Compiler Design

Fatemeh Deldar

Isfahan University of Technology

1402-1403

قوی ترین گرامر LR1 است

SLR(1) Grammar

- **The SLR method begins with LR(0) items and LR(0) automata**
- ***Constructing an SLR-parsing table***

State i is constructed from I_i. The parsing actions for state i are determined as follows:

(a) If $[A \to \alpha \cdot a\beta]$ is in I_i and $\text{GOTO}(I_i, a) = I_j$, then set $\text{ACTION}[i, a]$ to "shift j." Here a must be a terminal.

(b) If $[A \to \alpha \cdot]$ is in I_i, then set $\text{ACTION}[i, a]$ to "reduce $A \to \alpha$" for all a in $\text{FOLLOW}(A)$; here A may not be S'.

(c) If $[S' \to S \cdot]$ is in I_i, then set $\text{ACTION}[i, \$]$ to "accept."

اون کاهشی که میخواد انجام بشه به ازای همه ترمینال ها نوشته نمیشه فقط به ازای اون کاراکترهایی نوشته میشه که توی فالوی اون متغییر سمت چپی باشن در صورتی که LR0 اینطوری نبود و این مشکل LR0 بود و توی LR0 خیلی تصادم داشتیم بخاطر این موضوع

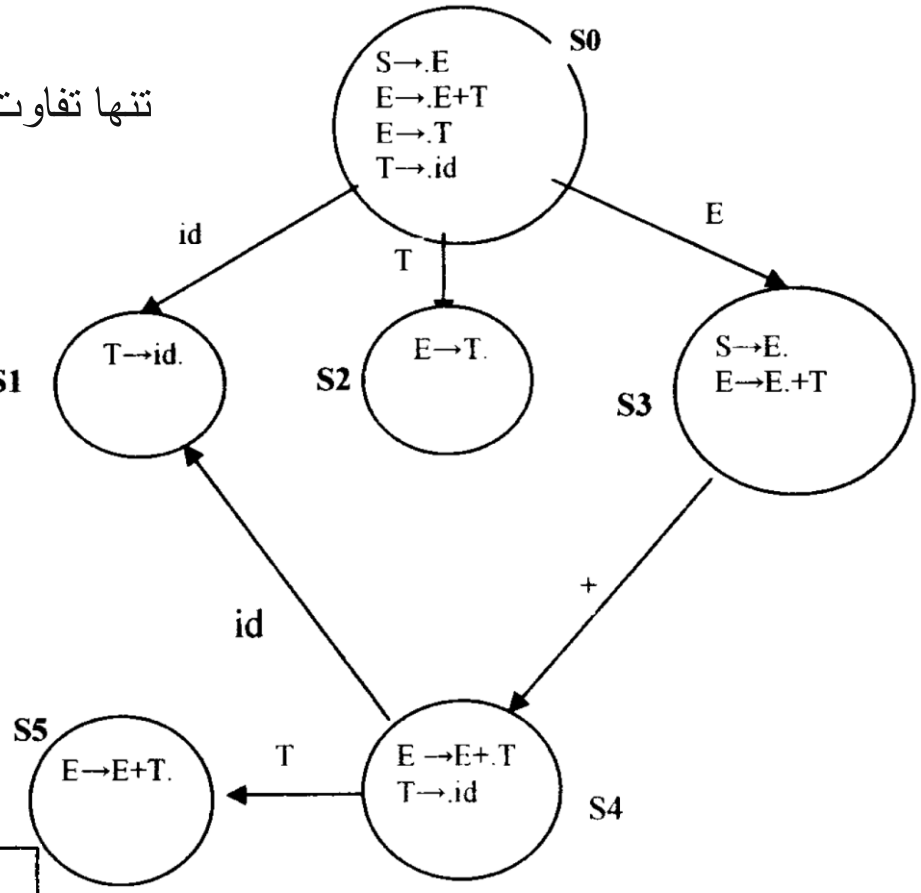
تنها تفاوت توی کاهش ها است توی این روش

SLR(1) Grammar

- **Example**

1- S→E
2- E→E+T
3- E→T
4- T→id

* T فالوی



حالات	action			goto	
	id	+	$	T	E
0	s1	error	error	2	3
1	error	* r4	r4		
2	error	r3	r3		
3	error	s4	accept		
4	s1	error	error	5	
5	error	r2	r2		

نکته: هر گرامری که LR0 است --> SLR1 هم هست چون SLR1 قوی تره ولی برعکسش برقرار نیس ینی توی جدولش تصادم نداشته باشه ولی LR0 توی جدول داشته باشه

اول از همه توی استک صفر می ذاریم که صفر شماره استیت شروع هست

SLR(1) Grammar

شیفت داده بشه و بره به استیت شماره یک پس شیفت میدیم id رو داخل استک و و عدد یک هم پشت سرش می نویسیم

- **Example:** **Parse string id+id**

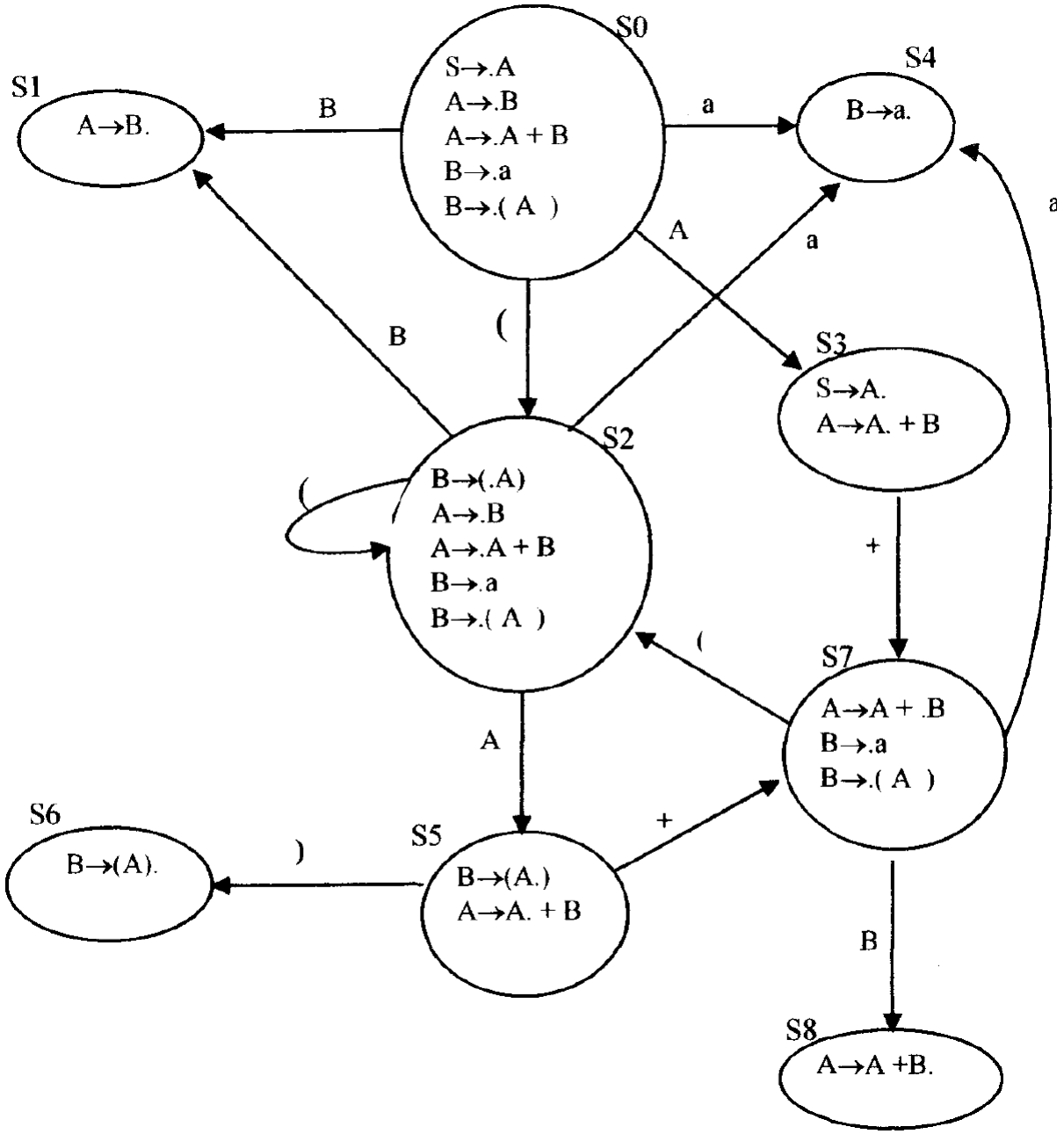
پشته	رشته ورودی	عملیات
0	id+id$	s1
0id1	+id$	r4: T→ id
0T	+id$	goto[0,T]=2
0T2	+id$	r3: E→ T
0E	+id$	goto[0,E]=3
0E3	+id$	s4
0E3+4	id$	s1
0E3+4id1	$	r4: T→ id
0E3+4T	$	goto[4,T]=5
0E3+4T5	$	r2: E→ E+T
0E	$	goto[0,E]=3
0E3	$	accept

