**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 программ по метрикам Холстеда

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент гр. 7304 |  | Сергеев И.Д. |
| Преподаватель |  | Ефремов М.А. |

Санкт-Петербург

2021

**Цель работы.**

Изучение метрик Холстеда на примере расчёта метрических характеристик качества алгоритма, реализованного на языках Паскаль, Си и Ассемблер.

**Постановка задачи.**

1. Для заданного варианта программы обработки данных, представленной на языке Паскаль, разработать вычислительный алгоритм и также варианты программ его реализации на языках программирования Си и Ассемблер.
2. Для каждой из разработанных программ (включая исходную программу на Паскале) определить следующие метрические характеристики (по Холстеду):

Измеримые характеристики программ:

* 1. число простых(отдельных)операторов, в данной реализации;
  2. число простых (отдельных) операндов, в данной реализации;
  3. общее число всех операторов в данной реализации;
  4. общее число всех операндов в данной реализации;
  5. число вхождений j-го оператора в тексте программы;
  6. число вхождений j-го операнда в тексте программы;
  7. словарь программы;
  8. длину программы.

Расчетные характеристики программы:

1. длину программы;
2. реальный и потенциальный объемы программы;
3. уровень программы;
4. интеллектуальное содержание программы;
5. работу программиста;
6. время программирования;
7. уровень используемого языка программирования;
8. ожидаемое число ошибок в программе.
9. Для характеристик «длина программы», «уровень программы», «время программирования» следует рассчитать, как саму характеристику, так и ее оценку.

**Ход выполнения.**

1. Был выбран вариант №15 «Приближенная линеаризация опытных данных (вар.2).». Программа на Паскале расположена в файле program.pas.
2. Выбранная программа на языке Паскаль была переписана на язык программирования Си и помещена в файл program.c. После этого программа на Си была ретранслирована на язык Ассемблер с помощью команды gcc –S –o program.asm program.c компилятора языка Си. Код на Ассемблере расположен в файле program.asm.
3. Для программы, написанной на Паскале, были вручную определены измеримые характеристики и вычислены расчётные характеристики по Холстеду. Измеримые характеристики приведены на таблице 1, расчётные характеристики – на таблице 2:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оператор** | **Количество** | **Операнд** | **Количество** |
| ; | 45 | n (main) | 3 |
| := | 31 | x\_array | 1 |
| + | 6 | y\_array | 1 |
| - | 7 | result\_array | 1 |
| \* | 13 | a (main) | 2 |
| / | 10 | b (main) | 2 |
| () или begin … end | 4 | i (main) | 2 |
| [] | 7 | max | 1 |
| for … do | 3 | i (linfit2) | 6 |
| random | 1 | a (linfit2) | 2 |
| procedure linfit2 | 1 | b (linfit2) | 2 |
| randomize | 1 | n (linfit2) | 6 |
| linfit2 | 1 | sum\_x | 8 |
| sqrt | 4 | sum\_y | 8 |
|  |  | sum\_xy | 6 |
|  |  | sum\_x2 | 6 |
|  |  | sum\_y2 | 5 |
|  |  | sxx | 5 |
|  |  | sxy | 3 |
|  |  | syy | 2 |
|  |  | xi | 5 |
|  |  | yi | 5 |
|  |  | correl\_coef | 2 |
|  |  | see | 3 |
|  |  | sigma\_b | 3 |
|  |  | sigma\_a | 2 |
|  |  | 80 | 1 |
|  |  | 0 | 5 |
|  |  | 1 | 4 |
|  |  | 2 | 1 |
|  |  | 100 | 1 |
|  |  | x | 2 |
|  |  | y | 1 |
|  |  | y\_calc | 1 |
| **Число операторов** | 14 | **Число операндов** | 29 |
| **Общее количество операторов** | 134 | **Общее количество операндов** | 108 |
| **Словарь** | 43 | **Длина** | 242 |

Таблица 1: Измеримые характеристики программы (Ручной расчёт, Паскаль)

|  |  |
| --- | --- |
| **Характеристика** | **Значение** |
| Оценка длины программы | 194,18 |
| Реальный объём программы | 1313,092 |
| Потенциальный объём программы | 28,53 |
| Уровень программы | 0,022 |
| Оценка уровня программы | 0,041 |
| Интеллектуальное содержание программы | 53,84 |
| Работа программиста | 60 435 |
| Время программирования | 6043,5 |
| Уровень используемого языка программирования | 0,62 |
| Ожидаемое число ошибок в программе | 1,3 |

Таблица 2: Расчётные характеристики программы (Ручной расчёт, Паскаль)

При расчётах коэффициент Страуда брался равным 10, а η2\* – 7, так как входных параметров 6 (два входных массива и размер массива и a,b) и один выходной параметр с результирующим массивом.

