

$$E_n = \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2} \right) - \frac{\hbar^2 \omega^2}{4\sqrt{2}mc^2} \left(n^{3/2} - \frac{1}{2} \sqrt{n+1} \right). \quad (5)$$

Как видно из (5), учет наличия спина у частицы приводит к сдвигу ее энергетических уровней, величина которого зависит от квантового числа n и существенно зависит от частоты колебаний осциллятора. Условием применимости полученных результатов является требование, чтобы $\hbar\omega \ll mc^2$. Только в этом случае возможно применение теории возмущений. С другой стороны, для возможности обнаружения этого взаимодействия на опыте нужно, чтобы $\hbar\omega$ была не слишком малой по сравнению с mc^2 .

В заключение сравним поправку на спин-орбитальное взаимодействие с поправкой на ангармоничность линейного осциллятора. Если взять выражение для потенциальной энергии в виде $V = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 + \lambda x^3$, то во втором приближении теории возмущений получим для поправки к уровням энергии осциллятора выражение $-\frac{15}{4} \left(\frac{\lambda^2}{\hbar\omega} \right) \left(\frac{\hbar}{m\omega} \right)^3 \left(n^2 + n + \frac{11}{30} \right)$ [2]. Последняя будет сравнима со спиновой поправкой для частот осциллятора удовлетворяющих условию $\omega \simeq \left(\frac{5\lambda c}{m} \right)^{\frac{1}{3}}$.

Проведенное сравнение позволяет сделать вывод о том, что в широкой области частот колебаний осциллятора спин-орбитальное взаимодействие должно учитываться наряду с ангармоничностью (оба сдвигают уровни энергии в одном и том же направлении).

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов А. А., Лоскутов Ю. М., Тернов И. М. Квантовая механика.— М., 1962.
2. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики.— М., 1976.

Поступила в редакцию
06.06.79.

Кафедра теоретической физики

УДК 681.3.06

Г. А. ДРОБУШЕВИЧ, ТО ТУАН

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Одним из двух принципов построения математического обеспечения обучающих систем (ОБС) является опознавание ответов обучаемых [1]. Решение этой задачи в системах обучения языкам программирования прежде всего предусматривает использование диагностических возможностей транслятора или интерпретатора. Однако выделить анализатор из транслятора, как правило, очень трудно, и транслятор анализирует только один язык программирования по заданной схеме, изменить которую нелегко, так как для этого нужно переделывать блок анализа [2]. В данной работе предлагается один метод синтаксического анализа языков программирования, в частности, языка Ассемблер ЕС ЭВМ, который является объектом обучения разрабатываемой нами ОБС. Синтаксис любого известного языка программирования может описываться с помощью БНФ [3]. Пусть T — множество терминальных символов; V — множество нетерминалов. Рассмотрим БНФ со следующими свойствами:

- 1) ее правила вывода не являются леворекурсивными;
- 2) ее правила вывода имеют либо вид $\langle A \rangle ::= \alpha_0$, либо вид $\langle A \rangle ::= t_1 \alpha_1 | t_2 \alpha_2 | \dots | t_m \alpha_m | \langle B \rangle \alpha_{m+1}$, где $t_i \in T$, $i = 1, 2, \dots, m$ и $t_1 \neq t_2 \neq \dots \neq t_m$; $\alpha_i \in (VUT)^*$, $i = 0, 1, \dots, m+1$, $A, B \in V$. Кроме этого, не

существует вывода типа $\langle B \rangle \Rightarrow *t_i \alpha$ ни для какого-либо i из $\{1, 2, \dots, m\}$ ($\alpha \in (VUT)^*$).

Такие БНФ будем обозначать через МБНФ. Очевидно, что, если синтаксис некоторого языка описывается с помощью МБНФ, для синтаксического анализа его предложений можно использовать алгоритм безвозвратного нисходящего разбора слева направо по символам. Язык Ассемблер ЕС ЭВМ не может описываться с помощью МБНФ, так как второй операнд формата *RX* имеет следующий синтаксис:

$\langle \text{ВТОРОЙ ОПЕРАНД} \rangle :: = \langle \text{НЕЯВНЫЙ АДРЕС} \rangle \alpha_1 |$
 $\langle \text{СМЕЩЕНИЕ} \rangle \alpha_2,$

где $\alpha_1, \alpha_2 \in (VUT)^*$. Однако это не мешает нам использовать алгоритм безвозвратного нисходящего анализа. Действительно, известно, что $\langle \text{НЕЯВНЫЙ АДРЕС} \rangle$ и $\langle \text{СМЕЩЕНИЕ} \rangle$ задаются перемещаемым и абсолютным выражениями соответственно. Из этого следует, что первые символы второго операнда необходимо обрабатывать, как любое арифметическое выражение. После вычисления перемещаемости этого выражения нетрудно определить, какую из двух альтернатив надо выбрать для дальнейшего анализа.

