

НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет информационных технологий
Кафедра параллельных вычислений

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Направленность (профиль): Программная инженерия и компьютерные науки

Разработка формата и подсистемы интерактивного представления баз активных знаний в системе LuNA

Выполнил: Юраков Никита Дмитриевич

Руководитель ВКР: Перепёлкин Владислав Александрович, к.т.н., доц. каф. ПВ ФИТ НГУ
Соруководитель ВКР: Матвеев Алексей Сергеевич, ст. преп. каф. ПВ ФИТ НГУ

Актуальность

С ростом объёма знаний и их автоматизации данные всё чаще представляются и хранятся в машинно-ориентированной форме, то есть в виде, удобном для обработки компьютером.

Такая форма представления ориентирована на автоматическую обработку: она обеспечивает эффективность вычислений, но при этом остаётся малопонятной человеку, что затрудняет взаимодействие пользователя с такими данными.

Это особенно актуально для баз активных знаний системы LuNA, где знание используется не просто как информация, а как основа для автоматического решения прикладных задач.

Базы активных знаний

База активных знаний — это машинно-ориентированное хранилище формализованных прикладных модулей, вычислительных моделей, данных и расширений, предназначенных для автоматического решения прикладных задач без участия пользователя.

На данный момент не существует удовлетворительных средств отображения, которые делали бы работу с базами знаний, такими как базы активных знаний, удобной, понятной и интерактивной.

Интерактивная система, которая сможет отобразить базу активных знаний в удобной для человека форме и при этом сохранит её в машинно-ориентированном формате для системы LuNA, облегчит работу с базами активных знаний и ускорит процесс разработки новых программ.

Цель работы и задачи

Цель работы – разработка формата и подсистемы интерактивного представления баз активных знаний в системе LuNA.

Задачи:

- Провести анализ существующих подходов к отображению машинно-ориентированной информации.
- Разработать собственный способ представления базы активных знаний для дальнейшего отображения.
- Разработать веб-интерфейс для отображения представления базы активных знаний и осуществления взаимодействия с пользователем.
- Провести тестирование разработанного способа представления баз активных знаний и веб-интерфейса на нескольких практических значимых предметных областях.

Существующие подходы (1/2)

В отображение графов используется два подхода к расположению элементов:

- 1) Хранение координат в формате описания (таких как GraphML, DOT, GML)
- 2) Автоматическое расположение за счёт алгоритмов расстановки. Данный подход используется в большинстве решений (Graphviz, uDraw, yEd и др.)

В таких решениях как DBeaver, DataGrip, DbVisualizer и Navicat для представлении баз данных используется два подхода к их отображению:

- 1) В виде графа или диаграммы, где показываются связи между таблицам
- 2) В виде таблиц с реальными значениями

Существующие подходы (2/2)

HTML и CSS.

HTML хранит ключевую информацию, на которой всё построено, а CSS описывает визуальное представление и расположение элементов.

Model-View-Controller.

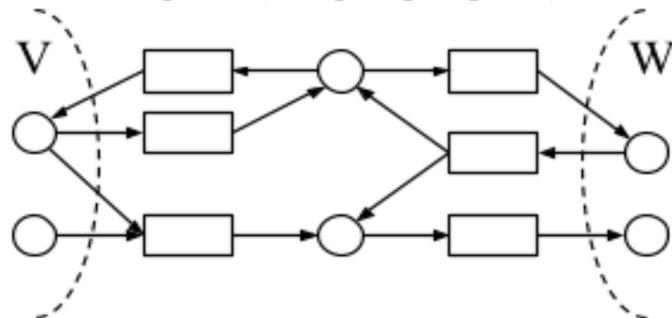
Отделяет визуальное представление от логики и данных, а также позволяет заменить интерфейс без изменения остальной системы.

