

**Компонент адаптивной оптимизации выполнения
производственных процессов с использованием вероятностных
моделей и динамически изменяемой среды
RU.СНАБ.00853**

Протокол проведения экспериментальных исследований

г. Таганрог

«11» декабря 2024 г.

Объект экспериментальных исследований:

Компонент RU.СНАБ.00853-01 01 16 «Компонент адаптивной оптимизации выполнения производственных процессов с использованием вероятностных моделей и динамически изменяемой среды».

Цель экспериментальных исследований

Определение достижения требований Программы ИЦИИ в части состава, показателей назначения и функциональных характеристик объекта экспериментальных исследований.

Участники экспериментальных исследований:

Мельник Э. В., заведующий лабораторией, НИИ МВС ЮФУ

Остроухов А. Ю., конструктор 1 категории, НИИ МВС ЮФУ

Таранов А. Ю., младший научный сотрудник, НИИ МВС ЮФУ

Место проведения экспериментальных исследований:

Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (НИИ МВС ЮФУ), Ростовская область, г. Таганрог, ул. Чехова, 2, ауд. 349.

Документы, предъявленные на экспериментальные исследования:

- Программа ИЦИИ «Сильный ИИ в промышленности»;
- Компонент адаптивной оптимизации выполнения производственных процессов с использованием вероятностных моделей и динамически изменяемой среды RU.СНАБ.00853. Технический проект;
- Описания программ (RU.СНАБ.00853-02 13 ББ «Инструментарий параллельной обработки когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02 13 ВВ «Инструментарий подготовки конкретизирующих ИИ-запросов для когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02 13 ГГ «Инструментарий визуализации вероятностных когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02

13 16 «Компонент адаптивной оптимизации выполнения производственных процессов с использованием вероятностных моделей и динамически изменяемой среды»);

- Описания применения (RU.СНАБ.00853-02 31 ББ «Инструментарий параллельной обработки когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02 31 ВВ «Инструментарий подготовки конкретизирующих ИИ-запросов для когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02 31 ГГ «Инструментарий визуализации вероятностных когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02 31 16 «Компонент адаптивной оптимизации выполнения производственных процессов с использованием вероятностных моделей и динамически изменяемой среды»);

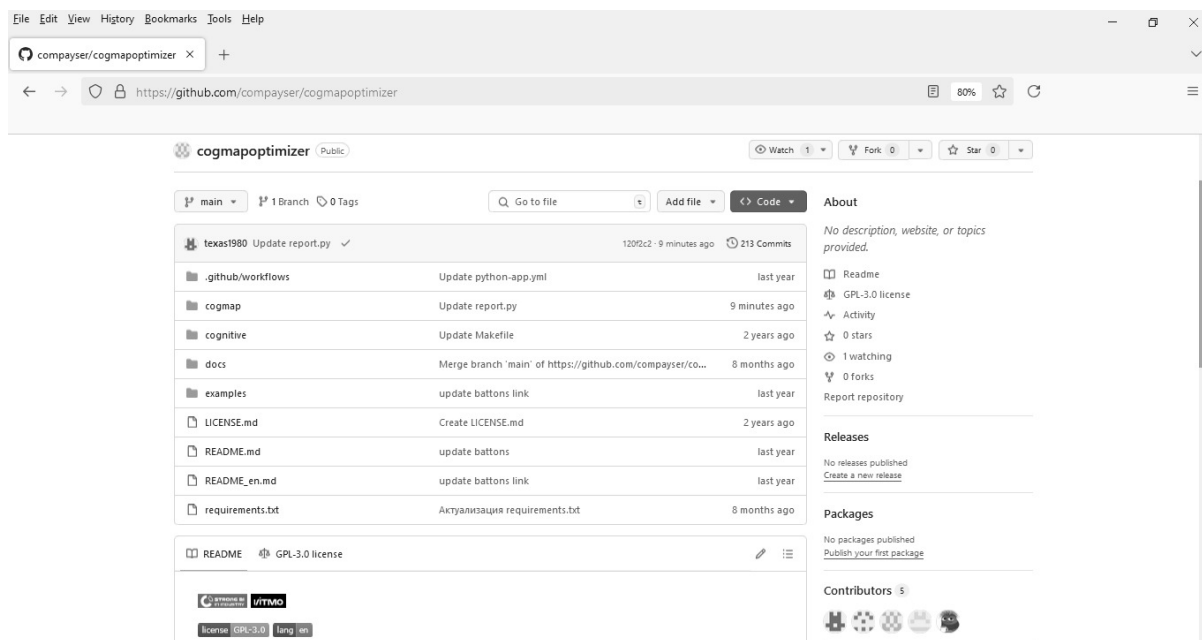
- Тексты программ (RU.СНАБ.00853-02 21 ББ «Инструментарий параллельной обработки когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02 12 ВВ «Инструментарий подготовки конкретизирующих ИИ-запросов для когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02 12 ГГ «Инструментарий визуализации вероятностных когнитивных карт», RU.СНАБ.00853-02 12 16 «Компонент адаптивной оптимизации выполнения производственных процессов с использованием вероятностных моделей и динамически изменяемой среды»).

Результаты экспериментальных исследований:

1. Исследование полноты состава и содержания объекта разработки

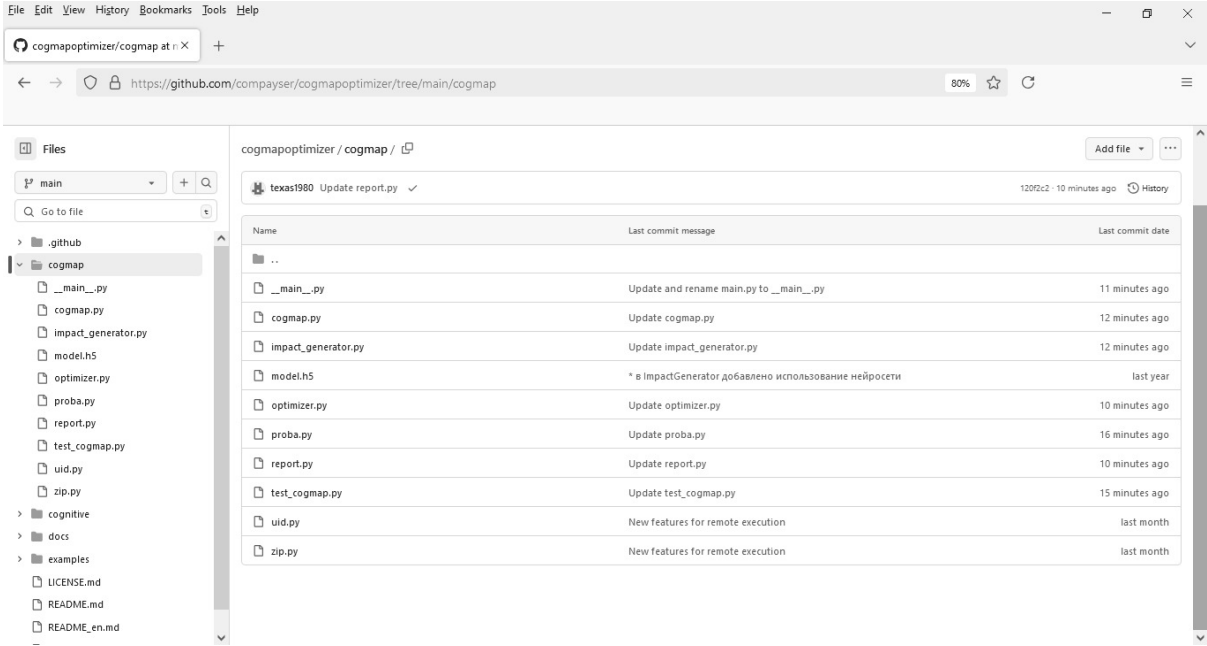
Результат исследования: объект разработки обладает полнотой состава и содержания. Технические вопросы, касающиеся полноты состава и содержания объекта разработки, отображены в предъявленных программных документах.

