

תרגיל תיאורטי בקומפילציה

אריאל סטורמן

(1)

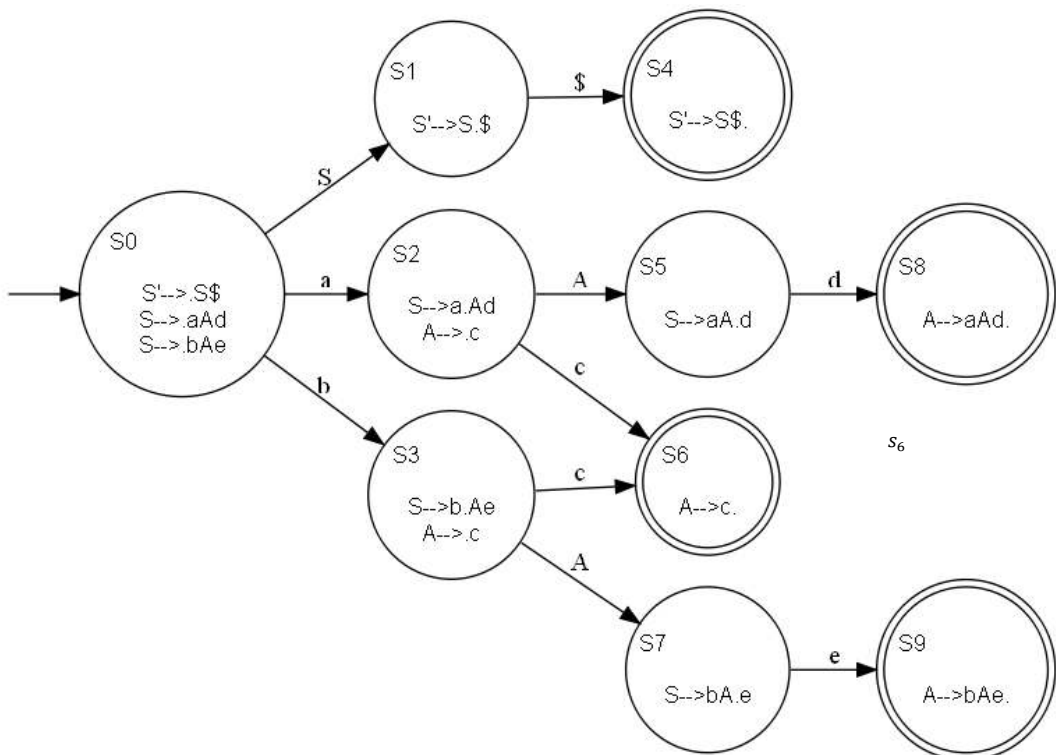
(a) נתון הדקדוק :

$S \rightarrow aAd$   
 $S \rightarrow bAe$   
 $A \rightarrow c$

נוסיף לדקדוק את הכלל:  $S' \rightarrow S\$$ , ולהלן  $LR(0)$  parser לדקדוק הנ"ל :

State	Go to								
	a	b	c	d	e	\$	S'	S	A
0	s2	s3	-	-	-	-	-	s1	-
1	-	-	-	-	-	s4	-	-	-
2	-	-	s6	-	-	-	-	-	s5
3	-	-	s6	-	-	-	-	-	s7
4	$rS' \rightarrow S\$ (accept)$								
5	-	-	-	s8	-	-	-	-	-
6	$rA \rightarrow c$								
7	-	-	-	-	s9	-	-	-	-
8	$rA \rightarrow aAd$								
9	$rA \rightarrow bAe$								

$S' \rightarrow S\$$   
 $S' \rightarrow S \circ \$$   
 $S' \rightarrow S\$ \circ$   
 $S \rightarrow aAd$   
 $S \rightarrow a \circ Ad$   
 $S \rightarrow aA \circ d$   
 $S \rightarrow aAd \circ$   
 $S \rightarrow bAe$   
 $S \rightarrow b \circ Ae$   
 $S \rightarrow bA \circ e$   
 $S \rightarrow bAe \circ$   
 $A \rightarrow c$   
 $A \rightarrow c \circ$



