

Включение действий в синтаксис грамматик

1

**Романенко Владимир Васильевич,
к.т.н., доцент каф. АСУ ТУСУР**

Включение действий в LL(1)-грамматику

2

Размеченное правило LL(1)-грамматики при включении (внедрении) действий имеет вид:

$$B_i \rightarrow \langle A_i \rangle X_j \langle A_j \rangle X_{j+1} \langle A_{j+1} \rangle \dots X_{j+n-1} \langle A_{j+n-1} \rangle$$

или

$$B_i \langle A_i \rangle \rightarrow X_j \langle A_j \rangle X_{j+1} \langle A_{j+1} \rangle \dots X_{j+n-1} \langle A_{j+n-1} \rangle$$

- Действие $\langle A_i \rangle$ выполняется при переходе к i -й строке таблицы разбора;
- Если $X_k \in \Sigma$, $k = j, j+1, \dots, j+n-1$, то действие $\langle A_k \rangle$ выполняется при переходе к k -й строке, после ассерта;

Включение действий в LL(1)-грамматику

3

Размеченное правило LL(1)-грамматики при включении (внедрении) действий имеет вид:

$$B_i \rightarrow \langle A_i \rangle X_j \langle A_j \rangle X_{j+1} \langle A_{j+1} \rangle \dots X_{j+n-1} \langle A_{j+n-1} \rangle$$

или

$$B_i \langle A_i \rangle \rightarrow X_j \langle A_j \rangle X_{j+1} \langle A_{j+1} \rangle \dots X_{j+n-1} \langle A_{j+n-1} \rangle$$

- Если $X_k = e$, $k = j$, $n = 1$, то действие $\langle A_k \rangle$ выполняется при переходе к k -й строке, перед return;
- Если $X_k \in N$, $k = j, j+1, \dots, j+n-2$, то действие $\langle A_k \rangle$ выполняется после возвращения к k -й строке, т.е. после return, когда на вершине стека находится k .

4

[illegible]

Примеры

5

Пример 1. Язык, описывающий десятичные числа в диапазоне от 0 до 255, без ведущих нулей.

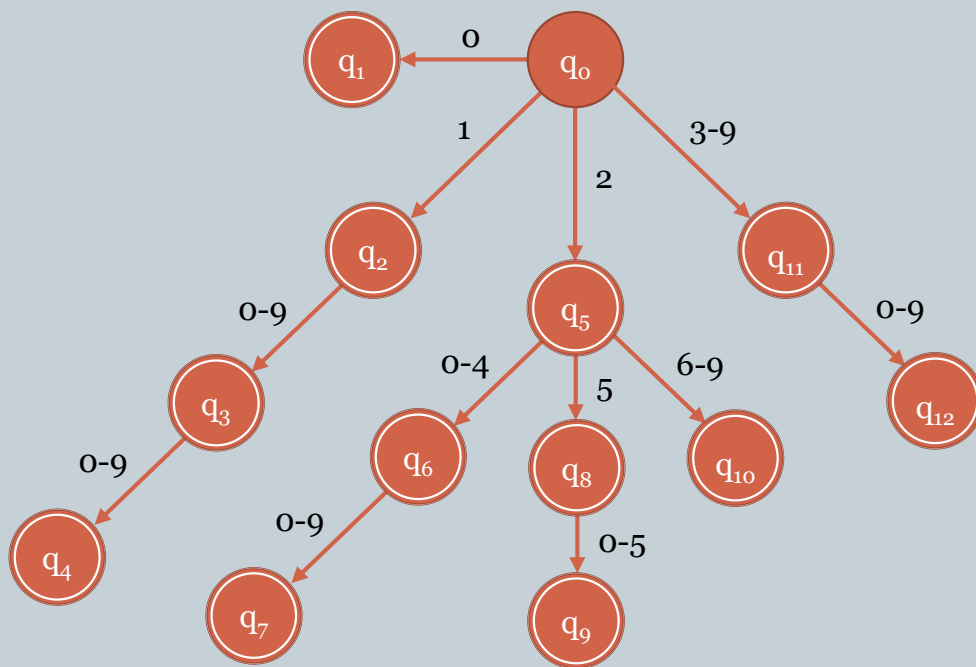
Правила LL(1)-грамматики:

$\text{BYTE}_1 \rightarrow 0_3$

$\text{BYTE}_2 \rightarrow 1-9_4 \langle A_1 \rangle \text{MORE}_5$

$\text{MORE}_6 \rightarrow 0-9_8 \langle A_2 \rangle \text{MORE}_9$

$\text{MORE}_7 \rightarrow e_{10}$



Примеры

6

Получим таблицу разбора:

| ID | X | Terms | Jump | Accept | Stack | Return | Error | Action |
|----|----------|---------|------|--------|-------|--------|-------|-------------------|
| 1 | BYTE → | {0} | 3 | | | | false | |
| 2 | BYTE → | {1-9} | 4 | | | | | |
| 3 | 0 | {0} | 0 | true | | true | | |
| 4 | 1-9 | {1-9} | 5 | true | | | | ⟨A ₁ ⟩ |
| 5 | MORE | {0-9 ⊥} | 6 | | | | | |
| 6 | MORE → | {0-9} | 8 | | | | false | |
| 7 | MORE → | {⊥} | 10 | | | | | |
| 8 | 0-9 | {0-9} | 9 | true | | | | ⟨A ₂ ⟩ |
| 9 | MORE | {0-9 ⊥} | 6 | | | | | |
| 10 | <i>e</i> | {⊥} | 0 | | | true | | |