Мы пришли к выводу, что необходимо иметь такой метаязык, который в отличие от БНФ наиболее естественно увязывает синтаксис и семантику языка. Рассмотрим пример использования МУ-метаязыка, который является модификацией предложенного в [4] метаязыка управляющих грамматик. В языке Ассемблер ЕС ЭВМ каждый терм [5] имеет следующий синтаксис:

$\langle \text{ТЕРМ} \rangle :: = X' \langle \text{Ш. ЧИСЛО} \rangle' | V' \langle \text{ДВ. ЧИСЛО} \rangle' |$
 $C' \langle \text{СИМВОЛ} \rangle' | L' \langle \text{МЕТКА} \rangle | \langle \text{МЕТКА} \rangle | \langle \text{ДЕС. ЧИСЛО} \rangle | *$

Здесь используются сокращения: шестнадцатеричное, двоичное, десятичное число соответственно. Поскольку $\langle \text{МЕТКА} \rangle$ может начинаться с любой из букв X, B, C, L , то невозможно определить нужную альтернативу из этого правила по текущему символу. Необходимое направление анализа можно выбрать только при сравнении следующего символа с апострофом. Синтаксис и семантика термина очень легко и удобно описываются на МУ-метаязыке, который ориентирует на распознавание следующим образом:

$\langle \text{ТЕРМ} \rangle : [X], 1, \langle \text{Ш. ЦИФРА} \rangle, + \langle \text{АПОСТРОФ} \rangle, \text{ЧТ}$
 $[B], 2, \langle \text{ДВ. ЦИФРА} \rangle, + \langle \text{АПОСТРОФ} \rangle, \text{ЧТ}$
 $[C], 3, \langle \text{СИМВОЛ} \rangle, + \langle \text{АПОСТРОФ} \rangle, \text{ЧТ}$
 $[L], 4, \langle \text{МЕТКА} \rangle, + \langle \text{АПОСТРОФ} \rangle, \text{ЧТ}$

- * Для стоящих выше строк старая верхушка МЦ заменяется первым
- * нетерминалом, а второй нетерминал (после знака +) становится
- * новой вершиной.

$[*], 5, -, \text{ЧТ}, PR0 / * \text{МЦ выталкивается}$

$DSIFRA, 6, \langle \text{ДЕС. ЦИФРА} \rangle, \text{ЧТ}, PR1$

$BUCVA, 7, \langle \text{БУКВА} | \text{ЦИФРА} \rangle, \text{ЧТ}, PR1$

- * Для стоящих выше строк верхушка МЦ заменяется новым нетермина-
- * лом.

$\text{ЛСТ}, 8, 0; \text{ТЕРМ НЕВЕРЕН}, \text{ПА} / * \text{вывести сообщение}$

$\langle \text{АПОСТРОФ} \rangle : [], 1, -, \text{ЧТ}, PR8 / * \text{МЦ выталкивается}$

$\text{ЛСТ}, 2, -, \langle \text{БУКВА} | \text{ЦИФРА} \rangle, \text{ПА}, PR5$

- * Для стоящей выше строки МЦ выталкивается, затем новая вершина
- * МЦ заменяется нетерминалом $\langle \text{БУКВА} | \text{ЦИФРА} \rangle$

$\langle \text{Ш. ЦИФРА} \rangle : SSIFRA, 1, =, \text{ЧТ}, PR3 / * \text{МЦ не изменяется}$