Все рассмотренные решения не обладают необходимой функциональностью для визуального представления баз активных знаний или являются слишком сложными для реализации. В связи с этим возникает необходимость создания собственного формата и подсистемы визуального интерактивного представления баз активных знаний, которые обеспечат их наглядное и удобное отображение.

Необходимые определения

LuNA (Language for Numerical Algorithms) — это система активных знаний, предназначенная для параллельного выполнения численных алгоритмов, в которой программа представляется как набор переменных и операций с зависимостями между ними. Такая модель позволяет эффективно управлять выполнением, автоматически распределять ресурсы и динамически оптимизировать порядок операций, что упрощает разработку и обеспечивает высокую производительность.

Вычислительная модель (ВМ) — это двудольный ориентированный граф, где вершины в одной доле соответствуют операциям, а в другой — переменным. Переменные в модели соответствуют каким-либо величинам описываемой предметной области, а операциям сопоставляется некоторый программный модуль.



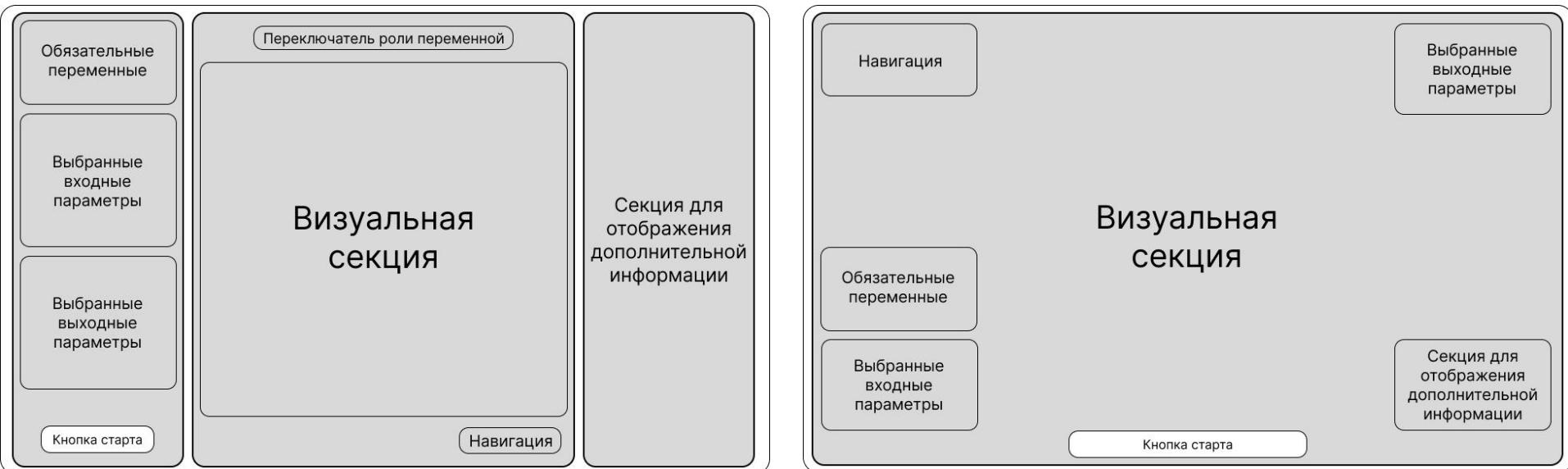
Постановка задачи

Графовое представление ВМ обладает ограниченной наглядностью и может быть трудным для восприятия пользователями, не имеющими опыта работы с ВМ. Для повышения доступности и понятности ВМ требуется разработать модель её визуального представления, которая заменит переменные и операции на понятные наглядные образы. Такое представление должно быть интерактивным — с возможностью выбора элементов и изменения значений через интерфейс.

Таким образом, под разработкой формата и подсистемы интерактивного представления баз активных знаний подразумевается разработка модели и формата описания визуального представления, концепции отображения, а также интерфейса.

