

ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ УНИВЕРСИТЕТ

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
ИННОВАЦИИ
КАТАЛИТИЧЕСКИЕ
МАТЕРИАЛЫ

ДИЗАЙН
ЛЕКАРСТВ
ТОЧКА
СБОРКИ

НАУЧНАЯ
ЛАБОРАТОРИЯ
ГЕОХИМИЯ
ИНЖИНИРИНГ
ГЕОФИЗИКА

ГИБРИДНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
НГУ

ВЫСОКИЕ
ЭНЕРГИИ

БИОТЕХНОЛОГИИ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
НАНОТЕХНОЛОГИИ
СЕМИОТИКА

НАУКА
КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ
ЧАСТИЦЫ
ГЕОЛОГИЯ

КВАНТОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
БИОЛОГИЯ

ТЕМНАЯ
МАТЕРИЯ
ФОТОНИКА
БИОМЕДИЦИНА
ПРИКЛАДНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
РАЗВИТИЕ

АСТРОНОМИЯ
ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ
АСТРОФИЗИКА
БИОИНФОРМАТИКА

ЛАЗЕРНАЯ
ФИЗИКА

АРХЕОЛОГИЯ
ЭКОНОМИКА
ЗНАНИЙ
СОТРУДНИЧЕСТВО

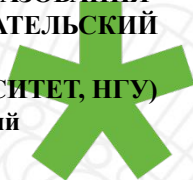
ИТ
DEEP
LEARNING
ИЗУЧЕНИЕ

МОЗГ
АРКТИКА

N* Новосибирский
государственный
университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, НГУ)

Факультет информационных технологий
Кафедра параллельных вычислений



Обр. программа “09.04.01 Информатика и вычислительная техника.
Технология разработки программных систем”

Разработка и реализация алгоритмов динамического принятия решений для системы активных знаний

Выполнил: Копылов Михаил Юрьевич, гр. 23223

Руководитель: Малышкин Виктор Эммануилович, д.т.н.,
профессор, зав. каф. ПВ ФИТ НГУ

Соруководитель: Матвеев Алексей Сергеевич, ст. преп. каф. ПВ
ФИТ НГУ

Рецензент: Загорулько Юрий Алексеевич, к.т.н., зав. лаб. ИСИ
СО РАН

Новосибирск 2025

* Актуальность

Современные вычислительные системы характеризуются высокой сложностью архитектуры (многоядерные процессоры, гетерогенные ускорители, кластеры).

Программирование под такие системы требует глубокого понимания аппаратных особенностей, ручной оптимизации и сложной отладки. Это усложняет разработку, увеличивает вероятность ошибок и снижает продуктивность.

Системы автоматического конструирования программ позволяют сократить трудоемкость разработки за счет абстрагирования от низкоуровневых деталей.

Однако при этом возникает проблема обеспечения эффективности автоматически сгенерированных программ.

* Система LuNA

Система LuNA, разрабатываемая в ИВМИГ СО РАН, представляет собой одну из систем автоматического конструирования программ, реализующую концепцию активных знаний.

В рамках системы поддерживаются различные стратегии принятия решений: от полностью статического, при котором все решения принимаются на этапе конструирования, до полностью динамического, предполагающего принятие всех решений во время выполнения программы.

Каждая из этих стратегий имеет свои преимущества и ограничения. Наиболее эффективным на практике является подход, сочетающий статическое и динамическое принятие решений, что позволяет автоматически адаптировать программу под конкретные условия.

* Цель и задачи

Целью работы является разработка и реализация механизма адаптивного динамического принятия решений в системе активных знаний LuNA.

Задачи:

1. Проанализировать механизмы принятия решений в существующих системах;
2. Разработать модель адаптивного динамического принятия решений для системы LuNA;
3. Реализовать компонент "исполнитель" для системы LuNA.

* Существующие решения

Критерии\Системы	Специализированные модели вычислений (MapReduce, Hadoop, Anthill)	Системы с управляемым исполнением (PaRSEC, Legion, Regent, AllScale)	Системы автоматизированного распараллеливания (САПФОР, DVM, XcalableMP)
Гибкость механизмов принятия решений	ограниченная	ограниченная	настраиваемая
Модель вычислений	фиксированная	изменяемая	изменяемая
Степень вовлеченности пользователя	низкая	средняя	средняя/высокая

* Существующие решения

Вывод: Существующие решения не закрывают проблему в полной мере, так как ограничены в разделении статически и динамически принимаемых решений, либо перекладывают реализацию принятия таких решений на пользователя.

