

Построение предиктивного анализатора для грамматики

1. Исходное описание языка

$\langle S \rangle ::= \text{'if' } [\langle E \rangle] (\text{'i' } \text{'::' } \text{'then' } \langle O \rangle) \dots$

$\langle E \rangle ::= \text{'i' } \mid \text{'i' } \text{'<>' } \langle E \rangle$

$\langle O \rangle ::= \text{'o' } \langle O \rangle \mid \langle S \rangle \mid \text{'o'}$

2. Построенная КС-грамматика

После преобразования для устранения левой рекурсии и левофакторизации получена грамматика G :

$$\begin{aligned} S &\rightarrow \text{if } Z \\ Z &\rightarrow iZ' \\ Z' &\rightarrow \langle \rangle EB \mid B \mid \text{then } OW \\ E &\rightarrow iF \\ F &\rightarrow \langle \rangle E \mid \varepsilon \\ B &\rightarrow i : \text{then } OW \\ W &\rightarrow B \mid \varepsilon \\ O &\rightarrow S \mid oY \\ Y &\rightarrow O \mid \varepsilon \end{aligned}$$

3. Свойства грамматики

- **Тип:** контекстно-свободная (тип 2 по Хомскому)
- **Рекурсивность:** содержит косвенную рекурсию через $O \rightarrow S \rightarrow \dots \rightarrow O$
- **Левая рекурсия:** устранена в процессе преобразований
- **Левофакторизованность:** да, все правила левофакторизованы
- **Пригодность для LL(1):** проверяется ниже

4. Вычисление множеств FIRST и FOLLOW

Терминалы: $\{\text{if}, i, \langle \rangle, :, \text{then}, o, \$\}$

Нетерминалы: $S, Z, Z', E, F, B, W, O, Y$

Множества FIRST:

$$\begin{aligned}\text{FIRST}(S) &= \{\text{if}\} \\ \text{FIRST}(Z) &= \{i\} \\ \text{FIRST}(Z') &= \{<>, i, :\} \\ \text{FIRST}(E) &= \{i\} \\ \text{FIRST}(F) &= \{<>, \varepsilon\} \\ \text{FIRST}(B) &= \{i\} \\ \text{FIRST}(W) &= \{i, \varepsilon\} \\ \text{FIRST}(O) &= \{\text{if}, o\} \\ \text{FIRST}(Y) &= \{\text{if}, o, \varepsilon\}\end{aligned}$$

Множества FOLLOW:

$$\begin{aligned}\text{FOLLOW}(S) &= \{\$ \} \\ \text{FOLLOW}(Z) &= \{\$ \} \\ \text{FOLLOW}(Z') &= \{\$ \} \\ \text{FOLLOW}(E) &= \{i\} \\ \text{FOLLOW}(F) &= \{i\} \\ \text{FOLLOW}(B) &= \{\$ \} \\ \text{FOLLOW}(W) &= \{\$ \} \\ \text{FOLLOW}(O) &= \{i, \$ \} \\ \text{FOLLOW}(Y) &= \{i, \$ \}\end{aligned}$$

5. Проверка условия LL(1)

Для каждого нетерминала с несколькими альтернативами проверяем:

- Для Z' : $\text{FIRST}(<> EB) = \{<>\}$, $\text{FIRST}(B) = \{i\}$, $\text{FIRST}(: \text{ then } O W) = \{:\}$ — не пересекаются
- Для F : $\text{FIRST}(<> E) = \{<>\}$, $\text{FIRST}(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$, $\text{FIRST}(<> E) \cap \text{FOLLOW}(F) = \{<>\} \cap \{i\} = \emptyset$

- Для W : $\text{FIRST}(B) = \{i\}$, $\text{FIRST}(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$, $\{i\} \cap \text{FOLLOW}(W) = \{i\} \cap \{\$ \} = \emptyset$
- Для O : $\text{FIRST}(S) = \{\text{if}\}$, $\text{FIRST}(oY) = \{o\}$ — не пересекаются
- Для Y : $\text{FIRST}(O) = \{\text{if}, o\}$, $\text{FIRST}(\varepsilon) = \{\varepsilon\}$, $\{\text{if}, o\} \cap \text{FOLLOW}(Y) = \{\text{if}, o\} \cap \{i, \$ \} = \emptyset$

Все условия LL(1) выполнены, грамматика является LL(1).

