

## 第四章作业

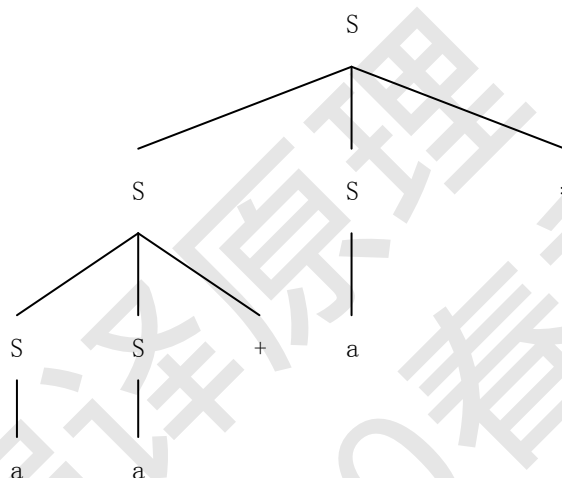
### 第一次作业

#### 练习 4.2.1

1)  $S \Rightarrow SS^* \Rightarrow SS+S^* \Rightarrow aS+S^* \Rightarrow aa+S^* \Rightarrow aa+a^*$

2)  $S \Rightarrow SS^* \Rightarrow Sa^* \Rightarrow SS+a^* \Rightarrow Sa+a^* \Rightarrow aa+a^*$

3)



4) 没有二义性。

(1) 先证明一个该文法产生串的长度的结论：设串的推导过程中使用产生式  $S \Rightarrow SS+$  和  $S \Rightarrow SS^*$  的次数为  $m$ ，则串的长度  $L=2*m+1$ ，且串中包含  $m$  个运算符(+或\*)和 $(m+1)$ 个  $a$ 。

1) 当  $m=0$  时，仅有  $S \Rightarrow a$  一种情况， $L=1$ ，串由 1 个  $a$  和 0 个运算符构成，结论成立；

2) 设当  $m < k(k \geq 1)$  时结论成立，则当  $m=k$  时，第一步推导必然为

$$S \Rightarrow S_1 S_2 op$$

$op$  为+或\*， $S$  下标仅用于区分  $S$  的多次出现。设  $S_1 \xRightarrow{*} \alpha$ ， $S_2 \xRightarrow{*} \beta$ ， $\alpha$ 、 $\beta$  均为使用  $S \Rightarrow S_1 S_2 op$  少于  $k$  次得到的串，设二者推导过程中分别使用该产生式  $k_1$  和  $k_2$  次，根据假设有：

$$L(\alpha)=2*k_1+1, L(\beta)=2*k_2+1$$

串长度  $L=L(\alpha)+L(\beta)+1=2*(k_1+k_2+1)+1=2*k+1$ ；且串中  $a$  的个数为 $(k_1+1)+(k_2+1)=k+1$ ；运算符个数为  $k_1+k_2+1=k$ ，故结论成立。

(2) 下面证明该文法无二义性，对串的长度做归纳。由前述证明可知，该文法产生的串长  $L$  可为任意非负奇数。对由该文法得到的长度为  $L=2*k+1$  串  $\omega$ ：

1) 当  $k=0$  时， $L=2*0+1=1$ ，只有  $S \Rightarrow a$  一种情况，显然没有二义性。

2) 设当  $k < n$  时结论成立。  $S \xRightarrow{*} \omega$ , 根据  $\omega$  末尾运算符可确定第一步推导使用的产生式, 不妨设为:

$$S \Rightarrow S_1 S_2 +$$

从后向前处理串  $\omega$ , 除去末尾的运算符, 找到可以由  $S$  推导出的最短的串  $\alpha$ , 设  $\alpha$  长度为  $m_1$ , 由前述结论可知  $m_1 = 2 * k_1 + 1$ , 且  $\alpha$  包含  $k_1$  个运算符与  $(k_1 + 1)$  个  $a$ ,

由归纳假设可知  $\alpha$  无二义性, 存在唯一的最左推导  $S \xRightarrow[lm]{*} \alpha$ ;

设串  $\omega$  剩余部分为  $\beta$ , 设  $\beta$  长度为  $m_2$ , 同理可知  $m_2 = 2 * k_2 + 1$ ,  $\beta$  包含  $k_2$  个运算符与  $(k_2 + 1)$  个  $a$ , 存在唯一最左推导  $S \xRightarrow[lm]{*} \beta$ , 且满足  $k = k_1 + k_2$ 。

此时串  $\omega$  可表示成如下形式:

$$\omega = \beta \alpha +$$

故存在唯一的最左推导:

$$S \Rightarrow S S + \xRightarrow[lm]{*} \beta S + \xRightarrow[lm]{*} \beta \alpha +$$

