

2025年秋季学期 《编译工程》



语法分析

自顶向下-LL(1)文法

徐伟

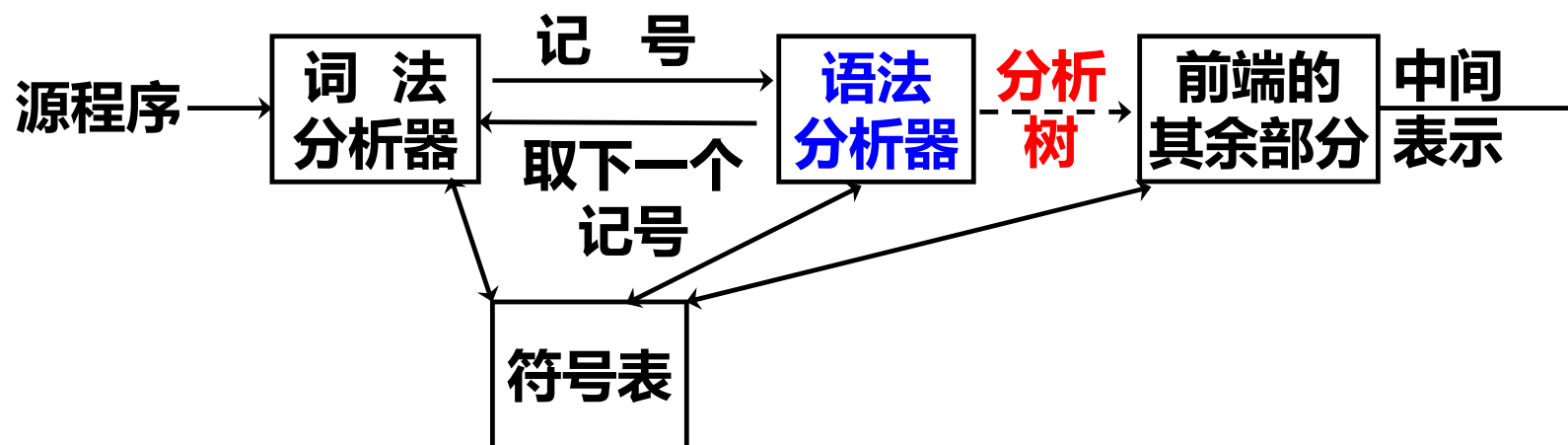
国家高性能计算中心(合肥)、信息与计算机国家级实验教学示范中心

计算机科学与技术学院

2025年09月25日



本节提纲



• 自顶向下分析方法

- LL(1)文法
- 非递归预测分析方法



预测分析法 (Predictive parsing)



- 与递归下降法相似，但

- 不会对若干产生式进行尝试
- 没有回溯
- 通过向前看一些记号来预测需要用到的产生式

- 此方法接受LL(k)文法

- L-means “left-to-right” scan of input
- L-means “leftmost derivation”
- k-means “predict based on k tokens of lookahead”
- In practice, LL(1) is used



- 对文法加什么样的限制可以保证没有回溯?

- 先定义两个和文法有关的函数

- $\text{FIRST}(\alpha) = \{a \mid \alpha \Rightarrow^* a..., a \in V_T\}$

- 意义：可从 α 推导得到的串的首符号的集合

- $\text{FOLLOW}(A) = \{a \mid S \Rightarrow^* ...Aa..., a \in V_T\}$

- 意义：可能在推导过程中紧跟在A右边的终结符号的集合



LL(1)文法: FIRST(X)



- 计算FIRST(X), $X \in V_T \cup V_N$

- $X \in V_T$, $\text{FIRST}(X) = \{X\}$

- $X \in V_N$ 且 $X \rightarrow \epsilon$

则将 ϵ 加入到 FIRST(X)

- $X \in V_N$ 且 $X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$

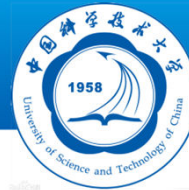
- 如果 $a \in \text{FIRST}(Y_i)$ 且 ϵ 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_{i-1})$ 中, 则将 a 加入到 $\text{FIRST}(X)$

- 如果 ϵ 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_k)$ 中, 则将 ϵ 加入到 FIRST(X)

