

# 第6讲 语法分析-LR分析器的简单模型

李诚

国家高性能计算中心(合肥)、信息与计算机国家级实验教学示范中心 计算机科学与技术学院 2023年09月20日



#### 语法分析的主要方法



#### ·自顶向下 (Top-down)

- •针对输入串,从文法的开始符号出发,尝试根据产生式规则推导(derive)出该输入串。
- LL(1)文法及非递归预测分析方法
- left-to-right scan + leftmost derivation

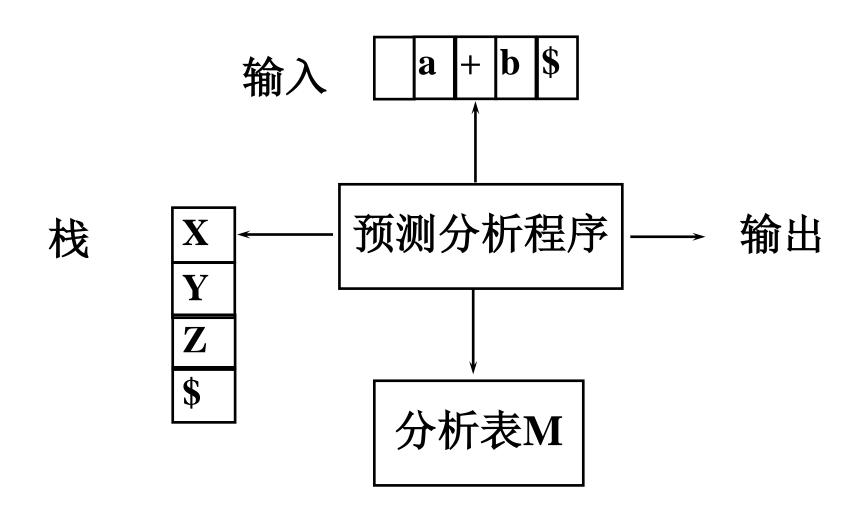
#### ·自底向上 (Bottom-up)

- 针对输入串,尝试根据产生式规则归约 (reduce) 到文法的开始符号。
- LR(k)文法及其分析器
- left-to-right scan + rightmost derivation



#### 复习: LL(1)非递归分析







#### ② 复习: LL(1)非递归分析

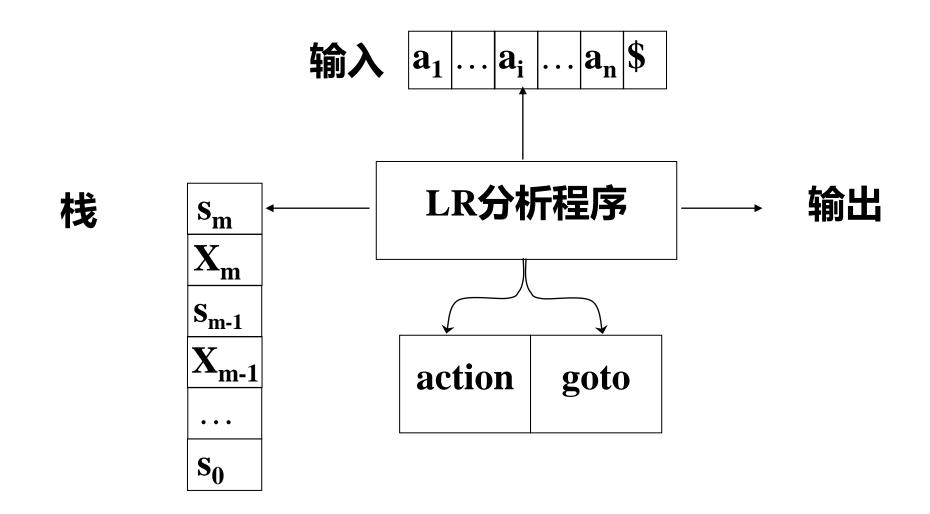


•行: 非终结符; 列: 终结符或\$; 单元: 产生式

非终			输入	符号		
结符	id	+	*	(	)	\$
<b>E</b>	$E \rightarrow$			$E \rightarrow$		
	TE'			TE'		
<b>E</b> '		$E' \rightarrow$			$E' \rightarrow \varepsilon$	$E'  o \epsilon$
		+ <b>TE</b> '				
<b>T</b>	$T \rightarrow$			$T \rightarrow$		
	FT'			FT'		
<i>T'</i>		$T' \rightarrow \varepsilon$	$T' \rightarrow *FT'$		$T' \rightarrow \varepsilon$	$T' \rightarrow \varepsilon$
F	$F \rightarrow id$			$F \rightarrow (E)$		







