```

280     LocalDate date2 = null;
        try {
            date1 = LocalDate.parse(days[2 * i]);
        } catch (Exception ignored) {
        }
285     try {
            date2 = LocalDate.parse(days[2 * i + 1]);
        } catch (Exception ignored) {
        }
        if (date1 != null && date2 != null) {
290             while (date1.compareTo(date2) <= 0) {
                if (date1.getDayOfWeek().getValue() != 7) {
                    list.add(date1);
                }
                date1 = date1.plusDays(1);
295             }
        }
    }
    if (list.size() > 0) {
        dao.createDates(list);
300    }
    List<LocalDate> dates = dao.getSessionDates();
    List<Integer> time = dao.getTime();
    List<Classroom> classrooms = dao.getClassrooms();
    generateWindows(dates, time, classrooms);
305    return "session";
    }
}

```

Класс GoogleFormService

```

@Controller
public class GoogleFormService {
    public SessionDao dao;

    @Autowired
    public GoogleFormService(SessionDao dao) {
        this.dao = dao;
    }

    private static final String APPLICATION_NAME = "Scheduler
        ";
    private static final JsonFactory JSON_FACTORY =
        JacksonFactory.getDefaultInstance();
    private static final String TOKENS_DIRECTORY_PATH = "
        tokens";
    private static final List<String> SCOPES = Collections.
        singletonList(SheetsScopes.SPREADSHEETS_READONLY);
    private static final String REFRESH_TOKEN_PATH = "/"
        refresh_token.txt";
    private static final String SPREADSHEET_ID_PATH = "/"
        spreadsheet_id.txt";
    private static final String TEACHER_SPREADSHEET_ID_PATH =
        "/teacher_spreadsheet_id.txt";
    private static final String CREDENTIALS_FILE_PATH = "/"
        credentials.json";
    private static String SPREADSHEET_ID;
    private static String TEACHER_SPREADSHEET_ID;
    private static String REFRESH_TOKEN;
    private static Set<String> links = new HashSet<>();

    static {
        try {
            TEACHER_SPREADSHEET_ID = new BufferedReader(new
                InputStreamReader(GoogleFormService.class.
                    getResourceAsStream(TEACHER_SPREADSHEET_ID_PATH))).
                readLine();
            REFRESH_TOKEN = new BufferedReader(new
                InputStreamReader(GoogleFormService.class.
                    getResourceAsStream(REFRESH_TOKEN_PATH))).readLine
                ();
        }
    }
}

```

```

    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}

enum ColumnName {
    PRIOR("Я совместитель"),
    DATE1("Начало интервала дат, когда предпочтительна аттес-
        тация"),
    DATE2("Конец интервала дат, когда предпочтительна аттест-
        ация"),
    NAME("Ваше имя"),
    HELPER("Ассистент"),
    ABS1("Первый день отсутствия"),
    ABS2("Последний день отсутствия"),
    DOF("Дни недели, в которые Вы НЕ МОЖЕТЕ присутствовать н
        а аттестациях"),
    TIME1("Самое раннее время, в которое Вы сможете начать п
        роводить аттестации"),
    TIME2("Самое позднее время, в которое может закончиться
        аттестация"),
    GROUP("Сгруппируйте те аттестации, которые желательно пр
        оводить в один день (для этого у совместных аттестаци
        й проставьте галочки в одном столбце)"),
    ROOM("Выберете тип аудитории, необходимый для проведения
        аттестации"),
    NUMS("Если необходимо проводить аттестации только в конк
        ретных аудиториях, перечислите их номера ниже через за
        пятую"),
    ;

    ColumnName(String s) {
    }
}

private static Map<ColumnName, Integer> columns = new
    HashMap<>();

static {
    columns.put(ColumnName.PRIOR, 2);
    columns.put(ColumnName.DATE1, 3);
    columns.put(ColumnName.DATE2, 4);
    columns.put(ColumnName.NAME, 5);
    columns.put(ColumnName.HELPER, 6);
    columns.put(ColumnName.ABS1, 7);
}