FIRST集合只包括终结符和 ϵ



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow +TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow *FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

$\text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \}$

□ $X \in V_T, \text{FIRST}(X) = \{X\}$

□ $X \in V_N$ 且 $X \rightarrow \varepsilon, \varepsilon \in \text{FIRST}(X)$

□ $X \in V_N$ 且 $X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$

❖ 如果 $a \in \text{FIRST}(Y_i)$ 且 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_{i-1})$ 中, 则 $a \in \text{FIRST}(X)$

❖ 如果 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_k)$ 中, 则 $\varepsilon \in \text{FIRST}(X)$



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow + TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow * FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

- $\square X \in V_T, \text{FIRST}(X) = \{X\}$
- $\square X \in V_N$ 且 $X \rightarrow \varepsilon, \varepsilon \in \text{FIRST}(X)$
- $\square X \in V_N$ 且 $X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$
 - ❖ 如果 $a \in \text{FIRST}(Y_i)$ 且 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_{i-1})$ 中, 则 $a \in \text{FIRST}(X)$
 - ❖ 如果 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_k)$ 中, 则 $\varepsilon \in \text{FIRST}(X)$

$\text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \} = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(E)$



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow +TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow *FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

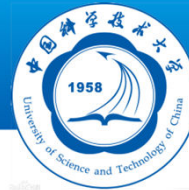
- $\square X \in V_T, \text{FIRST}(X) = \{X\}$
- $\square X \in V_N \text{ 且 } X \rightarrow \varepsilon, \varepsilon \in \text{FIRST}(X)$
- $\square X \in V_N \text{ 且 } X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$
 - ❖ 如果 $a \in \text{FIRST}(Y_i)$ 且 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_{i-1})$ 中, 则 $a \in \text{FIRST}(X)$
 - ❖ 如果 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_k)$ 中, 则 $\varepsilon \in \text{FIRST}(X)$

$\text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \} = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(E)$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow +TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow *FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

- $\square X \in V_T, \text{FIRST}(X) = \{X\}$
- $\square X \in V_N \text{ 且 } X \rightarrow \varepsilon, \varepsilon \in \text{FIRST}(X)$
- $\square X \in V_N \text{ 且 } X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$
 - ❖ 如果 $a \in \text{FIRST}(Y_i)$ 且 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_{i-1})$ 中, 则 $a \in \text{FIRST}(X)$
 - ❖ 如果 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_k)$ 中, 则 $\varepsilon \in \text{FIRST}(X)$

$\text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \} = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(E)$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

$\text{FIRST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow + TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow * FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

- $\square X \in V_T, \text{FIRST}(X) = \{X\}$
- $\square X \in V_N \text{ 且 } X \rightarrow \varepsilon, \varepsilon \in \text{FIRST}(X)$
- $\square X \in V_N \text{ 且 } X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$
 - ❖ 如果 $a \in \text{FIRST}(Y_i)$ 且 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_{i-1})$ 中, 则 $a \in \text{FIRST}(X)$
 - ❖ 如果 ε 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_k)$ 中, 则 $\varepsilon \in \text{FIRST}(X)$

$\text{FIRST}(E) = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \}$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

$\text{FIRST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$



LL(1)文法: FOLLOW(A)



- 计算FOLLOW(A), $A \in V_N$
 - $\$$ 加入到FOLLOW(A), 当A是开始符号, $\$$ 是输入串的结束符号
 - 如果 $A \rightarrow \alpha B\beta$, 则 $\text{FIRST}(\beta) - \{\epsilon\}$ 加入到FOLLOW(B)
 - 如果 $A \rightarrow \alpha B$ 或 $A \rightarrow \alpha B\beta$ 且 $\epsilon \in \text{FIRST}(\beta)$, 则FOLLOW(A)加入到FOLLOW(B)



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow + TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow * FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

- 当A是开始符号, $\$ \in \text{FOLLOW}(A)$
- $A \rightarrow \alpha B\beta$, $\text{FIRST}(\beta) - \{\varepsilon\} \subseteq \text{FOLLOW}(B)$
- $A \rightarrow \alpha B$ 或 $A \rightarrow \alpha B\beta$ 且 $\varepsilon \in \text{FIRST}(\beta)$,
 $\text{FOLLOW}(A) \subseteq \text{FOLLOW}(B)$