SLR(1) Grammar

- **Example**

A→ B
A→ A + B
B→ a
B→ (A)

1- S→ A
2- A→ B
3- A→ A + B
4- B→ a
5- B→ (A)



زمانی کاهش داریم که نقطه به انتها رسیده باشه

SLR(1)

وقتی یال خروجی نداریم از یک استیتی ینی نه شیفت داریم و نه goto

حالا r2 رو باید توی جاهایی بنویسیم که توی فالوی A هست

حالت	action					goto	
	a	+	(	)	$	A	B
0	s4		s2			3	1
1		r2		r2	r2		
2	s4		s2			5	1
3		s7			accept		
4		r4		r4	r4		
5		s7		s6			
6		r5		r5	r5		
7	s4		s2				8
8		r3		r3	r3		

پشته	رشته ورودی	اعمال انجام شده
0	(a+a)$	s2
0(2	a+a)$	s4
0(2a4	+a)$	r4: B→a
0(2B1	+a)$	r2: A→ B
0(2A5	+a)$	s7
0(2A5+7	a)$	s4
0(2A5+7a4	)$	r4: B→a
0(2A5+7B8	)$	r3: A→ A + B
0(2A5	)$	s6
0(2A5)6	$	r5: B→ (A)
0A3	$	accept

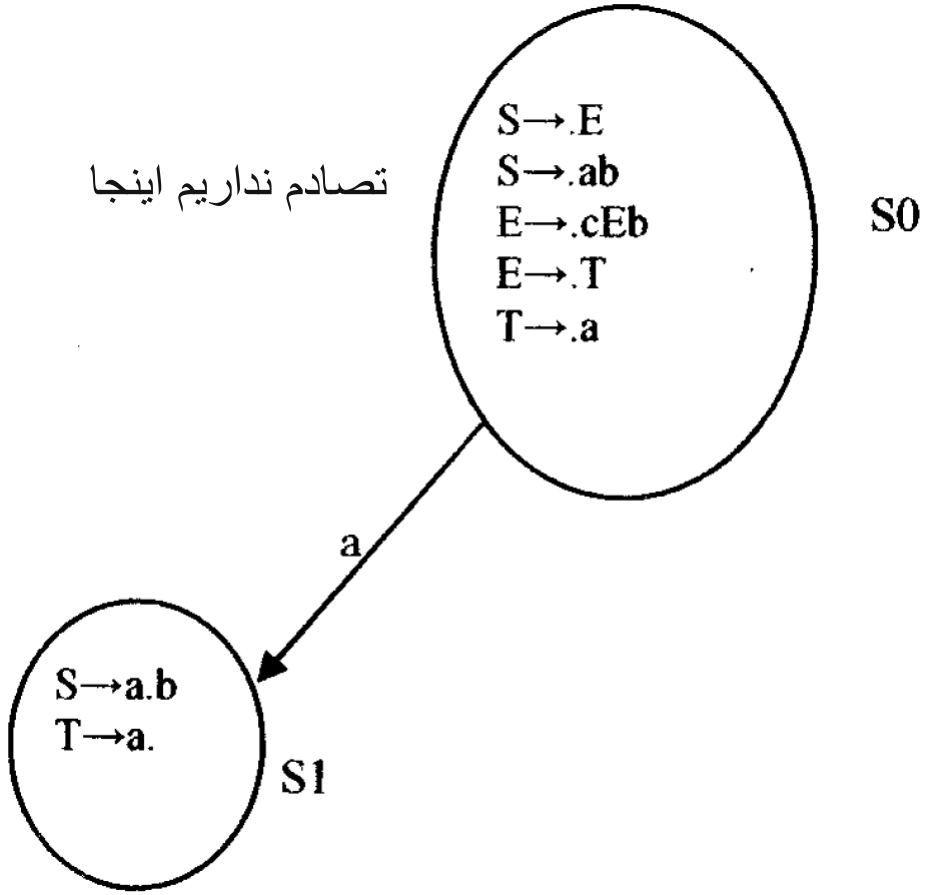
توی حالت تصادم یکی از دو حالت زیر حتما هست:
شیفت و کاهش
کاهش و کاهش

