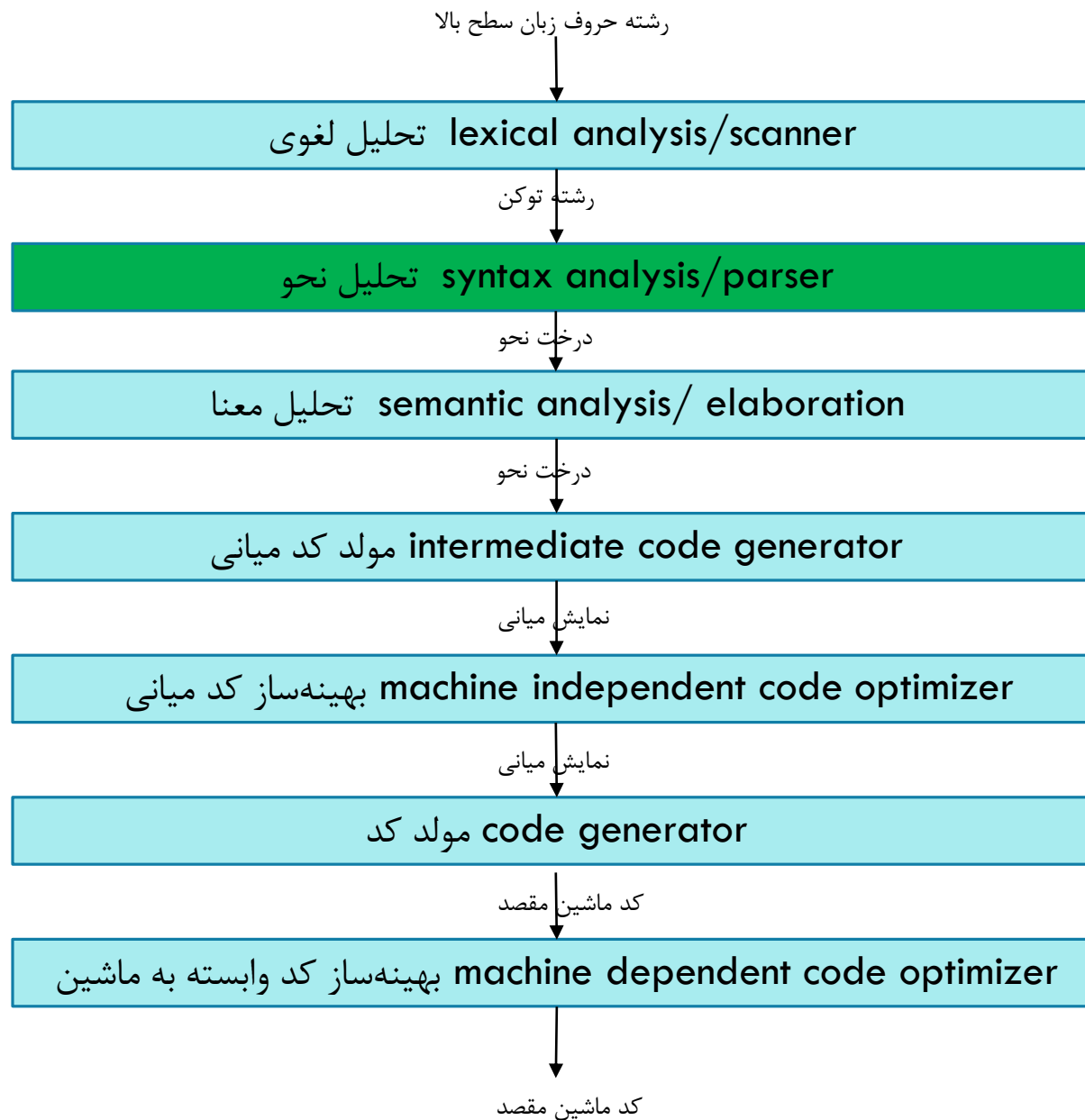


کامپیایدر  
تجزیه گر  
تجزیه بالابه پائین  
بازگشت چپ، جدول پیش بین، چچ (۱)

محسن هوشمند  
دانشکده تکنولوژی اطلاعات و علم رایانه  
دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان



# مقدمه

مرحله دوم در پیشا

کار با نتیجه حاصل از پویشگر

هر واژه با دسته نحوی

اشتقاق ساختار نحوی برنامه

اهمیت سرعت

نیاز

- سازوکار صوری جهت مشخص سازی جمله معتبر
- روش سیستماتیک معین کردن عضویت در زبان

# تجزیه نزول بازگشتی - مثال ۱

$S \rightarrow \text{if } E \text{ then } S \text{ else } S$

$S \rightarrow \text{begin } S L$

$S \rightarrow \text{print } E$

$L \rightarrow \text{end}$

$L \rightarrow ; S L$

$E \rightarrow \text{num} = \text{num}$

امکان تجزیه راحت بعضی از دستورها با استفاده از الگوریتمی با نام «نزول-بازگشتی»  
تبدیل هر تولید دستور به یک «بند» از تابعی بازگشتی

مثال -

- تجزیه گر نزول-بازگشتی جهت دستور روبرو
- «یک» تابع به ازای هر متغیر
  - «یک» بند به ازای هر قانون تولید

نیاز به تعریف مناسب توابع خطا و گرفتن تکه

# مثال محاسبه کلی مجموعه آغاز و پیرو و متغیرهای پوچ پذیر

چگونگی محاسبه مجموعه آغاز

۱- اگر  $x$  حرف الفباء، آن گاه  $\{x\} = First(x)$

۲- اگر  $\epsilon \rightarrow x$  جزو قواعد تولید، آن گاه افزودن  $\epsilon$  به مجموعه آغاز

۳- اگر  $X \rightarrow Y_1 Y_2 Y_3 \dots Y_n$  جزو قواعد تولید،

الف-  $First(X) = First(Y_1)$

ب- اگر  $\epsilon \in First(Y_1)$ ، آن گاه  $First(X) = \{First(Y_1) - \epsilon\} \cup \{First(Y_2)\}$

ج- اگر به ازای  $i$  تا  $n$ ،  $\epsilon \in First(Y_i)$ ، آن گاه  $First(Y_{i+1}) \in First(X)$

د- اگر به ازای تمامی  $Y_i$  ها و  $i = 1:n$  داشته باشیم  $\epsilon \in First(Y_i)$ ، آن گاه  $\epsilon \in First(X)$

$Z \rightarrow d$   
 $Z \rightarrow X Y Z$   
 $Y \rightarrow \epsilon$   
 $Y \rightarrow c$   
 $X \rightarrow Y$   
 $X \rightarrow a$

پیرو	آغاز	
acd	a, c, $\epsilon$	X
acd	c, $\epsilon$	Y
	acd	Z

چگونگی محاسبه مجموعه پیرو

۱- پیرو متغیر شروع  $\$, \{ \$ \} = Follow(S)$

۲- اگر  $A \rightarrow mBn$ ، آن گاه  $\{ \epsilon \} - First(n) = Follow(B)$

۳- اگر  $A \rightarrow mB$ ، آن گاه  $Follow(B)$  دارای  $Follow(A)$  است.

۴- اگر  $A \rightarrow mBn$  و  $\epsilon \in First(n)$ ، آن گاه

•  $Follow(B)$  شامل  $\{ \epsilon \} - First(n) \cup Follow(A)$

# ایجاد تجزیه گر پیش بین

تابع تجزیه برای هر متغیر  $X$

- دارای بندی به ازای هر تولید  $X$
- انتخاب بند درست به ازای تکه بعدی ورودی  $T$
- در صورت انتخاب تولید درست به ازای زوج  $(X,T)$ ، آن گاه امکان نوشتن تجزیه گر نزول-بازگشتی راه حل؟

▪ قراردادن اطلاعات در جدولی دوبعدی

▪ جدول تجزیه پیش بین

▪ مدخل ها دارای قوانین تولید

▪ اندیس ها متغیرها و پایانه ها

▪ چگونگی ساخت:

▪ قرارگیری قانون تولید  $\gamma \rightarrow X$  در ردیف  $X$  و ستون  $T$  که  $T$  عضوی از آغاز  $\gamma$

▪ در صورتی که  $\gamma$  پوچ پذیر، قرارگیری در ردیف  $X$  و ستون  $T$  که  $T$  عضوی از پیرو  $X$