$\text{FIRST}(E) = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \}$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

$\text{FRIST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{), \$ \}$



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow + TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow * FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

- 当A是开始符号, $\$ \in \text{FOLLOW}(A)$
- $A \rightarrow \alpha B\beta$, $\text{FIRST}(\beta) - \{\varepsilon\} \subseteq \text{FOLLOW}(B)$
- $A \rightarrow \alpha B$ 或 $A \rightarrow \alpha B\beta$ 且 $\varepsilon \in \text{FIRST}(\beta)$, $\text{FOLLOW}(A) \subseteq \text{FOLLOW}(B)$

$\text{FIRST}(E) = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \}$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

$\text{FRIST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{), \$ \} = \text{FOLLOW}(E')$



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow + TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow * FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

- 当A是开始符号, $\$ \in \text{FOLLOW}(A)$
- $A \rightarrow \alpha B\beta, \text{FIRST}(\beta) - \{\varepsilon\} \subseteq \text{FOLLOW}(B)$
- $A \rightarrow \alpha B$ 或 $A \rightarrow \alpha B\beta$ 且 $\varepsilon \in \text{FIRST}(\beta),$
 $\text{FOLLOW}(A) \subseteq \text{FOLLOW}(B)$

$\text{FIRST}(E) = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \}$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

$\text{FRIST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{), \$ \} = \text{FOLLOW}(E')$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +,), \$ \}$



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow + TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow * FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

- 当A是开始符号, $\$ \in \text{FOLLOW}(A)$
- $A \rightarrow \alpha B\beta$, $\text{FIRST}(\beta) - \{\varepsilon\} \subseteq \text{FOLLOW}(B)$
- $A \rightarrow \alpha B$ 或 $A \rightarrow \alpha B\beta$ 且 $\varepsilon \in \text{FIRST}(\beta)$, $\text{FOLLOW}(A) \subseteq \text{FOLLOW}(B)$

$\text{FIRST}(E) = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \}$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

$\text{FRIST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$

$\text{FOLLOW}(E) = \{), \$ \} = \text{FOLLOW}(E')$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +,), \$ \} = \text{FOLLOW}(T')$



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow + TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow * FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

- 当A是开始符号, $\$ \in \text{FOLLOW}(A)$
- $A \rightarrow \alpha B\beta, \text{FIRST}(\beta) - \{\varepsilon\} \subseteq \text{FOLLOW}(B)$
- $A \rightarrow \alpha B$ 或 $A \rightarrow \alpha B\beta$ 且 $\varepsilon \in \text{FIRST}(\beta),$
 $\text{FOLLOW}(A) \subseteq \text{FOLLOW}(B)$

$\text{FIRST}(E) = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \}$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

$\text{FRIST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$

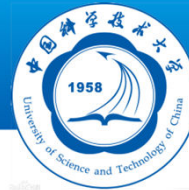
$\text{FOLLOW}(E) = \{), \$ \} = \text{FOLLOW}(E')$

$\text{FOLLOW}(T) = \{ +,), \$ \} = \text{FOLLOW}(T')$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ *, +,), \$ \}$



LL(1)文法



• LL(1)文法的定义

任何两个产生式 $A \rightarrow \alpha \mid \beta$ 都满足下列条件:

- $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FIRST}(\beta) = \emptyset$
- 若 $\beta \Rightarrow^* \varepsilon$, 那么 $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FOLLOW}(A) = \emptyset$



• LL(1)文法的定义

任何两个产生式 $A \rightarrow \alpha \mid \beta$ 都满足下列条件：

- $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FIRST}(\beta) = \emptyset$
- 若 $\beta \Rightarrow^* \varepsilon$ ，那么 $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FOLLOW}(A) = \emptyset$

• 该条件存在的必要性

- 容易理解
- 每次通过输入词法单元记号和FIRST集合匹配产生式的时候，需要有唯一的选择



• LL(1)文法的定义

任何两个产生式 $A \rightarrow \alpha \mid \beta$ 都满足下列条件:

- $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FIRST}(\beta) = \emptyset$
- 若 $\beta \Rightarrow^* \varepsilon$, 那么 $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FOLLOW}(A) = \emptyset$

□ 假设 $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FOLLOW}(A) = \{a\}$

$a \in \text{FIRST}(\alpha)$: $A \Rightarrow^* a\alpha'$

$a \in \text{FOLLOW}(A)$: $B \Rightarrow^* \dots A a \dots$



• LL(1)文法的定义

任何两个产生式 $A \rightarrow \alpha \mid \beta$ 都满足下列条件:

- $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FIRST}(\beta) = \emptyset$
- 若 $\beta \Rightarrow^* \varepsilon$, 那么 $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FOLLOW}(A) = \emptyset$

□ 假设 $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FOLLOW}(A) = \{a\}$

$a \in \text{FIRST}(\alpha)$: $A \Rightarrow^* a\alpha'$

$a \in \text{FOLLOW}(A)$: $B \Rightarrow^* \dots A a \dots$

由于 $\beta \Rightarrow^* \varepsilon$, 所以遇到 a 时, 无法判断用哪一个产生式

- 可以用 $A \rightarrow \alpha$ 来对 A 进行展开
- 亦可以用 $A \rightarrow \beta$ 和 $\beta \Rightarrow^* \varepsilon$ 最后把 A 消掉



• LL(1)文法的定义

任何两个产生式 $A \rightarrow \alpha \mid \beta$ 都满足下列条件:

- $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FIRST}(\beta) = \emptyset$
- 若 $\beta \Rightarrow^* \varepsilon$, 那么 $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FOLLOW}(A) = \emptyset$

□ 例如, 考虑下面文法

面临 $a\dots$ 时, 第2步推导不知用哪个产生式

$$S \rightarrow A B$$

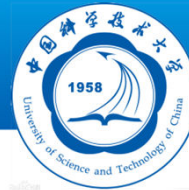
$$A \rightarrow a b \mid \varepsilon \quad a \in \text{FIRST}(ab) \cap \text{FOLLOW}(A)$$

$$B \rightarrow a C$$

$$C \rightarrow \dots$$



LL(1)文法



• LL(1)文法的定义

任何两个产生式 $A \rightarrow \alpha \mid \beta$ 都满足下列条件:

- $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FIRST}(\beta) = \emptyset$
- 若 $\beta \Rightarrow^* \varepsilon$, 那么 $\text{FIRST}(\alpha) \cap \text{FOLLOW}(A) = \emptyset$

• LL(1)文法有一些明显的性质

- 没有公共左因子
- 不是二义的
- 不含左递归



表达式文法：无左递归的



- 例 $E \rightarrow TE'$
 $E' \rightarrow + TE' \mid \varepsilon$
 $T \rightarrow FT'$
 $T' \rightarrow * FT' \mid \varepsilon$
 $F \rightarrow (E) \mid \text{id}$