SLR(1) Grammar

- **Example: Shift/Reduce Conflict**
  - **The grammar is not SLR(1)**

$S \rightarrow E \mid ab$
$E \rightarrow cEb \mid T$
$T \rightarrow a$

تصادم نداریم اینجا

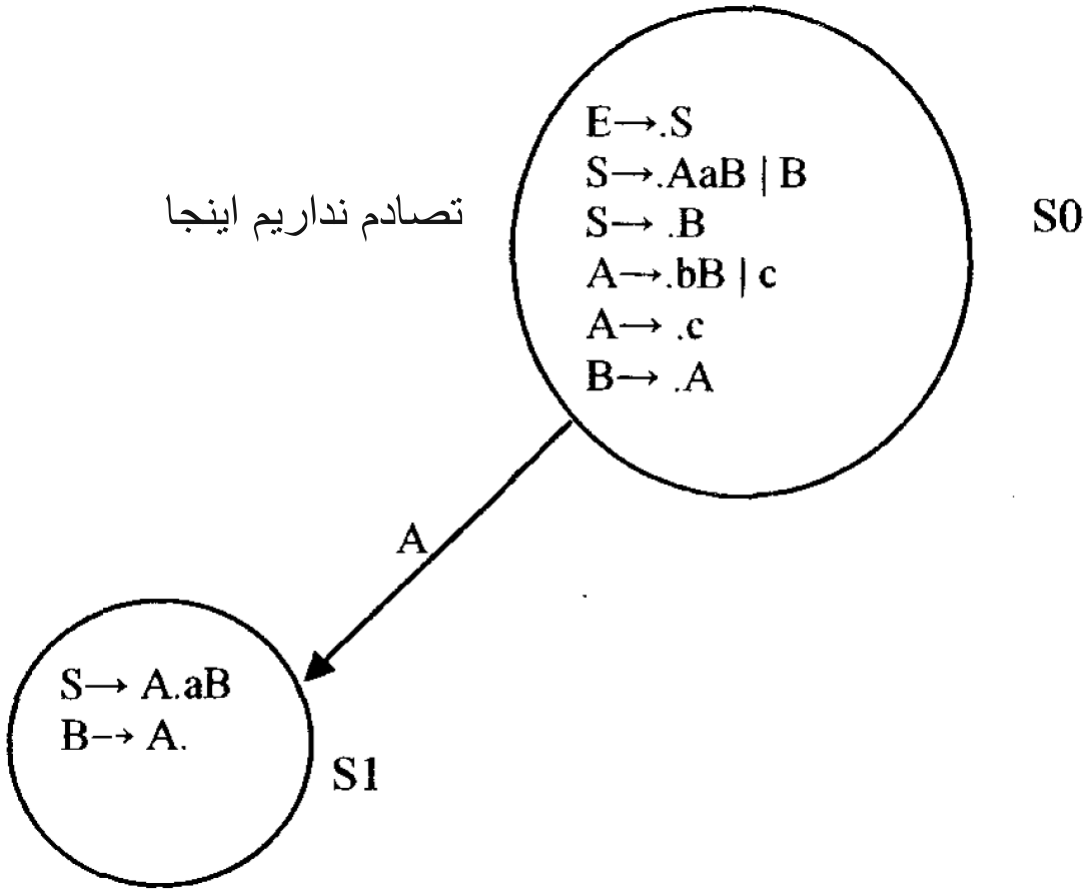


تصادم داریم اینجا:
شیفت به ازای b
کاهشی به ازای T می دهد a

SLR(1) Grammar

- **Example: Shift/Reduce Conflict**
  - **The grammar is not SLR(1)**

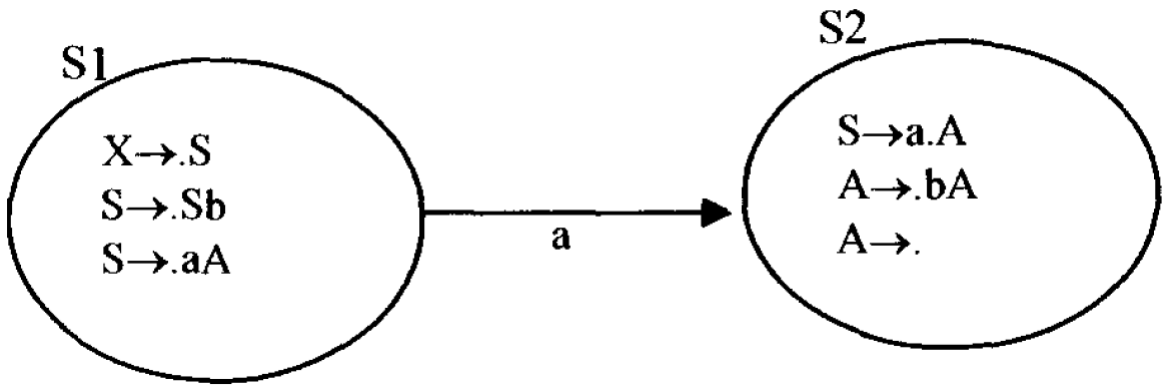
$$S \rightarrow AaB \mid B$$
$$A \rightarrow bB \mid c$$
$$B \rightarrow A$$



SLR(1) Grammar

- **Example: Shift/Reduce Conflict**
  - **The grammar is not SLR(1)**

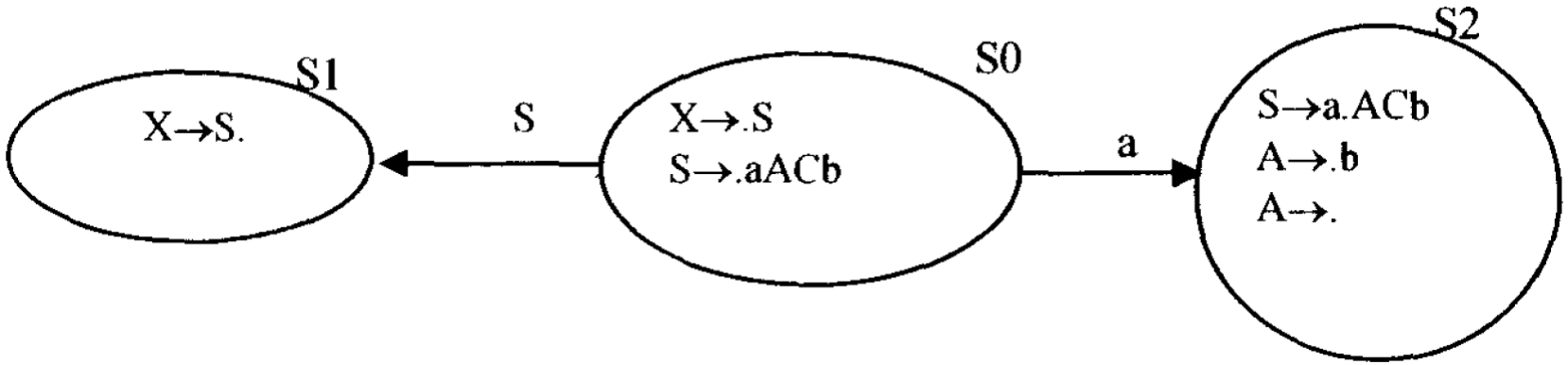
$S \rightarrow Sb \mid aA$
$A \rightarrow bA \mid \in$



SLR(1) Grammar

- **Example: Shift/Reduce Conflict**
  - **The grammar is not SLR(1)**

$S \rightarrow aACb$
$A \rightarrow b \mid \epsilon$
$C \rightarrow cC \mid \epsilon$



SLR(1) Grammar

- ***Every SLR(1) grammar is unambiguous, but there are many unambiguous grammars that are not SLR(1)***

$$
\begin{array}{lcl}
S & \rightarrow & L = R \mid R \\
L & \rightarrow & *R \mid \mathbf{id} \\
R & \rightarrow & L
\end{array}
$$

- ***Shift/Reduce conflict on input symbol =***

I_0: $S' \rightarrow \cdot S$
$S \rightarrow \cdot L = R$
$S \rightarrow \cdot R$
$L \rightarrow \cdot * R$
$L \rightarrow \cdot \mathbf{id}$
$R \rightarrow \cdot L$

I_1: $S' \rightarrow S\cdot$

I_2: $S \rightarrow L\cdot = R$
$R \rightarrow L\cdot$

I_3: $S \rightarrow R\cdot$

I_4: $L \rightarrow *\cdot R$
$R \rightarrow \cdot L$
$L \rightarrow \cdot * R$
$L \rightarrow \cdot \mathbf{id}$

I_5: $L \rightarrow \mathbf{id}\cdot$

I_6: $S \rightarrow L = \cdot R$
$R \rightarrow \cdot L$
$L \rightarrow \cdot * R$
$L \rightarrow \cdot \mathbf{id}$

I_7: $L \rightarrow *R\cdot$

I_8: $R \rightarrow L\cdot$

I_9: $S \rightarrow L = R\cdot$

Constructing LR(1) Sets of Items

SetOfItems CLOSURE(I) {
    repeat
        for (each item $[A \to \alpha \cdot B\beta, a]$ in I)
            for (each production $B \to \gamma$ in G')
                for (each terminal b in FIRST(βa))
                    add $[B \to \cdot\gamma, b]$ to set I;
    until no more items are added to I;
    return I;
}

