

**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

\_\_\_\_\_

Шарапенков И.И.

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:

- a. число простых(отдельных)операторов, в данной реализации;
- b. число простых (отдельных) операндов, в данной реализации;
- c. общее число всех операторов в данной реализации;
- d. общее число всех операндов в данной реализации;
- e. число вхождений  $j$ -го оператора в тексте программы;
- f. число вхождений  $j$ -го операнда в тексте программы;
- g. словарь программы;
- h. длину программы.

Расчетные характеристики программы:

- a. длину программы;
- b. реальный и потенциальный объемы программы;
- c. уровень программы;
- d. интеллектуальное содержание программы;
- e. работу программиста;
- f. время программирования;
- g. уровень используемого языка программирования;

h. ожидаемое число ошибок в программе.

3. Для характеристик «длина программы», «уровень программы», «время программирования» следует рассчитать, как саму характеристику, так и ее оценку.

#### **Ход выполнения.**

1. Был выбран вариант №18 «Вычисление функции ошибок распределения Гаусса(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 опции «Code generation/Generate assembler source» компилятора языка Си. Код на Ассемблере расположен в файле program.s.
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:

<b>Оператор</b>	<b>Количество</b>	<b>Операнд</b>	<b>Количество</b>
;	21	x (main)	7
:=	24	done (main)	3
+	6	er (main)	4
-	4	ec (main)	4
*	13	sqrtpi (erf)	1
/	5	tol (erf)	1
() или begin ... end	18	x2 (erf)	3
for ... do	1	sum (erf)	5
function erf	1	sum1 (erf)	2
function erfc	1	term (erf)	5
erf	1	x (erf)	4

erfc	1	sqrtpi (erfc)	1
if	3	x2 (erfc)	3
repeat	2	u (erfc)	3
		v (erfc)	3
		i (erfc)	3
		x (erfc)	3
		1.7724538	2
		1.0E-4	1
		0	1
		1	2
		1.0	8
		2.0	4
		12	1
		0.0	3
		1.5	1
<b>Число операторов</b>	14	<b>Число операндов</b>	26
<b>Общее количество операторов</b>	101	<b>Общее количество операндов</b>	78
<b>Словарь</b>	40	<b>Длина</b>	179

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

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Оценка длины программы	175,51
Реальный объём программы	952,63

Потенциальный объем программы	11,61
Уровень программы	0,012
Оценка уровня программы	0,048
Интеллектуальное содержание программы	45,36
Работа программиста	78167,33
Время программирования	7816,73
Уровень используемого языка программирования	0,14
Ожидаемое число ошибок в программе	1

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

При расчётах коэффициент Страуда брался равным 10, а  $\eta_2^*$  – 3, так как входной параметр один -  $x$  и два выходных  $er$  и  $es$ .

4. 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
()	17	' Erf= '	1
*	13	', Erfc= '	1
+	6	'Arg? '	1
-	4	'X= '	1
/	5	0	1
;	50	0.0	3
<	3	1	2
=	28	1.0	8

ClrScr	1	1.0E-4	1
const	2	1.5	1
erf	2	1.7724538	2
erfc	2	12	3
exp	2	2.0	4
for	1	4	1
if	3	8	2
program	1	done	4
readln	1	ec	6
real	2	er	6
repeat	2	erf	1
write	1	erfc	1
writeln	2	erfd3	1
		false	1
		i	7
		sqrtpi	4
		sum	10
		sum1	3
		term	6
		terms	3
		tol	2
		true	1
		u	4
		v	4
		x	17
		x2	8
<b>Число операторов</b>	21	<b>Число операндов</b>	34

<b>Общее количество операторов</b>	148	<b>Общее количество операндов</b>	121
<b>Словарь</b>	55	<b>Длина</b>	269

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

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Оценка длины программы	265.212
Реальный объём программы	1555.19
Потенциальный объём программы	19.6515
Уровень программы	0.0126
Оценка уровня программы	0.0268
Интеллектуальное содержание программы	41.6
Работа программиста	123075
Время программирования	6837.49
Уровень используемого языка программирования	0.25
Ожидаемое число ошибок в программе	1

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

5. 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:

<b>Оператор</b>	<b>Число</b>	<b>Операнд</b>	<b>Число</b>
double erf	1	x (main)	5

;	31	done (main)	3
=	29	er (main)	4
<	2	ec (main)	4
+	6	x (erf)	4
-	4	sqrtpi (erf)	2
* (mult)	13	tol (erf)	2
/	5	x2 (erf)	3
--	5	sum (erf)	5
() или {}	29	term (erf)	5
>=	1	i (erf)	4
exp	2	sqrtpi (erfc)	2
erfc	1	terms (erfc)	3
erf	1	x (erfc)	3
==	1	x2 (erfc)	3
double erf	1	v (erfc)	3
double erfc	1	u (erfc)	3
for ...	1	i (erfc)	4
do ... while	2	sum (erfc)	3
int main	1	1.7724538	2
return	2	1.0E-4	1
!	1	0	1
if	3	1	1
typedef	1	1.0	8
		2.0	4
		0.0	3
		1.5	1
		12	1
		0.0	3



