



## Инструментальная поддержка встроенных языков в интегрированных средах разработки

**Автор:** Григорьев Семён, Вербицкая Екатерина,  
Иванов Андрей, Мавчун Екатерина,  
Полубелова Марина

Лаборатория JetBrains на Математико-Механическом факультете  
Санкт-Петербургского государственного университета

# Встроенные языки

- Динамический SQL

```
IF @X = @Y
    SET @TABLE = '#table1'
ELSE
    SET @TABLE = 'table2'
EXECUTE
    ('SELECT x FROM' + @TABLE + ' WHERE ISNULL(n,0) > 1')
```

- JavaScript в Java

```
String script =
    "function hello(name)  print('Hello, ' + name); ";
engine.eval(script);
Invocable inv = (Invocable) engine;
inv.invokeFunction("hello", "Scripting!!!");
```

# Проблемы

- Динамически формируемые выражения – код на некотором языке. Его нужно соответствующим образом поддерживать и обрабатывать.
  - ▶ Ошибки в динамически формируемых выражениях обнаруживаются лишь во время выполнения.
  - ▶ Поддержка в IDE.
  - ▶ Рейнжиниринг ПО, разработанного с использованием встроенных языков.
- Однако для стандартных инструментов это просто строки.
  - ▶ Ошибки во время выполнения.
  - ▶ Нет поддержки в IDE.

# Актуальность

- Да, новый код так почти не пишут. Но:
  - ▶ Многое уже написано и оно требует поддержки, сопровождения.
  - ▶ Альтернатив динамическому SQL пока мало.
  - ▶ Есть кодогенераторы. Они генерируют код в виде текста.

# Предлагаемое решение

- Статическая обработка встроенных языков.
  - ▶ Поддержка в IDE.
    - ★ Многие ошибки можно искать без запуска программы.
    - ★ Автодополнение, рефакторинги.
  - ▶ Рейнжиниринг:
    - ★ Статический анализ.
    - ★ Трансформация (трансляция).

# Пример работы

```
public void Select(int cond)
{
    var baseQuery = "select x, y + 1, z ";
    string fields;
    switch (cond)
    {
        case 1:
            fields = "alias1";
            break;
        case 2:
            fields = "alias1";
            break;
        default:
            fields = "fld3 alias1";
            break;
    }
    var tableName = "defaultTable";
    if (cond == 1) tableName = "table2";
    Program.ExecuteImmediate(baseQuery + fields + "from" + tableName);
}
```

## Существующие решения

- Alvor – плагин для Eclipse для статической проверки встроенного в Java SQL.
- Java String Analyzer – статический анализатор динамических выражений для Java.
- PHP String Analyzer – статический анализатор динамических выражений для PHP.
- PHPStorm – IDE для PHP с поддержкой HTML, CSS, JavaScript.
- IntelliJLang – плагин к PHPStorm и IDEA, осуществляющий поддержку различных языков.

