

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

# Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев, М. А. Ройтберг, А. Г. Кушниренко

НИИСИ РАН, ИМПБ РАН

Конференция «Свободное программное  
обеспечение в высшей школе», 31 января 2009 г.

# Особенности обучения программированию

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

Время занятий ограничено

Обучаемый должен видеть **полный** результат разбора программы в процессе редактирования

Ошибки могут допускаться совершенно случайно

Нельзя пугать обучаемого **избытком** ошибочных сообщений

Неправильная программа – это тоже программа

Необходимо в любой неправильной программе найти **что-то разумное**, как это делает человек-учитель

# Пример: разбор ошибочных ситуаций

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

## Неправильная программа

```
алг Программа
нач
    цел а
    а:=2
    иначе
        вывод "А"
    все
кон
```

# Пример: разбор ошибочных ситуаций

## Разбор классическим алгоритмом

```
алг Программа
нач
    цел а
    а:=2
    иначе
    вывод "А"
    все
кон
```

Лишнее «иначе»

Лишнее «все»

- две ошибки
- компилятор не считает строки «иначе»...«все» отдельным блоком

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

# Пример: разбор ошибочных ситуаций

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

Что хочется видеть

```
алг Программа
нач
  цел а
  а:=2
  иначе
    вывод "А"
  все
кон
```

Нет «если»...«то»

- одна ошибка
- ошибка относится к неправильному блоку в целом

# Виды синтаксических ошибок в программе

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

## Локальные ошибки

```
алг Программа
нач
  цел а
  а:=(1+2)6 | Пропущен оператор
кон
```

## Глобальные ошибки

```
алг Программа
нач
  нц 10 раз | Нет парного «кц»
  вывод 123, нс
кон
```

- **локальные** ошибки – не влияют на разбор программы в целом
- **глобальные** ошибки – меняют структуру программы

## Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

# Виды синтаксических ошибок в программе

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

## Локальные ошибки

```
алг Программа
нач
  цел а
  а:=(1+2)6 | Пропущен оператор
кон
```

## Глобальные ошибки

```
алг Программа
нач
  нц 10 раз | Нет парного «кц»
  вывод 123, нс
кон
```

- **локальные** ошибки – не влияют на разбор программы в целом
- **глобальные** ошибки – меняют структуру программы

Нас интересуют глобальные ошибки

# Структуры правильных и неправильных программ

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

Структура программы – это текст, содержащий в качестве терминальных символов **типы канонических строк**.

**алг** Программа

**нач**

**цел** а

**а:=2**

**если** а<10

**то**

**вывод** "А"

**все**

**кон**



# Структуры правильных и неправильных программ

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

Структура программы – это текст, содержащий в качестве терминальных символов **типы канонических строк**.

<i>заголовок алгоритма</i>	<b>алг</b> Программа
<i>начало алгоритма</i>	<b>нач</b>
<i>простая строка</i>	<b>цел</b> а
<i>простая строка</i>	<b>а:=2</b>
<i>заголовок условия</i>	<b>если</b> а<10
<i>начало условия</i>	<b>то</b>
<i>простая строка</i>	<b>вывод</b> "А"
<i>конец условия</i>	<b>все</b>
<i>конец алгоритма</i>	<b>кон</b>

# Структуры правильных и неправильных программ

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

Структура программы – это текст, содержащий в качестве терминальных символов **типы канонических строк**.

<i>заголовок алгоритма</i>	<b>A</b>
<i>начало алгоритма</i>	<b>H</b>
<i>простая строка</i>	<b>п</b>
<i>простая строка</i>	<b>п</b>
<i>заголовок условия</i>	<b>E</b>
<i>начало условия</i>	<b>T</b>
<i>простая строка</i>	<b>п</b>
<i>конец условия</i>	<b>B</b>
<i>конец алгоритма</i>	<b>K</b>

# Структуры правильных и неправильных программ

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

<i>заголовок алгоритма</i>	<b>А</b>	<b>алг</b> Программа
<i>начало алгоритма</i>	<b>Н</b>	<b>нач</b>
<i>простая строка</i>	<b>п</b>	<b>цел</b> а
<i>простая строка</i>	<b>п</b>	<b>а:=</b> 2
<i>заголовок условия</i>	<b>Е</b>	<b>если</b> а<10
<i>начало условия</i>	<b>Т</b>	<b>то</b>
<i>простая строка</i>	<b>п</b>	<b>вывод</b> "А"
<i>конец условия</i>	<b>В</b>	<b>все</b>
<i>конец алгоритма</i>	<b>К</b>	<b>кон</b>

