



语法分析

LR分析器的简单模型

徐 伟

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28日



- **自顶向下 (Top-down)**

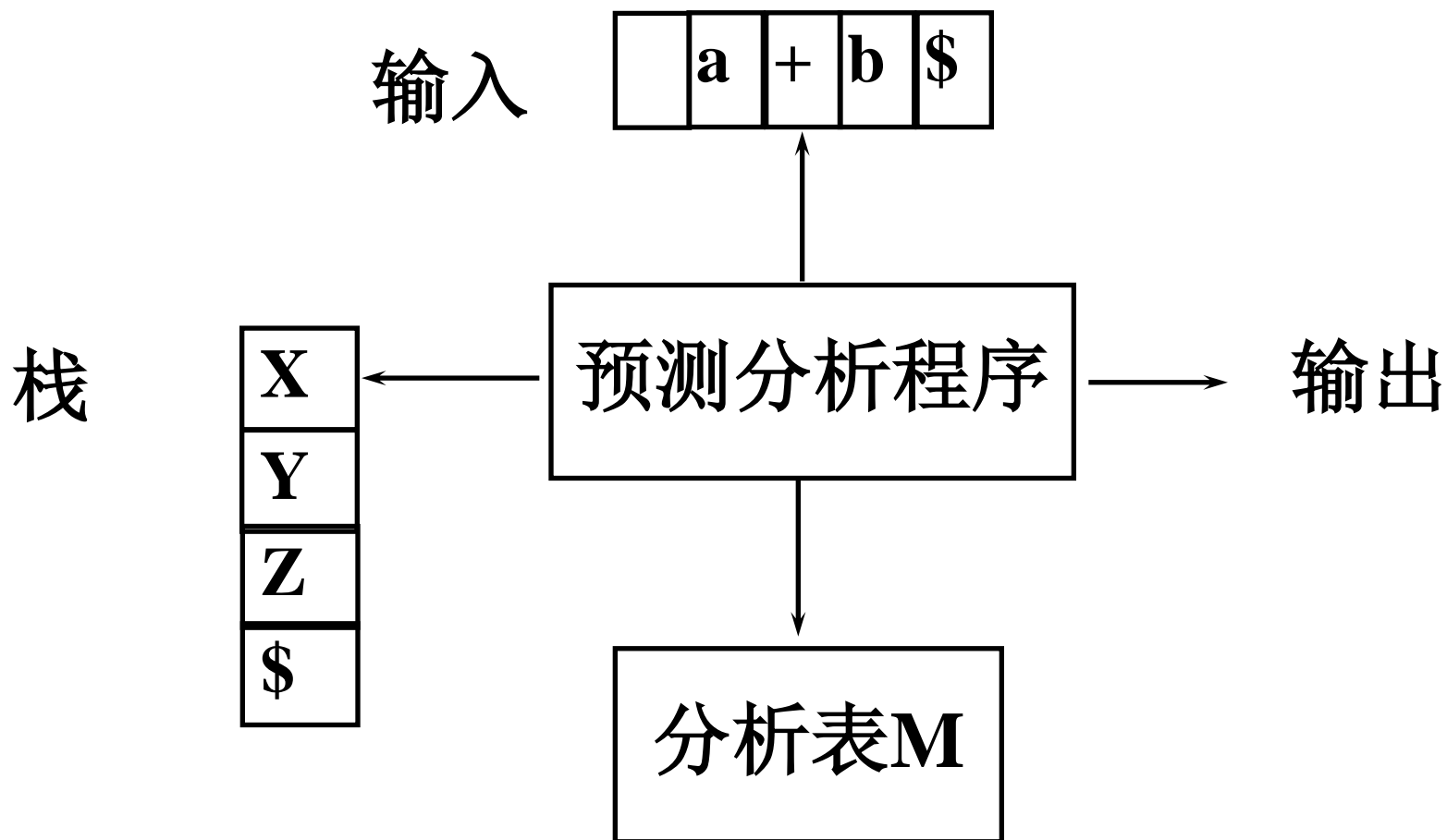
- 针对输入串，从文法的开始符号出发，尝试根据产生式规则 **推导 (derive)** 出该输入串。
- **LL**(1)文法及非递归预测分析方法
- **left-to-right scan** + **leftmost derivation**