$\text{FIRST}(E) = \text{FIRST}(T) = \text{FIRST}(F) = \{ (, \text{id} \}$

$\text{FIRST}(E') = \{ +, \varepsilon \}$

$\text{FIRST}(T') = \{ *, \varepsilon \}$

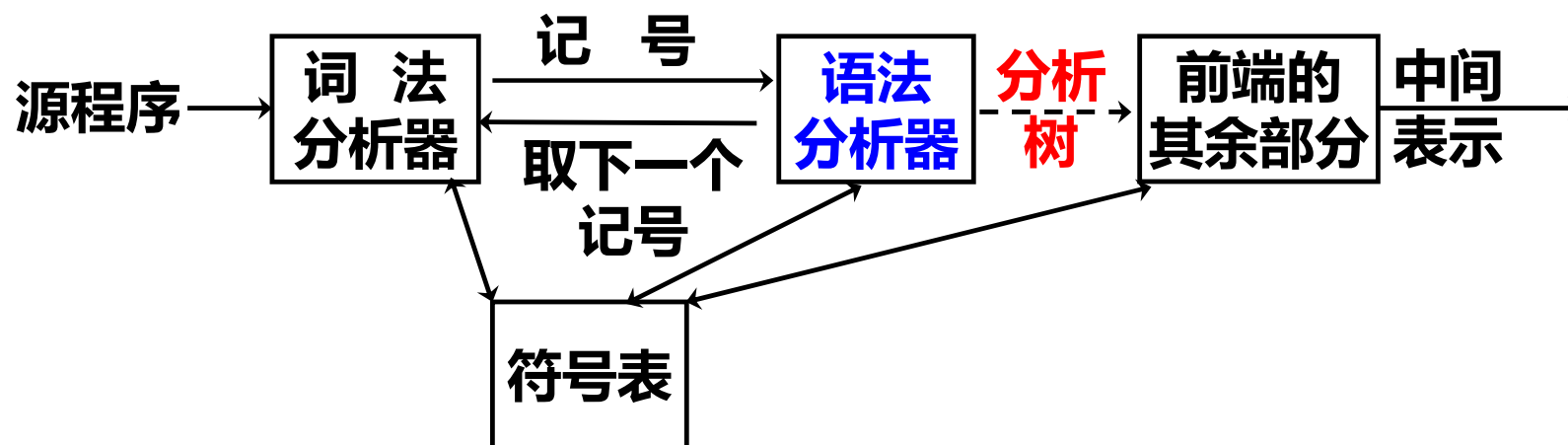
$\text{FOLLOW}(E) = \text{FOLLOW}(E') = \{), \$ \}$

