

قسمت هفتم - تجزیه پائین به بالا - تجزیه گره‌های LALR

احمد خادم زاده (khademzadeh@mshdiau.ac.ir)

دانشگاه آزاد مشهد

اصول طراحی کامپایلر

انگیزه بحث

- $LR(1)$ نسبت به SLR و $LR(0)$ دارای حالات بسیار زیادی است.
- آیا راه حلی وجود دارد که به حالتی بین $LR(1)$ و $LR(0)$ رسید؟
- بله - تجزیه گره‌های $LALR(1)$
- در این تجزیه گره‌ها حالات مشابه در $LR(1)$ را با هم ادغام می‌کنیم.
- این روش موجب کاهش تعداد حالات در حد $SLR(1)$ می‌شود، اما قدرتش در حد $LR(1)$ می‌ماند.

مثال - مجموعه های حالت LR(1)

I0: $S' \rightarrow \cdot S, \$$
 $S \rightarrow \cdot XX, \$$
 $X \rightarrow \cdot aX, a/b$
 $X \rightarrow \cdot b, a/b$

I1: $S' \rightarrow S \cdot, \$$

I2: $S \rightarrow X \cdot X, \$$
 $X \rightarrow \cdot aX, \$$
 $X \rightarrow \cdot b, \$$

I3: $X \rightarrow a \cdot X, a/b$
 $X \rightarrow \cdot aX, a/b$
 $X \rightarrow \cdot b, a/b$

I4: $X \rightarrow b \cdot, a/b$

I5: $S \rightarrow XX \cdot, \$$

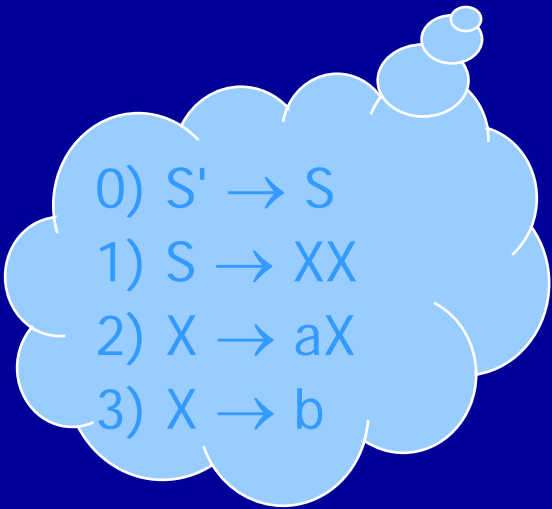
I6: $X \rightarrow a \cdot X, \$$
 $X \rightarrow \cdot aX, \$$

$X \rightarrow \cdot b, \$$

I7: $X \rightarrow b \cdot, \$$

I8: $X \rightarrow aX \cdot, a/b$

I9: $X \rightarrow aX \cdot, \$$



0) $S' \rightarrow S$
1) $S \rightarrow XX$
2) $X \rightarrow aX$
3) $X \rightarrow b$

مثال - مجموعه های حالت LR(1) (ادامه)

- بعضی از حالات مربوط به اسلاید پیش خیلی به هم مشابه هستند، و فقط در ترم پیش بینی با هم متفاوتند. مثل 13 و 16.

- این سوال وجود دارد که آیا این دو حالت را می توان با هم ادغام کرد؟

136: $X \rightarrow a \bullet X, a/b/\$$

$X \rightarrow \bullet aX, a/b/\$$

$X \rightarrow \bullet b, a/b/\$$

مثال - مجموعه های حالت $LR(1)$ (ادامه)

- در مورد حالات دیگری نیز این موضوع صدق می کند.

