

# Chapter 4

## 讨论

### 0.1

为什么左递归消除后, 文法的右递归对自上而下的语法分析无害?

自上而下语法分析器的另一个名称是 LL 语法分析器, 具体的含义为:

- L: 从左到右扫描输入串
- L: 遵循最左推导

LL 分析中左递归致命性的灾难在于, 试图匹配一个具有左递归模式的产生式, 会导致这个产生式不停的向左侧展开 (且没有终止条件), 使得用于匹配 token 的指针停滞不前 (匹配过程中, 匹配指针的移动方向是唯一固定的). 相反的, 只要成功匹配到了一个不具有左递归模式的产生式, 分析器就会在记录后, 更新匹配指针.

右递归的存在, 会在向右展开产生式的同时, 向右移动匹配指针, 而待匹配的字符串显然是有穷的. 那么右递归的存在, 还是可以保证匹配过程的有穷性.

换言之, 右递归情况下, 每次展开都会使得右递归的非终结符出现在产生式的末尾, 使产生式的长度不断减小, 最终终止分析.

### 0.2

现在已知:

$$A \rightarrow \alpha_1 | \alpha_2 | \alpha_3 | \dots | \alpha_n$$

如果:

$$First(\alpha_i) \cap First(\alpha_j) = \{\epsilon\}$$

是否会对自上而下的语法分析造成影响?

并不会造成影响.

一般情况下, 确保候选式对应的 First 集合两两不交的目的在于, 让任意一个可能存在的后继的输入符号, 能够仅仅根据首字符等特征确定一个唯一候选作为匹配.

空串意味着, 不存在任何有效的输入符号, 既没有前驱也没有后继. 在这种情况下, 随意指派任意一个候选后, LL 分析都会终止, 不会对结果的正确性产生影响.

# 作业

## 1.1

已知文法:

$$\begin{aligned}G(E) : E &\rightarrow [F]E|[F] \\ F &\rightarrow Fi|i\end{aligned}$$

1. 消除该文法的左递归, 提取左公因子
2. 给出改造后文法的 每一个非终结符 的 **First** 和 **Follow** 集合
3. 给出改造后文法的 预测分析表

**Case1:**  $[, ]$  都是 终结符

$T_1 :$

$$\begin{aligned}G(E) : E &\rightarrow [F]E' \\ E' &\rightarrow E|\epsilon \\ F &\rightarrow iF' \\ F' &\rightarrow iF'|\epsilon\end{aligned}$$

$T_2 :$

$v$	$First(v)$	$Follow(v)$
$E$	$\{[\}$	$\{\#\}$
$E'$	$\{[, \epsilon\}$	$\{\#\}$
$F$	$\{i\}$	$\{[\}$
$F'$	$\{i, \epsilon\}$	$\{[\}$

$T_3 :$

	$[$	$i$	$]$	$\#$
$E$	$E \rightarrow [F]E'$			
$E'$	$E' \rightarrow E$			$E' \rightarrow \epsilon$
$F$		$F \rightarrow iF'$		
$F'$		$F' \rightarrow iF'$	$F' \rightarrow \epsilon$	

## Case2: [, ] 是扩充的巴克斯范式 中的 特定符号

**注意:** 经求证, 一般题目不做特殊说明, 所有产生式都不会启用 扩充巴科斯范式 的规则

$T_1$

此时, 先将题目改写为:

$$\begin{aligned} G(E) : E &\rightarrow FE|E|F|\epsilon \\ F &\rightarrow Fi|i \end{aligned}$$

此时, 很不幸的是,  $E \rightarrow E|\epsilon$  这个产生式, 结合上下文, 可以使用 等价牺牲, 完成 消除左递归:

$$\begin{aligned} G(E) : E &\rightarrow FE|F|\epsilon \\ F &\rightarrow Fi|i \end{aligned}$$

然后就可以, 进一步 消除左递归, 提取左公因子了:

$$\begin{aligned} G(E) : E &\rightarrow FE'| \epsilon \\ E' &\rightarrow E| \epsilon \\ F &\rightarrow iF' \\ F' &\rightarrow Fi| \epsilon \end{aligned}$$