(b) כעת נתון הדקדוק  $G'$ :

$S \rightarrow aAd$   
 $S \rightarrow aBe$   
 $S \rightarrow bAe$   
 $S \rightarrow bBd$   
 $A \rightarrow c$   
 $B \rightarrow c$

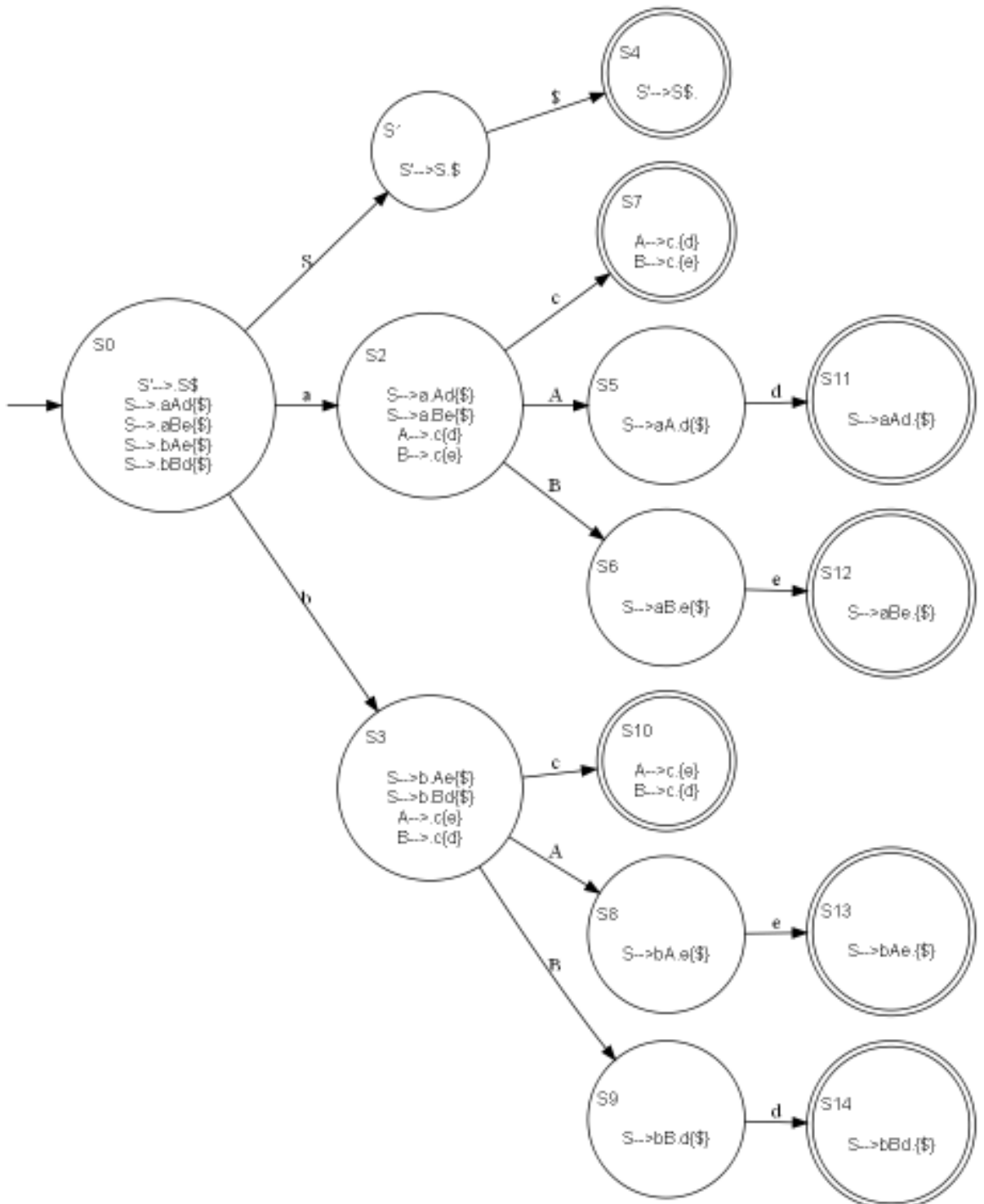
דקדוק זה הוא דקדוק  $LR(1)$  כיוון שהוא היחיד במקרה זה שעמיד בפני קונפליקטים. הדקדוק אינו  $LR(0)$  בגלל למשל  $reduce-reduce$  conflict על החוקים  $A \rightarrow c, B \rightarrow c$ . כמו כן הוא לא יכול להיות  $SLR(1)$  כיוון שהסתכלות על  $follow-sets$  של ה- $non-terminals$  בלבד לא מספיק, למשל עבור אותה דוגמא (שכן ה- $follow-sets$  של  $A$  ו- $B$  שווים). לבסוף, הדקדוק אינו  $LALR(1)$  כיוון שגם אז היינו מקבלים  $reduce-reduce$  conflict, אם היינו מאחדים את  $A \rightarrow c \circ \{e\}$  עם  $A \rightarrow c \circ \{d\}$  ואת  $B \rightarrow c \circ \{d\}$  עם  $B \rightarrow c \circ \{e\}$  – הקונפליקט נוצר בין הכללים  $A \rightarrow c \circ \{d, e\}$  ו- $B \rightarrow c \circ \{d, e\}$ . בסעיף הבא ניתן לראות זאת היטב בבניית ה- $LR(1)$  parser המתאים.

