

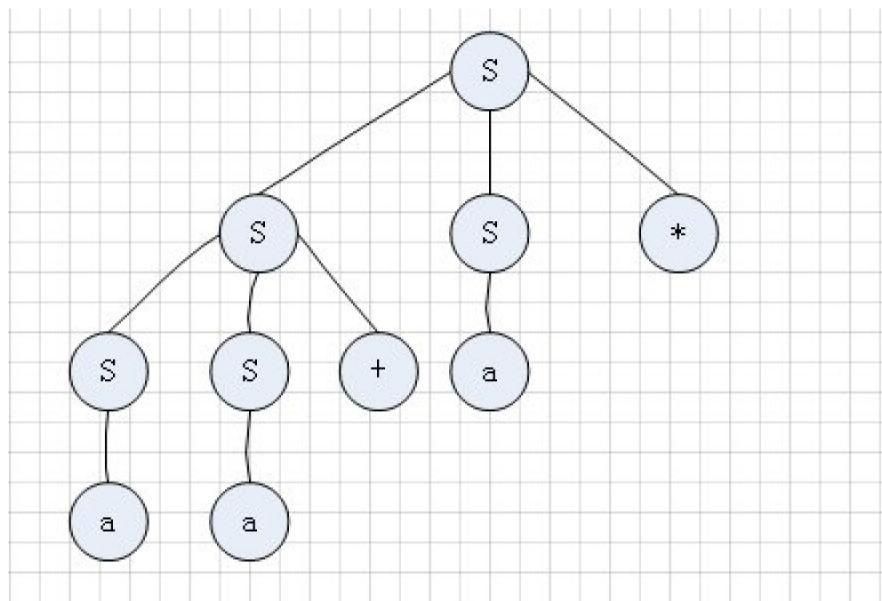
第四章

习题 4.2.1: 考虑上下文无关文法: $S \rightarrow S S + \mid S S * \mid a$ 以及串 $aa + a*$

(1) 给出这个串的一个最左推导

$$\begin{aligned} S &\rightarrow S S * \\ &\rightarrow S S + S * \\ &\rightarrow a S + S * \\ &\rightarrow a a + S * \\ &\rightarrow aa + a* \end{aligned}$$

(3) 给出这个串的一棵语法分析树



习题 4.3.1: 下面是一个只包含符号 a 和 b 的正则表达式的文法。它使用 $+$ 替代表示并运算的符号 $|$ ，以避免和文法中作为元符号使用的竖线相混淆:

$$\begin{aligned} \text{rexpr} &\rightarrow \text{rexpr} + \text{rterm} \mid \text{rterm} \\ \text{rterm} &\rightarrow \text{rterm} \text{rfactor} \mid \text{rfactor} \\ \text{rfactor} &\rightarrow \text{rfactor} * \mid \text{rprimary} \\ \text{rprimary} &\rightarrow a \mid b \end{aligned}$$

- 1) 对这个文法提取公因子
- 2) 提取公因子的变换使这个文法适用于自顶向下的语法分析技术吗?
- 3) 提取公因子之后, 原文法中消除左递归
- 4) 得到的文法适用于自顶向下的语法分析吗?

解

- 1) 提取左公因子之后的文法变为

$$\begin{aligned} \text{rexpr} &\rightarrow \text{rexpr} + \text{rterm} \mid \text{rterm} \\ \text{rterm} &\rightarrow \text{rterm} \text{rfactor} \mid \text{rfactor} \\ \text{rfactor} &\rightarrow \text{rfactor} * \mid \text{rprimary} \\ \text{rprimary} &\rightarrow a \mid b \end{aligned}$$

- 2) 不可以, 文法中存在左递归, 而自顶向下技术不适合左递归文法
- 3) 消除左递归后的文法

```

rexpr -> rterm rexr'
rexpr' -> + rterm rexr' | ε
rterm -> rfactor rterm'
rterm' -> rfactor rterm' | ε
rfactor -> rprimary rfactor'
rfactor' -> *rfactor' | ε
rprimary -> a | b

```

4) 该文法无左递归，适合于自顶向下的语法分析

习题 4.4.1: 为下面的每一个文法设计一个预测分析器，并给出预测分析表。可能要先对文法进行提取左公因子或消除左递归

(3) $S \rightarrow S(S)S \mid \varepsilon$

(5) $S \rightarrow (L) \mid a \quad L \rightarrow L, S \mid S$

解

(3)

