

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# اصول طراحی کامپایلر

درس ۸

## تحلیل نحوی (۳)

تجزیه‌ی بالا به پایین - روش LL(1)

**Syntax Analysis (3)**

**Top-Down Parsing – LL(1) Method**

کاظم فولادی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/compiler>

# اصول طراحی کامپایلر

تحلیل نحوی  
تجزیه‌ی بالا به پایین  
روش LL(1)



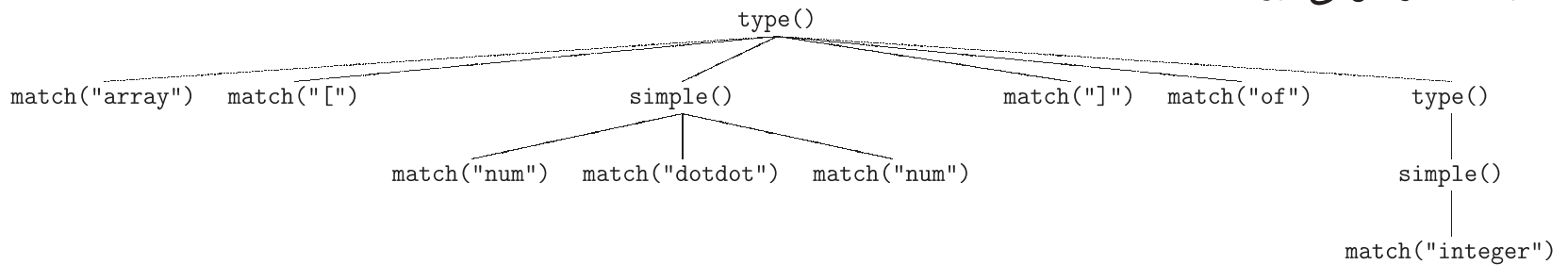
## مقدمه

## تجزیه‌ی پیش‌بینی‌کننده‌ی بازگشتی

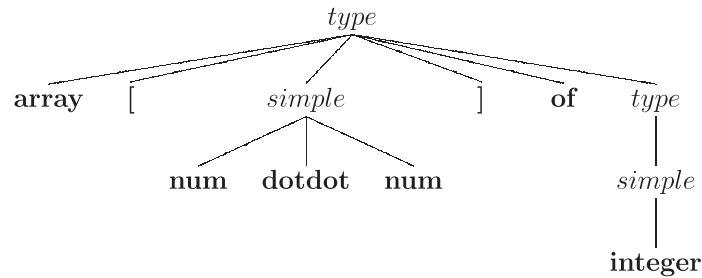
مثال

 $type \rightarrow simple$  $| \text{array } [simple] \text{ of } type$  $simple \rightarrow integer | char | \text{num dotdot num}$ `array [ num dotdot num ] of integer`

درخت فراخوانی روال‌ها:

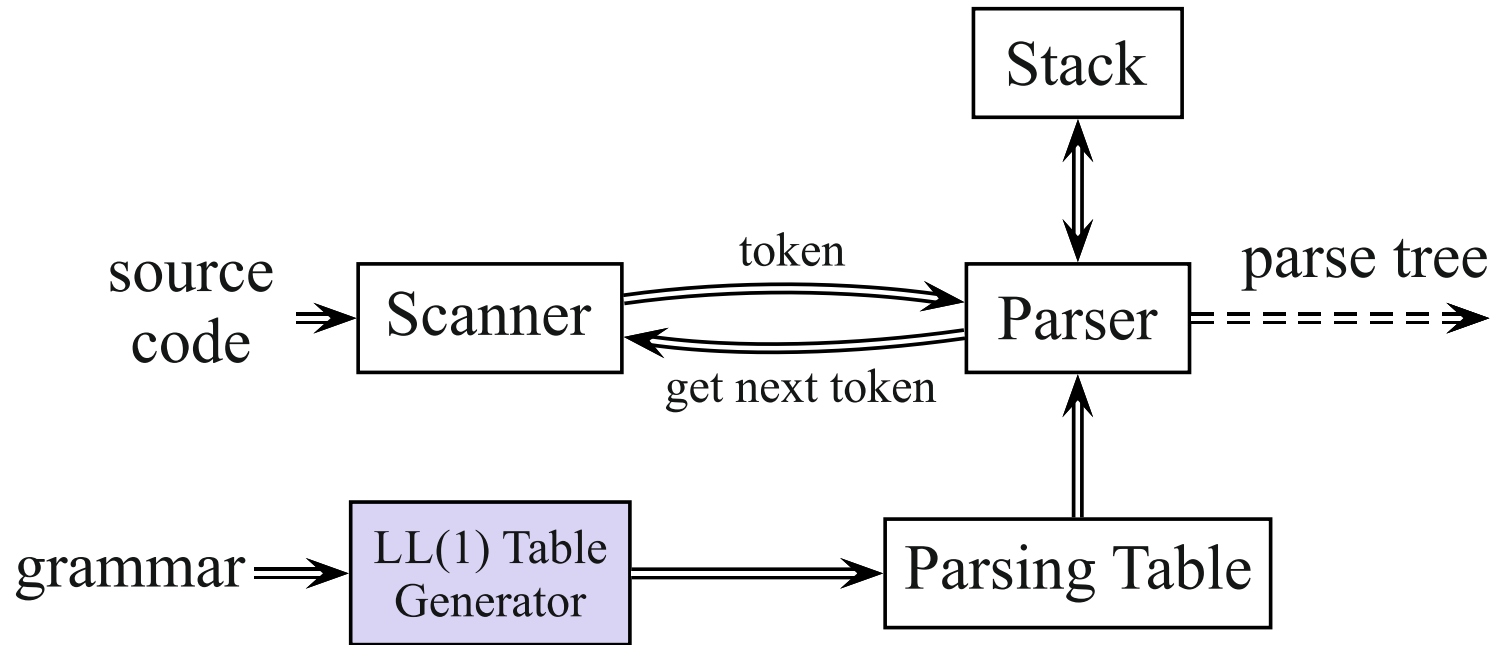


درخت تجزیه:



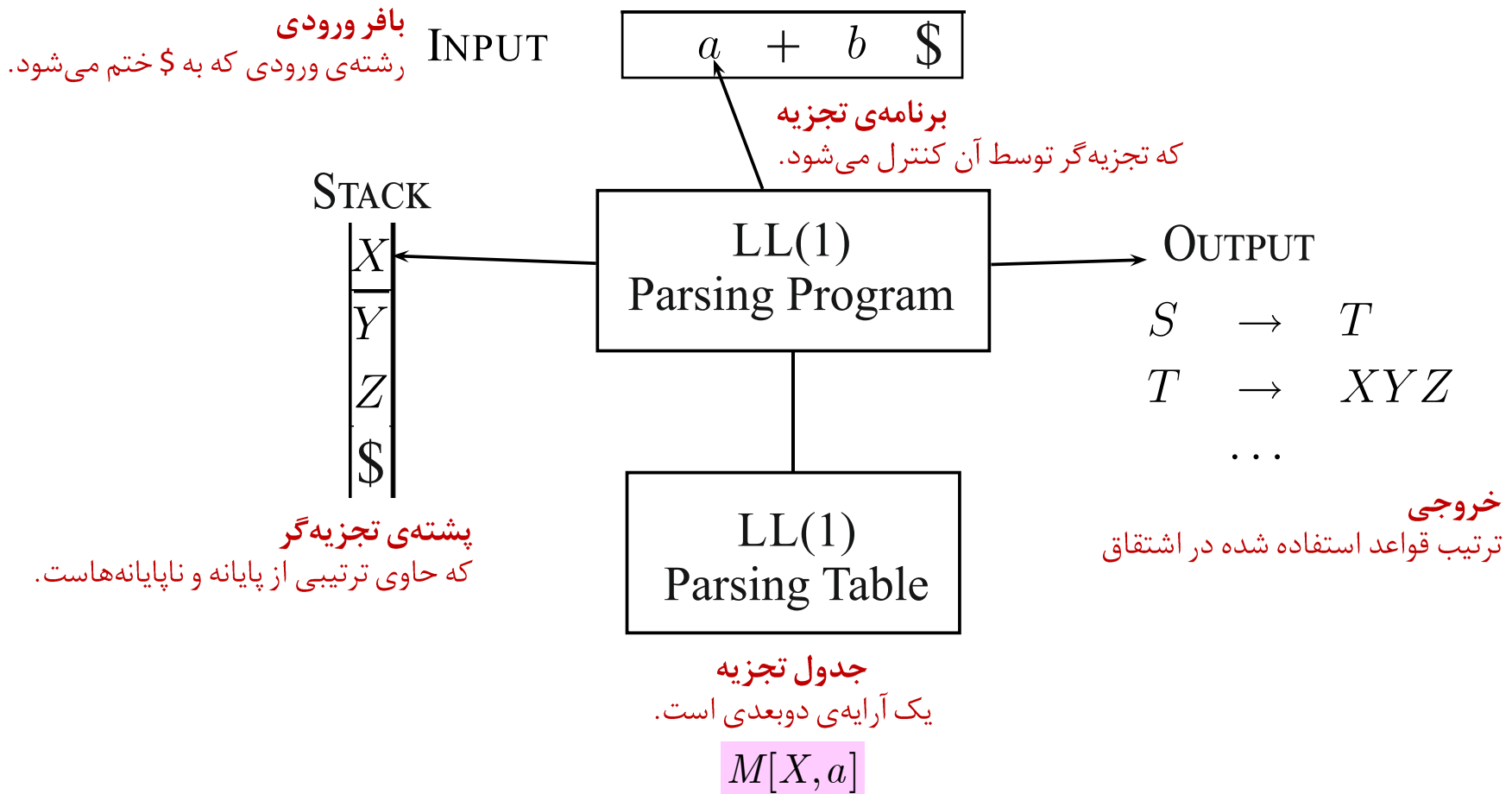
## تجزیه‌گر LL(1)