Примеры

7

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LL(1)-грамматики:

$IDLIST \rightarrow SPC\ ID\ SPC\ MOREID\ SPC$

$ID \rightarrow a-z\ TAIL$

$TAIL \rightarrow a-z\ TAIL \mid o-9\ TAIL \mid e$

$MOREID \rightarrow SPC\ ,\ SPC\ ID\ SPC\ MOREID\ SPC \mid e$

$SPC \rightarrow \sqcup\ SPC \mid e$

Примеры

8

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LL(1)-грамматики:

$IDLIST \rightarrow SPC\ ID\ MOREID\ SPC$

$ID \rightarrow a-z\ TAIL$

$TAIL \rightarrow a-z\ TAIL \mid o-9\ TAIL \mid e$

$MOREID \rightarrow SPC, SPC\ ID\ MOREID \mid e$

$SPC \rightarrow \sqcup\ SPC \mid e$

Примеры

9

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LL(1)-грамматики:

$IDLIST \rightarrow SPC\ ID\ SPC\ MOREID$

$ID \rightarrow a-z\ TAIL$

$TAIL \rightarrow a-z\ TAIL \mid o-9\ TAIL \mid e$

$MOREID \rightarrow ,\ SPC\ ID\ SPC\ MOREID \mid e$

$SPC \rightarrow \sqcup\ SPC \mid e$

Примеры

10

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Или:

$\text{IDLIST} \rightarrow \text{SPC ID SPC MOREID}$

$\text{ID} \rightarrow \text{a-z TAIL}$

$\text{TAIL} \rightarrow \text{a-z TAIL} \mid \text{o-9 TAIL} \mid e$

$\text{MOREID} \rightarrow , \text{IDLIST} \mid e$

$\text{SPC} \rightarrow \sqcup \text{SPC} \mid e$

Примеры

11

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Включение действий:

$IDLIST \rightarrow SPC ID \langle A_3 \rangle SPC MOREID$

$ID \rightarrow a-z \langle A_1 \rangle TAIL \langle A_3 \rangle$

$TAIL \rightarrow a-z \langle A_2 \rangle TAIL \mid o-9 \langle A_2 \rangle TAIL \mid e \langle A_3 \rangle$

$MOREID \rightarrow , IDLIST \mid e$

$SPC \rightarrow \sqcup SPC \mid e$

Примеры

12

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Или, если делать буфер пустым в начале разбора и $\langle A_3 \rangle$:

$IDLIST \rightarrow SPC ID \langle A_3 \rangle SPC MOREID$

$ID \rightarrow a-z \langle A_1 \rangle TAIL \langle A_3 \rangle$

$TAIL \rightarrow a-z \langle A_1 \rangle TAIL \mid o-9 \langle A_1 \rangle TAIL \mid e \langle A_3 \rangle$

$MOREID \rightarrow , IDLIST \mid e$

$SPC \rightarrow \sqcup SPC \mid e$

Примечание: если изменить правило

$TAIL \rightarrow ID \mid o-9 TAIL \mid e,$

то второй вариант в любом случае был бы недопустим.

Примеры

13

Разметка грамматики:

$\text{IDLIST}_1 \rightarrow \text{SPC}_2 \text{ID}_3 \langle A_3 \rangle \text{SPC}_4 \text{MOREID}_5$

$\text{ID}_6 \rightarrow a\text{-}z_7 \langle A_1 \rangle \text{TAIL}_8$

$\text{TAIL}_9 \rightarrow a\text{-}z_{12} \langle A_{1/2} \rangle \text{TAIL}_{13}$

$\text{TAIL}_{10} \rightarrow o\text{-}9_{14} \langle A_{1/2} \rangle \text{TAIL}_{15}$

