

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №1

по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»

Тема: «Расчет метрических характеристик качества разработки по метрикам Холстеда»

Студент гр. 6304

Некрасов Н.А.

Преподаватель

Кирияничков В.А.

Санкт-Петербург

2020

Задание.

Для заданного варианта программы обработки данных, представленной на языке Паскаль, разработать вычислительный алгоритм и варианты программ его реализации на языках программирования Си и Ассемблер. Добиться, чтобы программы на Паскале и Си были работоспособны и давали корректные результаты (это потребуется в дальнейшем при проведении с ними измерительных экспериментов). Для получения ассемблерного представления программы можно либо самостоятельно написать код на ассемблере, реализующий заданный алгоритм, либо установить опцию "Codegeneration/Generateassemblersource" при компиляции текста программы, представленной на языке Си. Во втором случае в ассемблерном представлении программы нужно удалить директивы описаний и отладочные директивы, оставив только исполняемые операторы.

Для каждой из разработанных программ (включая исходную программу на Паскале) определить следующие метрические характеристики (по Холстеду):

1. Измеримые характеристики программ:

- число простых(отдельных)операторов, в данной реализации;
- число простых (отдельных) операндов, в данной реализации;
- общее число всех операторов в данной реализации;
- общее число всех операндов в данной реализации;
- число вхождений j -го оператора в тексте программы;
- число вхождений j -го операнда в тексте программы;
- словарь программы;
- длину программы.

2. Расчетные характеристики программы:

- длину программы;
- реальный, потенциальный и граничный объемы программы;
- уровень программы;

- интеллектуальное содержание программы;
- работу программиста;
- время программирования;
- уровень используемого языка программирования;
- ожидаемое число ошибок в программе.

Для каждой характеристики следует рассчитать, как саму характеристику, так и ее оценку.

Расчет характеристик программ и их оценок выполнить двумя способами:

1) вручную (с калькулятором) или с помощью одного из доступных средств математических вычислений EXCEL, MATHCAD или MATLAB.

2) с помощью программы автоматизации расчета метрик Холстеда (для С-и Паскаль-версий программ), краткая инструкция по работе, с которой приведена в файле `user_guide`.

Для варианта расчета с использованием программы автоматизации желательно провести анализ влияния учета тех или иных групп операторов исследуемой программы на вычисляемые характеристики за счет задания разных ключей запуска.

При настройке параметров (ключей) запуска программы автоматизации следует задать корректное значение числа внешних связей анализируемой программы (по умолчанию задается 5), совпадающее с используемым при ручном расчете.

Результаты расчетов представить в виде сводных таблиц с текстовыми комментариями.

Расчет метрик вручную

Программа на языке Паскаль, С и Assembler представлены в приложениях А, Б и В, соответственно.

В таблицах 1-3 представлены результаты подсчета числа типов операторов и операндов в программах на языке Паскаль, С и Assembler.

Таблица 1 – Количество операторов и операндов в программе на языке Паскаль

| №. | О п е р а т о р | Ч и с л о в х о ж д е н и й | №. | О п е р а н д | Ч и с л о в х о ж д е н и й |
|----|--------------------|-----------------------------------|----|------------------|-----------------------------------|
| 1 | ; | 12 | 1 | 5 | 1 |
| 2 | begin... end | 3 | 2 | l | 6 |
| 3 | := | 9 | 3 | J | 6 |
| 4 | for...to...do | 1 | 4 | K | 4 |
| 5 | if...then | 1 | 5 | Y | 5 |
| 6 | () | 1 | 6 | abc | 1 |
| 7 | + | 1 | 7 | size | 1 |
| 8 | [] | 8 | 8 | 5 | 1 |
| 9 | < | 1 | 9 | 123 | 1 |
| 10 | - | 2 | 10 | 4326 | 1 |
| 11 | integer | 2 | 11 | 1 | 4 |
| 12 | program | 1 | 12 | 4 | 1 |
| 13 | var | 1 | 13 | 2 | 1 |
| 14 | array .. of | 1 | 14 | arr | 1 |

Таблица 2 – Количество операторов и операндов в программе на языке Си

| №. | О п е р а т о р | Ч и с л о в х о ж д е н и й | №. | О п е р а н д | Ч и с л о в х о ж д е н и й |
|----|--------------------|-----------------------------------|----|------------------|-----------------------------------|
| 1 | () | 4 | 1 | 0 | 3 |
| 2 | + | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 3 | ++ | 3 | 3 | CURR | 2 |
| 4 | , | 7 | 4 | MAX | 1 |
| 5 | - | 1 | 5 | NULL | 1 |
| 6 | < | 3 | 6 | array | 10 |
| 7 | = | 9 | 7 | c | 1 |
| 8 | > | 1 | 8 | d | 1 |
| 9 | [] | 7 | 9 | i | 11 |
| 10 | _[] | 2 | 10 | j | 5 |
| 11 | for | 3 | 11 | maxIndex | 5 |

| | | | | | |
|----|---------------|---|----|----------|---|
| 12 | if | 1 | 12 | n | 1 |
| 13 | main | 1 | 13 | position | 1 |
| 14 | rand | 1 | 14 | size | 3 |
| 15 | return | 1 | 15 | t | 1 |
| 16 | selectionSort | 2 | 16 | tmp | 2 |
| 17 | srand | 1 | | | |
| 18 | time | 1 | | | |

