

נוסחאות ואלגוריתמים

כל ההגדרות מתייחסות לדקדוק $G = (V, T, P, S)$.

Top Down

$$\text{first}(\alpha) = \{ t \in T \mid \alpha \Rightarrow^* t\beta \wedge \beta \in (V \cup T)^* \}$$

$$\text{follow}(A) = \{ t \in T \cup \{ \$ \} \mid S\$ \Rightarrow^* \alpha A t \beta \wedge \alpha \in (V \cup T)^* \wedge \beta \in (V \cup T)^* (\epsilon | \$) \}$$

$$\text{select}(A \rightarrow \alpha) = \begin{cases} \text{first}(\alpha) \cup \text{follow}(A) & \alpha \Rightarrow^* \epsilon \\ \text{first}(\alpha) & \text{otherwise} \end{cases}$$

הגדרה: דקדוק G הוא $LL(1)$ אם ורק אם לכל שני כללים ב- G השייכים לאותו משתנה A מתקיים:
 $\text{select}(A \rightarrow \alpha) \cap \text{select}(A \rightarrow \beta) = \emptyset$

הגדרת טבלת המעברים $M : V \times (T \cup \{ \$ \}) \rightarrow P \cup \{ \text{error} \}$ עבור דקדוק $LL(1)$:

$$M[A, t] = \begin{cases} A \rightarrow \alpha & t \in \text{select}(A \rightarrow \alpha) \\ \text{error} & t \notin \text{select}(A \rightarrow \alpha) \text{ for all } A \rightarrow \alpha \in P \end{cases}$$

אלגוריתם מנתח $LL(1)$:

```

Q.push(S)
while !Q.empty() do
  X = Q.pop()
  t = next token
  if X ∈ T then
    if X = t then MATCH
    else ERROR
  else // X ∈ V
    if M[X, t] = error then ERROR
    else PREDICT(X, t)
  end if
end while
t = next token
if t = $ then ACCEPT
else ERROR

```

Bottom Up

פריט LR(0) הוא $(A \rightarrow \alpha \bullet \beta)$ כאשר $A \rightarrow \alpha \beta \in P$

סגור (closure) על קבוצת פריטים I מוגדר באופן אינדוקטיבי:

- בסיס: $\text{closure}(I) = I$
- צעד: אם $(A \rightarrow \alpha \bullet B \beta) \in \text{closure}(I)$, אז לכל $B \rightarrow \gamma \in P$, גם $(B \rightarrow \bullet \gamma) \in \text{closure}(I)$

פונקציית המעברים של האוטומט:

$$\delta(I, X) = \bigcup \left\{ \text{closure}(A \rightarrow \alpha X \bullet \beta) \mid (A \rightarrow \alpha \bullet X \beta) \in I \right\}$$

פריט LR(1) הוא $(A \rightarrow \alpha \bullet \beta, t)$ כאשר $A \rightarrow \alpha \beta \in P$, $t \in T \cup \{\$ \}$

סגור (closure) על קבוצת פריטים I מוגדר באופן אינדוקטיבי:

- בסיס: $\text{closure}(I) = I$
- צעד: אם $(A \rightarrow \alpha \bullet B \beta, t) \in \text{closure}(I)$, אז לכל $B \rightarrow \gamma \in P$ ולכל $x, x \in \text{first}(\beta t)$, גם $(B \rightarrow \bullet \gamma, x) \in \text{closure}(I)$

פונקציית המעברים של האוטומט:

$$\delta(I, X) = \bigcup \left\{ \text{closure}(A \rightarrow \alpha X \bullet \beta, t) \mid (A \rightarrow \alpha \bullet X \beta, t) \in I \right\}$$

הגדרת טבלת action למנתח SLR:

$$\text{action}[i, t] = \begin{cases} \text{SHIFT}_j & \delta(I_i, t) = I_j \\ \text{REDUCE}_k & \text{rule } k \text{ is } A \rightarrow \alpha, (A \rightarrow \alpha \bullet) \in I_i \text{ and } t \in \text{follow}(A) \\ \text{ACCEPT} & (S' \rightarrow S \bullet) \in I_i \text{ and } t = \$ \\ \text{ERROR} & \text{otherwise} \end{cases}$$

הגדרת טבלת action למנתח LR(1):

$$\text{action}[i, t] = \begin{cases} \text{SHIFT}_j & \delta(I_i, t) = I_j \\ \text{REDUCE}_k & \text{rule } k \text{ is } A \rightarrow \alpha \text{ and } (A \rightarrow \alpha \bullet, t) \in I_i \\ \text{ACCEPT} & (S' \rightarrow S \bullet, \$) \in I_i \text{ and } t = \$ \\ \text{ERROR} & \text{otherwise} \end{cases}$$