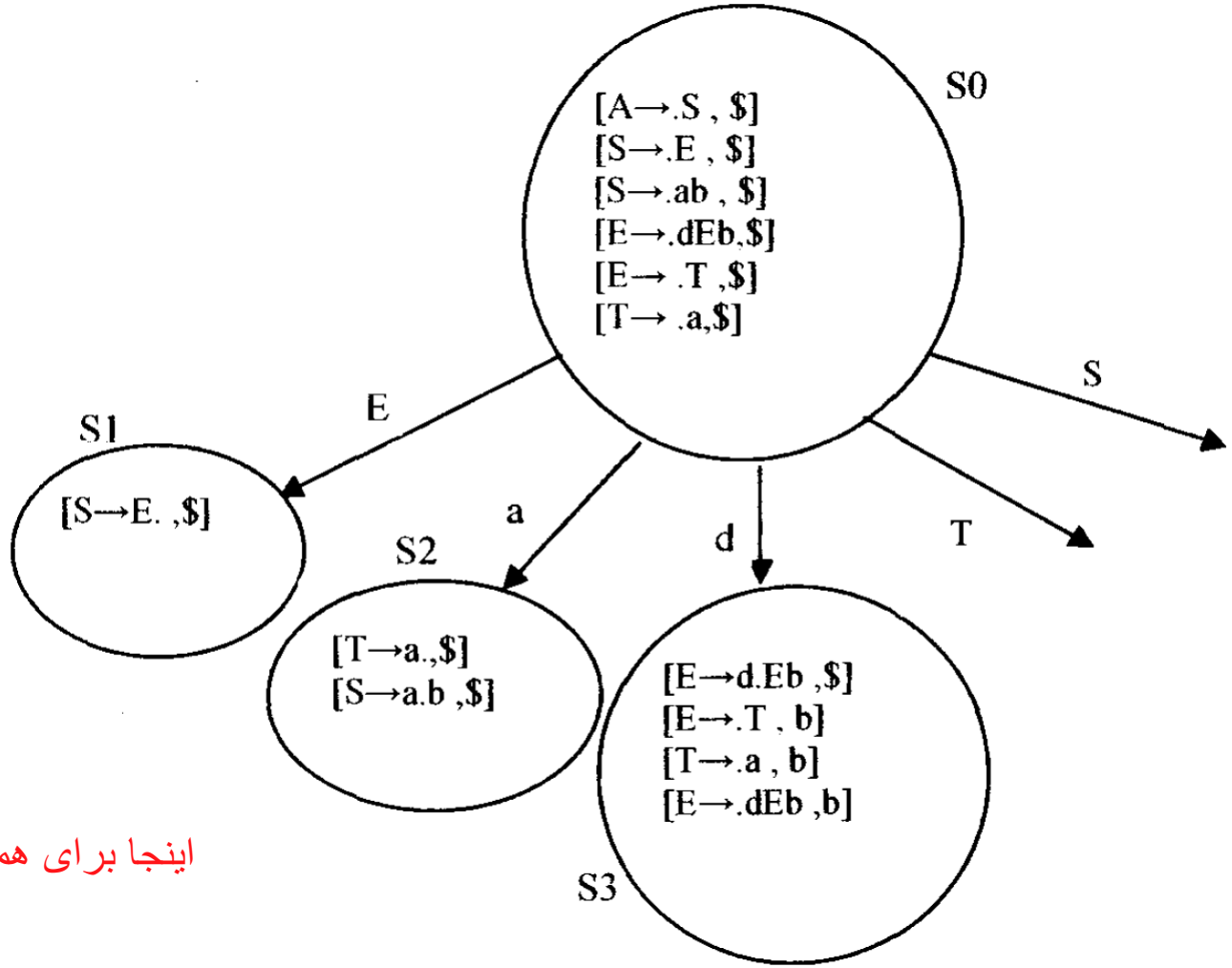
SetOfItems GOTO(I, X) {
    initialize J to be the empty set;
    for (each item $[A \to \alpha \cdot X\beta, a]$ in I)
        add item $[A \to \alpha X \cdot \beta, a]$ to set J;
    return CLOSURE(J);
}

LR1 از بین اون 4 تا قوی تر است و هرچی قوی تر باشه تعداد استیت ها بیشتر میشه ولی خب باعث میشه گرامر قوی تر بشه > LALR1 و بعدش SLR1 و بعدش LR0 است

LR(1) Grammar

S→ E | ab
E→ dEb | T
T→ a

1- A→S
2- S→ E
3- S→ ab
4- E→ dEb
5- E→ T
6- T → a

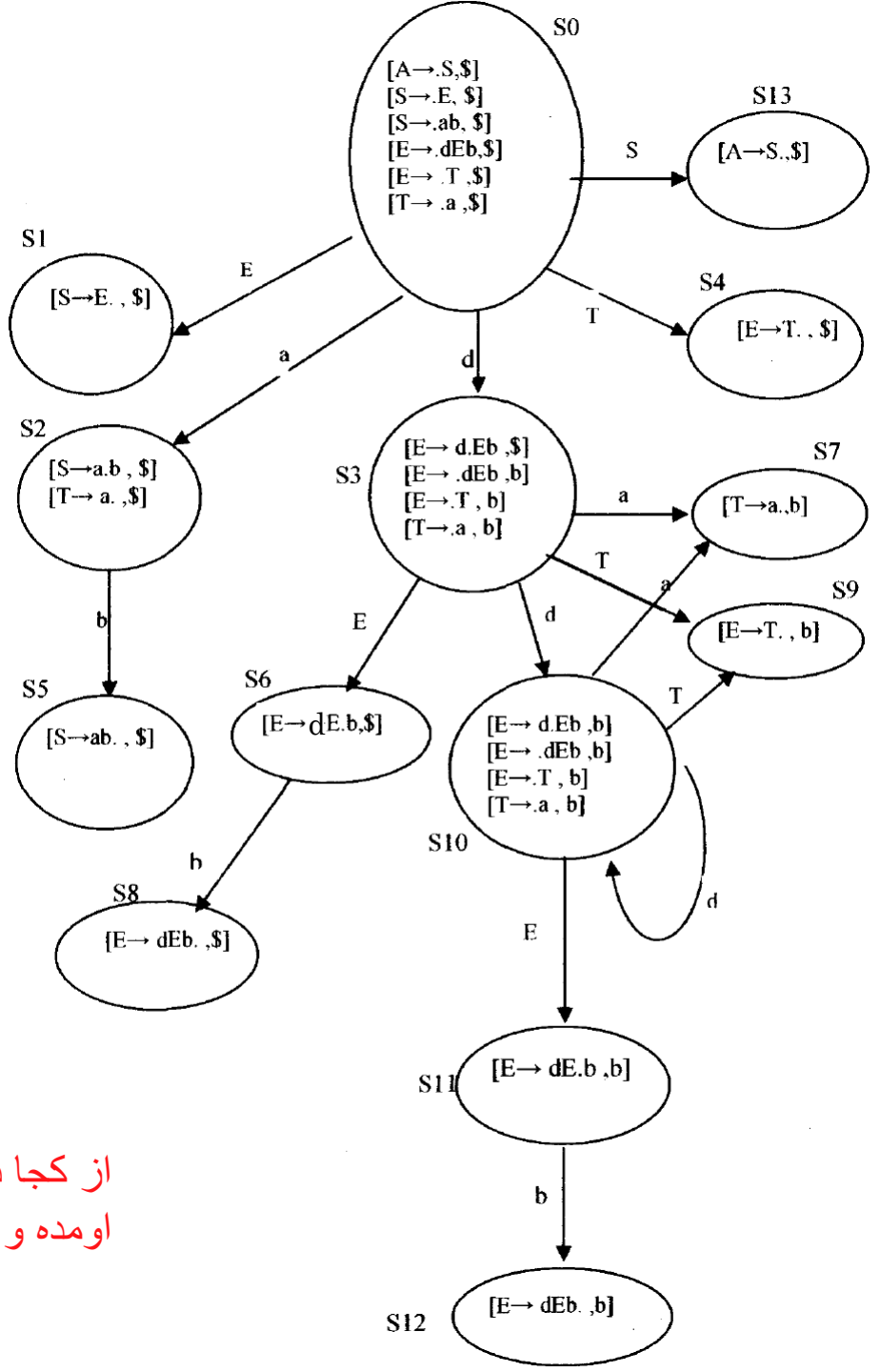


اینجا برای همه فالو، کاهش رو نمی نویسیم!!!