147: $X \rightarrow b\bullet, a/b/\$$

189: $X \rightarrow aX\bullet, a/b/\$$

- آیا با ادغام این حالات به تجزیه گر $SLR(1)$ نمی رسیم؟

مثال ۲ - مجموعه های حالت LR(1)

- به بخشی از مجموعه حالات LR(1) برای گرامر زیر توجه کنید:

I0: $S' \rightarrow \bullet S, \$$

$S \rightarrow \bullet Bbb, \$$

$S \rightarrow \bullet aab, \$$

$S \rightarrow \bullet bBa, \$$

$B \rightarrow \bullet a, b$

I1: $S' \rightarrow S\bullet, \$$

I2: $S \rightarrow B\bullet bb, \$$

I3: $S \rightarrow a\bullet ab, \$$

$B \rightarrow a\bullet, b$

$S' \rightarrow S$

$S \rightarrow Bbb \mid aab \mid bBa$

$B \rightarrow a$

- آیا تجزیه گرهای LR(1) نسبت به SLR(1) برای این گرامر بهتر عمل می کنند؟

برخورد در ادغام حالات

- آیا ادغام حالات ممکن است به برخورد منجر شود؟
- چه زمانی برخورد انتقال-کاهش ممکن است اتفاق بیافتد؟
- چه زمانی برخورد کاهش-کاهش ممکن است اتفاق بیافتد؟
- آیا گرامر زیر $SLR(1)$ است؟ $LR(1)$ چگونه؟

$$S' \rightarrow S$$

$$S \rightarrow aBc \mid bCc \mid aCd \mid bBd$$

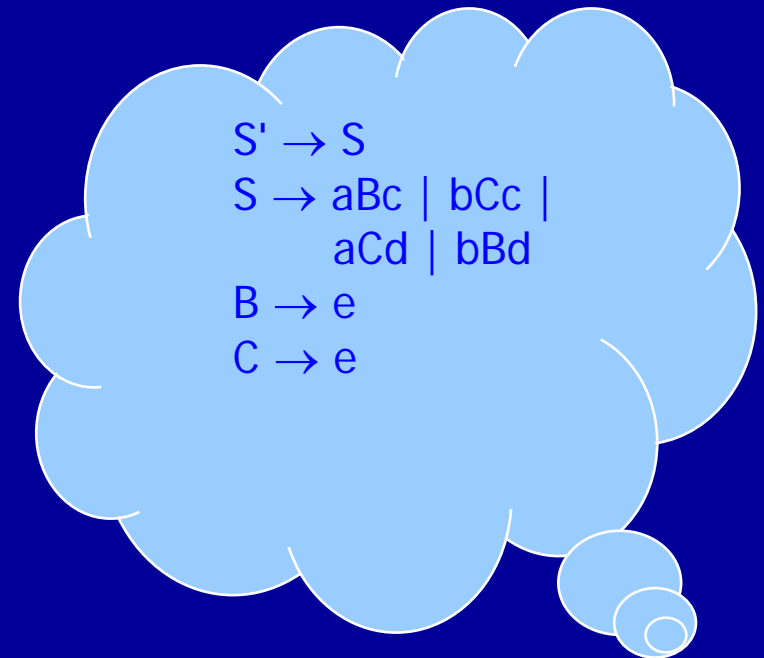
$$B \rightarrow e$$

$$C \rightarrow e$$

مثال ۲ - مجموعه های حالت LR(1)

I0: $S' \rightarrow \bullet S, \$$
 $S \rightarrow \bullet aBc, \$$
 $S \rightarrow \bullet bCc, \$$
 $S \rightarrow \bullet aCd, \$$
 $S \rightarrow \bullet bBd, \$$
I1: $S' \rightarrow S\bullet, \$$
I2: $S \rightarrow a\bullet Bc, \$$
 $S \rightarrow a\bullet Cd, \$$
 $B \rightarrow \bullet e, c$
 $C \rightarrow \bullet e, d$
I3: $S \rightarrow b\bullet Cc, \$$
 $S \rightarrow b\bullet Bd, \$$
 $C \rightarrow \bullet e, c$
 $B \rightarrow \bullet e, d$

I4: $S \rightarrow aB\bullet c, \$$
I5: $S \rightarrow aC\bullet d, \$$
I6: $B \rightarrow e\bullet, c$
 $C \rightarrow e\bullet, d$
I7: $S \rightarrow bC\bullet c, \$$
I8: $S \rightarrow bB\bullet d, \$$
I9: $B \rightarrow e\bullet, d$
 $C \rightarrow e\bullet, c$
I10: $S \rightarrow aBc\bullet, \$$
I11: $S \rightarrow aCd\bullet, \$$
I12: $S \rightarrow bCc\bullet, \$$
I13: $S \rightarrow bBd\bullet, \$$



