

Příklady pro cvičení 6. z IFJ: Syntaktická analýza zdola nahoru

Příklad 1.

a) Vytvořte precedenční tabulku pro gramatiku $G = (N, T, P, E)$, kde:

- $N = \{E\}$,
- $T = \{+, -, *, /, ^, i, (,)\}$,
- $P = \{ 1: E \rightarrow E+E, 2: E \rightarrow E-E, 3: E \rightarrow E * E, 4: E \rightarrow E/E, 5: E \rightarrow E^E, 6: E \rightarrow (E), 7: E \rightarrow i \}$

b) pomocí precedenční tabulky proveďte syntaktickou analýzu zdola nahoru pro řetězec $(i * i)^i$ a uveďte jeho pravý rozbor.

Význam jednotlivých operací, jejich asociativita a precedence:

zvyšující se precedence ↓

- + ... sčítání, - ... odčítání (obě levě asociativní)
- * ... násobení, / ... dělení (obě levě asociativní)
- ^ ... mocnina (pravě asociativní)

Poznámka:

Pro levě asociativní operaci • obecně platí: $a \bullet b \bullet c = (a \bullet b) \bullet c$

Pro pravě asociativní operaci • obecně platí: $a \bullet b \bullet c = a \bullet (b \bullet c)$

Řešení:

Záhlaví precedenční tabulky vytvoříme tak, že sloupce i řádky označíme terminálními symboly gramatiky a speciálním symbolem \$. Pozor! Označení řádků i sloupců je sice stejné, ale pokaždé má jiný význam. Označení sloupců bude reprezentovat vstupní symboly, speciálně \$ reprezentuje znak, kterým bude každý řetězec ukončen (=ENDMARKER). Označení řádků bude reprezentovat některé zásobníkové symboly, speciálně \$ reprezentuje symbol, který je na dně zásobníku (=STARTUJÍCÍ ZÁSOBNÍKOVÝ SYMBOL).

Precedenční tabulka pro náš příklad tedy bude ve tvaru:

		Vstupní symboly →								
		+	-	*	/	^	(i)	\$
Zásobníkové „terminální“ symboly ↓	+									
	-									
	*									
	/									
	^									
	(
	i									
)									
	\$									

Znak ukončující řetězec = ENDMARKER

Znak pro dno zásobníku

Tabulku nyní postupně vyplníme symboly: =, <, >, „prázdné políčko“ následujícím způsobem:

I. Vyplnění částí týkajících se operací:

a) pokud operace op_x má **vyšší prioritu** než operace op_y , potom platí:

$$op_x > op_y ; op_y < op_x$$

b) pokud operace op_x má **stejnou prioritu** jako operace op_y a jsou-li navíc obě operace **levě asociativní**, potom platí:

$$op_x > op_y ; op_y > op_x$$

c) pokud operace op_x má **stejnou prioritu** jako operace op_y a jsou-li navíc obě operace **pravě asociativní**, potom platí:

$$op_x < op_y ; op_y < op_x$$

Operační část tabulky pro výše uvedený příklad tedy bude vypadat následovně:

	+	-	*	/	^
+	>	>	<	<	<
-	>	>	<	<	<
*	>	>	>	>	<
/	>	>	>	>	<
^	>	>	>	>	<

Mnemotechnická pomůcka pro vyplnění operační části tabulky:

- Pro různé priority jsou zápisy dostatečně mnemotechnické: $+ < *$, $* > +$, $* < ^$, $^ > *$, ...
- Pro stejné priority a levou asociativitu má „jako by větší prioritu“ operace na prvním místě, protože bude provedena dříve: $+ > +$, $- > -$, $- > +$, $+ > -$, ...
- Pro stejné priority a pravou asociativitu má „jako by větší prioritu“ operace na druhém místě, protože bude provedena dříve: $^ < ^$.