הגדרת טבלת goto למנתח SLR ו-LR(1):

$$\text{goto}[i, X] = \begin{cases} j & \delta(I_i, X) = I_j \\ \text{error} & \text{otherwise} \end{cases}$$

אלגוריתם מנתח shift/reduce :

```

Q.push(0)           // where 0 is the initial state of the prefix automaton
while true do
    k = Q.top().state
    t = next token
    do action[k , t]
end while

```

קוד ביניים

סוגי פקודות בשפת הביניים :

1. משפטי השמה עם פעולה בינארית
 2. משפטי השמה עם פעולה אונרית
 3. משפטי העתקה
 4. קפיצה בלתי מותנה
 5. קפיצה מותנה
 6. הדפסה
- ```

x := y op z
x := op y
x := y
goto L
if x relop y goto L
print x

```

## Data-Flow Analysis

ההגדרות מתייחסות ל-CFG מהצורה  $G = (V, E)$  :

הצורה הכללית של המשוואות בחישוב סריקה קדמית :

$$\begin{aligned} \text{in}(B) &= \bigcup_{(S,B) \in E} \text{out}(S) \\ \text{out}(B) &= f_B(\text{in}(B)) \end{aligned}$$

הצורה הכללית של המשוואות בחישוב סריקה אחורית :

$$\begin{aligned} \text{in}(B) &= \bigcup_{(B,D) \in E} \text{out}(D) \\ \text{out}(B) &= f_B(\text{in}(B)) \end{aligned}$$

FanC שפת

אסימונים:

| תבנית                       | אסימון   |
|-----------------------------|----------|
| int                         | INT      |
| byte                        | BYTE     |
| b                           | B        |
| bool                        | BOOL     |
| and                         | AND      |
| or                          | OR       |
| not                         | NOT      |
| true                        | TRUE     |
| false                       | FALSE    |
| return                      | RETURN   |
| if                          | IF       |
| else                        | ELSE     |
| while                       | WHILE    |
| break                       | BREAK    |
| continue                    | CONTINUE |
| ;                           | SC       |
| (                           | LPAREN   |
| )                           | RPAREN   |
| {                           | LBRACE   |
| }                           | RBRACE   |
| =                           | ASSIGN   |
| ==   !=   <   >   <=   >=   | RELOP    |
| +   -   *   /               | BINOP    |
| [a-zA-Z][a-zA-Z0-9]*        | ID       |
| 0   [1-9][0-9]*             | NUM      |
| "([^\n\r\"\\]\\"[rnt"\\])+" | STRING   |

**דקדוק:**

1.  $Program \rightarrow Statements$
2.  $Statements \rightarrow Statement$
3.  $Statements \rightarrow Statements Statement$
4.  $Statement \rightarrow LBRACE Statements RBRACE$
5.  $Statement \rightarrow Type ID SC$
6.  $Statement \rightarrow Type ID ASSIGN Exp SC$
7.  $Statement \rightarrow ID ASSIGN Exp SC$
8.  $Statement \rightarrow Call SC$
9.  $Statement \rightarrow RETURN SC$
10.  $Statement \rightarrow IF LPAREN Exp RPAREN Statement$
11.  $Statement \rightarrow IF LPAREN Exp RPAREN Statement ELSE Statement$
12.  $Statement \rightarrow WHILE LPAREN Exp RPAREN Statement$
13.  $Statement \rightarrow BREAK SC$
14.  $Statement \rightarrow CONTINUE SC$
15.  $Call \rightarrow ID LPAREN Exp RPAREN$
16.  $Type \rightarrow INT$
17.  $Type \rightarrow BYTE$
18.  $Type \rightarrow BOOL$
19.  $Exp \rightarrow LPAREN Exp RPAREN$
20.  $Exp \rightarrow Exp BINOP Exp$
21.  $Exp \rightarrow ID$
22.  $Exp \rightarrow Call$
23.  $Exp \rightarrow NUM$
24.  $Exp \rightarrow NUM B$
25.  $Exp \rightarrow STRING$
26.  $Exp \rightarrow TRUE$
27.  $Exp \rightarrow FALSE$
28.  $Exp \rightarrow NOT Exp$
29.  $Exp \rightarrow Exp AND Exp$
30.  $Exp \rightarrow Exp OR Exp$
31.  $Exp \rightarrow Exp RELOP Exp$
32.  $Exp \rightarrow LPAREN Type RPAREN Exp$