(c) להלן  $LR(1)$  parser לדקדוק  $G'$  הני"ל:

State	Go to									
	a	b	c	d	e	\$	S'	S	A	B
0	s2	s3	-	-	-	-	-	s1	-	-
1	-	-	-	-	-	s4	-	-	-	-
2	-	-	s7	-	-	-	-	-	s5	s6
3	-	-	s10	-	-	-	-	-	s8	s9
4	-	-	-	-	-	$rS' \rightarrow S\$$ (accept)	-	-	-	-
5	-	-	-	s11	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	s12	-	-	-	-	-
7	-	-	-	$rA \rightarrow c$	$rB \rightarrow c$	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	s13	-	-	-	-	-
9	-	-	-	s14	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	$rB \rightarrow c$	$rA \rightarrow c$	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	$rS \rightarrow aAd$	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	$rS \rightarrow aBe$	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	$rS \rightarrow bAe$	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	$rS \rightarrow bBd$	-	-	-	-

שרטוט האוטומט בעמוד הבא.

$S' \rightarrow \circ S \$ \{ \}$   
 $S' \rightarrow S \circ \$ \{ \}$   
 $S' \rightarrow S \$ \circ \{ \}$   
 $S \rightarrow \circ a A d \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow a \circ A d \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow a A \circ d \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow a A d \circ \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow \circ a B e \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow a \circ B e \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow a B \circ e \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow a B e \circ \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow \circ b A e \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow b \circ A e \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow b A \circ e \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow b A e \circ \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow \circ b B d \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow b \circ B d \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow b B \circ d \{ \$ \}$   
 $S \rightarrow b B d \circ \{ \$ \}$   
 $A \rightarrow \circ c \{ d \}$   
 $A \rightarrow c \circ \{ d \}$   
 $A \rightarrow \circ c \{ e \}$   
 $A \rightarrow c \circ \{ e \}$   
 $B \rightarrow \circ c \{ d \}$   
 $B \rightarrow c \circ \{ d \}$   
 $B \rightarrow \circ c \{ e \}$   
 $B \rightarrow c \circ \{ e \}$



(d)

להלן סדרת גזירה עבור המילה "bcd":

Stack	Input	Action
$s_0$	bcd\$	Shift
$s_0bs_3$	cd\$	Shift
$s_0bs_3cs_{10}$	d\$	Reduce by $B \rightarrow c\{d\}$
$s_0bs_3Bs_9$	d\$	Shift
$s_0bs_3Bs_9ds_{14}$	\$	Reduce by $S \rightarrow bBd\{\$\}$
$s_0Ss_1$	\$	Shift
$s_0Ss_1\$s_4$		Reduce by $S' \rightarrow S\$$
$s_0S'$		Accept