$[], 2, -, \text{ЧТ}, PR4$

$\text{ЛСТ}, 3, 0; \text{НЕ Ш. ЦИФРА}, \text{ПА}$

$\langle \text{ДЕС. ЦИФРА} \rangle : DSIFRA, 1, =, \text{ЧТ}, PR3$

$\text{ЛСТ}, 2, -, \text{ПА}, PR6$

$\langle \text{БУКВА} | \text{ЦИФРА} \rangle : BUSI, 1, =, \text{ЧТ}, PR3$

$\text{ЛСТ}, 2, -, \text{ПА}, PR2$

Для синтаксического анализа используется так называемый магазин

целей МЦ, верхушка которого является текущей целью анализа (МЦ состоит из нетерминалов). В зависимости от текущего символа анализируемой цепочки содержимое МЦ изменяется (В МУ-метаязыке действия по изменению МЦ указываются символами $\{+, -, =\}$, которые поясняются в комментариях). Пусть конфигурация К МУ-грамматки (т. е. грамматики, правила вывода которой задаются на МУ-метаязыке) есть кортеж $K = \{l, a_1 a_2 \dots a_{n-1} \uparrow a_n\}$, где $l \in T^*$: $a_1 a_2 \dots a_{n-1} a_n$ — содержимое МЦ; a_n — его верхушка; стрелка $\uparrow$ указывает, что a_n является текущей целью анализа. Процесс анализа изображается цепочкой переходов из одной конфигурации в другую.

Примеры. 1) $l = X'IA'$

$$\begin{aligned}(X'IA', \uparrow \langle \text{ТЕРМ} \rangle) &\Rightarrow (\uparrow IA', \langle \text{Ш. ЦИФРА} \rangle \uparrow \langle \text{АПОСТРОФ} \rangle) \Rightarrow \\ &\Rightarrow (IA', \uparrow \langle \text{Ш. ЦИФРА} \rangle) \Rightarrow (A', \uparrow \langle \text{Ш. ЦИФРА} \rangle) \Rightarrow \\ &\Rightarrow (', \uparrow \langle \text{Ш. ЦИФРА} \rangle) \Rightarrow (\lambda, \lambda),\end{aligned}$$

где λ — символ пустой цепочки. 2) $l = \text{ХОР}$

$$\begin{aligned}(\text{ХОР}, \uparrow \langle \text{ТЕРМ} \rangle) &\Rightarrow (\text{ОР}, \langle \text{Ш. ЦИФРА} \rangle \uparrow \langle \text{АПОСТРОФ} \rangle) \Rightarrow \\ &\Rightarrow (\text{ОР}, \uparrow \langle \text{БУКВА} \mid \text{ЦИФРА} \rangle) \Rightarrow (\text{Р}, \uparrow \langle \text{БУКВА} \mid \text{ЦИФРА} \rangle) \Rightarrow \\ &\Rightarrow (\lambda, \uparrow \langle \text{БУКВА} \mid \text{ЦИФРА} \rangle) \Rightarrow (\lambda, \lambda).\end{aligned}$$

В МУ-метаязыке символы ЧТ и ПА указывают, что нужно считать следующий символ или продолжать анализ без чтения соответственно. *DSIFRA*, *BUCVA*, *SSIFRA*, *BUST* — имена подпрограмм, определяющих типы символов (десятичная цифра, буква, ...). Подпрограммы PR_i , $i=0, 1, \dots, 6$ выполняют необходимые действия (подсчет количества символов, перевод символа из одной формы представления в другую, ...) после распознавания соответствующего символа анализируемой цепочки. В настоящее время реализованы программы перевода МУ-метапрограмм (на МУ-метаязыке) в машинную форму представления и программа синтаксического анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушков В. М. и др. — В сб.: Обучение программированию с помощью цифровых вычислительных машин. — Киев, 1970, с. 3.
2. Белов В. Н. — В сб.: Вопросы реализации систем программирования. — Киев, 1976, с. 26.
3. Алгоритмический язык АЛГОЛ-60. Пересмотренное сообщение. — М., 1965.
4. Кузнецов С. И. Математическое обеспечение автоматизированных обучающих систем. — Казань, 1977.
5. Программирование на языке Ассемблер ЕС ЭВМ. — М., 1977.

Поступила в редакцию
21.03.78.

Кафедра общего программирования

УДК 517.392

И. Н. МЕЛЕШКО

О ВЫЧИСЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕКОТОРЫХ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ

1. Вычисление коэффициентов интерполяционных квадратурных формул, содержащих производные плотности, для простейших интегралов типа Коши и сингулярных интегралов по разомкнутому контуру.

Упомянутые квадратурные формулы рассматриваются в [1] для интегралов

$$\Phi(z) = \Phi(f|z) = \frac{1}{\pi i} \int_{-1}^1 \frac{f(t)}{t-z} dt, \quad z \in [-1, 1], \quad (1)$$