

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»
на тему «Расширение языков стекового калькулятора и интерпретатора
арифметических выражений операцией побитового сдвига. Вычисление
периметра и площади части выпуклой оболочки, расположенной в
верхней полуплоскости. Нахождение суммы длин полностью видимых
рёбер полиэдра»

Группа

K04-361

Студент

А.Ю. Шедько

Руководитель работы
к.ф.-м.н., доцент

Е.А. Роганов

Москва 2016

Аннотация

Работа посвящена модификации проектов «Компилятор формул», «Интерпретатор арифметических выражений», «Выпуклая оболочка» и «Изображение проекции полиэдра». В первом из этих проектов решалась задача расширения языков стекового калькулятора и интерпретатора арифметических выражений операцией побитового сдвига. Модификация второго проекта требовала ... В проекте «Выпуклая оболочка» вычислялась ... В последнем из проектов определялась ...

Содержание

1.	Введение	3
2.	Модификация проекта «Компилятор формул»	3
3.	Модификация проекта «Интерпретатор арифметических выражений» .	6
4.	Модификация проекта «Выпуклая оболочка»	8
5.	Модификация проекта «Изображение проекции полиэдра»	8

1. Введение

В проектах «Компилятор формул» и «Интерпретатор арифметических выражений» были решены задачи расширения языков стекового калькулятора и интерпретатора арифметических выражений операциями побитового сдвига. Применена структура данных «хэш-таблица». Решение задачи требовало представления о формальных грамматиках, основы ООП и знания языка Ruby.

Проект «Выпуклая оболочка» [1] решает задачу индуктивного перевычисления выпуклой оболочки последовательно поступающих точек плоскости и таких её характеристик, как периметр и площадь. Целью данной работы является индуктивное вычисление расстояния до наперёд заданного стандартного прямоугольника и количества острых углов выпуклой оболочки. Применено 2 специфических алгоритма, значительно ускоряющих вычисление расстояния от прямоугольника до отрезка [2] и проверку пересечения прямоугольника и отрезка [3]. Решение этой задачи требует знания теории индуктивных функций, основ аналитической геометрии и векторной алгебры и языка Ruby [4].

Проект «Изображение проекции полиэдра» [5] — пример классической задачи, для успешного решения которой необходимо знакомство с основами вычислительной геометрии. Задачей, решаемой в данной работе, является модификация эталонного проекта с целью определения суммы длин полностью видимых рёбер заданного полиэдра. Для этого необходимы хорошее понимание ряда разделов аналитической геометрии и векторной алгебры, основ объектно-ориентированного программирования и языка Ruby.

Для подготовки пояснительной записки необходимо знакомство с программой компьютерной вёрстки L^AT_EX [6], умение набирать математические формулы [7] и включать в документ графические изображения и исходные коды программ.

Общее количество строк в рассмотренных проектах составляет около 190, из которых более 28 были изменены или добавлены автором в процессе работы над задачами модификации.

2. Модификация проекта «Компилятор формул»

Постановка задачи:

В предположении, что язык стекового калькулятора расширен операциями L (left) и R (right), реализующими побитовый сдвиг влево и вправо соответственно, компилировать формулы, содержащие операции << и >>

Теоретические аспекты:

С формальной точки зрения компилятор представляет собой программную реализацию некоторой функции $\tau: L_1 \rightarrow L_2$, действующей из множества цепочек одного языка L_1 в множество цепочек другого L_2 таким образом, что $\forall \omega \in L_1$ семантика цепочек ω и $\tau(\omega) \in L_2$ совпадает.

Для решения задачи необходимо задать грамматики, описывающие языки стекового калькулятора и компилятора, соответственно G_0 и G_s :

$$G_0: \begin{array}{lclcl} S \rightarrow & F & | & \text{SRF} & | & \text{SLF} \\ F \rightarrow & T & | & F+T & | & F-T \\ T \rightarrow & M & | & T*M & | & T/M \\ M \rightarrow & (S) & | & V & & \\ V \rightarrow & a & | & b & | & \dots & | & z \end{array}$$

$$G_s: \begin{array}{l} e \rightarrow e\ e + \mid e\ e - \mid e\ e * \mid e\ e / \mid e\ e >> \mid e\ e << \mid \\ \mid a \mid b \mid \dots \mid z \end{array}$$

где L , R соответствуют $<<$, $>>$, т.е. сдвигу влево и вправо, а S — классу сдвигаемых выражений (Ассоциативность аналогична $+$ и $-$)

Нужный нам компилятор τ представляет собой программную реализацию отображения из множества цепочек языка $L(G_0)$ в множество цепочек языка $L(G_s)$. По этой причине его можно рассматривать, как функцию на пространстве последовательностей. Легко понять, что эта функция не индуктивна.

