

תרגיל תיאורטי בקומפילציה

אריאל סטורמן

(1)

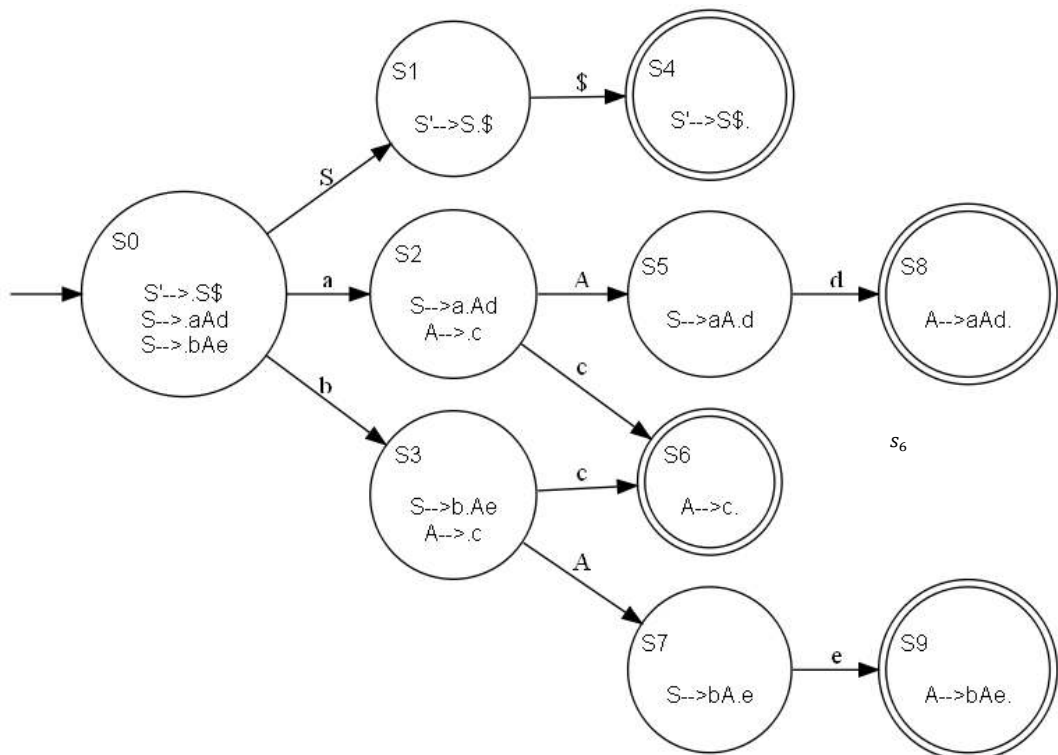
(a) נתון הדקדוק :

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

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' :