Снимки экрана с первой страницы репозитория, которые показывают структуру каталогов проекта, приведены ниже.

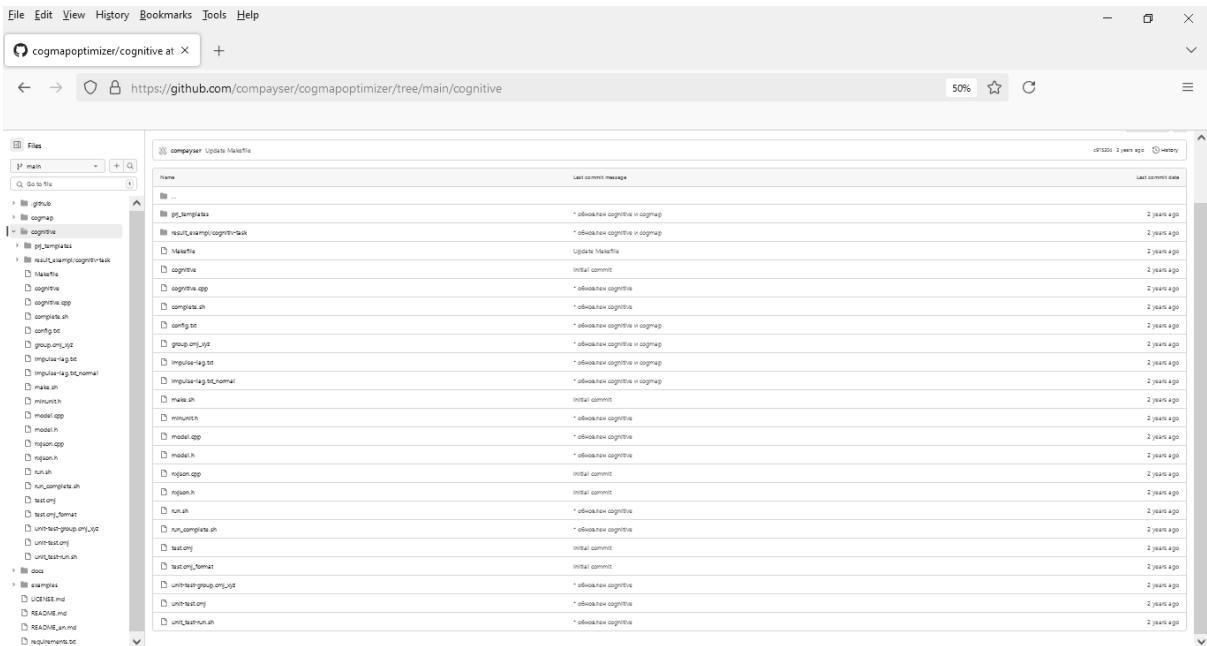


Подробные сведения доступны по ссылке:

<https://github.com/compayser/cogmapoptimizer>.



Подробные сведения доступны по ссылке: <https://github.com/compayser/cogmapoptimizer/tree/main/cogmap>.



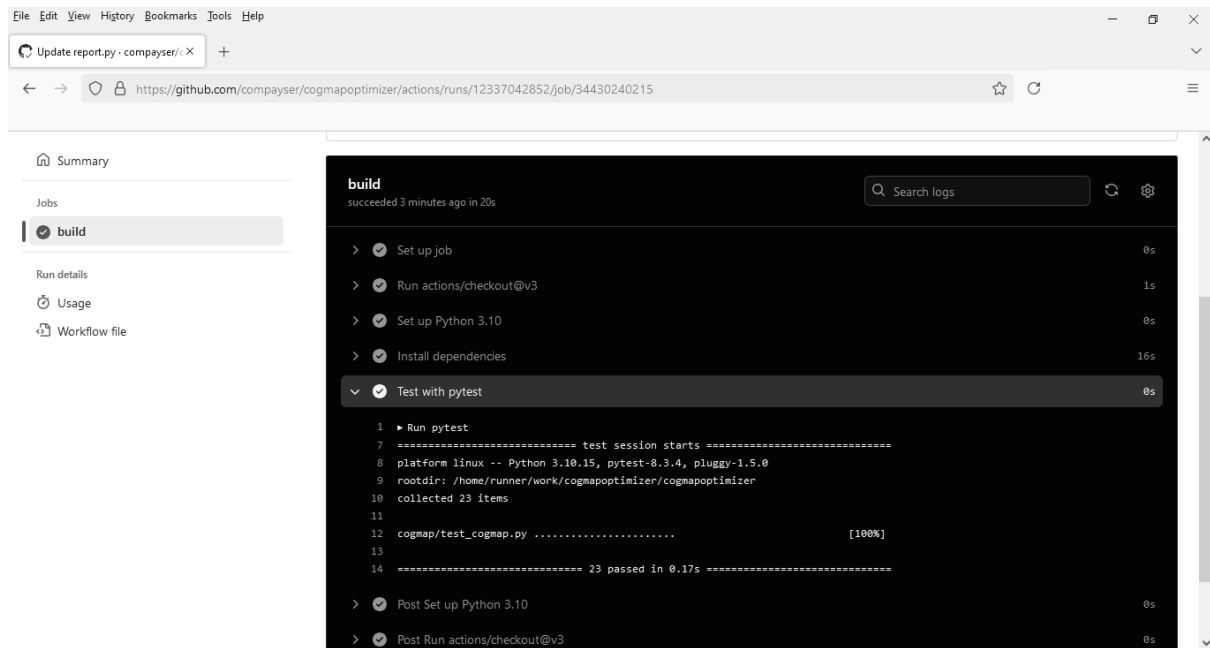
Подробные сведения доступны по ссылке: <https://github.com/compayser/cogmapoptimizer/tree/main/cognitive>.

2. Исследование работы модульных и интеграционных тестов

Ниже представлены снимки экрана, которые показывает успешное выполнение модульных и интеграционных тестов в среде репозитория.