```

```

        columns.put(ColumnName.ABS2, 8);
        columns.put(ColumnName.DOF, 9);
        columns.put(ColumnName.TIME1, 10);
65      columns.put(ColumnName.TIME2, 11);
    }

    @RequestMapping(value = "/session/teachers/updatelink")
    public String teachers_updatelink(Model model) {
70      model.addAttribute("link", "https://docs.google.com/
        spreadsheets/d/" + TEACHER_SPREADSHEET_ID + "/edit");
        return "session/teachers/updatelink/index";
    }

    @RequestMapping(value = "/session/teachers/update")
75    @ResponseBody
    public String teachers_update(Model model,
    @RequestParam(name = "spec") String[] spec) {

        List<String> specs;
80      if (spec != null) {
        specs = new ArrayList<>(Arrays.asList(spec));
      } else {
        specs = new ArrayList<>();
      }

85      System.out.println(specs);
      List<Event> event = dao.getEvents();
      try {
        final NetHttpTransport HTTP_TRANSPORT =
            GoogleNetHttpTransport.newTrustedTransport();
        Sheets sheetsService = new Sheets.Builder(
            HTTP_TRANSPORT, JSON_FACTORY, getCredentials(
90              HTTP_TRANSPORT))
            .setApplicationName(APPLICATION_NAME)
            .build();

        Spreadsheet spreadsheet = sheetsService.spreadsheets()
            .get(TEACHER_SPREADSHEET_ID)
95      .execute();

        List<List<Object>> list = new ArrayList<>();
        for (int i = 0; i < event.size(); i++) {
            Event e = event.get(i);
100          if (specs.isEmpty()) {
            e.teacher.forEach(t ->
                list.add(List.of(

```

```

        t.name,
        e.course,
105      e.group.name
    ))
    );
} else {
    for (String specCode : specs) {
110      System.out.println(e.course+" "+e.type.type);
      if (e.group.name.startsWith(specCode)) {
          e.teacher.forEach(t ->
              list.add(List.of(
115                  t.name,
                  e.course+" "+e.type.type,
                  e.group.name
              ))
          );
          break;
120      }
    }
}

ValueRange body = new ValueRange().setValues(list);
125 sheetsService.spreadsheets().values()
    .clear(spreadSheet.getSpreadsheetId(), "A1:C", new
        ClearValuesRequest())
    .execute();
sheetsService.spreadsheets().values()
    .update(spreadSheet.getSpreadsheetId(), "A1:C", body)
130 .setValueInputOption("RAW")
    .execute();
System.out.println(spreadSheet.getSpreadsheetUrl());
return spreadSheet.getSpreadsheetUrl();
} catch (Exception e) {
135 System.out.println(e);
    return e.toString();
}
}

140 public List<Solution> getExternalExams() {
    List<Solution> res = new ArrayList<>();
    String link = dao.getExternalExamsLink();
    try {
        final NetHttpTransport HTTP_TRANSPORT =
            GoogleNetHttpTransport.newTrustedTransport();

```



```

145 ValueRange response = new Sheets.Builder(
    HTTP_TRANSPORT, JSON_FACTORY, getCredentials(
    HTTP_TRANSPORT))
    .setApplicationName(APPLICATION_NAME)
    .build()
    .spreadsheets().values()
    .get(link, "A2:G")
150 .execute();
List<List<Object>> values = response.getValues();
if (values == null || values.isEmpty()) {
    System.out.println("No data found.");
} else {
155     for (int i = 0; i < values.size(); i++) {
        List<Object> row = values.get(i);
        Set<Teacher> t = new HashSet<>();
        String str = row.get(1).toString();
        String[] arr = str.substring(1, str.length() - 1).
            split(", ");
160         for (String n : arr) {
            t.add(new Teacher(n));
        }
        List<AttestationType> attestationTypes = (List<
            AttestationType>) dao.getAttestationType();
        AttestationType attestationType = null;
165         String att = row.get(3).toString().toLowerCase();
        for (AttestationType at : attestationTypes) {
            if (att.contains(at.type)) {
                attestationType = at;
                break;
170             }
        }
        if (attestationType == null) {
            attestationType = attestationTypes.get(0);
        }
175         Classroom classroom = null;
        String classroomName = row.get(6).toString();
        List<Classroom> classrooms = dao.getClassrooms();
        for (Classroom cl : classrooms) {
            if (classroomName.equals(cl.num)) {
180                 classroom = cl;
                break;
            }
        }
        if (classroom == null) {

```

```

185         classroom = new Classroom(classroomName, 1, 100)
            ;
        }
        Event e = new Event(new StudyGroup(row.get(0).
            toString(), 10, 0), t, attestationType, row.get
            (2).toString());
        LocalDate date;
        try {
190             date = LocalDate.parse(row.get(4).toString());
        } catch (Exception ex) {
            date = LocalDate.parse(row.get(4).toString(),
                DateTimeFormatter.ofPattern("dd.MM.yyyy"));
        }
        DateTimeClass dt = new DateTimeClass(
195         date,
        Integer.parseInt(row.get(5).toString()),
        classroom);
        Solution s = new Solution(e, dt);
        res.add(s);
200     }
    }
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
    } finally {
205         return res;
    }
}

public String generateLink(List<Solution> solutions) {
210     try {
        final NetHttpTransport HTTP_TRANSPORT =
            GoogleNetHttpTransport.newTrustedTransport();
        Sheets sheetsService = new Sheets.Builder(
            HTTP_TRANSPORT, JSON_FACTORY, getCredentials(
            HTTP_TRANSPORT))
            .setApplicationName(APPLICATION_NAME)
            .build();
215
        Spreadsheet spreadsheet = new Spreadsheet().
            setProperties(
            new SpreadsheetProperties().setTitle("Session Schedule
            "));

        Spreadsheet result = sheetsService
220         .spreadsheets()

