

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



اصول طراحی کامپایلر

درس ۱۱

تحلیل نحوی (۶)

تجزیه‌ی پایین به بالا : روش تقدم-ساده

Syntax Analysis (6)

Bottom-Up Parsing – Simple-Precedence Method

کاظم فولادی قلعه

دانشکده مهندسی، پردیس فارابی

دانشگاه تهران

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

اصول طراحی کامپیوتر

تحلیل نحوی
تجزیه‌ی پایین به بالا
روش تقدم-ساده



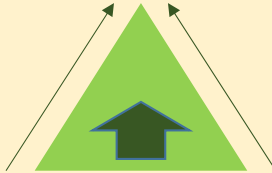
مقدمه

تجزیه‌ی پایین به بالا

روش‌های تجزیه *Parsing Methods*

روش‌های پایین به بالا *Bottom-Up Parsing Methods*

ساخت درخت تجزیه از پایین به بالا
(از برگ‌ها به سمت ریشه)



روش‌های بالا به پایین *Top-Down Parsing Methods*

ساخت درخت تجزیه از بالا به پایین
(از ریشه به سمت برگ‌ها)



از اشتقاق‌های راست‌ترین در جهت معکوس استفاده می‌شود.

روش‌های LR *LR Methods*

روش‌های تقدم *Precedence Methods*

SLR LALR CLR

روش تقدم عملگر

روش تقدم ساده

تحلیل نحوی
تجزیه‌ی پایین به بالا
روش تقدم-ساده

۲

روش
تقدم-ساده

گرامر قابل استفاده در روش تقدم-ساده

شرایط لازم
برای گرامر
در روش تقدم-ساده

گرامری که

(۱) قاعده‌ی تهی (ϵ) ندارد.

(۲) سمت راست هیچ دو قاعده‌ای در آن یکسان نیست (برای جلوگیری از تداخل کاهش-کاهش).

شرط لازم برای استفاده از روش تجزیه‌ی تقدم-ساده این است که گرامر مورد استفاده، واجد شرایط فوق باشد.

روابط تقدم میان نمادهای گرامر (پایانه/ناپایانه)

چهار رابطه‌ی تقدم ممکن میان هر دو نماد گرامر (X و Y) (پایانه یا ناپایانه):

X مقدم بر Y	$X \triangleright Y$	(X باید قبل از Y کاهش یابد.)
X مؤخر از Y	$X \triangleleft Y$	(X باید بعد از Y کاهش یابد.)
X هم‌تقدم با Y	$X \doteq Y$	(X و Y هر دو در یک دستگیره قرار دارند.)
X بدون رابطه با Y	$X \square Y$	

- این روابط متقارن نیستند.
- ممکن است بین دو نماد گرامر هیچ رابطه‌ی تقدمی موجود نباشد.
- ممکن است بین دو نماد گرامر چند رابطه‌ی تقدم موجود باشد.

روابط تقدم میان نمادهای گرامر

توابع لازم برای یافتن قواعد تقدم

نخستین نماد گرامر در فرمهای جمله‌ای حاصل از ناپایانه‌ی A $Head(A)$

$$Head(A) = \{X : A \Rightarrow^+ X\alpha\}$$

نخستین نماد گرامر در فرمهای جمله‌ای حاصل از ناپایانه‌ی A $Tail(A)$

$$Tail(A) = \{X : A \Rightarrow^+ \alpha X\}$$

روابط تقدم میان نمادهای گرامر

توابع لازم برای یافتن قواعد تقدم: مثال

$$S \rightarrow (SS)$$

$$S \rightarrow c$$

$$Head(S) = \{c, (\}$$

$$Tail(S) = \{c,)\}$$

روابط تقدم میان نمادهای گرامر

قواعد یافتن روابط تقدم

با توجه به قواعد گرامر

دو نماد گرامر X و Y کنار هم	
$X \doteq Y$	$\Leftrightarrow \exists U(U \rightarrow \dots XY \dots)$
یک نماد گرامر X قبل از یک ناپایانه A	
$X \leqslant Head(A)$	
$X \leqslant Y$	$\Leftrightarrow \exists U(U \rightarrow \dots XA \dots), Y \in Head(A)$
یک ناپایانه A قبل از یک نماد گرامر Y	
$Tail(A) \geqslant Y$	
$X \geqslant Y$	$\Leftrightarrow \exists U(U \rightarrow \dots AY \dots), X \in Tail(A)$
دو ناپایانه A و B کنار هم	
$Tail(A) \geqslant Head(B)$	
$X \geqslant Y$	$\Leftrightarrow \exists U(U \rightarrow \dots AB \dots), X \in Tail(A), Y \in Head(B)$
عدم وجود رابطه‌ی تقدم بین X و Y	
$X \square Y$	$\Leftrightarrow \neg(X \leqslant Y \vee X \doteq Y \vee X \geqslant Y)$