1. Для программы, написанной на Паскале, были программным методом (с помощью parser\_pas.exe и metrics.exe) определены измеримые характеристики и вычислены расчётные характеристики по Холстеду. Измеримые характеристики приведены на таблице 3, расчётные характеристики – на таблице 4:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оператор** | **Количество** | **Операнд** | **Количество** |
| () | 13 | 0.0 | 5 |
| ; | 69 | 1 | 4 |
| + | 6 | 100 | 1 |
| - | 7 | 80 | 1 |
| \* | 13 | a | 5 |
| / | 10 | ary | 1 |
| := | 31 | B | 5 |
| [] | 6 | i | 9 |
| for | 3 | linfit | 1 |
| type | 1 | max | 3 |
| program | 1 | n | 11 |
| randomize | 1 | Result\_array | 2 |
| linfit2 | 2 | Sum\_x | 8 |
| const | 1 | Sum\_x2 | 6 |
| random | 1 | Sum\_xy | 6 |
| sqrt | 4 | Sum\_y2 | 5 |
|  |  | sxx | Syy |
|  |  | sigma\_a | 3 |
|  |  | sigma\_b | 4 |
|  |  | see | 4 |
|  |  | correl\_coef | 3 |
|  |  | 2 | 1 |
|  |  | X | 3 |
|  |  | X\_array | 3 |
|  |  | xi | 6 |
|  |  | y | 2 |
|  |  | Y\_array | 3 |
|  |  | Y\_calc | 2 |
|  |  | yi | 6 |
| **Число операторов** | 20 | **Число операндов** | 32 |
| **Общее количество операторов** | 180 | **Общее количество операндов** | 146 |
| **Словарь** | 52 | **Длина** | 326 |

Таблица 3: Измеримые характеристики программы (Программный расчёт, Паскаль)

|  |  |
| --- | --- |
| **Характеристика** | **Значение** |
| Оценка длины программы | 230.537 |
| Реальный объём программы | 1610.38 |
| Потенциальный объём программы | 17.61 |
| Уровень программы | 0.011 |
| Оценка уровня программы | 0.016 |
| Интеллектуальное содержание программы | 35.02 |
| Работа программиста | 150503 |
| Время программирования | 8150.15 |
| Уровень используемого языка программирования | 0.18 |
| Ожидаемое число ошибок в программе | 1 |

Таблица 4: Расчётные характеристики программы (Программный расчёт, Паскаль)

1. Для программы, написанной на Си, были вручную определены измеримые характеристики и вычислены расчётные характеристики по Холстеду. Измеримые характеристики приведены на таблице 5, расчётные характеристики – на таблице 6:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оператор** | **Число** | **Операнд** | **Число** |
| void linfit2 | 1 | x\_array | 2 |
| ; | 37 | y\_array | 2 |
| = | 23 | result\_array | 1 |
| < | 3 | a (main) | 1 |
| + | 3 | b (main) | 1 |
| - | 7 | n (main) | 2 |
| \* (mult) | 13 | i (main) | 7 |
| \* (pointer) | 7 | x | 2 |
| / | 10 | y | 1 |
| & | 2 | a (linfit2) | 3 |
| += | 5 | b (linfit2) | 3 |
| () или {} | 9 | n (linfit2) | 8 |
| ++ | 3 | i (linfit2) | 10 |
| [] | 10 | result | 1 |
| srand | 1 | sum\_x | 6 |
| time | 1 | sum\_y | 7 |
| linfit2 | 1 | sum\_xy | 5 |
| % | 1 | sum\_x2 | 3 |
| rand | 1 | sum\_y2 | 3 |
| for … | 3 | sxy | 3 |
| int main | 1 | sxx | 5 |
| sqrt | 4 | syy | 1 |
|  |  | correl\_coef | 2 |
|  |  | see | 3 |
|  |  | sigma\_b | 3 |
|  |  | sigma\_a | 2 |
|  |  | 0 | 5 |
|  |  | 80 | 6 |
|  |  | NULL | 1 |
|  |  | 1 | 1 |
|  |  | 2 | 1 |
|  |  | 100 | 1 |
|  |  | xi | 5 |
|  |  | yi | 5 |
|  |  | 0.0 | 3 |
| **Число операторов** | 22 | **Число операндов** | 35 |
| **Общее количество операторов** | 146 | **Общее количество операндов** | 115 |
| **Словарь** | 57 | **Длина** | 261 |