```

```

        .create(spreadSheet).execute();

        List<List<Object>> list = new ArrayList<>();

225         list.add(Arrays.asList(
            "Группа",
            "Преподаватели",
            "Дисциплина",
            "Тип",
230         "Дата",
            "Время",
            "Аудитория"
        ));

        for (int i = 0; i < solutions.size(); i++) {
235             Solution sol = solutions.get(i);
            if (i == 0 || !solutions.get(i - 1).event.equals(sol
                .event)) {
                list.add(Arrays.asList(
                    sol.event.group.name,
                    sol.event.teacher.toString(),
240                 sol.event.course,
                    sol.event.type.type,
                    sol.dtc.date.toString(),
                    String.valueOf(sol.dtc.time),
                    sol.dtc.classroom.num
245                 ));
            }
        }

        ValueRange body = new ValueRange().setValues(list);
        sheetsService.spreadsheets().values()
250         .update(result.getSpreadsheetId(), "A1", body)
            .setValueInputOption("RAW")
            .execute();

        System.out.println(result.getSpreadsheetUrl());
        return result.getSpreadsheetUrl();

255     } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
        return null;
    }
}

260 public static void main(String[] args) {
    try {
        final NetHttpTransport HTTP_TRANSPORT =
            GoogleNetHttpTransport.newTrustedTransport();
    }
}

```

```

        Sheets sheetsService = new Sheets.Builder(
            HTTP_TRANSPORT, JSON_FACTORY, getCredentials(
                HTTP_TRANSPORT))
265 .setApplicationName(APPLICATION_NAME)
        .build();

        Spreadsheet spreadsheet = sheetsService.spreadsheets()
270 .get(TEACHER_SPREADSHEET_ID)
        .execute();

        List<List<Object>> list = new ArrayList<>();
        ValueRange body = new ValueRange().setValues(list);
        sheetsService.spreadsheets().values()
275 .clear(spreadsheet.getId(), "A1:C", new
            ClearValuesRequest())
        .execute();
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e);
    }
280 }

@RequestMapping(value = "/session/result")
public String result(Model model) {
    return "session/result/index";
285 }

@RequestMapping(value = "/session/teachers")
public String teachers(Model model) {
    return "session/teachers/index";
290 }

List<List<Solution>> sol = new ArrayList<>();

@RequestMapping(value = "/session/result/create", method =
    RequestMethod.POST)
295 public @ResponseBody
    String resultCreate(Model model,
        @RequestParam(name = "spec") String[] spec,
        @RequestParam(name = "levels") Integer[] level) {
        List<String> specs;
300 List<Integer> levels;
        if (spec != null) {
            specs = new ArrayList<>(Arrays.asList(spec));
        } else {
            specs = new ArrayList<>();

```

```

305     }
        if (level != null) {
            levels = new ArrayList<>(Arrays.asList(level));
        } else {
            levels = new ArrayList<>();
310     }
        List<Event> e = getEventsWithWishes(specs, levels);
        for (Event ev : e) {
            System.out.println(ev);
        }
315     List<Classroom> classroomList = new ArrayList<>();
        for (String l : links) {
            classroomList.add(new Classroom(l, 0, 500));
        }
        List<DateTimeClass> dateTimeClassList = dao.
            getDateTimeClass();
320     dateTimeClassList.addAll(SessionService.createListDTC(
        dao.getSessionDates(), dao.getTime(), classroomList))
        ;
        ScheduleAllSolutions scheduleAllSolutions =
        new ScheduleAllSolutions(e,
        dateTimeClassList,
        getExternalExams(),
325     8, 1, new ArrayList<>());
        sol = scheduleAllSolutions.findSolutions().getSolutions
            ();
        System.out.println(sol);
        for (List<Solution> solutions : sol) {
            String link = generateLink(solutions);
330         if (link != null) {
            dao.createResultLink(link);
        }
    }
    return "session/result/link/index";
335 }

@RequestMapping(value = "session/result/link")
public String resultLink(Model model) {
    model.addAttribute("rasp", dao.getResultLink());
340     return "session/result/link/index";
}

public static Credential getCredentials(final
    NetHttpTransport HTTP_TRANSPORT) throws IOException {