آیا امکان ادغام در این مجموعه حالات وجود دارد؟

ساخت جدول تجزیه $LALR(1)$

- همانند $LR(1)$ عمل می شود.
- زمانی که هیچ ادغامی ممکن نباشد، شکل جدول تجزیه مشابه $LR(1)$ می شود. اما معمولاً امکان ادغام وجود داشته و اندازه جدول کوچکتر از $LR(1)$ می شود.
- پس از ادغام حالات، جدول تجزیه مشابه $LR(0)$ و $SLR(1)$ خواهد شد.
- در این صورت تفاوت اصلی این جداول در چه چیزی است؟

چه گرامری $LALR(1)$ نیست؟

ساخت جدول تجزیه $LALR(1)$

- شیوه اول، شیوه Brute Force است:
- دیاگرام انتقال $LR(1)$ را می سازیم.
- حالاتی دارای هسته مشابه را با هم ادغام می کنیم. در این حالت ترم های پیش بینی حالت جدید، اجتماع ترم های پیش بینی حالات قبلی است.
- در مورد توابع مابعد چه تغییری ایجاد می شود؟
- ساخت بخش Action و Goto جدول $LALR(1)$ مشابه با $LR(1)$ می باشد.
- در ادامه با هم یک مثال را بررسی می کنیم.

مثال - مجموعه های حالت LR(1)

I0: $S' \rightarrow \cdot S, \$$
 $S \rightarrow \cdot XX, \$$
 $X \rightarrow \cdot aX, a/b$
 $X \rightarrow \cdot b, a/b$

I1: $S' \rightarrow S \cdot, \$$

I2: $S \rightarrow X \cdot X, \$$
 $X \rightarrow \cdot aX, \$$
 $X \rightarrow \cdot b, \$$

I3: $X \rightarrow a \cdot X, a/b$
 $X \rightarrow \cdot aX, a/b$
 $X \rightarrow \cdot b, a/b$

I4: $X \rightarrow b \cdot, a/b$

I5: $S \rightarrow XX \cdot, \$$

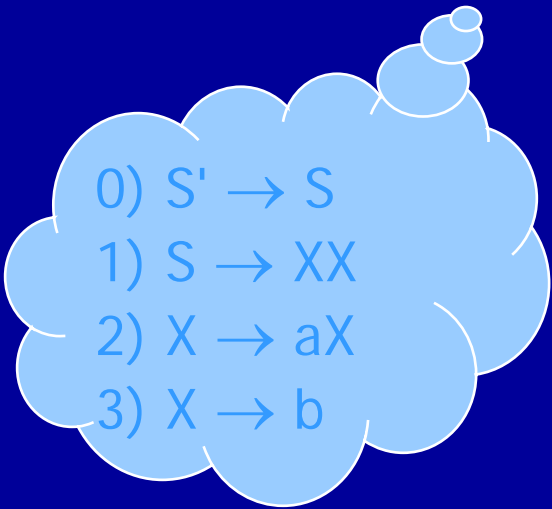
I6: $X \rightarrow a \cdot X, \$$
 $X \rightarrow \cdot aX, \$$

$X \rightarrow \cdot b, \$$

I7: $X \rightarrow b \cdot, \$$

I8: $X \rightarrow aX \cdot, a/b$

I9: $X \rightarrow aX \cdot, \$$



0) $S' \rightarrow S$
1) $S \rightarrow XX$
2) $X \rightarrow aX$
3) $X \rightarrow b$

State on top of stack	Action			Goto	
	a	b	\$	S	X
0	s3	s4		1	2
1			Acc		
2	s6	s7			5
3	s3	s4			8
4	r3	r3			
5			r1		
6	s6	s7			9
7			r3		
8	r2	r2			
9			r2		

مثال - مجموعه های حالت LALR(1)

I0: $S' \rightarrow \cdot S, \$$
 $S \rightarrow \cdot XX, \$$
 $X \rightarrow \cdot aX, a/b$
 $X \rightarrow \cdot b, a/b$

I1: $S' \rightarrow S \cdot, \$$

I2: $S \rightarrow X \cdot X, \$$
 $X \rightarrow \cdot aX, \$$
 $X \rightarrow \cdot b, \$$