$\text{TAIL}_{11} \rightarrow e_{16} \langle A_3 \rangle$

$\text{MOREID}_{17} \rightarrow ,_{19} \text{IDLIST}_{20}$

$\text{MOREID}_{18} \rightarrow e_{21}$

$\text{SPC}_{22} \rightarrow \sqcup_{24} \text{SPC}_{25}$

$\text{SPC}_{23} \rightarrow e_{26}$

Примеры

14

| ID | X | Terms | Jump | Accept | Stack | Return | Error | Action |
|----|----------|--------------------------------|------|--------|-------|--------|-------|---------------------|
| 1 | IDLIST → | { <u> </u> a-z} | 2 | | | | | |
| 2 | SPC | { <u> </u> a-z} | 22 | | true | | | |
| 3 | ID | {a-z} | 6 | | true | | | ⟨A ₃ ⟩ |
| 4 | SPC | { <u> </u> , <u> </u> } | 22 | | true | | | |
| 5 | MOREID | {, <u> </u> } | 17 | | | | | |
| 6 | ID → | {a-z} | 7 | | | | | |
| 7 | a-z | {a-z} | 8 | true | | | | ⟨A ₁ ⟩ |
| 8 | TAIL | {a-z o-9 <u> </u> , <u> </u> } | 9 | | | | | |
| 9 | TAIL → | {a-z} | 12 | | | | false | |
| 10 | TAIL → | {o-9} | 14 | | | | false | |
| 11 | TAIL → | { <u> </u> , <u> </u> } | 16 | | | | | |
| 12 | a-z | {a-z} | 13 | true | | | | ⟨A _{1/2} ⟩ |
| 13 | TAIL | {a-z o-9 <u> </u> , <u> </u> } | 9 | | | | | |
| 14 | o-9 | {o-9} | 15 | true | | | | ⟨A _{1/2} ⟩ |
| 15 | TAIL | {a-z o-9 <u> </u> , <u> </u> } | 9 | | | | | |
| 16 | e | { <u> </u> , <u> </u> } | 0 | | | true | | ⟨A ₃ ⟩ |
| 17 | MOREID → | {,} | 19 | | | | false | |
| 18 | MOREID → | { <u> </u> } | 21 | | | | | |
| 19 | , | {,} | 20 | true | | | | |
| 20 | IDLIST | { <u> </u> a-z} | 1 | | | | | |
| 21 | e | { <u> </u> } | 0 | | | true | | |
| 22 | SPC → | { <u> </u> } | 24 | | | | | |
| 23 | SPC → | {a-z , <u> </u> } | 26 | | | | false | |
| 24 | <u> </u> | { <u> </u> } | 25 | true | | | | |
| 25 | SPC | { <u> </u> a-z , <u> </u> } | 22 | | | | | |
| 26 | e | {a-z , <u> </u> } | 0 | | | true | | |

Примеры

15

Пример 3. Язык, описывающий математические выражения. Необходимо построить ОПЗ.

Правила LL(1)-грамматики:

$\text{MATH}_1 \rightarrow 0-9_2 \langle A_1 \rangle \text{NUM}_3 \text{OPER}_4$

$\text{OPER}_5 \rightarrow +_8 \langle A_2 \rangle \text{MATH}_9$

$\text{OPER}_6 \rightarrow \times_{10} \langle A_2 \rangle \text{MATH}_{11}$

$\text{OPER}_7 \rightarrow e_{12} \langle A_3 \rangle$

$\text{NUM}_{13} \rightarrow 0-9_{15} \langle A_1 \rangle \text{NUM}_{16}$

$\text{NUM}_{14} \rightarrow e_{17}$

Примеры

16

Пример 3. Язык, описывающий математические выражения. Необходимо построить ОПЗ.

Действия:

$\langle A_1 \rangle$: $POLSTR := POLSTR + a$;

$\langle A_2 \rangle$: Пока (M не пуст) и $ПРИОР(M) \geq ПРИОР(a)$,
 $M \rightarrow POLSTR$;

Затем $a \rightarrow M$;

$\langle A_3 \rangle$: Пока (M не пуст), $M \rightarrow POLSTR$.

В начале разбора строка $POLSTR$ и стек M пусты.

Примеры

17

| ID | X | Terms | Jump | Accept | Stack | Return | Error | Action |
|----|--------|-------------|------|--------|-------|--------|-------|-------------------|
| 1 | MATH → | {0-9} | 2 | | | | | |
| 2 | 0-9 | {0-9} | 3 | true | | | | ⟨A ₁ ⟩ |
| 3 | NUM | {0-9 + * ⊥} | 13 | | true | | | |
| 4 | OPER | {+ * ⊥} | 5 | | | | | |
| 5 | OPER → | {+} | 8 | | | | false | |
| 6 | OPER → | {*} | 10 | | | | false | |
| 7 | OPER → | {⊥} | 12 | | | | | |
| 8 | + | {+} | 9 | true | | | | ⟨A ₂ ⟩ |
| 9 | MATH | {0-9} | 1 | | | | | |
| 10 | × | {*} | 11 | true | | | | ⟨A ₂ ⟩ |
| 11 | MATH | {0-9} | 1 | | | | | |
| 12 | e | {⊥} | 0 | | | true | | ⟨A ₃ ⟩ |
| 13 | NUM → | {0-9} | 15 | | | | false | |
| 14 | NUM → | {+ * ⊥} | 17 | | | | | |
| 15 | 0-9 | {0-9} | 16 | true | | | | ⟨A ₁ ⟩ |
| 16 | NUM | {0-9 + * ⊥} | 13 | | | | | |
| 17 | e | {+ * ⊥} | 0 | | | true | | |

Включение действий в LR(1)-грамматику

18

Правило LR(1)-грамматики R_j при включении (внедрении) действий имеет вид:

$$B_i \rightarrow \langle A_i \rangle X_j \langle A_j \rangle X_{j+1} \langle A_{j+1} \rangle \dots X_{j+n-1} \langle A_{j+n-1} \rangle$$

или

$$B_i \langle A_i \rangle \rightarrow X_j \langle A_j \rangle X_{j+1} \langle A_{j+1} \rangle \dots X_{j+n-1} \langle A_{j+n-1} \rangle$$

- Действие $\langle A_i \rangle$ выполняется при свертке правила R_j , т.е. когда в таблице разбора встречаем элемент R_j , или при окончании разбора (когда встречаем HALT).
- Действие $\langle A_k \rangle$, $k = j, j+1, \dots, j+n-1$, выполняется при занесении элемента X_k в стек, т.е. когда в таблице разбора встречаем элемент S_l .

