

שאלה 2

נתון הדקדוק: $S \rightarrow S * S \mid S - S \mid S^{\wedge} S \mid (S) \mid NUM \mid ID$

סעיף א': נציג דקדוק חד משמעי השקול לדקדוק הנתון כך שיתקיים:

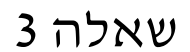
1. לפעולה \wedge : תהיה העדיפות הגבוהה ביותר ואוסוציטיביות ימנית.
2. לפעולה $*$: תהיה עדיפות בינונית.
3. לפעולה $-$: תהיה העדיפות הנמוכה ביותר.

נתבונן בדקדוק הבא (מבוסס על הרעיון בספר הקורס¹): הרעיון הוא יצירת היררכיה, כך שכל רמה בהיררכיה מייצגת את האופרטורים בעלי אותה רמת חשיבות ומקשרת אל הרמה הבאה. הרמה האחרונה, היא בעלת החשיבות הגבוהה ביותר (L_3) והיא זאת ש"סוגרת מעגל" ומקשרת חזרה לרמה הראשונה - L_0 (מוקפת בסוגריים).

$$\begin{aligned} L_0 &\rightarrow L_0 - L_1 \mid L_1 \\ L_1 &\rightarrow L_1 * L_2 \mid L_2 \\ L_2 &\rightarrow L_2^{\wedge} L_3 \mid L_3 \\ L_3 &\rightarrow T \mid (L_0) \\ T &\rightarrow NUM \mid ID \end{aligned}$$

סעיף ב' - נצייר עץ גזירה עבור הביטוי: $NUM^{\wedge}(ID-ID)^{\wedge}NUM^{\wedge}NUM$
(נפרש את הביטוי באופן הבא - ע"פ חוקי הדקדוק מסעיף א': $NUM^{(ID-ID)^{NUM}}NUM$).
(ראה תרשים בעמוד הבא)

¹ עמוד 50 (Generalizing the expression grammar of example 2.6).


$$B \rightarrow S7$$

1. נקבע סדר עבור המשתנים הנתונים: $[S, A, B]$.

2. עבור המשתנה הראשון S נשים לב כי אין רקורסיה שמאלית מיידית והוא המשתנה הראשון, לכן נמשיך הלאה.
3. עבור המשתנה השני A אין רקורסיה שמאלית מיידית ואין לו כללים בהם S מופיע. לכן נעבור למשתנה הבא.
4. עבור המשתנה השלישי B, קיים כלל עם המשתנה S הקודם לו בסדר (ראו שלב 1) ולכן נשתנה אותו:

$$B \rightarrow S7 \rightarrow (A12)7 \mid (A34)7 \mid a7$$

נבצע איטרציה נוספת בהחלפת הכללים:

$$B \rightarrow S7 \rightarrow (A12)7 \mid (A34)7 \mid a7 \rightarrow (Bbc)127 \mid (Bbc)347 \mid a7$$

כעת קיבלנו דקדוק בעל רקורסיה שמאלית מיידית: $B \rightarrow (Bbc)127 \mid (Bbc)347 \mid a7$
 נטפל בה לפי השיטה לצמצום רקורסיה שמאלית מיידית (ע"י הוספת משתנה חדש B'):
 $B \rightarrow a7B'$
 $B' \rightarrow \varepsilon \mid bc127B' \mid bc347B'$

5. כעת קיבלנו את אוסף כללי הגזירה הבאים עבור הדקדוק:

$$S \rightarrow A12 \mid A34 \mid a$$

$$A \rightarrow Bbc$$

$$B \rightarrow a7B'$$

$$B' \rightarrow \varepsilon \mid bc127B' \mid bc347B'$$

קיבלנו דקדוק שקול ללא רקורסיה שמאלית כנדרש.

חלק ב' - הפעלת אלגוריתם left factoring:

נשים לב כי רק עבור המשתנה B' קיימים כללי גזירה בעלי רישא משותפת. נתבונן בכללי הגזירה של B' :
 $B' \rightarrow \varepsilon \mid bc127B' \mid bc347B'$ נעבוד לפי האלגוריתם מספר הקורס עבור left refactoring:³
 נגדיר משתנה חדש B'' :

$$B' \rightarrow \varepsilon \mid bcB''$$

$$B'' \rightarrow 127B' \mid 347B'$$

כעת קיבלנו את אוסף הכללים הבאים:

$$S \rightarrow A12 \mid A34 \mid a$$

$$A \rightarrow Bbc$$

$$B \rightarrow a7B'$$

$$B' \rightarrow \varepsilon \mid bcB''$$

$$B'' \rightarrow 127B' \mid 347B'$$

כנדרש.