6. Таблица предиктивного анализатора

| Нет. | Входной символ | | | | | | |
|------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---|---------------------|-----------------------------|
| | if | i | <> | : | t | o | \$ |
| S | $S \rightarrow \text{if } Z$ | - | - | - | - | - | - |
| Z | - | $Z \rightarrow i Z'$ | - | - | - | - | - |
| Z' | - | $Z' \rightarrow B$ | $Z' \rightarrow \langle \rangle E B$ | $Z' \rightarrow: t O W$ | - | - | - |
| E | - | $E \rightarrow i F$ | - | - | - | - | - |
| F | - | $F \rightarrow \varepsilon$ | $F \rightarrow \langle \rangle E$ | - | - | - | - |
| B | - | $B \rightarrow i : t O W$ | - | - | - | - | - |
| W | - | $W \rightarrow B$ | - | - | - | - | $W \rightarrow \varepsilon$ |
| O | $O \rightarrow S$ | - | - | - | - | $O \rightarrow o Y$ | - |
| Y | $Y \rightarrow O$ | $Y \rightarrow \varepsilon$ | - | - | - | $Y \rightarrow O$ | $Y \rightarrow \varepsilon$ |

7. Проверка на примерах

Пример 1 (правильный): if i : then o \$

| Стек | Вход | Действие |
|----------------|------------------|-------------------------------------|
| $S\$$ | if i : then o \$ | $S \rightarrow \text{if } Z$ |
| if $Z\$$ | if i : then o \$ | совпадение if |
| $Z\$$ | i : then o \$ | $Z \rightarrow i Z'$ |
| i $Z'\$$ | i : then o \$ | совпадение i |
| $Z'\$$ | : then o \$ | $Z' \rightarrow: \text{ then } O W$ |
| : then $O W\$$ | : then o \$ | совпадение : |
| then $O W\$$ | then o \$ | совпадение then |
| $O W\$$ | o \$ | $O \rightarrow o Y$ |
| o $Y W\$$ | o \$ | совпадение o |
| $Y W\$$ | \$ | $Y \rightarrow \varepsilon$ |
| $W\$$ | \$ | $W \rightarrow \varepsilon$ |
| \$ | \$ | успех |

Пример 2 (неправильный): if i : then \$

| Стек | Вход | Действие |
|-------------|----------------|--|
| $S\$$ | if i : then \$ | $S \rightarrow \text{if } Z$ |
| if Z\$ | if i : then \$ | совпадение if |
| Z\$ | i : then \$ | $Z \rightarrow iZ'$ |
| $iZ'\$$ | i : then \$ | совпадение i |
| Z'\$ | : then \$ | $Z' \rightarrow : \text{ then } OW$ |
| : then OW\$ | : then \$ | совпадение : |
| then OW\$ | then \$ | совпадение then |
| OW\$ | \$ | ошибка: нет правила для O на \$ |

Пример 3 (неправильный): if i <> : then o \$

| Стек | Вход | Действие |
|------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| $S\$$ | if i <> : then o \$ | $S \rightarrow \text{if } Z$ |
| if Z\$ | if i <> : then o \$ | совпадение if |
| Z\$ | i <> : then o \$ | $Z \rightarrow iZ'$ |
| $iZ'\$$ | i <> : then o \$ | совпадение i |
| Z'\$ | <> : then o \$ | $Z' \rightarrow \langle \rangle EB$ |
| $\langle \rangle EB\$$ | <> : then o \$ | совпадение <> |
| EB\$ | : then o \$ | ошибка: нет правила для E на : |

8. Вывод

Построенная грамматика после преобразований обладает свойствами LL(1). Таблица предиктивного анализатора построена корректно и правильно обрабатывает как корректные, так и некорректные цепочки.