此时仍不存在二义性。

综上所述, 该文法不具有二义性。

5) 由字符  $a$  与运算符  $+$ 、 $*$  构成的后缀表达式。

### 练习 4.2.3

$$S \rightarrow 01S \mid 1S \mid \varepsilon$$

### 练习 4.3.1

- 1) 该文法无左公因子
- 2) 不能, 因为有左递归存在
- 3)  $\text{rexpr} \rightarrow \text{rterm rexpr}'$   
 $\text{rexpr}' \rightarrow + \text{rterm rexpr}' \mid \varepsilon$   
 $\text{rterm} \rightarrow \text{rfactor rterm}'$   
 $\text{rterm}' \rightarrow \text{rfactor rterm}' \mid \varepsilon$   
 $\text{rfactor} \rightarrow \text{rprimary rfactor}'$   
 $\text{rfactor}' \rightarrow * \text{rfactor}' \mid \varepsilon$   
 $\text{rprimary} \rightarrow a \mid b$
- 4) 适合

## 第二次作业

### 1.

即使当非终结符用某个产生式匹配成功，但是这种成功可能只是暂时的，因为没有足够的信息来唯一地确定可能的产生式，所以分析过程就会产生回溯。

不可以。例如对于产生式  $A \Rightarrow \alpha \mid \beta$ ,  $FIRST(\alpha)$  与  $FIRST(\beta)$  交集为空集，但  $\epsilon$  是其中某个  $FIRST$  集合的元素，不是一般性，假设  $\epsilon \in FIRST(\alpha)$ ，想要避免回溯，则还需要考虑  $FOLLOW(A)$  与  $FIRST(\beta)$  的情况

### 2.

#### a) 消除左递归

$lexp \rightarrow atom \mid list$

$atom \rightarrow number \mid identifier$

$list \rightarrow ( lexp-seq )$

$lexp-seq \rightarrow lexp lexp-seq'$

$lexp-seq' \rightarrow lexp lexp-seq' \mid \epsilon$

#### b) 求该文法的 $FIRST$ 集合和 $FOLLOW$ 集合

$FIRST(lexp) = \{ number, identifier, ( \}$

$FIRST(atom) = \{ number, identifier \}$

$FIRST(list) = \{ ( \}$

$FIRST(lexp-seq) = \{ number, identifier, ( \}$

$FIRST(lexp-seq') = \{ \epsilon, number, identifier, ( \}$

$FOLLOW(lexp) = \{ \$, ), number, identifier, ( \}$

$FOLLOW(atom) = \{ \$, ), number, identifier, ( \}$

$FOLLOW(list) = \{ \$, ), number, identifier, ( \}$

$FOLLOW(lexp-seq) = \{ ) \}$

$FOLLOW(lexp-seq') = \{ ) \}$

#### c) 说明所得的文法是 LL(1) 文法

可以根据 LL(1) 文法的定义来证明

因为对于：1)  $lexp$  为左部的产生式，有  $FIRST(atom) \cap FIRST(list) = \phi$ ，且

2)  $atom$  为左部的产生式， $FIRST(number) \cap FIRST(identifier) = \phi$ ，且

3)  $lexp$  为左部的产生式， $FIRST(lexp lexpseq') \cap FIRST(\epsilon) = FIRST(lexp)$

$\cap FIRST(\epsilon) = \phi$ ，且  $FIRST(lexp-seq') \cap FOLLOW(lexp-seq') = \phi$

所以该文法是 LL(1) 文法

#### d) 为所得的文法构造 LL(1) 分析表

非终结符	输入符号				
	Number	Identifier	(	)	\$
lexp	lexp $\rightarrow$ atom	lexp $\rightarrow$ atom	lexp $\rightarrow$ list		
atom	atom $\rightarrow$ number	atom $\rightarrow$ identifier			
list			list $\rightarrow$ ( lexp-seq )		
lexp-seq	lexp-seq $\rightarrow$ lexp lexp-seq'	lexp-seq $\rightarrow$ lexp lexp-seq'	lexp-seq $\rightarrow$ lexp lexp-seq'		
lexp-seq'	lexp-seq' $\rightarrow$ lexp lexp-seq'	lexp-seq' $\rightarrow$ lexp lexp-seq'	lexp-seq' $\rightarrow$ lexp lexp-seq'	lexp-seq' $\rightarrow$ $\epsilon$	

e) 对输入串(a (b (2)) (c))给出相应得 LL(1)分析程序的动作

记 lexp 为 E, list 为 L, atom 为 A, lexp-seq 为 S, lexp-seq' 为 S', number 为 num, identifier 为 id, 则分析过程如下:

栈	输入	动作
\$ E	(a(b(2))(c))\$	E $\rightarrow$ L
\$ L	(a(b(2))(c))\$	L $\rightarrow$ (S)
\$ ) S (	(a(b(2))(c))\$	match
\$ ) S	a(b(2))(c))\$	S $\rightarrow$ E S'
\$ ) S' E	a(b(2))(c))\$	E $\rightarrow$ A
\$ ) S' A	a(b(2))(c))\$	A $\rightarrow$ id
\$ ) S' id	a(b(2))(c))\$	match
\$ ) S'	(b(2))(c))\$	S' $\rightarrow$ E S'
\$ ) S' E	(b(2))(c))\$	E $\rightarrow$ L
\$ ) S' L	(b(2))(c))\$	L $\rightarrow$ (S)
\$ ) S' S (	(b(2))(c))\$	match
\$ ) S' S	b(2))(c))\$	S $\rightarrow$ E S'
\$ ) S' S' E	b(2))(c))\$	E $\rightarrow$ A
\$ ) S' S' A	b(2))(c))\$	A $\rightarrow$ id
\$ ) S' S' id	b(2))(c))\$	match
\$ ) S' S'	(2))(c))\$	S' $\rightarrow$ E S'
\$ ) S' S' E	(2))(c))\$	E $\rightarrow$ L
\$ ) S' S' L	(2))(c))\$	L $\rightarrow$ (S)
\$ ) S' S' S (	(2))(c))\$	match
\$ ) S' S' S	2))(c))\$	S $\rightarrow$ E S'
\$ ) S' S' S' E	2))(c))\$	E $\rightarrow$ A
\$ ) S' S' S' A	2))(c))\$	A $\rightarrow$ num
\$ ) S' S' S' num	2))(c))\$	match
\$ ) S' S' S'	))(c))\$	S' $\rightarrow$ $\epsilon$
\$ ) S' S' )	))(c))\$	match

\$ ) S' ) S'	)(c))\$	$S' \rightarrow \epsilon$
\$ ) S')	)(c))\$	match
\$ ) S'	(c))\$	$S' \rightarrow E S$
\$ ) S'E	(c))\$	$E \rightarrow L$
\$ ) S'L	(c))\$	$L \rightarrow (S)$
\$ ) S')S(	(c))\$	match
\$ ) S')S	c))\$	$S \rightarrow E S'$
\$ ) S')S'E	c))\$	$E \rightarrow A$
\$ ) S')S'A	c))\$	$A \rightarrow id$
\$ ) S')S'id	c))\$	match
\$ ) S')S'	))\$	$S' \rightarrow \epsilon$
\$ ) S')	))\$	match
\$ ) S'	)\$	$S' \rightarrow \epsilon$
\$ )	)\$	Match
\$	\$	Accept

#### 练习 4.5.2

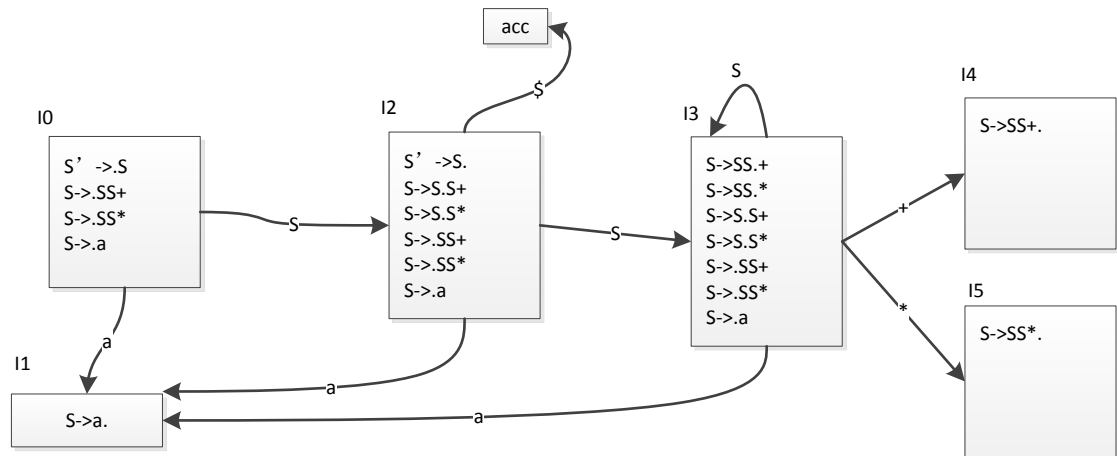
1.  $SS^+$
2.  $SS^+$
3. 第一个 a

#### 练习 4.6.2

增广文法如下：

- 1)  $S' \rightarrow S$
- 2)  $S \rightarrow SS^+$
- 3)  $S \rightarrow SS^*$
- 4)  $S \rightarrow a$