LR(1) Grammar

S→ E | ab
E→ dEb | T
T→ a

1- A→S
2- S→ E
3- S→ ab
4- E→ dEb
5- E→ T
6- T → a

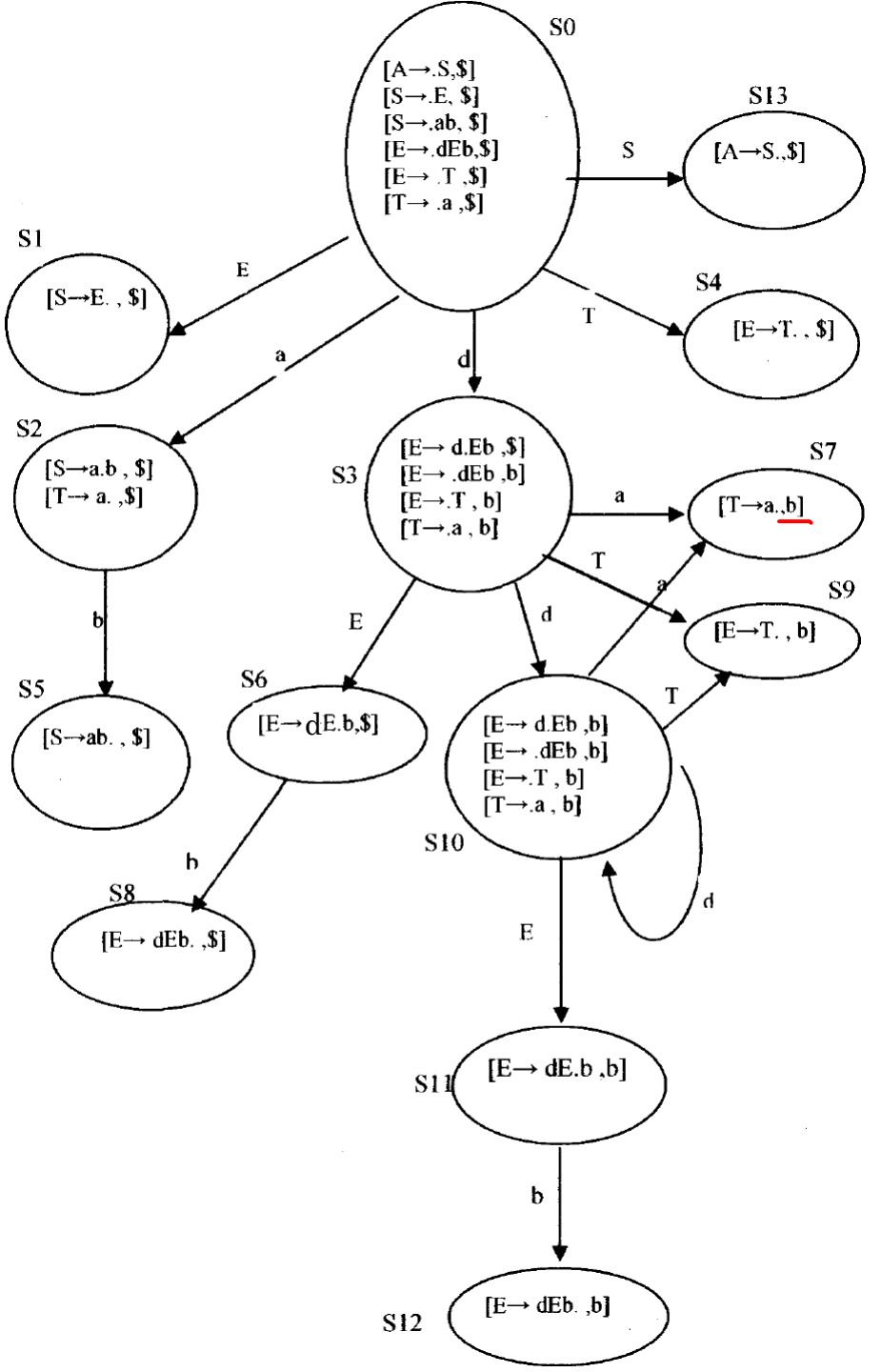


از کجا داره باز میشه --> حالا باز شد --> برای بقیش ببین بعد از اون چی اومده و برای اونایی که باز شده بنویس

LR(1) Grammar

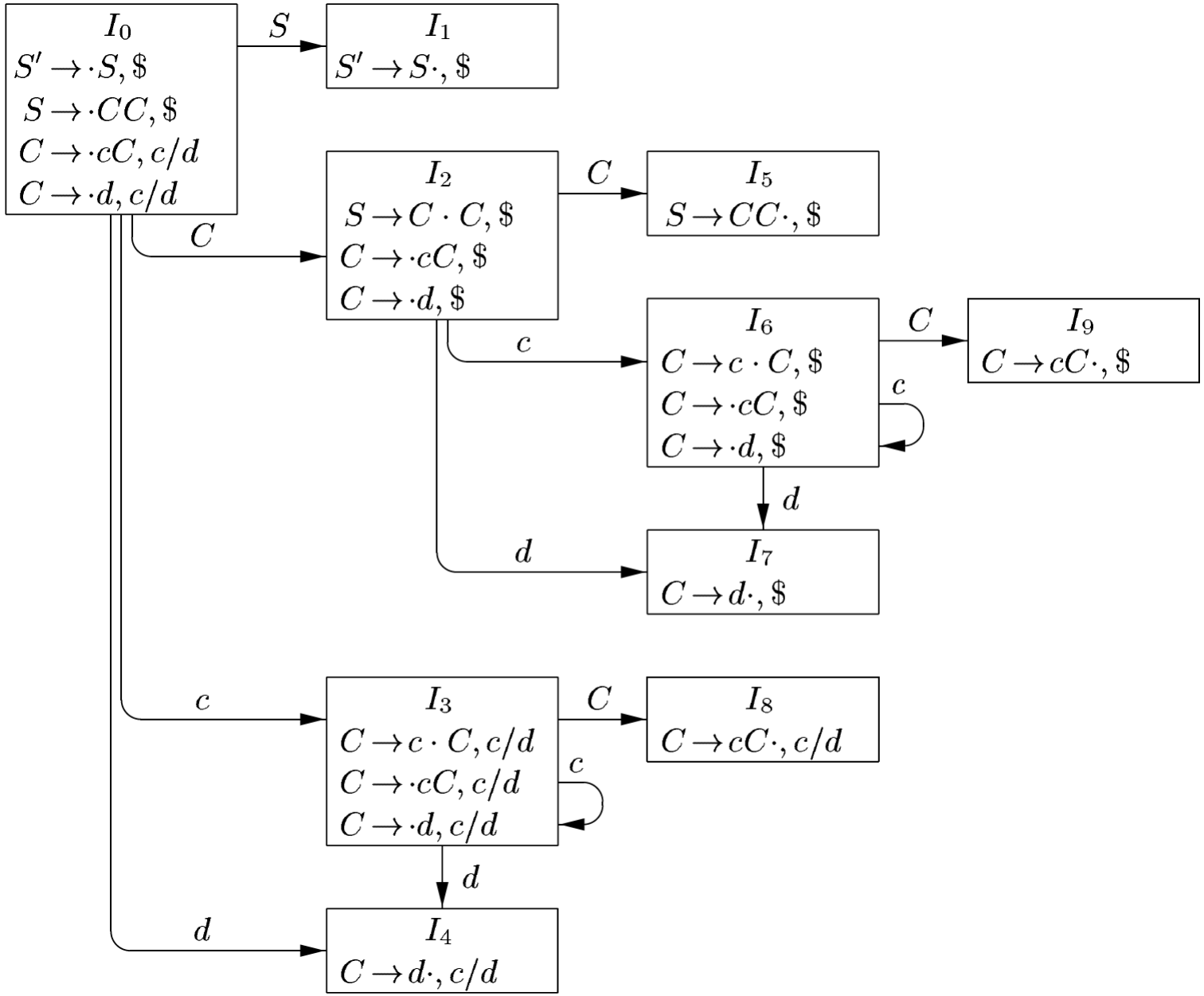
اینجا نمی خواد فالو حساب کنیم

حالات	action				goto		
	a	b	d	$	E	T	S
0	s2		s3		1	4	13
1				r2			
2		s5		r6			
3	s7		s10		6	9	
4				r5			
5				r3			
6		s8					
7		r6					
8				r4			
9		r5					
10	s7		s10		11	9	
11		s12					
12		r4					
13				accept			