Таблица 3 – Количество операторов и операндов в программе на языке Ассемблер

| №. | О п е р а т о р | Ч и с л о в х о ж д е н и й | №. | О п е р а н д | Ч и с л о в х о ж д е н и й |
|----|-----------------|-----------------------------------|----|------------------|-----------------------------------|
| 1 | __main | 2 | 1 | \$0 | 4 |
| 2 | __chkstk_ms | 1 | 2 | \$1 | 5 |
| 3 | addl | 4 | 3 | \$16 | 2 |
| 4 | addq | 8 | 4 | \$19472 | 2 |
| 5 | call | 6 | 5 | \$4 | 1 |
| 6 | cltq | 7 | 6 | \$5 | 1 |
| 7 | cmpl | 4 | 7 | %eax | 27 |
| 8 | jl | 2 | 8 | %ecx | 2 |
| 9 | jle | 2 | 9 | %edx | 10 |
| 10 | jmp | 3 | 10 | %rax | 22 |
| 11 | leaq | 8 | 11 | %rbp | 6 |
| 12 | main | 3 | 12 | %rcx | 6 |
| 13 | movl | 33 | 13 | %rdx | 8 |
| 14 | movq | 9 | 14 | %rsp | 5 |
| 15 | nop | 1 | 15 | (%rax) | 5 |
| 16 | popq | 2 | 16 | (%rdx) | 1 |
| 17 | pushq | 2 | 17 | -12(%rbp) | 5 |
| 18 | ret | 2 | 18 | -16(%rbp) | 2 |
| 19 | selectionSort | 5 | 19 | -4(%rbp) | 7 |
| 20 | srand | 2 | 20 | -8(%rbp) | 5 |
| 21 | subl | 1 | 21 | -96(%rbp) | 1 |
| 22 | subq | 2 | 22 | -96(%rbp,%rax,4) | 1 |
| 23 | time | 2 | 23 | 0(,%rax,4) | 6 |
| | | | 24 | 128(%rsp) | 1 |
| | | | 25 | 16(%rbp) | 7 |
| | | | 26 | 19340(%rbp) | 4 |
| | | | 27 | 24(%rbp) | 3 |

В таблице 4 представлены сводные результаты расчетных характеристик вручную.

Таблица 4 – Результаты расчетных характеристик вручную

| | Паскаль | Си | Ассемблер |
|-----------------------------------------|----------------|-----------|------------------|
| Число уникальных операторов (n1): | 14 | 18 | 23 |
| Число уникальных операндов (n2): | 14 | 16 | 27 |
| Общее число операторов (N1): | 44 | 49 | 111 |
| Общее число операндов (N2): | 50 | 50 | 149 |
| Алфавит (n): | 28 | 34 | 50 |
| Экспериментальная длина программы (Nэ): | 94 | 99 | 260 |
| Теоретическая длина программы (Nт): | 76.6 | 139.06 | 232.4239 |
| Объем программы (V): | 312.1 | 503.66 | 1467.403 |
| Потенциальный объем (V*): | 19.6 | 19.65 | 15.50978 |
| Уровень программы (L): | 0.06 | 0.04 | 0.01057 |
| Сложность программы (S): | 62.5 | 76.9 | 94.61147 |
| Ожидание уровня программы (L^): | 0.067 | 0.04 | 0.015757 |
| Интеллект программы (I): | 20.9 | 17.9 | 23.12219 |
| Работа по программированию (E): | 4958.61 | 12908.6 | 138833.1 |
| Время кодирования (T): | 275.4 | 717.142 | 13883.31 |
| Ожидание времени кодирования (T^): | 282.6 | 1105.4 | 9312.572 |
| Уровень языка программирования (Lam): | 1.2 | 0.76 | 0.163931 |
| Уровень ошибок (B): | 0.09 | 0.18 | 0.489134 |

Расчет метрик с помощью программы автоматизации

Для программы на Паскале:

Statistics for module output.lxm

```
=====
The number of different operators      : 9
The number of different operands      : 13
The total number of operators         : 27
The total number of operands         : 43

Dictionary                            ( D) : 22
Length                               ( N) : 70
Length estimation                     ( ^N) : 76.635
Volume                               ( V) : 312.16
Potential volume                     ( *V) : 19.6515
Limit volume                         (**V) : 38.2071
Programming level                    ( L) : 0.0629532
Programming level estimation          ( ^L) : 0.0671835
Intellect                           ( I) : 20.972
Time of programming                  ( T) : 275.478
Time estimation                      ( ^T) : 282.6
Programming language level           (lambda) : 1.23712
Work on programming                  ( E) : 4958.61
Error                               ( B) : 0.0969286
Error estimation                     ( ^B) : 0.104053
```

Table:

=====

Operators:

| | | |
|---|---|---------|
| 1 | 5 | () |
| 2 | 1 | + |
| 3 | 2 | - |
| 4 | 1 | < |
| 5 | 8 | = |
| 6 | 6 | [] |
| 7 | 2 | for |
| 8 | 1 | if |
| 9 | 1 | program |

Operands:

| | | |
|----|---|------|
| 1 | 5 | 1 |
| 2 | 1 | 123 |
| 3 | 1 | 2 |
| 4 | 1 | 4 |
| 5 | 1 | 4326 |
| 6 | 2 | 5 |
| 7 | 5 | I |
| 8 | 5 | J |
| 9 | 4 | K |
| 10 | 5 | Y |
| 11 | 1 | abc |
| 12 | 8 | arr |
| 13 | 4 | size |

Для программы на Си:

Statistics for module output.lxm

=====

| | |
|-----------------------------------|------|
| The number of different operators | : 18 |
| The number of different operands | : 16 |
| The total number of operators | : 49 |
| The total number of operands | : 50 |

| | | |
|------------------------------|----------|-------------|
| Dictionary | (D) | : 34 |
| Length | (N) | : 99 |
| Length estimation | (^N) | : 139.059 |
| Volume | (V) | : 503.659 |
| Potential volume | (*V) | : 19.6515 |
| Limit volume | (**V) | : 38.2071 |
| Programming level | (L) | : 0.0390175 |
| Programming level estimation | (^L) | : 0.0355556 |
| Intellect | (I) | : 17.9079 |
| Time of programming | (T) | : 717.142 |
| Time estimation | (^T) | : 1105.4 |
| Programming language level | (lambda) | : 0.766751 |
| Work on programming | (E) | : 12908.6 |
| Error | (B) | : 0.183427 |
| Error estimation | (^B) | : 0.167886 |

Table:

=====

Operators:

| | | | | | |
|--|----|--|---|--|---------------|
| | 1 | | 4 | | () |
| | 2 | | 1 | | + |
| | 3 | | 3 | | ++ |
| | 4 | | 7 | | , |
| | 5 | | 1 | | - |
| | 6 | | 3 | | < |
| | 7 | | 9 | | = |
| | 8 | | 1 | | > |
| | 9 | | 7 | | [] |
| | 10 | | 2 | | _[] |
| | 11 | | 3 | | for |
| | 12 | | 1 | | if |
| | 13 | | 1 | | main |
| | 14 | | 1 | | rand |
| | 15 | | 1 | | return |
| | 16 | | 2 | | selectionSort |
| | 17 | | 1 | | srand |
| | 18 | | 1 | | time |

Operands:

| | | | | | |
|--|----|--|----|--|----------|
| | 1 | | 3 | | 0 |
| | 2 | | 2 | | 1 |
| | 3 | | 2 | | CURR |
| | 4 | | 1 | | MAX |
| | 5 | | 1 | | NULL |
| | 6 | | 10 | | array |
| | 7 | | 1 | | c |
| | 8 | | 1 | | d |
| | 9 | | 11 | | i |
| | 10 | | 5 | | j |
| | 11 | | 5 | | maxIndex |
| | 12 | | 1 | | n |
| | 13 | | 1 | | position |
| | 14 | | 3 | | size |
| | 15 | | 1 | | t |
| | 16 | | 2 | | tmp |

Вывод

Метрические характеристики программ, написанных на языках Си и Паскаль, выглядят похожим образом, так как имеют схожую структуру. Характеристики программы, написанной на языке Ассемблер, сильно отличаются. Это связано с тем, что язык Ассемблер является языком низкого уровня.