نمودار عمومی تجزیه‌گر



## تجزیه‌گر LL(1)

مدل رسمی تجزیه‌گر



## تجزیه‌گر LL(1)

برنامه‌ی تجزیه

 $push(\$S)$ **repeat** $a \leftarrow lookahead$  $X \leftarrow top(Stack)$ **if**  $X = \$$  **and**  $a = \$$  **then**  $accept()$ **if**  $X = a$  **and**  $a \neq \$$  **then**  $pop(); a \leftarrow nextToken()$ **if**  $X = A$  **and**  $a \neq \$$  **then**  $pop(); push(reverse(M[X, a]))$ **else**  $error(M[X, a])$

## تجزیه‌گر LL(1)

ساخت جدول تجزیه

$$M : N \times (T \cup \{\$\}) \rightarrow P \cup \{\text{error}\}$$

$$M[A, a] = \alpha \quad \mathbf{if} \quad a \in First(\alpha), \quad A \rightarrow \alpha \in P, \quad \alpha \not\Rightarrow^* \epsilon$$

$$M[A, a] = \epsilon \quad \mathbf{if} \quad a \in Follow(A), \quad A \rightarrow \epsilon \in P$$

$$M[A, a] = \alpha \quad \mathbf{if} \quad a \in First(\alpha) \cup Follow(A), \quad A \rightarrow \alpha \in P, \quad \alpha \Rightarrow^+ \epsilon$$

$$M[A, a] = \text{error} \quad \mathbf{if} \quad \text{otherwise}$$

## تابع سرآغاز (First)

محاسبه‌ی First: مثال

$$E \rightarrow TE'$$

$$E' \rightarrow +TE' \mid -TE' \mid \epsilon$$

$$T \rightarrow FT'$$

$$T' \rightarrow *FT' \mid /FT' \mid \epsilon$$

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

$$First(E) = First(TE') = \{\mathbf{id}, (\}$$

$$First(E') = First(+TE') \cup First(-TE') \cup \{\epsilon\} = \{+, -, \epsilon\}$$

$$First(+TE') = \{+\}, \quad First(-TE') = \{-\}$$

$$First(T) = First(FT') = \{\mathbf{id}, (\}$$

$$First(T') = First(*FT') \cup First(/FT') \cup \{\epsilon\} = \{*, /, \epsilon\}$$