```

```

InputStream in = GoogleFormService.class.
    getResourceAsStream(CREDENTIALS_FILE_PATH);
345 if (in == null) {
    throw new FileNotFoundException("Resource not found: "
        + CREDENTIALS_FILE_PATH);
}
GoogleClientSecrets clientSecrets = GoogleClientSecrets.
    load(JSON_FACTORY, new InputStreamReader(in));
String clientId = clientSecrets.getDetails().getClientId
    ();
350 String clientSecret = clientSecrets.getDetails().
    getClientSecret();
GoogleCredential credential = new GoogleCredential.
    Builder()
    .setTransport(HTTP_TRANSPORT)
    .setJsonFactory(JSON_FACTORY)
    .setClientSecrets(clientId, clientSecret)
355 .build();
credential.setAccessToken(getNewToken(REFRESH_TOKEN,
    clientId, clientSecret));
credential.setRefreshToken(REFRESH_TOKEN);
return credential;
}

360 public static String getNewToken(String refreshToken,
    String clientId, String clientSecret) throws
IOException {
    ArrayList<String> scopes = new ArrayList<>();
    scopes.add(SheetsScopes.SPREADSHEETS);
365 TokenResponse tokenResponse = new
        GoogleRefreshTokenRequest(new NetHttpTransport(), new
            JacksonFactory(),
            refreshToken, clientId, clientSecret).setScopes(scopes).
                setGrantType("refresh_token").execute();
    return tokenResponse.getAccessToken();
}

370 public List<Event> getEventsWithWishes(List<String> spec,
    List<Integer> levels) {
    List<Event> events = dao.getEvents();
    List<Event> result = new ArrayList<>();
    try {
        SPREADSHEET_ID = new BufferedReader(new
            InputStreamReader(GoogleFormService.class.

```

```

        getResourceAsStream(SPREADSHEET_ID_PATH))).readLine
        ();
375
final NetHttpTransport HTTP_TRANSPORT =
    GoogleNetHttpTransport.newTrustedTransport();
ValueRange response = new Sheets.Builder(
    HTTP_TRANSPORT, JSON_FACTORY, getCredentials(
    HTTP_TRANSPORT))
    .setApplicationName(APPLICATION_NAME)
    .build()
380
    .spreadsheets().values()
    .get(SPREADSHEET_ID, "'Ответы на формы (1)')")
    .execute();
List<List<Object>> values = response.getValues();
if (values == null || values.isEmpty()) {
385
    System.out.println("No data found.");
} else {
    List<Object> colNames = values.get(0);
    for (Event event : events) {
        if (event.isGroupSpecEnabled(spec) && event.
            isGroupLevelEnabled(levels)) {
390
            List<Object> helpers = new ArrayList<>();
            for (Teacher teacher : event.teacher) {
                for (int i = 1; i < values.size(); i++) {
                    List<Object> row = values.get(i);
                    String name = (String) row.get(columns.get(
                        ColumnName.NAME));
395
                    if (teacher.name.equals(name) && row.size()
                        > columns.get(ColumnName.HELPER)) {
                        Object h = row.get(columns.get(ColumnName.
                            HELPER));
                        if (!h.equals("")) {
                            helpers.add(h);
                        }
400
                    }
                }
            }
            for (Object h : helpers) {
                boolean f = true;
405
                for (Teacher t : event.teacher) {
                    if (h.equals(t.name)) {
                        f = false;
                        break;
                    }
                }
410
            }

```

```

        if (f) event.teacher.add(new Teacher(h.
            toString()));
    }
    for (Teacher teacher : event.teacher) {
        for (int i = 1; i < values.size(); i++) {
415         List<Object> row = values.get(i);
            String name = (String) row.get(columns.get(
                ColumnName.NAME));
            if (teacher.name.equals(name)) {
                Object date1 = row.size() > columns.get(
                    ColumnName.DATE1) ? row.get(columns.get(
                        ColumnName.DATE1)) : "";
                Object date2 = row.size() > columns.get(
                    ColumnName.DATE2) ? row.get(columns.get(
                        ColumnName.DATE2)) : "";
420                 Object abs1 = row.size() > columns.get(
                    ColumnName.ABS1) ? row.get(columns.get(
                        ColumnName.ABS1)) : "";
                Object abs2 = row.size() > columns.get(
                    ColumnName.ABS2) ? row.get(columns.get(
                        ColumnName.ABS2)) : "";
                Object time1 = row.size() > columns.get(
                    ColumnName.TIME1) ? row.get(columns.get(
                        ColumnName.TIME1)) : "";
                Object time2 = row.size() > columns.get(
                    ColumnName.TIME2) ? row.get(columns.get(
                        ColumnName.TIME2)) : "";
                Object dof = row.size() > columns.get(
                    ColumnName.DOF) ? row.get(columns.get(
                        ColumnName.DOF)) : "";
425                 Object prior = row.size() > columns.get(
                    ColumnName.PRIOR) ? row.get(columns.get(
                        ColumnName.PRIOR)) : "";
                teacher.time = generateTimeList(time1,
                    time2);
                teacher.date = generateDatesList(date1,
                    date2, abs1, abs2, dof);
                teacher.prior = prior.equals("Да") ? 2 :
                    1;
                for (int j = 0; j < row.size(); j++) {
430                     if (!row.get(j).toString().equals("")) {
                        if (colNames.get(j).toString().
                            startsWith("Выберете тип аудиторий,
                                необходимый для проведения аттеста
                                    ции")) {