## ② LR分析器



Sj: 总结了栈中该状态以下的信息  $|\mathbf{a_1}| \dots |\mathbf{a_i}| \dots |\mathbf{a_n}|$ \$ 输入 X: 代表文法符号 LR分析程序 输出 栈  $S_{\mathbf{m}}$  $S_{m-1}$ action goto  $S_0$  $action[s_m, a_i]$ : 移进 | 归约 | 接受 | 出错

 $action[s_m, a_i]$ : 移近[归约]接受[出错  $goto[s_{m-r}, A] = s_j$ : 移进 $Ans_j$  (归约后使用)



#### ☑ LR分析算法:举例



例 
$$(1) E \rightarrow E + T$$
  $(2) E \rightarrow T$ 

(3) 
$$T \rightarrow T * F$$
 (4)  $T \rightarrow F$ 

$$(5) F \rightarrow (E) \quad (6) F \rightarrow id$$

状态		动	作	action			转	移	goto
	id	+	*	(	)	\$	$\boldsymbol{E}$	T	$\boldsymbol{F}$
0	<i>s</i> 5			<b>s4</b>			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	<i>s</i> 7		<i>r</i> 2	<i>r</i> 2			
3		<i>r</i> 4	r4		r4	r4			
4	<i>s</i> 5			<b>s4</b>			8	2	3
5		r6	<i>r6</i>		<i>r6</i>	r6			
6	<i>s</i> 5			s <b>4</b>				9	3



例 
$$(1) E \rightarrow E + T$$
  $(2) E \rightarrow T$ 

(3) 
$$T \rightarrow T * F$$
 (4)  $T \rightarrow F$ 

$$(5) F \rightarrow (E) \quad (6) F \rightarrow id$$

404		action						goto		
状态	id	+	*	(	)	\$	$\boldsymbol{E}$	$\boldsymbol{T}$	$\boldsymbol{F}$	
0	s <b>5</b>			<b>s4</b>			1	2	3	
1		<b>s6</b>				acc				
2		r2	<i>s</i> 7		r2	<i>r</i> 2				
3		<i>r</i> 4	r4		<i>r</i> 4	r4				
4	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			8	2	3	
5		r6	<i>r6</i>		<i>r6</i>	<i>r6</i>				
6	s <b>5</b>			s4				9	3	





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	

10-4-	action						goto		
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			<i>s</i> 4			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	s7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进 (查action表)

4D-₩-	action					goto			
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s4			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	<i>s</i> 7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	

10-4-	action						goto		
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			<i>s</i> 4			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	<i>s</i> 7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3





栈	输入	动作				
0	id * id + id \$	移进				
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约				
	<ol> <li>查action[5,*]=&gt;归约</li> <li>执行归约(F→α):</li> <li>从栈中弹出 α 个&lt;状态,符号&gt;对</li> <li>查goto[0, F] =&gt;3</li> <li>将(F, 3)压入栈</li> </ol>					

	action							goto		
4D-F-			goto							
状态	id	+	*	(	)	\$	$\boldsymbol{\mathit{E}}$	T	F	
0	<i>s</i> 5			<i>s</i> 4			1	2	3	
1		<i>s</i> 6				acc				
2		r2	<i>s</i> 7		r2	<u>r2</u>				
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>				
4	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			8	2	3	
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>				
6	s5			s4				9	3	





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约
0 F 3	* id + id \$	

10-4-			actio	n				goto	
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	s7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约

.1b=4-	action						goto		
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	s7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	<i>s5</i>			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	

.1b=4-	action						goto		
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	s7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	<i>s5</i>			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进

4046	action							goto		
状态	id	+	*	(	)	\$	$\boldsymbol{\mathit{E}}$	T	F	
0	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			1	2	3	
1		<i>s</i> 6				acc				
2		r2	s7		r2	<u>r2</u>				
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>				
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3	
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>				
6	s5			s4				9	3	