I36: $X \rightarrow a \cdot X, a/b/\$$
 $X \rightarrow \cdot aX, a/b/\$$
 $X \rightarrow \cdot b, a/b/\$$

I5: $S \rightarrow XX \cdot, \$$

I47: $X \rightarrow b \cdot, a/b/\$$

I89: $X \rightarrow aX \cdot, a/b/\$$

0) $S' \rightarrow S$

1) $S \rightarrow XX$

2) $X \rightarrow aX$

3) $X \rightarrow b$

State on top of stack	Action			Goto	
	a	b	\$	S	X
0	s36	s47		1	2
1			acc		
2	s36	s47			5
36	s36	s47			89
47	r3	r3	r3		
5			r1		
89	r2	r2	r2		

ساخت جدول تجزیه (1) LALR

- شیوه دوم، یعنی شیوه قدم به قدم، شیوه هوشمندانه تری است:
- در این شیوه، قدم به قدم و با ایجاد حالات جدید، حالات را در صورت امکان با هم ادغام می کنیم.
- در ادامه با هم یک مثال را برای گرامر زیر بررسی می کنیم.

$$S' \rightarrow S$$

$$S \rightarrow V = E$$

$$E \rightarrow F \mid E + F$$

$$F \rightarrow V \mid \text{int} \mid (E)$$

$$V \rightarrow \text{id}$$

گرامرهای LALR(1)

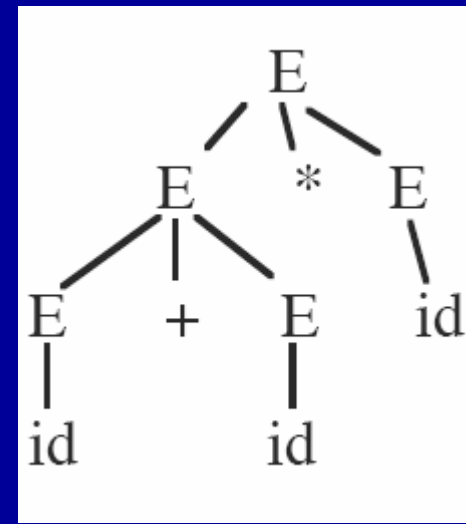
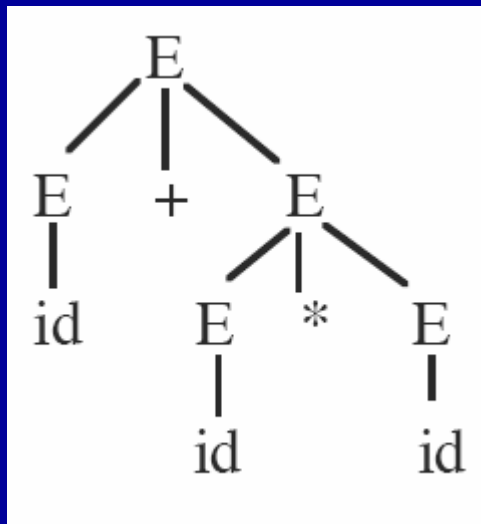
- آیا اگر گرامری LR(1) نباشد، LALR(1) هست؟
- آیا اگر گرامری LR(1) باشد، LALR(1) هست؟
- آیا اگر گرامری SLR(1) نباشد، LALR(1) هست؟
- آیا اگر گرامری SLR(1) باشد، LALR(1) هست؟
- کدام گرامر کاربردی ترین گرامر برای ساخت تجزیه گرها است؟ چرا؟

گرامرهای مبهم

- تعریف ابهام
- گرامر عبارات محاسباتی

$$E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid id$$

- دو درخت تجزیه متفاوت برای $id+id*id$



روش های برخورد با مشکل ابهام

- روش اول : تصحیح گرامر

$$E \rightarrow E + T \mid T$$

$$T \rightarrow T * F \mid F$$

$$F \rightarrow (E) \mid id$$

- روش دوم : عدم تصحیح گرامر و رفع مشکل برخورد در جدول تجزیه

- برای مشاهده چگونگی عملکرد روش دوم جدول تجزیه مجموعه پیکربندی های LR(0) را برای گرامر مبهم عبارات محاسباتی تشکیل می دهیم.