Предлагаемая концепция визуального отображения

Примеры организации элементов:



Предлагаемая модель визуального представления предметных областей

- 1) Пространственное размещение переменных — здесь задаются координаты и взаимное расположение отображаемых переменных и объектов на экране.
- 2) Визуальное оформление — в описание могут включаться такие параметры, как изображение заднего фона, цветовая схема, а также стили отображения переменных.
- 3) Перспективы — дают возможность задания различных точек обзора и ракурсов визуализации.
- 4) Фиксированные переменные ввода — выделяется набор переменных, значения которых должны быть обязательно заданы пользователем.

Фиксированные переменные

Перспектива №1

Визуальное
оформление

Пространственное
размещение
переменных

Отображаемые
переменные

Перспектива №2

Визуальное
оформление

Пространственное
размещение
переменных

Отображаемые
переменные

Реализованный формат описания

```
"view": {  
    "cm": "local://cm/seismic",  
    "perspectives":  
    [{  
        "id": 1,  
        "title": "Задний фон",  
        "image": {  
            "path": "/assets/seismic_background.svg",  
            "width": 367,  
            "height": 585  
        },  
        "variables":  
        [{  
            "name": "Вход Трасса №1",  
            "type": "chart",  
            "coordX": -136,  
            "coordY": 237  
        }]  
    }],  
    "required_inputs":  
    [{  
        "name": "cuda_operation_count",  
        "label": "Количество операций на CUDA",  
        "type": "int32"  
    }]  
},
```

Модель описания:

- 1) Пространственное размещение переменных
- 2) Визуальное оформление
- 3) Перспективы
- 4) Фиксированные переменные ввода

