



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

2025年09月22日



- **自顶向下 (Top-down)**

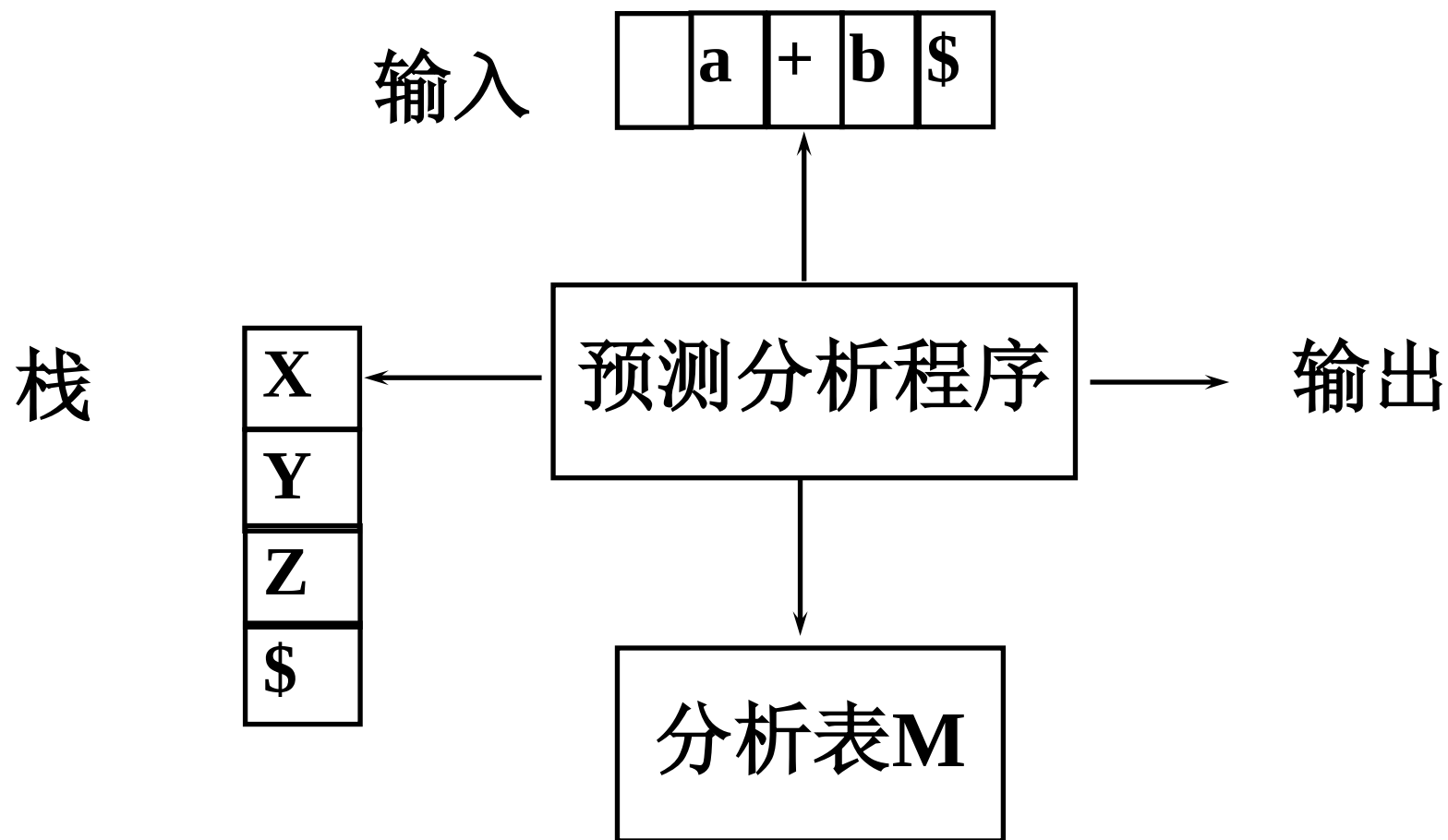
- 针对输入串，从文法的开始符号出发，尝试根据产生式规则 **推导 (derive)** 出该输入串。
- **LL**(1)文法及非递归预测分析方法
- **left-to-right scan** + **leftmost derivation**