```



```

        event.wishedClassroomType =
            Classroom.getTypeByTeacherWish(
                row.get(j).toString());
    }
    if (colNames.get(j).toString().
        startsWith("Если необходимо проводи
        ть аттестации только в конкретных а
        удиториях")) {
435         event.wishedClassroomNums = row.get(
            j).toString();
    }
    if (colNames.get(j).toString().
        startsWith("Ссылка на")) {
        event.link = row.get(j).toString();
        links.add(event.link);
440     }
    }
    }
    }
    if (teacher.date == null) {
445         teacher.date = dao.getSessionDates();
    }
    if (teacher.time == null) {
        teacher.time = dao.getTime();
450     }
    }
    result.add(event);
    }
}

455 int eventsInOneDay = 0;
for (int i = 1; i < values.size(); i++) {
    List<Object> row = values.get(i);
    List<Integer> groupRow = new ArrayList<>();
    List<String> groupTitle = new ArrayList<>();
460     Map<Integer, Integer> map = new HashMap<>();
    Set<Integer> set = new HashSet<>();
    for (int j = 0; j < row.size(); j++) {
        if (!row.get(j).toString().equals("") &&
            colNames.get(j).toString().startsWith("Сгруппи
            руйте те аттестации")) {
            Integer x = Integer.parseInt(row.get(j).
                toString().substring("Совместные аттестации
                ".length()));
465             groupRow.add(x);

```

```

        set.add(x);
        groupTitle.add(colNames.get(j).toString());
    }
}
470 int max = eventsInOneDay;
    int setSize = set.size();
    for (int j = 0; j < groupRow.size(); j++) {
        for (Event event : events) {
            if (event.eventGroup == -1 && groupTitle.get(j)
475             .contains(event.group.name)
            && groupTitle.get(j).contains(event.course)) {
                int gr = groupRow.get(j);
                if (!map.containsKey(gr)) {
                    map.put(gr, 1);
                    event.eventGroup = eventsInOneDay + gr;
480             } else {
                    map.put(gr, map.get(gr) + 1);
                    event.eventGroup = eventsInOneDay + gr +
                        setSize * ((map.get(gr) - 1) / 2);
                }
                if (event.eventGroup > max) max = event.
485                 eventGroup;
            }
        }
    }
    eventsInOneDay = max;
}
490 }
} catch (
Exception e) {
    System.out.println(e.toString());
}
495 return result;
}

private List<LocalDate> generateDatesList(Object d1,
    Object d2, Object a1, Object a2, Object dof) {
    LocalDate date1, date2, abs1, abs2;
500 date1 = d1 != "" ? LocalDate.parse((String) d1,
        DateTimeFormatter.ofPattern("dd.MM.yyyy")) :
        LocalDate.MIN;
    date2 = d2 != "" ? LocalDate.parse((String) d2,
        DateTimeFormatter.ofPattern("dd.MM.yyyy")) :
        LocalDate.MAX;

```

```

abs1 = a1 != "" ? LocalDate.parse((String) a1,
    DateTimeFormatter.ofPattern("dd.MM.yyyy")) :
    LocalDate.MAX;
abs2 = a2 != "" ? LocalDate.parse((String) a2,
    DateTimeFormatter.ofPattern("dd.MM.yyyy")) :
    LocalDate.MIN;
List<Integer> dofs = new ArrayList<>();
505 String d = (String) dof;
String[] week = {"Понедельник", "Вторник", "Среда", "Че
    тверг", "Пятница", "Суббота"};
for (int i = 0; i < week.length; i++) {
    if (d.contains(week[i])) {
        dofs.add(i);
510     }
    }
List<LocalDate> dates = dao.getSessionDates();
List<LocalDate> res = new ArrayList<>();
for (LocalDate date : dates) {
515     if (!(date.compareTo(abs1) >= 0 && date.compareTo(abs2
        ) <= 0)
        && date.compareTo(date1) >= 0
        && date.compareTo(date2) <= 0
        && !dofs.contains(date.getDayOfWeek().getValue() - 1))
        {
            res.add(date);
520     }
    }
    return res;
}

525 private List<Integer> generateTimeList(Object t1, Object
    t2) {
    int time1, time2;
    time1 = t1 != "" ? Integer.parseInt(t1.toString()) : 0;
    time2 = t2 != "" ? Integer.parseInt(t2.toString()) : 24;
    List<Integer> times = dao.getTime();
530 List<Integer> res = new ArrayList<>();
    for (Integer time : times) {
        if (time >= time1 && time <= time2) {
            res.add(time);
        }
535     }
    return res;
}
}

