



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Лаборатория
методов оптимизации
и искусственного интеллекта

ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА СПБГЭУ

Заведующий кафедрой прикладной математики

Заведующий лабораторией МОИИ

Санкт-Петербургского государственного экономического университета

профессор, д.т.н., Фридман Г.М.

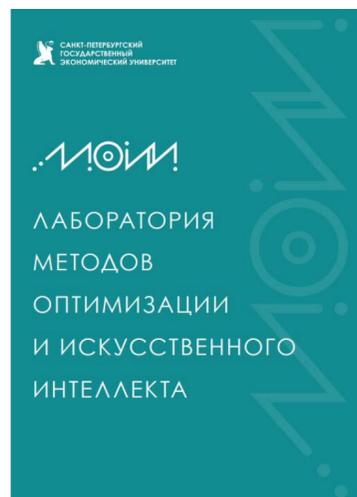
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью создания и функционирования Лаборатории является проведение прикладных научных исследований по профилю Лаборатории в области решения задач по следующим направлениям деятельности:

- планирование расписаний и управление доходами;
- математическая транспортная логистика;
- прогнозирование, анализ данных, временных рядов;
- машинное обучение и нейронные сети;
- имитационное моделирование,
- а также деятельность, направленная на повышение эффективности учебного процесса Университета.

Лаборатория МОИИ на сайте СПбГЭУ: <https://unecon.ru/lab-ai/>

Дата создания лаборатории: апрель 2023 г.



О лаборатории

Лаборатория методов оптимизации и искусственного интеллекта СПбГЭУ выполняет научно-исследовательские работы и образовательные проекты, а также предлагает широкий спектр коммерческих услуг, связанных с решением прикладных задач.

Наши ключевые направления включают оптимизационные задачи в вычислительной транспортной логистике, в планировании расписаний и управлении доходами, а также имитационное моделирование, анализ данных и задачи машинного обучения.

Мы сотрудничаем и сотрудничаем со многими российскими компаниями, включая Группу НЛМК, ПАО Газпром, сеть магазинов «Улыбка радуги», АО «Авиакомпания «Россия», АО «Евросиб СПб – Транспортные системы» для создания и развития цифровых проектов, для выполнения НИОКР и разработки собственного прикладного программного обеспечения. Мы предлагаем учебные курсы и курсы повышения квалификации по комбинаторной оптимизации, машинному обучению и нейронным сетям, управлению доходами, программированию на языке Wolfram Language.

Мы готовы сформировать коммерческие предложения и провести исследования в перспективных направлениях прикладной математики, в том числе, осуществить работы по созданию и программной реализации оптимизационных моделей и моделей машинного обучения, а также выполнить аудит используемого математического обеспечения для логистических и транспортных компаний, сетевых ритейлерских компаний, коммерческих банков.

1

Математические и компьютерные инструменты

Методологический стек

- точные методы, а также эвристические и метаэвристические алгоритмы решения оптимизационных задач;
- методы машинного обучения и построения искусственных нейронных сетей для решения задач прогнозирования, классификации и кластеризации;
- статистические методы и модели анализа данных;
- методы имитационного моделирования и построения имитационных моделей.

Базовый технологический стек

Языки программирования
Python, Wolfram Language

Оптимизаторы
IBM ILOG CPLEX, Cardinal Optimizer, COIN-OR, etc.

Хранение данных
PostgreSQL

Имитационное моделирование
AnyLogic



Задачи маршрутизации

Построение маршрутных карт уборки автомобильных дорог общего пользования регионального значения в весенне-осенний период

Комитет по благоустройству СПб
2017 – 2018

Решение задачи маршрутизации транспортного парка для вендинговой компании

ООО «ВК Торговые автоматы»
2017 – 2018

Построение маршрутных карт ремонта автомобильных дорог субъекта РФ

Департамент аудита транспорта и международного сотрудничества Счетной палаты РФ
2020 – 2021

4

Задачи машинного обучения

Задачи управления доходами авиакомпаний (сверхлимитное бронирование и восстановление цензурированного спроса)

Авиакомпания ГТК «Россия»
2013 – 2014

Прогнозирование оперативных индикаторов европейского газового рынка / Прогнозирование поставок газа на европейский газовый рынок

ООО «Газпром экспорт»
2016 – 2021

Прогнозирование вероятности попадания грузовых вагонов поездов в текущий ремонт

АО «Евросиб СПб-ТС»
2021 – 2022

5

ИНСТРУМЕНТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕК

- точные методы, эвристические и метаэвристические алгоритмы решения оптимизационных задач;
- методы машинного обучения и построения искусственных нейронных сетей для решения задач прогнозирования, классификации и кластеризации;
- методы решения задач управления доходами в различных областях бизнеса;
- статистические методы и модели анализа данных;
- методы имитационного моделирования и построения имитационных моделей.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕК



Языки программирования

Python
Wolfram Language



Оптимизаторы

Cardinal Optimizer,
COIN-OR, SCIP, HiGHS,
etc.



Хранение данных

PostgreSQL
MS Office



Имитационное моделирование

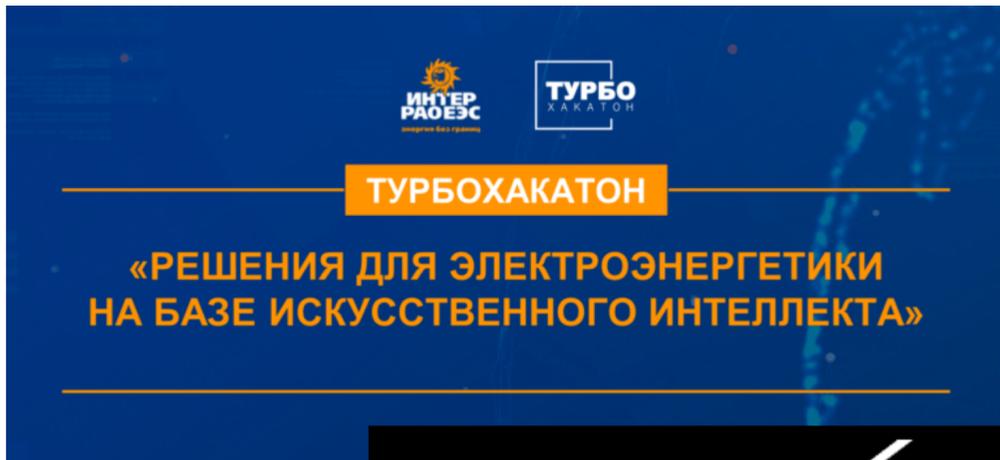
AnyLogic

ПРОЕКТЫ «ВНЕ УНИВЕРСИТЕТА»