①消除该文法的左递归后得到文法

$S \rightarrow S'$

$S' \rightarrow (S)SS' \mid \varepsilon$

用类 Pascal 语言构造的一个预测分析器:

```

PROCEDURE S
BEGIN
  S;
  WHILE (lookahead == '(')
  THEN BEGIN
    match '(');
    S;
    match (')');
  END;
  ELSE IF (lookahead == 'a')
  THEN match('a')
  ELSE error
END;

```

②计算 FIRST 和 FOLLOW 集合

$\text{FIRST}(S) = \{ (, \varepsilon \} \quad \text{FOLLOW}(S) = \{), \$ \}$

$\text{FIRST}(S') = \{ (, \varepsilon \} \quad \text{FOLLOW}(S') = \{), \$ \}$

③构建预测分析表

非终结符号	输入符号		
	()	\$
S	$S \rightarrow S'$	$S \rightarrow S'$	$S \rightarrow S'$
S'	$S' \rightarrow (S)SS'$	$S' \rightarrow \varepsilon$	$S' \rightarrow \varepsilon$

(5)

①消除该文法的左递归得到文法

$S \rightarrow (L) \mid a$

$L \rightarrow SL'$
 $L' \rightarrow \epsilon, SL' \mid \epsilon$

用类 Pascal 语言的一个预测分析器:

```

PROCEDURE S
BEGIN
    if (lookahead == ' ( ' )
    THEN BEGIN
        match ( ' ( ' );
        L;
        match ( ' ) ' );
    END;
    ELSE IF (lookahead == ' a ' )
        THEN match ( ' a ' )
        ELSE error
    END;
PROCEDURE L;
BEGIN
    S;
    WHILE (lookahead == ' , ' );
    BEGIN
        match ( ' , ' );
        S;
    END;
END;

```

②计算 FIRST 与 FOLLOW 集合

$FIRST(S) = \{ (, a \}$ $FOLLOW(S) = \{), , , \$ \}$

$FIRST(L) = \{ (, a \}$ $FOLLOW(L) = \{) \}$

$FIRST(L') = \{ , , \epsilon \}$ $FOLLOW(L') = \{) \}$

③构建预测分析表

非终结符号	输入符号				
	()	,	a	\$
S	$S \rightarrow (L)$			$S \rightarrow a$	
L	$L \rightarrow SL'$			$L \rightarrow SL'$	
L'		$L' \rightarrow \epsilon$	$L' \rightarrow , SL'$		

习题 4.4.4 计算练习 4.2.2 的文法的 FIRST 和 FOLLOW 集合

3) $S \rightarrow S(S)S \mid \epsilon$

5) $S \rightarrow (L) \mid a, L \rightarrow L, S \mid S$

解:

3) $FIRST(S) = \{ \epsilon, (\}$ $FOLLOW(S) = \{ (,), \$ \}$

5) $FIRST(S) = \{ (, a \}$ $FOLLOW(S) = \{), , , \$ \}$

$FIRST(L) = \{ (, a \}$ $FOLLOW(L) = \{), , \}$

习题 4.6.2 为练习 4.2.1 中的增广文法构造 SLR 项集, 计算这些项集的 GOTO 函数, 给出这个文法的语法分析表。这个文法是 SLR 文法吗?

$S \rightarrow SS+ \mid SS* \mid a$

解:

①构造该文法的增广文法如下

$S' \rightarrow S$

$S \rightarrow SS+$

$S \rightarrow SS*$

$S \rightarrow a$

②构造该文法的 LR(0) 项集如下

I0	I1	I2	I3	I4	I5
$S' \rightarrow \cdot S$	$S' \rightarrow \cdot S$	$S \rightarrow \cdot a$	$S \rightarrow SS \cdot +$	$S \rightarrow SS \cdot +$	$S \rightarrow SS \cdot +$
$S \rightarrow \cdot SS+$	$S \rightarrow \cdot S S+$		$S \rightarrow SS \cdot *$		
$S \rightarrow \cdot SS*$	$S \rightarrow \cdot S S*$		$S \rightarrow \cdot S S+$		
$S \rightarrow \cdot a$	$S \rightarrow \cdot SS+$		$S \rightarrow \cdot S S*$		
	$S \rightarrow \cdot SS*$		$S \rightarrow \cdot SS+$		
	$S \rightarrow \cdot a$		$S \rightarrow \cdot SS*$		
			$S \rightarrow \cdot a$		