## Существующие решения

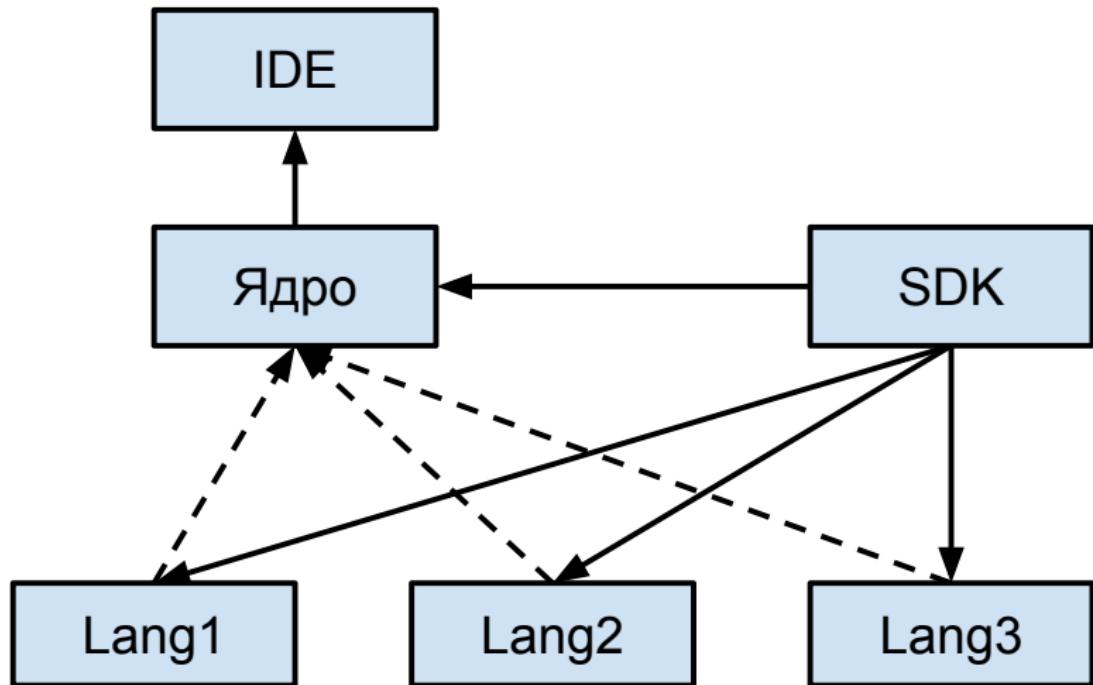
- Alvor – плагин для Eclipse для статической проверки встроенного в Java SQL.
- Java String Analyzer – статический анализатор динамических выражений для Java.
- PHP String Analyzer – статический анализатор динамических выражений для PHP.
- PHPStorm – IDE для PHP с поддержкой HTML, CSS, JavaScript.
- IntelliJLang – плагин к PHPStorm и IDEA, осуществляющий поддержку различных языков.
- Предоставляемая функциональность часто скучна.
- Поддержка других языков в большинстве случаев возможна путём изменения исходного кода.

# Цели

- Платформа для создания инструментов анализа встроенных языков.
  - ▶ Расширяемость в смысле поддержки других языков.
  - ▶ Расширяемость в смысле предоставляемой функциональности.
- Плагин для MS Visual Studio на основе ReSharper.
  - ▶ Демонстрация возможностей платформы.
  - ▶ Поддержка встроенных языков в MS Visual Studio.

# Языковые расширения

- Новый язык – плагин к ядру.



# Языковые расширения

- SDK.
  - ▶ Генератор абстрактных лексических анализаторов.
  - ▶ Генератор абстрактных синтаксических анализаторов.
  - ▶ Описание общих интерфейсов.
  - ▶ ...
- Плагинная система на основе Mono.Addins.
- Механизм разметки кода конечного пользователя.

## Языковые расширения. Пример.

```
var tbl1 = "#tbl1"
```

```
var tbl2 = "tbl2"
```

```
[<InjectedLang("TSQL")>]
```

```
execute ("select x from " + if cond then tbl1 else tbl2)
```

```
[<InjectedLang("Calc")>]
```

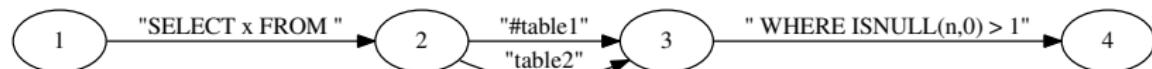
```
eval ("12 + 3 * (4 + 5)")
```

# Абстрактный анализ. Как это работает

- Kyung-Goo Doh, Hyunha Kim, David A. Schmidt
  - ▶ Комбинация LR-анализа и анализа потока данных для обработки встроенных языков
- Для каждого выражения строится конструкция, аппроксимирующая множество его возможных значений.
  - ▶ Data-flow уравнение
  - ▶ Граф
  - ▶ Регулярное выражение
- Выполнение лексического, синтаксического анализа над графом – абстрактный анализ.
- Вычисление семантики.
- ...