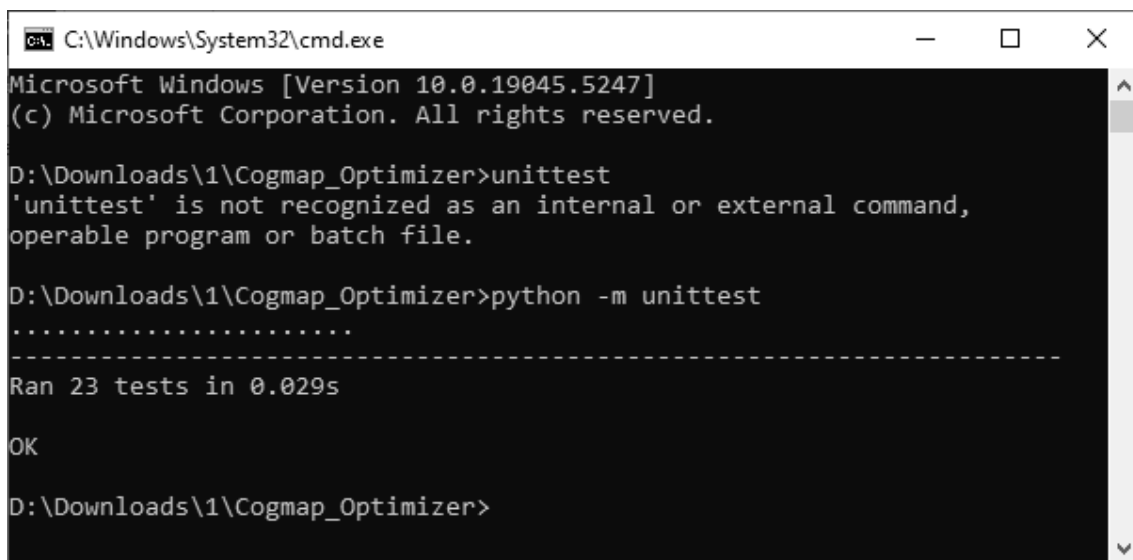
2.1. Тестирование модуля когнитивного моделирования

На снимке экрана (ниже) представлен результат выполнения модульных тестов модуля когнитивного моделирования на GitHub («Python application» workflow).



Подробные сведения доступны по ссылке: <https://github.com/compayser/cogmapoptimizer/actions/runs/12337042852/job/34430240215>.

На следующем снимке экрана представлен результат выполнения модульных тестов модуля когнитивного моделирования локально, средствами среды разработки PyCharm.

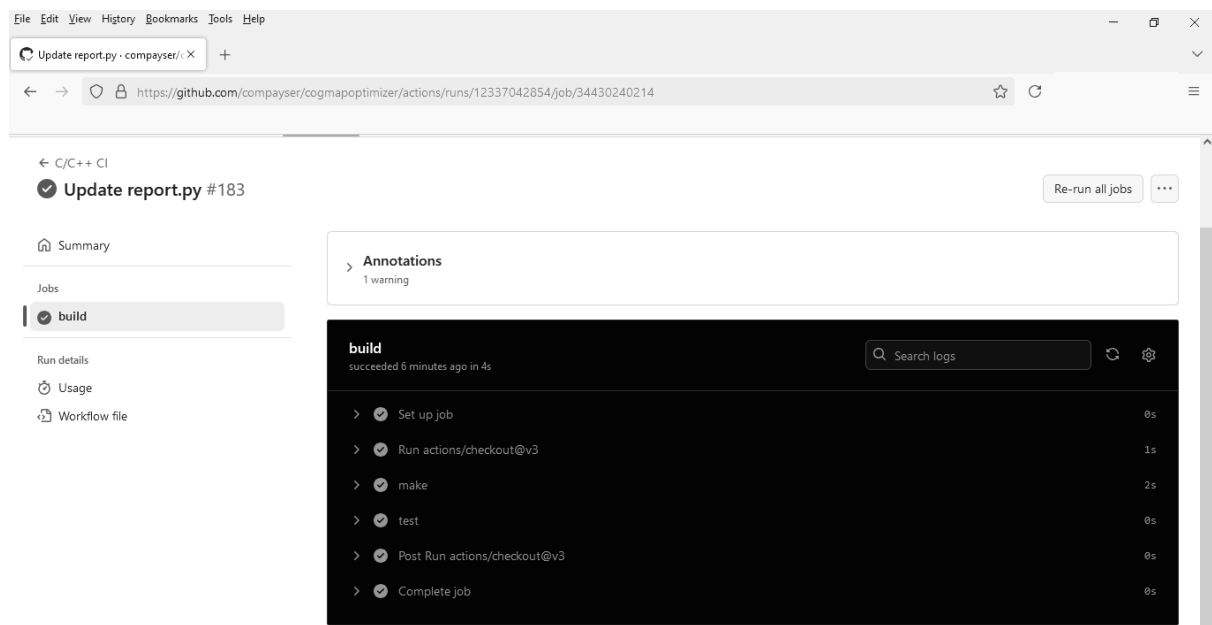


Подробные сведения доступны при выполнении файла `test_cogmap.py` в среде PyCharm (указанный файл имеется в репозитории проекта по ссылке https://github.com/compayser/cogmapoptimizer/blob/main/cogmap/test_cogmap.py).

2.2. Тестирование модуля агентного моделирования:

Тесты для программы генерации: проверка создания синглтона в памяти, проверка корректного считывания числа вершин, числа ребер, корректные значения для начальной вершины и первого ребра. Тесты проводятся с заранее подготовленными файлами (unit-test.cmj и unit-test-group.cmj_xyz; расположены в репозитории проекта по ссылке <https://github.com/compayser/cogmapoptimizer/tree/main/cognitive>).

Результат выполнения модульных тестов модуля агентного моделирования отображены в виде нижеследующего изображения (снимка экрана).



Подробные сведения доступны по ссылке:
<https://github.com/compayser/cogmapoptimizer/actions/runs/12337042854/job/34430240214>.

2.3. Тестирование инструментария визуализации вероятностных когнитивных карт:

Тест для программы: проверка генерации визуализации вероятностной когнитивной карты. Тест проводится с заранее подготовленным тестовым файлом (test.cmj; расположен в репозитории проекта по ссылке https://github.com/compayser/cogmapoptimizer/tree/main/cognitive/Graph_drawer).

Результаты работы отображены в виде нижеследующих изображений (снимков экрана).

- вершина "Block-boxes" воздействует на вершину "Additional constructions" с силой - 0.1005.
- вершина "Additional constructions" воздействует на вершины "Interior decoration" с силой -0.1005, "Exterior finishing" с силой -0.1005.
- вершина "Exterior finishing" воздействует на вершину "Project finish" с силой -0.1005.
- вершина "Interior decoration" воздействует на вершину "Arrangement of utilities" с силой -0.1005.
- вершина "Arrangement of utilities" воздействует на вершины "Project finish" с силой - 0.1005, "Interior decoration" с силой -0.1005.
- вершина "Temperature" воздействует на вершины "Base" с силой 2.0065, "Block-boxes" с силой 2.0065, "Additional constructions" с силой 2.0065, "Exterior finishing" с силой 2.0065, "Interior decoration" с силой 2.0065, "Arrangement of utilities" с силой 2.0065.
- вершина "Precipitation" воздействует на вершины "Base" с силой 0.602, "Block-boxes" с силой 0.602, "Additional constructions" с силой 0.602, "Exterior finishing" с силой 0.602.
- вершина "Suppliers" воздействует на вершину "Base" с силой -0.1005, "Block-boxes" с силой -0.1005, "Interior decoration" с силой -0.1005, "Additional constructions" с силой - 0.1005, "Arrangement of utilities" с силой -0.1005, "Exterior finishing" с силой -0.1005.
- вершина "Management" воздействует на вершину "Base" с силой -0.1005.
- вершина "Project start" воздействует на вершину "Base" с силой 1.01.
- вершина "Project finish" воздействует на вершин.