```

Класс SessionDao

```

@Component
public class SessionDao {
    private SessionDatesRepository sessionDatesRepository;
    private final SessionTimeRepository sessionTimeRepository;
    private final ExamFromRuzRepository examFromRuzRepository;
    private final ExamRepository examRepository;
    private final DateTimeClassRepository
        dateTimeClassRepository;
    private final ResultLinkRepository resultLinkRepository;
    private final GroupRepository groupRepository;
    private final EventRepository eventRepository;
    private final AttestationTypeRepository
        attestationTypeRepository;
    private final CurriculumRepository curriculumRepository;
    private final TeacherRepository teacherRepository;
    private final ClassroomRepository classroomRepository;
    private final ExternalExamsLinkRepository
        externalExamsLinkRepository;

    @Autowired
    public SessionDao(SessionDatesRepository
        sessionDatesRepository,
    SessionTimeRepository sessionTimeRepository,
    AttestationTypeRepository attestationTypeRepository,
    DateTimeClassRepository dateTimeClassRepository,
    ExamFromRuzRepository examFromRuzRepository,
    ExamRepository examRepository,
    ResultLinkRepository resultLinkRepository,
    GroupRepository groupRepository,
    ExternalExamsLinkRepository externalExamsLinkRepository,
    EventRepository eventRepository,
    CurriculumRepository curriculumRepository,
    TeacherRepository teacherRepository,
    ClassroomRepository classroomRepository) {
        this.sessionDatesRepository = sessionDatesRepository;
        this.groupRepository = groupRepository;
        this.dateTimeClassRepository = dateTimeClassRepository;
        this.sessionTimeRepository = sessionTimeRepository;
        this.examFromRuzRepository = examFromRuzRepository;
        this.examRepository = examRepository;
    }

```

```

    this.externalExamsLinkRepository =
        externalExamsLinkRepository;
    this.eventRepository = eventRepository;
40  this.resultLinkRepository = resultLinkRepository;
    this.attestationTypeRepository =
        attestationTypeRepository;
    this.curriculumRepository = curriculumRepository;
    this.classroomRepository = classroomRepository;
    this.teacherRepository = teacherRepository;
45 }

@Transactional
public Set<ExamFromRuz> getAllExamFromRuz() {
    Set<ExamFromRuz> set = new HashSet<>();
50  examFromRuzRepository.findAll().forEach(set::add);
    return set;
}

@Transactional
55 public SessionDao clearLinks() {
    resultLinkRepository.deleteAll();
    return this;
}

60 @Transactional
public SessionDao clearExam() {
    examRepository.deleteAll();
    curriculumRepository.deleteAll();
    return this;
65 }

@Transactional
public List<DateTimeClass> getDateTimeClass() {
    List<DateTimeClass> dtc = new ArrayList<>();
70  dateTimeClassRepository.findAll().forEach(dtc::add);
    dtc.sort(DateTimeClass::compareTo);
    return dtc;
}

75 @Transactional
public SessionDao createDateTimeClass(List<DateTimeClass>
    dtc) {
    dateTimeClassRepository.deleteAll();
    dateTimeClassRepository.saveAll(dtc);
    return this;
}

```

```

80     }

    @Transactional
    public SessionDao createExamFromRuz (ExamFromRuz
        examFromRuz) {
        ExamFromRuz ex = examFromRuzRepository.save(examFromRuz)
            ;
85     return this;
    }

    @Transactional
    public SessionDao createAttestationType (List<
        AttestationType> attestationTypes) {
90     attestationTypeRepository.deleteAll();
        attestationTypeRepository.saveAll(attestationTypes);
        return this;
    }

95     @Transactional
    public SessionDao createEvent (StudyGroup group,
        Set<String> teacher,
        AttestationType type,
        String course) {
100     Set<Teacher> set = teacher.stream().map(Teacher::new).
        collect(Collectors.toSet());
        Event event = new Event(group, set, type, course);
        teacherRepository.saveAll(set);
        groupRepository.save(group);
        attestationTypeRepository.save(type);
105     eventRepository.save(event);
        return this;
    }

    @Transactional
110     public SessionDao clearEvents() {
        //teacherRepository.deleteAll();
        eventRepository.deleteAll();
        return this;
    }

115     @Transactional
    public SessionDao clearExamsFromRuz() {
        // teacherExamRepository.deleteAll();
        examFromRuzRepository.deleteAll();
120     return this;
    }