Требуется решение, позволяющее автоматизированно определять какие решения необходимо принять статически, а какие динамически. Это приводит к необходимости разработать собственный механизм адаптивного динамического принятия решений для системы LuNA.

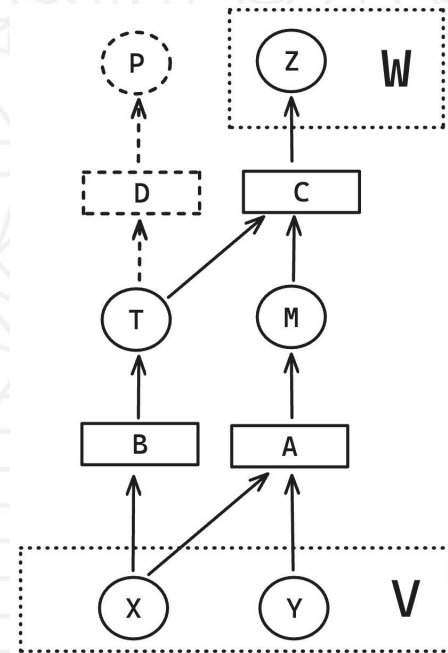
* Концепция активных знаний

Вычислительная модель — множество триплетов вида (входные переменные, программный модуль, выходные переменные).

Также ее можно представить в виде ориентированного двудольного графа, вершины которого делятся на переменные и операции.

Задача формулируется через указание множества V входных и W выходных переменных.

VW-план — подграф вычислительной модели, определяющий, как вычислить выходные переменные из входных.



Пример вычислительной модели

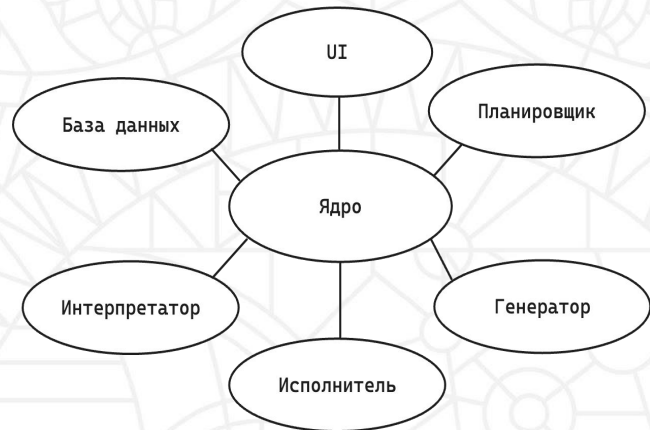
* Система активных знаний LuNA

Основные этапы принятия решений в системе LuNA:

- вывод алгоритма
- распределение ресурсов
- управление исполнением

Архитектурно состоит из набора компонентов, взаимодействующих через центральное ядро:

- Генератор на основе VW-плана статически генерирует исполняемый код;
- Интерпретатор динамически исполняет VW-задачу;
- База содержит модули и информацию о них, включая нефункциональные свойства.



общая архитектура системы LuNA

* Неформальная постановка задачи

Для обеспечения эффективности программы требуется подход, при котором часть решений принимается статически, а оставшиеся — динамически. Эффективность зависит от того, как выполнено это разделение.

При таком подходе формируется промежуточное представление, в которое транслируется программа с частью принятых решений, после чего оставшиеся решения принимаются на этапе исполнения.

Таким образом, встает задача поиска наиболее подходящего промежуточного представления программы.

* Модель адаптивного принятия решений

Для вычислительной модели \mathcal{B} существует **множество решений** \mathcal{C} , которые можно принимать при конструировании программы. Его элементы $c \in \mathcal{C}$ назовем **решениями**. В процессе конструирования подмножество $\mathcal{S} \subseteq \mathcal{C}$ данного множества решений разбивается на две категории: статически и динамически принимаемые решения.

Конфигурация решений есть отображение $\alpha: \mathcal{S} \rightarrow \{s, d\}$, где $\mathcal{S} \subseteq \mathcal{C}$ - непустое подмножество множества решений вычислительной модели; s - статическое принятие решения; d - динамическое принятие решения.

Характеристика конфигурации есть функционал вида $e: \mathcal{A} \rightarrow \mathbb{R}$. Характеристика конфигурации является формализацией некоторой нефункционального свойства.