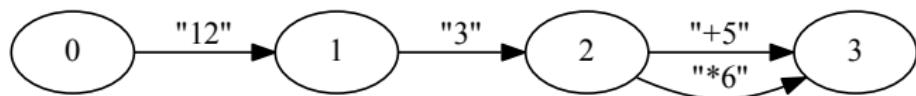
# Пример

- ```
IF @X = @Y
    SET @TABLE = '#table1'
ELSE
    SET @TABLE = 'table2'
EXECUTE
    ('SELECT x FROM ' + @TABLE + ' WHERE ISNULL(n,0) > 1')
```
- Множество значений:  
`{'SELECT x FROM #table1 WHERE ISNULL(n,0) > 1' ;  
'SELECT x FROM table2 WHERE ISNULL(n,0) > 1'}`
- Апроксимация:

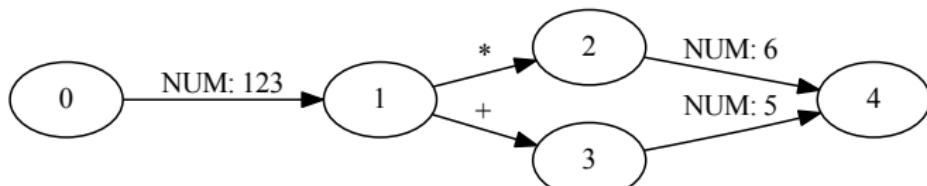


# Абстрактный лексический анализ

- Граф со строками на рёбрах → граф с токенами на рёбрах.
  - Литерал в исходном коде.
  - Точная привязка внутри литерала.
- Например:
  - Входной график

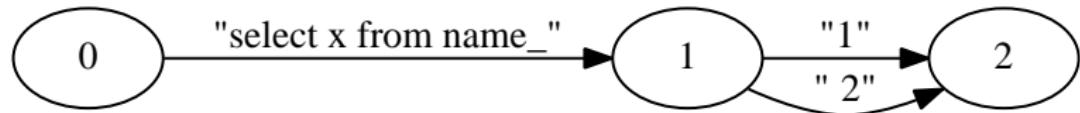


- Результат лексического анализа



# Абстрактный лексический анализ. Рваные токены

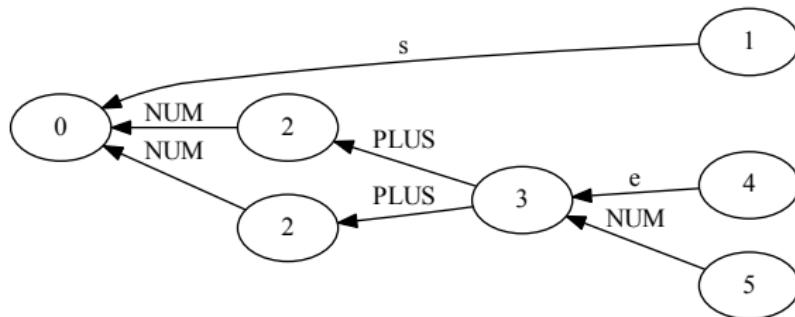
- Токены могут собираться из нескольких частей.



- Нужно обрабатывать такие ситуации.
- Нужно сохранять привязку каждой части.

# Обобщённый синтаксический анализ

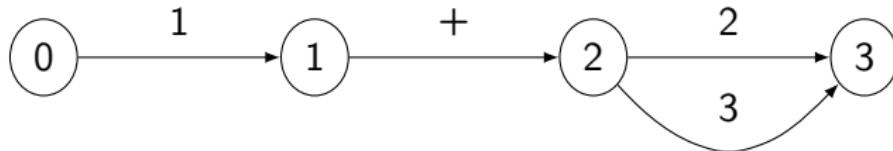
- Generalized LR parsing (GLR).
- Предназначен для работы с произвольными КС грамматиками.
  - ▶ Shift-Reduce и Reduce-Reduce конфликты.
- Использует организованный в виде графа стек (GSS).



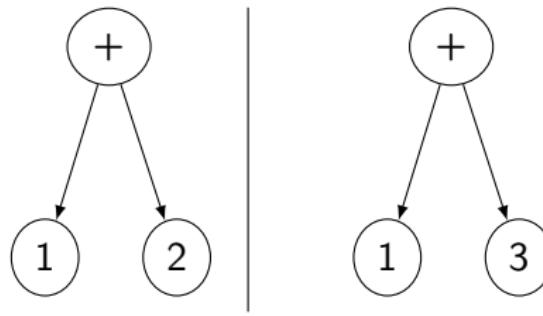
- Использует компактное представление леса вывода (SPPF).
  - ▶ Переиспользование общих узлов.