- / 01 Рамочный договор: 3 коммерческих проекта
Группа НЛМК, 2023 – 2024
- / 02 Коммерческий проект
АО «Евросиб СПб-ТС», 2023
- / 03 Участие в НИР
ПАО «Газпром», 2023, 2024, 2025
- / 04 Поиск перспективных решений
ООО «Газпром ВНИИГАЗ» / ПАО СберБанк /
АО «Евросиб» / ООО «ИТЛ Консалтинг»
ОАО «АТК «Ямал» / ООО «Текфорс
Инжиниринг» / JSA Group /
АО «Авиакомпания «Россия» / ОАО «РЖД» / ...
- / 05 Учебный курс «Модели и методы
комбинаторной оптимизации»
Группа НЛМК, 2024

КОНКУРСЫ И ХАКАТОНЫ



- / 01 «Турбохакатон» – соревнование по решению задач в сфере электроэнергетики на базе методов искусственного интеллекта
- / 02 Международная университетская премия в области искусственного интеллекта и больших данных «Гравитация»
- / 03 GPN Intelligence Cup — индивидуальный кейс-чемпионат, организованный компанией «Газпром нефть»
- / 04 Хакатон Data Wagon от Первой грузовой компании по решению актуальных задач из индустрии грузовых железнодорожных перевозок

ПРОЕКТЫ «ВНУТРИ УНИВЕРСИТЕТА»



Проект «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СПбГЭУ, 2023 – ...

Ежегодная летняя практика школьников
10-х классов

ФМЛ №239 / ФМЛ №30 / ФМЛ №366

Онлайн курсы

Center for Economic Research and
Graduate Education - Economics Institute

Подготовка новых кадров

Прохождение студентами практики

Руководство дипломными проектами

Факультативные прикладные проекты

Апробация разработанных моделей

ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Цель работы: повышение качества, эффективности и управляемости учебного процесса университета за счет использования и внедрения математических методов и подходов к решению задач, возникающих при осуществлении его различных этапов.



ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: ЦИКЛ РЕШЕНИЯ



ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПО ПРОФИЛЯМ

Цель работы: формирование справедливого (максимально бесконфликтного) распределения студентов по учебным профилям с учётом предпочтений студентов и профилей, а также интересов университета.

Исходные данные и настройки расчета Бакалавриат – Экономика (очная) 2022

Число профилей: 7
 Число студентов: 316
 Число студентов бюджетной формы обучения: 67
 Число студентов контрактной формы обучения: 189
 Число студентов целевой формы обучения: 35
 Число студентов формы обучения "Гослиния": 25
 Число зпосных должников: 2
 Число непроголосовавших студентов: 4
 Общее число безразличных студентов: 6
 Число проголосовавших студентов: 310

№	Профили	Число I-ых групп	Число целевых	Мин. число групп	Макс. число групп	Мин. размер одной группы	Мин. размер нескольких групп	Макс. размер нескольких групп
1	Бухгалтерский учет, анализ и аудит	23	2	1	1	29	25	36
2	Бухгалтерский учет, анализ и аудит – II	0	20	1	1	26	23	36
3	Математическое моделирование и анализ данных в экономике	60	4	1	2	22	23	36
4	Мировая экономика и международные рынки	18	0	0	5	25	25	36
5	Финансы и кредит	90	4	5	9	23	23	36
6	Экономика предпринимательства	31	2	1	9	25	25	36
7	Экономика предприятий и организаций	53	3	1	9	25	23	36

ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПО ПРОФИЛЯМ

ЧИСЛОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ: МАКСИМИЗАЦИИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ СТУДЕНТОВ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



Направление
«Менеджмент»



259 студента



5 профилей



Нестрогие предпочтения
агентов

Характеристика	Оптимизационный алгоритм
Количество конфликтов зависти	0
Количество конфликтов коалиций	0
Количество конфликтов свободных мест	0
Студенты, распределенные по первому приоритету	242 (9 должников)

97 %
студентов
по I приоритету

40 сек
поиск
решения

1
профиль
не открыт

ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПО ПРОФИЛЯМ

ЧИСЛОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ: МАКСИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА ОТКРЫТЫХ ПРОФИЛЕЙ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



Направление
«Менеджмент»



259 студента



5 профилей



Нестрогие предпочтения
агентов

Характеристика	Оптимизационный алгоритм
Количество конфликтов зависти	0
Количество конфликтов коалиций	0
Количество конфликтов свободных мест	14
Студенты, распределенные по первому приоритету	236 (9 должников)

2

профилей
с малым
спросом

1

критерий
оптимизации
добавлен

100 %

профилей
открыто

ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПО ВЫБОРНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

Цель работы: разработка алгоритма поиска справедливого распределения студентов по дисциплинам (модули) по выбору, а также разбиение множества студентов на смешанные группы для совместного изучения дисциплин.

ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПО ВЫБОРНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

ЧИСЛОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ: «ВЕСЕННИЙ» СЕМЕСТР УЧЕБНОГО ГОДА 2023 / 2024

Номер блока	Номер подпотока	Номер подгруппы	Семестр	Дисциплина	Количество студентов по группам	Лекции	Практика
1	1	1	2	Креативное и социальное мышление в проектной деятельности	Т-2341 - 5, С-2341 - 6, ГД-2341 - 7	Алексанков Андрей Михайлович	Алексанков Андрей Михайлович
1	2	1	2	Креативное мышление менеджера и системное управление сообществами	Т-2341 - 7, С-2341 - 3, ГД-2341 - 8	Кострюкова Оксана Николаевна	Орловская Виктория Петровна
1	3	1	2	Социальный капитал и устойчивое развитие	ГД-2341 - 6, С-2341 - 4, Т-2341 - 4	Трушников Ириана Олеговна	Трушников Ириана Олеговна
1	4	1	2	Экономика впечатлений	Т-2341 - 3, С-2341 - 7, ГД-2341 - 8	Хорева Любовь Викторовна	Сущинская Марина Дмитриевна
2	1	1	2	Креативное и социальное мышление в проектной деятельности	РС-2341 - 8, УП-2341 - 4, Л-2341 - 6, ГМ-2341 - 5, СЦ-2342 - 7	Алексанков Андрей Михайлович	Алексанков Андрей Михайлович
2	2	1	2	Креативное мышление менеджера и системное управление сообществами	СЦ-2342 - 3, ГМ-2341 - 11, УП-2341 - 5, Л-2341 - 11	Кострюкова Оксана Николаевна	Кострюкова Оксана Николаевна
2	3	1	2	Социальный капитал и устойчивое развитие	РС-2341 - 5, УП-2341 - 3, ГМ-2341 - 11, Л-2341 - 5, СЦ-2342 - 5	Фирсанова Ольга Владимировна	Фирсанова Ольга Владимировна
2	4	1	2	Экономика впечатлений	Л-2341 - 10, РС-2341 - 19	Хорева Любовь Викторовна	Сущинская Марина Дмитриевна
2	4	2	2	Экономика впечатлений	УП-2341 - 9, СЦ-2342 - 8, ГМ-2341 - 12	Хорева Любовь Викторовна	Ткачев Вадим Александрович
3	1	1	2	Креативное мышление менеджера и системное управление сообществами	Э-2341 - 17, Ф-2342 - 3, Ф-2345 - 3	Кострюкова Оксана Николаевна	Кострюкова Оксана Николаевна
3	1	2	2	Креативное мышление менеджера и системное управление сообществами	Ф-2343 - 8, Ф-2341 - 5, ПИ-2341 - 5, Ф-2346 - 5	Кострюкова Оксана Николаевна	Тютюнник Оксана Алексеевна
3	1	3	2	Креативное мышление менеджера и системное управление сообществами	Ф-2344 - 7, Э-2342 - 8, ПМ-2341 - 2, Э-2343 - 5	Кострюкова Оксана Николаевна	Орловская Виктория Петровна
3	2	1	2	Креативный и социальный капитал	Э-2341 - 5, Ф-2342 - 4, Ф-2341 - 6, Э-2342 - 4, Э-2343 - 2	Горулев Денис Алексеевич	Горулев Денис Алексеевич
3	2	2	2	Креативный и социальный капитал	Ф-2343 - 10, Ф-2345 - 6, Ф-2346 - 4, Ф-2344 - 2	Горулев Денис Алексеевич	Горулев Денис Алексеевич
3	3	1	2	Развитие креативного потенциала в условиях наукоемкой экономики	ПИ-2341 - 15, Ф-2345 - 7	Акимова Елена Павловна	Акимова Елена Павловна
3	3	2	2	Развитие креативного потенциала в условиях наукоемкой экономики	Э-2342 - 12, Э-2343 - 4, Ф-2346 - 6	Акимова Елена Павловна	Коростелева Александра Михайловна
3	3	3	2	Развитие креативного потенциала в условиях наукоемкой экономики	Ф-2344 - 5, Э-2341 - 9, ПМ-2341 - 9	Акимова Елена Павловна	Акимова Елена Павловна
3	4	1	2	Сервис-дизайн продуктов	Ф-2345 - 4, ПИ-2341 - 10, Ф-2344 - 9	Максимовская Ольга Александровна	Максимовская Ольга Александровна
3	4	2	2	Сервис-дизайн продуктов	Ф-2346 - 7, Э-2343 - 2, Э-2341 - 7, Э-2342 - 7	Максимовская Ольга Александровна	Гордиенко Яна Александровна
3	4	3	2	Сервис-дизайн продуктов	Ф-2342 - 5, Ф-2341 - 10, Ф-2343 - 5, ПМ-2341 - 3	Максимовская Ольга Александровна	Шокола Яна Владимировна

3958
студентов

127
преподавателей

70
дисциплин

1
день на получение
результата

0
конфликтов
зависти

79 %
по первому
приоритету

ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: КАЧЕСТВО УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ

Цель работы: разработка и внедрение программы для автоматизации проверки соответствия фактического расписания плановой нагрузке преподавателей

Внимание!
Расписание сверяется только для тех групп, которые есть во всех 3 файлах!

Введите путь к временному расписанию:
objects/timetable_checking/data/временное_зр-1.xls **Обзор**

Введите путь к постоянному расписанию:
jects/timetable_checking/data/постоянное_зр_1.xls **Обзор**

Введите путь к файлу нагрузки:
/projects/timetable_checking/data/гум_нагрузка.xml **Обзор**

Введите путь к файлу праздников:
D:/all/projects/timetable_checking/holidays.xlsx **Обзор**

Введите путь к файлу метанавыков:
D:/all/projects/timetable_checking/metaskills.xlsx **Обзор**

Список групп, для которых сверяется расписание:

	Группа
1	ЗР-2401
2	ЗР-2402

Сверить расписание

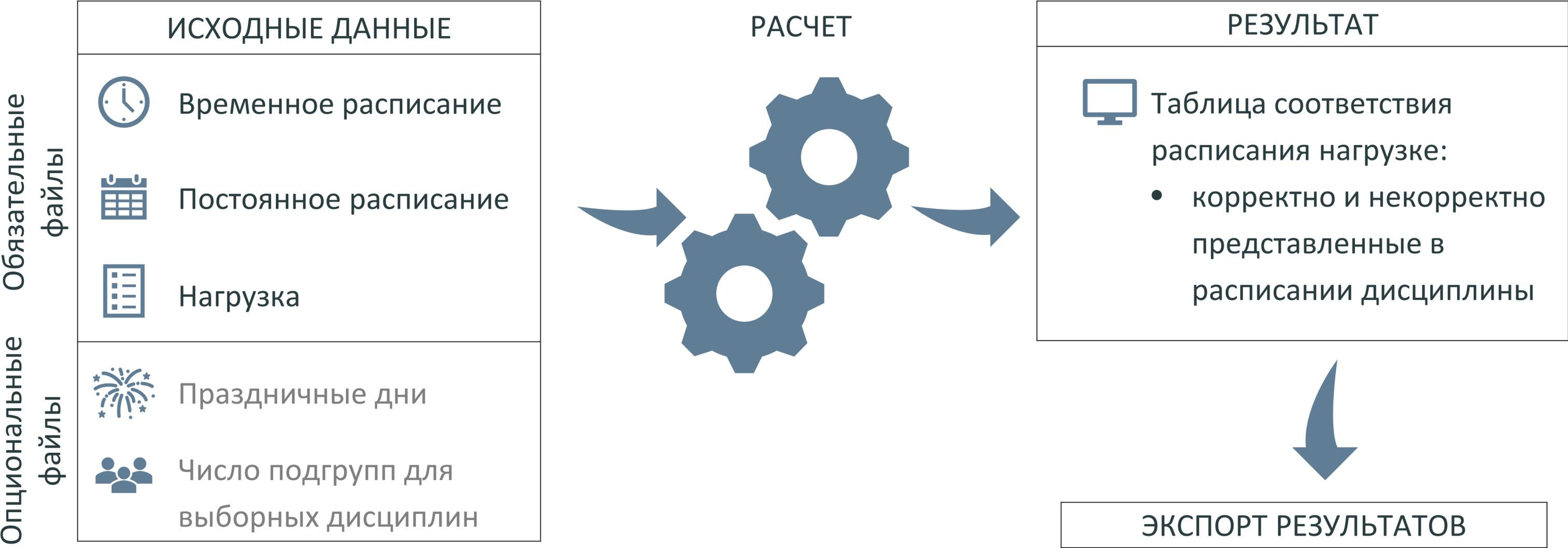
Поиск по таблице: **Сбросить** Предмет (от А до Я)
Все дисциплины

	Группа	Предмет	Преподаватель	Тип занятия	Количество часов по плану	Количество часов по факту	Разница	Разница дл подгруппы
1	ЗР-2401	Введение в регионоведение	Гаврилова Каринэ Самвеловна	П	28	28	0	-
2	ЗР-2401, ЗР-2402	Введение в регионоведение	Разумовский Владимир Михайлович	Л	20	20	0	-
3	ЗР-2402	Введение в регионоведение	Гаврилова Каринэ Самвеловна	П	28	28	0	-
4	ЗР-2401	Демография	Декина Мария Павловна	П	14	14	0	-
5	ЗР-2401, ЗР-2402	Демография	Декина Мария Павловна	Л	18	18	0	-
6	ЗР-2402	Демография	Михайлов Борис Алексеевич	П	14	14	0	-
7	ЗР-2401, ЗР-2402	Иностранный язык	Буль Юлия Валерьевна	П	48	48	0	-
8	ЗР-2401, ЗР-2402	Иностранный язык	Ефимова Анна Ильинична	П	48	48	0	-
9	ЗР-2401, ЗР-2402	Иностранный язык	Гульятеева Елена Геннадьевна	П	48	48	0	-
10	ЗР-2401, ЗР-2402	Иностранный язык	Степанова Любовь Владимировна	П	48	48	0	-
11	ЗР-2401	История России	Щемелева Елена Геннадьевна	П	28	28	0	-
12	ЗР-2401, ЗР-2402	История России	Щемелева Елена Геннадьевна	Л	36	36	0	-
13	ЗР-2402	История России	Щемелева Елена Геннадьевна	П	28	28	0	-
14	ЗР-2401	Методы регионоведческих исследований	Малинин Александр Маркович	П	42	42	0	-
15	ЗР-2401, ЗР-2402	Методы регионоведческих исследований	Лимонов Леонид Эдуардович	Л	22	22	0	-
16	ЗР-2402	Методы регионоведческих исследований	Димитриченко Оксана Дмитриевна	П	42	42	0	-
17	ЗР-2401	Основы российской государственности	Макаричева Наталья Александровна	П	42	42	0	-
18	ЗР-2401, ЗР-2402	Основы российской государственности	Макаричева Наталья Александровна	Л	22	22	0	-
19	ЗР-2402	Основы российской государственности	Макаричева Наталья Александровна	П	42	42	0	-
20	ЗР-2401	Социально-экономическая география	Калоева Алла Тотразовна	П	42	42	0	-
21	ЗР-2401, ЗР-2402	Социально-экономическая география	Корнекова Светлана Юрьевна	Л	22	22	0	-

D:/all/projects/timetable_checking/data/ **Обзор** difference.xlsx **Сохранить** ?

ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: КАЧЕСТВО УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ

СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПРОГРАММОЙ



ПРОЕКТ «УМНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»: АПРОБАЦИЯ

XV МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ, 2023

Статья: Проект «Умный университет»: Распределение студентов по учебным профилям

ВЕСТНИК ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА, 2024

Статья: «Умный университет»: справедливое распределение студентов по учебным профилям

СОВРЕМЕННАЯ ЭКОНОМИКА: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ, 2024

Статья: Справедливое распределение студентов по блокам дисциплин по выбору

VIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ, ПОСВЯЩЕННЫЙ
300-ЛЕТИЮ СПбГУ, 2024

Алгоритм распределения студентов направления подготовки по образовательным программам