II. Vyplnění částí týkajících se identifikátorů:

a) Pro každý terminální symbol a , který se může vyskytovat hned **před** identifikátorem i , platí:

$$a < i$$

b) Pro každý terminální symbol a , který se může vyskytovat hned **za** identifikátorem i , platí:

$$i > a$$

- V libovolném výrazu se může **před** identifikátorem nacházet: **libovolná operace**, **levá závorka** a **!!!POZOR!!!**, jakmile později uvidíme, budou se načtené symboly vkládat na zásobník, tedy speciálně v zásobníku se může vyskytovat hned před identifikátorem také startující symbol zásobníku $\$$. Platí tedy: $+ < i$, $- < i$, $* < i$, $/ < i$, $^ < i$, $(< i$, $\$ < i$.
- V libovolném výrazu se může **za** identifikátorem nacházet: **libovolná operace**, **pravá závorka** a speciálně ve vstupním řetězci také ukončovač řetězce $\$$. Platí tedy: $i > +$, $i > -$, $i > *$, $i > /$, $i > ^$, $i >)$, $i > \$$.

Odpovídající část tabulky pro výše uvedený příklad tedy bude vypadat následovně:

	+	-	*	/	^	(<i>i</i>)	\$
+	>	>	<	<	<		<		
-	>	>	<	<	<		<		
*	>	>	>	>	<		<		
/	>	>	>	>	<		<		
^	>	>	>	>	<		<		
(<		
<i>i</i>	>	>	>	>	>			>	>
)									
\$							<		

III. Vyplnění částí týkajících se závorek:

a) Platí:

(=)

b) Pro každý terminální symbol *a* různý od *)*, *\$* platí:

(< *a*

c) Pro každý terminální symbol *a* různý od *(*, *\$* platí:

a >)

d) Pro každý terminální symbol *a*, který se může vyskytovat hned **před** levou závorkou *(*, platí:

a < (

e) Pro každý terminální symbol *a*, který se může vyskytovat hned **za** pravou závorkou *)*, platí:

) > *a*

Poznámka: Řešení této části je analogické jako u části II. Také je tedy potřeba dát pozor na problém ukončovače řetězce a na startující symbol v zásobníku!

Odpovídající část tabulky pro výše uvedený příklad tedy bude vypadat následovně:

	+	-	*	/	^	(<i>i</i>)	\$
+	>	>	<	<	<	<	<	>	
-	>	>	<	<	<	<	<	>	
*	>	>	>	>	<	<	<	>	
/	>	>	>	>	<	<	<	>	
^	>	>	>	>	<	<	<	>	
(<	<	<	<	<	<	<	=	
<i>i</i>	>	>	>	>	>			>	>
)	>	>	>	>	>			>	>
\$						<	<		

Poznámka: Všimněte si, že řádky se záhlavím *i*, *)* jsou stejné a sloupce se záhlavím *(*, *i* také.

IV. Vyplnění částí týkajících se symbolu \$:

Tabulku dokončíme následujícím způsobem. Pro libovolný operátor op platí:

$$\$ < op; op > \$$$

Výsledná tabulka tedy vypadá následovně:

	+	-	*	/	^	(<i>i</i>)	\$
+	>	>	<	<	<	<	<	>	>
-	>	>	<	<	<	<	<	>	>
*	>	>	>	>	<	<	<	>	>
/	>	>	>	>	<	<	<	>	>
^	>	>	>	>	<	<	<	>	>
(<	<	<	<	<	<	<	=	
<i>i</i>	>	>	>	>	>			>	>
)	>	>	>	>	>			>	>
\$	<	<	<	<	<	<	<		

Algoritmus pro syntaktickou analýzu používající precedenční tabulku:

- Vlož na zásobník symbol \$
- Hlavní cyklus:
 - Necht' a je aktuální vstupní symbol, b je nejvrchnější **terminální** symbol na zásobníku. Podle obsahu políčka precedenční tabulky na souřadnicích $[b, a]$ rozhodni:
 - = : Přechti symbol a ze vstupu a dej jej na vrchol zásobníku.
 - < : Najdi na zásobníku nejvrchnější **terminální** symbol b . Hned **za** tento symbol vlož do zásobníku symbol < (Pozor, nemusí být na vrcholu zásobníku!). Přechti symbol a ze vstupu a dej jej na vrchol zásobníku.
 - > : Najdi na zásobníku nejvrchnější symbol <. Mezi tímto symbolem a vrcholem zásobníku najdi **pravou stranu** jistého pravidla r . Odstraň tuto část ze zásobníku včetně symbolu <. Vlož na zásobník levou stranu pravidla r popřípadě zapiš na výstup, že byla provedena redukce podle pravidla r .
- Pokud $a = \$$ a $b = \$$ syntakt. analýza proběhla v pořádku, jinak proved' další smyčku cyklu.