$\text{FOLLOW}(T) = \text{FOLLOW}(T') = \{ +,), \$ \}$

$\text{FOLLOW}(F) = \{ +, *,), \$ \}$



本节提纲

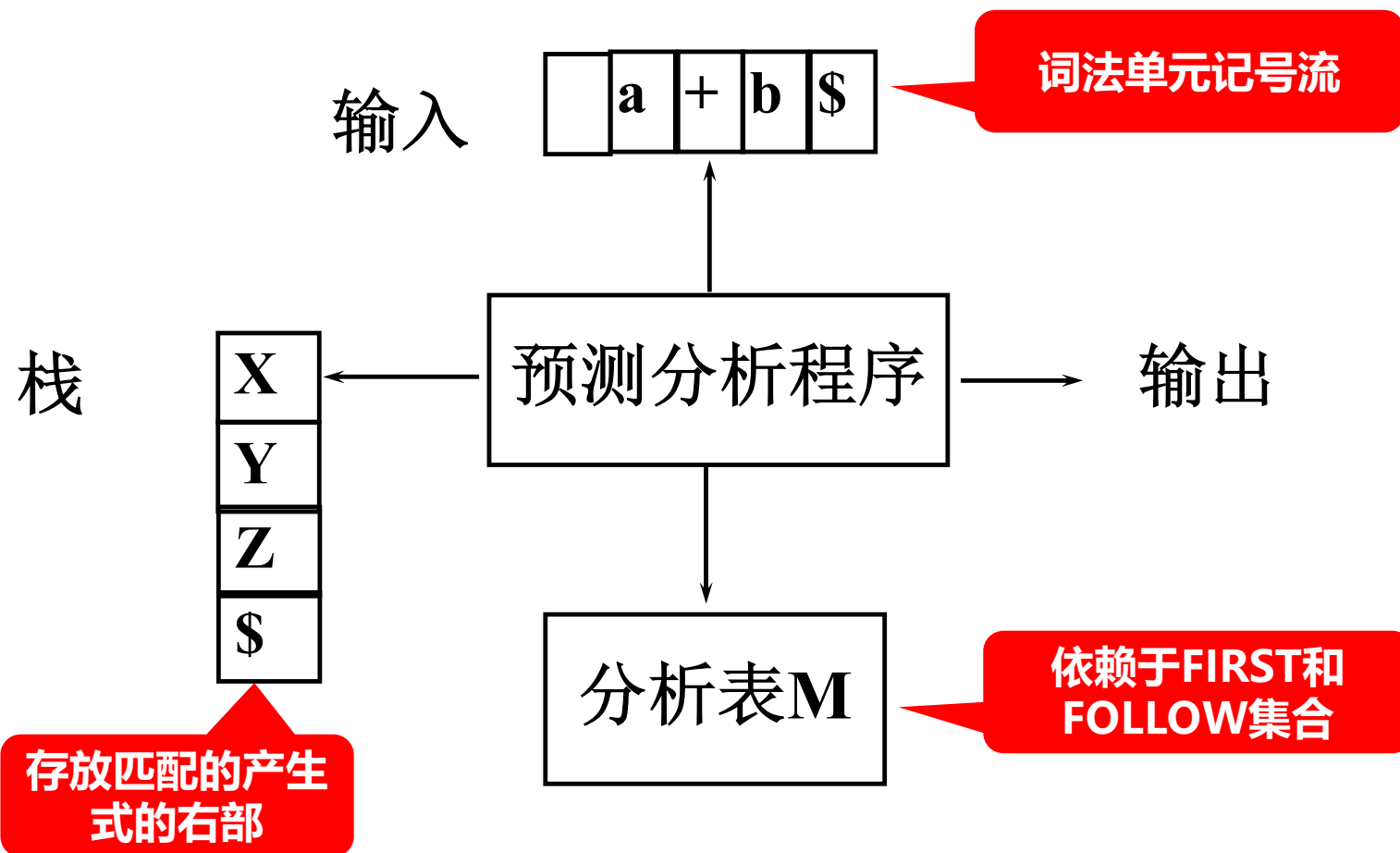


• 自顶向下分析方法

- LL(1)文法
- 非递归预测分析方法



非递归的预测分析





预测分析表M的构造

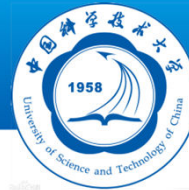


- 行：非终结符；列：终结符或\$；单元：产生式

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



预测分析表M的构造



- 对文法的每个产生式 $A \rightarrow \alpha$, 执行(1)和(2)
 - (1) 对 $\text{FIRST}(\alpha)$ 的每个终结符 a , 把 $A \rightarrow \alpha$ 加入 $M[A, a]$
 - (2) 如果 ϵ 在 $\text{FIRST}(\alpha)$ 中, 对 $\text{FOLLOW}(A)$ 的每个终结符 b (包括 $\$$) , 把 $A \rightarrow \alpha$ 加入 $M[A, b]$

M 中其它没有定义的条目都是error



预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的前一部分动作

[illegible]



预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的前一部分动作

[illegible]



预测分析举例



预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的前一部分动作

| 栈 | 输 入 | 输 出 |
|-----------|------------------|---------------------|
| $\$E$ | $id * id + id\$$ | |
| $\$E'T$ | $id * id + id\$$ | $E \rightarrow TE'$ |
| $\$E'T'F$ | $id * id + id\$$ | $T \rightarrow FT'$ |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



预测分析举例



预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的前一部分动作

| 栈 | 输 入 | 输 出 |
|------------|------------------|---------------------|
| $\$E$ | $id * id + id\$$ | |
| $\$E'T$ | $id * id + id\$$ | $E \rightarrow TE'$ |
| $\$E'T'F$ | $id * id + id\$$ | $T \rightarrow FT'$ |
| $\$E'T'id$ | $id * id + id\$$ | $F \rightarrow id$ |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



预测分析举例



预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的前一部分动作

| 栈 | 输 入 | 输 出 |
|------------|------------------|---------------------|
| $\$E$ | $id * id + id\$$ | |
| $\$E'T$ | $id * id + id\$$ | $E \rightarrow TE'$ |
| $\$E'T'F$ | $id * id + id\$$ | $T \rightarrow FT'$ |
| $\$E'T'id$ | $id * id + id\$$ | $F \rightarrow id$ |
| $\$E'T'$ | $* id + id\$$ | 匹配 id |
| | | |
| | | |
| | | |



预测分析举例



预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的前一部分动作

| 栈 | 输 入 | 输 出 |
|------------|------------------|-----------------------|
| $\$E$ | $id * id + id\$$ | |
| $\$E'T$ | $id * id + id\$$ | $E \rightarrow TE'$ |
| $\$E'T'F$ | $id * id + id\$$ | $T \rightarrow FT'$ |
| $\$E'T'id$ | $id * id + id\$$ | $F \rightarrow id$ |
| $\$E'T'$ | $* id + id\$$ | |
| $\$E'T'F*$ | $* id + id\$$ | $T' \rightarrow *FT'$ |
| | | |
| | | |