## مثال - تولید جدول پیش بین

$Z \rightarrow d$   
 $Z \rightarrow XYZ$   
 $Y \rightarrow \epsilon$   
 $Y \rightarrow c$   
 $X \rightarrow Y$   
 $X \rightarrow a$

پيرو	آغاز	
acd	a,c $\epsilon$	X
acd	c, $\epsilon$	Y
	acd	Z

	a	c	d
X	$X \rightarrow a$ $X \rightarrow Y$	$X \rightarrow Y$	$X \rightarrow Y$
Y	$Y \rightarrow \epsilon$	$Y \rightarrow \epsilon$ $Y \rightarrow c$	$Y \rightarrow \epsilon$
Z	$Z \rightarrow XYZ$	$Z \rightarrow XYZ$	$Z \rightarrow d$ $Z \rightarrow XYZ$

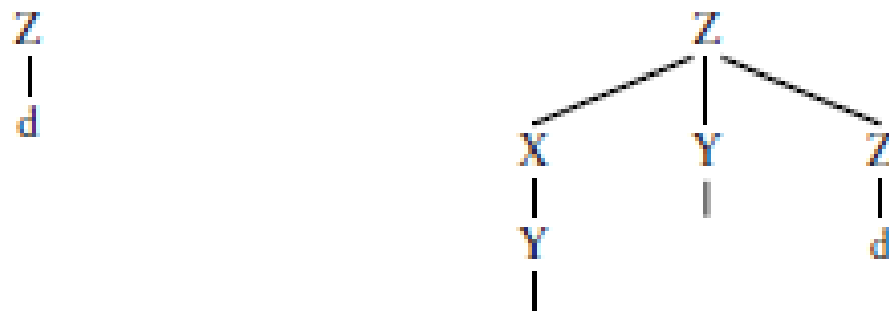
- چگونگی ساخت:
- قرارگیری قانون تولید  $X \rightarrow \gamma$  در ردیف X و ستون T که T عضوی از آغاز  $\gamma$
- در صورتی که  $\gamma$  بوج پذیر، قرارگیری در ردیف X و ستون T که T عضوی از پیرو X

# مثال - تولید جدول پیش بین

دستور دارای ابهام

دستور مبهم همیشه منجر به چند قانون در یک مدخل

- $Z \rightarrow d$
- $Z \rightarrow XYZ$
- $Y \rightarrow \epsilon$
- $Y \rightarrow c$
- $X \rightarrow Y$
- $X \rightarrow a$



	a	c	d
X	$X \rightarrow a$ $X \rightarrow Y$	$X \rightarrow Y$	$X \rightarrow Y$
Y	$Y \rightarrow \epsilon$	$Y \rightarrow \epsilon$ $Y \rightarrow c$	$Y \rightarrow \epsilon$
Z	$Z \rightarrow XYZ$	$Z \rightarrow XYZ$	$Z \rightarrow d$ $Z \rightarrow XYZ$



# نزول-بازگشتی و جدول

دستور مبهم همیشه منجر به چند قانون در یک مدخل

نیاز به یافتن دستور غیرمبهم

جدول با مدخل‌های حداکثر یک عضوی

▪ چچ(۱)

▪ تجزیه از چپ به راست، اشتقاق چپ‌ترین، جلوبینی یک-علامت

امکان تعمیم مفهوم مجموعه‌های آغاز توضیح‌دهنده  $k$  تکه رشته

▪ چچ( $k$ )

▪ استفاده کم - چرا؟

▪ نیاز به جدول بزرگ (افزایش پیچیدگی)

# تجزیہ پیش بین-مثال 0

سه تابع S() و A() و B()

S → A|B

A → aA|c

B → bB|d

Void S()

```
{  
  ▪ If (lookahead == 'a' || lookahead == 'c')  
    ▪ A()  
  ▪ elseif (lookahead == 'b' || lookahead == 'd')  
    ▪ B()  
  ▪ Else  
    ▪ Print<< "error"  
}
```

Void A()

```
{  
  ▪ If (lookahead == 'a')  
    ▪ {match('a'); A();}  
  ▪ elseif (lookahead == 'c')  
    ▪ Match(ε);  
  ▪ Else  
    ▪ Print<< "error"  
}
```

Void B()

```
{  
  ▪ If (lookahead == 'b')  
    ▪ {match('b'); B();}  
  ▪ elseif (lookahead == 'd')  
    ▪ Match('d');  
  ▪ Else  
    ▪ Print<< "error"  
}
```