Внешний вид реализованного веб-интерфейса

LuNA

localhost:3000

Входные данные

Страна AB
12

Страна AC
23

Страна BC
34

Выходные данные

Угол В
19,1167973866133

Угол А
151,04497562814015

Угол С
9,838226985246536

Периметр
69

СГЕНЕРИРОВАТЬ ПРОГРАММУ

РЕШИТЬ

ВХОДНЫЕ

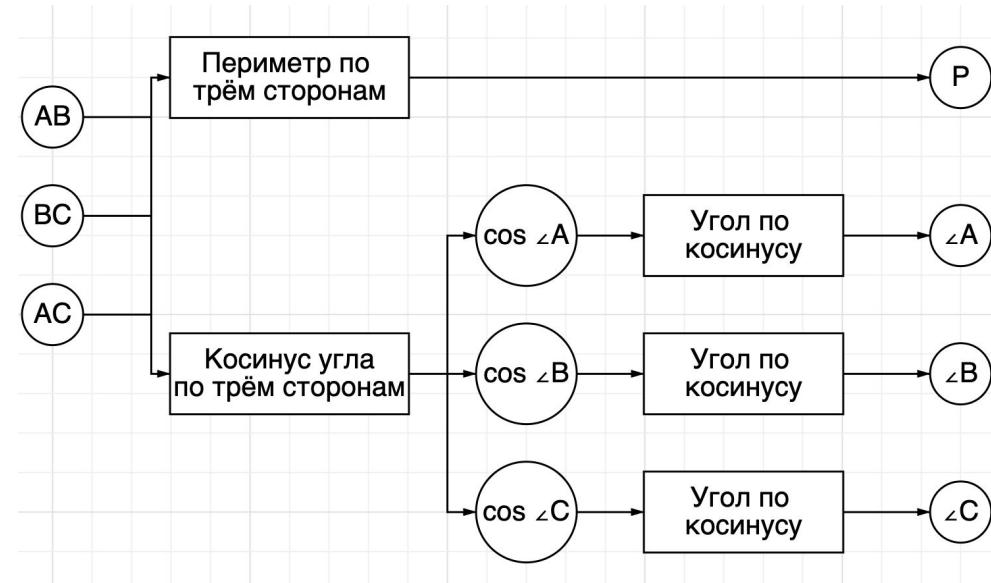
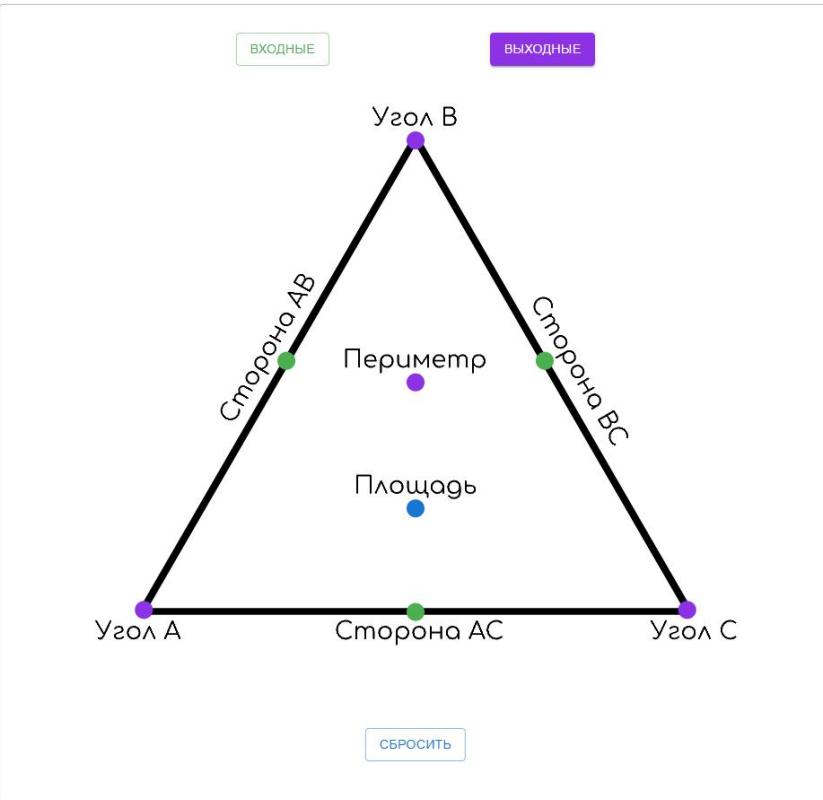
ВЫХОДНЫЕ

СБРОСИТЬ

Решение:

$$P = AB + BC + AC$$
$$\cos(\angle C) = \frac{AC^2 + BC^2 - AB^2}{2 * AC * BC}$$
$$\angle C = \arccos(\cos(\angle C))$$
$$\cos(\angle A) = \frac{AB^2 + AC^2 - BC^2}{2 * AB * AC}$$
$$\angle A = \arccos(\cos(\angle A))$$
$$\cos(\angle B) = \frac{AB^2 + BC^2 - AC^2}{2 * AB * BC}$$
$$\angle B = \arccos(\cos(\angle B))$$

Сравнение с графовым представлением



Пример другой перспективы

LuNA

localhost:3000

LuNA

Входные данные

Медиана АВ

Медиана АС

Выходные данные

Биссектриса

СГЕНЕРИРОВАТЬ ПРОГРАММУ

РЕШИТЬ

входные

выходные

Медиана АВ

Биссектриса

Угол А в grad

Угол А в °

Медиана АС

@ :

СБРОСИТЬ

The diagram shows a triangle ABC. The median from vertex A to the midpoint of side BC is labeled 'Медиана АВ' (Median of AB) and has a green dot at its midpoint. The median from vertex A to the midpoint of side AC is labeled 'Медиана АС' (Median of AC) and has a green dot at its midpoint. The angle at vertex A is labeled 'Угол А в grad' (Angle A in degrees) with a blue dot. Below it, the same angle is labeled 'Угол А в °' (Angle A in degrees). A purple dot marks the intersection of the two medians inside the triangle, labeled 'Биссектриса' (Bisector) with an arrow pointing to it.