Лаборатория
методов оптимизации
и искусственного интеллекта

Г.М. Фридман
grifri@finес.ru



/ 01 ОПТИМИЗАТОР СЕРИЙ КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА

ГРУППА «НЛМК», 2023-2024

НА ОСНОВАНИИ ДОГОВОРА № ДГ-1010-11072-06-23 ОТ 24 АВГУСТА 2023 ГОДА

Цель работы: аудит существующей модели построения расписания работ по производству слэбов, устранение недостатков и усовершенствование модели.

```

231
232 class MIPSlabSolver(ISolver):
233     def setup(self, inst: MIPSlabProblem, big_m=1e6, eps=1e-2) -> None:
234         m = dmp.model.Model(
235             name=f'SlabProblem(chem_clique_id = {inst.chem_clique_id}, shots={inst.v_strand1_shot, inst.v_strand2_shot})'
236         )
237         self._model = m
238
239         cur_series = inst.series[inst.series_id]
240
241         # параметры модели
242         series_products = dict()
243         series_demands = dict()
244         products_for_series = {p: 0 for p in inst.products}
245         for spi in inst.series_products_list:
246             series_products[spi.product_id] = inst.products[spi.product_id]
247             products_for_series[spi.product_id] = 1
248
249         d = inst.products[spi.product_id].demand_id
250         series_demands[d.demand_id] = d
251
252         demand_products = {d: dict() for d in inst.demands}
253         for dpi in inst.demand_products_list:
254             demand_products[dpi.demand_id][dpi.product_id] = inst.products[dpi.product_id]
255
256         reserved_products_for_series = {p: 0 for p in inst.products}
257         series_reserved_products = set()
258         for spi in inst.series_reserved_products_list:
259             series_reserved_products.add(spi.product_id)
260             reserved_products_for_series[spi.product_id] = 1
261
262         product_in_chem_clique = {p: 0 for p in inst.products}
263         for pair in inst.chem_clique_products_list:
264             product_in_chem_clique[pair.product_id] = 1
265
266         e_strand1_halfheat_size = round(cur_series.heat_weight_max * inst.v_strand1_shot / (inst.v_strand1_shot + inst.v_strand2_shot))
267         e_strand2_halfheat_size = cur_series.heat_weight_max - e_strand1_halfheat_size
268
269         clique_shot_min = min(p.shot_min for p_id, p in inst.products.items() if product_in_chem_clique[p_id])
270         clique_shot_max = max(p.shot_max for p_id, p in inst.products.items() if product_in_chem_clique[p_id])
271

```

Objective function	Type	CP basics	CP layers	CP layers-eps (1%, 1%) (0)	CP layers-eps (5%, 2%) (0)	CP layers-eps (1%, 5%) (0)
obj_min_series_size_penalty	min	0	0	0	0	0
obj_max_series_size_penalty	min	0	0	0	0	0
obj_series_constraint_penalty_range	min	0	(0)	(0)	(0)	(0)
obj_nr_of_heats_unreserved_goal	max	10	10	10	10	10
obj_nr_of_heats_goal	max	10	10	10	10	10
obj_min_heat_size_penalty_total	min	0	0	0	0	0
obj_series_constraint_penalty_max_high_priority	max	0	0	0	0	0
obj_series_constraint_penalty_min_high_priority	min	0	0	0	0	0
obj_min_absent_leadtime	max	2	2	2	2	2
obj_max_present_leadtime	min	23	23	23	23	23
obj_total_leadtime	max	21.4748	21.4748	21.4748	21.4748	21.4748
time	(sec)	10.7344	301.94	301.643	301.7	301.658

Подробный анализ решений

Demand Data				CP basics		CP layers		CP layers-eps (1%, 1%)		CP layers-eps (5%, 2%)		CP layers-eps (1%, 5%)			
DemandID	Quantity	LeadTime	Attribute	IsTaken	IsFinished	Weight	IsTaken	IsFinished	Weight	IsTaken	IsFinished	Weight	IsTaken	IsFinished	Weight
96	14	-63	f ₁	✓	✓	25	✓	✓	25	✓	✓	25	✓	✓	25
90	17	-26	f ₁	✓	✓	19	✓	✓	19	✓	✓	19	✓	✓	19
75	24	-19	f ₁	✓	✓	25	✓	✓	25	✓	✓	25	✓	✓	25
17	115	-4	f ₁	✓	✓	133	✓	✓	133	✓	✓	133	✓	✓	133
92	17	-2	f ₁	✓	✓	27	✓	✓	27	✓	✓	27	✓	✓	27
19	102	2	f ₁	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
89	33	7	f ₁	✓	✓	46	✓	✓	46	✓	✓	46	✓	✓	46
45	69	8	f _{1R} ⁰⁰	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
58	44	9	f _{1R} ⁰⁰	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
94	16	11	f ₁	✓	✓	27	✓	✓	27	✓	✓	27	✓	✓	27
85	21	12	f _{1R} ⁰⁰	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
81	22	13	f ₁	✓	✓	22	✓	✓	22	✓	✓	22	✓	✓	22
62	38	14	f _{1R} ⁰⁰	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
80	22	15	f ₁	✓	✓	22	✓	✓	22	✓	✓	22	✓	✓	22
91	17	15	f ₁	✓	✓	27	✓	✓	27	✓	✓	27	✓	✓	27
87	19	17	f _{1R} ⁰⁰	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
46	66	19	f _{1R} ⁰⁰	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
84	21	20	f ₁	✓	✓	23	✓	✓	23	✓	✓	23	✓	✓	23
73	42	21	f _{1R} ⁰⁰	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
83	22	21	f ₁	✓	✓	27	✓	✓	27	✓	✓	27	✓	✓	27
16	779	22	f ₁	✓	✓	826	✓	✓	800	✓	✓	800	✓	✓	800
36	91	22	f ₁	✓	✓	0	✓	✓	92	✓	✓	92	✓	✓	92
93	16	22	f _{1R} ⁰⁰	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	✓	0
54	277	23	f ₁	✓	✓	293	✓	✓	267	✓	✓	267	✓	✓	267
Total	20			14	14	1542 0(r)	15	14	1582 0(r)	15	14	1582 0(r)	15	14	1582 0(r)