* Модель адаптивного принятия решений

Уровень динамичности – отношение частичного порядка на множестве всех таких конфигураций решений на вычислительной модели:

$$\forall \alpha, \beta \in \mathcal{A}: \alpha \preceq \beta \Leftrightarrow \{c \in \mathcal{S} \mid \alpha(c) = d\} \subseteq \{c \in \mathcal{S} \mid \beta(c) = d\}$$

Карта - частично упорядоченное по уровню динамичности конечное множество конфигураций (\mathcal{A}, \preceq) .

Карта образует решетку с операциями объединения $\alpha \cup \beta$ и пересечения $\alpha \cap \beta$.

Наличие операций объединения и пересечения на множестве конфигураций позволяет определить понятие **соседних конфигураций** – конфигураций, отличающихся выбором стратегии принятия ровно одного решения.

* Модель применительно к системе LuNA

Множество крупноблочных решений в системе LuNA имеет вид $\mathcal{C} = \{c^{alg}, c^{res}, c^{ctrl}\}$

Карта, по существу, является множеством промежуточных моделей вычислений. Возьмем время работы программы с данной конфигурацией как ее характеристику.

Жадный алгоритм для поиска достаточно эффективной конфигурации:

1. Выберем множество “опорных” конфигураций, которые будут первым приближением искомой конфигурации.
2. На каждом шаге рассмотрим конфигурации соседние по решетке для конфигурации с предыдущего шага. Среди них выберем такую, что ее характеристика минимальна среди всех соседних. Итерации заканчиваются, если ее характеристика не меньше характеристики с предыдущего шага.
3. После итераций для каждой из опорных конфигураций среди них с помощью характеристики выбирается итоговая достаточно эффективная конфигурация.

* Архитектура компонента “Исполнитель”

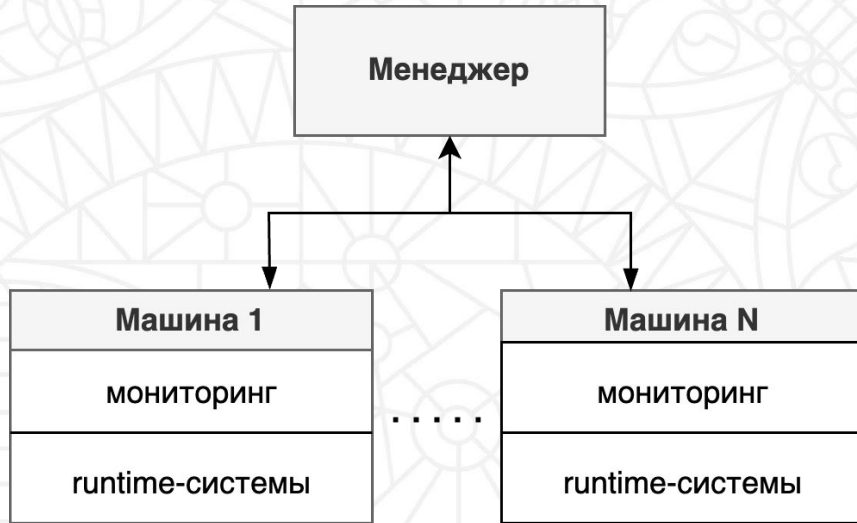


Схема архитектуры

Менеджер отвечает за:

- общение с другими компонентами
- распределение задач

Машина отвечает за:

- сбор информации о машинах
- конфигурация окружения для исполнения
- исполнение операций

* Взаимодействие с другими компонентами

Компоненты системы могут посылать исполнителю запрос на выполнение операции. Запрос состоит из:

- задачи, в рамках которой выполняется операция
- модуля, реализующего операцию
- значений переменных, передаваемых на вход модуля
- действий, которые нужно выполнить с выходами исполняемой операции

```
{
  "task": {
    "id": "f682fdd050374012"
  },
  "fragment": {
    "id": "mod://module_store/convolution"
  },
  "inputs": {
    "filename1": {
      "id": "vdb://val_store/c1a8ce31bede45c4"
    },
    "filename2": {
      "id": "vdb://val_store/9b2e9fc39e7743e3"
    },
    "T": {
      "id": "val://10"
    }
  },
  "outputs": {
    "out1": {"action": "store"},
    "out2": {"action": "store"}
  }
}
```

пример запроса

* Тестирование

В рамках интеграционного тестирования проверялась корректная работа как в автономном режиме, так и при взаимодействии с другими компонентами системы.