להלן סדרת גזירה עבור המילה "abcd":

Stack	Input	Action
$s_0$	abcd\$	Shift
$s_0as_2$	bcd\$	Reject (no legitimate rule)

(2)

(a)

נתון הדקדוק הבא:

$S \rightarrow B$   
 $B \rightarrow B \& B$   
 $B \rightarrow B | B$   
 $B \rightarrow B \wedge B$   
 $B \rightarrow \sim B$   
 $B \rightarrow t$   
 $B \rightarrow f$

ניסיון בניית דקדוק  $LR(0)$  כמובן יכשל, וזאת משום שהדקדוק מכיל קונפליקטים שדקדוק כזה אינו עמיד בפניהם, למשל  $shift\ reduce\ conflict$  עבור המצב המכיל  $B \rightarrow B \& B$  ו- $B \rightarrow B | B$ , שמצד אחד אמור להיות  $reduce$  ל- $B \rightarrow B$  ומצד שני  $shift$  על התו  $\&$  למצב המכיל  $B \rightarrow B \& B$ . למשל, עבור הקלט  $t\&t$  נקבל את הקונפליקט הנ"ל.

(b)

להלן הגדרה של דקדוק חדש המקבל את אותה שפה, תחת הקדימויות הנתונות:

$S \rightarrow S | U | U$  (that is " $S|U$ " or " $U$ ")  
 $U \rightarrow U \wedge Q | Q$   
 $Q \rightarrow Q \& R | R$   
 $R \rightarrow \sim R | t | f$

(c)

דקדוק זה הוא דקדוק  $SLR(1)$ . הדקדוק אינו יכול להיות  $LR(0)$  בגלל  $shift-reduce\ conflicts$ , למשל על הקלט  $t|f$ : אחרי קריאת  $t$  לא ידוע האם לבצע סדרת  $reduce\ S \rightarrow U \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow t$  ולקבל (עם התוספת של  $S' \rightarrow S\$$  שתהיה אח"כ), או לבצע  $shift$  כדי לקרוא את התו הבא "f". קונפליקט זה יכול להתקבל גם עם חוקים אחרים בדקדוק, כפי שניתן יהיה לראות באוטומט בסעיף הבא. כמובן שכיוון ש- $SLR(1) \subseteq LALR(1) \subseteq LR(1)$  דקדוק זה הוא גם  $LALR(1), LR(1)$ .

(d)

נוסיף לדקדוק את הכלל  $S' \rightarrow S\$$  ונבנה  $SLR(1)$  parser. להלן ה- $follow-sets$  של ה- $non-terminals$  בדקדוק:

$follow(S') = \{\}$   
 $follow(S) = \{|\$, \$\}$   
 $follow(U) = \{\wedge, |, \$\}$   
 $follow(Q) = \{\&, \wedge, |, \$\}$   
 $follow(R) = \{\&, \wedge, |, \$\}$

state	Go to											
	t	f	~	&	^		\$	S'	S	U	Q	R
0	s6	s7	s5	-	-	-	-	-	s1	s2	s3	s4
1	-	-	-	-	-	s8	s15	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	s9	rS → U	rS → U	-	-	-	-	-
3	-	-	-	s10	rU → Q	rU → Q	rU → Q	-	-	-	-	-
4	-	-	-	rQ → R	rQ → R	rQ → R	rQ → R	-	-	-	-	-
5	s6	s7	s5	-	-	-	-	-	-	-	-	s11
6	-	-	-	rR → t	rR → t	rR → t	rR → t	-	-	-	-	-
7	-	-	-	rR → f	rR → f	rR → f	rR → f	-	-	-	-	-
8	s6	s7	s5	-	-	-	-	-	-	s12	s3	s4
9	s6	s7	s5	-	-	-	-	-	-	-	s13	s4
10	s6	s7	s5	-	-	-	-	-	-	-	-	s14
11	-	-	-	rR → ~R	rR → ~R	rR → ~R	rR → ~R	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	s9	rS → S U	rS → S U	-	-	-	-	-
13	-	-	-	s10	rU → U^Q	rU → U^Q	rU → U^Q	-	-	-	-	-
14	-	-	-	rQ → Q&R	rQ → Q&R	rQ → Q&R	rQ → Q&R	-	-	-	-	-
15	rS' → S\$ (accept)											

הערה:

שרטוט האוטומט מצורף בעמוד הבא.