③GOTO 函数如下

$GOTO(I0, S) = I1$ $GOTO(I0, a) = I2$

$GOTO(I1, S) = I3$ $GOTO(I1, a) = I2$ $GOTO(I1, \$) = acc$

$GOTO(I3, S) = I3$ $GOTO(I3, +) = I4$ $GOTO(I3, *) = I5$ $GOTO(I3, a) = I2$

④构造该文法的语法分析表

状态	ACTION				GOTO
	+	*	a	\$	S
0			S2		1
1			S2	acc	3
2	R3	R3	R3	R3	
3	S4	S5	S2		3
4	R1	R1	R1	R1	
5	R2	R2	R2	R2	

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

这个文法是 SLR 文法, 因为语法分析表中没有重复的条目

习题 4.6.6 说明下面文法

$S \rightarrow SA \mid A$

$A \rightarrow a$

是 SLR(1) 的, 而不是 LL(1) 的。

证明:

1) 可以求得 $FIRST(SA) = FIRST(A) = \{ a \}$, 故该文法不是 LL(1) 文法

2) 构造该文法的增广文法的语法分析表如下

①构造增广文法

$S' \rightarrow S$
 $S \rightarrow SA$
 $S \rightarrow A$
 $A \rightarrow a$

②构造 LR(0) 项集族

I0	I1	I2	I3	I4
$S' \rightarrow \cdot S$ $S \rightarrow \cdot SA$ $S \rightarrow \cdot A$ $A \rightarrow \cdot a$	$S' \rightarrow S \cdot$ $S \rightarrow S \cdot A$ $A \rightarrow \cdot a$	$S \rightarrow A \cdot$	$A \rightarrow a \cdot$	$S \rightarrow SA \cdot$

③GOTO 函数如下

$GOTO(I0, S)=I1$ $GOTO(I0, A)=I2$ $GOTO(I0, a)=I3$
 $GOTO(I1, A)=I4$ $GOTO(I1, a)=I3$ $GOTO(I1, \$)=acc$

④构建语法分析表如下 ($FOLLOW(A)=FOLLOW(S)=\{a, \$\}$)

状态	ACTION		GOTO	
	a	\$	S	A
0	S3		1	2
1	S3	acc		4
2	R2	R2		
3	R3	R3		
4	R1	R1		

可以看到该语法分析表中没有重复的条目故该文法是 SLR(1) 文法

习题 4.7.4 说明下面的文法

$S \rightarrow Aa \mid bAc \mid dc \mid bda$

$A \rightarrow d$

是 LALR(1) 的，但不是 SLR(1) 的

证明：

1、构造该文法的 SLR(1) 语法分析表

①构造增广文法

$S' \rightarrow S$
 $S \rightarrow Aa$
 $S \rightarrow bAc$
 $S \rightarrow dc$
 $S \rightarrow bda$
 $A \rightarrow d$

②构造 LR(0) 项集族

I0 S' ->. S S->. Aa S->. bAc S->. dc S->. bda A->. d	I1 S' ->S. I3 S->b. Ac S->b. da A->. d	I2 S->A. a I4 S->d. c A->d.	I5 S->Aa. I6 S->bA. c I7 S->bd. a A->d.	I8 S->dc. I9 S->bAc. I10 S->bda.
---	---	---	--	--

③GOTO 函数

GOTO(I0, S)=I1 GOTO(I0, A)=I2 GOTO(I0, b)=I3 GOTO(I0, d)=I4
GOTO(I1, \$)=acc GOTO(I2, a)=I5 GOTO(I3, A)=I6 GOTO(I3, d)=I7
GOTO(I4, c)=I8 GOTO(I6, c)=I9 GOTO(I7, a)=I10

④构建 SLR 语法分析表如下 (FOLLOW(A)={a, c})

状态	ACTION					GOTO	
	a	b	c	d	\$	S	A
0		S3		S4		1	2
1					acc		
2	S5						
3				S7			6
4	R5		S8 R5				
5					R1		
6			S9				
7	S10 R5		R5				
8					R3		
9					R2		
10					R4		

可以看到在图中存在二义性的条目，故该文法不是 SLR(1) 文法

2、构造该文法的 LALR(1) 语法分析表

①构造该增广文法的 LR(1) 项集族如下

I0 S' ->. S, \$ S->. Aa, \$ S->. bAc, \$ S->. dc, \$ S->. bda, \$ A->. d, a	I1 S' ->S. , \$ I2 S->A. a, \$	I3 S->b. Ac, \$ S->b. da, \$ A->. d, c I4 S->d. c, \$ A->d. , \$	I5 S->Aa. , \$ I6 S->bA. c. , \$	I7 S->bd. a. , \$ A->d. , c I8 S->dc. , \$	I9 S->bAc. , \$ I10 S->bda. , \$
--	---	--	---	--	---