- **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



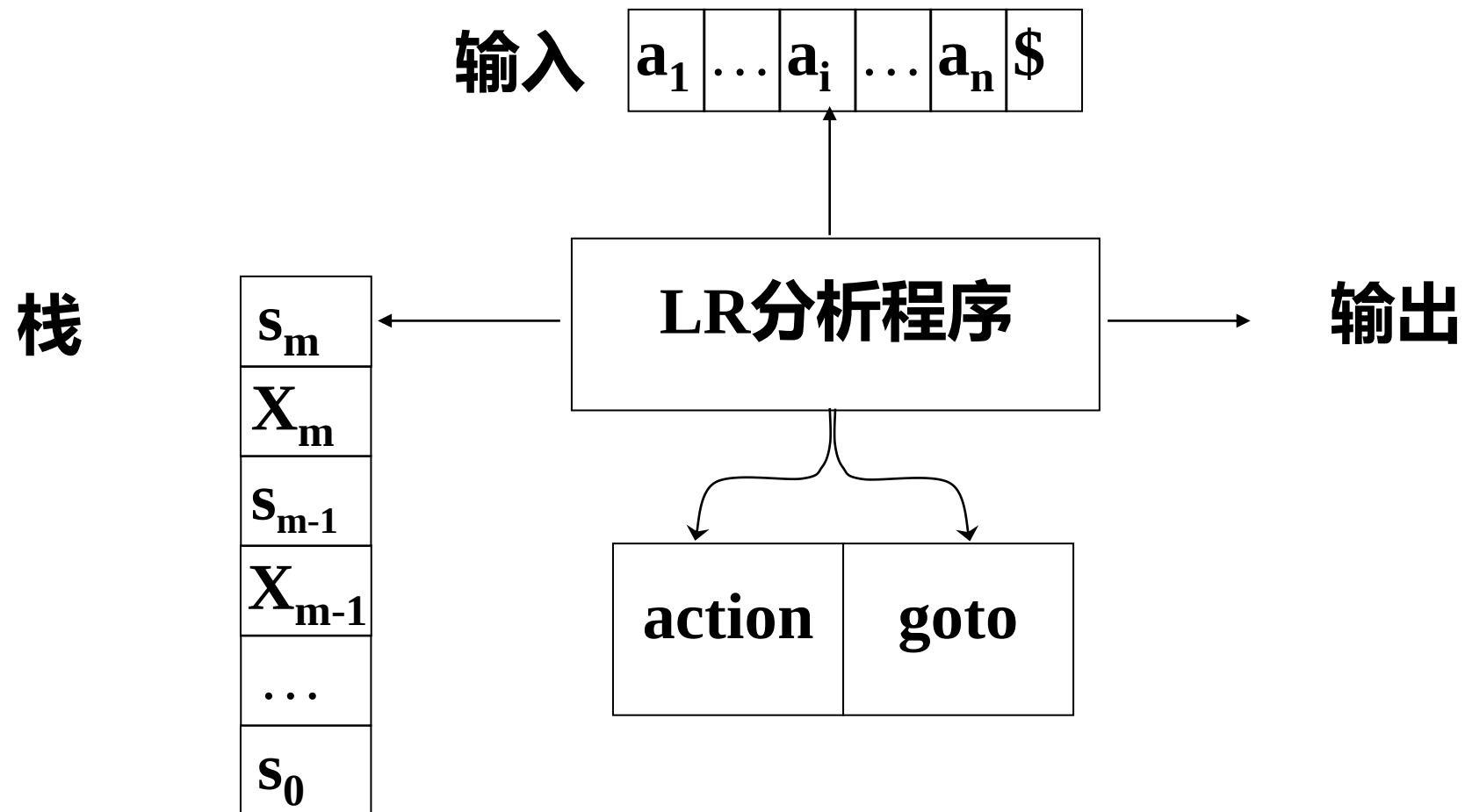


复习：LL(1)非递归分析



- 行：非终结符；列：终结符 或\$；单元：产生式

非终结符	输入符号					
	id	+	*	(	)	\$
E	$E \rightarrow TE'$			$E \rightarrow TE'$		
E'		$E' \rightarrow +TE'$			$E' \rightarrow \varepsilon$	$E' \rightarrow \varepsilon$
T	$T \rightarrow FT'$			$T \rightarrow FT'$		
T'		$T' \rightarrow \varepsilon$	$T' \rightarrow *FT'$		$T' \rightarrow \varepsilon$	$T' \rightarrow \varepsilon$
F	$F \rightarrow \text{id}$			$F \rightarrow (E)$		





LR分析器



s_j : 总结了栈中该状态以下的信息

X_i : 代表文法符号

栈

s_m
X_m
s_{m-1}
X_{m-1}
...
s_0

输入

a_1	...	a_i	...	a_n	\$
-------	-----	-------	-----	-------	----

LR分析程序

输出

action

goto

$action[s_m, a_i]$: 移进 | 归约 | 接受 | 出错
 $goto[s_{m-r}, A]=s_j$: 移进A和 s_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) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$

si 移进当前输入符号和状态*i*
rj 按第*j*个产生式进行归约
acc 接受

状态	动作 action						转移 goto		
	id	+	*	(	)	\$	<i>E</i>	<i>T</i>	<i>F</i>
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				acc			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5			s4				9	3



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

si 移进当前输入符号和状态*i*

rj 按第*j*个产生式进行归约

acc 接受

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	<i>E</i>	<i>T</i>	<i>F</i>
0	s5				s4		1	2	3
1		s6				acc			
2		r2	s7		r2	r2			
3		r4	r4		r4	r4			
4	s5				s4		8	2	3
5		r6	r6		r6	r6			