(e)

להלן סדרת גזירה עבור המילה "t|t&f^t":

Stack	Input	Action
s <sub>0</sub>	t t&f^t\$	Shift
s <sub>0</sub> ts <sub>6</sub>	t&f^t\$	Reduce by R → t
s <sub>0</sub> Rs <sub>4</sub>	t&f^t\$	Reduce by Q → R
s <sub>0</sub> Qs <sub>3</sub>	t&f^t\$	Reduce by U → Q
s <sub>0</sub> Us <sub>2</sub>	t&f^t\$	Reduce by S → U
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>	t&f^t\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub>	t&f^t\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> ts <sub>6</sub>	&f^t\$	Reduce by R → t
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Rs <sub>4</sub>	&f^t\$	Reduce by Q → R
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Qs <sub>3</sub>	&f^t\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Qs <sub>3</sub> &s <sub>10</sub>	f^t\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Qs <sub>3</sub> &s <sub>10</sub> fs <sub>7</sub>	^t\$	Reduce by R → f
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Qs <sub>3</sub> &s <sub>10</sub> Rs <sub>14</sub>	^t\$	Reduce by Q → Q&R
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Qs <sub>3</sub>	^t\$	Reduce by U → Q
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Us <sub>12</sub>	^t\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Us <sub>12</sub> ^s <sub>9</sub>	t\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Us <sub>12</sub> ^s <sub>9</sub> ts <sub>6</sub>	\$	Reduce by R → t
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Us <sub>12</sub> ^s <sub>9</sub> Rs <sub>4</sub>	\$	Reduce by Q → R
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Us <sub>12</sub> ^s <sub>9</sub> Qs <sub>13</sub>	\$	Reduce by U → U^Q
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Us <sub>12</sub>	\$	Reduce by S → S U
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>	\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub> \$s <sub>15</sub>		Reduce by S' → S\$
s <sub>0</sub> S'		Accept

להלן סדרת גזירה עבור המילה "~t&f|f^":

Stack	Input	Action
s <sub>0</sub>	~t&f f^\$	Shift
s <sub>0</sub> ~s <sub>5</sub>	t&f f^\$	Shift
s <sub>0</sub> ~s <sub>5</sub> ts <sub>6</sub>	&f f^\$	Reduce by R → t
s <sub>0</sub> ~s <sub>5</sub> Rs <sub>11</sub>	&f f^\$	Reduce by R → ~R
s <sub>0</sub> Rs <sub>4</sub>	&f f^\$	Reduce by Q → R
s <sub>0</sub> Qs <sub>3</sub>	&f f^\$	Shift
s <sub>0</sub> Qs <sub>3</sub> &s <sub>10</sub>	f f^\$	Shift
s <sub>0</sub> Qs <sub>3</sub> &s <sub>10</sub> fs <sub>7</sub>	f^\$	Reduce by R → f
s <sub>0</sub> Qs <sub>3</sub> &s <sub>10</sub> Rs <sub>14</sub>	f^\$	Reduce by Q → Q&R
s <sub>0</sub> Qs <sub>3</sub>	f^\$	Reduce by U → Q
s <sub>0</sub> Us <sub>2</sub>	f^\$	Reduce by S → U
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>	f^\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub>	f^\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> fs <sub>7</sub>	^\$	Reduce by R → f
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Rs <sub>4</sub>	^\$	Reduce by Q → R
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Qs <sub>3</sub>	^\$	Reduce by U → Q
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Us <sub>12</sub>	^\$	Shift
s <sub>0</sub> Ss <sub>1</sub>  s <sub>8</sub> Us <sub>12</sub> ^s <sub>9</sub>	\$	Reject