Примеры

19

Пример 1. Язык, описывающий десятичные числа в диапазоне от 0 до 255, без ведущих нулей.

Правила LR(1)-грамматики:

0: BYTE' $\rightarrow_{(0)}$ BYTE $_{(1)}$

1: BYTE $\rightarrow_{(0)}$ 0 $_{(2)}$

2: BYTE $\rightarrow_{(0)}$ 1-9 $_{(3)}$

3: BYTE $\rightarrow_{(0)}$ 1-9 $\langle A_1 \rangle_{(3)}$ MORE $_{(4)}$

4: MORE $\rightarrow_{(3,4,7)}$ 0 $\langle A_2 \rangle_{(5)}$

5: MORE $\rightarrow_{(3,4,7)}$ 1-9 $\langle A_2 \rangle_{(6)}$

6: MORE $\rightarrow_{(3,4,7)}$ MORE $_{(4,7)}$ MORE $_{(7)}$

Примеры

20

Получим таблицу разбора:

| | o | 1-9 | \perp | BYTE | MORE |
|-------|---------------------------|---------------------------|---------|-------|-------|
| S_0 | S_2 | $S_3 \langle A_1 \rangle$ | | S_1 | |
| S_1 | | | HALT | | |
| S_2 | | | R_1 | | |
| S_3 | $S_5 \langle A_2 \rangle$ | $S_6 \langle A_2 \rangle$ | R_2 | | S_4 |
| S_4 | $S_5 \langle A_2 \rangle$ | $S_6 \langle A_2 \rangle$ | R_3 | | S_7 |
| S_5 | R_4 | R_4 | R_4 | | |
| S_6 | R_5 | R_5 | R_5 | | |
| S_7 | $S_5 \langle A_2 \rangle$ | $S_6 \langle A_2 \rangle$ | R_6 | | S_7 |

Примеры

21

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LL(1)-грамматики:

$\text{IDLIST} \rightarrow \text{SPC ID SPC MOREID}$

$\text{ID} \rightarrow \text{a-z TAIL}$

$\text{TAIL} \rightarrow \text{a-z TAIL} \mid \text{o-9 TAIL} \mid e$

$\text{MOREID} \rightarrow , \text{IDLIST} \mid e$

$\text{SPC} \rightarrow \sqcup \text{SPC} \mid e$

Примеры

22

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LR(1)-грамматики:

$$\text{IDLIST} \rightarrow \text{ID MOREID} \mid \text{SPC ID MOREID} \mid \text{ID SPC MOREID} \\ \mid \text{SPC ID SPC MOREID}$$
$$\text{ID} \rightarrow \text{a-z TAIL}$$
$$\text{TAIL} \rightarrow \text{a-z TAIL} \mid \text{o-9 TAIL} \mid e$$
$$\text{MOREID} \rightarrow , \text{IDLIST} \mid e$$
$$\text{SPC} \rightarrow \sqcup \mid \text{SPC SPC}$$

Примеры

23

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LR(1)-грамматики:

$$\begin{aligned} \text{IDLIST} \rightarrow & \text{ID} \mid \text{SPC ID} \mid \text{ID SPC} \mid \text{SPC ID SPC} \mid \text{ID MOREID} \mid \\ & \text{SPC ID MOREID} \mid \text{ID SPC MOREID} \mid \\ & \text{SPC ID SPC MOREID} \end{aligned}$$
$$\text{ID} \rightarrow \text{a-z TAIL}$$
$$\text{TAIL} \rightarrow \text{a-z TAIL} \mid \text{o-9 TAIL} \mid e$$
$$\text{MOREID} \rightarrow , \text{IDLIST}$$
$$\text{SPC} \rightarrow \sqcup \mid \text{SPC SPC}$$

Примеры

24

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LR(1)-грамматики:

$$\begin{aligned} \text{IDLIST} \rightarrow & \text{ID} \mid \text{SPC ID} \mid \text{ID SPC} \mid \text{SPC ID SPC} \mid \text{ID , IDLIST} \mid \\ & \text{SPC ID , IDLIST} \mid \text{ID SPC , IDLIST} \mid \\ & \text{SPC ID SPC , IDLIST} \end{aligned}$$
$$\text{ID} \rightarrow \text{a-z TAIL}$$
$$\text{TAIL} \rightarrow \text{a-z TAIL} \mid \text{o-9 TAIL} \mid e$$
$$\text{SPC} \rightarrow \sqcup \mid \text{SPC SPC}$$

Примеры

25

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LR(1)-грамматики:

$$\text{IDLIST} \rightarrow \text{ID} \mid \text{SPC ID} \mid \text{ID SPC} \mid \text{SPC ID SPC} \mid \\ \text{IDLIST}, \text{IDLIST}$$
$$\text{ID} \rightarrow \text{a-z TAIL}$$
$$\text{TAIL} \rightarrow \text{a-z TAIL} \mid \text{o-9 TAIL} \mid e$$
$$\text{SPC} \rightarrow \sqcup \mid \text{SPC SPC}$$