- Введенные символы {А, Н, п, Е, ...} и. т. д. образуют **алфавит**  $\mathcal{H}$
- Цепочка символов (в данном примере – **АНппЕТпВК**) из алфавита  $\mathcal{H}$  определяет **структуру программы**

# Структуры программ и КС-грамматики

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

- Структуры **правильных** программы образуют КС-язык, который описывается КС-грамматикой  $L_0$  над алфавитом  $\mathcal{H}$
- 

**Разбор структуры программы** – построение вывода программы в КС-грамматике  $L_0$

# Структуры программ и КС-грамматики

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

- Структуры **правильных** программы образуют КС-язык, который описывается КС-грамматикой  $L_0$  над алфавитом  $\mathcal{H}$
- 

**Разбор структуры программы** – построение вывода программы в КС-грамматике  $L_0$

Что делать, когда программа **не выводима** в грамматике  $L_0$ ?

# Структуры программ и КС-грамматики

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

- Структуры **правильных** программы образуют КС-язык, который описывается КС-грамматикой  $L_0$  над алфавитом  $\mathcal{H}$
- **Типовые ошибочные** ситуации определяются дополнительными наборами КС-правил  $L_1 \dots L_n$
- **Грубые ошибочные** ситуации определяются КС-правилами  $L_\infty$

---

**Разбор структуры программы** – построение вывода программы в КС-грамматике  $L_0 \cup L_1 \cup \dots L_n \cup L_\infty$

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

## Неправильная программа

```
алг Программа
нач
  цел а
  а:=2
  иначе
    вывод "А"
  все
кон
```

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

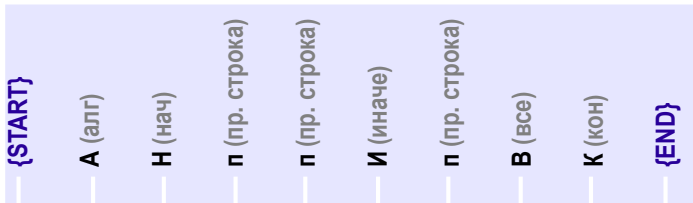
Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :



# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$$S \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К}$$

Из  $S$  выводится «АН.....К», в стек кладется нетерминал  $\mathcal{F}$

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$$S \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F}$$

Из  $\mathcal{F}$  выводится «п», в стек кладется нетерминал  $\mathcal{F}$

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$$\mathcal{S} \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F}$$

Из  $\mathcal{F}$  выводится «п», в стек кладется нетерминал  $\mathcal{F}$

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

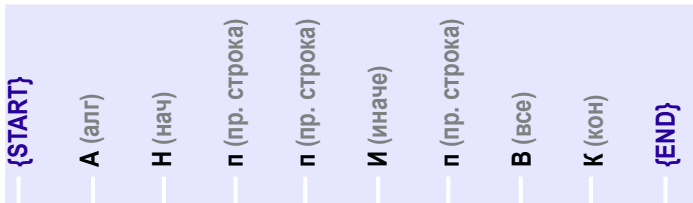
Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$S \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow ?$

**Ошибка!** Из  $\mathcal{F}$  нельзя вывести «ИпВ»

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{S} \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow ?$

---

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_1(\mathcal{H})$ :

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{S} \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow ?$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_1(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F}\text{В}$

Из  $\mathcal{F}$  выводится «И.В», в стек кладется нетерминал  $\mathcal{F}$

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

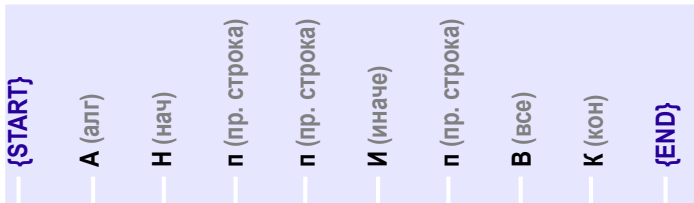
Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{S} \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow ?$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_1(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F}\text{В} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}$

Из  $\mathcal{F}$  выводится «п». **Вывод завершен**

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{S} \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow ?$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_1(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F}\text{В} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_\infty(\mathcal{H})$ :



# Построение вывода структуры программы в КС-рамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{S} \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow ?$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_1(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F}\text{В} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_\infty(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F}$

