

Программирование символьных вычислений

Потапова Дарья, группа 324, 2023

Вариант 6. Описание варианта

По заданному конечному автомату восстановить текст соответствующей регулярной праволинейной грамматики. Текст включает в себя множества терминальных и нетерминальных символов и набор правил грамматики, записанных в общепринятой форме.

Конечный автомат представлен в виде ориентированного и помеченного графа, т.е. *диаграммы состояний*. Вершины этого графа соответствуют состояниям автомата и помечены нетерминальными символами грамматики; в множество вершин входит начальное состояние H и заключительное состояние S . Ребра графа соответствуют переходам между состояниями автомата и помечены терминальными символами грамматики. Граф записан как список языка LISP и состоит из входящих в него ребер. Каждое ребро представлено трехэлементным списком вида (метка_вершины метка_ребра метка_вершины).

Исходный конечный автомат может быть как детерминированным, так и недетерминированным, в последнем случае необходимо, кроме грамматики, построить эквивалентный ему детерминированный автомат (ДКА).

Описание входных и выходных данных

Исходные данные программы представляются в виде списка списков из трех элементов, имитирующих запись ребра графа, — (метка_вершины метка_ребра метка_вершины), например, $((H) \# \backslash a (S)) ((H) \# \backslash b (A)) ((A) \# \backslash a (A)) ((A) \# \backslash a (C)) ((A) \# \backslash b (B)))$. Переход по \perp будет обозначаться как $\# \backslash *$.

Результирующие данные представляются в двух видах:

1. Детерминированный конечный автомат, если исходный автомат не является детерминированным, например,

$((H) \# \backslash a (S)) ((H) \# \backslash b (A)) ((A) \# \backslash a (AC)) ((A) \# \backslash b (B)))$

2. Регулярная праволинейная грамматика, построенная по ДКА, например,

$((H) = (\# \backslash a \# \backslash \backslash \# \backslash b A)) ((A) = (\# \backslash b B \# \backslash \backslash \# \backslash a (A C)))$

Правила разделяются $\# \backslash \backslash$; новые состояния, полученные в результате детерминирования автомата, записываются в виде списка. Конечное состояние S опускается.

Описание работы программы

Опишем работу программы поэтапно:

1. Список ребер графа передается в функцию *main*;
2. Получаем из графа праволинейную грамматику: для каждого нового состояния — нетерминального символа — находим все ребра, где это состояние является первой вершиной, между несколькими правилами перехода расставляем разделители $\# \backslash \backslash$. После завершения этапа имеем список правил грамматики, с которым будем работать дальше;
3. Проверяем полученную грамматику: если в ней имеется хотя бы одно правило, где один и тот же терминальный символ, отвечающий за переход к новому состоянию, относится к нескольким различным состояниям, то эти состояния мы объединяем и записываем в конец списка правил как новое состояние; иначе передаем грамматику в функцию, которая удалит из нее заключительное состояние S , и выводим результат — автомат детерминирован;
4. Если программа не завершилась на предыдущем этапе, то сейчас перед нами список, состоящий из правил исходной грамматики и добавленных в конец новых состояний. Получаем список, состоящий только из новых состояний, и подаем как параметр функции, которая обновит эти состояния, основываясь на грамматике. Результатом работы будет список грамматических правил для новых состояний. Далее снова два сценария работы программы: если по полученным правилам можно построить ДКА, то мы возвращаем этот список и добавляем его к правилам исходной грамматики. В противном случае нам нужно повторять шаги 3., 4. до тех пор, пока новые правила не будут отвечать детерминированному конечному автомату. После этого мы собираем все обновленные правила вместе с теми, что получили на шаге 2.;
5. В процессе детерминирования могло получиться так, что одно и то же состояние $(X \ Y)$ записано в нашей грамматике как $(X \ Y)$ или $(Y \ X)$, поэтому нам нужно привести их к единому виду: находим различные по