# Абстрактный синтаксический анализ

- Добавим Shift-Shift "конфликты" – конфликты, возникающие при ветвлении входного потока.
- Получилось расширение GLR.
- Вход:

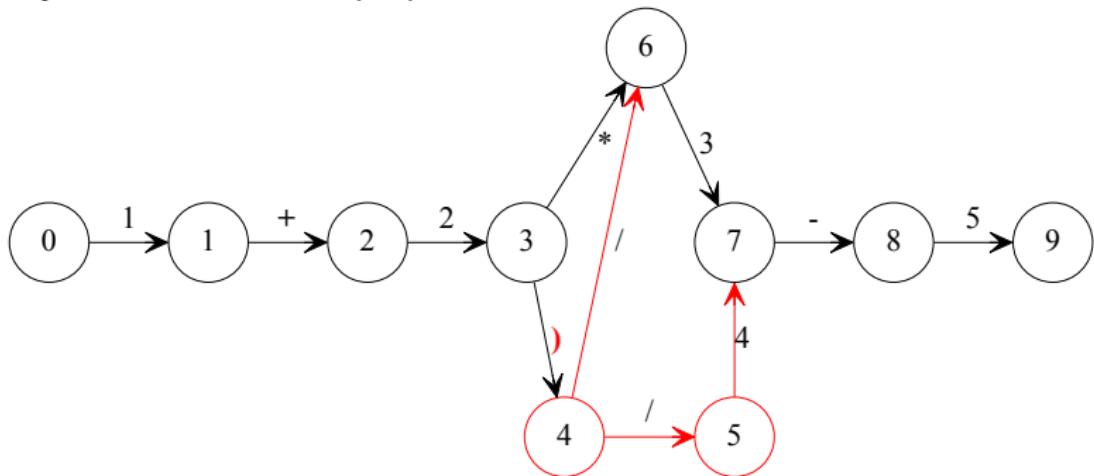


- Результат:



# Диагностика ошибок

- Нужно возвращать лес разбора для корректных выражений и список ошибок для некорректных
- Для обычного GLR умершая ветка — нормально, для абстрактного не всегда
- Пропускать токены в графе сложнее, чем в линейном потоке



- Существуют проблемы, связанные с особенностями используемого алгоритма.

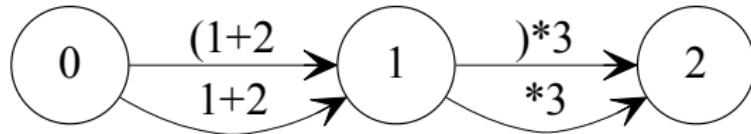
# Восстановление после ошибок

- Отдельный вопрос для исследований.

- ▶ В больших выражениях хочется видеть все ошибки.
- ▶ В сложных выражениях может быть много ложных ошибок.
- ▶ Бывают принципиально некорректные выражения, которые при реальном выполнении не возникают из-за семантики.
- ▶ Например

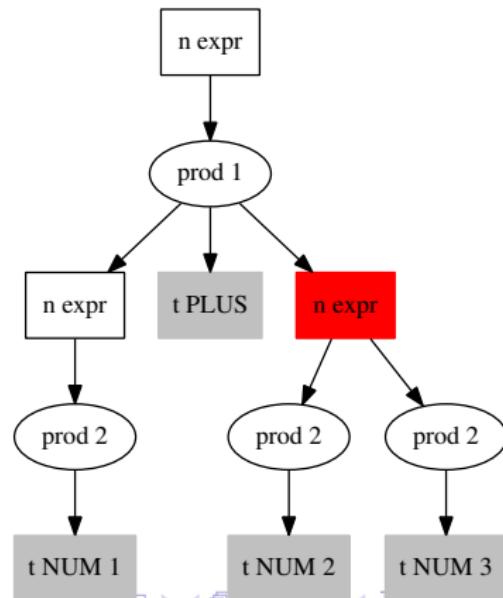
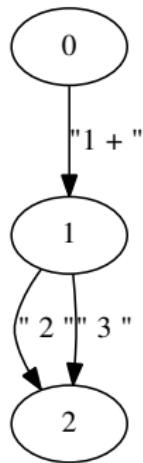
```
x = condition ? "(1+2" : "1+2";
y = condition ? ")*3" : "*3";
Program.Eval(y + x);
```

2 из 4 путей не могут быть получены. однако в графе есть все.