```

```

    }

    @Transactional
    public Iterable<AttestationType> getAttestationType() {
125         return attestationTypeRepository.findAll();
    }

    @Transactional
    public List<Event> getEvents() {
130         List<Event> list = new ArrayList<>();
        eventRepository.findAll().forEach(x -> {
            if (x.group != null && x.teacher != null) {
                list.add(x);
            }
135        });
        list.sort((o1, o2) -> {
            int s1 = o1.teacher.size();
            int s2 = o2.teacher.size();
            if (s1 != s2) return Integer.compare(s1, s2);
140            Teacher t1 = o1.teacher.stream().findFirst().get();
            Teacher t2 = o2.teacher.stream().findFirst().get();
            int tp = Integer.compare(t1.prior, t2.prior);
            int tn = t1.name.compareTo(t2.name);
            int g = o1.group.compareTo(o2.group);
145            return tp != 0 ? tp : tn != 0 ? tn : g == 0 ? o1.
                course.compareTo(o2.course) : g;
        });
        return list;
    }

150    @Transactional
    public SessionDao createGroups(List<StudyGroup> groups) {
        groupRepository.deleteAll();
        groupRepository.saveAll(groups);
        return this;
155    }

    @Transactional
    public Iterable<StudyGroup> getGroups() {
        return groupRepository.findAll();
160    }

    @Transactional
    public SessionDao createTimes(List<SessionTime> time) {
        sessionTimeRepository.deleteAll();

```

```

165         sessionTimeRepository.saveAll(time);
           return this;
       }

       @Transactional
170     public SessionDao createCurriculum(List<Curriculum>
           curriculumList) {
           String spec = curriculumList.get(0).specCode;
           curriculumRepository.deleteAll(curriculumRepository.
               findBySpecCode(spec));
           curriculumRepository.saveAll(curriculumList);
           return this;
175     }

       @Transactional
           public SessionDao createExam(String spec, List<Exam>
               examList) {
               examRepository.deleteAll(examRepository.getExamBySpec(
                   spec));
180           examRepository.saveAll(examList);
           return this;
       }

       @Transactional
185     public SessionDao createResultLink(String link) {
           resultLinkRepository.save(new ResultLink(link));
           return this;
       }

190     @Transactional
           public Iterable<ResultLink> getResultLink() {
               return resultLinkRepository.findAll();
           }

195     @Transactional
           public Iterable<Curriculum> getCurriculumBySpec(String
               spec) {
               return curriculumRepository.findBySpecCode(spec);
           }

200     @Transactional
           public Teacher getTeacherByName(String name) {
               List<Teacher> teachers = teacherRepository.
                   getTeacherByName(name);
               return teachers != null ? teachers.get(0) : null;

```



```

    }

205
    @Transactional
    public List<Teacher> getTeachers() {
        List<Teacher> res = new ArrayList<>();
        teacherRepository.findAll().forEach(res::add);
210
        return res;
    }

    @Transactional
    public Iterable<Curriculum> getCurriculumBySpec(List<
        String> spec) {
215
        return curriculumRepository.findBySpecCode(spec);
    }

    @Transactional
    public Iterable<Curriculum> getCurriculum() {
220
        return curriculumRepository.findAll();
    }

    @Transactional
    public Iterable<ExamFromRuz> getExamFromRuz() {
225
        return examFromRuzRepository.findAll();
    }

    @Transactional
    public Iterable<Exam> getExams() {
230
        return examRepository.findAll();
    }

    @Transactional
    public SessionDao createTime(Integer t) {
235
        if (sessionTimeRepository.countTimes(t) == 0) {
            sessionTimeRepository.save(new SessionTime(t));
        }
        return this;
    }

240

    @Transactional
    public SessionDao createClassrooms(List<Classroom>
        classrooms) {
        classroomRepository.deleteAll();
        classroomRepository.saveAll(classrooms);
245
        return this;
    }

```

```

@Transactional
public SessionDao createDates(List<LocalDate> days) {
250     sessionDatesRepository.deleteAll();
    for (LocalDate d : days) {
        sessionDatesRepository.save(new SessionDates(d));
    }
    return this;
255 }

@Transactional
public List<LocalDate> getSessionDates() {
    return sessionDatesRepository.sessionDates();
260 }

@Transactional
public Integer getMinTime() {
    return sessionTimeRepository.getMinTime();
265 }

@Transactional
public List<Integer> getTime() {
    List<Integer> list = new ArrayList<>();
270     sessionTimeRepository.findAll().forEach(x -> list.add(x.
        time));
    return list;
}

@Transactional
275 public Integer getMaxTime() {
    return sessionTimeRepository.getMaxTime();
}

@Transactional
280 public List<Classroom> getClassrooms() {
    return classroomRepository.allClassroom();
}

@Transactional
285 public SessionDao createExternalExamsLink(String
    externalId) {
    externalExamsLinkRepository.deleteAll();
    externalExamsLinkRepository.save(new ExternalExamsLink(
        externalId));
    return this;