множеству элементов новые состояния, проходим по каждому правилу, и, если находим совпадающие по набору элементов, то меняем их на “канонические”;

Здесь же мы обрабатываем ситуацию, когда в процессе детерминирования мы получаем несколько заключительных (т.е. содержащих S) состояний. В таком случае к новым состояниям, содержащим S , мы добавляем переход по \perp в состояние S , а само состояние S , которое встречаем в других правилах, переименовываем в $(S\ S)$, в грамматику добавляем правило $((S\ S) = (\# \setminus * S))$: собираем все такие правила в одно заключительное S ;

6. Следующий шаг — удаление недостижимых состояний, т.е. таких, в которые нельзя попасть никаким путем из начального состояния H , и правил для них. Получаем список тех состояний, в которые можно перейти из начального, для каждого состояния из этого списка получаем свои такие состояния и т.д., пока мы не пройдем весь этот список. После завершения работы функции получается список всех достижимых из H состояний; проходим по грамматике и удаляем те состояния, которых нет в этом списке;
7. Наконец переводим грамматику в вид ДКА: разбираем каждое правило и каждый переход добавляем в виде ребра графа в список таких ребер. Выводим результат;
8. Так же, как в шаге 3., удаляем из правил заключительное состояние S и выводим результат.

Тесты

1. $((((H) \# \setminus s (S)))$ — детерминированный автомат

Грамматика:

$$(((H) = (\# \setminus s)))$$

2. $((((H) \# \setminus a (A)) ((H) \# \setminus b (B)) ((H) \# \setminus s (S)))$ — детерминированный автомат

Грамматика:

$$(((H) = (\# \setminus a A \# \setminus \setminus \# \setminus b B \# \setminus \setminus \# \setminus s)))$$

3. $((((H) \# \setminus a (S)) ((H) \# \setminus b (A)) ((A) \# \setminus a (A)) ((A) \# \setminus a (S)))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned} &(((A) \# \setminus a (S\ A)) ((H) \# \setminus b (A)) ((H) \# \setminus a (S\ S))) \\ &((S\ A) \# \setminus * (S)) ((S\ A) \# \setminus a (S\ A)) ((S\ S) \# \setminus * (S)) \end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned} &(((A) = (\# \setminus a (S\ A))) ((H) = (\# \setminus a (S\ S) \# \setminus \setminus \# \setminus b A)) \\ &((S\ A) = (\# \setminus a (S\ A) \# \setminus \setminus \# \setminus *) ((S\ S) = (\# \setminus *) \end{aligned}$$

4. $((((H) \# \setminus a (A)) ((H) \# \setminus a (B)) ((A) \# \setminus a (A)) ((A) \# \setminus b (B)) ((A) \# \setminus s (S))$
 $((B) \# \setminus a (B)) ((B) \# \setminus b (B)) ((B) \# \setminus s (S)))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned} &(((B) \# \setminus s (S)) ((B) \# \setminus b (B)) ((B) \# \setminus a (B)) ((H) \# \setminus a (B\ A)) \\ &((B\ A) \# \setminus s (S)) ((B\ A) \# \setminus b (B)) ((B\ A) \# \setminus a (B\ A))) \end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned} &(((B) = (\# \setminus a B \# \setminus \setminus \# \setminus b B \# \setminus \setminus \# \setminus s)) ((H) = (\# \setminus a (B\ A))) \\ &((B\ A) = (\# \setminus a (B\ A) \# \setminus \setminus \# \setminus b B \# \setminus \setminus \# \setminus s))) \end{aligned}$$

5. $((((H) \# \setminus 1 (A)) ((H) \# \setminus 1 (B)) ((A) \# \setminus 0 (B)) ((A) \# \setminus 1 (C)) ((B) \# \setminus 1 (A)) ((B) \# \setminus s (S)))$

