

# Метод применения размера тайла для эффективной полиэдральной компиляции

А.В. Левченко

2@lto.ru

Суперкомпьютерный центр СПбПУ

# Структура метода

## Применение значений TSS в промежуточных представлениях

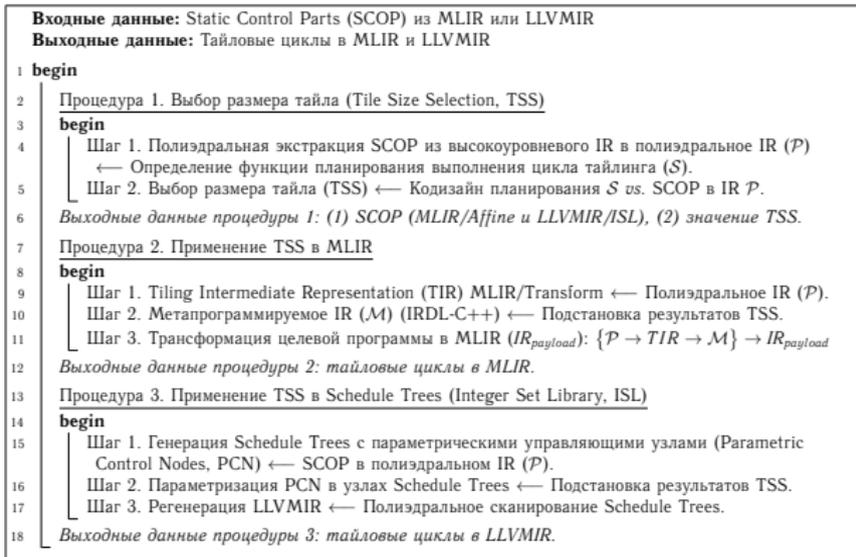


Рисунок 1 – Структура метода для применения значений TSS в полиэдральных представлениях (на уровне MLIR и LLVMIR/ISL)<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Narasimhan, Acharya, Baid, Bondhugula. A practical tile size selection model for affine loop nests (2021)

# Программная реализация метода

## Применение значений TSS в промежуточных представлениях

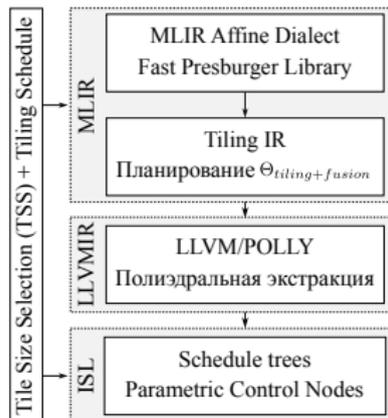


Рисунок 2 – Применяемые промежуточные представления<sup>†,†,†,†</sup>

<sup>†</sup>Lattner, Amini, Bondhugula, Cohen, Davis, Pienaar, Riddle, Shpeisman, Vasilache, Zinenko. MLIR: Scaling compiler infrastructure for domain specific computation (2021)

<sup>†</sup>Grosser, Größlinger. Polly – performing polyhedral optimizations on a low-level intermediate representation (2012)

<sup>††</sup>Verdoolaege. isl: An Integer Set Library for the polyhedral model (2010)

<sup>††</sup>Verdoolaege, Guelton, Grosser, Cohen. Schedule Trees (2014)

# Программная реализация метода

## Композиция IR и полиэдральные библиотеки



Рисунок 3 – Композиция IR для подстановки значений TSS посредством полиэдрального IR, диалектов Transform<sup>†</sup> и IRDL (IRDL-C++)<sup>‡</sup>