Внешний вид веб-интерфейса для узких экранов

The screenshot shows a web application for calculating triangle properties. The interface is designed for narrow screens, with two columns of input fields and calculations.

Left Column (Input Fields):

- ВХОДНЫЕ (Input):**
 - Угол A
 - Сторона AB
 - Сторона BC
- Выходные данные (Output):**
 - Угол B
 - Угол C
 - Периметр
 - Площадь

Right Column (Input Fields):

- Сторона AC: 23
- Сторона BC: 34

Выходные данные (Output):

- Угол B: 19,1167973866133
- Угол A: 151,04497562814015
- Угол C: 9,838226985246536
- Периметр: 69

Buttons:

- СБРОСИТЬ (Reset)
- СГЕНЕРИРОВАТЬ ПРОГРАММУ (Generate Program)
- РЕШИТЬ (Solve)

Решение (Solution):

$$P = AB + BC + AC$$
$$\cos(\angle C) = \frac{AC^2 + BC^2 - AB^2}{2 * AC * BC}$$
$$\angle C = \arccos(\cos(\angle C))$$
$$\cos(\angle A) = \frac{AB^2 + AC^2 - BC^2}{2 * AB * AC}$$
$$\angle A = \arccos(\cos(\angle A))$$
$$\cos(\angle B) = \frac{AB^2 + BC^2 - AC^2}{2 * AB * BC}$$
$$\angle B = \arccos(\cos(\angle B))$$

Внешний вид веб-интерфейса для задачи многоканальной сеймосвёртки

The screenshot shows a web browser window titled "LuNA" at "localhost:3000". The interface is divided into two main sections: "Входные данные" (Input Data) on the left and "Выходные данные" (Output Data) on the right.

Входные данные (Input Data):

- Количество операций на CUDA: 20 (input field)
- Вход Трасса №1: Seismic trace plot
- Вход Трасса №3: Seismic trace plot
- Вход Трасса №10: Seismic trace plot
- Выходные данные (Output Data):
- Выход Трасса №5: Seismic trace plot
- Выход Трасса №6: Seismic trace plot

Сервисные кнопки:

- СГЕНЕРИРОВАТЬ ПРОГРАММУ (Generate Program) button
- РЕШИТЬ (Solve) button
- СБРОСИТЬ (Reset) button

Выходные данные (Output Data):

The output section displays 10 numbered seismic traces, each consisting of an input trace (green or blue wavy box) followed by an arrow pointing to an output trace (blue wavy box). The output traces are color-coded: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 are blue; 5 and 6 are purple.

Задача многоканальной сеймосвёртки: <https://vestnik.sibsutis.ru/jour/article/view/865>

Апробация

Данная работа была представлена на 63-ей Международной научной студенческой конференции, г. Новосибирск, 2025 г.

Тезисы будут опубликованы в сборнике материалов конференции МНСК-2025

Заключение

В ходе выполнения работы была разработана модель описания визуального представления, а также реализованы формат и подсистема интерактивного представления баз активных знаний в системе LuNA. Разработанный формат и подсистема, которые обеспечивают вычислительные модели наглядной и интерактивной визуализацией, были встроены в систему активных знаний LuNA в качестве модуля визуального отображения.

Защищаемые положения:

1. Разработана концепция визуального отображения пользовательского интерфейса.
2. Разработана модель описания визуального представления баз активных знаний.
3. Разработанные модель описания и концепция визуального отображения были реализованы в виде веб-интерфейса с форматом описания и интегрированы в систему LuNA.