Примеры

26

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Правила LR(1)-грамматики:

$$\text{IDLIST} \rightarrow \text{ID} \mid \text{SPC ID} \mid \text{ID SPC} \mid \text{SPC ID SPC} \mid \text{IDLIST , IDLIST}$$
$$\text{ID} \rightarrow \text{a-z TAIL} \mid \text{a-z}$$
$$\text{TAIL} \rightarrow \text{a-z} \mid \text{o-9} \mid \text{TAIL TAIL}$$
$$\text{SPC} \rightarrow \square \mid \text{SPC SPC}$$

Примеры

27

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Включение действий:

$$\text{IDLIST} \rightarrow \text{ID } \langle A_3 \rangle \mid \text{SPC ID } \langle A_3 \rangle \mid \text{ID } \langle A_3 \rangle \text{ SPC } \mid$$
$$\text{SPC ID } \langle A_3 \rangle \text{ SPC } \mid \text{IDLIST , IDLIST}$$

$$\text{ID } \langle A_3 \rangle \rightarrow \text{a-z } \langle A_1 \rangle \text{ TAIL } \langle A_3 \rangle \mid \text{a-z } \langle A_1 \rangle \langle A_3 \rangle$$

$$\text{TAIL} \rightarrow \text{a-z } \langle A_2 \rangle \mid \text{o-9 } \langle A_2 \rangle \mid \text{TAIL TAIL } \langle A_3 \rangle$$

$$\text{SPC} \rightarrow \sqcup \mid \text{SPC SPC}$$

Примеры

28

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Включение действий:

- 0: IDLIST' \rightarrow $_{(0)}$ IDLIST $_{(1)}$
- 1: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ ID $\langle A_3 \rangle$ $_{(2)}$
- 2: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ SPC $_{(3)}$ ID $\langle A_3 \rangle$ $_{(9)}$
- 3: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ ID $\langle A_3 \rangle$ $_{(2)}$ SPC $_{(7)}$
- 4: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ SPC $_{(3)}$ ID $\langle A_3 \rangle$ $_{(9)}$ SPC $_{(16)}$
- 5: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ IDLIST $_{(1,14)}$, $_{(6)}$ IDLIST $_{(14)}$
- 6: ID \rightarrow $_{(0,3,6)}$ a-z $\langle A_1 \rangle$ $_{(4)}$
- 7: ID \rightarrow $_{(0,3,6)}$ a-z $\langle A_1 \rangle$ $_{(4)}$ TAIL ~~$\langle A_3 \rangle$~~ $_{(11)}$
- 8: TAIL \rightarrow $_{(4,11,17)}$ a-z $\langle A_2 \rangle$ $_{(12)}$
- 9: TAIL \rightarrow $_{(4,11,17)}$ 0-9 $\langle A_2 \rangle$ $_{(13)}$
- 10: TAIL \rightarrow $_{(4,11,17)}$ TAIL $_{(11,17)}$ TAIL $_{(17)}$
- 11: SPC \rightarrow $_{(0,2,3,6,7,9,10,15,16)}$ \sqcup $_{(5,8)}$
- 12: SPC \rightarrow $_{(0,2,3,6,7,9,10,15,16)}$ SPC $_{(3,7,10,15,16)}$ SPC $_{(10,15)}$

Примеры

29

| | a-z | ␣ | , | 0-9 | ␣ | IDLIST | ID | TAIL | SPC |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|
| S ₀ | S ₄ ⟨A ₁ ⟩ | S ₅ | | | | S ₁ | S ₂ ⟨A ₃ ⟩ | | S ₃ |
| S ₁ | | | S ₆ | | HALT | | | | |
| S ₂ | | S ₈ | R ₁ | | R ₁ | | | | S ₇ |
| S ₃ | S ₄ ⟨A ₁ ⟩ | S ₅ | | | | | S ₉ ⟨A ₃ ⟩ | | S ₁₀ |
| S ₄ | S ₁₂ ⟨A ₂ ⟩ | R ₆ | R ₆ | S ₁₃ ⟨A ₂ ⟩ | R ₆ | | | S ₁₁ | |
| S ₅ | R ₁₁ | R ₁₁ | | | | | | | |
| S ₆ | S ₄ ⟨A ₁ ⟩ | S ₅ | | | | S ₁₄ | S ₂ ⟨A ₃ ⟩ | | S ₃ |
| S ₇ | | S ₈ | R ₃ | | R ₃ | | | | S ₁₅ |
| S ₈ | | R ₁₁ | R ₁₁ | | R ₁₁ | | | | |
| S ₉ | | S ₈ | R ₂ | | R ₂ | | | | S ₁₆ |
| S ₁₀ | R ₁₂ | S ₅ | | | | | | | S ₁₀ |
| S ₁₁ | S ₁₂ ⟨A ₂ ⟩ | R ₇ | R ₇ | S ₁₃ ⟨A ₂ ⟩ | R ₇ | | | S ₁₇ | |
| S ₁₂ | R ₈ | R ₈ | R ₈ | R ₈ | R ₈ | | | | |
| S ₁₃ | R ₉ | R ₉ | R ₉ | R ₉ | R ₉ | | | | |
| S ₁₄ | | | S ₆ | | R ₅ | | | | |
| S ₁₅ | | S ₈ | R ₁₂ | | R ₁₂ | | | | S ₁₅ |
| S ₁₆ | | S ₈ | R ₄ | | R ₄ | | | | S ₁₅ |
| S ₁₇ | S ₁₂ ⟨A ₂ ⟩ | R ₁₀ | R ₁₀ | S ₁₃ ⟨A ₂ ⟩ | R ₁₀ | | | S ₁₇ | |