В первом тесте оценивалась способность компонента обрабатывать пользовательский фрагмент кода на языке C++. Проверялась корректность привязки входных параметров, настройка среды исполнения, вызов функции и сохранение результата.

Во втором тесте оценивалась работа исполнителя в составе полной системы при решении задачи корреляционной свёртки данных сейсмотрасс. В дополнение к действиям первого теста, проверялись взаимодействия с библиотекой фрагментов кода и хранилищем значений.

Тестирование подтвердило корректную работу компонента.

* Заключение

По итогам работы для системы активных системы разработана модель адаптивного динамического принятия решений. Для технической реализации модели в системе LuNA представлен компонент “Исполнитель”, позволяющий исполнять фрагменты кода.

На защиту выносятся следующие положения:

- Модель адаптивного динамического принятия решений;
- Архитектура компонента “Исполнитель”;
- Реализация компонента “Исполнитель”.

* Новизна и ценность

Новизна научной работы состоит в разработке модели адаптивного динамического принятия решений для системы активных знаний.

Практическая ценность работы состоит в реализации компонента “исполнитель” для системы LuNA, который позволяет обеспечить исполнение фрагментов кода.

* Аprobация

1. Молодёжные Марчуковские научные чтения, г. Новосибирск, 18-20 декабря 2023 г. Тема тезисов и доклада: "Проектирование архитектуры компонента динамического принятия решений для системы активных знаний"
2. 62-я Международная научная студенческая конференция, г. Новосибирск, 17-23 апреля 2024 г. Тема тезисов и доклада: "Прототип компонента динамического принятия решений об исполнении программы для системы активных знаний"
3. В соавторстве написана статья K. Buyko, R. Kapralova, M. Kopylov, A. Kudryavtsev, V. Perepelkin, A. Pirozhkov On Some Technological Issues of LuNA Active Knowledge System Implementation // Bull. Nov. Comp. Center, Comp. Science, 48 (2024) (принято в печать)

* Направления для дальнейших исследований

Дальнейшим направлением развития данной темы является разработка алгоритмов поиска эффективных конфигураций на карте и расширение компонента “Исполнитель” новыми runtime-системами.

ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ УНИВЕРСИТЕТ

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
ИННОВАЦИИ
КАТАЛИТИЧЕСКИЕ
МАТЕРИАЛЫ

ДИЗАЙН
ЛЕКАРСТВ
ТОЧКА
СБОРКИ

НАУЧНАЯ
ЛАБОРАТОРИЯ
ГЕОХИМИЯ
ИНЖИНИРИНГ
ГЕОФИЗИКА

ГИБРИДНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
НГУ

ВЫСОКИЕ
ЭНЕРГИИ

БИОТЕХНОЛОГИИ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
НАНОТЕХНОЛОГИИ
СЕМИОТИКА

НАУКА
КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ
ЧАСТИЦЫ
ГЕОЛОГИЯ

КВАНТОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
БИОЛОГИЯ

ТЕМНАЯ
МАТЕРИЯ
ФОТОНИКА
БИОМЕДИЦИНА
ПРИКЛАДНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
РАЗВИТИЕ

АСТРОНОМИЯ
ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ
АСТРОФИЗИКА
БИОИНФОРМАТИКА

ЛАЗЕРНАЯ
ФИЗИКА

АРХЕОЛОГИЯ
ЭКОНОМИКА
ЗНАНИЙ
СОТРУДНИЧЕСТВО

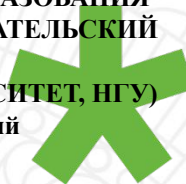
ИТ
DEEP
LEARNING
ИЗУЧЕНИЕ

МОЗГ
АРКТИКА

N* Новосибирский
государственный
университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, НГУ)

Факультет информационных технологий
Кафедра параллельных вычислений



Обр. программа “09.04.01 Информатика и вычислительная техника.
Технология разработки программных систем”

Разработка и реализация алгоритмов динамического принятия решений для системы активных знаний

Выполнил: Копылов Михаил Юрьевич, гр. 23223

Руководитель: Малышкин Виктор Эммануилович, д.т.н.,
профессор, зав. каф. ПВ ФИТ НГУ

Соруководитель: Матвеев Алексей Сергеевич, ст. преп. каф. ПВ
ФИТ НГУ

Рецензент: Загорулько Юрий Алексеевич, к.т.н., зав. лаб. ИСИ
СО РАН

Новосибирск 2025