```

```
    }  
290  
    @Transactional  
    public String getExternalExamsLink() {  
        List<ExternalExamsLink> list = new ArrayList<>();  
        externalExamsLinkRepository.findAll().forEach(list::add)  
        ;  
295        if (list.size() > 0) {  
            return list.get(0).link;  
        } else {  
            return "";  
        }  
300    }  
}
```

Форма загрузки учебных планов

```

<!DOCTYPE html>
<html dir="ltr" lang="ru" xml:lang="ru" xmlns:th="http://www
  .w3.org/1999/xhtml">
5 <head>
  <title>ИКНТ: настройки сессии</title>
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=
    UTF-8"/>
  <meta name="_csrf" th:content="${_csrf.token}"/>
  <meta name="_csrf_header" th:content="${_csrf.headerName}"/>
10 <link href="../../teacher_wish.css" rel="stylesheet"/>
  <script type="module" src="../../js/session_settings.js"></
    script>
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=
    utf-8"/>
  <meta name="keywords" content="ИКНТ: настройки сессии"/>
  <meta name="robots" content="noindex"/>
15 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
    scale=1.0">
  </head>
  <body>
    <div class="page-wrapper">
      <h2>Настройки сессии</h2>
20 <h4>Учебные планы</h4>
      <div id="classroom_blocks">
        Введите код, с которого начинаются названия групп (до "/" ) в
          выбранной специальности:<br>
        <div class="item" style="width: auto">
          <input type="text" id="specCode" name="specCode">
25 </div>
        </div>
        Добавьте файл, содержащий список аттестаций для выбранной сп
          ециальности.<br>
        Формат строки: Название дисциплины, номера семестров, типы атт
          естации <br>
        Пример: Программирование веб-приложений (JS), "6,7", "Экзамен,
          Зачет" <br><br>
30 <div class="classroom_param">
      <label for="examfile"></label>
      <input type="file" id="examfile" name="examfile"/>

```

```

35 </div>
ИЛИ добавьте файл, содержащий список аттестаций для выбранно
    й специальности по группам.<br>
Формат строки: Название дисциплины, группа, номера семестров, т
40 ипы аттестации, ФИО преподавателя <br>
Пример: Программирование веб-приложений (JS), "6,7", "Экзамен,
    Зачет", Иванов Иван Иванович<br><br>
<div class="classroom_param">
<label for="examfileteacher"></label>
<input type="file" id="examfileteacher" name="
    examfileteacher"/>
40 </div>
</section>
<button type="submit" id="submit_exam" class="submit">Отправ
    ить форму</button>
<button type="submit" id="clean_exam" class="submit">Очистит
    ь список экзаменов</button>
<button class="back_button" onclick="window.location.href =
    '/session';">Назад</button>
45 </div>
</body>
</html>

```

Приложение 9

Форма загрузки установленных аттестаций

```

<!DOCTYPE html>
<html dir="ltr" lang="ru" xml:lang="ru" xmlns:th="http://www
  .w3.org/1999/xhtml">
5 <head>
  <title>ИКНТ: настройки сессии</title>
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=
    UTF-8"/>
  <meta name="_csrf" th:content="${_csrf.token}"/>
  <meta name="_csrf_header" th:content="${_csrf.headerName}"/>
10 <link href="../../teacher_wish.css" rel="stylesheet"/>
  <script type="module" src="../../js/session_settings.js"></
    script>
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=
    utf-8"/>
  <meta name="keywords" content="ИКНТ: настройки сессии"/>
  <meta name="robots" content="noindex"/>
15 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
    scale=1.0">
  </head>
  <body>
    <div class="page-wrapper">
      <h2>Настройки сессии</h2>
      <h4>Использовать аттестации с установленным временем при сос
        тавлении расписания</h4>
      <div>
        Введите идентификатор google-таблицы:<br>
        <div class="item" style="width: auto">
          <input type="text" id="external_id" name="specCode">
25 </div>
        </div>
        <div> Текущая используемая таблица: </div>
        <p class="exam_course" th:value="${link}" th:text="${link
          }"></p>
        <button type="submit" id="submit_external" class="submit">Из
          менить id таблицы с аттестациями</button>
30
        <button class="back_button" onclick="window.location.href =
          '/session';">Назад</button>
      </div>

```

```
</body>  
</html>
```