Все характеристики были посчитаны вручную и автоматически. Различия между методами присутствует из-за того, что программа считает не только функциональную часть, но и объявления типов, переменных и функций.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. КОД ПРОГРАММЫ НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ

```
program abc;
var arr: array [1..5] of integer;
    I,
    J,
    K,
    Y,
    size : integer;

begin
    size := 5;
    arr := [123, 4326, 1, 4, -2];
    for I := 1 to size - 1 do
        begin
            K := I;
            Y := arr[I];
            for J := (I + 1) to size do
                if (arr[J] < Y) then
                    begin
                        K := J;
                        Y := arr[J]
                    end;
            arr[K] := arr[J];
            arr[I] := Y;
        end;
    end.
end.
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПРОГРАММА НА ЯЗЫКЕ СИ

```
#include <stdio.h>
#include <time.h>
#include <stdlib.h>

#define MAX 4859
#define CURR 5

void selectionSort(int array[], int size) {
    for (int i = 0; i < size - 1; i++) {
        int maxIndex = i;
        for (int j = i + 1; j < size; j++) {
            if (array[j] > array[maxIndex])
                maxIndex = j;
        }
        int tmp = array[i];
        array[i] = array[maxIndex];
        array[maxIndex] = tmp;
    }
}

int main()
{
    srand(time(NULL));
    int array[MAX], n, c, d, position, t;

    for(int i = 0; i < CURR; ++i)
        array[i] = rand();
    selectionSort(array, CURR);

    return 0;
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ В. ПРОГРАММА НА ЯЗЫКЕ АССЕМБЛЕР

```
.file      "one.c"
.text
.globl     selectionSort
.def selectionSort; .scl 2;  .type      32;  .endef
.seh_proc  selectionSort
selectionSort:
    pushq   %rbp
    .seh_pushreg %rbp
    movq    %rsp, %rbp
    .seh_setframe %rbp, 0
    subq    $16, %rsp
    .seh_stackalloc 16
    .seh_endprologue
    movq    %rcx, 16(%rbp)
    movl    %edx, 24(%rbp)
    movl    $0, -4(%rbp)
    jmp     .L2
.L6:
    movl    -4(%rbp), %eax
    movl    %eax, -8(%rbp)
    movl    -4(%rbp), %eax
    addl    $1, %eax
    movl    %eax, -12(%rbp)
    jmp     .L3
.L5:
    movl    -12(%rbp), %eax
    cltq
    leaq    0(,%rax,4), %rdx
    movq    16(%rbp), %rax
    addq    %rdx, %rax
    movl    (%rax), %edx
    movl    -8(%rbp), %eax
    cltq
    leaq    0(,%rax,4), %rcx
    movq    16(%rbp), %rax
    addq    %rcx, %rax
    movl    (%rax), %eax
    cmpl    %eax, %edx
    jle     .L4
    movl    -12(%rbp), %eax
    movl    %eax, -8(%rbp)
.L4:
    addl    $1, -12(%rbp)
.L3:
    movl    -12(%rbp), %eax
    cmpl    24(%rbp), %eax
    jl      .L5
    movl    -4(%rbp), %eax
```

```

    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rdx
    movq 16(%rbp), %rax
    addq %rdx, %rax
    movl (%rax), %eax
    movl %eax, -16(%rbp)
    movl -8(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rdx
    movq 16(%rbp), %rax
    addq %rax, %rdx
    movl -4(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rcx
    movq 16(%rbp), %rax
    addq %rcx, %rax
    movl (%rdx), %edx
    movl %edx, (%rax)
    movl -8(%rbp), %eax
    cltq
    leaq 0(,%rax,4), %rdx
    movq 16(%rbp), %rax
    addq %rdx, %rax
    movl -16(%rbp), %edx
    movl %edx, (%rax)
    addl $1, -4(%rbp)
.L2:
    movl 24(%rbp), %eax
    subl $1, %eax
    cmpl %eax, -4(%rbp)
    jl   .L6
    nop
    addq $16, %rsp
    popq %rbp
    ret
.seh_endproc
.def __main;    .scl 2;    .type      32;    .endef
.globl  main
.def main;      .scl 2;    .type      32;    .endef
.seh_proc main
main:
    pushq    %rbp
    .seh_pushreg    %rbp
    movl $19472, %eax
    call ____chkstk_ms
    subq %rax, %rsp
    .seh_stackalloc    19472
    leaq 128(%rsp), %rbp
    .seh_setframe    %rbp, 128
    .seh_endprologue

```

```

    call __main
    movl $0, %ecx
    call time
    movl %eax, %ecx
    call srand
    movl $0, 19340(%rbp)
    jmp .L8
.L9:
    call rand
    movl %eax, %edx
    movl 19340(%rbp), %eax
    cltq
    movl %edx, -96(%rbp,%rax,4)
    addl $1, 19340(%rbp)
.L8:
    cmpl $4, 19340(%rbp)
    jle .L9
    leaq -96(%rbp), %rax
    movl $5, %edx
    movq %rax, %rcx
    call selectionSort
    movl $0, %eax
    addq $19472, %rsp
    popq %rbp
    ret
.seh_endproc
.ident      "GCC: (x86_64-posix-sjlj-rev0, Built by MinGW-W64
project) 8.1.0"
.def time;      .scl 2;      .type      32;      .endef
.def srand;     .scl 2;     .type      32;      .endef
.def rand;      .scl 2;      .type      32;      .endef

```