Данный граф был изменен, вследствие чего он принял следующий вид.

Его вершины: вершина №1 - "Base", вершина №2 - "Block-boxes", вершина №3 - "Additional constructions", вершина №4 - "Exterior finishing", вершина №5 - "Interior decoration", вершина №6 - "Arrangement of utilities", вершина №7 - "Temperature", вершина №8 - "Precipitation", вершина №9 - "Suppliers", вершина №10 - "Management", вершина №11 - "Project start", вершина №12 - "Project finish".

Вершины измененного графа связаны между собой следующим образом:

- вершина "Base" воздействует на вершину "Block-boxes" с силой -0.1005.
- вершина "Block-boxes" воздействует на вершину "Additional constructions" с силой - 0.1005.

- вершина "Additional constructions" воздействует на вершины "Interior decoration" с силой -0.1005, "Exterior finishing" с силой -0.1005.
- вершина "Exterior finishing" воздействует на вершину "Project finish" с силой -0.1005.
- вершина "Interior decoration" воздействует на вершину "Arrangement of utilities" с силой -0.1005.
- вершина "Arrangement of utilities" воздействует на вершину "Project finish" с силой -0.1005.
- вершина "Temperature" воздействует на вершины "Base" с силой 2.0065, "Block-boxes" с силой 2.0065, "Additional constructions" с силой 2.0065, "Exterior finishing" с силой 2.0065, "Interior decoration" с силой 2.0065, "Arrangement of utilities" с силой 2.0065.
- вершина "Precipitation" воздействует на вершины "Base" с силой 0.502, "Block-boxes" с силой 0.502, "Additional constructions" с силой 0.502, "Exterior finishing" с силой 0.502.
- вершина "Suppliers" воздействует на вершину "Base" с силой -0.1005, "Block-boxes" с силой -0.1005, "Interior decoration" с силой -0.1005, "Additional constructions" с силой -0.1005, "Arrangement of utilities" с силой -0.1005, "Exterior finishing" с силой -0.1005.
- вершина "Management" воздействует на вершину "Base" с силой -0.1005.
- вершина "Project start" воздействует на вершину "Base" с силой 1.01.
- вершина "Project finish" воздействует на вершин.

Если разница в силе воздействия аналогичных вершин этих двух графов меньше 5%, то можно считать, что сила не менялась и игнорировать эту разницу.

Вопрос: Объясни максимально подробно, с примерами, как можно интерпретировать внесенные в начальный граф изменения и как реализовать такие изменения?

Вы (12:37:27): Есть граф, описывающий предметную область (строительство). Граф состоит из множества вершин: вершина №1 – "Base", вершина №2 – "Block-boxes", вершина №3 – "Additional constructions", вершина №4 – "Exterior finishing", вершина №5 – "Interior decoration", вершина №6 – "Arrangement of utilities", вершина №7 – "Temperature", вершина №8 – "Precipitation", вершина №9 – "Suppliers", вершина №10 – "Management", вершина №11 – "Project start", вершина №12 – "Project finish". Вершины воздействуют друг на друга позитивно или негативно (если сила воздействия положительная или отрицательная, соответственно). Эти вершины связаны между собой следующим образом: – вершина "Base" воздействует на вершину "Block-boxes" с силой -0.1005. – вершина "Block-boxes" воздействует на вершину "Additional constructions" с силой -0.1005. – вершина "Additional constructions" воздействует на вершину "Interior decoration" с силой -0.1005. "Exterior finishing" с силой -0.1005. – вершина "Exterior finishing" воздействует на вершину "Project finish" с силой -0.1005. – вершина "Interior decoration" воздействует на вершину "Arrangement of utilities" с силой -0.1005. – вершина "Arrangement of utilities" воздействует на вершину "Project finish" с силой -0.1005. "Interior decoration" с силой -0.1005. – вершина "Temperature" воздействует на вершину "Base" с силой 2.0065, "Block-boxes" с силой 2.0065, "Additional constructions" с силой 2.0065, "Exterior finishing" с силой 2.0065, "Interior decoration" с силой 2.0065, "Arrangement of utilities" с силой 2.0065. – вершина "Precipitation" воздействует на вершину "Base" с силой 0.602, "Additional constructions" с силой 0.602, "Exterior finishing" с силой 0.602. – вершина "Suppliers" воздействует на вершину "Base" с силой -0.1005, "Block-boxes" с силой -0.1005, "Interior decoration" с силой -0.1005, "Additional constructions" с силой -0.1005, "Arrangement of utilities" с силой -0.1005, "Exterior finishing" с силой -0.1005. – вершина "Management" воздействует на вершину "Base" с силой -0.1005. – вершина "Project start" воздействует на вершину "Base" с силой 1.01. – вершина "Project finish" воздействует на вершину. Данный граф был изменен, вследствие чего он принял следующий вид. Его вершины: вершина №1 – "Base", вершина №2 – "Block-boxes", вершина №3 – "Additional constructions", вершина №4 – "Exterior finishing", вершина №5 – "Interior decoration", вершина №6 – "Arrangement of utilities", вершина №7 – "Temperature", вершина №8 – "Precipitation", вершина №9 – "Suppliers", вершина №10 – "Management", вершина №11 – "Project start", вершина №12 – "Project finish". Вершины измененного графа связаны между собой следующим образом: – вершина "Base" воздействует на вершину "Block-boxes" с силой -0.1005. – вершина "Block-boxes" воздействует на вершину "Additional constructions" с силой -0.1005. – вершина "Additional constructions" воздействует на вершину "Interior decoration" с силой -0.1005, "Exterior finishing" с силой -0.1005. – вершина "Exterior finishing" воздействует на вершину "Project finish" с силой -0.1005. – вершина "Interior decoration" воздействует на вершину "Arrangement of utilities" с силой -0.1005. – вершина "Arrangement of utilities" воздействует на вершину "Project finish" с силой -0.1005. – вершина "Temperature" воздействует на вершину "Base" с силой 2.0065, "Block-boxes" с силой 2.0065, "Additional constructions" с силой 2.0065, "Exterior finishing" с силой 2.0065, "Interior decoration" с силой 2.0065, "Arrangement of utilities" с силой 2.0065. – вершина "Precipitation" воздействует на вершину "Base" с силой 0.502, "Block-boxes" с силой 0.502, "Additional constructions" с силой 0.502, "Exterior finishing" с силой 0.502. – вершина "Suppliers" воздействует на вершину "Base" с силой -0.1005, "Block-boxes" с силой -0.1005, "Interior decoration" с силой -0.1005, "Additional constructions" с силой -0.1005, "Arrangement of utilities" с силой -0.1005, "Exterior finishing" с силой -0.1005. – вершина "Management" воздействует на вершину "Base" с силой -0.1005. – вершина "Project start" воздействует на вершину "Base" с силой 1.01. – вершина "Project finish" воздействует на вершину. Если разница в силе воздействия аналогичных вершин этих двух графов меньше 5%, то можно считать, что сила не менялась и игнорировать эту разницу. Вопрос: Объясни максимально подробно, с примерами, как можно интерпретировать внесенные в начальный граф изменения и как реализовать такие изменения?