Таблица 5: Измеримые характеристики программы (Ручной расчёт, Си)

|  |  |
| --- | --- |
| **Характеристика** | **Значение** |
| Оценка длины программы | 277,613 |
| Реальный объём программы | 1522,413 |
| Потенциальный объём программы | 17.65 |
| Уровень программы | 0.016 |
| Оценка уровня программы | 0.045 |
| Интеллектуальное содержание программы | 37.03 |
| Работа программиста | 89106.39 |
| Время программирования | 9410.64 |
| Уровень используемого языка программирования | 0.21 |
| Ожидаемое число ошибок в программе | 1 |

Таблица 6: Расчётные характеристики программы (Ручной расчёт, Си)

1. Для программы, написанной на Си, были программным методом (с помощью parser\_с.exe и metrics.exe) определены измеримые характеристики и вычислены расчётные характеристики по Холстеду. Измеримые характеристики приведены на таблице 7, расчётные характеристики – на таблице 8:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оператор** | **Число** | **Операнд** | **Число** |
| % | 1 | 0 | 3 |
| () | 14 | 0.0 | 5 |
| \* | 13 | 1 | 1 |
| + | 3 | 100 | 1 |
| ++ | 3 | 80 | 6 |
| += | 5 | NULL | 1 |
| , | 20 | a | 5 |
| - | 7 | b | 5 |
| / | 10 | i | 18 |
| ; | 45 | n | 10 |
| < | 3 | result | 2 |
| = | 23 | Result\_array | 2 |
| [] | 5 | Sum\_x | 6 |
| \_& | 2 | Sum\_x2 | 4 |
| \_\* | 7 | Sum\_xy | 4 |
| \_[] | 5 | Sum\_y | 6 |
| \_\_\* | 3 | Sum\_y2 | 3 |
| for | 3 | sxx | 4 |
| Linfit2 | 2 | sxy | 3 |
| main | 1 | syy | 2 |
| rand | 1 | correl\_coef | 2 |
| srand | 1 | sigma\_a | 2 |
| time | 1 | sigma\_b | 3 |
| sqrt | 4 | see | 3 |
|  |  | 2 | 1 |
|  |  | x | 3 |
|  |  | X\_array | 3 |
|  |  | xi | 6 |
|  |  | y | 2 |
|  |  | Y\_array | 3 |
|  |  | yi | 6 |
| **Число операторов** | 27 | **Число операндов** | 31 |
| **Общее количество операторов** | 202 | **Общее количество операндов** | 137 |
| **Словарь** | 58 | **Длина** | 339 |

Таблица 7: Измеримые характеристики программы (Программный расчёт, Си)

|  |  |
| --- | --- |
| **Характеристика** | **Значение** |
| Оценка длины программы | 281.962 |
| Реальный объём программы | 1985.86 |
| Потенциальный объём программы | 28,53 |
| Уровень программы | 0,01436657166 |
| Оценка уровня программы | 0,01271485754 |
| Интеллектуальное содержание программы | 25,25 |
| Работа программиста | 138227 |
| Время программирования | 13822.7 |
| Уровень используемого языка программирования | 0,409 |
| Ожидаемое число ошибок в программе | 2 |

Таблица 8: Расчётные характеристики программы (Программный расчёт, Си)