- **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

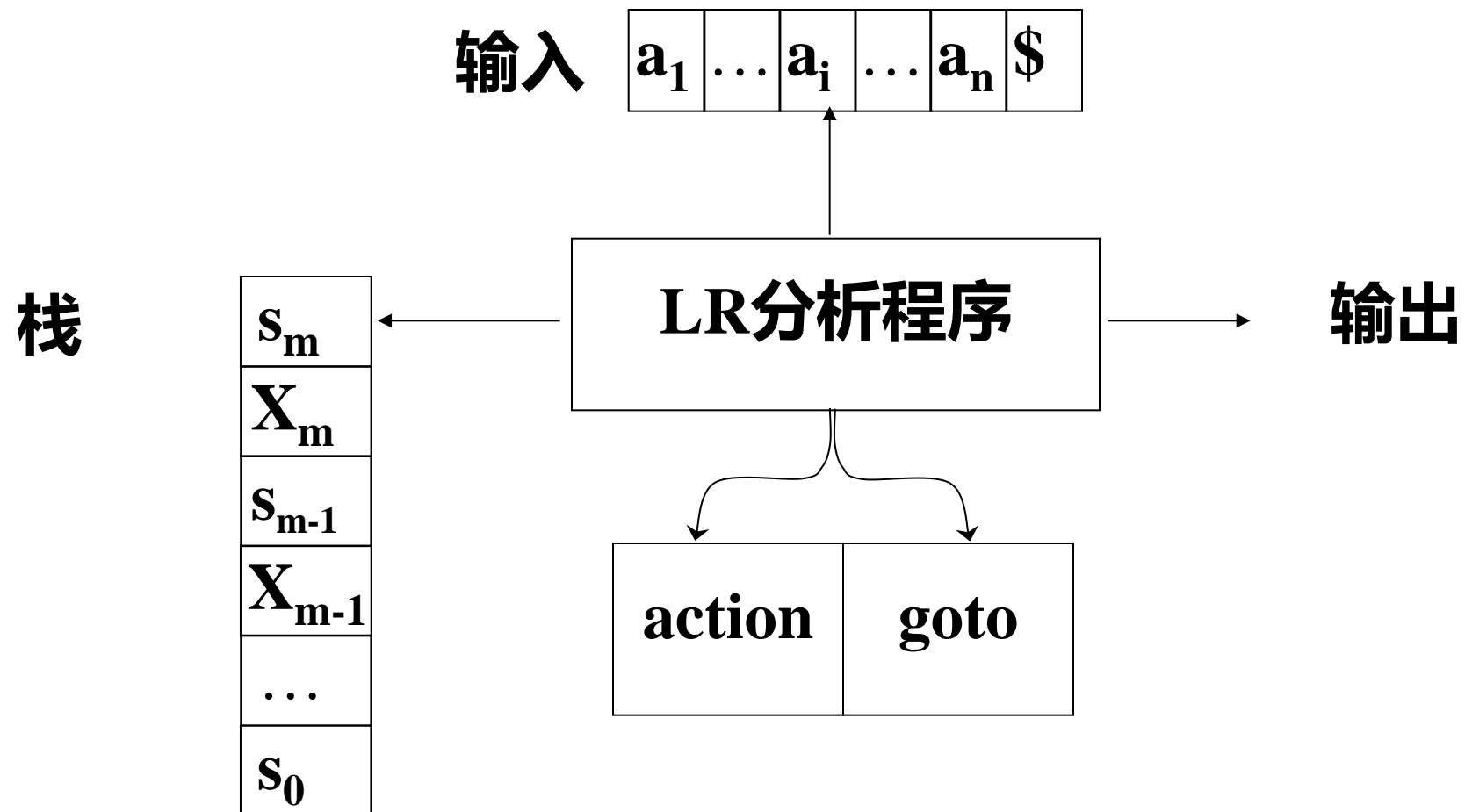


- 行：非终结符；列：终结符 或\$；单元：产生式

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) $F \rightarrow \text{id}$

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	<i>s5</i>				<i>s4</i>		1	2	3
1		<i>s6</i>				<i>acc</i>			
2		<i>r2</i>	<i>s7</i>			<i>r2</i> <i>r2</i>			
3		<i>r4</i>	<i>r4</i>			<i>r4</i> <i>r4</i>			
4	<i>s5</i>				<i>s4</i>		8	2	3
5		<i>r6</i>	<i>r6</i>			<i>r6</i> <i>r6</i>			
6	<i>s5</i>				<i>s4</i>			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) $F \rightarrow \text{id}$

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	<i>s5</i>				<i>s4</i>		1	2	3
1		<i>s6</i>				<i>acc</i>			
2		<i>r2</i>	<i>s7</i>			<i>r2</i> <i>r2</i>			
3		<i>r4</i>	<i>r4</i>			<i>r4</i> <i>r4</i>			
4	<i>s5</i>				<i>s4</i>		8	2	3
5		<i>r6</i>	<i>r6</i>			<i>r6</i> <i>r6</i>			
6	<i>s5</i>				<i>s4</i>			9	3



LR分析算法：举例



栈	输 入	动 作
0	id * id + id \$	

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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
(3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
(5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow \text{id}$



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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
(3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
(5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow \text{id}$



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	+	*	(	)	\$	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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
(3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
(5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow \text{id}$



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, *] \Rightarrow 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] \Rightarrow 3
 - 将(F, 3)压入栈

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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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	+	*	(	)	\$	$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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
(3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
(5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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	+	*	(	)	\$	$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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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	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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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	+	*	(	)	\$	$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 \$	

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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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	+	*	(	)	\$	$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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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			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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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	+	*	(	)	\$	$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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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			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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
(3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
(5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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				<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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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				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

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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
 (3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
 (5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



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

- (1) $E \rightarrow E + T$ (2) $E \rightarrow T$
(3) $T \rightarrow T * F$ (4) $T \rightarrow F$
(5) $F \rightarrow (E)$ (6) $F \rightarrow id$



• 文法

(1) $S \rightarrow BB$

(2) $B \rightarrow aB$

(3) $B \rightarrow b$

状态	ACTION			GOTO	
	a	b	\$	S	B
0	S3	S4		1	2
1			Acc		
2	S3	S4			5
3	S3	S4			6
4	R3	R3	R3		
5	R1	R1	R1		
6	R2	R2	R2		

输入串 b a b

栈
0
\$

剩余输入

b a b\$



- **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！

徐 伟

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28日