Примеры

30

Пример 2. Язык, описывающий список уникальных идентификаторов.

Или:

0: IDLIST' \rightarrow $_{(0)}$ IDLIST $_{(1)}$

1: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ ID $_{(2)}$

2: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ SPC $_{(3)}$ ID $_{(9)}$

3: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ ID $_{(2)}$ SPC $_{(7)}$

4: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ SPC $_{(3)}$ ID $_{(9)}$ SPC $_{(16)}$

5: IDLIST \rightarrow $_{(0,6)}$ IDLIST $_{(1,14)}$, $_{(6)}$ IDLIST $_{(14)}$

6: ID \rightarrow $\langle A_3 \rangle$ $_{(0,3,6)}$ a-z $\langle A_1 \rangle$ $_{(4)}$

7: ID \rightarrow $\langle A_3 \rangle$ $_{(0,3,6)}$ a-z $\langle A_1 \rangle$ $_{(4)}$ TAIL $_{(11)}$

8: TAIL \rightarrow $_{(4,11,17)}$ a-z $\langle A_2 \rangle$ $_{(12)}$

9: TAIL \rightarrow $_{(4,11,17)}$ 0-9 $\langle A_2 \rangle$ $_{(13)}$

10: TAIL \rightarrow $_{(4,11,17)}$ TAIL $_{(11,17)}$ TAIL $_{(17)}$

11: SPC \rightarrow $_{(0,2,3,6,7,9,10,15,16)}$ \sqcup $_{(5,8)}$

12: SPC \rightarrow $_{(0,2,3,6,7,9,10,15,16)}$ SPC $_{(3,7,10,15,16)}$ SPC $_{(10,15)}$

Примеры

31

| | a-z | ␣ | , | 0-9 | ␣ | IDLIST | ID | TAIL | SPC |
|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| S ₀ | S ₄ ⟨A ₁ ⟩ | S ₅ | | | | S ₁ | S ₂ | | S ₃ |
| S ₁ | | | S ₆ | | HALT | | | | |
| S ₂ | | S ₈ | R ₁ | | R ₁ | | | | S ₇ |
| S ₃ | S ₄ ⟨A ₁ ⟩ | S ₅ | | | | | S ₉ | | S ₁₀ |
| S ₄ | S ₁₂ ⟨A ₂ ⟩ | R ₆ ⟨A ₃ ⟩ | R ₆ ⟨A ₃ ⟩ | S ₁₃ ⟨A ₂ ⟩ | R ₆ ⟨A ₃ ⟩ | | | S ₁₁ | |
| S ₅ | R ₁₁ | R ₁₁ | | | | | | | |
| S ₆ | S ₄ ⟨A ₁ ⟩ | S ₅ | | | | S ₁₄ | S ₂ | | S ₃ |
| S ₇ | | S ₈ | R ₃ | | R ₃ | | | | S ₁₅ |
| S ₈ | | R ₁₁ | R ₁₁ | | R ₁₁ | | | | |
| S ₉ | | S ₈ | R ₂ | | R ₂ | | | | S ₁₆ |
| S ₁₀ | R ₁₂ | S ₅ | | | | | | | S ₁₀ |
| S ₁₁ | S ₁₂ ⟨A ₂ ⟩ | R ₇ ⟨A ₃ ⟩ | R ₇ ⟨A ₃ ⟩ | S ₁₃ ⟨A ₂ ⟩ | R ₇ ⟨A ₃ ⟩ | | | S ₁₇ | |
| S ₁₂ | R ₈ | R ₈ | R ₈ | R ₈ | R ₈ | | | | |
| S ₁₃ | R ₉ | R ₉ | R ₉ | R ₉ | R ₉ | | | | |
| S ₁₄ | | | S ₆ | | R ₅ | | | | |
| S ₁₅ | | S ₈ | R ₁₂ | | R ₁₂ | | | | S ₁₅ |
| S ₁₆ | | S ₈ | R ₄ | | R ₄ | | | | S ₁₅ |
| S ₁₇ | S ₁₂ ⟨A ₂ ⟩ | R ₁₀ | R ₁₀ | S ₁₃ ⟨A ₂ ⟩ | R ₁₀ | | | S ₁₇ | |