ChatGPT (12:37:50): Интерпретация внесенных изменений в граф можно провести следующим образом:

1. Понижение силы воздействия от "Temperature": Вершина "Temperature" оказывает влияние на все другие вершины графа с положительной силой. Понижение этой силы может означать, что климатические условия стали менее влиятельными на процесс строительства. Например, это может быть связано с совершенствованием технологий, которые позволяют более эффективно управлять климатом внутри строительных объектов, таким образом, уменьшая зависимость от внешних факторов.
2. Изменение силы воздействия от "Precipitation": Понижение силы воздействия от осадков может означать, что их влияние на строительство стало менее значительным. Это может быть результатом применения новых материалов и технологий, которые делают конструкции более устойчивыми к воздействию влаги.
3. Изменение силы воздействия от "Project finish": Понижение влияния этой вершины может указывать на то, что сроки завершения проекта стали более гибкими или что процесс управления проектом стал более эффективным, что позволяет более точно предсказывать завершение строительства.

Для реализации таких изменений можно использовать следующие подходы:

1. Внедрение новых технологий: Внедрение новых технологий, которые позволяют улучшить управление климатическими условиями (например, системы управления температурой и влажностью) или делают конструкции более устойчивыми к воздействию внешних факторов.
2. Оптимизация процессов управления проектом: Внедрение новых методов управления проектом, которые позволяют более точно планировать и контролировать процесс строительства, а также управлять рисками и изменениями в проекте.
3. Использование новых материалов и технологий: Применение новых материалов и технологий, которые улучшают качество и устойчивость строительных конструкций к различным внешним воздействиям.

Таким образом, изменения в графе могут отражать улучшение процессов и условий строительства благодаря внедрению новых технологий и методов управления проектом.

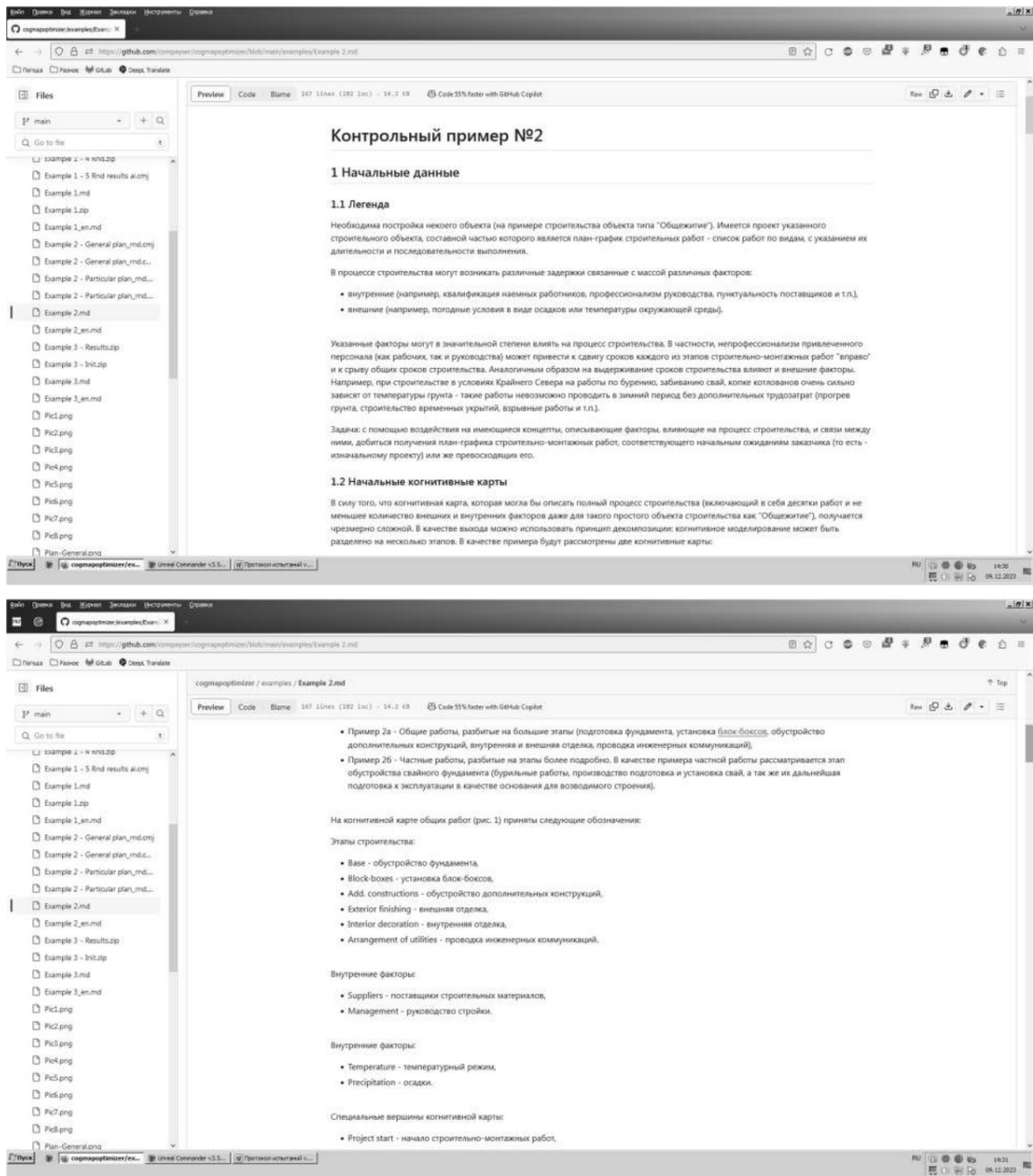
3. Исследование возможностей решения прикладных задач ИИ в промышленности

