

# 4.7 更强大的LR语法分析器

增广文法 $G[S']$ :  $S' \rightarrow S$   $S \rightarrow aAd|bAc|aec|bed$   $A \rightarrow e$

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_0$	$\{S' \rightarrow \bullet S$ $S \rightarrow \bullet aAd$ $S \rightarrow \bullet aec$ $S \rightarrow \bullet bAc$ $S \rightarrow \bullet bed\}$	$S$ $a$ $a$ $b$ $b$	$S_1$ $S_2$ $S_2$ $S_5$ $S_5$
$S_1$	$\{S' \rightarrow S \bullet\}$	$\#S' \rightarrow S$	
$S_2$	$\{S \rightarrow a \bullet Ad$ $S \rightarrow a \bullet ec$ $A \rightarrow \bullet e\}$	$A$ $e$ $e$	$S_4$ $S_3$ $S_3$
$S_3$	$\{S \rightarrow ae \bullet c$ $A \rightarrow e \bullet\}$	$c$ $\#A \rightarrow e$	

**FOLLOW(A)={c,d}**

考虑FOLLOW(A)  
并不足以解决冲突



# LR(1)分析

❖ LR(1)项目: LR(0)项目的扩充, 包含终结符或结束标记作为第2个成分(搜索符)。一般形式为:

$$A \rightarrow \alpha \cdot \beta, a$$

其中:  $A \rightarrow \alpha \cdot \beta$  是产生式,  $a \in T \cup \{\$\}$

❖ 搜索符  $a$  是归约条件:

➤  $\beta$  非空时, 不用考虑  $a$ ;

➤  $\beta$  为空时 (归约项目), 则只有当前输入为  $a$  时, 方可归约



SLR(1)归约条件: 当前输入为 FOLLOW 集中的元素

LR(0)归约条件: 无

# LR(1)分析

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_0$	$\{S' \rightarrow \bullet S, \$$ $S \rightarrow \bullet aAd, \$$ $S \rightarrow \bullet bAc, \$$ $S \rightarrow \bullet aec, \$$ $S \rightarrow \bullet bed, \$ \}$	S a b a b	$S_1$ $S_2$ $S_3$ $S_2$ $S_3$
$S_1$	$\{S' \rightarrow S \bullet, \$ \}$	$\#S' \rightarrow S$	$S_{12}$
$S_2$	$\{S \rightarrow a \bullet Ad, \$$ $S \rightarrow a \bullet ec, \$$ $A \rightarrow \bullet e, d \}$	A e e	$S_4$ $S_5$ $S_5$
$S_3$	$\{S \rightarrow b \bullet Ac, \$$ $S \rightarrow b \bullet ed, \$$ $A \rightarrow \bullet e, c \}$	A e e	$S_6$ $S_7$ $S_7$
$S_4$	$\{S \rightarrow aA \bullet d, \$ \}$	d	$S_8$

- (0)  $S' \rightarrow S$
- (1)  $S \rightarrow aAd$
- (2)  $S \rightarrow bAc$
- (3)  $S \rightarrow aec$
- (4)  $S \rightarrow bed$
- (5)  $A \rightarrow e$

# LR(1)分析

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_5$	$\{S \rightarrow ae \bullet c, \$$ $A \rightarrow e \bullet, d\}$	c #A $\rightarrow e$	$S_9$ $S_{12}$
$S_6$	$\{S \rightarrow bA \bullet c, \$\}$	c	$S_{10}$
$S_7$	$\{S \rightarrow be \bullet d, \$$ $A \rightarrow e \bullet, c\}$	d #A $\rightarrow e$	$S_{11}$ $S_{12}$
$S_8$	$\{S \rightarrow aAd \bullet, \$\}$	#S $\rightarrow aAd$	$S_{12}$
$S_9$	$\{S \rightarrow aec \bullet, \$\}$	#S $\rightarrow aec$	$S_{12}$
$S_{10}$	$\{S \rightarrow bAc \bullet, \$\}$	#S $\rightarrow bAc$	$S_{12}$
$S_{11}$	$\{S \rightarrow bed \bullet, \$\}$	#S $\rightarrow bed$	$S_{12}$

(0)  $S' \rightarrow S$

(1)  $S \rightarrow aAd$

(2)  $S \rightarrow bAc$

(3)  $S \rightarrow aec$

(4)  $S \rightarrow bed$

(5)  $A \rightarrow e$

状态	ACTION						GOTO	
	a	b	c	d	e	\$	S	A
0	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>					1	
1						acc		
2					S <sub>5</sub>			4
3					S <sub>7</sub>			6
4				S <sub>8</sub>				
5			S <sub>9</sub>	r <sub>5</sub>				
6			S <sub>10</sub>					
7			r <sub>5</sub>	S <sub>11</sub>				
8						r <sub>1</sub>		
9						r <sub>3</sub>		
10						r <sub>2</sub>		
11						r <sub>4</sub>		

- (0) S' → S  
(1) S → aAd  
(2) S → bAc  
(3) S → aec  
(4) S → bed  
(5) A → e

- (0)  $S' \rightarrow S$
- (1)  $S \rightarrow aAd$
- (2)  $S \rightarrow bAc$
- (3)  $S \rightarrow aec$
- (4)  $S \rightarrow bed$
- (5)  $A \rightarrow e$