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	

15.7.			actio	n				goto	
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				acc			
2		r2	<i>s</i> 7		<i>r</i> 2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	<i>s5</i>			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进

.1b=4-	action						goto		
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	s7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	<i>s5</i>			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进
0 T 2 * 7 id 5	+ id \$	

			actio	n				goto	
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s4			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	<i>s</i> 7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进
0 T 2 * 7 id 5	+ id \$	按F→id归约

		actio	n				goto	
id	+	*	(	)	\$	$\boldsymbol{\mathit{E}}$	T	F
<i>s</i> 5			<i>s</i> 4			1	2	3
	<i>s</i> 6				acc			
	<i>r</i> 2	<i>s</i> 7		<i>r</i> 2	<u>r2</u>			
	r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
<i>s</i> 5			<i>s</i> 4			8	2	3
	r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
s5			s4				9	3
	s5 s5	s5 s6 r2 r4 s5	id + * s5 s6 r2 s7 r4 r4 s5 r6 r6	id     +     *     (       s5     s4       s6        r2     s7       r4     r4       s5     s4       r6     r6	id     +     *     (     )       s5     s4       s6      r2     s7     r2       r4     r4     r4     r4       s5     s4       r6     r6     r6	id     +     *     (     )     \$       s5     s4       s6     acc       r2     s7     r2     r2     r2       r4     r4     r4     r4     r4       s5     s4       r6     r6     r6     r6     r6	id     +     *     (     )     \$     E       s5     s4     1       s6     acc       r2     s7     r2     r2       r4     r4     r4     r4     r4       s5     s4     8       r6     r6     r6     r6	id     +     *     (     )     \$     E     T       s5     s4     1     2       s6     acc       r2     s7     r2     r2       r4     r4     r4     r4       s5     s4     8     2       r6     r6     r6     r6     r6





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进
0 T 2 * 7 id 5	+ id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 T 2 * 7 F 10	+ id \$	

JD-4-			actio	n				goto	
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		<i>r</i> 2	s7		<i>r</i> 2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进
0 T 2 * 7 id 5	+ id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 T 2 * 7 F 10	+ id \$	接 $T \rightarrow T*F$ 归约

JD-4-	action							goto			
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F		
0	<i>s</i> 5			s4			1	2	3		
1		<i>s</i> 6				acc					
2		r2	<i>s</i> 7		r2	<u>r2</u>					
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>					
4	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			8	2	3		
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>					
6	s5			s4				9	3		





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进
0 T 2 * 7 id 5	+ id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 T 2 * 7 F 10	+ id \$	接 $T \rightarrow T*F$ 归约
• • •	• • •	• • •

115-4-			actio	n				goto	
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s <b>4</b>			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	s7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	<i>s</i> 5			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 F 3	* id + id \$	接 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进
0 T 2 * 7 id 5	+ id \$	接 $F \rightarrow id$ 归约
0 T 2 * 7 F 10	+ id \$	接 $T \rightarrow T*F$ 归约
• • •	• • •	• • •
0 E 1	\$	

10-4-			actio	n				goto	
状态	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	<i>s</i> 5			s4			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		r2	s7		r2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	<i>s5</i>			s4				9	3





栈	输入	动作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按F→id归约
0 F 3	* id + id \$	按 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进
0 T 2 * 7 id 5	+ id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约
0 T 2 * 7 F 10	+ id \$	接 $T \rightarrow T*F$ 归约
• • •	• • •	• • •
0 E 1	\$	接受

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	$\boldsymbol{E}$	T	F
0	<i>s</i> 5			s4			1	2	3
1		<i>s</i> 6				acc			
2		<i>r</i> 2	<i>s</i> 7		<i>r</i> 2	<u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>		<u>r4</u>	<u>r4</u>			
4	<i>s</i> 5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>		<u>r6</u>	<u>r6</u>			
6	<i>s5</i>			s4				9	3





#### ·关键在于构造LR分析表

- 计算所有可能的状态
  - 每一个状态描述了语法分析过程中所处的位置
  - 可确定正在分析的产生式集合
  - 可确定句柄形成的中间步骤
- 明确状态之前的跳转关系
- •明确状态与输入之间对应的移进或者归约操作



# 一起努力 打造国产基础软硬件体系!

李诚

国家高性能计算中心(合肥)、信息与计算机国家级实验教学示范中心 计算机科学与技术学院 2023年09月20日