Построим индуктивное расширение функции чтобы с его помощью реализовать однопроходный алгоритм, осуществляющий нужный нам перевод. Заметим, что любую правильную формулу можно откомпилировать с соблюдением следующих двух условий:

- переменные в выходной цепочке (программе для стекового калькулятора) будут идти в том же порядке, что и переменные в исходной формуле;
- все операции в выходной цепочке будут расположены позже соответствующих им операций в исходной формуле.

Любую формулу можно компилировать так: встретив имя переменной, немедленно записывать его в массив, где мы будем накапливать результат компиляции, а встретив знак операции или скобку, записывать в этот массив те из предыдущих, но ещё не обработанных операций (будем называть их *отложенными*), которые выполняемы в данный момент, после чего «откладывать» и новый знак.

В качестве контейнера для хранения отложенных операций можно использовать стек. Этот стек и будет содержать ту дополнительную информацию, которая необходима для индуктивного перевычисления функции T осуществляющей компиляцию исходной формулы. Основная проблема — понять, что надо делать, когда в исходной формуле встречается очередная операция или скобка.

Таким образом, встретив в исходной формуле очередной знак операции или скобку, нужно иногда просто положить её в стек отложенных операций, а иногда — извлечь предварительно одну или несколько ранее отложенных операций и добавить их в массив результата. С точки зрения теории индуктивных функций необходимо построить индуктивное расширение функции T осуществляющей компиляцию исходной формулы, и найти для неё отображение G обеспечивающее её перевычисление при удлинении входной формулы.

Для построения индуктивной функции компиляции цепочки ω необходимо разделить символы на категории: **SYM_LEFT**, **SYM_RIGHT**, **SYM_OPER** и **SYM_OTHER** соответственно. правила построения таковы:

- открывающую скобку всегда помещать в стек, имя переменной — всегда сразу добавлять в массив результата компиляции;
- когда в формуле встречается закрывающая скобка нужно все операции, появившиеся в ней *после соответствующей ей открывающей скобки*, извлечь из

стека отложенных операций и добавить в массив результата (не забыть также извлечь открывающую скобку);

- операции и скобки помещаются в стек в соответствии с приоритетом соответствующей операции или скобке. Открывающие скобки имеют наименьший приоритет, закрывающие — наибольший; для операций он будет описан в дальнейшем.

Более подробно см. [8]

Применяемые структуры данных

Стек, используемый в эталонном проекте не требует пояснений. Помимо стека используется константная хэш-таблица (В качестве отображения между множествами операций двух грамматик). Подробно с работой хеш таблицы в языке Ruby можно ознакомиться в документации к языку [9] и на соответствующей странице Википедии.

Детали реализации

Отображение между множествами операций языков калькулятора и компилятора описывается данной таблицей.

```
CONV_TABLE = { ">>" => 'R' ,  
               "<<" => 'L' ,  
               "+" => "+" ,  
               "-" => "-" ,  
               "/" => "/" ,  
               "*" => "*" ,  
             }
```

Приоритет операций задаётся следующим образом:

```
def priority(c)  
  (c == '+' or c == '-') ? 1 : ( c=='L' or c=='R' )? 0 : 2  
end
```

что соответствует наименьшему приоритету для сдвигов(0) и наивысшему для деления и умножения(2).

Наиболее значительным является изменение, касающееся обработки символов операций, а именно обработка символов >> и << так как они занимают два строковых символа, являясь одним логическим символом. Идея проста — хранить первый символ в обрабатываемой последовательности соответствующий одной из операций в специальной переменной @op, а при поступлении следующего символа, если последовательность составлена верно и этот символ совпадает с < или >, записывать его в @op. После этого, вне зависимости от содержимого @op происходит стандартная процедура обработки отложенных операций с использованием значения CONV_TABLE[@op], которое затем помещается в стек. В конце @op очищается.

Код, реализующий обработку символов операций:

```
def process_symbol(c)
  ...
  when SYM_OPER
    if ((c=='>' || c=='<') && @op=="")
      @op=c
    else
      @op+=c
      process_suspended_operators(CONV_TABLE[@op])
      push(CONV_TABLE[@op])
      @op=""
    end
  ...
end
```

Таким образом в язык стекового компилятора добавлена операция побитового сдвига.