Примеры

32

$a, \sqcup b \perp$

$(S_0, a, \sqcup b \perp)$
 $(S_0 \text{ a } S_4, \sqcup b \perp), \langle A_1 \rangle$
 $(S_0 \text{ ID } S_2, \sqcup b \perp), \langle A_3 \rangle$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, \sqcup b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6, \sqcup b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6, \sqcup b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \sqcup S_5, b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \text{ SPC } S_3, b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \text{ SPC } S_3 \text{ b } S_4, \perp), \langle A_1 \rangle$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \text{ SPC } S_3 \text{ ID } S_9, \perp), \langle A_3 \rangle$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \text{ IDLIST } S_{14}, \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, \perp)$
 HALT

$a, \sqcup b \perp$

$(S_0, a, \sqcup b \perp)$
 $(S_0 \text{ a } S_4, \sqcup b \perp), \langle A_1 \rangle$
 $(S_0 \text{ ID } S_2, \sqcup b \perp), \langle A_3 \rangle$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, \sqcup b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6, \sqcup b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6, \sqcup b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \sqcup S_5, b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \text{ SPC } S_3, b \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \text{ SPC } S_3 \text{ b } S_4, \perp), \langle A_1 \rangle$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \text{ SPC } S_3 \text{ ID } S_9, \perp), \langle A_3 \rangle$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, S_6 \text{ IDLIST } S_{14}, \perp)$
 $(S_0 \text{ IDLIST } S_1, \perp)$
 HALT

Примеры

33

Пример 3. Язык, описывающий математические выражения. Необходимо построить ОПЗ.

Правила LR(1)-грамматики:

$$\text{MATH} \rightarrow \text{NUM} \mid \text{MATH} + \langle A_2 \rangle \text{MATH} \mid \text{MATH} \times \langle A_2 \rangle \text{MATH}$$
$$\text{NUM} \rightarrow 0-9 \langle A_1 \rangle \mid 0-9 \langle A_1 \rangle \text{NUM}$$

или

$$\text{MATH} \rightarrow \text{NUM} \mid \text{NUM} + \langle A_2 \rangle \text{MATH} \mid \text{NUM} \times \langle A_2 \rangle \text{MATH}$$
$$\text{NUM} \rightarrow 0-9 \langle A_1 \rangle \mid 0-9 \langle A_1 \rangle \text{NUM}$$

Примеры

34

Пример 3. Язык, описывающий математические выражения. Необходимо построить ОПЗ.

Правила LR(1)-грамматики:

$S \langle A_3 \rangle \rightarrow \langle A_3 \rangle_{(0)} \text{MATH} \langle A_3 \rangle_{(1)}$

$\text{MATH} \rightarrow_{(0,4,5)} \text{NUM}_{(2)}$

$\text{MATH} \rightarrow_{(0,4,5)} \text{NUM}_{(2)} + \langle A_2 \rangle_{(4)} \text{MATH}_{(7)}$

$\text{MATH} \rightarrow_{(0,4,5)} \text{NUM}_{(2)} \times \langle A_2 \rangle_{(5)} \text{MATH}_{(8)}$

$\text{NUM} \rightarrow_{(0,3,4,5)} 0-9 \langle A_1 \rangle_{(3)}$

$\text{NUM} \rightarrow_{(0,3,4,5)} 0-9 \langle A_1 \rangle_{(3)} \text{NUM}_{(6)}$

Примеры

35

Получим таблицу разбора:

| | + | * | 0-9 | \perp | MATH | NUM |
|-------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------|
| S_0 | | | $S_3 \langle A_1 \rangle$ | | $S_1 \langle A_3 \rangle$ | S_2 |
| S_1 | | | | HALT $\langle A_3 \rangle$ | | |
| S_2 | $S_4 \langle A_2 \rangle$ | $S_5 \langle A_2 \rangle$ | | R_1 | | |
| S_3 | R_4 | R_4 | $S_3 \langle A_1 \rangle$ | R_4 | | S_6 |
| S_4 | | | $S_3 \langle A_1 \rangle$ | | S_7 | S_2 |
| S_5 | | | $S_3 \langle A_1 \rangle$ | | S_8 | S_2 |
| S_6 | R_5 | R_5 | | R_5 | | |
| S_7 | | | | R_2 | | |
| S_8 | | | | R_3 | | |

Примеры

36

$$1+2^*3\perp$$
$$(S_0, 1+2^*3\perp)$$
$$(S_0 \perp S_3, +2^*3\perp), \langle A_1 \rangle$$

(S₀ NUM S₂, +2*3⊥)

$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4, 2^*3\perp), <A_2>$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \neq S_3, *3\perp), \langle A_1 \rangle$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \text{ } 2 \text{ } S_3, \text{ } ^*3\perp)$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \text{ NUM } S_2, *3\perp)$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \text{ NUM } S_2 * S_5, 3\perp), \langle A_2 \rangle$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \text{ NUM } S_2 * S_5 \text{ } 3 \text{ } S_3, \perp), \langle A_1 \rangle$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \text{ NUM } S_2 * S_5 \text{ } 3 \text{ } S_3, \perp)$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \text{ NUM } S_2 * S_5 \text{ NUM } S_2, \perp)$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \text{ NUM } S_2 * S_5 \text{ MATH } S_8, \perp)$$
$$(S_0 \text{ NUM } S_2 + S_4 \text{ MATH } S_7, \perp)$$
$$(S_0 \text{ MATH } S_1, \perp), \langle A_3 \rangle$$

HALT, $\langle A_3 \rangle$

| POLSTR | M |
|-----------|-----|
| 1 | |
| 1 | |
| 1 | + |
| 1 2 | + |
| 1 2 | + |
| 1 2 | + |
| 1 2 | + * |
| 1 2 3 | + * |
| 1 2 3 | + * |
| 1 2 3 | + * |
| 1 2 3 | + * |
| 1 2 3 | + * |
| 1 2 3 * | + * |
| 1 2 3 * + | |

Практические вопросы

37

1) Как хранить действия в программе?