栈	符号	输入	动作
0	\$	aed\$	移入
0 2	\$ a	ed\$	移入
0 2 5	\$ a e	d\$	归约/ $A \rightarrow e$
0 2 4	\$ a A	d\$	移入
0 2 4 8	\$ a A d	\$	归约/ $S \rightarrow aAd$
0 1	\$ S	\$	接受

# LR(1)项集族构建算法

```
void items(G') {  
    initialize  $C$  to CLOSURE( $\{[S' \rightarrow \bullet S, \$]\}$ );  
    repeat  
        for ( each set of items  $I$  in  $C$  )  
            for ( each grammar symbol  $X$  )  
                if ( GOTO( $I, X$ ) is not empty and not in  $C$  )  
                    add GOTO( $I, X$ ) to  $C$ ;  
    until no new sets of items are added to  $C$ ;  
}
```

# LR(1)项集族构建算法

```
SetOfItems CLOSURE(I){
  repeat
    for (each item  $[A \rightarrow \alpha \bullet B \beta, a]$  in  $I$ )
      for ( each production  $B \rightarrow \gamma$  in  $G'$  )
        for ( each  $b$  in  $\text{FIRST}(\beta a)$  )
          add  $[B \rightarrow \bullet \gamma, b]$  to set  $I$ ;
  until no more items are added to  $I$ ;
  return  $I$ ;
}

SetOfItems GOTO(I, X) {
  initialize  $J$  to be an empty set;
  for ( each item  $[A \rightarrow \alpha \bullet X \beta, a]$  in  $I$  )
    add item  $[A \rightarrow \alpha X \bullet \beta, a]$  to set  $J$ ;
  return CLOSURE( $J$ );
}
```

# LR(1)项集的闭包和GOTO函数（例）

现有文法：

$$E' \rightarrow E$$

$$E \rightarrow E + T \mid T$$

$$T \rightarrow T * F \mid F$$

$$F \rightarrow (E) \mid \text{id}$$

$\{E' \rightarrow \bullet E,$	$\$$
$E \rightarrow \bullet E + T,$	$\$ +$
$E \rightarrow \bullet T,$	$\$ +$
$T \rightarrow \bullet T * F,$	$\$ + *$
$T \rightarrow \bullet F,$	$\$ + *$
$F \rightarrow \bullet (E),$	$\$ + *$
$F \rightarrow \bullet \text{id},$	$\$ + *\}$

(1) 求项集  $\{E' \rightarrow \bullet E, \$\}$  的闭包  $I_0$

(2) 求  $I_1 = \text{GOTO}(I_0, E)$

$I_2 = \text{GOTO}(I_0, ($

$I_3 = \text{GOTO}(I_2, ($

例：求 $S \rightarrow SS+ \mid SS^* \mid a$ 的规范LR项集族

解：引入产生式 $S' \rightarrow S$ ，得到增广文法 $G[S']$ ：

(0) $S' \rightarrow S$       (1) $S \rightarrow SS+$       (2) $S \rightarrow SS^*$       (3) $S \rightarrow a$

构建LR(1)项目集族如下：

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_0$	$\{S' \rightarrow \bullet S, \$$ $S \rightarrow \bullet SS+, a \$$ $S \rightarrow \bullet SS^*, a \$$ $S \rightarrow \bullet a, a \$\}$	$S$ $S$ $S$ $a$	$S_1$ $S_1$ $S_1$ $S_2$

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_1$	$\{S' \rightarrow S \bullet, \quad \$$ $S \rightarrow S \bullet S +, \quad a   \$$ $S \rightarrow S \bullet S *, \quad a   \$$ $S \rightarrow \bullet S S +, \quad +   *   a$ $S \rightarrow \bullet S S *, \quad +   *   a$ $S \rightarrow \bullet a, \quad +   *   a\}$	$\#S' \rightarrow S$ $S$ $S$ $S$ $S$ $a$	$S_{10}$ $S_3$ $S_3$ $S_3$ $S_3$ $S_4$
$S_2$	$\{S \rightarrow a \bullet, \quad a   \$\}$	$\#S \rightarrow a$	$S_{10}$
$S_3$	$\{S \rightarrow S S \bullet +, \quad a   \$$ $S \rightarrow S S \bullet *, \quad a   \$$ $S \rightarrow S \bullet S +, \quad +   *   a$ $S \rightarrow S \bullet S *, \quad +   *   a$ $S \rightarrow \bullet S S +, \quad +   *   a$ $S \rightarrow \bullet S S *, \quad +   *   a$ $S \rightarrow \bullet a, \quad +   *   a\}$	$+$ $*$ $S$ $S$ $S$ $S$ $a$	$S_5$ $S_6$ $S_7$ $S_7$ $S_7$ $S_7$ $S_4$