مجموعه پیکربندی های LR(0)

10: $E' \rightarrow \bullet E$
 $E \rightarrow \bullet E + E$
 $E \rightarrow \bullet E * E$
 $E \rightarrow \bullet (E)$
 $E \rightarrow \bullet id$
11: $E' \rightarrow E \bullet$
 $E \rightarrow E \bullet + E$
 $E \rightarrow E \bullet * E$
12: $E \rightarrow (\bullet E)$
 $E \rightarrow \bullet E + E$
 $E \rightarrow \bullet E * E$
 $E \rightarrow \bullet (E)$
 $E \rightarrow \bullet id$

13: $E \rightarrow id \bullet$
14: $E \rightarrow E + \bullet E$
 $E \rightarrow \bullet E + E$
 $E \rightarrow \bullet E * E$
 $E \rightarrow \bullet (E)$
 $E \rightarrow \bullet id$
15: $E \rightarrow E * \bullet E$
 $E \rightarrow \bullet E + E$
 $E \rightarrow \bullet E * E$
 $E \rightarrow \bullet (E)$
 $E \rightarrow \bullet id$

16: $E \rightarrow (E \bullet)$
 $E \rightarrow E \bullet + E$
 $E \rightarrow E \bullet * E$
17: $E \rightarrow E + E \bullet$
 $E \rightarrow E \bullet + E$
 $E \rightarrow E \bullet * E$
18: $E \rightarrow E * E \bullet$
 $E \rightarrow E \bullet + E$
 $E \rightarrow E \bullet * E$
19: $E \rightarrow (E) \bullet$

- آیا در حالات مربوط به این تجزیه گر، برخورد وجود دارد؟
- آیا برای تجزیه جمله $id + id * id$ با مشکل مواجه می شویم؟

$E \rightarrow E + E$
 $E \rightarrow E * E$
 $E \rightarrow (E) \mid id$

رفع مشکل ابهام در جدول تجزیه

- در مجموعه پیکربندی های ایجاد شده، و در نتیجه در جدول تجزیه برخورد وجود دارد.
- می توان ابهام گرامر را (که در اینجا عدم رعایت اولویت عملگرها و شرکت پذیری آنهاست) ، را در جدول تجزیه رفع نمود.
- به این منظور باید در خانه هائی از جدول تجزیه که برخورد وجود دارد، مقدار مناسبی را قرار داد.
- جدول تجزیه را در اسلاید بعدی داریم.

جدول تجزیه عبارات محاسباتی

$$E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid id$$

State on top of stack	Action						Goto
	id	+	*	()	\$	
0	s3			s2			1
1		s4	s5			acc	
2	s3			s2			6
3		r4	r4		r4	r4	
4	s3			s2			7
5	s3			s2			8
6		s4	s5		s9		
7		r1	s5		r1	r1	
8		r2	r2		r2	r2	
9		r3	r3		r3	r3	

گرامر مبهم دستور If

Stmt \rightarrow if Expr then Stmt else Stmt |
if Expr then Stmt | Other...

- که به اختصار آن را به صورت زیر می نویسیم:

S \rightarrow iSeS | iS | a

- مجموعه پیکربندی های LR(0) این دستور را کشیده و جدول تجزیه آن را هم بکشید. برخورد های موجود در جدول تجزیه را به نحو مناسبی رفع کنید.

تجزیه گرامر های مبهم - پوشش خطا

$$E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid id$$

State on top of stack	Action						Goto
	id	+	*	()	\$	
0	s3	e1	e1	s2	e2	e1	1
1	e3	s4	s5	e3	e2	acc	
2	s3	e1	e1	s2	e2	e1	6
3	e3	r4	r4	e3	r4	r4	
4	s3	e1	e1	s2	e2	e1	7
5	s3	e1	e1	s2	e2	e1	8
6	e3	s4	s5	e3	s9	e4	
7	e3	r1	s5	e3	r1	r1	
8	e3	r2	r2	e3	r2	r2	
9	e3	r3	r3	e3	r3	r3	

مقایسه LL(k) و LR(k)