$((C) \# \backslash 1 (A)) ((C) \# \backslash 1 (C))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned} &(((C) \# \backslash 1 (C A)) ((B) \# \backslash s (S)) ((B) \# \backslash 1 (A)) \\ &((A) \# \backslash 1 (C)) ((A) \# \backslash 0 (B)) ((H) \# \backslash 1 (B A)) \\ &((B A) \# \backslash 0 (B)) ((B A) \# \backslash s (S)) ((B A) \# \backslash 1 (C A)) \\ &((C A) \# \backslash 0 (B)) ((C A) \# \backslash 1 (C A))) \end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned} &(((C) = (\# \backslash 1 (C A))) ((B) = (\# \backslash 1 A \# \backslash \backslash \# \backslash s)) \\ &((A) = (\# \backslash 0 B \# \backslash \backslash \# \backslash 1 C)) ((H) = (\# \backslash 1 (B A))) \\ &((B A) = (\# \backslash 1 (C A) \# \backslash \backslash \# \backslash s \# \backslash \backslash \# \backslash 0 B)) \\ &((C A) = (\# \backslash 1 (C A) \# \backslash \backslash \# \backslash 0 B))) \end{aligned}$$

6. $((H) \# \backslash 0 (A)) ((A) \# \backslash 1 (B)) ((A) \# \backslash 1 (A)) ((B) \# \backslash 1 (C)) ((C) \# \backslash 0 (S))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned} &(((A) \# \backslash 1 (A B)) ((H) \# \backslash 0 (A)) ((A B) \# \backslash 1 (C A B)) \\ &((C A B) \# \backslash 1 (C A B)) ((C A B) \# \backslash 0 (S))) \end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned} &(((A) = (\# \backslash 1 (A B))) ((H) = (\# \backslash 0 A)) ((A B) = (\# \backslash 1 (C A B))) \\ &((C A B) = (\# \backslash 0 \# \backslash \backslash \# \backslash 1 (C A B)))) \end{aligned}$$

7. $((H) \# \backslash 0 (A)) ((A) \# \backslash 1 (A)) ((A) \# \backslash 1 (A)) ((B) \# \backslash 1 (C)) ((C) \# \backslash 0 (S))$ — детерминированный автомат

Грамматика:

$$(((C) = (\# \backslash 0)) ((B) = (\# \backslash 1 C)) ((A) = (\# \backslash 1 A)) ((H) = (\# \backslash 0 A)))$$

8. $((H) \# \backslash 1 (B)) ((B) \# \backslash 1 (B)) ((B) \# \backslash 1 (A)) ((A) \# \backslash 1 (C)) ((C) \# \backslash 0 (A)) ((C) \# \backslash * (S))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned} &(((C) \# \backslash * (S)) ((C) \# \backslash 0 (A)) ((A) \# \backslash 1 (C)) ((B) \# \backslash 1 (A B)) \\ &((H) \# \backslash 1 (B)) ((A B) \# \backslash 1 (A B C)) \\ &((A B C) \# \backslash * (S)) ((A B C) \# \backslash 0 (A)) ((A B C) \# \backslash 1 (A B C))) \end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned} &(((C) = (\# \backslash 0 A \# \backslash \backslash \# \backslash *)) ((A) = (\# \backslash 1 C)) ((B) = (\# \backslash 1 (A B))) \\ &((H) = (\# \backslash 1 B)) ((A B) = (\# \backslash 1 (A B C))) \\ &((A B C) = (\# \backslash 1 (A B C) \# \backslash \backslash \# \backslash 0 A \# \backslash \backslash \# \backslash *)) \end{aligned}$$