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

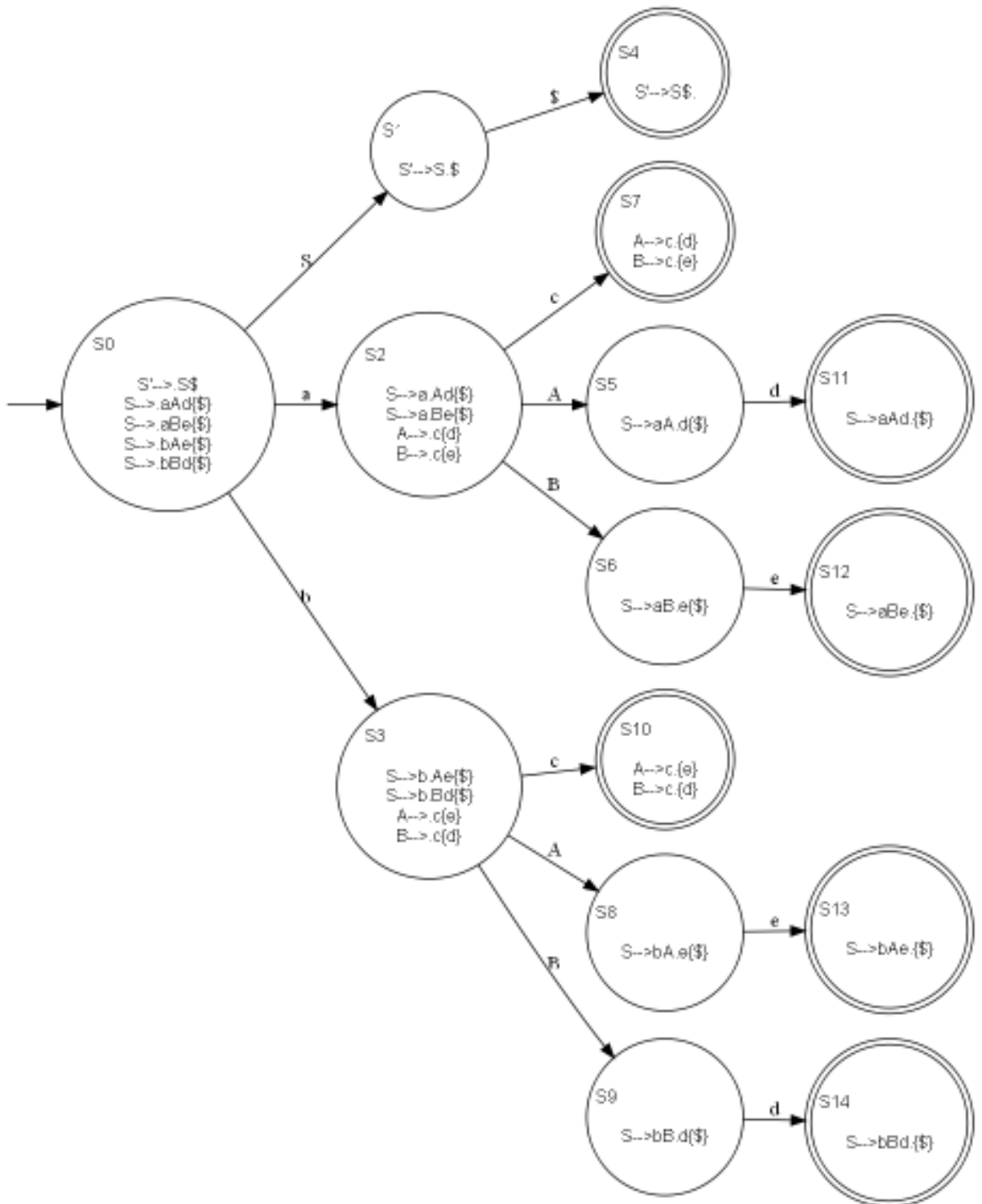
דקדוק זה הוא דקדוק $LR(1)$ כיוון שהוא היחיד במקרה זה שעמיד בפני קונפליקטים. הדקדוק אינו $LR(0)$ בגלל למשל $reduce-reduce$ conflict על החוקים $A \rightarrow c, B \rightarrow c$. כמו כן הוא לא יכול להיות $SLR(1)$ כיוון שהסתכלות על $follow-sets$ של ה- $non-terminals$ בלבד לא מספיק, למשל עבור אותה דוגמא (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 $reduce\ U \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow t$ ולקבל (עם התוספת של $S' \rightarrow S\$$ שתהיה אח"כ), או לבצע $shift$ כדי לקרוא את התו הבא " ". 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 ₀	t t&f^t\$	Shift
s ₀ ts ₆	t&f^t\$	Reduce by R → t
s ₀ Rs ₄	t&f^t\$	Reduce by Q → R
s ₀ Qs ₃	t&f^t\$	Reduce by U → Q
s ₀ Us ₂	t&f^t\$	Reduce by S → U
s ₀ Ss ₁	t&f^t\$	Shift
s ₀ Ss ₁ s ₈	t&f^t\$	Shift
s ₀ Ss ₁ s ₈ ts ₆	&f^t\$	Reduce by R → t
s ₀ Ss ₁ s ₈ Rs ₄	&f^t\$	Reduce by Q → R
s ₀ Ss ₁ s ₈ Qs ₃	&f^t\$	Shift
s ₀ Ss ₁ s ₈ Qs ₃ &s ₁₀	f^t\$	Shift
s ₀ Ss ₁ s ₈ Qs ₃ &s ₁₀ fs ₇	^t\$	Reduce by R → f
s ₀ Ss ₁ s ₈ Qs ₃ &s ₁₀ Rs ₁₄	^t\$	Reduce by Q → Q&R
s ₀ Ss ₁ s ₈ Qs ₃	^t\$	Reduce by U → Q
s ₀ Ss ₁ s ₈ Us ₁₂	^t\$	Shift
s ₀ Ss ₁ s ₈ Us ₁₂ ^s ₉	t\$	Shift
s ₀ Ss ₁ s ₈ Us ₁₂ ^s ₉ ts ₆	\$	Reduce by R → t
s ₀ Ss ₁ s ₈ Us ₁₂ ^s ₉ Rs ₄	\$	Reduce by Q → R
s ₀ Ss ₁ s ₈ Us ₁₂ ^s ₉ Qs ₁₃	\$	Reduce by U → U^Q
s ₀ Ss ₁ s ₈ Us ₁₂	\$	Reduce by S → S U
s ₀ Ss ₁	\$	Shift
s ₀ Ss ₁ \$s ₁₅		Reduce by S' → S\$
s ₀ S'		Accept

להלן סדרת גזירה עבור המילה "~t&f|f^":

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