# تجزیه بالابه پائین - مثال

$$0 S \rightarrow E \$$$

$$1 E \rightarrow E + T$$

$$2 E \rightarrow E - T$$

$$3 E \rightarrow T$$

$$4 T \rightarrow T * F$$

$$5 T \rightarrow T / F$$

$$6 T \rightarrow F$$

$$7 F \rightarrow ( E )$$

$$8 F \rightarrow num$$

$$9 F \rightarrow id$$

شماره قانون اجرائی	صورت جمله‌ای	ورودی
-	E	$\uparrow x - 2 \times y$
۱	E + T	$\uparrow x - 2 \times y$
۳	T + T	$\uparrow x - 2 \times y$
۶	F + T	$\uparrow x - 2 \times y$
۹	id + T	$\uparrow x - 2 \times y$
→	id + T	$x \uparrow - 2 \times y$

مثال:  $x - 2 \times y$

شروع از متغیر Expr

↑ نمایش‌گر محل تجزیه‌گر

▪ جهت پیشبرد یافتن اشتقاق

▪ پس‌روی در صورت نیاز

→ نمایش‌گر پیش‌روی اشاره‌گر

← نمایش‌گر پس‌روی

اشتقاق چپ‌ترین متغیر گسترش‌نیافته

اولین اشتباه: انتخاب قاعده ۱

# تجزیه بالا به پائین - مثال - ادامه

$$0 S \rightarrow E \$$$

$$1 E \rightarrow E + T$$

$$2 E \rightarrow E - T$$

$$3 E \rightarrow T$$

$$4 T \rightarrow T * F$$

$$5 T \rightarrow T / F$$

$$6 T \rightarrow F$$

$$7 F \rightarrow ( E )$$

$$8 F \rightarrow num$$

$$9 F \rightarrow id$$

شماره قانون اجرایی	صورت جمله‌ای	ورودی
←	E	↑ $x - 2 \times y$
۲	E - T	↑ $x - 2 \times y$
۳	T - T	↑ $x - 2 \times y$
۶	F - T	↑ $x - 2 \times y$
۹	id - T	↑ $x - 2 \times y$
→	id - T	$x$ ↑ $- 2 \times y$
→	id - T	$x -$ ↑ $2 \times y$

# تجزیه بالا به پایین - مثال - ا/د/مه

$$0 S \rightarrow E \$$$

$$1 E \rightarrow E + T$$

$$2 E \rightarrow E - T$$

$$3 E \rightarrow T$$

$$4 T \rightarrow T * F$$

$$5 T \rightarrow T / F$$

$$6 T \rightarrow F$$

$$7 F \rightarrow ( E )$$

$$8 F \rightarrow num$$

$$9 F \rightarrow id$$

شماره قانون اجرائی	صورت جمله‌ای	ورودی
۶	id - F	$x - \uparrow 2 \times y$
۸	id - num	$x - \uparrow 2 \times y$
→	id - num	$x - 2 \uparrow \times y$

# تجزیه بالا به پائین - مثال - ادامه

$$0 S \rightarrow E \$$$

$$1 E \rightarrow E + T$$

$$2 E \rightarrow E - T$$

$$3 E \rightarrow T$$

$$4 T \rightarrow T * F$$

$$5 T \rightarrow T / F$$

$$6 T \rightarrow F$$

$$7 F \rightarrow ( E )$$

$$8 F \rightarrow num$$

$$9 F \rightarrow id$$

شماره قانون اجرائی	صورت جمله‌ای	ورودی
←	id - T	$x - \uparrow 2 \times y$
۴	id - T×F	$x - \uparrow 2 \times y$
۶	id - F×F	$x - \uparrow 2 \times y$
۸	id - num ×F	$x - \uparrow 2 \times y$
→	id - num ×F	$x - 2 \uparrow \times y$
→	id - num ×F	$x - 2 \times \uparrow y$
۸	id - num×id	$x - 2 \times \uparrow y$
→	id - num× id	$x - 2 \times y \uparrow$

