

Homework 4

PB17000297 罗晏宸

September 26 2019

1 Exercise 3.9

为习题 3.3 的文法构造预测分析器（递归下降分析程序）。

$$S \rightarrow S \textbf{ and } S \mid S \textbf{ or } S \mid \textbf{ not } S \mid \textbf{ true } \mid \textbf{ false } \mid (S)$$

解 该文法是二义的，等价的非二义文法为

$$E \rightarrow E \textbf{ or } T \mid T$$

$$T \rightarrow T \textbf{ and } F \mid F$$

$$F \rightarrow \textbf{ not } F \mid (E) \mid \textbf{ true } \mid \textbf{ false }$$

消除其中的左递归，得到

$$E \rightarrow TE'$$

$$E' \rightarrow \textbf{ or } TE' \mid \varepsilon$$

$$T \rightarrow FT'$$

$$T' \rightarrow \textbf{ and } FT' \mid \varepsilon$$

$$F \rightarrow \textbf{ not } F \mid (E) \mid \textbf{ true } \mid \textbf{ false }$$

列出文法中各非终结符的开始符号和后继符号集合

$$FIRST(E) = \{ \text{not}, (, \text{true}, \text{false} \} \quad FOLLOW(E) = \{), \$ \}$$

$$FIRST(E') = \{ \text{or}, \varepsilon \} \quad FOLLOW(E') = \{), \$ \}$$

$$FIRST(T) = \{ \text{not}, (, \text{true}, \text{false} \} \quad FOLLOW(T) = \{ \text{or},), \$ \}$$

$$FIRST(T') = \{ \text{and}, \varepsilon \} \quad FOLLOW(T') = \{ \text{or},), \$ \}$$

$$FIRST(F) = \{ \text{not}, (, \text{true}, \text{false} \} \quad FOLLOW(F) = \{ \text{and}, \text{or},), \$ \}$$

对于产生式 $E' \rightarrow \text{or } TE' \mid \varepsilon$

$$\begin{aligned} & FIRST(\text{or } TE') \cap FIRST(\varepsilon) \\ &= \{ \text{or} \} \cap \{ \varepsilon \} \\ &= \emptyset \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & FIRST(\text{or } TE') \cap FOLLOW(E') \\ &= \{ \text{or} \} \cap \{), \$ \} \\ &= \emptyset \end{aligned}$$

对于产生式 $T' \rightarrow \text{and } FT' \mid \varepsilon$

$$\begin{aligned} & FIRST(\text{and } FT') \cap FIRST(\varepsilon) \\ &= \{ \text{and} \} \cap \{ \varepsilon \} \\ &= \emptyset \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & FIRST(\text{and } FT') \cap FOLLOW(T') \\ &= \{ \text{and} \} \cap \{ \text{or},), \$ \} \\ &= \emptyset \end{aligned}$$

对于产生式 $F \rightarrow \text{not } F \mid (E) \mid \text{true} \mid \text{false}$

$$\begin{aligned} & FIRST(\text{not } F) \cap FIRST((E)) \cap FIRST(\text{true}) \cap FIRST(\text{false}) \\ &= \{ \text{not} \} \cap \{ (\} \cap \text{true} \cap \text{false} \\ &= \emptyset \end{aligned}$$

因此该文法是 LL(1) 文法。为其构造递归下降预测分析器如下

```
1  void match (terminal t)
2  {
3      if (lookahead == t)
4          lookahead = nextToken();
5      else
6          error();
7      return;
8  }
9
10 void E()
11 {
12     if ((lookahead == not) || (lookahead == '(')
13         || (lookahead == true) || (lookahead ==
14         false))
15     {
16         T();
17         E'();
18     }
19     else
20         error();
21     return;
22 }
23
24 void E'()
25 {
26     if (lookahead == or)
27     {
```

```

26         match(or);
27         T();
28         E'();
29     }
30     else if ((lookahead == ')') || (lookahead
31             == '$'))
32         match(lookahead);
33     else
34         error();
35 }
36 void T()
37 {
38     if ((lookahead == not) || (lookahead == '(')
39         || (lookahead == true) || (lookahead ==
40         false))
41     {
42         F();
43         T'();
44     }
45     else
46         error();
47     return;
48 }
49 void T'()
50 {
51     if (lookahead == and)
52     {
53         match(and);
54         F();
55         T'();
56     }

```

```

56     else if (lookahead == or)
57     {
58         match(or);
59         T();
60         E'();
61     }
62     else if ((lookahead == ')') || (lookahead
63         == '$'))
64         match(lookahead);
65     else
66         error();
67     return;
68 }
69 void F()
70 {
71     if (lookahead == not)
72     {
73         match(not);
74         F();
75     }
76     else if (lookahead == '(')
77     {
78         match('(');
79         E();
80         match(')');
81     }
82     else if (lookahead == true)
83         match(true);
84     else if (lookahead == false)
85         match(false);
86     else
87         error();