6	s5				s4			9	3



LR分析算法：举例



栈	输 入	动 作
0	id * id + id \$	

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	<i>E</i>	<i>T</i>	<i>F</i>
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<i>acc</i>			
2		r2	s7			r2 r2			
3		r4	r4			r4 r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6			r6 r6			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态*i*
rj 按第*j*个产生式进行归约
acc 接受



LR分析算法：举例



栈	输 入	动 作
0	id * id + id \$	移进 (查action表)

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	<i>E</i>	<i>T</i>	<i>F</i>
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<i>acc</i>			
2		<i>r2</i>	s7			<i>r2</i> <i>r2</i>			
3		<i>r4</i>	<i>r4</i>			<i>r4</i> <i>r4</i>			
4	s5			s4			8	2	3
5		<i>r6</i>	<i>r6</i>			<i>r6</i> <i>r6</i>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态*i*
rj 按第*j*个产生式进行归约
acc 接受



LR分析算法：举例



栈	输 入	动 作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	<i>E</i>	<i>T</i>	<i>F</i>
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<i>acc</i>			
2		r2	s7			r2 r2			
3		r4	r4			r4 r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6			r6 r6			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态*i*
rj 按第*j*个产生式进行归约
acc 接受



LR分析算法：举例



栈	输 入	动 作
0	id * id + id \$	移进
0 id 5	* id + id \$	按 $F \rightarrow id$ 归约

1. 查 $action[5, *]$ => 归约
2. 执行归约 ($F \rightarrow \alpha$):
 - 从栈中弹出 $|\alpha|$ 个 <状态, 符号> 对
 - 查 $goto[0, F]$ => 3
 - 将 (F, 3) 压入栈