# دوباره موضوع ابهام

به دنبال تولید تجزیه گر پیش بین جهت دستور روبرو

$$0 S \rightarrow E \$$$

$$1 E \rightarrow E + T$$

$$2 E \rightarrow E - T$$

$$3 E \rightarrow T$$

$$4 T \rightarrow T * F$$

$$5 T \rightarrow T / F$$

$$6 T \rightarrow F$$

$$7 F \rightarrow ( E )$$

$$8 F \rightarrow num$$

$$9 F \rightarrow id$$

# دوباره موضوع ابهام

$$0 S \rightarrow E \$$$

$$1 E \rightarrow E + T$$

$$2 E \rightarrow E - T$$

$$3 E \rightarrow T$$

$$4 T \rightarrow T * F$$

$$5 T \rightarrow T / F$$

$$6 T \rightarrow F$$

$$7 F \rightarrow ( E )$$

$$8 F \rightarrow num$$

$$9 F \rightarrow id$$

به دنبال تولید تجزیه گر پیش بین جهت دستور روبرو

$E \rightarrow T$  و  $E \rightarrow E + T$  مسئله ساز تجزیه چچ (۱)

▪ آغاز T و E یکسان

▪ دلیل؟

بازگشت چپ

▪ متغیر سمت چپ قاعده باز اولین متغیر در سمت راست قاعده باشد

دستور با بازگشت چپ چچ (۱) نیست



# بازگشت چپ

بازنویسی دستورات تاثیر قوی بر تعداد پس روی

شماره قانون اجرائی	صورت جمله‌ای	ورودی
0	$E$	$\uparrow x - 2 \times y$
۱	$E + T$	$\uparrow x - 2 \times y$
۱	$E + T + T$	$\uparrow x - 2 \times y$
۱	$E + T + T + \dots$	$\uparrow x - 2 \times y$
۱	$E + T + T + \dots$	$\uparrow x - 2 \times y$
۱	...	$\uparrow x - 2 \times y$

مشکل: ترکیب تبپ و بازگشت چپ

قاعده تولید بازگشت چپ: قاعده تولیدی که اولین علامت سمت راست جاگذاری با علامت سمت چپ یکی باشد

$$A \rightarrow A\alpha$$

یا علامت سمت چپ در سمت راست تکرار شود و تمام علامت‌های قبل آن به تهی منتهی شوند

# بازگشت چپ

قاعده تولید بازگشت چپ:

- قاعده تولیدی که اولین علامت سمت راست جاگذاری با علامت سمت چپ یکی باشد

$$A \rightarrow A\alpha$$

- یا علامت سمت چپ در سمت راست تکرار شود و تمام علامت‌های قبل آن به تهی منتهی شوند

بازگشت چپ موجب تولید پایان‌ناپذیر در ت‌ب‌پ

- اجازه به تولید و بسط نامتناهی درخت بدون تولید حرف الفباء
- اجرای پس‌روی صرفاً با عدم انطباق حرف پایانی و حرف کنونی ورودی رشته
- عدم امکان بازگشت تجزیه‌گر از بسط حاصل از بازگشت چپ

# حذف بازگشت چپ

با تبدیل دستور

▪ جهت جلوگیری از حلقه بی‌نهایت

$$\begin{array}{l} fee \rightarrow fee \alpha \\ | \quad \beta \end{array} \quad \begin{array}{l} fee \rightarrow \beta fie \\ fie \rightarrow \alpha fie \\ | \quad \epsilon \end{array}$$

تعریف متغیر جدید و تثبیت بازگشت به آن

$$\begin{array}{l} E \rightarrow E + T \\ | E - T \\ | T \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{l} E \rightarrow TE' \\ E' \rightarrow +TE' \\ | -TE' \\ | \epsilon \end{array}$$
$$\begin{array}{l} T \rightarrow T * F \\ | T / F \\ | F \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{l} T \rightarrow FT' \\ T' \rightarrow \times FT' \\ | \div FT' \\ | \epsilon \end{array}$$