```

2 Exercise 3.11

构造下面文法的 LL(1) 分析表。

$$S \rightarrow aBS \mid bAS \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow bAA \mid a$$

$$B \rightarrow aBB \mid b$$

解 列出文法中各非终结符的开始符号和后继符号集合

$$FIRST(S) = \{ a, b, \varepsilon \}$$

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

$$FIRST(A) = \{ a, b \}$$

$$FOLLOW(A) = \{ a, b, \$ \}$$

$$FIRST(B) = \{ a, b \}$$

$$FOLLOW(B) = \{ a, b, \$ \}$$

填写分析表如下

表 1: LL(1) 分析表

	a	b	$\$$
S	$S \rightarrow aBS$	$S \rightarrow bSS$	$S \rightarrow \varepsilon$
A	$A \rightarrow a$	$A \rightarrow bAA$	
B	$B \rightarrow aBB$	$B \rightarrow b$	

3 Exercise 3.16

(a) 用习题 3.1 的文法构造 $(a, (a, a))$ 的最右推导, 说出每个右句型的句柄。

$$S \rightarrow (L) \mid a$$

$$L \rightarrow L, S \mid S$$

解 由此前构造分析树，可以得到句子 $(a, (a, a))$ 的最右推导

$$\begin{aligned}
 S &\Rightarrow_{\text{lm}} (L) \Rightarrow_{\text{lm}} (L, S) \Rightarrow_{\text{lm}} (L, (L)) \Rightarrow_{\text{lm}} (L, (L, S)) \Rightarrow_{\text{lm}} (L, (L, a)) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (L, (S, a)) \Rightarrow_{\text{lm}} (L, (a, a)) \Rightarrow_{\text{lm}} (S, (a, a)) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (a, (a, a))
 \end{aligned}$$

给其中的 a 以下标，并给每个右句型的句柄添加下划线

$$\begin{aligned}
 S &\Rightarrow_{\text{lm}} (\underline{L}) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (\underline{L}, S) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (L, \underline{(L)}) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (L, (\underline{L}, S)) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (L, (L, \underline{a_3})) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (L, (\underline{S}, a_3)) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (L, (\underline{a_2}, a_3)) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (\underline{S}, (a_2, a_3)) \\
 &\Rightarrow_{\text{lm}} (\underline{a_1}, (a_2, a_3))
 \end{aligned}$$

4 Non-textbook Exercise

(1) 删除以下文法 G 中的左递归，并由此得到文法 G_1 。

	文法 G : A 是开始符号
1	$A \rightarrow Ba$
2	$B \rightarrow dab$
3	$B \rightarrow Cb$
4	$C \rightarrow cB$
5	$C \rightarrow Ac$

(2) G1 是否为 LL(1) 的文法? 如不是, 适当修改该文法 G1, 使之成为 LL(1) 的。

解

(1) 用 A 的产生式 $A \rightarrow Ba$ 代换 $C \rightarrow Ac$ 中的 A , 再用产生式 $B \rightarrow Cb$ 代换其中的 B , 用 B 的产生式 $B \rightarrow Cb$ 代换 $A \rightarrow Ba$ 中的 B , 再用产生式 $C \rightarrow Ac$ 代换其中的 C 得到如下文法

	文法 G: A 是开始符号
1	$A \rightarrow Ba$
2	$B \rightarrow dab$
3	$B \rightarrow Cb$
4	$C \rightarrow Cbac \mid dabac \mid cB$

删除其中的直接左递归, 得到如下的文法

表 2: 消除左递归的文法 G1

	文法 G: A 是开始符号
1	$A \rightarrow Ba$
2	$B \rightarrow dab$
3	$B \rightarrow Cb$
4	$C \rightarrow dabacC'$
5	$C \rightarrow cBC'$
6	$C' \rightarrow bacC'$
7	$C' \rightarrow \varepsilon$

(2) 列出文法中各非终结符的开始符号和后继符号集合

$$\begin{aligned}
 FIRST(A) &= \{ c, d \} & FOLLOW(A) &= \{ \$ \} \\
 FIRST(B) &= \{ c, d \} & FOLLOW(B) &= \{ a, b \} \\
 FIRST(C) &= \{ c, d \} & FOLLOW(C) &= \{ b \} \\
 FIRST(C') &= \{ b, \varepsilon \} & FOLLOW(C') &= \{ b, \$ \}
 \end{aligned}$$

对于产生式 $B \rightarrow dab \mid Cb$

$$\begin{aligned}
 & FIRST(dab) \cap FIRST(Cb) \\
 &= \{ d \} \cap FIRST(C) \\
 &= \{ d \} \cap \{ c, d \} \\
 &= \{ d \}
 \end{aligned}$$

因此 G1 不是 LL(1) 文法。将 C 的产生式 $C \rightarrow dabacC' \mid C \rightarrow cBC'$ 代入 B 的产生式 $B \rightarrow dab \mid Cb$ ，提左因子得到文法 G2

表 3: 消除左递归并提左因子的 LL(1) 文法 G2

	文法 G: A 是开始符号
1	$A \rightarrow Ba$
2	$B \rightarrow cBC'b$
3	$B \rightarrow dabB'$
4	$B' \rightarrow acC'b$
5	$B' \rightarrow \varepsilon$
6	$C \rightarrow dabacC'$
7	$C \rightarrow cBC'$
8	$C' \rightarrow bacC'$
9	$C' \rightarrow \varepsilon$