Библиотека	Применение библиотеки
LLVM/Clang (CIR)*	Трансляция C++ → CIRGen → ClangIR (CIR) → CIR Passes → MLIR
LLVM/MLIR/Affine	Полиэдральное представление циклов в MLIR (loop tiling + loop fusion)
LLVM/MLIR/Transform	Scheduling language для тайлинга в Transform IR (scheduling language)
LLVM/MLIR/Presburger *	Реализация арифметики Пресбургера в MLIR (полиэдральные абстракции)
LLVM/Polly	Полиэдральная экстракция SCOP для древовидных представлений ISL
Integer Set Library (ISL)	Древовидные представления функций планирования циклов (ISL Schedule Trees)
Barvinok (iscc)	Тестирование полиэдральных операций для построения schedule для тайлинга
Polylib	Набор функций для операций с целочисленными множествами в Barvinok
Polyhedral Extraction Tool	Экстракция полиэдрального представления напрямую из высокоуровневого кода

Таблица 1 – Полиэдральные библиотеки / библиотеки трансформации циклов в полиэдральное представление (\* – в работе)<sup>††</sup>,<sup>‡‡</sup>

<sup>†</sup>Lücke, Zinenko, Moses, Steuwer, Cohen. The MLIR Transform Dialect: Your compiler is more powerful than you think (2025)

<sup>‡</sup>Fehr, Niu, Riddle, Amini, Su, Grosser. IRDL: An IR definition language for SSA compilers (2022)

<sup>††</sup>Pitchanathan, Ulmann, Weber, Hoefler, Grosser. FPL: Fast Presburger arithmetic through transprecision (2021)

<sup>‡‡</sup>Verdoolaeye, Grosser. Polyhedral Extraction Tool (2012)

# Экспериментальные результаты

## Оценка эффективности тайлинга

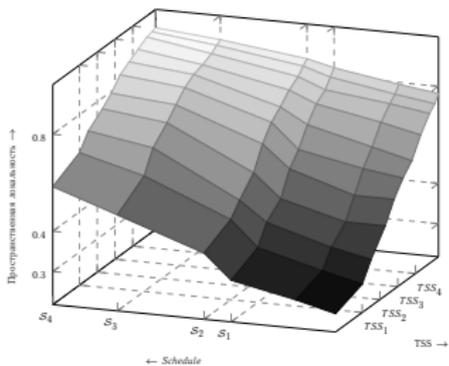


Рисунок 4 – Локальность тайловых циклов для тайлинга  $S_{tiling}$

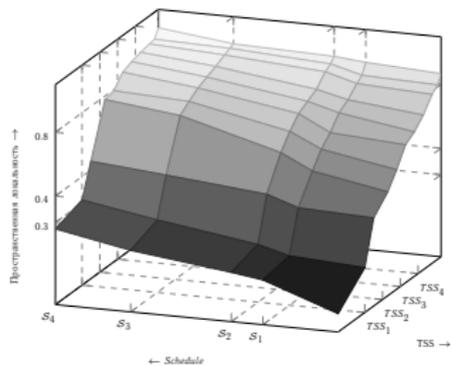


Рисунок 5 – Локальность тайловых  $S_{codesign+vectorize+TSS}$

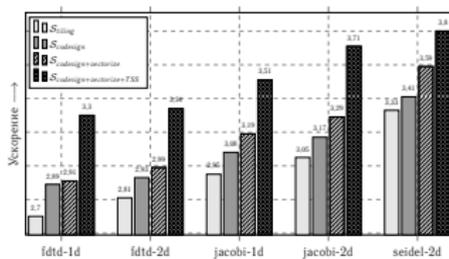


Рисунок 6 – Ускорение в MLIR/Transform

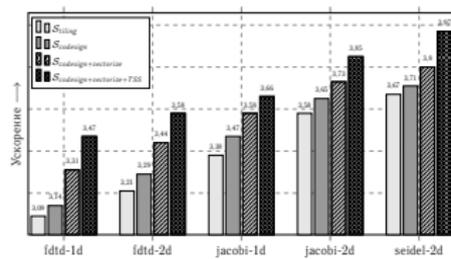


Рисунок 7 – Общее ускорение конвейера