Возможные обобщения

Имеет смысл ввести в язык стекового компилятора также остальные побитовые операции, (&, |, ^, ~), их логические аналоги (&&, |||).

3. Модификация проекта «Интерпретатор арифметических выражений»

Постановка задачи:

Вычисляются значения выражений, содержащих битовые операциями << и >>, приоритет первой из которых является минимальным, а второй — максимальным.

Теоретические аспекты:

Если компилятор осуществляет перевод с одного языка на другой, то интерпретатор *вычисляет* значение арифметической формулы, в которой вместо имён переменных содержатся записанные тем или иным способом числа.

Грамматика G_0 из предыдущего пункта должна быть изменена для учёта максимального приоритета операции сдвига вправо:

$$G_0: \begin{array}{lcl} S_0 \rightarrow & F & | \quad S \ L \ F \\ F \rightarrow & T & | \quad F + T \quad | \quad F - T \\ T \rightarrow & M & | \quad T * M \quad | \quad T / M \\ S_1 \rightarrow & M & | \quad S \ R \ F \\ M \rightarrow & (S_0) & | \quad V \\ V \rightarrow & a & | \quad b \quad | \quad \dots \quad | \quad z \end{array}$$

S_0 — Класс сдвигаемых влево выражений; S_1 — Класс сдвигаемых вправо выражений.

G_s можно оставить без изменений.

Построенный класс `Comprf` можно использовать в качестве базового для реализации интерпретатора арифметических выражений. Подобный подход является характерной особенностью объектно-ориентированного программирования — уже написанный код можно применить для решения родственной задачи без каких-либо его изменений.

Интерпретатор выражений отличается от компилятора формул два момента: наличие во входной формуле *чисел* (вместо идентификаторов переменных) и необходимость *выполнения* получаемой выходной формулы (вместо её печати). Для того чтобы реализовать стековый калькулятор, естественно, необходим стек.

При появлении на входе цифры, будем помещать её в стек калькулятора `@s`, а при появлении операции, доставать из стека её аргументы и помещать туда результат её выполнения. На конечном этапе на вершине стека будет находиться результат выполнения арифметического выражения.

Детали реализации

Здесь также как и в первом проекте применена хеш-таблица для отображения множества операций стекового компилятора в множество операций языка Ruby.

```
CONV_TABLE = { 'R' => ">>",
               'L' => "<<",
               "+" => "+",
               "-" => "-",
               "/" => "/",
               "*" => "*",
               }
```

В соответствии с задачей, приоритет операций был изменён следующим образом:

```
def priority(c)
  (c == '+' or c == '-') ? 1 : c == 'L' ? 0 : (c == 'R') ? 3 : 2
end
```

Таблица 1. Приоритет операций

Операция	Приоритет
L	0
+, -	1
*, /	2
R	3

4. Модификация проекта «Выпуклая оболочка»

...

5. Модификация проекта «Изображение проекции полиэдра»

...

Список литературы и интернет-ресурсов

- [1] https://home.mephi.ru/files/2373/material_ici_toc.zip/index.html — Описание проекта «Выпуклая оболочка».
- [2] *Advances in Spatial and Temporal Databases: 9th International Symposium.* — SSTD 2005, Angra Dos Reis Brazil, August 22-24, 2005, Proceedings, С 333.
- [3] Liang, Y.D., and Barsky, B., *A New Concept and Method for Line Clipping.* — ACM Transactions on Graphics, 3(1):1-22, January 1984.
- [4] <http://ru.wikipedia.org/wiki/Ruby> — Википедия (свободная энциклопедия) о языке Ruby.
- [5] ??? — Описание проекта «Изображение проекции полиэдра».
- [6] С.М. Львовский. *Набор и вёрстка в системе L^AT_EX*, 3-е изд., испр. и доп. — М., МЦНМО, 2003. Доступны исходные тексты этой книги.
- [7] D. E. Knuth. *The T_EXbook.* — Addison-Wesley, 1984. Русский перевод: Дональд Е. Кнут. *Все про T_EX.* — Протвино, РДТ_EX, 1993.
- [8] https://home.mephi.ru/files/2077/material_ici_toc.zip/index.html — Описание проекта «Стековый компилятор формул» Е.А. Роганов
- [9] <http://ruby-doc.org/> — Документация языка Ruby