1. Для программы, написанной на Ассемблере, были вручную определены измеримые характеристики и вычислены расчётные характеристики по Холстеду. Измеримые характеристики приведены на таблице 9, расчётные характеристики – на таблице 10:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оператор** | **Число** | **Операнд** | **Число** |
| pushq | 2 | %rbp | 4 |
| movq | 26 | %rsp | 4 |
| movl | 27 | -136(%rbp) | 2 |
| subq | 2 | -144(%rbp) | 2 |
| pxor | 13 | -152(%rbp) | 2 |
| movsd | 53 | -160(%rbp) | 4 |
| Jmp l2 | 2 | -168(%rbp) | 4 |
| leaq | 9 | -172(%rbp) | 9 |
| addq | 4 | -112(%rbp) | 7 |
| addsd | 6 | -104(%rbp) | 8 |
| mullsd | 13 | -96(%rbp) | 6 |
| addl | 4 | -88(%rbp) | 6 |
| cmpl | 3 | -80(%rbp) | 5 |
| jl L3 | 1 | -72(%rbp) | 5 |
| cvtsi2sd | 8 | -64(%rbp) | 5 |
| divsd | 10 | -56(%rbp) | 5 |
| subsd | 6 | -48(%rbp) | 3 |
| movapd | 7 | -40(%rbp) | 2 |
| Call sqrt | 4 | -32(%rbp) | 1 |
| jmp L4 | 1 | -24(%rbp) | 2 |
| jl L5 | 1 | -16(%rbp) | 2 |
| nop | 1 | -8(%rbp) | 3 |
| leave | 2 | $192 | 1 |
| ret | 2 | %rdi | 4 |
| xorl | 1 | %rsi | 4 |
| call \_\_stack\_chk\_fail | 1 | %rdx | 9 |
| call \_time | 1 | %rcx | 4 |
| call \_srand | 1 | %ecx | 7 |
| jmp L7 | 1 | %r8 | 4 |
| call \_rand | 1 | %r9d | 2 |
| Call linfit2 | 1 | %xmm0 | 101 |
|  |  | $0 | 5 |
|  |  | %eax | 33 |
|  |  | 0(,%rax,8) | 4 |
|  |  | %rax | 30 |
|  |  | %xmm1 | 52 |
|  |  | $1 | 4 |
|  |  | $0 | 4 |
|  |  | $1968 | 1 |
|  |  | %fs:40 | 2 |
|  |  | $80 | 2 |
|  |  | %edi | 2 |
|  |  | -1936(%rbp,%rax,8) | 1 |
|  |  | $1374389535 | 1 |
|  |  | $5 | 1 |
|  |  | $31 | 1 |
|  |  | $100 | 1 |
|  |  | %r8d | 2 |
|  |  | -1956(%rbp) | 3 |
|  |  | -1944(%rbp) | 1 |
|  |  | -1952(%rbp) | 1 |
|  |  | -656(%rbp) | 1 |
|  |  | -1296(%rbp) | 1 |
|  |  | -1936(%rbp) | 1 |
|  |  | -1960(%rbp) | 6 |
| **Число операторов** | 31 | **Число операндов** | 55 |
| **Общее количество операторов** | 214 | **Общее количество операндов** | 387 |
| **Словарь** | 86 | **Длина** | 601 |

Таблица 9: Измеримые характеристики программы (Ручной расчёт, Ассемблер)

|  |  |
| --- | --- |
| **Характеристика** | **Значение** |
| Оценка длины программы | 426,044 |
| Реальный объём программы | 3862,026 |
| Потенциальный объём программы | 15.51 |
| Уровень программы | 0,004 |
| Оценка уровня программы | 0,0029 |
| Интеллектуальное содержание программы | 11,199 |
| Работа программиста | 961653,4 |
| Время программирования | 96165,34 |
| Уровень используемого языка программирования | 0,062 |
| Ожидаемое число ошибок в программе | 3,88 |

Таблица 10: Расчётные характеристики программы (Ручной расчёт, Ассемблер)

1. На Таблице 11 приведена сводная характеристика расчётов для трёх языков (Паскаль, Си, Ассемблер):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Паскаль** | **Си** | **Ассемблер** |
| Число операторов | 20 | 27 | 31 |
| Число операндов | 32 | 31 | 55 |
| Общее кол-во операторов | 180 | 202 | 214 |
| Общее кол-во операндов | 146 | 137 | 387 |
| Словарь | 52 | 58 | 86 |
| Длина программы | 326 | 339 | 396 |
| Оценка длины программы | 246.439 | 281.962 | 426,044 |
| Реальный объём программы | 1858.34 | 1985.86 | 3862,026 |
| Потенциальный объём программы | 19.6515 | 19.6515 | 15.51 |
| Уровень программы | 0.0105747 | 0.00989573 | 0,004 |
| Оценка уровня программы | 0.0219178 | 0.0167613 | 0,0029 |
| Интеллектуальное содержание программы | 40.7308 | 33.2855 | 11,199 |
| Работа программиста | 175734 | 200678 | 961653,4 |
| Время программирования | 9763.02 | 11148.8 | 96165,34 |
| Уровень используемого языка программирования | 0.25 | 0.194466 | 0,062 |
| Ожидаемое число ошибок в программе | 0.619448 | 0.661952 | 3,88 |

Таблица 11: Сводная таблица расчётов по трём языкам

**Выводы.**

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены метрики Холстеда и по ним были оценены программы, выполняющие одно и то же, но реализованные на трёх разных языках, а именно Паскаль, Си и Ассемблер. Программы, написанные на Паскале и Ассемблере, с точки зрения характеристик Холстеда примерного одного качества, в то время как программа на Ассемблере сильно отличается, что можно объяснить его низким уровнем.

Помимо этого, для программ на Паскале и Си были произведены измерения как вручную, так и с помощью специального программного обеспечения, однако оба дали разные результаты. Это можно объяснить тем, что при расчётах программным методом также учитываются объявления типов переменных и функций.