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_4$	$\{S \rightarrow a \bullet, \quad +   *   a\}$	$\#S \rightarrow a$	$S_{10}$
$S_5$	$\{S \rightarrow SS + \bullet, \quad a   \$\}$	$\#S \rightarrow SS +$	$S_{10}$
$S_6$	$\{S \rightarrow SS * \bullet, \quad a   \$\}$	$\#S \rightarrow SS *$	$S_{10}$
$S_7$	$\{S \rightarrow SS \bullet +, \quad +   *   a$ $S \rightarrow SS \bullet *, \quad +   *   a$ $S \rightarrow S \bullet S +, \quad +   *   a$ $S \rightarrow S \bullet S *, \quad +   *   a$ $S \rightarrow \bullet SS +, \quad +   *   a$ $S \rightarrow \bullet SS *, \quad +   *   a$ $S \rightarrow \bullet a, \quad +   *   a\}$	$+$ $*$ $S$ $S$ $S$ $S$ $a$	$S_8$ $S_9$ $S_7$ $S_7$ $S_7$ $S_7$ $S_4$
$S_8$	$\{S \rightarrow SS + \bullet, \quad +   *   a\}$	$\#S \rightarrow SS +$	$S_{10}$
$S_9$	$\{S \rightarrow SS * \bullet, \quad +   *   a\}$	$\#S \rightarrow SS *$	$S_{10}$

# LR(1)分析

文法G[S']: S' → S    S → CC    C → cC | d

状态	项目集	后继符号	后继状态
S <sub>0</sub>	{S' → •S, \$ S → •CC, \$ C → •cC, c d C → •d, c d}	S C c d	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>1</sub>	{S' → S•, \$ }	#S' → S	S <sub>10</sub>
S <sub>2</sub>	{S → C•C, \$ C → •cC, \$ C → •d, \$}	C c d	S <sub>5</sub> S <sub>6</sub> S <sub>7</sub>
S <sub>3</sub>	{C → c•C, c d C → •cC, c d C → •d, c d}	C c d	S <sub>8</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub>

# LR(1)分析

文法G[S']: $S' \rightarrow S$     $S \rightarrow CC$     $C \rightarrow cC \mid d$

状态	项目集	后继符号	后继状态
S <sub>4</sub>	{C→d•, c d}	#C→d	S <sub>10</sub>
S <sub>5</sub>	{S→CC•, \$}	#S→CC	S <sub>10</sub>
S <sub>6</sub>	{C→c•C, \$ C→•cC, \$ C→•d, \$}	C c d	S <sub>9</sub> S <sub>6</sub> S <sub>7</sub>
S <sub>7</sub>	{C→d•, \$}	# C→d	S <sub>10</sub>
S <sub>8</sub>	{C→cC•, c d}	# C→cC	S <sub>10</sub>
S <sub>9</sub>	{C→cC•, \$}	# C→cC	S <sub>10</sub>