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<i>acc</i>			
2		r2	s7			r2 r2			
3		r4	r4			r4 r4			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	r6			r6 r6			
6	s5			s4			9	3	

si 移进当前输入符号和状态 *i*
rj 按第 *j* 个产生式进行归约
acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	$\underline{E}$	$\underline{T}$	$\underline{F}$
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				$\underline{acc}$			
2		r2	s7			$\underline{r2}$ $\underline{r2}$			
3		r4	$\underline{r4}$			$\underline{r4}$ $\underline{r4}$			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	$\underline{r6}$			$\underline{r6}$ $\underline{r6}$			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 **i**
 rj 按第 **j** 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	按 $T \rightarrow F$ 归约

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	$\underline{E}$	$\underline{T}$	$\underline{F}$
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				$\underline{acc}$			
2		r2	s7			r2 r2			
3		r4	$\underline{r4}$			$\underline{r4}$ $\underline{r4}$			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	$\underline{r6}$			$\underline{r6}$ $\underline{r6}$			
6	s5			s4				9	3

$\underline{si}$ 移进当前输入符号和状态 $\underline{i}$
 $\underline{rj}$ 按第 $\underline{j}$ 个产生式进行归约
 $\underline{acc}$ 接受



LR分析算法：举例



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 \$	按 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				acc			
2		r2	s7			r2 r2			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	按 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	$\underline{E}$	$\underline{T}$	$\underline{F}$
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<u>acc</u>			
2		r2	s7			<u>r2</u> <u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	按 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	$\underline{E}$	$\underline{T}$	$\underline{F}$
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<u>acc</u>			
2		r2	s7			<u>r2</u> <u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	按 $T \rightarrow F$ 归约
0 T 2	* id + id \$	移进
0 T 2 * 7	id + id \$	移进

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	$\underline{E}$	$\underline{T}$	$\underline{F}$
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<u>acc</u>			
2		r2	s7			<u>r2</u> <u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	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 \$	

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<u>acc</u>			
2		r2	s7			r2 r2			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	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

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<u>acc</u>			
2		r2	s7			<u>r2</u> <u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	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 \$	

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	$\underline{E}$	$\underline{T}$	$\underline{F}$
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				$\underline{acc}$			
2		r2	s7			$\underline{r2}$ $\underline{r2}$			
3		r4	$\underline{r4}$			$\underline{r4}$ $\underline{r4}$			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	$\underline{r6}$			$\underline{r6}$ $\underline{r6}$			
6	s5			s4				9	3

$\underline{si}$ 移进当前输入符号和状态 $\underline{i}$
 $\underline{rj}$ 按第 $\underline{j}$ 个产生式进行归约
 $\underline{acc}$ 接受



LR分析算法：举例



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 \$	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 \$	按 $T \rightarrow T * F$ 归约

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<u>acc</u>			
2		r2	s7			<u>r2</u> <u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	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 \$	按 $T \rightarrow T * F$ 归约
...	...	...

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<u>acc</u>			
2		r2	s7			<u>r2</u> <u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	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 \$	按 $T \rightarrow T * F$ 归约
...	...	...
0 E 1	\$	

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<u>acc</u>			
2		r2	s7			<u>r2</u> <u>r2</u>			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



LR分析算法：举例



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 \$	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 \$	按 $T \rightarrow T * F$ 归约
...	...	...
0 E 1	\$	接受

状态	action						goto		
	id	+	*	(	)	\$	E	T	F
0	s5			s4			1	2	3
1		s6				<i>acc</i>			
2		r2	s7			r2 r2			
3		r4	<u>r4</u>			<u>r4</u> <u>r4</u>			
4	s5			s4			8	2	3
5		r6	<u>r6</u>			<u>r6</u> <u>r6</u>			
6	s5			s4				9	3

si 移进当前输入符号和状态 i
 rj 按第 j 个产生式进行归约
 acc 接受



- **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 打造国产基础系统软件体系！

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

2025年09月22日