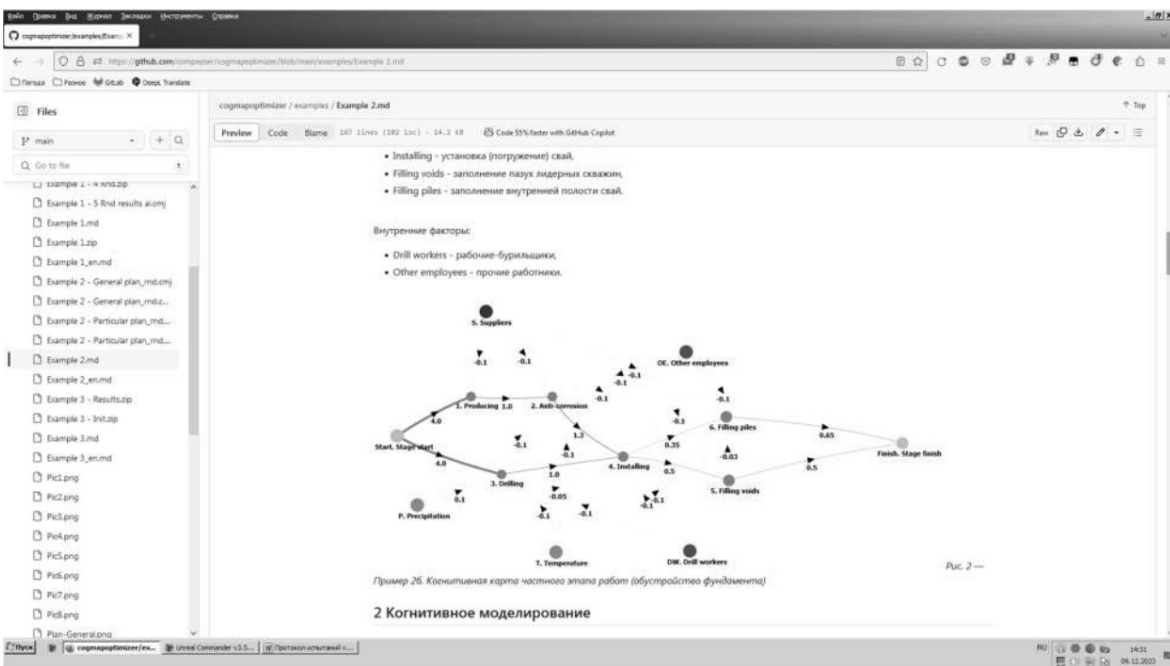
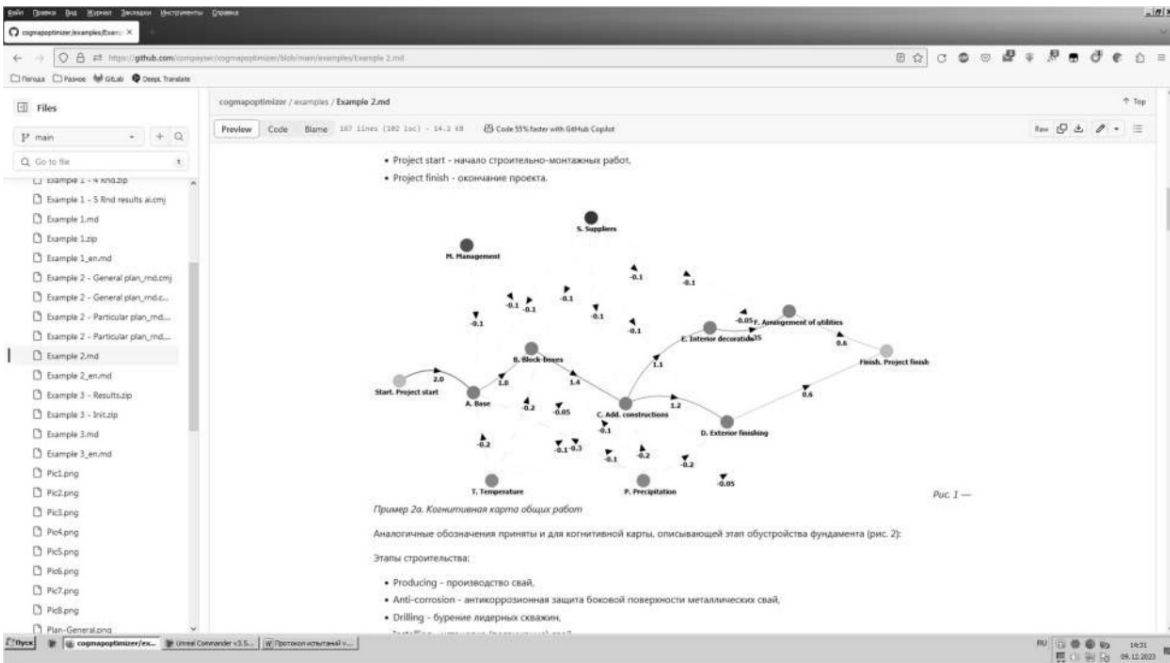
3.1. Классы решаемых задач

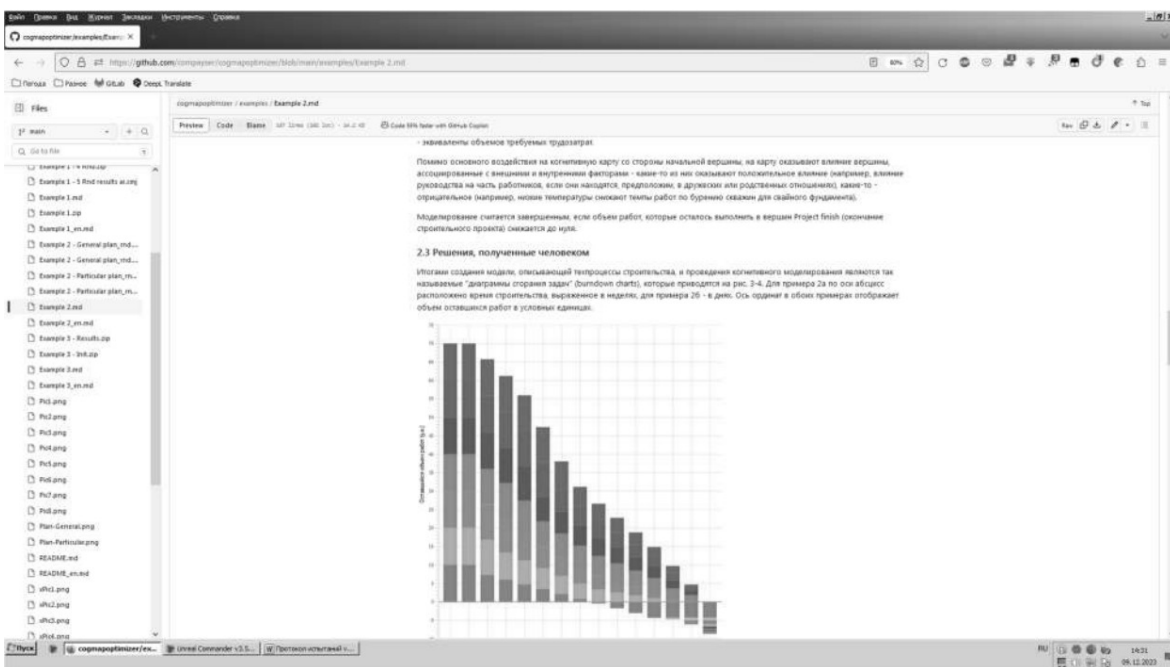
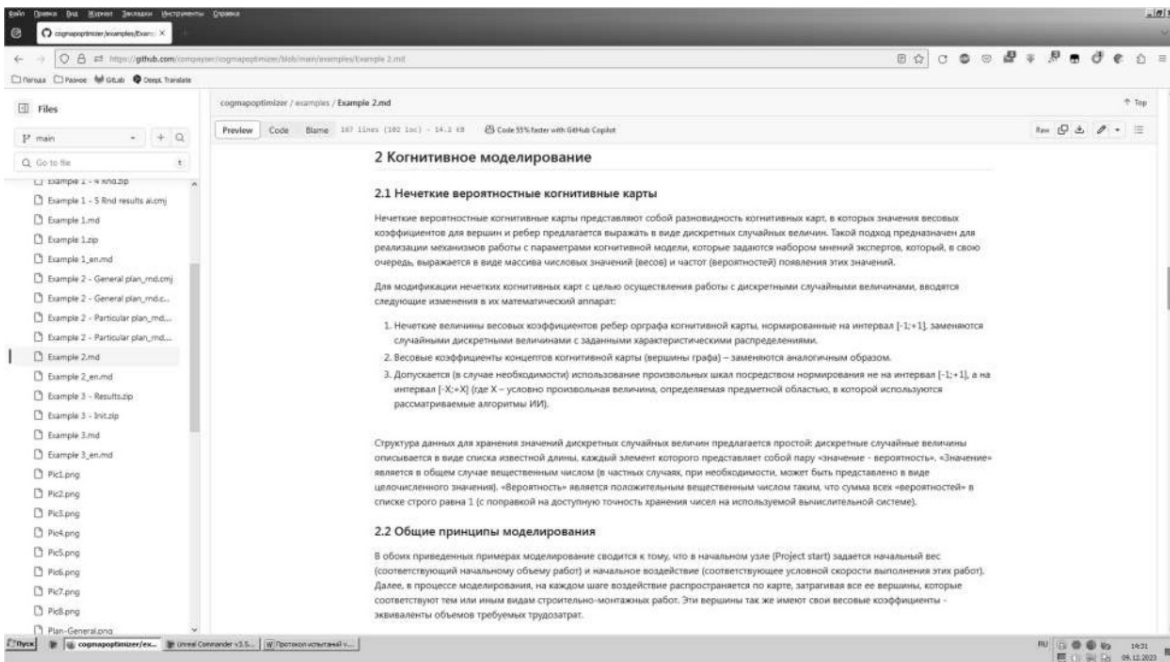
Программный компонент реализует алгоритмы адаптивной оптимизации выполнения производственных процессов на основе интеллектуальных технологий и мультиагентной имитационной среды в части обеспечения адаптации имитационной среды к различным уровням абстракции и детализации выполнения алгоритмов за счет сочетания когнитивного анализа параметров производственной среды и тенденций в указанных производственных процессах.