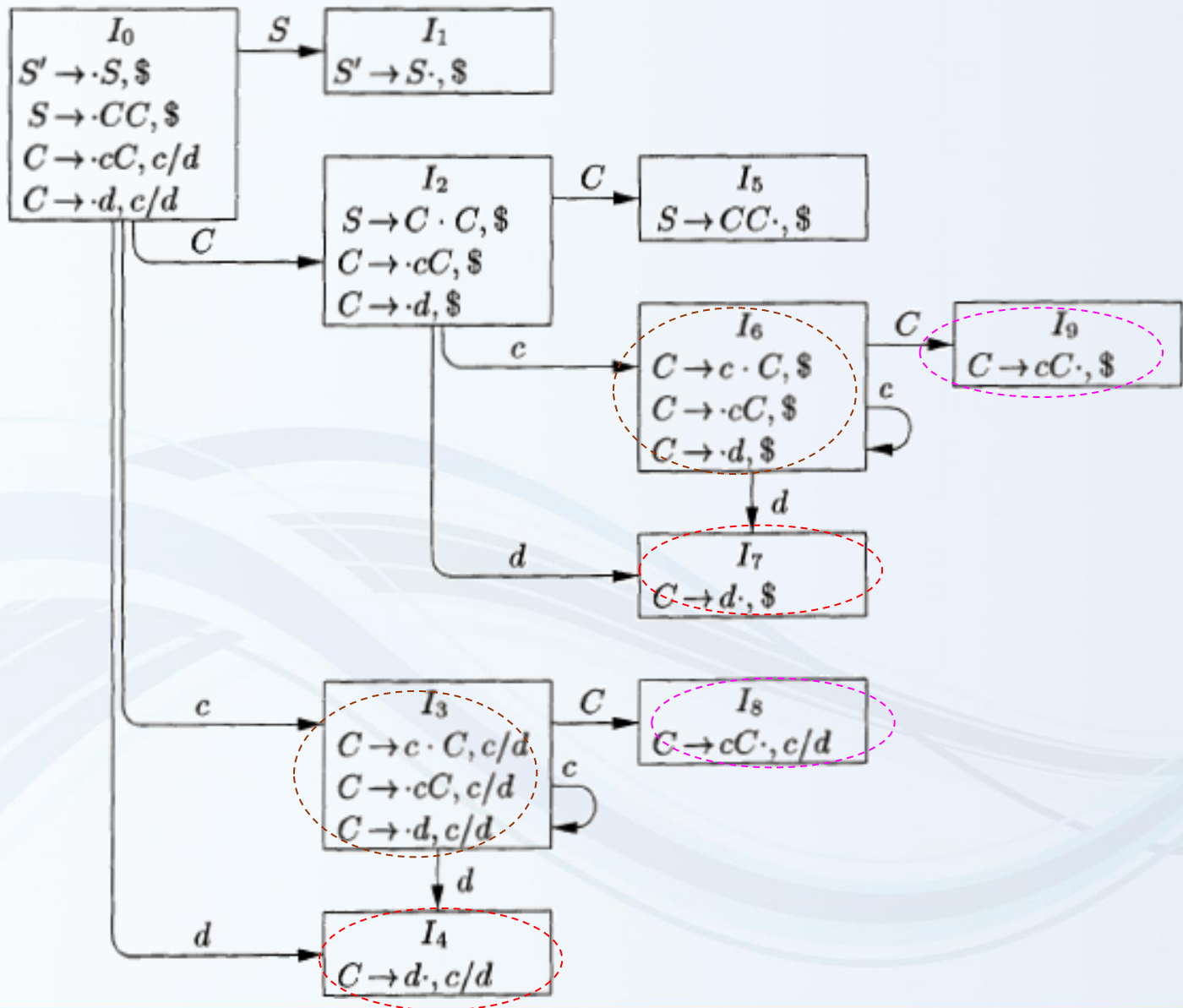
(0)  $S' \rightarrow S$

(1)  $S \rightarrow CC$

(2)  $C \rightarrow cC$

(3)  $C \rightarrow d$

STATE	ACTION			GOTO	
	c	d	\$	S	C
0	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>		1	2
1			acc		
2	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>			5
3	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>			8
4	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>			
5			r <sub>1</sub>		
6	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>			9
7			r <sub>3</sub>		
8	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>			
9			r <sub>2</sub>		



# 构建LALR分析表

❖核：LR(1)项目集的**第一分量集合**

➤多个项集可能拥有相同的核，LALR**合并**核相同的项集

❖同心集：**核相同的项集**

➤通过合并同心集，可以压缩LR(1)分析表的状态数，从而**可**  
**能**得到LALR分析表

✓压缩可能导致**归约/归约**冲突 (此时不是 LALR文法)

✓压缩不会导致移入/归约冲突

## 合并同心集

$I_3$

$\{C \rightarrow c \bullet C, c d$
$C \rightarrow \bullet cC, c d$
$C \rightarrow \bullet d, c d\}$

$I_6$

$\{C \rightarrow c \bullet C, \$$
$C \rightarrow \bullet cC, \$$
$C \rightarrow \bullet d, \$\}$



$I_{36}$

$\{C \rightarrow c \bullet C, \$ c d$
$C \rightarrow \bullet cC, \$ c d$
$C \rightarrow \bullet d, \$ c d\}$

STAT	ACTION			GOTO	
	c	d	\$	S	C
E					
0	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>		1	2
1			acc		
2	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>			5
3	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>			8
4	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>			
5			r <sub>1</sub>		
6	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>			9
7			r <sub>3</sub>		
8	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>			
9			r <sub>2</sub>		

草稿纸

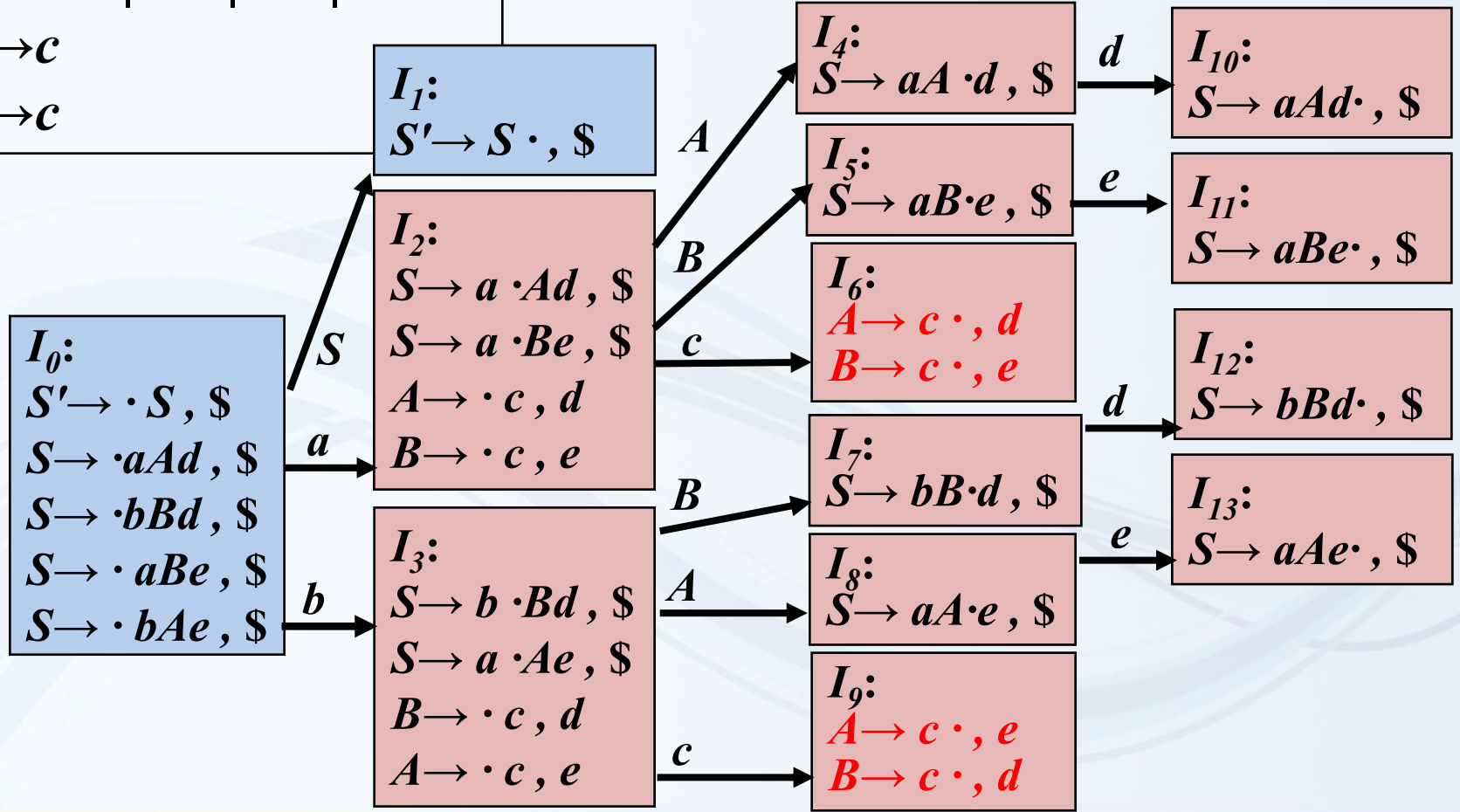
STAT	ACTION			GOTO	
	c	d	\$	S	C
E					
0	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>		1	2
1			acc		
2	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>			5
3	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>			8
4	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>		
5			r <sub>1</sub>		
6	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>			9
7			r <sub>3</sub>		
8	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>		
9			r <sub>2</sub>		