تعیین رابطه‌ی $\$$ با سایر نمادهای گرامر: با استفاده از قاعده‌ی افزوده $S' \rightarrow \$S\$$

روابط تقدم میان نمادهای گرامر

یافتن روابط تقدم: مثال

$$S' \rightarrow \$S\$$$

$$S \rightarrow (SS)$$

$$S \rightarrow c$$

$$\$ \doteq S$$

$$S \doteq \$$$

$$(\doteq S$$

$$S \doteq S$$

$$S \doteq)$$

$$\$ \triangleleft Head(S)$$

$$(\triangleleft Head(S)$$

$$S \triangleleft Head(S)$$

$$Tail(S) \triangleright \$$$

$$Tail(S) \triangleright S$$

$$Tail(S) \triangleright)$$

$$Tail(S) \triangleright Head(S)$$

جدول تجزیه‌ی تقدم-ساده

جدول تجزیه‌ی تقدم-ساده

یک جدول مربعی با ابعاد

$$(|N| + |T| + 1)(|N| + |T| + 1)$$

شامل همه‌ی روابط تقدم میان نمادهای گرامر

$$P : (N \cup T \cup \{\$, \# \}) \times (N \cup T \cup \{\$, \# \}) \rightarrow \{<, =, >, \square\}$$

جدول تجزیه‌ی تقدم-ساده

مثال

$$S' \rightarrow \$S\$$$

$$S \rightarrow (SS)$$

$$S \rightarrow c$$

	S	$($	$)$	c	$\$$
S	$\doteq$	$\lessdot$	$\doteq$	$\lessdot$	$\doteq$
$($	$\doteq$	$\lessdot$		$\lessdot$	
$)$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
c	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$	$\gtrdot$
$\$$	$\doteq$	$\lessdot$		$\lessdot$	

SIMPLE-PRECEDENCE PARSING PROCEDURE

push(\$)

repeat

$X \leftarrow top(Stack)$

$b \leftarrow lookahead$

if $P[X, b] = \lessdot$ **then** *push*($\lessdot$); *push*(b)

if $P[X, b] = \doteq$ **then** *push*($\doteq$); *push*(b)

if $P[X, b] = \gtrdot$ **then** *reduce*()

if $P[X, b] = \square$ **then** *error*()

if $X = b = \$$ **then** *accept*()

روال تجزیه‌ی تقدم-ساده

«عملیات کاهش» در روال تجزیه‌ی تقدم-ساده

SIMPLE-PRECEDENCE PARSING PROCEDURE: REDUCE OPERATION

پایین رفتن در پشته تا رسیدن به اولین نماد $\lessdot$
 دستگیره = رشته‌ی میان $\lessdot$ و بالای پشته

۱
یافتن دستگیره
 از بالای پشته

۲
حذف دستگیره
 از بالای پشته

۳
**درج ناپایانه‌ی سمت چپ
 و نماد رابطه‌ی مربوطه**
 در بالای پشته

کاهش
Reduce

TOP = عنصر بالای پشته پس از حذف دستگیره
 LHS = سمت چپ قاعده‌ی مورد استفاده در کاهش

```
if  $P[TOP, LHS] = \lessdot$  then  $push(\lessdot); push(LHS)$ 
if  $P[TOP, LHS] = \doteq$  then  $push(\doteq); push(LHS)$ 
if  $P[TOP, LHS] = \square$  then  $error()$ 
```

روال تجزیه‌ی تقدم-ساده

مثال

STACK	INPUT	ACTION
\$	$(c(cc))\$$	shift
$\$ \lessdot ($	$c(cc)\$$	shift
$\$ \lessdot (\lessdot c$	$(cc)\$$	reduce $S \rightarrow c, Top = (, LHS = S$
$\$ \lessdot (\doteq S$	$(cc)\$$	shift
$\$ \lessdot (\doteq S \lessdot ($	$cc)\$$	shift
$\$ \lessdot (\doteq S \lessdot (\lessdot c$	$c)\$$	reduce $S \rightarrow c, Top = (, LHS = S$
$\$ \lessdot (\doteq S \lessdot (\doteq S$	$c)\$$	shift
$\$ \lessdot (\doteq S \lessdot (\doteq S \lessdot c$	$)\$$	reduce $S \rightarrow c, Top = S, LHS = S$
$\$ \lessdot (\doteq S \lessdot (\doteq S \doteq S$	$)\$$	shift
$\$ \lessdot (\doteq S \lessdot (\doteq S \lessdot (\doteq S \doteq S)$	$)\$$	reduce $S \rightarrow SS, Top = S, LHS = S$
$\$ \lessdot (\doteq S \doteq S$	$)\$$	shift
$\$ \lessdot (\doteq S \doteq S \doteq S)$	$\$$	reduce $S \rightarrow SS, Top = S, LHS = S$
$\$ \doteq S$	$\$$	accept