- в виде отдельного списка:

```
declare 1 RULE,  
        2 left string,  
        2 right LIST,  
        2 actions LIST,  
        2 mark_left int,  
        2 mark_right int,  
        2 start LIST,  
        2 follow LIST,  
        2 terms LIST;
```

```
declare GRAMMAR(N) RULE;
```

- вместе с правой частью правила.

Практические вопросы

38

2) Как задавать в грамматике символы-разделители и другие спецсимволы?

- ввести для символов-разделителей специальные обозначения, например, `\r` – возврат каретки, `\n` – переход на следующую строку, `\t` – табуляция, `\s` – пробел, `\\` – просто слеш;
- использовать какой-то один символ, например, `\s` или `\s\`, но тогда где-то нужно указать, какие символы он описывает;
- указывать после слеша код символа, например, `\13`, `\10`, `\9`, `\32` и т.д.;

Практические вопросы

39

2) Как задавать в грамматике символы-разделители и другие спецсимволы?

- чтобы элементы алфавита не пересекались со спецсимволами (*e*, |, <, > и т.п.) их также можно экранировать слешем;
- для обозначения диапазонов можно либо просто писать *a-b* (если в алфавит не входит лексема *a-b*, хотя можно дефис экранировать: *a\ -b*), либо добавить скобки – [*a-b*], (*a-b*), <*a-b*>, \ *a-b* \ и т.п.

Практические вопросы

40

3) Как с помощью LR-грамматики описать язык, допускающий пустые цепочки (предложения)?

- Добавить в грамматику правило $S \rightarrow e$. Перед построением множества состояний это правило из грамматики удаляется.
- Каким-то другим образом указать во входных данных, что язык допускает пустые цепочки.

В обоих случаях программа должна внести в таблицу разбора новый элемент:

$$T(S_0, \perp) = \text{HALT}.$$

Лабораторные работы №3-4

41

Порядок выполнения лабораторных работ:

1. Описать требуемый язык заданным способом (в виде грамматики LL(1)/LR(1)).
2. Написать программу, реализующую требуемый механизм синтаксического анализа.
3. Внедрить в синтаксис анализатора действия для проверки семантики языка или его интерпретации.
4. Протестировать программу.
5. Написать отчёт, включающий все требуемые пункты (в т.ч. формальное описание построенного анализатора) и удовлетворяющий требованиям ОС ТУСУР 01-2013.

Лабораторные работы №3-4

42

Требования к программе:

- Описание языка находится не в программе, как в ЛРН[№]1-2, а в отдельном входном файле – [grammar.txt](#).
- Грамматика состоит из четырёх компонентов – N , Σ , P , S . Однако, в файле [grammar.txt](#) можно описать только правила P . В этом случае нетерминалами N будут являться символы, встречающиеся в левых частях правил, терминалами Σ – все остальные символы правил (кроме пустой цепочки ϵ и других специальных символов – вывода, альтернативы, внедрения действий и т.п.), стартовым символом S будет являться нетерминал в левой части первого правила.

Лабораторные работы №3-4

43

Пример:

$\text{FIXED} \rightarrow \text{SIGN MANT}$

$\text{SIGN} \rightarrow + \langle A1 \rangle \mid - \langle A1 \rangle \mid e$

$\text{MANT} \rightarrow . \langle A2 \rangle \text{NUM} \mid \text{NUM FRACT}$

$\text{NUM} \rightarrow 0-9 \langle A3 \rangle \text{NUM}_2$

$\text{NUM}_2 \rightarrow \text{NUM} \mid e$

$\text{FRACT} \rightarrow . \langle A2 \rangle \text{NUM}_2 \mid e$

Однако, при желании можно все эти компоненты описать явно.

Лабораторные работы №3-4

44

Требования к программе:

- Файл с грамматикой должен быть **один**, и приведённая в нём грамматика должна полностью описывать заданный язык.
- Вначале программа загружает описание грамматики из файла **grammar.txt** и проверяет её на корректность. Если грамматика некорректна, сообщение об этом выводится в выходной файл и программа завершает работу.
- Иначе она должна построить таблицу разбора по рассмотренному алгоритму.

Лабораторные работы №3-4

45

Требования к программе:

- Затем программа считывает входную цепочку из файла с именем `input.txt` и проверяет её синтаксис и семантику, используя построенную таблицу разбора.
- Для проверки семантики в синтаксис грамматики должны быть внедрены действия.
- Программа должна корректно завершать свою работу независимо от содержимого входного файла.
- Результаты работы программа должна вывести на консоль или в выходной файл `output.txt`.