状态3和6, 4和7, 8和9合并

STATE	ACTION			GOTO	
	c	d	\$	S	C
0	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>		1	2
1			acc		
2	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>			5
3	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>			6
4	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>		
5			r <sub>1</sub>		
6	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>		

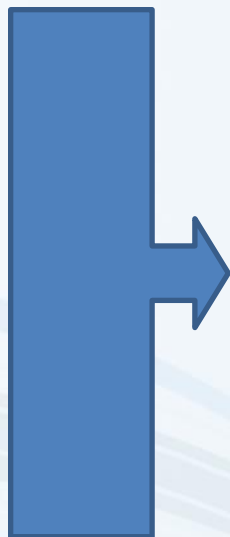
# 合并同心集可导致归约-归约冲突

- 0)  $S' \rightarrow S$
- 1)  $S \rightarrow aAd | bBd | aBe | bAe$
- 2)  $A \rightarrow c$
- 3)  $B \rightarrow c$



# 合并同心集不可能导致移入-归约冲突

$\{A \rightarrow A \cdot b, \dots$   
 $B \rightarrow aA \cdot, b | \dots\}$



$\{A \rightarrow A \cdot b, \dots$   
 $B \rightarrow aA \cdot, b | \dots\}$

# LALR分析

- ❖ 分析能力介于SLR(1)和LR(1)之间
- ❖ 同时具有SLR(1)的状态数少的优点和LR(1)的适用范围广的优点
  - 状态数和LR(0)自动机的状态数相同
  - 归约项目的后继符号既不采用SLR(1)的FOLLOW集方法，也不采用LR(1)的完全精确法

# LALR分析（例）

对文法  $S \rightarrow L=R \mid R$      $L \rightarrow *R \mid i$      $R \rightarrow L$

试构造LALR分析表

解：增加产生式  $S' \rightarrow S$ ，得到增广文法  $G[S']$ ：

(0)  $S' \rightarrow S$

(1)  $S \rightarrow L=R$

(2)  $S \rightarrow R$

(3)  $L \rightarrow *R$

(4)  $L \rightarrow i$

(5)  $R \rightarrow L$

## (2) 构造LR(1)项目集族:

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_0$	$\{S' \rightarrow \bullet S, \$\}$	S	$S_1$
	$\{S \rightarrow \bullet L=R, \$\}$	L	$S_2$
	$\{S \rightarrow \bullet R, \$\}$	R	$S_3$
	$\{L \rightarrow \bullet *R, = \$\}$	*	$S_4$
	$\{L \rightarrow \bullet i, = \$\}$	i	$S_5$
	$\{R \rightarrow \bullet L, \$\}$	L	$S_2$
$S_1$	$\{S' \rightarrow S \bullet, \$\}$	$\#S' \rightarrow S$	$S_{14}$
$S_2$	$\{S \rightarrow L \bullet =R, \$\}$	=	$S_6$
	$\{R \rightarrow L \bullet, \$\}$	$\#R \rightarrow L$	$S_{14}$