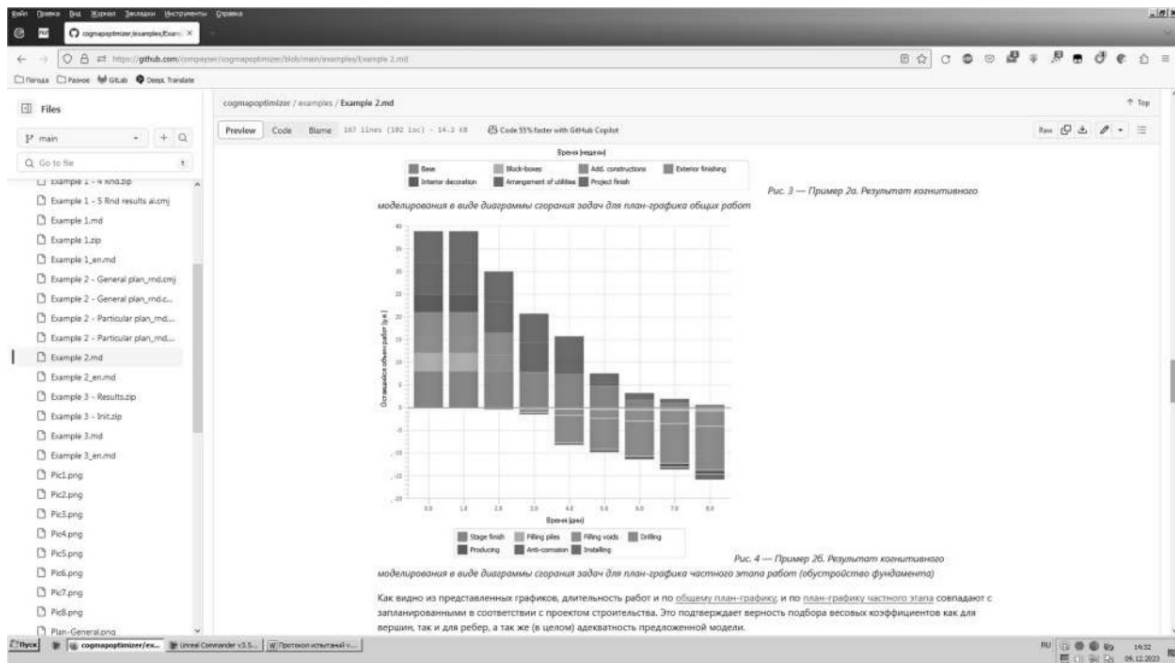
3.2. Примеры решения прикладной задачи

Ниже представлены снимки экрана репозитория, отображающие документацию по решению прикладной задачи ИИ (контрольному примеру).









2.4 Решения, полученные ИИ

Целевыми вершинами графов когнитивной карты выбираются вершины, ассоциированные с окончанием работ (Project finish для первого примера и Stage finish - для второго). Цель обработки созданных когнитивных карт - выбор способа (или способов) минимизации времени достижения минимального значения весов указанных вершин, что будет соответствовать завершению работ.

Вершины когнитивных карт, которые описывают внутренние факторы, описываются как множество входных, управляющих воздействий. А вершины, описывающие внешние факторы - множество наблюдаемых, но неуправляемых возмущающих воздействий среды.