Из  $\mathcal{F}$  выводится «И», в стек кладется нетерминал  $\mathcal{F}$

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{S} \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow ?$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_1(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F}\text{В} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_\infty(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F}$

Из  $\mathcal{F}$  выводятся «п», в стек кладется нетерминал  $\mathcal{F}$

# Построение вывода структуры программы в КС-грамматике

Синтаксический разбор программ, содержащих ошибки на примере системы КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{S} \rightarrow \text{АН}\mathcal{F}\text{К} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow ?$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_1(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F}\text{В} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}$

Вывод с помощью правил  $L_0(\mathcal{H}) \cup L_\infty(\mathcal{H})$ :

$\mathcal{F} \rightarrow \text{И}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{п}\mathcal{F} ; \mathcal{F} \rightarrow \text{В}$

Из  $\mathcal{F}$  выводится «В». **Вывод завершен**

# Дерево вариантов разбора (стек автомата не отображен)

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

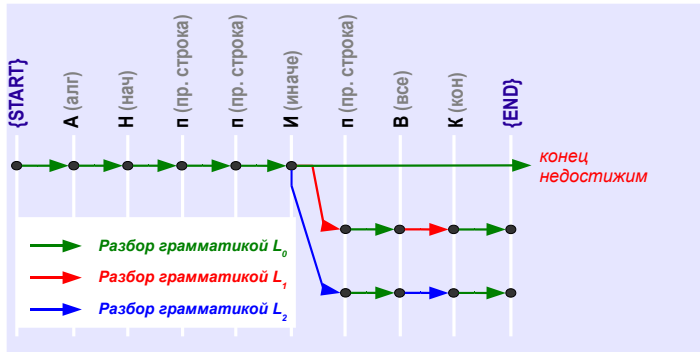
Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



- Правила  $L_0$  описывают правильные программы
- Правила  $L_1$  описывают ошибку «Нет если...то»
- Правила  $L_2$  описывают общие ошибки «Лишняя строка»

# Дерево вариантов разбора (стек автомата не отображен)

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

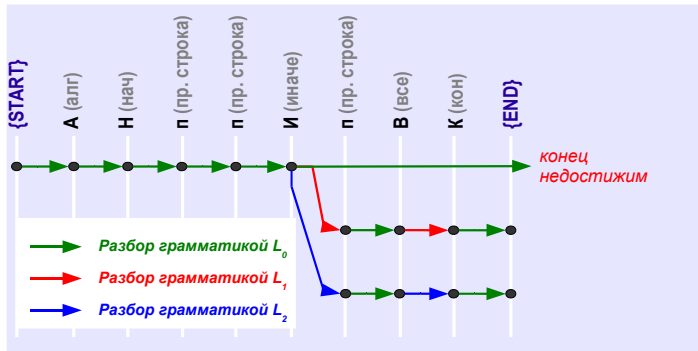
Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты



- Грамматики упорядочены по приоритетности
- Правильная грамматика имеет наивысший приоритет
- При разборе выбираем ту грамматику, вывод которой достигим до конца

# Описание правил вывода

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

- Грамматики структур программ (как правильных, так и неправильных) описаны во внешних текстовых файлах
- Анализатор работает с правилами вывода в **нормальной форме Грейбах**
- НФ Грейбах предполагает, что правая часть правил может быть либо пустой, либо содержать **ровно один** терминал

# Описание правил вывода

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

- Грамматики структур программ (как правильных, так и неправильных) описаны во внешних текстовых файлах
- Анализатор работает с правилами вывода в **нормальной форме Грейбах**
- НФ Грейбах предполагает, что правая часть правил может быть либо пустой, либо содержать **ровно один** терминал

- 
- Правила вывода можно описывать в **ненормализованной** форме
  - Нормализация правил вывода выполняется **автоматически** при чтении файлов с правилами

# Терминальные действия

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

- НФ Грейбах предполагает, что правая часть правил может быть либо пустой, либо содержать **ровно один** терминал
- 

- С каждым **ненулевым нормализованным** правилом можно связать **терминальные действия**, которые выполняет анализатор при достижении соответствующего терминального символа
- Терминальные действия – это **ECMAScript-программы**, выполняемые интерпретатором из библиотеки QT



# Пример простого правила вывода

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

```
ФРАГМЕНТ_АЛГОРИТМА* -> нач : {  
    var cp = this.currentPosition; /* номер канонической строки */  
    this.setError(cp, 2200213); /* устанавливаем код ошибки 2200213,  
                                соответствующий этому коду текст  
                                указан в файле «russian.msg» */  
}
```