- (0)  $S' \rightarrow S$
- (1)  $S \rightarrow L=R$
- (2)  $S \rightarrow R$
- (3)  $L \rightarrow *R$
- (4)  $L \rightarrow i$
- (5)  $R \rightarrow L$

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_3$	$\{S \rightarrow R \bullet, \$ \}$	$\#S \rightarrow R$	$S_{14}$
$S_4$	$\{L \rightarrow * \bullet R, =   \$$ $R \rightarrow \bullet L, =   \$$ $L \rightarrow \bullet * R, =   \$$ $L \rightarrow \bullet i, =   \$ \}$	$R$ $L$ $*$ $i$	$S_7$ $S_8$ $S_4$ $S_5$
$S_5$	$\{L \rightarrow i \bullet, =   \$ \}$	$\#L \rightarrow i$	$S_{14}$
$S_6$	$\{S \rightarrow L = \bullet R, \$$ $R \rightarrow \bullet L, \$$ $L \rightarrow \bullet * R, \$$ $L \rightarrow \bullet i, \$ \}$	$R$ $L$ $*$ $i$	$S_9$ $S_{10}$ $S_{11}$ $S_{12}$
$S_7$	$\{L \rightarrow * R \bullet, =   \$ \}$	$\#L \rightarrow * R$	$S_{14}$

- (0)  $S' \rightarrow S$
- (1)  $S \rightarrow L = R$
- (2)  $S \rightarrow R$
- (3)  $L \rightarrow * R$
- (4)  $L \rightarrow i$
- (5)  $R \rightarrow L$

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_8$	$\{R \rightarrow L \bullet, \quad =   \$ \}$	$\#R \rightarrow L$	$S_{14}$
$S_9$	$\{S \rightarrow L = R \bullet, \quad \$ \}$	$\#S \rightarrow L = R$	$S_{14}$
$S_{10}$	$\{R \rightarrow L \bullet, \quad \$ \}$	$\#R \rightarrow L$	$S_{14}$
$S_{11}$	$\{L \rightarrow * \bullet R, \quad \$ \}$	R	$S_{13}$
	$R \rightarrow \bullet L, \quad \$ \}$	L	$S_{10}$
	$L \rightarrow \bullet * R, \quad \$ \}$	*	$S_{11}$
	$L \rightarrow \bullet i, \quad \$ \}$	i	$S_{12}$
$S_{12}$	$\{L \rightarrow i \bullet, \quad \$ \}$	$\#L \rightarrow i$	$S_{14}$
$S_{13}$	$\{L \rightarrow * R \bullet, \quad \$ \}$	$\#L \rightarrow * R$	$S_{14}$

- (0)  $S' \rightarrow S$
- (1)  $S \rightarrow L = R$
- (2)  $S \rightarrow R$
- (3)  $L \rightarrow * R$
- (4)  $L \rightarrow i$
- (5)  $R \rightarrow L$

(3)合并同心集:  $S_4$ 和  
 $S_{11}$ ,  $S_8$ 和 $S_{10}$ ,  $S_5$ 和  
 $S_{12}$ ,  $S_7$ 和 $S_{13}$ 。

(4)尝试构造分析表。  
 表中无冲突项目,  
 故为LALR文法。

(0) $S' \rightarrow S$

(1) $S \rightarrow L=R$

(2) $S \rightarrow R$

(3) $L \rightarrow *R$

(4) $L \rightarrow i$

(5) $R \rightarrow L$

状态	ACTION				GOTO		
	=	*	i	\$	S	L	R
0		$S_4$	$S_5$		1	2	3
1				acc			
2	$S_6$			$r_5$			
3				$r_2$			
4		$S_4$	$S_5$			8	7
5	$r_4$			$r_4$			
6		$S_4$	$S_5$			8	9
7	$r_3$			$r_3$			
8	$r_5$			$r_5$			
9				$r_1$			

**思考：**由LALR(1)分析表直接构建LR(0)分析表

**有冲突，不是LR(0)文法**

(0)  $S' \rightarrow S$

(1)  $S \rightarrow L=R$

(2)  $S \rightarrow R$

(3)  $L \rightarrow *R$

(4)  $L \rightarrow i$

(5)  $R \rightarrow L$

状态	ACTION				GOTO		
	=	*	i	\$	S	L	R
0		S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>		1	2	3
1				acc			
2	S <sub>6</sub> /r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>			
3	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>			
4		S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>			8	7
5	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>4</sub>			
6		S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>			8	9
7	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>3</sub>			
8	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>5</sub>			
9	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>			

思考：由LALR(1)分析表直接构建SLR(1)分析表

有冲突，不是SLR(1)文法

(0)  $S' \rightarrow S$

(1)  $S \rightarrow L=R$

(2)  $S \rightarrow R$

(3)  $L \rightarrow *R$

(4)  $L \rightarrow i$

(5)  $R \rightarrow L$

状态	ACTION				GOTO		
	=	*	i	\$	S	L	R
0		S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>		1	2	3
1				acc			
2	S <sub>6</sub> /r <sub>5</sub>			r <sub>5</sub>			
3				r <sub>2</sub>			
4		S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>			8	7
5	r <sub>4</sub>			r <sub>4</sub>			
6		S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>			8	9
7	r <sub>3</sub>			r <sub>3</sub>			
8	r <sub>5</sub>			r <sub>5</sub>			
9				r <sub>1</sub>			

