

LR -методы анализа

$LR(1)$, $LR(k)$

В. С. Полозов

Кафедра системного программирования СПбГУ



Теория автоматов и формальных языков

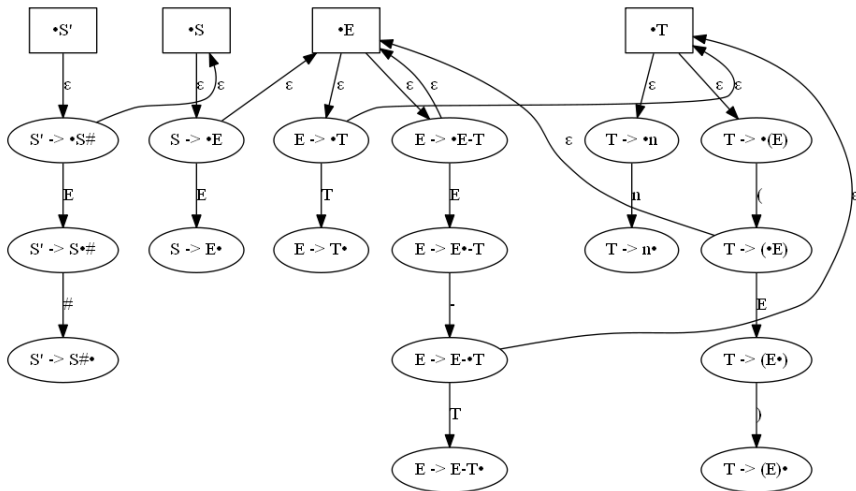
Грамматика для примера

Добавим в грамматику нетерминал S' , чтобы лучше выделять маркер конца:

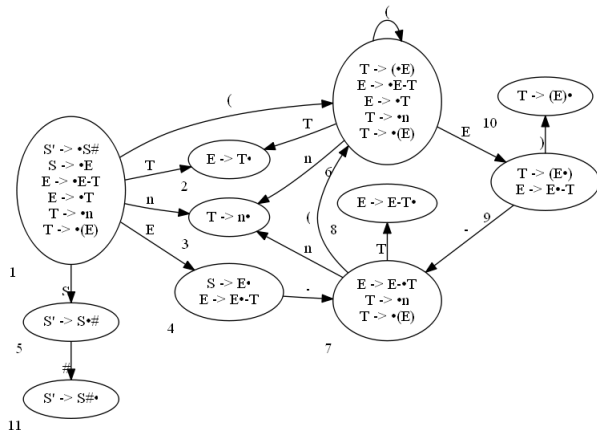
$$\begin{aligned} S'_s &\rightarrow S \# \\ S &\rightarrow E \\ E &\rightarrow E - T \\ E &\rightarrow T \\ T &\rightarrow n \\ T &\rightarrow (E) \end{aligned}$$

И построим для неё автомат.

LR0 NFA



LR0 DFA



- Shift/reduce конфликт в состоянии ④
- Но $S \rightarrow E$ не может быть перед -, только перед # !

Анализ конфликта

Идея: добавим символ предпросмотра (как в Earley)

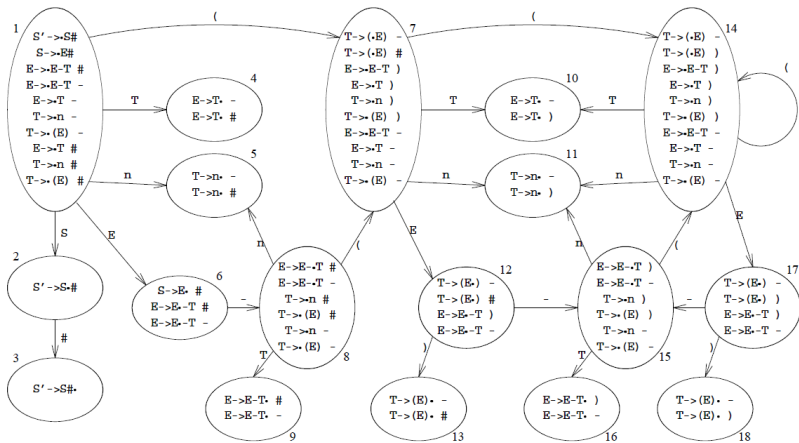
- Начинаем в станции $\bullet S'$ с пустым предпросмотром
- Откуда есть ε -переход в ситуацию $S' \rightarrow S\#$ (с пустым предпросмотром)
- Для неё требуется станция $\bullet S\#$, где $\#$ - предпросмотр
- Соответствующая ситуация - $S \rightarrow \bullet E \#$
- Откуда выводится станция $\bullet E\#$
- И ситуация - $E \rightarrow \bullet E - T \#$
- Что влечет станцию $\bullet E-$
- И т.д.
- Если бы было правило $P \rightarrow \bullet QR\alpha$, то добавили бы ε -переход в станцию $\bullet Q \text{ FIRST}(R)$