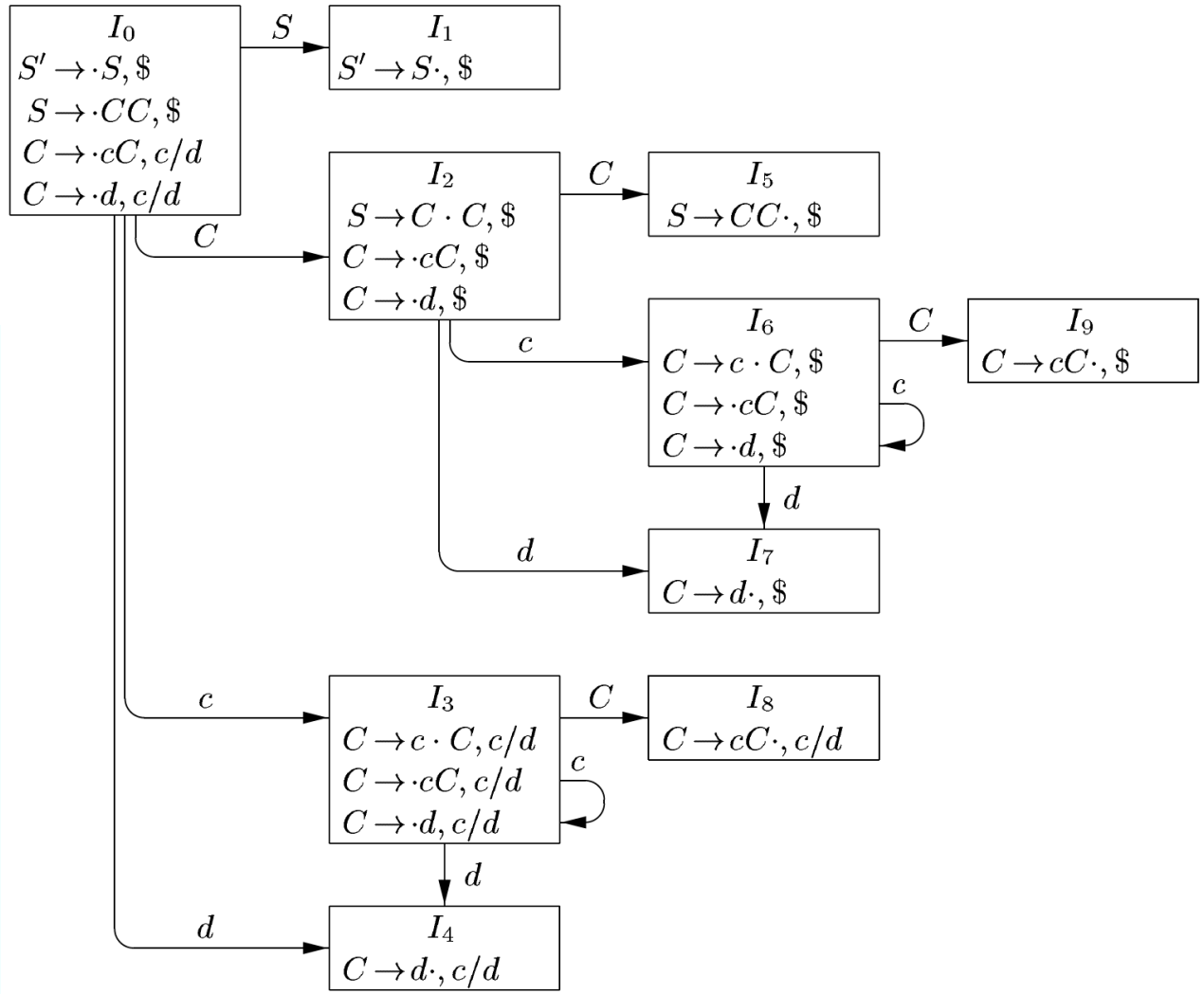
LR(1) Grammar

$$
\begin{array}{lcl}
S' & \rightarrow & S \\
S & \rightarrow & C\ C \\
C & \rightarrow & c\ C \mid d
\end{array}
$$



LR(1) Grammar

STATE	ACTION			GOTO	
	c	d	\$	S	C
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		

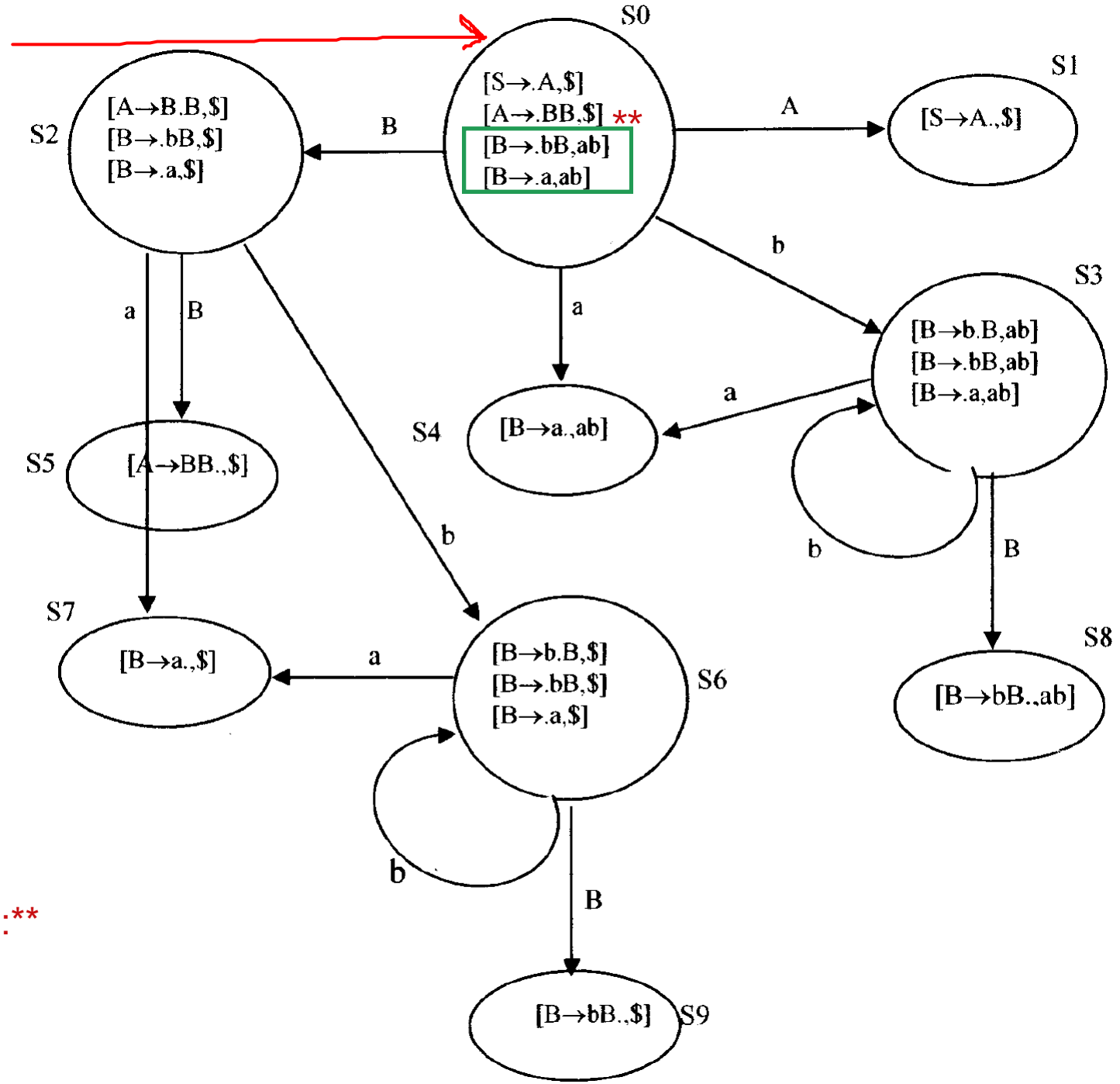


چه A داره باز میشه و پشت سرش چی اومده
مثلا برای B چه B داره باز میشه و پشت سرش چی اومده