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ			Время (сек)				КАЧЕСТВО*								
ID	# потребностей	# слоев leadtime	BASICS		LAYERS		Рейтинг решений (по убыванию слева направо)								
			CP	MH+MP	CP	MH+MP	MH layers	MH basics	CP basics	CP layers					
3978	2	1	1	1	1	1	MH layers	MH basics	CP basics	CP layers					
3967	7	5	9	12	7	12	CP layers	MH layers	MH basics	CP basics					
3472	9	6	1	1	1	1	MH basics	CP basics	MH layers	CP layers					
3974	9	6	1	248	1	265	CP basics	CP layers	MH basics	MH layers					
3995	11	1	159	21	300**	18	MH layers	MH basics	CP basics	CP layers					
3915	12	5	1	25	1	30	CP basics	CP layers	MH basics	MH layers					
4060	14	7	132	20	32	27	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
3994	16	8	300**	3	300**	3	MH basics	MH layers	CP layers	CP basics					
3923	16	12	300**	17	24	3	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
3572	19	9	300**	69	300**	55	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
3479	19	10	2	4	27	7	MH layers	CP layers	CP basics	MH basics					
4309 сокр.	25	13	1	5	1	7	CP layers	MH basics	MH layers	CP basics					
4099	25	20	142	3	37	6	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
4093	45	31	300**	8	214	22	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
4246	52	15	1	10	2	19	CP layers	MH layers	CP basics	MH basics					
3838	58	16	300**	36	300**	24	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
3643	71	21	300**	33	300**	67	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
4260	76	24	300**	69	300**	114	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
3382	97	56	11	12	300**	65	MH layers	CP layers	CP basics	MH basics					
4309	108	33	3	18	300**	62	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
3960	146	35	300**	109	300**	227	MH layers	MH basics	CP layers	CP basics					
3443	223	61	300**	146	300**	678	MH layers	MH basics	CP layers	CP basics					
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ КАЧЕСТВА РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВАРИАНТОВ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ											Модели / алгоритмы				
											MH layers	CP layers	MH basics	CP basics	№
											22	19	7	5	I
											0	1	2	0	II
											0	2	12	8	III
											0	0	1	9	IV
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ			Время*** (сек)				КАЧЕСТВО								
ID	# потребностей	# слоев leadtime	BASICS		LAYERS		Рейтинг решений (по убыванию слева направо)								
			CP	MH+MP	CP	MH+MP	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
3505	550	29	514	258	900**	966	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					
3645	460	25	300**	252	514	797	MH layers	CP layers	MH basics	CP basics					

/ 01 ОПТИМИЗАТОР СЕРИЙ КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕК

- на выходе Заказчику передано три инструмента:
 1. усовершенствованная СР модель;
 2. математическая эвристика на базе МІР модели;
 3. модуль визуализации результата расчета с авто-генерацией объяснения его пользователю;
- исключено недовольство пользователей предыдущими версиями моделей, переданных на аудит;
- внедрение результаты в бизнес-процесс компании как основного инструмента для решения задачи такого типа;
- продолжение сотрудничества.



математическая эвристика



Constrained program модель
Mixed-integer program модель



Визуализация результатов
Инструмент анализа

/ 02 РАЗМЕЩЕНИЕ КОНТЕЙНЕРОВ НА ПЛАТФОРМАХ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ПРОБЕГА ПОГРУЗОЧНОЙ ТЕХНИКИ

АО «ЕВРОСИБ СПБ-ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ», 2023

ДОГОВОР № ЦН2306/2-Н ОТ 30 ИЮНЯ 2023 Г.

Цель работы: создание программной реализации алгоритма решения задачи о размещении контейнеров на платформах при выполнении ограничений на допустимость расстановки с учетом сформулированных Заказчиком критериев оптимизации, в т.ч. минимизации пробега погрузочной техники.

$$L_1 = \sum_{p \in P'} \sum_{sc \in SC_p} n_{sc} x_{p,sc} - |C| \times \sum_{p' \in P'} u_{p'} \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$L_2 = \sum_{p \in P'} \sum_{t \geq 1} x_{p,sc} + |P| \times \sum_{p' \in P'} u_{p'} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\sum_{p \in P'} \sum_{sc \in SC_p} x_{p,sc} \leq 1, \quad \forall c \in C \quad (3)$$

$$\sum_{sc \in SC_p} x_{p,sc} + u_{p'} = dupl_{p'}, \quad \forall p' \in P': t_{p'} = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{sc \in SC_p} x_{p,sc} \leq dupl_{p'}, \quad \forall p' \in P': t_{p'} \geq 1 \quad (5)$$

$$\sum_{p \in P'} \sum_{p' \in P'} \sum_{t \in \{1..T-2\}} x_{p,sc} \geq |P_t| y_t, \quad \forall t \in \{1..T-2\} \quad (6)$$

$$\sum_{p \in P'} \sum_{p' \in P'} \sum_{t \in \{2..T-1\}} x_{p,sc} \leq |P_t| y_{t-1}, \quad \forall t \in \{2..T-1\} \quad (7)$$

$$\sum_{p \in P'} \sum_{sc \in SC_p} \sum_{c \in C} x_{p,sc} \geq |C_0^c| y_0^c, \quad \forall c \in \{1..O-2\} \quad (8)$$

$$\sum_{p \in P'} \sum_{sc \in SC_p} \sum_{c \in C} x_{p,sc} \leq |C_0^c| y_{0-1}^c, \quad \forall c \in \{2..O-1\} \quad (9)$$

$$\sum_{p \in P'} \sum_{sc \in SC_p} \sum_{c \in C} x_{p,sc} = |C_0^b| y_b^c, \quad \forall b \in \{1..B\} \quad (10)$$

$$x_{p,sc} \in \{0,1\}, \quad \forall p' \in P', \forall sc \in SC_p, \quad (11)$$