# Вычисление семантики

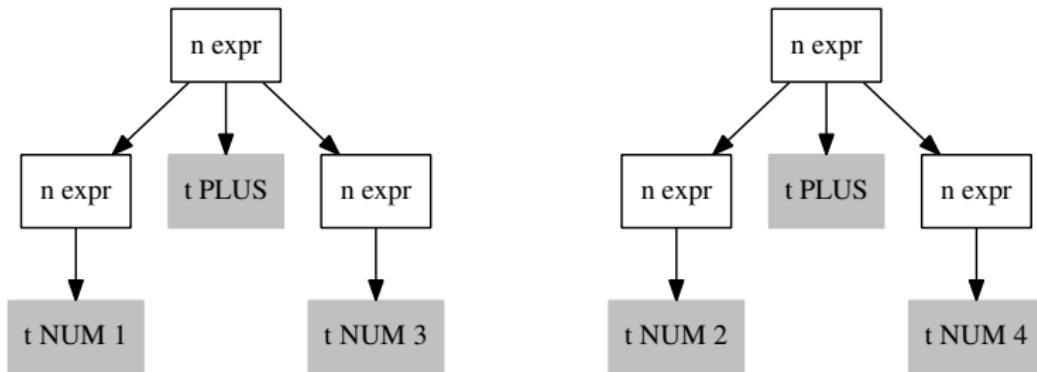
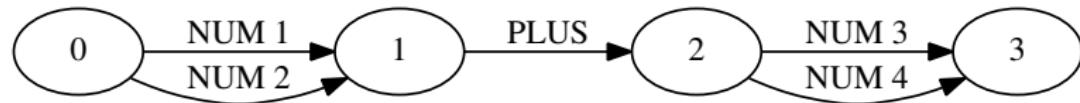
- Результат анализа – минимум одно дерево для пути в графе. Сжато в SPPF.
- Что-то можно вычислить прямо на графике, но часто нужно извлекать деревья.



# Вычисление семантики. Пример.

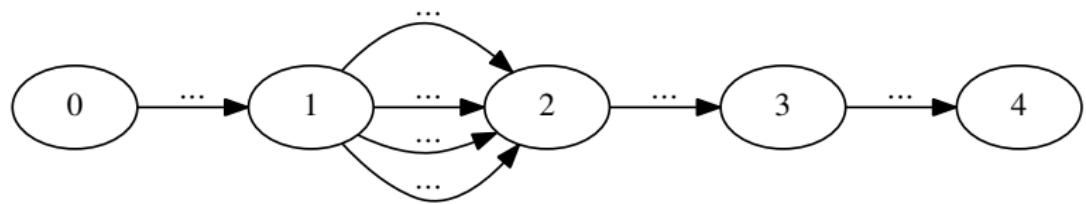
Подсветка синтаксиса.

- Достаточно покрыть все токены.
- Можно возвращать не все деревья, а некоторое подмножество.



# Вычисление семантики

- В худшем случае придётся перебирать все деревья.



- Ленивая генерация деревьев.