$T_2$

$v$	$First(v)$	$Follow(v)$
$E$	$\{i, \epsilon\}$	$\{\#\}$
$E'$	$\{i, \epsilon\}$	$\{\#\}$
$F$	$\{i\}$	$\{i\}$
$F'$	$\{i, \epsilon\}$	$\{i\}$

$T_3$

	$i$	$\#$
$E$	$E \rightarrow FE'$	$E \rightarrow \epsilon$
$E'$	$E' \rightarrow E$	$E' \rightarrow \epsilon$
$F$	$F \rightarrow iF'$	
$F'$	$F' \rightarrow Fi$	$F' \rightarrow \epsilon$

## 1.2

已知文法:

$$G(S) : S \rightarrow (A) | bS | b$$

$$A \rightarrow A ; S | S$$

1. 消除该文法的左递归, 提取左公因子
2. 给出改造后文法的 每一个非终结符 的 **First** 和 **Follow** 集合
3. 给出改造后文法的 预测分析表

T1:

$$G(S) : S \rightarrow (A) | bS'$$

$$S' \rightarrow S | \epsilon$$

$$A \rightarrow SA'$$

$$A' \rightarrow ; SA' | \epsilon$$

T2:

$v$	$First(v)$	$Follow(v)$
$S$	$\{ (, b \}$	$\{ \#, ;, , \}$
$S'$	$\{ (, b, \epsilon \}$	$\{ \#, ;, , \}$
$A$	$\{ (, b \}$	$\{ ) \}$
$A'$	$\{ ;, \epsilon \}$	$\{ ) \}$

T3:

	$($	$b$	$)$	$;$	$\#$
$S$	$S \rightarrow (A)$	$S \rightarrow bS'$			
$S'$	$S' \rightarrow S$	$S' \rightarrow S$	$S' \rightarrow \epsilon$	$S' \rightarrow \epsilon$	$S' \rightarrow \epsilon$
$A$	$A \rightarrow SA'$	$A \rightarrow SA'$			
$A'$			$A' \rightarrow \epsilon$	$A' \rightarrow ; SA'$	

## 1.3 (P81-T2)

### 写在前面

这个题目出的有问题, 原来的题目中  $T \rightarrow +FT'$  这个地方很明显是印错了, 出题人想表达的意思应该是  $T \rightarrow FT'$

因为这个东西本质上是只包含  $+, *, \wedge$  操作的算术表达式

如果按照原题, 这个文法是有二义性的, 细节为:

$$\begin{aligned}
 T' &\rightarrow T|\epsilon \\
 First(T') &= \{+, \epsilon\} \\
 Follow(T') &= \{+, \#, )\} \\
 First(T') \cap Follow(T') &= \{+\} \neq \Phi
 \end{aligned}$$

针对下面给定的文法  $G$ :

$$\begin{aligned}
 G(E) : E &\rightarrow TE' \\
 E' &\rightarrow +E|\epsilon \\
 T &\rightarrow FT' \\
 T' &\rightarrow T|\epsilon \\
 F &\rightarrow PF' \\
 F' &\rightarrow *F'|\epsilon \\
 P &\rightarrow (E)|a|b|\wedge
 \end{aligned}$$

请作答:

1. 给出文法中, 每个非终结符的  $First$  和  $Follow$  集合
2. 证明这个文法, 是  $LL(1)$  的
3. 给出该文法的预测分析表

$T_1$

首先, 题目给出的文法, 不存在左递归结构, 也不存在左公共因子

所以, 直接下手:

$v$	$First(v)$	$Follow(v)$
$E$	$\{(\, a, b, \wedge\}$	$\{\#, )\}$
$E'$	$\{+, \epsilon\}$	$\{\#, )\}$
$T$	$\{(\, a, b, \wedge\}$	$\{+, \#, )\}$
$T'$	$\{\epsilon\}$	$\{+, \#, )\}$
$F$	$\{(\, a, b, \wedge\}$	$\{+, \#, )\}$
$F'$	$\{*, \epsilon\}$	$\{+, \#, )\}$
$P$	$\{(\, a, b, \wedge\}$	$\{*, +, \#, )\}$

$T_2$

直接卡定义, 一个一个检验:

## Condition1: 文法不含左递归

这个是显而易见的, 题目给出的文法, 不存在左递归结构

## Condition2:

$$\forall A \in V_N (A \rightarrow \alpha_1 | \alpha_2 | \dots | \alpha_n) \Rightarrow First(\alpha_i) \cap First(\alpha_j) = \Phi \quad (i \neq j)$$

$$\begin{aligned} (First(+E) &:= \{+\}) \cap (First(\epsilon) := \{\epsilon\}) = \Phi \\ (First(T) &:= \{(\, a, b, \wedge\}) \cap (First(\epsilon) := \{\epsilon\}) = \Phi \\ (First(*F') &:= \{*\}) \cap (First(\epsilon) := \{\epsilon\}) = \Phi \end{aligned}$$

满足该条件

## Condition3:

$$\forall A \in V_N (\epsilon \in First(A)) \Rightarrow First(A) \cap Follow(A) = \Phi$$

分析前置条件, 可以得知, 只需要检查  $E', T', F'$  三个非终结符是否匹配该规则即可

经检查, 完全符合

$T_3$

	(	)	$a$	$b$	$\wedge$	$+$	$*$	$\#$
$E$	$E \rightarrow TE'$		$E \rightarrow TE'$	$E \rightarrow TE'$	$E \rightarrow TE'$			
$E'$		$E' \rightarrow \epsilon$				$E' \rightarrow +E$		$E' \rightarrow \epsilon$
$T$	$T \rightarrow FT'$		$T \rightarrow FT'$	$T \rightarrow FT'$	$T \rightarrow FT'$			
$T'$	$T' \rightarrow T$	$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow T$	$T' \rightarrow T$	$T' \rightarrow T$	$T' \rightarrow \epsilon$		$T' \rightarrow \epsilon$
$F$	$F \rightarrow PF'$		$F \rightarrow PF'$	$F \rightarrow PF'$	$F \rightarrow PF'$			
$F'$		$F' \rightarrow \epsilon$				$F' \rightarrow \epsilon$	$F' \rightarrow *F'$	$F' \rightarrow \epsilon$
$P$	$P \rightarrow (E)$		$P \rightarrow a$	$P \rightarrow b$	$P \rightarrow \wedge$			

## 1.4 (P81-T4)

对下面的文法:

$$\begin{aligned} G(\text{Expr}) : \text{Expr} &\rightarrow -\text{Expr} \\ \text{Expr} &\rightarrow (\text{Expr}) | \text{Var ExprTail} \\ \text{ExprTail} &\rightarrow -\text{Expr} | \epsilon \\ \text{Var} &\rightarrow id \text{VarTail} \\ \text{VarTail} &\rightarrow (\text{Expr}) | \epsilon \end{aligned}$$

请作答:

- 给出文法中, 每个非终结符的  $First$  和  $Follow$  集合
- 给出该文法的预测分析表

$T_1$

先简单改写一下文法形式:

$$\begin{aligned}
G(\text{Expr}) : \text{Expr} &\rightarrow -\text{Expr} | (\text{Expr}) | \text{Var ExprTail} \\
\text{ExprTail} &\rightarrow -\text{Expr} | \epsilon \\
\text{Var} &\rightarrow id \text{VarTail} \\
\text{VarTail} &\rightarrow (\text{Expr}) | \epsilon
\end{aligned}$$

$v$	$First(v)$	$Follow(v)$
Expr	$\{-, (, id\}$	$\{\#, )\}$
ExprTail	$\{-, \epsilon\}$	$\{\#, )\}$
Var	$\{id\}$	$\{-, \#, )\}$
VarTail	$\{(\, \epsilon\}$	$\{-, \#, )\}$

$T_2$

水到渠成:

	$-$	$($	$)$	$id$	$\#$
Expr	$\text{Expr} \rightarrow -\text{Expr}$	$\text{Expr} \rightarrow (\text{Expr})$		$\text{Expr} \rightarrow \text{Var ExprTail}$	
ExprTail	$\text{ExprTail} \rightarrow -\text{Expr}$		$\text{ExprTail} \rightarrow \epsilon$		$\text{ExprTail} \rightarrow \epsilon$
Var				$\text{Var} \rightarrow id \text{VarTail}$	
VarTail	$\text{VarTail} \rightarrow \epsilon$	$\text{VarTail} \rightarrow (\text{Expr})$	$\text{VarTail} \rightarrow \epsilon$		$\text{VarTail} \rightarrow \epsilon$