$$y_t \in \{0,1\}, \quad \forall t \in \{1..T-2\} \quad (12)$$

$$y_0^c \in \{0,1\}, \quad \forall c \in \{0..O-2\} \quad (13)$$

$$y_b^c \in \{0,1\}, \quad \forall b \in \{1..B\} \quad (14)$$

```

self.cut_vars = set(list(chain(*self.vars1)))
self.step2_counts = Counter(step2)

intervals_sets = set([j[-1][-1] for i in self.cut_vars for j in i])
danger_classes_sets = set([j[-1][-2] for i in self.cut_vars for j in i])

df = pd.DataFrame(self.set_of_containers_cut).T
df['index'] = df.index

self.length = {}
for dc in danger_classes_sets:
    for l, r in intervals_sets:
        self.length = {**self.length, **self.add_danger_class(df, dc, l, r)}

self.assoc = {var: [i for i in product(*map(lambda x: self.length.get(x, []), var))] for var in self.cut_vars}
self.assoc = {k: list(set(map(lambda x: tuple(sorted(x)), v))) for k, v in self.assoc.items()}
self.assoc = {k: [i for i in v if self.test(i, self.step2_counts)] for k, v in self.assoc.items()}

self.variants_subsets = {}
self.models_to_subsets_codes = {}

for i, var_list in enumerate(self.vars1):
    subsets = set(chain.from_iterable([self.assoc[var] for var in var_list]))
    _set = set.union(*map(lambda var: var_to_codes[var], var_list))
    subset_to_codes = dict(map(lambda subs: (subs, _set), subsets))

self.models_to_subsets_codes[self.models[i]] = {subs: set(codes) for subs, codes in subset_to_codes.items()}
self.variants_subsets[self.models[i]] = list(subsets)
    
```

SessionID	contNumber	Size	CargoWeight	TareWeight	Status	Priority	Batch	Stack	DangerClass
17	TCKU1241425	20	19200	2100	BHTP	0	0	5-5-C-2	
17	ZIMU1038972	20	19200	2260	BHTP	0	0	5-5-C-3	
17	ZCSU8253860	40	3000	3890	BHTP	0	0	0-T-P-R	
28	TCKU1241425	20	19200	2100	BHTP	0	0	5-5-C-2	
28	ZIMU1038972	20	19200	2260	BHTP	0	0	5-5-C-3	
28	ZCSU8253860	40	3000	3890	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	MRKU5418487	40	26000	3810	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	MSKU1380277	40	26000	3880	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	MRKU5090910	40	26000	3810	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	TCKU7029558	40	26000	3700	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	TGHU6812159	40	26000	3890	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	BHCU3190567	20	20000	2130	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	SEGU1580941	20	20000	2180	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	TNZU4027299	40	11000	3700	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	TNZU4015678	40	13000	3700	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	MRKU3085622	40	26000	3880	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	MRSU5408537	40	26000	3720	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	MSKU1154259	40	26000	3880	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	PONU8008718	40	26000	3940	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	TCNU4473049	40	26000	3840	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	FSCU6281727	40	26000	3900	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	GXU5582946	40	26000	3700	BHTP	0	0	0-T-P-R	
32	MRKU13294556	40	26000	3880	BHTP	0	0	0-T-P-R	

/ 02 РАЗМЕЩЕНИЕ КОНТЕЙНЕРОВ НА ПЛАТФОРМАХ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ПРОБЕГА ПОГРУЗОЧНОЙ ТЕХНИКИ

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕК

- эффективный алгоритм решения задачи;
- программный модуль;
- подбор open-source альтернатив коммерческим оптимизатору и реализация перехода;
- внедрение результатов в бизнес-процесс компании как основного инструмента для решения задачи такого типа;
- предложение вариантов развития программного продукта.



обработка данных,
алгоритм решения задачи,
построение моделей,
экспорт результатов



поиск глобального
оптимума



хранение исходных
данных и результатов
расчетов

/ 03 РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЫНОЧНЫМИ РИСКАМИ ГРУППЫ ГАЗПРОМ НА УРОВНЕ ПАО «ГАЗПРОМ» С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

ПАО «ГАЗПРОМ», 2023

УЧАСТИЕ В НИР И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО РЕШЕНИЯ

Основной задачей в рамках проекта была разработка и отладка программы для ЭВМ «Импорт, обработка, сохранение данных по котировкам».