GOTO 函数见下图：



$FOLLOW(S) = \{ a, \$, +, * \}$

语法分析表如下：

状态	ACTION				GOTO
	a	+	*	\$	S
0	S1				2
1	R4	R4	R4	R4	
2	S1			acc	3
3	S1	S4	S5		3
4	R2	R2	R2	R2	
5	R3	R3	R3	R3	

因为没有冲突，所以是 SLR 文法。

#### 练习 4.7.1

增广文法如下：

- 1)  $S' \rightarrow S$
- 2)  $S \rightarrow SS+$
- 3)  $S \rightarrow SS^*$
- 4)  $S \rightarrow a$

1. 正规 LR 项目集族如下：

$I_0$

$S' \rightarrow \cdot S, \$$   
 $S \rightarrow \cdot SS+, \$/a$   
 $S \rightarrow \cdot SS^*, \$/a$   
 $S \rightarrow \cdot a, \$/a$

$I_1$

$S \rightarrow a \cdot, \$/a$

$I_2$

$S' \rightarrow S., \$$   
 $S \rightarrow S.S+, \$/a$   
 $S \rightarrow S.S*, \$/a$   
 $S \rightarrow .SS+, +/* /a$   
 $S \rightarrow .SS*, +/* /a$   
 $S \rightarrow .a, +/* /a$

**I<sub>3</sub>**  
 $S \rightarrow a., +/* /a$

**I<sub>4</sub>**  
 $S \rightarrow SS., \$/a$   
 $S \rightarrow SS.*, \$/a$   
 $S \rightarrow S.S+, +/* /a$   
 $S \rightarrow S.S*, +/* /a$   
 $S \rightarrow .SS+, +/* /a$   
 $S \rightarrow .SS*, +/* /a$   
 $S \rightarrow .a, +/* /a$

**I<sub>5</sub>**  
 $S \rightarrow SS+., \$/a$

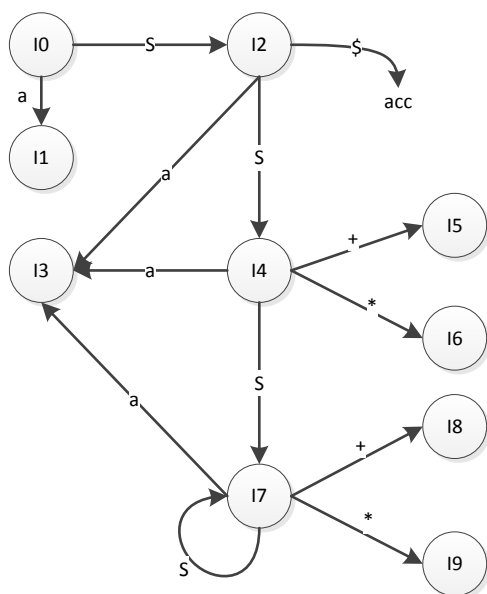
**I<sub>6</sub>**  
 $S \rightarrow SS*., \$/a$

**I<sub>7</sub>**  
 $S \rightarrow SS., +/* /a$   
 $S \rightarrow SS.*, +/* /a$   
 $S \rightarrow S.S+, +/* /a$   
 $S \rightarrow S.S*, +/* /a$   
 $S \rightarrow .SS+, +/* /a$   
 $S \rightarrow .SS*, +/* /a$   
 $S \rightarrow .a, +/* /a$

**I<sub>8</sub>**  
 $S \rightarrow SS+., +/* /a$

**I<sub>9</sub>**  
 $S \rightarrow SS*., +/* /a$

状态转换图如下：



语法分析表如下：

状态	ACTION				GOTO
	a	+	*	\$	S
0	S1				2
1	R4			R4	
2	S3			acc	4
3	R4	R4	R4		
4	S3	S5	S6		7
5	R2			R2	
6	R3			R3	
7	S3	S8	S9		7
8	R2	R2	R2		
9	R3	R3	R3		

2. 归并得到 LALR 项目集族如下：

**I0**

$S' \rightarrow .S, \$$

$S \rightarrow .SS+, \$/a$

$S \rightarrow .SS*, \$/a$

$S \rightarrow .a, \$/a$

**I13**

$S \rightarrow a., \$/+/* /a$

**I2**

$S' \rightarrow S., \$$

$S \rightarrow S.S+, \$/a$



$S \rightarrow S.S^*, \$ / a$   
 $S \rightarrow .SS+, + / * / a$   
 $S \rightarrow .SS^*, + / * / a$   
 $S \rightarrow .a, + / * / a$

#### I47

$S \rightarrow SS.+, + / * / a / \$$   
 $S \rightarrow SS.* , + / * / a / \$$   
 $S \rightarrow S.S+, + / * / a$   
 $S \rightarrow S.S^*, + / * / a$   
 $S \rightarrow .SS+, + / * / a$   
 $S \rightarrow .SS^*, + / * / a$   
 $S \rightarrow .a, + / * / a$

#### I58

$S \rightarrow SS+. , + / * / a / \$$

#### I69

$S \rightarrow SS*. , + / * / a / \$$