$$First(*FT') = \{*\}, \quad First(/FT') = \{/}$$

$$First(\mathbf{id}) = \{\mathbf{id}\}, \quad First((E)) = \{(}$$

$$First(F) = First(\mathbf{id}) \cup First((E)) = \{\mathbf{id}, (\}$$



## تابع پیرو (Follow)

محاسبه‌ی Follow: مثال

$$E \rightarrow TE'$$

$$E' \rightarrow +TE' \mid -TE' \mid \epsilon$$

$$T \rightarrow FT'$$

$$T' \rightarrow *FT' \mid /FT' \mid \epsilon$$

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

$$Follow(E) = \{), \$\}$$

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

$$Follow(T) = \{+, -, ), \$\}$$

$$Follow(T') = \{+, -, ), \$\}$$

$$Follow(F) = \{+, -, *, /, ), \$\}$$

## جدول تجزیه LL(1)

مثال

|      | id    | +          | *      | (     | )          | \$         |
|------|-------|------------|--------|-------|------------|------------|
| $E$  | $TE'$ |            |        | $TE'$ |            |            |
| $E'$ |       | $+TE'$     |        |       | $\epsilon$ | $\epsilon$ |
| $T$  | $FT'$ |            |        | $FT'$ |            |            |
| $T'$ |       | $\epsilon$ | $*FT'$ |       | $\epsilon$ | $\epsilon$ |
| $F$  | id    |            |        | $(E)$ |            |            |

خانه‌های خالی، نشان دهنده‌ی محل‌های وقوع خطاست.

## فرآیند تجزیه LL(1)

مثال

id + id \* id

| STACK             | INPUT          | OUTPUT                    |
|-------------------|----------------|---------------------------|
| $\$E$             | id + id * id\$ | $E \rightarrow TE'$       |
| $\$E'T$           | id + id * id\$ | $T \rightarrow FT'$       |
| $\$E'T'F$         | id + id * id\$ | $F \rightarrow \text{id}$ |
| $\$E'T'\text{id}$ | id + id * id\$ |                           |
| $\$E'T'$          | +id * id\$     | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| $\$E'$            | +id * id\$     | $E' \rightarrow +TE'$     |
| $\$E'T+$          | +id * id\$     |                           |
| $\$E'T$           | id * id\$      | $T \rightarrow FT'$       |
| $\$E'T'F$         | id * id\$      | $F \rightarrow \text{id}$ |

| STACK             | INPUT     | OUTPUT                    |
|-------------------|-----------|---------------------------|
| $\$E'T'\text{id}$ | id * id\$ |                           |
| $\$E'T'$          | *id\$     | $T' \rightarrow *FT'$     |
| $\$E'T'F*$        | *id\$     |                           |
| $\$E'T'F$         | id\$      | $F \rightarrow \text{id}$ |
| $\$E'T'\text{id}$ | id\$      |                           |
| $\$E'T'$          | \$        | $T \rightarrow \epsilon$  |
| $\$E'$            | \$        | $E \rightarrow \epsilon$  |
| \$                | \$        | accept                    |

## تداخل در جدول تجزیه LL(1)

اگر گرامری LL(1) نباشد، آن گاه  
جدول تجزیه‌ی آن دارای تداخل است و برعکس

## تداخل در جدول تجزیه LL(1)

مثال

$$S \rightarrow \text{if } E \text{ then } S S' \mid \text{other}$$

$$S' \rightarrow \text{else } S \mid \epsilon$$

$$E \rightarrow \text{expr}$$

|    | if                 | then | other | else                   | expr | \$         |
|----|--------------------|------|-------|------------------------|------|------------|
| S  | if $E$ then $S S'$ |      | other |                        |      |            |
| S' |                    |      |       | else $S$<br>$\epsilon$ |      | $\epsilon$ |
| E  |                    |      |       |                        | expr |            |

$M[S', \text{else}]$  دارای تداخل است.

تکنیک موردی: برای تطبیق هر  $\text{else}$  با نزدیکترین  $\text{then}$ ، گزینه‌ی  $S$   $\text{else}$  را انتخاب می‌کنیم.

## چگونگی ساخت تجزیه‌گر پیش‌بینی‌کننده‌ی LL(1)



## جدول تجزیه LL(1)

مثال ۱

برای گرامر زیر جدول تجزیه‌ی LL(1) بسازید.

$$E \rightarrow BA$$

$$A \rightarrow +BA \mid \epsilon$$

$$B \rightarrow a \mid b$$

## جدول تجزیه LL(1)

مثال ۲

برای گرامر زیر جدول تجزیه‌ی LL(1) بسازید.

$$S \rightarrow Bc \mid DB$$

$$B \rightarrow ab \mid cS$$

$$D \rightarrow d \mid \epsilon$$