# حذف بازگشت چپ - مثال

$$S \rightarrow E \$$$

$$E \rightarrow E + T$$

$$E \rightarrow E - T$$

$$E \rightarrow T$$

$$T \rightarrow T * F$$

$$T \rightarrow T / F$$

$$T \rightarrow F$$

$$F \rightarrow id$$

$$F \rightarrow num$$

$$F \rightarrow ( E )$$



$$S \rightarrow E \$$$

$$E \rightarrow T E'$$

$$E' \rightarrow + T E'$$

$$E' \rightarrow - T E'$$

$$E' \rightarrow \epsilon$$

$$T \rightarrow F T'$$

$$T' \rightarrow * F T'$$

$$T' \rightarrow / F T'$$

$$T' \rightarrow \epsilon$$

$$F \rightarrow id$$

$$F \rightarrow num$$

$$F \rightarrow ( E )$$

توضیح مجموعه یکسانی از قواعد

استفاده از بازگشت راست

# حذف بازگشت چپ - مثال

تولید مقادیر آغاز و پیرو و پوچ

پیرو	آغاز	
\$	id num (	S
\$)	id num (	E
\$)	+ - ε	E'
+ - \$)	id num (	T
+ - \$)	*/ε	T'
*/+ - \$)	id num (	F

تولید جدول پیش‌بین

$$S \rightarrow E \$$$

$$E \rightarrow T E'$$

$$E' \rightarrow + T E'$$

$$E' \rightarrow - T E'$$

$$E' \rightarrow \epsilon$$

$$T \rightarrow F T'$$

$$T' \rightarrow * F T'$$

$$T' \rightarrow / F T'$$

$$T' \rightarrow \epsilon$$

$$F \rightarrow id$$

$$F \rightarrow num$$

$$F \rightarrow ( E )$$

	+	-	*	/	id	num	(	)	\$
S					$S \rightarrow E \$$	$S \rightarrow E \$$	$S \rightarrow E \$$		
E					$E \rightarrow T E'$	$E \rightarrow T E'$	$E \rightarrow T E'$		
E'	$E' \rightarrow + T E'$	$E' \rightarrow - T E'$						$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
T					$T \rightarrow F T'$	$T \rightarrow F T'$	$T \rightarrow F T'$		
T'	$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$	$T' \rightarrow / F T'$				$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
F					$F \rightarrow id$	$F \rightarrow num$	$F \rightarrow ( E )$		

	+	-	*	/	id	num	(	)	\$
<b>S</b>					$S \rightarrow E \$$	$S \rightarrow E \$$	$S \rightarrow E \$$		
<b>E</b>					$E \rightarrow T E'$	$E \rightarrow T E'$	$E \rightarrow T E'$		
<b>E'</b>	$E' \rightarrow + T E'$	$E' \rightarrow - T E'$						$E' \rightarrow \epsilon$	$E' \rightarrow \epsilon$
<b>T</b>					$T \rightarrow F T'$	$T \rightarrow F T'$	$T \rightarrow F T'$		
<b>T'</b>	$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow * F T'$	$T' \rightarrow / F T'$				$T' \rightarrow \epsilon$	$T' \rightarrow \epsilon$
<b>F</b>					$F \rightarrow id$	$F \rightarrow num$	$F \rightarrow ( E )$		

0  $S \rightarrow E \$$

1  $E \rightarrow T E'$

2  $E' \rightarrow + T E'$

3  $E' \rightarrow - T E'$

4  $E' \rightarrow \epsilon$

5  $T \rightarrow F T'$

6  $T' \rightarrow * F T'$

7  $T' \rightarrow / F T'$

8  $T' \rightarrow \epsilon$

9  $F \rightarrow ( E )$

10  $F \rightarrow num$

11  $F \rightarrow id$

شماره قانون اجرائی	صورت جمله‌ای	ورودی
0	$E \$$	$\uparrow x - 2 \times y \$$
1	$T E' \$$	$\uparrow x - 2 \times y \$$
5	$F T' E' \$$	$\uparrow x - 2 \times y \$$
11	$id T' E' \$$	$\uparrow x - 2 \times y \$$
→	$id T' E' \$$	$x \uparrow - 2 \times y \$$
8	$id E' \$$	$x \uparrow - 2 \times y \$$
3	$id - T E' \$$	$x \uparrow - 2 \times y \$$
→	$id - T E' \$$	$x - \uparrow 2 \times y \$$
5	$id - F T' E' \$$	$x - \uparrow 2 \times y \$$
10	$id - num T' E' \$$	$x - \uparrow 2 \times y \$$
→	$id - num T' E' \$$	$x - 2 \uparrow \times y \$$
6	$id - num \times F T' E' \$$	$x - 2 \uparrow \times y \$$
→	$id - num \times F T' E' \$$	$x - 2 \times \uparrow y \$$
11	$id - num \times id T' E' \$$	$x - 2 \times \uparrow y \$$
→	$id - num \times id T' E' \$$	$x - 2 \times y \uparrow \$$
8	$id - num \times id E' \$$	$x - 2 \times y \uparrow \$$
4	$id - num \times id \$$	$x - 2 \times y \uparrow \$$