prázdné políčko: **syntaktická chyba ve vstupním řetězci**

Syntaktická analýza řetězce $(i * i)^i$:

Zásobník	Operátor	Vstup	Redukce podle pravidla
\$	<	$(i * i)^i \$$	
$\$ < ($	<	$i * i)^i \$$	
$\$ < (< i$	>	$* i)^i \$$	7: $E \rightarrow i$
$\$ < (E$	<	$* i)^i \$$	
$\$ < (< E *$	<	$i)^i \$$	
$\$ < (< E * < i$	>	$)^i \$$	7: $E \rightarrow i$
$\$ < (< E * E$	>	$)^i \$$	3: $E \rightarrow E * E$
$\$ < (E$	=	$)^i \$$	
$\$ < (E)$	>	$^i \$$	6: $E \rightarrow (E)$
$\$ E$	<	$^i \$$	
$\$ < E ^$	<	$i \$$	
$\$ < E ^ < i$	>	$\$$	7: $E \rightarrow i$
$\$ < E ^ E$	>	$\$$	5: $E \rightarrow E ^ E$
$\$ E$	>	$\$$	ÚSPĚCH! Pravý rozbor: 773675

Příklad 2.

Uvažujte následující LR-tabulku pro gramatiku $G = (N, T, P, E)$, kde:

- $N = \{E, T, F\}$,
- $T = \{+, -, *, /, i, (,)\}$,
- $P = \{ 1: E \rightarrow E+T, 2: E \rightarrow E-T, 3: E \rightarrow T, 4: T \rightarrow T * F, 5: T \rightarrow T / F, 6: T \rightarrow F, 7: F \rightarrow (E), 8: F \rightarrow i \}$

LR-tabulka:

	Akční část								Přechodová část		
	i	$+$	$-$	$*$	$/$	$($	$)$	$\$$	E	T	F
0	s5					s4			1	2	3
1		s6	s7					☺			
2		r3	r3	s8	s9		r3	r3			
3		r6	r6	r6	r6		r6	r6			
4	s5					s4			10	2	3
5		r8	r8	r8	r8		r8	r8			
6	s5					s4				11	3
7	s5					s4				12	3
8	s5					s4					13
9	s5					s4					14
10		s6	s7				s15				
11		r1	r1	s8	s9		r1	r1			
12		r2	r2	s8	s9		r2	r2			
13		r4	r4	r4	r4		r4	r4			
14		r5	r5	r5	r5		r5	r5			
15		r7	r7	r7	r7		r7	r7			

Pomocí této LR-tabulky proveďte syntaktickou analýzu zdola nahoru pro řetězec $(i+i)/i$ a uveďte jeho pravý rozbor.

Algoritmus pro syntaktickou analýzu používající LR tabulku:

- Vlož na zásobník dvojici symbolů $\langle \$, q_0 \rangle$, nastav aktuální stav s na q_0 . (q_0 je první stav)
- Hlavní cyklus:
 - Nechť a je aktuální vstupní symbol, s je aktuální stav. Podle obsahu políčka LR-tabulky **akční části** na souřadnicích $[s, a]$ rozhodni:
 - sq**: Přečti symbol a ze vstupu a dej dvojici $\langle a, q \rangle$ na zásobník. Aktuální stav s nastav na q .
 - rp**: Nechť pravidlo s návěštím p je tvaru $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_d$. Potom:
 - 1) Zkontroluj, zda je prvních d symbolů na zásobníku ve tvaru: $\langle X_1, ? \rangle \langle X_2, ? \rangle \dots \langle X_d, ? \rangle$, jinak **chyba!**
 - 2) Nechť ještě **hned** před prvkem $\langle X_1, ? \rangle$ se nachází prvek tvaru $\langle ?, q \rangle$, kde q je nějaký stav. Nastav aktuální stav s na hodnotu, kterou obsahuje LR-tabulka **přechodové části** na souřadnicích $[q, A]$ (A je levá strana pravidla p), odstraň symboly $\langle X_1, ? \rangle \langle X_2, ? \rangle \dots \langle X_d, ? \rangle$ ze zásobníku a vlož na něj dvojici $\langle A, s \rangle$.
 - ☺: **Konec: úspěch syntaktické analýzy!**
Prázdné políčko: **chyba!**
- Proveď další smyčku cyklu

Syntaktická analýza řetězce $(i+i)/i$:

Zásobník	Stav	Vstup	Použití tabulky	Redukce podle pravidla
$\langle \$, 0 \rangle$	0	$(i+i)/i \$$	$\alpha[0, (] = s4$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle$	4	$i+i)/i \$$	$\alpha[4, i] = s5$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle i, 5 \rangle$	5	$+i)/i \$$	$\alpha[5, +] = r8$ $\beta[4, F] = 3$	8: $F \rightarrow i$
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle F, 3 \rangle$	3	$+i)/i \$$	$\alpha[3, +] = r6$ $\beta[4, T] = 2$	6: $T \rightarrow F$
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle T, 2 \rangle$	2	$+i)/i \$$	$\alpha[2, +] = r3$ $\beta[4, E] = 10$	3: $E \rightarrow T$
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle E, 10 \rangle$	10	$+i)/i \$$	$\alpha[10, +] = s6$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle E, 10 \rangle \langle +, 6 \rangle$	6	$i)/i \$$	$\alpha[6, i] = s5$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle E, 10 \rangle \langle +, 6 \rangle \langle i, 5 \rangle$	5	$) /i \$$	$\alpha[5,)] = r8$ $\beta[6, F] = 3$	8: $F \rightarrow i$
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle E, 10 \rangle \langle +, 6 \rangle \langle F, 3 \rangle$	3	$) /i \$$	$\alpha[3,)] = r6$ $\beta[6, T] = 11$	6: $T \rightarrow F$
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle E, 10 \rangle \langle +, 6 \rangle \langle T, 11 \rangle$	11	$) /i \$$	$\alpha[11,)] = r1$ $\beta[4, E] = 10$	1: $E \rightarrow E+T$
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle E, 10 \rangle$	10	$) /i \$$	$\alpha[10,)] = s15$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle (, 4 \rangle \langle E, 10 \rangle \langle), 15 \rangle$	15	$/i \$$	$\alpha[15, /] = r7$ $\beta[0, F] = 3$	7: $F \rightarrow (E)$
$\langle \$, 0 \rangle \langle F, 3 \rangle$	3	$/i \$$	$\alpha[3, /] = r6$ $\beta[0, T] = 2$	6: $T \rightarrow F$
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle$	2	$/i \$$	$\alpha[2, /] = s9$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle \langle /, 9 \rangle$	9	$i \$$	$\alpha[9, i] = s5$	
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle \langle /, 9 \rangle \langle i, 5 \rangle$	5	$\$$	$\alpha[5, \$] = r8$ $\beta[9, F] = 14$	8: $F \rightarrow i$
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle \langle /, 9 \rangle \langle F, 14 \rangle$	14	$\$$	$\alpha[14, \$] = r5$ $\beta[0, T] = 2$	5: $T \rightarrow T/F$
$\langle \$, 0 \rangle \langle T, 2 \rangle$	2	$\$$	$\alpha[2, \$] = r3$ $\beta[0, E] = 1$	3: $E \rightarrow T$
$\langle \$, 0 \rangle \langle E, 1 \rangle$	1	$\$$	$\alpha[1, \$] = \text{☺}$	

ÚSPĚCH! Právý rozbor: 86386176853