# 四种LR分析表的构建（小结）

步骤	LR(0)	SLR(1)	LALR(1)	LR(1)
构建增广文法	√	√	√	√
对所有规则编号	√	√	√	√
求非终结符的FOLLOW集		√		
构建LR(0)项目集族	√	√		
构建LR(1)项目集族			√	√
合并同心集			√	
根据项目集族构建分析表	√	√	√	√

归约项目填入法：LR(0)满行；SLR(1)看FOLLOW；  
LR(1)和LALR(1)看搜索符。

## 4.8 使用二义文法

- ❖ 二义文法不是LR类文法（也非LL文法）。
- ❖ 某些二义文法，可以通过**人为规定**优先级和结合性来解决冲突，这些优先级和结合性的规则也能指导构建LR分析器（实际上构造了一个无二义的文法）

# 使用二义文法 (例, P178)

文法:  $E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid id$

$I_0$

- $E' \rightarrow \bullet E$
- $E \rightarrow \bullet E + E$
- $E \rightarrow \bullet E * E$
- $E \rightarrow \bullet (E)$
- $E \rightarrow \bullet id$

$I_2$

- $E \rightarrow (\bullet E)$
- $E \rightarrow \bullet E + E$
- $E \rightarrow \bullet E * E$
- $E \rightarrow \bullet (E)$
- $E \rightarrow \bullet id$

$I_5$

- $E \rightarrow E * \bullet E$
- $E \rightarrow \bullet E + E$
- $E \rightarrow \bullet E * E$
- $E \rightarrow \bullet (E)$
- $E \rightarrow \bullet id$

$I_8$

- $E \rightarrow E * E \bullet$
- $E \rightarrow E \bullet + E$
- $E \rightarrow E \bullet * E$

$I_1$

- $E' \rightarrow E \bullet$
- $E \rightarrow E \bullet + E$
- $E \rightarrow E \bullet * E$

$I_3$

- $E \rightarrow id \bullet$

$I_4$

- $E \rightarrow E + \bullet E$
- $E \rightarrow \bullet E + E$
- $E \rightarrow \bullet E * E$
- $E \rightarrow \bullet (E)$
- $E \rightarrow \bullet id$

$I_6$

- $E \rightarrow (E \bullet)$
- $E \rightarrow E \bullet + E$
- $E \rightarrow E \bullet * E$

$I_7$

- $E \rightarrow E + E \bullet$
- $E \rightarrow E \bullet + E$
- $E \rightarrow E \bullet * E$

$I_9$

- $E \rightarrow (E) \bullet$

$Follow(E') = \{\$, \}$   
 $Follow(E) = \{+, *, ), \$\}$

STATE	ACTION						GOTO
	<b>id</b>	+	*	(	)	\$	<i>E</i>
0	s3			s2			1
1		s4	s5			acc	
2	s3			s2			6
3		r4	r4		r4	r4	
4	s3			s2			7
5	s3			s2			8
6		s4	s5		s9		
7		r1	s5		r1	r1	
8		r2	r2		r2	r2	
9		r3	r3		r3	r3	