9. $((H) \# \backslash a (A)) ((H) \# \backslash a (B)) ((H) \# \backslash b (B)) ((H) \# \backslash * (S))$
 $((A) \# \backslash a (A)) ((A) \# \backslash a (B)) ((A) \# \backslash * (S)) ((B) \# \backslash b (A)) ((B) \# \backslash * (S))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned}
&(((B) \# \backslash * (S)) ((B) \# \backslash b (A)) ((A) \# \backslash * (S)) ((A) \# \backslash a (B A)) \\
&((H) \# \backslash * (S)) ((H) \# \backslash b (B)) ((H) \# \backslash a (B A)) \\
&((B A) \# \backslash a (B A)) ((B A) \# \backslash * (S)) ((B A) \# \backslash b (A)))
\end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned}
&(((B) = (\# \backslash b A \# \backslash \backslash \# \backslash *) ((A) = (\# \backslash a (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash * (S))) \\
&((H) = (\# \backslash a (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash b B \# \backslash \backslash \# \backslash * (S))) \\
&((B A) = (\# \backslash b A \# \backslash \backslash \# \backslash * \# \backslash \backslash \# \backslash a (B A))))
\end{aligned}$$

10. $((((H) \# \backslash a (B)) ((H) \# \backslash b (A)) ((A) \# \backslash a (A)) ((A) \# \backslash a (B)) ((A) \# \backslash b (A)) ((A) \# \backslash b (B)) ((A) \# \backslash * (S)) ((B) \# \backslash a (A)) ((B) \# \backslash a (B)) ((B) \# \backslash b (A)) ((B) \# \backslash b (B)) ((B) \# \backslash * (S))))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned}
&(((B) \# \backslash * (S)) ((B) \# \backslash b (B A)) ((B) \# \backslash a (B A)) \\
&((A) \# \backslash * (S)) ((A) \# \backslash b (B A)) ((A) \# \backslash a (B A)) \\
&((H) \# \backslash b (A)) ((H) \# \backslash a (B)) ((B A) \# \backslash * (S)) \\
&((B A) \# \backslash b (B A)) ((B A) \# \backslash a (B A)))
\end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned}
&(((B) = (\# \backslash a (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash b (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash * (S))) \\
&((A) = (\# \backslash a (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash b (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash * (S))) \\
&((H) = \# \backslash a B \# \backslash \backslash \# \backslash b A)) \\
&((B A) = (\# \backslash a (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash b (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash * (S))))
\end{aligned}$$

11. $((((H) \# \backslash b (A)) ((H) \# \backslash b (B)) ((H) \# \backslash a (C)) ((A) \# \backslash b (C)) ((B) \# \backslash a (C)) ((C) \# \backslash a (A)) ((C) \# \backslash b (B)) ((C) \# \backslash s (S))))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned}
&(((C) \# \backslash s (S)) ((C) \# \backslash b (B)) ((C) \# \backslash a (A)) \\
&((B) \# \backslash a (C)) ((A) \# \backslash b (C)) ((H) \# \backslash a (C)) ((H) \# \backslash b (B A)) \\
&((B A) \# \backslash b (C)) ((B A) \# \backslash a (C)))
\end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned}
&(((C) = (\# \backslash a A \# \backslash \backslash \# \backslash b B \# \backslash \backslash \# \backslash s)) ((B) = (\# \backslash a C)) ((A) = (\# \backslash b C)) \\
&((H) = (\# \backslash b (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash a (C))) ((B A) = (\# \backslash a C \# \backslash \backslash \# \backslash b C)))
\end{aligned}$$

12. $((((H) \# \backslash p (A)) ((H) \# \backslash m (B)) ((H) \# \backslash s (S)) ((A) \# \backslash p (A)) ((A) \# \backslash p (B)) ((A) \# \backslash m (A)) ((A) \# \backslash s (S)) ((B) \# \backslash p (B)) ((B) \# \backslash m (B)) ((B) \# \backslash m (A)) ((B) \# \backslash s (S))))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned}
&(((B) \# \backslash s (S)) ((B) \# \backslash m (A B)) ((B) \# \backslash p (B)) \\
&((A) \# \backslash s (S)) ((A) \# \backslash m (A)) ((A) \# \backslash p (A B)) \\
&((H) \# \backslash s (S)) ((H) \# \backslash m (B)) ((H) \# \backslash p (A)) \\
&((A B) \# \backslash s (S)) ((A B) \# \backslash m (A B)) ((A B) \# \backslash p (A B)))
\end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned}
((B) &= (\# \backslash p B \# \backslash \backslash \# \backslash m (A B) \# \backslash \backslash \# \backslash s (S))) \\
((A) &= (\# \backslash p (A B) \# \backslash \backslash \# \backslash m A \# \backslash \backslash \# \backslash s (S))) \\
((H) &= (\# \backslash p A \# \backslash \backslash \# \backslash m B \# \backslash \backslash \# \backslash s)) \\
((A B) &= (\# \backslash p (A B) \# \backslash \backslash \# \backslash m (A B) \# \backslash \backslash \# \backslash s)))
\end{aligned}$$