预测分析举例



预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的前一部分动作

| 栈 | 输 入 | 输 出 |
|------------|------------------|-----------------------|
| $\$E$ | $id * id + id\$$ | |
| $\$E'T$ | $id * id + id\$$ | $E \rightarrow TE'$ |
| $\$E'T'F$ | $id * id + id\$$ | $T \rightarrow FT'$ |
| $\$E'T'id$ | $id * id + id\$$ | $F \rightarrow id$ |
| $\$E'T'$ | $* id + id\$$ | |
| $\$E'T'F*$ | $* id + id\$$ | $T' \rightarrow *FT'$ |
| $\$E'T'F$ | $id + id\$$ | |
| | | |



预测分析举例



预测分析器接受输入 $\text{id} * \text{id} + \text{id}$ 的前一部分动作

| 栈 | 输 入 | 输 出 |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| $\$E$ | $\text{id} * \text{id} + \text{id}\$$ | |
| $\$E'T$ | $\text{id} * \text{id} + \text{id}\$$ | $E \rightarrow TE'$ |
| $\$E'T'F$ | $\text{id} * \text{id} + \text{id}\$$ | $T \rightarrow FT'$ |
| $\$E'T'\text{id}$ | $\text{id} * \text{id} + \text{id}\$$ | $F \rightarrow \text{id}$ |
| $\$E'T'$ | $* \text{id} + \text{id}\$$ | |
| $\$E'T'F*$ | $* \text{id} + \text{id}\$$ | $T' \rightarrow *FT'$ |
| $\$E'T'F$ | $\text{id} + \text{id}\$$ | |
| $\$E'T'\text{id}$ | $\text{id} + \text{id}\$$ | $F \rightarrow \text{id}$ |



预测分析举例



预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的前一部分动作

| 栈 | 输 入 | 输 出 |
|------------|-------------|------------------------------|
| $\$E'T'id$ | $id + id\$$ | $F \rightarrow id$ |
| $\$E'T'$ | $+ id\$$ | 匹配 id |
| $\$E'$ | $+ id\$$ | $T' \rightarrow \varepsilon$ |
| $\$E'T+$ | $+ id\$$ | $E' \rightarrow +TE'$ |
| $\$E'T+$ | $id\$$ | 匹配 $+$ |
| $\$E'T'F$ | $id\$$ | $T \rightarrow FT'$ |
| $\$E'T'id$ | $id\$$ | $F \rightarrow id$ |
| $\$E'T'$ | $\$$ | 匹配 id |



预测分析举例

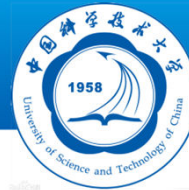


预测分析器接受输入 $id * id + id$ 的所有动作

| 栈 | 输 入 | 输 出 |
|---------|-----|---------------------------|
| $SE'T'$ | \$ | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| SE' | \$ | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| \$ | \$ | Finished |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



多重定义



例: $stmt \rightarrow \text{if } expr \text{ then } stmt \text{ } e_part \mid \text{other}$

$e_part \rightarrow \text{else } stmt \mid \varepsilon \quad expr \rightarrow b$

| 非终结符 | 输入符号 | | | |
|-----------|---------------------------------|----------------------|---|-----|
| | other | b | else | ... |
| $stmt$ | $stmt \rightarrow \text{other}$ | | | |
| e_part | | | $e_part \rightarrow$ $\text{else } stmt$ $e_part \rightarrow \varepsilon$ | |
| $expr$ | | $expr \rightarrow b$ | | |

多重定义条目意味着文法左递归或者是二义的



多重定义的消除



例：删去 $e_part \rightarrow \varepsilon$ ，这正好满足else和近的then配对

LL(1)文法：预测分析表无多重定义的条目

| 非终结符 | 输入符号 | | | |
|-----------|--------------------------|----------------------|---|-----|
| | other | b | else | ... |
| $stmt$ | $stmt \rightarrow other$ | | | |
| e_part | | | $e_part \rightarrow$ else $stmt$ $e_part \rightarrow \varepsilon$ | |
| $expr$ | | $expr \rightarrow b$ | | |

2025年秋季学期 《编译工程》



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25日