# Пример простого правила вывода

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

алг Программа  
нач  
нач  
кон

Лишний «нач» (2200213)

# Пример более сложного правила вывода (до нормализации)

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

```
ВЫБОР -> выбор при ФРАГМЕНТ_АЛГОРИТМА* ПРИ* ИНАЧЕ_ВСЕ : {  
    /* этот код связан с терминалом «выбор» */  
    var cp = this.currentPosition; /* номер канонической строки */  
    this.setIndentRank(cp, 0,+2); /* устанавливаем ранг отступа {0,2} */  
    this.addToCurrentModule(cp); /* добавляем в текущий модуль */  
} {  
    /* этот код связан с терминалом «при» */  
    var cp = this.currentPosition;  
    this.setIndentRank(cp,-1,+1);  
    this.addToCurrentModule(cp);  
}
```

# Пример более сложного правила вывода (после нормализации)

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

```
ВЫБОР -> выбор 1 : {  
    /* этот код связан с терминалом «выбор» */  
    var cp = this.currentPosition; /* номер канонической строки */  
    this.setIndentRank(cp, 0,+2); /* устанавливаем ранг отступа {0,2} */  
    this.addToCurrentModule(cp); /* добавляем в текущий модуль */  
}  
  
1 -> при ФРАГМЕНТ_АЛГОРИТМА* ПРИ* ИНАЧЕ_ВСЕ : {  
    /* этот код связан с терминалом «при» */  
    var cp = this.currentPosition;  
    this.setIndentRank(cp, -1,+1);  
    this.addToCurrentModule(cp);  
}
```

# Пример более сложного правила вывода

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

```
алг Программа
нач
  цел а
  а:=1
  выбор
    | Comment
    при а:=1:
      вывод 123
  все
кон
```

# Особенности реализации

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

- Граматики структур программ (как правильных, так и неправильных) описаны во внешних текстовых файлах
- Синтаксис описания грамматик достаточно простой, нормализация правил вывода выполняется при чтении грамматик из файлов
- Все действия, выполняемые автоматом при достижении терминалов в правилах вывода, являются ECMAScript-программами
- Предусмотрен визуальный отладчик грамматик

# Производительность

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

На каждом шаге в среднем  $\approx 5$  вариантов разбора для  
строк-управляющих конструкций и 1 вариант для  
простых строк

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

# Производительность

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

На каждом шаге в среднем  $\approx 5$  вариантов разбора для строк-управляющих конструкций и 1 вариант для простых строк

Разбор неправильной программы из 20 строк с 3 равномерно распределенными ошибками в структуре требует выполнения  $\approx 500$  действий



# Производительность

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

На каждом шаге в среднем  $\approx 5$  вариантов разбора для строк-управляющих конструкций и 1 вариант для простых строк

Разбор неправильной программы из 20 строк с 3 равномерно распределенными ошибками в структуре требует выполнения  $\approx 500$  действий

Разбор неправильной программы из большого числа строк с большим числом ошибок может потребовать **очень много** действий

# Производительность

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

Для больших программ включается режим  
«грубого» разбора

## Грубый разбор

- выделяются «крупные» блоки программ:  
**ФРАГМЕНТ АЛГОРИТМА, АЛГОРИТМ,  
ИСПОЛНИТЕЛЬ** и др.
- если крупный блок уже разобран по правильной грамматике  $L_0$ , то в дальнейшем он всегда пропускается

Программы  $\approx 200$  строк разбираются с  
незначительной задержкой, но качество  
диагностики – несколько хуже

# Результаты

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

## Реализован новый анализатор структур программ:

- умеющий распознавать типовые ошибочные ситуации, допускаемые учащимися
- позволяющий самим учителям дополнять систему ошибочной диагностики в ходе учебного процесса

## Недостаток нового анализатора

Для больших программ приходится использовать режим грубого разбора, который имеет худшую диагностику в случае пересекающихся конструкций

В дальнейшем предполагается исследовать метод построения правильной программы, наиболее похожей на исходную неправильную с помощью динамического программирования.

# Обсуждение доклада

Синтаксический  
разбор программ,  
содержащих ошибки  
на примере системы  
КуМир

В. В. Яковлев,  
М. А. Ройтберг,  
А. Г. Кушниренко

Постановка задачи

Структуры  
правильных и  
неправильных  
программ

Вариантный разбор

Реализация

Проблемы  
производительности

Результаты

Спасибо за внимание!

Вопросы?