$S' \rightarrow \$S\$$
 $S \rightarrow (SS)$
 $S \rightarrow c$

	S	$($	$)$	c	$\$$
S	$\doteq$	$\lessdot$	$\doteq$	$\lessdot$	$\doteq$
$($	$\doteq$	$\lessdot$		$\lessdot$	
$)$	$\triangleright$	$\triangleright$	$\triangleright$	$\triangleright$	$\triangleright$
c	$\triangleright$	$\triangleright$	$\triangleright$	$\triangleright$	$\triangleright$
$\$$	$\doteq$	$\lessdot$		$\lessdot$	

مشکل بازگشتی از چپ گرامرها و روش تجزیه‌ی تقدم-ساده

اگر قواعد بازگشتی از چپ به صورت

$$U \rightarrow U \dots$$

$$V \rightarrow \dots XU \dots$$

در گرامر موجود باشد، موجب بروز تداخل میان روابط نماد X و ناپایانه‌ی U می‌شود:

$$X \doteq U, \quad X \leq U$$

برای حل این مشکل:

با معرفی ناپایانه‌ی جدید W مجموعه قواعد فوق را با مجموعه قواعد زیر جایگزین می‌کنیم:

$$W \rightarrow U$$

$$U \rightarrow U \dots$$

$$V \rightarrow \dots XW \dots$$

که در این صورت روابط به صورت زیر در می‌آیند:

$$X \doteq W, \quad X \leq U$$

مشکل بازگشتی از راست گرامرها و روش تجزیه‌ی تقدم-ساده

اگر قواعد بازگشتی از راست به صورت

$$U \rightarrow \dots U$$

$$V \rightarrow \dots UX \dots$$

در گرامر موجود باشد، موجب بروز تداخل میان روابط نماد X و ناپایانه‌ی U می‌شود:

$$U \doteq X, \quad U \succ X$$

برای حل این مشکل:

با معرفی ناپایانه‌ی جدید W مجموعه قواعد فوق را با مجموعه قواعد زیر جایگزین می‌کنیم:

$$W \rightarrow U$$

$$U \rightarrow \dots U$$

$$V \rightarrow \dots WX \dots$$

که در این صورت روابط به صورت زیر در می‌آیند:

$$W \doteq X, \quad U \succ X$$

وقوع خطا در تجزیه‌ی تقدم-ساده

وقوع خطا در تجزیه‌ی تقدم-ساده

عدم وجود رابطه میان X (نماد بالای پشته) و b (توکن جاری)

۱

عدم تطبیق دستگیره‌ی واقع در بالای پشته با سمت راست هیچ یک از قواعد

۲

روش تجزیه‌ی تقدم-ساده

مزایا و معایب

مزایا و معایب روش تجزیه‌ی تقدم-ساده	
معایب	مزایا
محدودیت متوسط	بهبودیافته‌ی روش تقدم-عملگر
	پشتیبانی گرامرهای بیشتر
	مجاز بودن ناپایانه‌های مجاور در سمت راست قواعد

گرامر تقدم-عملگر

گرامر تقدم-ساده

Simple-Precedence Grammar

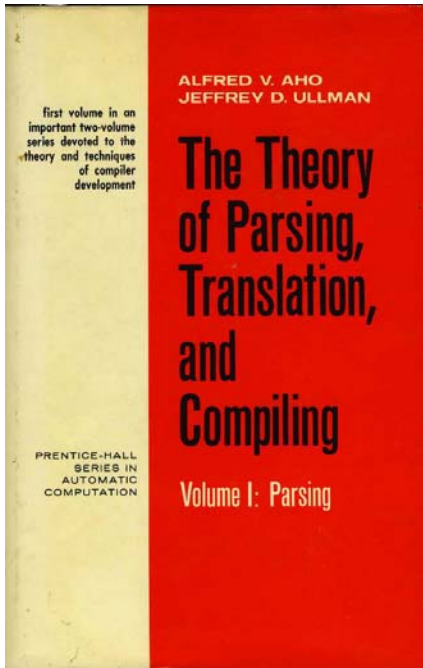
گرامری که جدول تجزیه‌ی تقدم-ساده آن تداخلی نداشته باشد.

تحلیل نحوی
تجزیه‌ی پایین به بالا
روش تقدم-ساده

۳

منابع

منبع اصلی



A. V. Aho, J. D. Ullman,
The Theory of Parsing, Translation, and Compiling,
Vol. I, Prentice-Hall, 1972.

Chapter 5 (5.3.2)