## LR(0)自动机

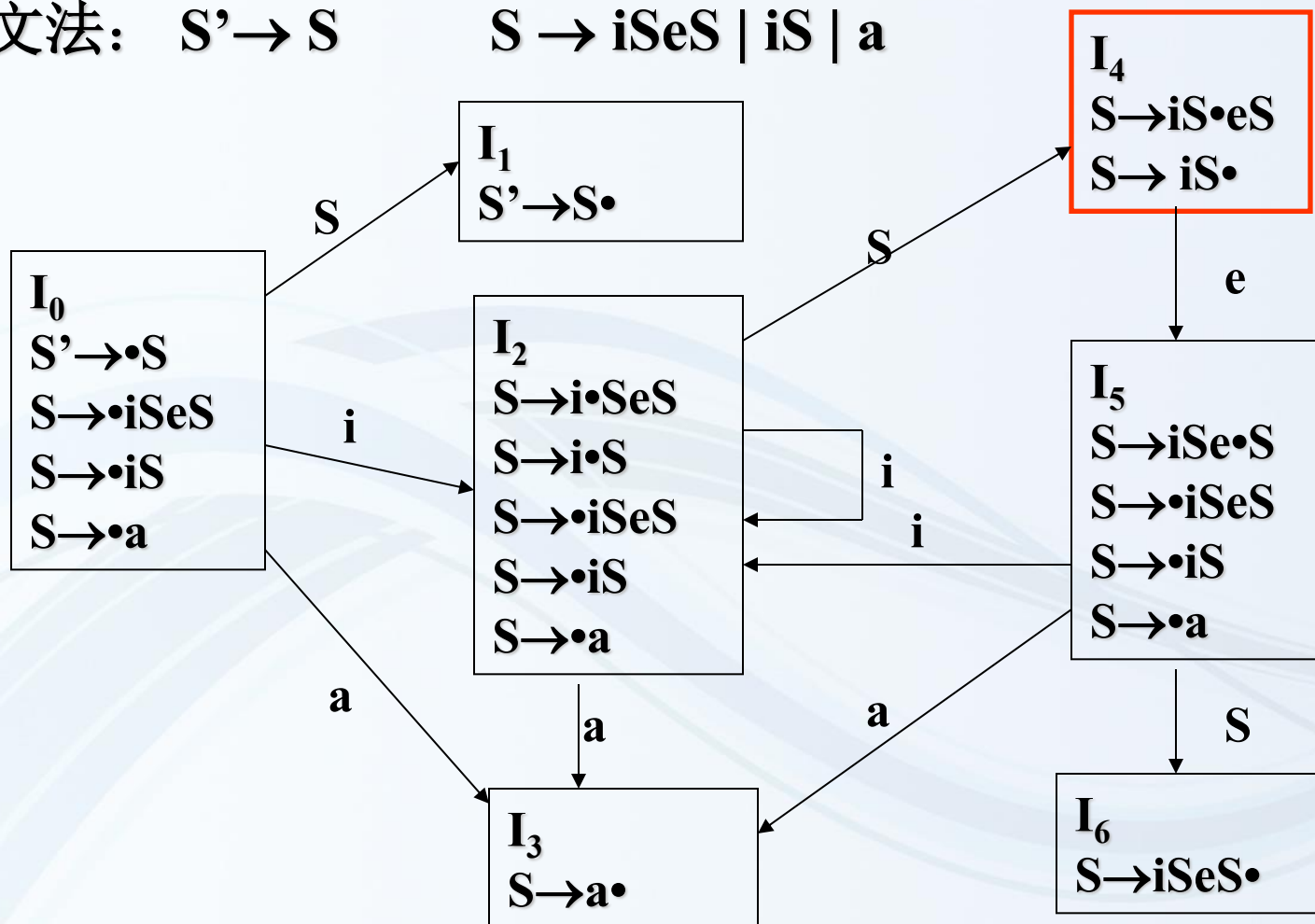
状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_0$	$\{E' \rightarrow \bullet E$ $E \rightarrow \bullet E + E$ $E \rightarrow \bullet E * E$ $E \rightarrow \bullet (E)$ $E \rightarrow \bullet id \}$	<b>E</b> <b>E</b> <b>E</b> <b>(</b> <b>id</b>	$S_1$ $S_1$ $S_1$ $S_2$ $S_3$
$S_1$	$\{E' \rightarrow E \bullet$ $E \rightarrow E \bullet + E$ $E \rightarrow E \bullet * E \}$	$\#E' \rightarrow E$ $+$ $*$	$S_{10}$ $S_4$ $S_5$
$S_2$	$\{E \rightarrow (\bullet E)$ $E \rightarrow \bullet E + E$ $E \rightarrow \bullet E * E$ $E \rightarrow \bullet (E)$ $E \rightarrow \bullet id \}$	<b>E</b> <b>E</b> <b>E</b> <b>(</b> <b>id</b>	$S_6$ $S_6$ $S_6$ $S_2$ $S_3$

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_3$	$\{E \rightarrow id \bullet\}$	$\#E \rightarrow id$	$S_{10}$
$S_4$	$\{E \rightarrow E + \bullet E$ $E \rightarrow \bullet E + E$ $E \rightarrow \bullet E * E$ $E \rightarrow \bullet (E)$ $E \rightarrow \bullet id\}$	<b>E</b> <b>E</b> <b>E</b> <b>(</b> <b>id</b>	$S_7$ $S_7$ $S_7$ $S_2$ $S_3$
$S_5$	$\{E \rightarrow E * \bullet E$ $E \rightarrow \bullet E + E$ $E \rightarrow \bullet E * E$ $E \rightarrow \bullet (E)$ $E \rightarrow \bullet id\}$	<b>E</b> <b>E</b> <b>E</b> <b>(</b> <b>id</b>	$S_8$ $S_8$ $S_8$ $S_2$ $S_3$
$S_6$	$\{E \rightarrow (E \bullet)$ $E \rightarrow E \bullet + E$ $E \rightarrow E \bullet * E\}$	<b>)</b> <b>+</b> <b>*</b>	$S_9$ $S_4$ $S_5$

状态	项目集	后继符号	后继状态
$S_7$	$\{E \rightarrow E + E \bullet$ $E \rightarrow E \bullet + E$ $E \rightarrow E \bullet * E \}$	$\#E \rightarrow E + E$ $+$ $*$	$S_{10}$ $S_4$ $S_5$
$S_8$	$\{E \rightarrow E * E \bullet$ $E \rightarrow E \bullet + E$ $E \rightarrow E \bullet * E \}$	$\#E \rightarrow E * E$ $+$ $*$	$S_{10}$ $S_4$ $S_5$
$S_9$	$\{E \rightarrow (E) \bullet \}$	$\#E \rightarrow (E)$	$S_{10}$

# 使用二义文法（例）

文法:  $S' \rightarrow S$        $S \rightarrow iSeS \mid iS \mid a$



STATE	ACTION				GOTO
	<i>i</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	\$	<i>S</i>
0	s2		s3		1
1				acc	
2	s2		s3		4
3		r3		r3	
4		s5		r2	
5	s2		s3		6
6		r1		r1	