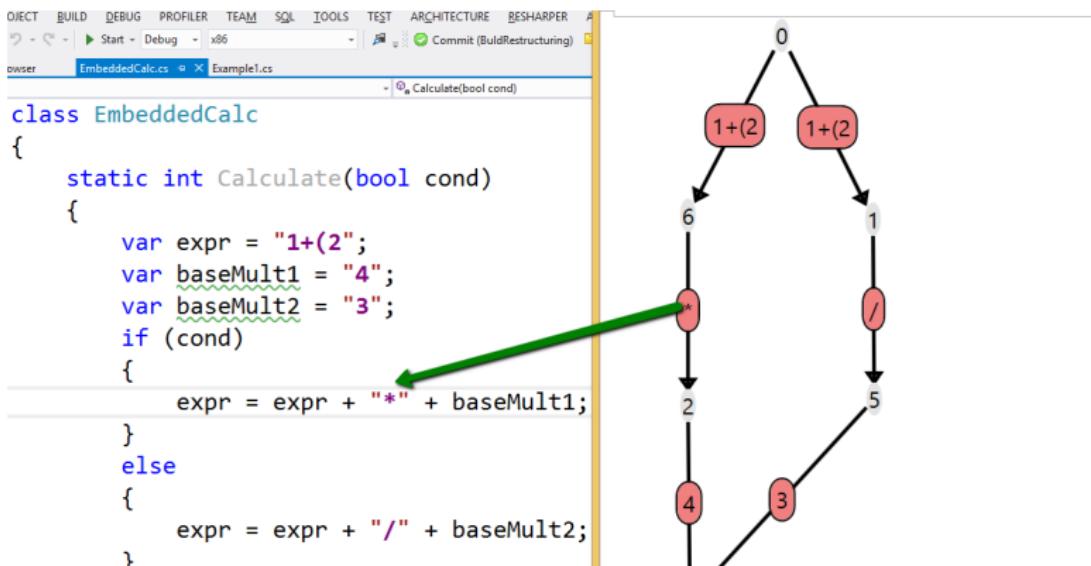
# Демонстрация

# Что дальше

- Большинство задач, применимых к обычному коду, применимо и ко встроенным языкам.
  - ▶ Навигация.
  - ▶ Проверка типов.
  - ▶ Трансформации.
  - ▶ и т.д...

# Навигация по коду

- Визуальное представление динамического выражения в виде графа.
  - ▶ Навигация в код.
  - ▶ Навигация в граф из кода.
  - ▶ Информация об ошибках на графике. Если ошибка на стыке строковых литералов, то трудно понять, где она реально.



# Проверка типов

- Внутри выражения.
  - ▶ `int x = eval ("12 * 'string' + 3 )`
- Согласованность с внешним кодом.
  - ▶ `int x = execute ("select 'string' from " dual)`

# Трансформации

- Рефакторинг.
- Переход с одного диалекта на другой.
  - ▶ Для SQL особенно актуально.
- Переход на новые технологии.
  - ▶ Встроенный SQL → LINQ.

Много вопросов.

- Возможны ли нетривиальные трансформации?
  - ▶ Как обратно генерировать код?
- Как гарантировано корректность трансформаций?

# Результаты

- Ядро.
  - ▶ Генератор абстрактных лексических анализаторов.
    - ★ Привязка к исходному коду.
  - ▶ Генератор абстрактных синтаксических анализаторов.
    - ★ Диагностика ошибок.
    - ★ Механизм вычисления семантики.
  - ▶ Модульная архитектура для языковых расширений.
- Плагин для ReSharper.
  - ▶ Расширяемая архитектура, позволяющая легко поддержать любой встроенный язык. Внешний язык должен поддерживаться в ReSharper.

# Результаты

- Открытый код.
- Платформа .NET.
- Основной язык – F#.
- Проект YaccConstructor – платформа для исследований в области синтаксического анализа.

# Область применения

- Поддержка встроенных языков в IDE:
  - ▶ Интерактивная ("на лету")
  - ▶ "Оффлайновая" проверка (ручной запуск)
- Поддержка, сопровождение кода со встроенными языками.
- Автоматизированный реинжиниринг ПО, разработанного с применением встроенных языков.
- Верификация генераторов кода.

# Информация о проекте

- Контакты:
  - ▶ Григорьев Семён: Semen.Grigorev@jetbrains.com
  - ▶ Вербицкая Екатерина: kajigor@gmail.com
  - ▶ Мавчун Екатерина: emavchun@gmail.com
  - ▶ Иванов Андрей: ivanovandrew2004@gmail.com
  - ▶ Полубелова Марина: polubelovam@gmail.com
- Исходный код YaccConstructor:  
<http://recursive-ascent.googlecode.com>
- Google+ сообщество:  
<https://plus.google.com/u/0/communities/102842370317111619055>
- Сообщество GitHub: <https://github.com/YaccConstructor>