13. $((H) \# \backslash b (A)) ((H) \# \backslash b (B)) ((H) \# \backslash a (C)) ((A) \# \backslash b (C)) ((B) \# \backslash a (C))$
 $((C) \# \backslash a (A)) ((C) \# \backslash b (B)) ((C) \# \backslash s (S)))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned}
&(((C) \# \backslash s (S)) ((C) \# \backslash b (B)) ((C) \# \backslash a (A)) \\
&((B) \# \backslash a (C)) ((A) \# \backslash b (C)) ((H) \# \backslash a (C)) ((H) \# \backslash b (B A)) \\
&((B A) \# \backslash b (C)) ((B A) \# \backslash a (C)))
\end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned}
&(((C) = (\# \backslash a A \# \backslash \backslash \# \backslash b B \# \backslash \backslash \# \backslash s)) ((B) = (\# \backslash a C)) \\
&((A) = (\# \backslash b C)) ((H) = (\# \backslash b (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash a (C))) \\
&((B A) = (\# \backslash a C \# \backslash \backslash \# \backslash b C)))
\end{aligned}$$

14. $((H) \# \backslash a (A)) ((H) \# \backslash b (B)) ((H) \# \backslash s (S)) ((A) \# \backslash a (A)) ((A) \# \backslash a (B)) ((A) \# \backslash b (B)) ((A) \# \backslash s (S))$
 $((B) \# \backslash a (A)) ((B) \# \backslash b (A)) ((B) \# \backslash b (B)) ((B) \# \backslash s (S)))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned}
&(((B) \# \backslash s (S)) ((B) \# \backslash b (B A)) ((B) \# \backslash a (A)) \\
&((A) \# \backslash s (S)) ((A) \# \backslash b (B)) ((A) \# \backslash a (B A)) \\
&((H) \# \backslash s (S)) ((H) \# \backslash b (B)) ((H) \# \backslash a (A)) \\
&((B A) \# \backslash s (S)) ((B A) \# \backslash b (B A)) ((B A) \# \backslash a (B A)))
\end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned}
&(((B) = (\# \backslash a A \# \backslash \backslash \# \backslash b (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash s (S))) \\
&((A) = (\# \backslash a (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash b B \# \backslash \backslash \# \backslash s (S))) \\
&((H) = (\# \backslash a A \# \backslash \backslash \# \backslash b B \# \backslash \backslash \# \backslash s)) \\
&((B A) = (\# \backslash a (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash b (B A) \# \backslash \backslash \# \backslash s)))
\end{aligned}$$

15. $((H) \# \backslash 0 (A)) ((H) \# \backslash 0 (B)) ((A) \# \backslash 1 (C)) ((B) \# \backslash 1 (B)) ((B) \# \backslash 1 (A)) ((C) \# \backslash 0 (A)) ((C) \# \backslash s (S))$
— недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned}
&(((C) \# \backslash s (S)) ((C) \# \backslash 0 (A)) ((A) \# \backslash 1 (C)) \\
&((H) \# \backslash 0 (A B)) ((A B) \# \backslash 1 (A B C)) \\
&((A B C) \# \backslash s (S)) ((A B C) \# \backslash 0 (A)) ((A B C) \# \backslash 1 (A B C)))
\end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned}
&(((C) = (\# \backslash 0 A \# \backslash \backslash \# \backslash s)) ((A) = (\# \backslash 1 C)) ((H) = (\# \backslash 0 (A B))) \\
&((A B) = (\# \backslash 1 (A B C))) ((A B C) = (\# \backslash 1 (A B C) \# \backslash \backslash \# \backslash 0 A \# \backslash \backslash \# \backslash s)))
\end{aligned}$$