Валютный риск		
USD	Курс доллара	https://www.cbr.ru/currency_base/dynamics/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.so=1&UniDbQuery.mode=1&UniDbQuery.date_req1=&UniDbQuery.date_req2=&UniDbQuery.VAL_NM_RQ=R01235&UniDbQuery.From=04.08.2022&UniDbQuery.To=03.08.2023
EUR	Курс евро	https://www.cbr.ru/currency_base/dynamics/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.so=1&UniDbQuery.mode=1&UniDbQuery.date_req1=&UniDbQuery.date_req2=&UniDbQuery.VAL_NM_RQ=R01239&UniDbQuery.From=04.08.2022&UniDbQuery.To=03.08.2023
CNY	Курс юаня	https://www.cbr.ru/currency_base/dynamics/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.so=1&UniDbQuery.mode=1&UniDbQuery.date_req1=&UniDbQuery.date_req2=&UniDbQuery.VAL_NM_RQ=R01375&UniDbQuery.From=04.08.2022&UniDbQuery.To=03.08.2023
Ценовой риск		
JCCQ2023	Japan Crude Cocktail (Detailed) Futures Quotes - CME Group	https://ru.tradingview.com/chart/LYwFSM48/?symbol=NYMEX%3AJCCU2023
Brent	Фьючерс на BRENT с поставкой через месяц	https://ru.investing.com/commodities/brent-oil-historical-data
DMEc1	Dubai Crude Oil (Platts) Financial Futures	https://ru.investing.com/commodities/dubai-crude-oil-platts-futures-historical-data
TTF	Фьючерс на газ на TTF с поставкой через месяц	https://ru.investing.com/commodities/dutch-ttf-gas-cl-futures-historical-data
JKM	Japan Korea Marker PLATTS Future	https://ru.investing.com/commodities/ing-japan-korea-marker-platts-futures-historical-data

```
C:\Windows\System32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2486]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\Users\User\Downloads\ver_3>pip --version
pip 23.1.2 from C:\Users\User\AppData\Local\Programs\Python\Python311\Lib\site-packages\pip (python 3.11)

C:\Users\User\Downloads\ver_3>pip install -r requirements.txt
Collecting numpy==1.24.3 (from -r requirements.txt (line 1))
  Downloading numpy-1.24.4-cp311-cp311-win_amd64.whl (14.8 MB)
-----
14.8/14.8 MB 9.5 MB/s eta 0:00:00
Collecting pandas>=1.2.4 (from -r requirements.txt (line 2))
  Downloading pandas-2.0.3-cp311-cp311-win_amd64.whl (18.6 MB)
-----
18.6/18.6 MB 9.5 MB/s eta 0:00:00
Collecting tqdm==4.59.0 (from -r requirements.txt (line 3))
  Downloading tqdm-4.59.0-py2.py3-none-any.whl (74 kB)
-----
74.1/74.1 kB 4.0 MB/s eta 0:00:00
Collecting websocket-client==1.2.3 (from -r requirements.txt (line 4))
  Using cached websocket-client-1.2.3-py3-none-any.whl (53 kB)
Collecting python-dateutil==2.8.1 (from -r requirements.txt (line 5))
  Using cached python_dateutil-2.8.2-py2.py3-none-any.whl (247 kB)
Collecting openpyxl==3.0.3 (from -r requirements.txt (line 6))
  Downloading openpyxl-3.0.10-py2.py3-none-any.whl (242 kB)
-----
242.1/242.1 kB 14.5 MB/s eta 0:00:00
Collecting pytz>=2020.1 (from pandas>=1.2.4->-r requirements.txt (line 2))
  Downloading pytz-2023.3-py2.py3-none-any.whl (502 kB)
-----
502.3/502.3 kB 10.5 MB/s eta 0:00:00
Collecting tzdata>=2022.1 (from pandas>=1.2.4->-r requirements.txt (line 2))
  Downloading tzdata-2023.3-py2.py3-none-any.whl (341 kB)
-----
341.0/341.0 kB 10.7 MB/s eta 0:00:00
Collecting six>=1.5 (from python-dateutil==2.8.1->-r requirements.txt (line 5))
  Using cached six-1.16.0-py2.py3-none-any.whl (11 kB)
Collecting et-xmlfile (from openpyxl==3.0.3->-r requirements.txt (line 6))
  Downloading et_xmlfile-1.1.0-py3-none-any.whl (4.7 kB)
Installing collected packages: pytz, websocket-client, tzdata, tqdm, six, numpy, et-xmlfile, python-dateutil, openpyxl, pandas
Successfully installed et-xmlfile-1.1.0 numpy-1.24.4 openpyxl-3.0.10 pandas-2.0.3 python-dateutil-2.8.2 pytz-2023.3 six-1.16.0 tqdm-4.59.0 tzdata-2023.3 websocket-client-1.2.3

[notice] A new release of pip is available: 23.1.2 -> 23.2.1
[notice] To update, run: python.exe -m pip install --upgrade pip

C:\Users\User\Downloads\ver_3>
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		USD	EUR	CNY	RUSFAR1M	JCCU2023	Brent	DMEc1	TTF	JKM	US1M	US2M	US3M	US4M
2	05.08.2022	60,258	61,0872	8,93362	7,75	85,19	94,92	94,41	196,32	44,66	2,168	2,361	2,53	4,22
3	06.08.2022	60,3696	61,361	8,96876	7,75	85,19	94,92	94,41	196,32	44,66	2,168	2,361	2,53	4,22
4	07.08.2022	60,3696	61,361	8,96876	7,75	85,19	94,92	94,41	196,32	44,66	2,168	2,361	2,53	4,22
5	08.08.2022	60,3696	61,361	8,96876	7,75	87,6	96,65	96,04	193,055	44,47	2,148	2,348	2,529	4,22
6	09.08.2022	60,3164	61,1615	8,9613	7,91	87,08	96,31	95,97	192,185	44,62	2,183	2,363	2,633	4,22
7	10.08.2022	60,3814	61,5542	8,95342	7,89	88,76	97,4	96,87	205,365	44,71	2,183	2,355	2,597	4,22
8	11.08.2022	60,4542	61,704	8,95251	7,9	90,28	99,6	98,18	208,11	45,335	2,193	2,368	2,558	4,22
9	12.08.2022	60,6229	62,5156	9,00583	7,9	89,15	98,15	96,48	206,11	45,39	2,194	2,463	2,563	4,22
10	13.08.2022	60,8993	62,5355	9,03978	7,9	89,15	98,15	96,48	206,11	45,39	2,194	2,463	2,563	4,22
11	14.08.2022	60,8993	62,5355	9,03978	7,9	89,15	98,15	96,48	206,11	45,39	2,194	2,463	2,563	4,22
12	15.08.2022	60,8993	62,5355	9,03978	7,9	87,53	95,1	94,97	220,11	45,443	2,189	2,468	2,588	4,22
13	16.08.2022	61,3747	62,5056	9,04515	7,91	85,98	92,34	93,46	225,915	56,715	2,199	2,447	2,661	4,22
14	17.08.2022	61,4247	62,3551	9,01556	7,91	86,9	93,65	94,04	225,835	56,82	2,143	2,434	2,641	4,22
15	18.08.2022	60,7552	61,8322	8,95099	7,91	88,33	96,59	95,18	241,005	57,6	2,137	2,445	2,669	4,22
16	19.08.2022	59,957	60,8957	8,8274	7,92	89,07	96,72	95,39	244,55	57,02	2,184	2,552	2,686	4,22
17	20.08.2022	59,1321	59,3934	8,6583	7,92	89,07	96,72	95,39	244,55	57,02	2,184	2,552	2,686	4,22

/ 03 РАЗРАБОТКА И ОТЛАДКА ПРОГРАММЫ «ИМПОРТ, ОБРАБОТКА, СОХРАНЕНИЕ ДАННЫХ ПО КОТИРОВКАМ»

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕК

- разработана программа на языке Python;
- использованы открытые источники данных по курсам валют, информацию о кривым бескупонной доходности государственных облигаций, а также фьючерсы Brent, TTF, JKM и JCC;
- оперативная поддержка основного исследовательского коллектива НИР в части разработки программного решения.



импорт и обработка данных, обновление данных,
хранение исходных данных, экспорт результатов