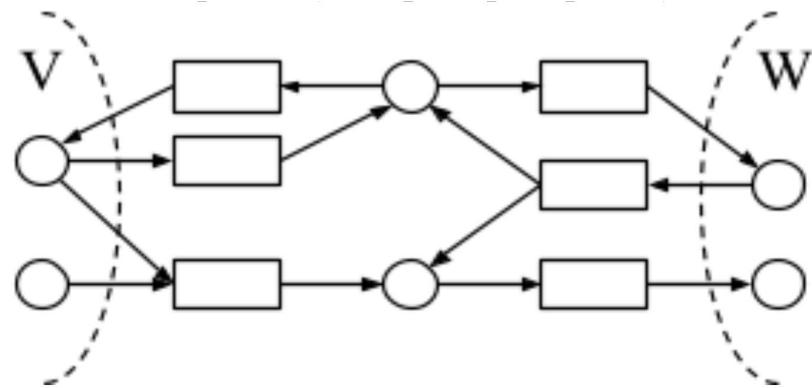
Планы на будущее

В дальнейшем планируется продолжить работу над интерактивной визуализацией баз активных знаний в системе активных знаний LuNA.

Дальнейшие планы:

1. Усовершенствование формата и подсистемы визуального представления для охвата большего количества практически значимых предметных областей.
2. Обеспечение совместимости и интеграции с другими компонентами системы LuNA.

Спасибо за внимание!



Пример вычислительной модели. Круги —
переменные, прямоугольники — операции

Обеспечение масштабируемости по размеру экрана

$$\text{new_coord} = (\text{new_image_size} / \text{base_image_size}) * \text{base_coord}$$

new_coord - новые координаты элемента

new_image_size - текущий размер фонового изображения

base_image_size - размер изображения, указанный в формате описания

base_coord - координаты этого элемента указанные в формате описания

Веб-приложение, выступающее в роли клиента, формирует запрос на вычисление сформированной пользователем задачи и отправляет его на сервер, который может быть расположен как локально, так и на удалённом веб-сервере. После обработки запроса сервер возвращает результат, который отображается в пользовательском интерфейсе. В дальнейшем планируется поддержка перехода на внешний инженерный веб-интерфейс с возможностью возврата в данный интерфейс.

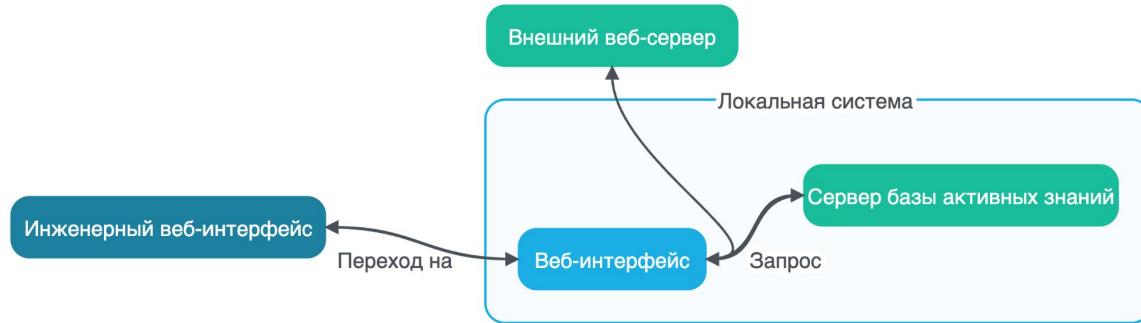


Схема взаимодействия клиентского веб-интерфейса
с сервером базы активных знаний

Тестирование

The screenshot shows two separate test runs in the LuNA interface. Both runs have identical configurations:

- Input Data:** Set to 20 operations on CUDA.
- Input Traces:** Trace №1 (blue wavy line).
- Output Traces:** Trace №5 (blue wavy line) and Trace №6 (blue wavy line).

The left panel displays 10 input traces, each consisting of a green waveform followed by a blue waveform. The right panel shows the results of these traces after processing. A large blue button labeled "СГЕНЕРИРОВАТЬ ПРОГРАММУ" (Generate Program) is visible at the bottom of the right panel, along with a smaller blue button labeled "РЕШИТЬ" (Solve).