Анализ конфликта

Идея: добавим символ предпросмотра (как в Earley)

- Начинаем в станции $\bullet S'$ с пустым предпросмотром
- Откуда есть ε -переход в ситуацию $S' \rightarrow S\#$ (с пустым предпросмотром)
- Для неё требуется станция $\bullet S\#$, где $\#$ - предпросмотр
- Соответствующая ситуация - $S \rightarrow \bullet E \#$
- Откуда выводится станция $\bullet E\#$
- И ситуация - $E \rightarrow \bullet E - T \#$
- Что влечет станцию $\bullet E-$
- И т.д.
- Если бы было правило $P \rightarrow \bullet QR\alpha$, то добавили бы ε -переход в станцию $\bullet Q \text{ FIRST}(R)$

LR(1)-автомат: пример



LR(1)-автомат

Если получившийся ДКА не содержит *неадекватных* состояний, то это - LR(1)-грамматика и мы получили LR(1)-анализатор.

- Размер вырос на 60% по сравнению с LR(0).
- На практике чаще бывает в 10 раз и более.
- Конфликт в состоянии 4 пред. автомата разрешился:
состояние ⑥ по # сворачивается, а по — - сдвигается в ⑧

Таблица LR(1)-автомата

Представим LR(1)-автомат в виде таблицы: для каждой пары $(state, symbol)$

- sN - сдвинуть символ на стек и перейти в состояние N
- rR - свернуть по правилу R :
 - удалить со стека соответствующую правую часть
 - перейти по таблице $(state', symbol')$, где
 - $state'$ - новое состояние, оказавшееся на вершине стека
 - $symbol'$ - левая часть правила
- e - сообщить об ошибке

Так же, для удобства пронумеруем правила.

	n	-	()	#	S	E	T
1	s5	e	s7	e	e	s2	s6	s4
2	e	e	e	e	s3			
3/acc								
4	e	r4	e	e	r4			
5	e	r5	e	e	r5			
6	e	s8	e	e	r2			
7	s11	e	s14	e	e	s12		s10
8	s5	e	s7	e	e			s9
9	e	r3	e	e	r3			
10	e	r4	e	r4	e			
11	e	r5	e	r5	e			
12	e	s15	e	s13	e			
13	e	r6	e	e	r6			
14	s11	e	s14	e	e	s17		s10
15	s11	e	s14	e	e			s16
16	e	r3	e	r3	e			
17	e	s15	e	s18	e			
18	e	r6	e	r6	e			

Пример

Рассмотрим разбор: $n-n-n$

LR(1)-разбор с ϵ -правилами

Обработка ϵ -правил:

- ϵ -правила могут вызывать проблемы.
- Однако, LR(1)-анализаторы обрабатывают их почти без проблем:
- В НКА ϵ -правила соответствуют ϵ переходу
- В ДКА ϵ -редукция возможна во всех правилах, где входит ϵ -правило, но благодаря предпросмотру они отделяются от других правил.
- Или возникает shift/reduce или reduce/reduce конфликт.

LR(1)-разбор с ε -правилами: пример

Рассмотрим простую грамматику с ε -правилами:

$$\begin{aligned}S'_s &\rightarrow S \# \\S &\rightarrow A B c \\A &\rightarrow a \\B &\rightarrow b \\B &\rightarrow \varepsilon\end{aligned}$$

Свойства $LR(k)$ -анализаторов

Если мы увеличим длину предпросмотра до k символов - получим $LR(k)$ -анализатор.

- Сильно растёт размер.
- Формально $LR(k+1)$ мощнее $LR(k)$
- Однако, $\forall k > 1$
 \exists преобразование $LR(k)$ -грамматики в $LR(k-1)$
- Так же, можно доказать, что если существует детерминированный анализатор грамматики G , то она может быть распознана $LR(k)$ анализатором
- Диагностичность: ошибки определяются немедленно
- $LR(k)$ -анализатор при анализе цепочки x совершает $o(n)$ движений, где $n = |x|$

Вопросы