שאלה 4

נתון הדקדוק G בעל כללי הגזירה הבאים:

$$S \rightarrow BGc$$

$$A \rightarrow a \mid \varepsilon$$

$$B \rightarrow b \mid \varepsilon$$

³ עמוד 214 (אלגוריתם 4.21).

$$G \rightarrow ga \mid GA \mid \varepsilon$$

סעיף א': חישוב ה-first, follow עבור כל אחד ממשתני הדקדוק:

חישוב ה-First:

$$First(A) = \{a, \varepsilon\}$$

$$First(B) = \{b, \varepsilon\}$$

$$First(G) = \{g, a, \varepsilon\}$$

$$First(S) = \{a, b, c, g\}$$

חישוב ה-follow:

$$Follow(G) = \{a, c\}$$

$$Follow(A) = \{a, c\}$$

$$Follow(B) = \{a, c, g\}$$

$$Follow(S) = \{ \$ \}$$

סעיף ב': בניית טבלת פיסוק תחזיתית לדקדוק הנתון:

	a	b	c	g	\$
S	$S \rightarrow BGc$	$S \rightarrow BGc$	$S \rightarrow BGc$	$S \rightarrow BGc$	
A	$A \rightarrow a$ $A \rightarrow \varepsilon$		$A \rightarrow \varepsilon$		
B	$B \rightarrow \varepsilon$	$B \rightarrow b$	$B \rightarrow \varepsilon$	$B \rightarrow \varepsilon$	
G	$G \rightarrow GA$ $G \rightarrow \varepsilon$		$G \rightarrow GA$ $G \rightarrow \varepsilon$	$G \rightarrow GA$ $G \rightarrow ga$	

נשים לב כי הדקדוק הנתון הינו רקורסיבי שמאלי (מהכלל: $G \rightarrow GA$) ולכן דקדוק זה איננו ב- $LL(1)$:

נשים לב לב כי אם נבחן את הכללים של G ובפרט $G \rightarrow ga \mid GA \mid \varepsilon$ מתקיים

$$First(GA) \cap First(ga) = \{g\}$$

וזו איננה קבוצה ריקה. לכן הדקדוק הנתון איננו שייך למחלקה $LL(1)$

שאלה 5

נתון הדקדוק G בעל כללי הגזירה הבאים:

$$S \rightarrow cABc \mid Ba$$

$$A \rightarrow acA \mid bbSA \mid cbS$$

$$B \rightarrow bA \mid \varepsilon$$

ראשית נחשב את ה-first וה-follow עבור כל משתני הדקדוק:

$$First(S) = \{a, b, c\}$$

$$First(A) = \{a, b, c\}$$

$$First(B) = \{b, \varepsilon\}$$

$$Follow(S) = \{a, b, c, \$\}$$

$$Follow(A) = \{a, b, c\}$$

$$Follow(B) = \{a, c\}$$

נבנה טבלת פיסוק עבור הדקדוק הנתון:

	a	b	c	\$
S	$S \rightarrow Ba$	$S \rightarrow Ba$	$S \rightarrow cABc$	
A	$A \rightarrow acA$	$A \rightarrow bbSA$	$A \rightarrow cbS$	
B	$B \rightarrow \varepsilon$	$B \rightarrow bA$	$B \rightarrow \varepsilon$	

כעת אתאר את ריצת Parser LL(1) על הקלט⁴: ccbac.

Parser stack	Remaining input	parser action
S\$	ccbac\$	predict S->cABc
cABc\$	ccbac\$	output: S->cABc
ABc\$	cbac\$	matched c
cbSBc\$	cbac\$	output: A->cbS
bSBc\$	bac\$	matched c
SBc\$	ac\$	matched b
BaBc\$	ac\$	output: S->Ba
aBc\$	ac\$	output: $B \rightarrow \varepsilon$
Bc\$	c\$	matched a
c\$	c\$	output: $B \rightarrow \varepsilon$
\$	\$	matched c

ניתן לראות כי האלגוריתם זיהה את הקלט והצליח לבנות עץ דקדוק עבור המילה הנתונה (לא היו שגיאות במהלך הריצה).

⁴ ע"פ אלגוריתם 4.34 המתואר בספר בעמוד 226.