<b>Число операторов</b>	24	<b>Число операндов</b>	29
<b>Общее количество операторов</b>	144	<b>Общее количество операндов</b>	90
<b>Словарь</b>	53	<b>Длина</b>	234

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

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Оценка длины программы	250,92
Реальный объём программы	1340,33
Потенциальный объём программы	11,61
Уровень программы	0,0087
Оценка уровня программы	0,027
Интеллектуальное содержание программы	35,99
Работа программиста	154741,5
Время программирования	15474,15
Уровень используемого языка программирования	0,10
Ожидаемое число ошибок в программе	2

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

6. Для программы, написанной на Си, были программным методом (с помощью parser\_c.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	"%lf"	1
()	16	"Arg? "	1
*	13	"X= %8.4lf Erf= %12.8lf Erfc= %12lf\n"	1
+	6	0	1
,	12	0.0	3
-	2	1	1
--	1	1.0	8
/	5	1.0E-4	1
;	44	1.5	1
<	2	1.7724538	2
=	26	12	1
==	1	2.0	4
>=	1	done	4
_&	1	ec	6
_-	2	er	6
dowhile	2	false	1
erf	2	i	10
erfc	2	sqrtpi	4
exp	2	sum	10
for	1	sum l	3
if	3	term	6
main	1	terms	3
printf	2	tol	2
return	2	true	1
scanf	1	u	4
typedef	1	v	4

		x	18
		x2	8
<b>Число операторов</b>	26	<b>Число операндов</b>	28
<b>Общее количество операторов</b>	152	<b>Общее количество операндов</b>	115
<b>Словарь</b>	54	<b>Длина</b>	267

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

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Оценка длины программы	256.82
Реальный объём программы	1536.55
Потенциальный объём программы	19.65
Уровень программы	0.013
Оценка уровня программы	0.019
Интеллектуальное содержание программы	28.79
Работа программиста	120144
Время программирования	6674.65
Уровень используемого языка программирования	0.25
Ожидаемое число ошибок в программе	1

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

7. 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
movapd	9	xmm3	12
sub	5	xmm0	28
xor	9	rsp	17
mulsd	9	24	6
movsd	21	xmm1	23
inc	1	eax	15
addsd	8	xmm5	6
cvtsi2sd	2	QWORD PTR .LC0[rip]	5
divsd	5	QWORD PTR .LC1[rip]	1
comisd	4	xmm2	21
jnb .L2	1	xmm4	9
xorps	3	XMMWORD PTR .LC2[rip]	2
call exp@PLT	2	QWORD PTR 8[rsp]	6
add	3	QWORD PTR .LC3[rip]	2
ret	3	QWORD PTR .LC4[rip]	1
dec	1	QWORD PTR [rsp]	4
fsubp	3		
jne .L7	1		
lea	3		
jbe .L23	1		
je .L19	1		

call __stack_chk_fail@ PLT	1		
ucomisd	1		
jp .L13	1		
jne .L13	1		
mov	11		
jmp .L15	2		
jbe .L25	1		
call erf	1		
call erfc	1		
jmp .L18	1		
<b>Число операторов</b>	31	<b>Число операндов</b>	16
<b>Общее количество операторов</b>	116	<b>Общее количество операндов</b>	158
<b>Словарь</b>	47	<b>Длина</b>	274

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

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Оценка длины программы	217,58
Реальный объём программы	1521,96
Потенциальный объём программы	11,61
Уровень программы	0,0076
Оценка уровня программы	0,0065
Интеллектуальное содержание программы	9,94
Работа программиста	199519,89

Время программирования	19951,99
Уровень используемого языка программирования	0,089
Ожидаемое число ошибок в программе	2

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

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

<b>Характеристика</b>	<b>Паскаль</b>	<b>Си</b>	<b>Ассемблер</b>
Число операторов	14	24	31
Число операндов	26	29	16
Общее кол-во операторов	101	144	116
Общее кол-во операндов	78	90	158
Словарь	40	53	47
Длина программы	179	234	274
Оценка длины программы	175,51	250,92	217,58
Реальный объём программы	952,63	1340,33	1521,96
Потенциальный объём программы	11,61	11,61	11,61
Уровень программы	0,012	0,0087	0,0076
Оценка уровня программы	0,048	0,027	0,0065

Интеллектуальное содержание программы	45,36	35,99	9,94
Работа программиста	78167,33	154741,5	199519,89
Время программирования	7816,73	15474,15	19951,99
Уровень используемого языка программирования	0,14	0,10	0,089
Ожидаемое число ошибок в программе	1	2	2

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. С точки зрения характеристик Холстеда качества программ плавно понижается. Самая качественная программа на Паскале, менее качественная на Си и еще менее качественная на Ассемблере. Это связано с тем, что Паскаль самый высокоуровневый язык, Си более низкоуровневый, а Ассемблер еще более низкоуровневый.

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.