حذف  
بازگشت چپ  
- مثال ادامه

# شبه کد مربوط به دستور-مثال

0  $S \rightarrow E \$$

1  $E \rightarrow T E'$

2  $E' \rightarrow + T E'$

3  $E' \rightarrow - T E'$

4  $E' \rightarrow \epsilon$

5  $T \rightarrow F T'$

6  $T' \rightarrow * F T'$

7  $T' \rightarrow / F T'$

8  $T' \rightarrow \epsilon$

9  $F \rightarrow ( E )$

10  $F \rightarrow num$

11  $F \rightarrow id$

```
void T(void) {switch (tok) {
    case ID:
    case NUM:
    case LPAREN: F(); Tprime(); break;
    default: error;
}}
void Tprime(void) {switch (tok) {
    case PLUS: break;
    case MINUS: break;
    case TIMES: eat(TIMES); F(); Tprime(); break;
    case DIVIDES: eat(DIVIDES); F(); Tprime(); break;
    case EOF: break;
    case RPAREN: break;
    default: error;
}}
```

# تجزیه پیش بین غیربازگشتی

استفاده از پشته به جای استفاده مستقیم از دستور بازگشتی

بازتولید اشتقاق چپ ترین



# حذف بازگشت چپ

قاعده کلی تر

$$A \rightarrow A\alpha_1 \mid A\alpha_2 \mid \cdots \mid A\alpha_m \mid \beta_1 \mid \beta_2 \mid \cdots \mid \beta_n$$

متغیری با چند رابطه بازگشت چپ

تبدیل به

$$\begin{aligned} A &\rightarrow \beta_1 A' \mid \beta_2 A' \mid \cdots \mid \beta_n A' \\ A' &\rightarrow \alpha_1 A' \mid \alpha_2 A' \mid \cdots \mid \alpha_m A' \mid \epsilon \end{aligned}$$

# حذف بازگشت چپ

امکان رخداد بازگشت غیرمستقیم بازگشت چپ

$$\alpha \rightarrow \beta,$$

$$\beta \rightarrow \gamma,$$

$$\gamma \rightarrow \alpha\delta$$

$$\Rightarrow \alpha \rightarrow^* \alpha\delta$$

نیاز به رویه‌ای روشمند برای یافتن این‌گونه از بازگشت چپ

# حذف بازگشت چپ

الگوریتمی پیش گیرانه

به دنبال یافتن بازگشت چپ نیست

تمامی قوانین را به نوعی عوض می کند

- تا دیگر قانون بازگشت چپ وجود نداشته باشد
- حذف تمامی قوانین بازگشت چپ مستقیم

$i = 1$

▪ اگر  $A_1 \rightarrow A_l \alpha$ ، آن گاه  $l > 1$

$i > 1$

▪ حذف تمامی قوانین دارای اندیس کوچکتر در سمت راست

▪ به ازای  $k < i$  اگر  $A_k \rightarrow A_l \alpha$ ، آن گاه  $l > k$

arrange the non-terminals in some order

$A_1, A_2, \dots, A_n$

for  $i \leftarrow 1$  to  $n$

for  $j \leftarrow 1$  to  $i-1$

replace each production of the form

$A_i \rightarrow A_j \gamma$  with the productions

$A_i \rightarrow \delta_1 \gamma \mid \delta_2 \gamma \mid \dots \mid \delta_k \gamma,$

where  $A_j \rightarrow \delta_1 \mid \delta_2 \mid \dots \mid \delta_k$

are all the current  $A_j$  productions.

eliminate any immediate left recursion on  $A_i$

using the direct transformation

$$A_1 \rightarrow A_2 \alpha_1 \rightarrow \dots \rightarrow A_i \alpha_{i-1} \dots \alpha_2 \alpha_1$$

$A_i$  لزوما افزایشی است

# منابع

[بیرسبز]

[اژدرها]

[کوپر]

[فیشر]