LR(1) Grammar

A→BB
B→bB|a

0- S→ A
1- A→ BB
2- B→ bB
3- B→ a



**: فرست B در نظر میگیریم

LR(1) Grammar

حالت	action			goto	
	b	a	$	A	B
0	s3	s4		1	2
1			accept		
2	s6	s7			5
3	s3	s4			8
4	r3	r3			
5			r1		
6	s6	s7			9
7			r3		
8	r2	r2			
9			r2		

نکته: وقتی یک گرامری LR باشه قطعا اون گرامر مبهم نیست ولی برعکسش درست نیست ینی خیلی گرامر وجود داره که مبهم نیستن ولی SLR یا حتی LR هم نیستن --> مثلا گرامر مبهم نیست ولی مثلا SLR هم نیست این گرامر

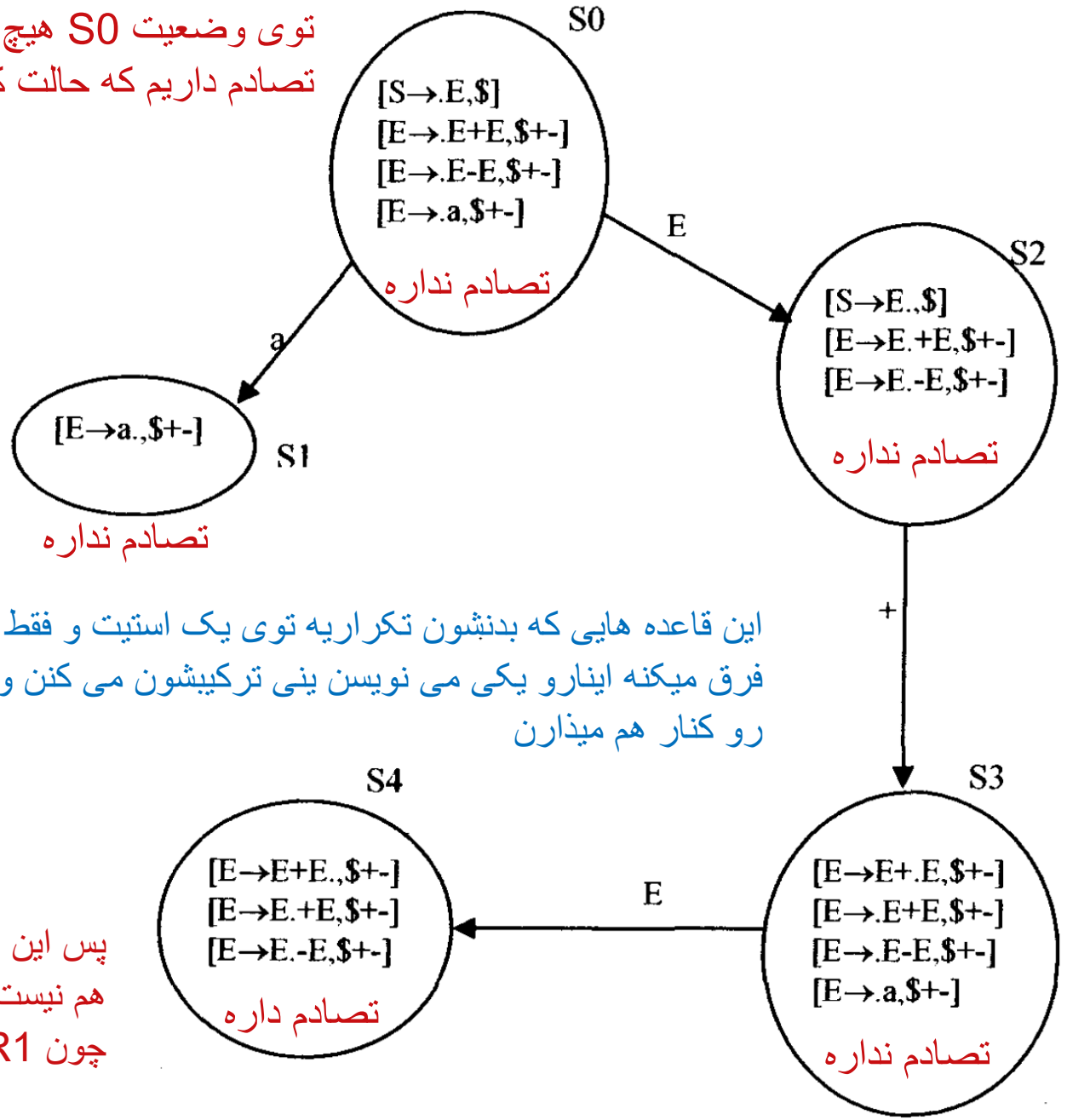
توی وضعیت S0 هیچ تصادمی نداریم چون اصلا کاهش نداریم در صورتی که وقتی تصادم داریم که حالت کاهش-کاهش پیش بیاد یا شیفت-کاهش

LR(1) Grammar

- **Example: Shift/Reduce Conflict**
  - **The grammar is not LR(1)**

$E \rightarrow E+E|E-E|a$

1- $S \rightarrow E$
2- $E \rightarrow E+E$
3- $E \rightarrow E-E$
4- $E \rightarrow a$



این قاعده هایی که بدنشون تکراریه توی یک استیت و فقط علامتش فرق میکنه اینارو یکی می نویسن ینی ترکیبشون می کنن و علامت ها رو کنار هم میذارن

پس این LR1 نیست پس LALR1 نیست و SLR1 هم نیست و LR0 هم نیست

چون LR1 قوی ترینشون است پس اگر این نباشه بقیشون هم نیستن

فرقش: ؟؟
مثل LR1 است

Constructing LALR Parsing Tables

- **LALR (LookAhead LR)**
- **This method is often used in practice, because:**
  - **The tables obtained by it are considerably smaller than the canonical LR tables**
  - **Most common syntactic constructs of programming languages can be expressed conveniently by an LALR grammar**
- **The SLR and LALR tables for a grammar always have the same number of states**
- **Example: For a language like C:**
  - The SLR and LALR tables have typically ***several hundred states***
  - The canonical LR table would typically have ***several thousand states***

روش 1- اول LR1 کامل رسم بشه و بعد استیت هایی که قابلیت ترکیب شدن دارن با هم ترکیب بشن --> LALR
به این صورت می خوایم اینجا بریم

زبان سی برای تحلیل گر نحوی چند هزارتا استیت نیاز داره برای LR1 ولی اگر LALR رو استفاده بکنه تعداد استیت هاش مثلا میشه چند صدتا که این پیچیدگی رو کمتر میکنه

Constructing LALR Parsing Tables

- **We look for sets of LR(1) items having the same core, and merge these sets with common cores into one set of items**
- *The merging of states with common cores can never produce a* ***shift/reduce*** *conflict that was not present in one of the original states,* ***because shift actions depend only on the core, not the lookahead***
- **But it is possible that a merger will produce a *reduce/reduce* conflict**

1. Construct $C = \{I_0, I_1, \ldots, I_n\}$, the collection of sets of LR(1) items.
2. For each core present among the set of LR(1) items, find all sets having that core, and replace these sets by their union.