16. $((H) \# \backslash 0 (A)) ((H) \# \backslash 0 (B)) ((H) \# \backslash 1 (C)) ((A) \# \backslash 0 (B)) ((A) \# \backslash 1 (C))$
 $((B) \# \backslash 1 (B)) ((B) \# \backslash 1 (A)) ((C) \# \backslash s (S)))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$\begin{aligned}
&(((C) \# \backslash s (S)) ((B) \# \backslash 1 (A B)) ((H) \# \backslash 1 (C)) ((H) \# \backslash 0 (A B)) \\
&\quad ((A B) \# \backslash 1 (A B C)) ((A B) \# \backslash 0 (B)) \\
&((A B C) \# \backslash s (S)) ((A B C) \# \backslash 1 (A B C)) ((A B C) \# \backslash 0 (B)))
\end{aligned}$$

Грамматика:

$$\begin{aligned}
&(((C) = (\# \backslash s)) ((B) = (\# \backslash 1 (A B))) ((H) = (\# \backslash 0 (A B) \# \backslash \backslash \# \backslash 1 (C))) \\
&\quad ((A B) = (\# \backslash 0 B \# \backslash \backslash \# \backslash 1 (A B C))) \\
&((A B C) = (\# \backslash 0 B \# \backslash \backslash \# \backslash 1 (A B C) \# \backslash \backslash \# \backslash s)))
\end{aligned}$$

17. $((((H) \# \backslash 1 (A)) ((H) \# \backslash 1 (A)) ((A) \# \backslash 0 (C)) ((C) \# \backslash 0 (S)) ((C) \# \backslash 1 (D)) ((C) \# \backslash 1 (D)))$ — детерминированный автомат

Грамматика:

$$(((C) = (\# \backslash 0 \# \backslash \backslash \# \backslash 1 D)) ((A) = (\# \backslash 0 C)) ((H) = (\# \backslash 1 A)))$$

18. $((((H) \# \backslash 1 (A)) ((H) \# \backslash 1 (A)) ((A) \# \backslash 0 (B)) ((A) \# \backslash 0 (C)) ((C) \# \backslash 0 (S)) ((C) \# \backslash 1 (D)) ((C) \# \backslash 1 (D)))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$(((A) \# \backslash 0 (C B)) ((H) \# \backslash 1 (A)) ((C B) \# \backslash 1 (D)) ((C B) \# \backslash 0 (S)))$$

Грамматика:

$$(((A) = (\# \backslash 0 (C B))) ((H) = (\# \backslash 1 A)) ((C B) = (\# \backslash 0 \# \backslash \backslash \# \backslash 1 D)))$$

19. $((((H) \# \backslash a (S)) ((H) \# \backslash b (C)) ((H) \# \backslash b (B)) ((H) \# \backslash c (A)) ((A) \# \backslash a (A)) ((A) \# \backslash b (C)) ((A) \# \backslash b (B)))$ — недетерминированный автомат

ДКА:

$$(((A) \# \backslash b (B C)) ((A) \# \backslash a A) ((H) \# \backslash c (A)) ((H) \# \backslash b (B C)) ((H) \# \backslash a (S)))$$

Грамматика:

$$(((A) = (\# \backslash a A \# \backslash \backslash \# \backslash b (B C))) ((H) = (\# \backslash a \# \backslash \backslash \# \backslash b (B C) \# \backslash \backslash \# \backslash c A)))$$