

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКИ КОНСТРУИРУЕМЫХ ПРОГРАММ
ЗА СЧЁТ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ
ОБЛАСТИ

Докладчик
Митюшин Владимир

ПЛАН ДОКЛАДА

- 1. Автоматическое конструирование программ**
- 2. Роль предметной области при конструировании программ**
- 3. Проблема - Семантический разрыв**
- 4. Примеры экспертных знаний**
- 5. Идея решения проблемы**
- 6. Концепция активных знаний**
- 7. Расширение базы активных знаний**
- 8. Задачи исследования**
- 9. Польза от предложенного подхода**
- 10. Пример реализации подхода**

АВТОМАТИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОГРАММ

Цель автоматического конструирования

Построение прикладной программы по высокоуровневой спецификации в автоматическом режиме, абстрагируясь от низкоуровневых деталей.

- ✓ Управление памятью
- ✓ Синхронизации
- ✓ Распределение по узлам кластера

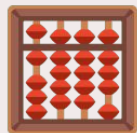
Критерий качества

Эффективность по времени выполнения, памяти и другим ресурсам — сопоставимая с ручной разработкой

Ключевая проблема

При описании предметной области часть высокоуровневой информации о предметной области теряется — и система не может построить конкурентоспособную программу

РОЛЬ ЗНАНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ПРОГРАММ



Вычислительная физика

Десятилетия опыта
применения алгоритмов



Обработка сигналов

Знание о том, какие
оптимизации применимы



Геофизика

Адаптация вычислений
под аппаратуру

Специалист обладает **высокоуровневой информацией** — не только функциональными свойствами объектов, но и специфическими ограничениями и сложившейся практики в предметной области.

СЕМАНТИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ



Знания эксперта

Богатые, контекстные, доменные



Система конструирования

Только формализованные зависимости

Часть высокоуровневой информации теряется. Не потому, что эксперт её не знает, а потому что **у системы может не быть способа её сохранить и использовать.**

Следствие: конструируемая программа уступает по эффективности написанной вручную.

ПРИМЕРЫ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ



Декомпозиция данных

«Игра Жизнь» — способ разбиения массива зависит от входных данных



Параметры блоков

Блочное умножение матриц — размер блока зависит от устройства



Выбор алгоритма

Сортировка — динамический выбор на основе размера и упорядоченности данных



Нефункциональные свойства

Выбор операции зависит от требуемого времени или доступной памяти



Темпоральные зависимости

Время жизни переменных и параллельность



Пространственные зависимости

Привязка вычислений к топологии сети и спецвычислителям

ИДЕЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Как передать знания эксперта
в систему автоматического конструирования?



Требования к форме представления знаний:

1. Доступность эксперту – Позволяет описывать знания в терминах предметной области, а не только в терминах системного программирования
2. Пригодность для машины – Может быть непосредственно использована системой при генерации прикладной программы
3. Достаточная выразительность – Охватывает широкий спектр специфических свойств: как функциональных, так и нефункциональных

КОНЦЕПЦИЯ АКТИВНЫХ ЗНАНИЙ

База активных знаний

Структурированное описание предметной области (данные, алгоритмы, связи).

Почему «Активные»?

Они используются системой в процессе синтеза и генерации программы как инструмент принятия решений (выбор, декомпозиция, распределение).

Вычислительная модель

Двудольный ориентированный граф: **переменные** (значения предметной области) и **операции**. Дуги — информационные зависимости по данным.

VW-задача и VW-план

Дано множество входных переменных V , нужно вычислить выходные W . Результат планирования — VW-план (подмножество операций).

Базовая модель оперирует только зависимостями по данным. Для эффективности нужно **расширить** её экспертными знаниями

РАСШИРЕНИЕ БАЗЫ АКТИВНЫХ ЗНАНИЙ

К каждому объекту базы знаний добавляются **экспертные метаданные** — спецификации свойств, ограничений и правил применения.

Что даёт расширение знаниями

- ◆ Направленный синтез — отсечение неэффективных ветвей перебора
- ◆ Высокоуровневые алгоритмические замены на этапе планирования
- ◆ Адаптация структуры вычислений под данные и аппаратуру
- ◆ Планирование с учётом нефункциональных свойств операций
- ◆ Строгое следование проверенным моделям эксперта → доверие к системе

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Способ хранения (DSL)

Предметно-ориентированный язык, связывающий эксперта ПО, программиста и инженера знаний.

2. Алгоритмы применения

Знания должны влиять на построение VW-плана, оптимизацию и генерацию параллельного кода.

3. Реализация в LuNA

Механизмы должны работать в реальной системе для решения прикладных задач.

4. Экспериментальное исследование

Сравнение качества программ с экспертными знаниями и без них по объективным метрикам.

ПОЛЬЗА ОТ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА



Теоретическая

- Новый класс объектов вычислительной модели — **экспертные метаданные** (расширение теории направленного синтеза).
- Формализация понятия «экспертного знания» для задач автоматического конструирования (синтаксис, семантика).
- Универсальность: подходы применимы к широкому классу систем автоматического конструирования.



Практическая

- Повышение качества программ до уровня, приемлемого для реальных научных и промышленных расчётов.
- **Повышение надёжности и предсказуемости** системы за счёт строгого следования проверенным практикам.
- Критично для областей с высокой ценой ошибки: климатические расчёты, медицина, промышленная симуляция.

РАБОТА ЗА МАГИСТРАТУРУ

В рамках ВКР магистратуры был успешно реализован и протестирован **частный случай формализации экспертных знаний**



Формализация знаний

В систему LuNA добавлены **специальные операторы** (*sfor*, *map*, *reduce*).

Они позволяют эксперту явно указать системе шаблон информационных зависимостей между итерациями.



Машинное применение

Вместо отслеживания зависимостей каждой отдельной итерации, система **применяет заложенный экспертом шаблон**.

Это исключает полный перебор при планировании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспертные знания — это мост между экспертным пониманием предметной области и эффективностью программ



**Язык описания
знаний (DSL)**



**Расширение
внутреннего IR**



**Алгоритмы
обработки**



**Измеримое
улучшение
качества**

Спасибо за внимание!