②项集合并：没有可以合并的项集

③GOTO 函数

GOTO(I0, S)=I1 GOTO(I0, A)=I2 GOTO(I0, b)=I3 GOTO(I0, d)=I4
GOTO(I1, \$)=acc GOTO(I2, a)=I5 GOTO(I3, A)=I6 GOTO(I3, d)=I7

GOTO(I4, c)=I8 GOTO(I6, c)=I9 GOTO(I7, a)=I10

④构造 LALR(1) 分析表如下

状态	ACTION					GOTO	
	a	b	c	d	\$	S	A
0		S3		S4		1	2
1					acc		
2	S5						
3				S7			6
4	R5		S8		R5		
5					R1		
6			S9				
7	S10		R5				
8					R3		
9					R2		
10					R4		

可见该分析表中不存在二义性的条目，故该文法是 LALR(1) 文法

习题 4.7.5 说明下面的文法

$S \rightarrow Aa \mid bAc \mid Bc \mid bBa$

$A \rightarrow d$

$B \rightarrow d$

是 LR(1) 的，但不是 LALR(1) 的

证明：

1、构造该文法的 LR(1) 语法分析表

①构造该文法的增广文法

$S' \rightarrow S$

$S \rightarrow Aa$

$S \rightarrow bAc$

$S \rightarrow Bc$

$S \rightarrow bBa$

$A \rightarrow d$

$B \rightarrow d$

②构造该增广文法的 LR(1) 项集族如下

I0 $S' \rightarrow \cdot S, \$$ $S \rightarrow \cdot Aa, \$$ $S \rightarrow \cdot bAc, \$$ $S \rightarrow \cdot Bc, \$$ $S \rightarrow \cdot bBa, \$$ $A \rightarrow \cdot d, a$ $B \rightarrow \cdot d, c$	I1 $S' \rightarrow S \cdot, \$$	I2 $S \rightarrow A \cdot a, \$$	I6 $S \rightarrow Aa \cdot, \$$	I10 $S \rightarrow Bc \cdot, \$$	I12 $S \rightarrow bBa \cdot, \$$
	I3 $S \rightarrow b \cdot Ac, \$$ $S \rightarrow b \cdot Ba, \$$ $A \rightarrow \cdot d, c$ $B \rightarrow \cdot d, a$	I4 $S \rightarrow B \cdot c, \$$	I7 $S \rightarrow bA \cdot c, \$$		I9 $A \rightarrow d \cdot, c$ $B \rightarrow d \cdot, a$
		I5 $A \rightarrow d \cdot, a$ $B \rightarrow d \cdot, c$	I8 $S \rightarrow bB \cdot a, \$$	I11 $S \rightarrow bAc \cdot, \$$	

②项集合并：没有可以合并的项集

③GOTO 函数

GOTO(I0, S)=I1 GOTO(I0, A)=I2 GOTO(I0, b)=I3 GOTO(I0, B)=I4 GOTO(I0, d)=I5
 GOTO(I1, \$)=acc GOTO(I2, a)=I6 GOTO(I3, A)=I7 GOTO(I3, B)=I8 GOTO(I3, d)=I9
 GOTO(I4, c)=I10 GOTO(I7, c)=I11 GOTO(I8, a)=I12

④构造 LR(1) 分析表如下

状态	ACTION					GOTO		
	a	b	c	d	\$	S	A	B
0		S3		S5		1	2	4
1					acc			
2	S6							
3				S9			7	8
4			S10					
5	R5		R6					
6					R1			
7			S11					
8	S12							
9	R6		R5					
10					R3			
11					R2			
12					R4			

可见该分析表中不存在二义性的条目，故该文法是 LR(1) 文法

2、构造该文法的 LALR(1) 语法分析表

①合并 LR(1) 项集族

I5 和 I9 可以合并为 I59

I59
A→d. , a/c
B→d. , c/c

②构造 LALR(1) 语法分析表如下

状态	ACTION					GOTO		
	a	b	c	d	\$	S	A	B
0		S3		S59		1	2	4
1					acc			
2	S6							
3				S9			7	8
4			S9					
59	R5 R6		R6 R6					
6					R1			
7			S10					
8	S11							
9					R3			
10					R2			
11					R4			

可见该语法分析表中存在有二义性的条目，故该文法不是 LALR(1) 文法