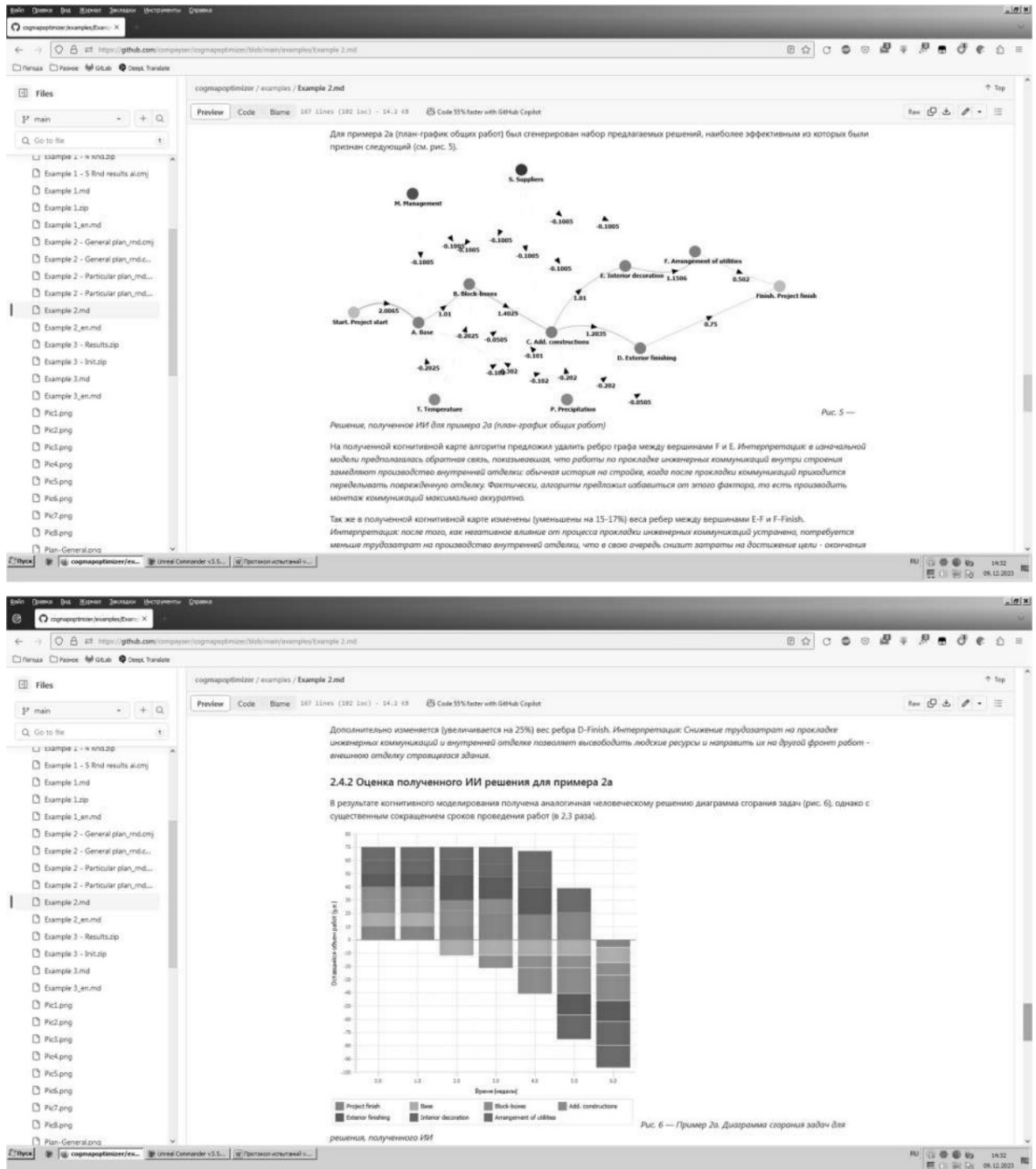
Подробное описание дано в документе "Описание программы" (ВСТАВИТЬ ССЫЛКУ НА!!!!!!), раздел "3. Описание логической структуры", подраздел "3.2 Алгоритмы компонента" (алгоритм "Поиск оптимального изменения параметров когнитивной карты").

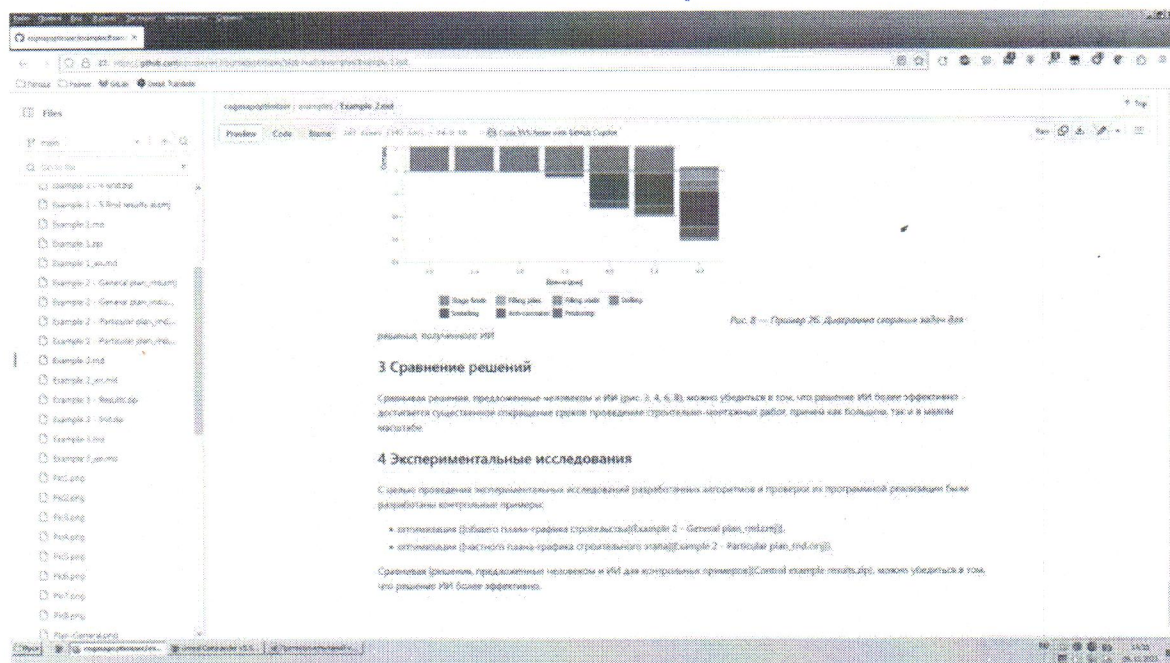
В итоге проведения когнитивного моделирования были получены следующие результаты.

Уточнение: На полученных когнитивных картах отображены веса вершин и ребер, отличные от исходных. Это объясняется тем, что рекомендации, получаемые на основе нечетких вероятностей когнитивных карт не должны быть вероятностными (как бы это парадоксально не звучало). Рекомендации, выдаваемая экспертно-советующей системой не должна выглядеть как совет "Для достижения результата, с вероятностью N произведите действие A, а с вероятностью 1-N - не производите его". Поэтому, в качестве рекомендаций берется средневзвешенное значение дискретных случайных величин: оно так или иначе учитывает мнение всех экспертов, привлеченных к созданию модели, и при этом не игнорирует итоговые результаты моделирования, являясь максимально приближенным к реальности.

2.4.1 Пример 2а (план-график общих работ)

Для примера 2а (план-график общих работ) был сгенерирован набор предлагаемых решений, наиболее эффективным из которых был признан следующий (см. рис. 5).





Подробные сведения доступны по ссылке:
<https://github.com/compayser/cogmapoptimizer/blob/main/examples/Example%202.md>.

3.3. Результат исследования возможностей решения прикладных задач

Исследование возможностей решения прикладных задач ИИ в промышленности было проведено на контрольных примерах, имеющихся в репозитории проекта.

Исследование показало, что решение прикладных задач осуществляется успешно.

Замечания и рекомендации: нет.

Выводы:

1) Экспериментальные исследования компонента RU.СНАБ.00853-01 01 16 проведены в полном объеме.

2) Компонент RU.СНАБ.00856-01 01 16 обеспечивает достижение требований Программы ИЦИИ в части состава, показателей назначения и функциональных характеристик объекта экспериментальных исследований в рамках мероприятия 1.5.1 Плана.

Испытания проводили:

Мельник Э. В.

Остроухов А. Ю.

Таранов А. Ю.