جدولی که می سازه نسبت به LR1 کوچیک تر است
استیت هاش نسبت به LR1 کمتر است پس ساده تر است
خیلی از ساختارهایی که زبان های برنامه نویسی نیاز دارند LALR1 اینو پوشش میده --> اکثر زبان های برنامه نویسی رو پوشش میده و پیچیدگی کمتری نسبت به LR1 است
LALR1 , SLR1 تعداد استیت هاشون با هم یکی است

اونایی که coreشون یکی است رو ترکیب میکنیم فقط ممکنه قسمت انتهایی متفاوت باشه

LALR(1) Grammar

- **Example**

LR1 است

$$I_{36}: \quad C \to c \cdot C,\ c/d/\$$
$$C \to \cdot cC,\ c/d/\$$
$$C \to \cdot d,\ c/d/\$$

$$I_{47}: \quad C \to d \cdot,\ c/d/\$$

$$I_{89}: \quad C \to cC \cdot,\ c/d/\$$

STATE	ACTION			GOTO	
	c	d	\$	S	C
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		

STATE	ACTION			GOTO	
	c	d	\$	S	C
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		

وقتی مرج میکنیم دوتا یا چندتا استیت رو با هم ممکنه کانفلیت به وجود بیاد ینی وقتی ترکیب میکنیم کانفلیت پیش بیاد که این طبیعی است : نکته --> کانفلیت می تونه فقط از نوع کاهش-کاهش باشه نمی تونه از نوع شیفت- کاهش باشه

LALR(1) Grammar

- **Example: Reduce/Reduce Conflict**
  - **The grammar is not LALR(1)**

$$
\begin{array}{lcl}
S' & \rightarrow & S \\
S & \rightarrow & a\ A\ d \mid b\ B\ d \mid a\ B\ e \mid b\ A\ e \\
A & \rightarrow & c \\
B & \rightarrow & c
\end{array}
$$

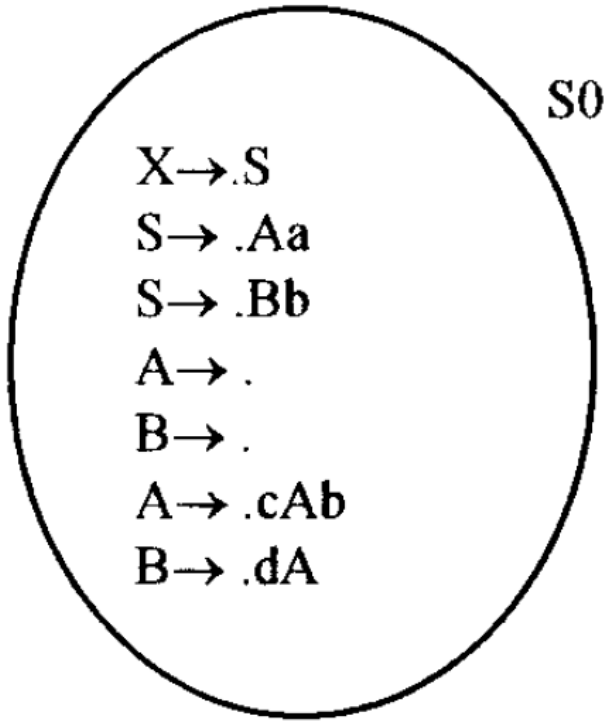
$$\{[A \rightarrow c\cdot,\ d], [B \rightarrow c\cdot,\ e]\}$$
$$\{[A \rightarrow c\cdot, e], [B \rightarrow c\cdot,\ d]\}$$

$$A \rightarrow c\cdot,\ d/e$$
$$B \rightarrow c\cdot,\ d/e$$

LALR(1) Grammar

- **Example:**
  - **Reduce/Reduce conflict in SLR(1) automata**
    - **Not SLR(1)**

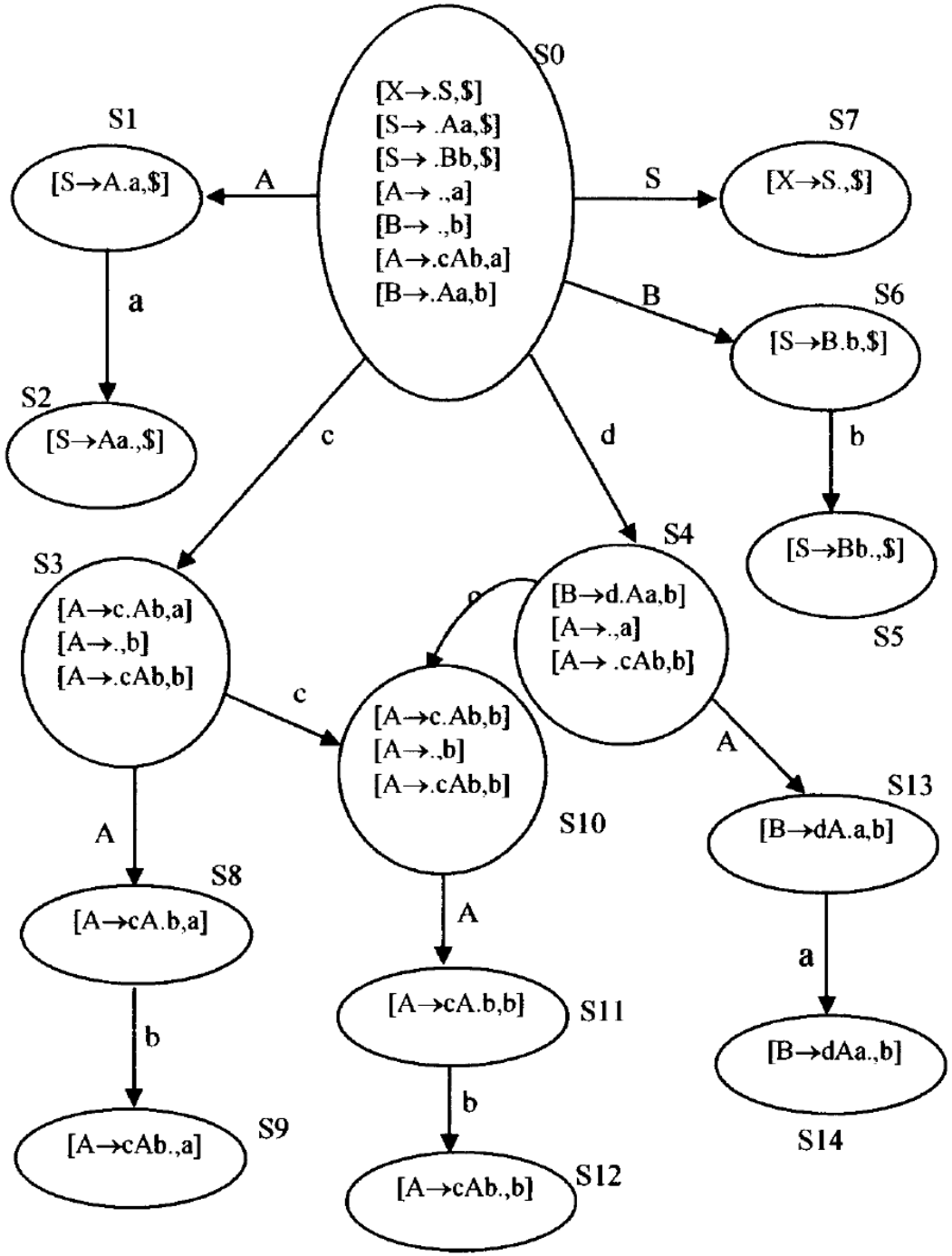
$S \rightarrow Aa$
$S \rightarrow Bb$
$A \rightarrow \epsilon$
$B \rightarrow \epsilon$
$A \rightarrow cAb$
$B \rightarrow dAa$



LALR(1) Grammar

- **Example:**
  - No conflict in LR(1) automata
    - LR(1)

$S \rightarrow Aa$
$S \rightarrow Bb$
$A \rightarrow \in$
$B \rightarrow \in$
$A \rightarrow cAb$
$B \rightarrow dAa$



LALR(1) Grammar

- **Example:**
  - **No conflict in LALR(1) automata**
    - **LALR(1)**

S8:[A→cA.b,a]	S11:[A→cA.b,b]	S8,11:[A→cA.b,ab]
S9:[A→cAb.,a]	S12:[A→cAb.,b]	S9,12:[A→cAb.,ab]
S3:[A→c.Ab,a] [A→.,b] [A→.cAb,b]	S10:[A→c.Ab,b] [A→.,b] [A→.cAb,b]	S3,10:[A→c.Ab,ab] [A→.,b] [A→.cAb,b]