Izveštaj primene alata za verifikaciju u okviru samostalnog praktičnog projekta na kursu Verifikacija Softvera

Matematički fakultet

Milica Kleut, 1025/2022
milicakleut98@gmail.com

30. januar 2023.

Sažetak

U ovom radu biće dat detaljan prikaz analize projekta koji se nalazi na sledecoj adresi: https://github.com/matf-pp/2021_Podmornice. Projekat je nastao u okviru kursa Programske paradigme a tvorci su Sara Mišić (github nalog: https://github.com/SaraMisic) i Milena Filipović (github nalog: https://github.com/Milena-99). U nastavku biće navedeni svi korišćeni alati, opis i svrha njihovog korišćenja. Takođe biće navedeni svi zaključci koji su doneti. Primena alata će biti izvršena na main grani, nad komitom čiji je hash code sledeći: ec528ce43af9de94bf2fab308ce2d6270584881c.

Sadržaj

```
==11037== HEAP SUMMARY:
==11037==     in use at exit: 3,097,108 bytes in 27,792 blocks
==11037==   total heap usage: 745,402 allocs, 717,610 frees, 49,456,098 bytes allocated
==11037==
==11037== 1 bytes in 1 blocks are still reachable in loss record 1 of 5,805
==11037==    at 0x483B7F3: malloc (in /usr/lib/x86_64-linux-gnu/valgrind/vgpreload_memcheck-amd64-linux.so)
==11037==    by 0x6754E98: g_malloc (in /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libglib-2.0.so.0.6400.6)
==11037==    by 0x676F153: g_strdup (in /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libglib-2.0.so.0.6400.6)
==11037==    by 0xB0233A9: ??? (in /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libgdk-3.so.0.2404.16)
==11037==    by 0x4011B89: call_init.part.0 (dl-init.c:72)
==11037==    by 0x4011C90: call_init (dl-init.c:30)
==11037==    by 0x4011C90: _dl_init (dl-init.c:119)
==11037==    by 0x5D90894: _dl_catch_exception (dl-error-skeleton.c:182)
==11037==    by 0x40160BE: dl_open_worker (dl-open.c:758)
==11037==    by 0x5D90837: _dl_catch_exception (dl-error-skeleton.c:208)
==11037==    by 0x40155F9: _dl_open (dl-open.c:837)
==11037==    by 0x665C34B: dlopen_doit (dlopen.c:66)
==11037==    by 0x5D90837: _dl_catch_exception (dl-error-skeleton.c:208)
```

Slika 1: Memcheck - deo izvrestaja

1 Valgrind

1.1 Memcheck

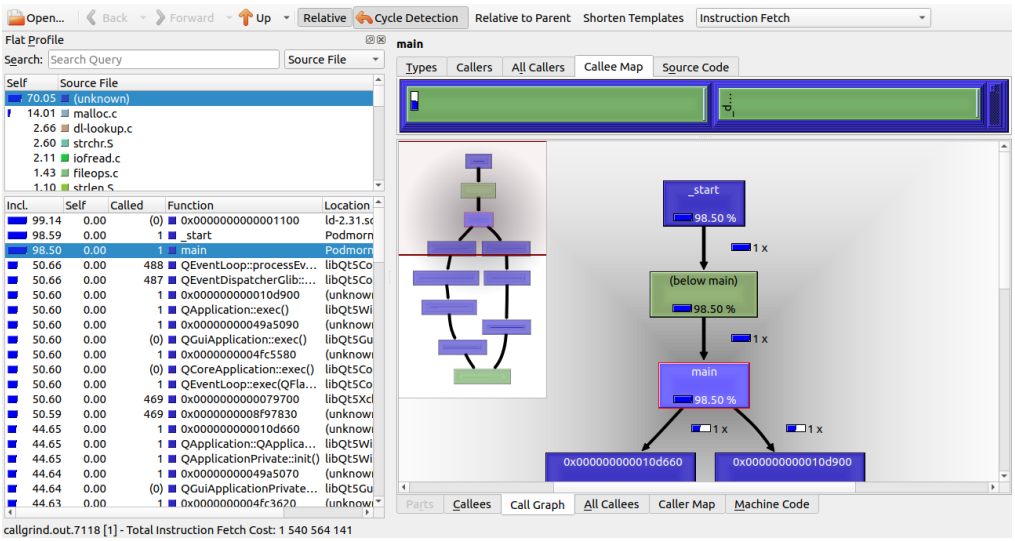
Prvi alat koji je korišćen je valgrind alat memcheck. Motivacija za korišćenje ovog alata je ta što u velikom kodu lako dolazi do curenja memorije. Teško je za veliki kod, kod koga ima mnogo razlicitih objekata, ispratiti na kom je mestu neki objekat kreiran (odnosto ostavljenja memorija za njega) i da li je on pravilno uklonjen i kada, da li je došlo do prekoračenja... To će za nas uraditi memcheck. Kako se koristi?
Prvo je potrebno napraviti izvršni fajl igrice Podmornica. Potrebno je pozicionirati se u direktorijum gde se nalazi igrica i u terminalu ukucati sledeće komande:
$qmake PodmorniceGUI.pro
$make
Nakon ovoga imamo izvršni fajl PodmorniceGUI. Zatim pokrecemo valgrind alat komandom
$ valgrind ./PodmorniceGUI
Podrazumevano se koristi memcheck alat, ali može i stajati naglasešeno da je alat memcheck opcijom $--tool = memcheck$.
Dadatno opcije koje sam ja koristila su:
$--track-origins = yes$
$--show-leak-kinds = all$
$--leak-check = full$
$--log-file = ../../../memCheck/log.txt$
Nakon pokretanja alata kao izlaz smo dobili da postoji curenje memorije. Deo izvestaja memcheck-a prikazan je na slici 1 i 2. Kao što se može primetiti imamo više alociranja nego oslobađanja odakle sledi da je prisutno curenje memorije. Memcheck daje detaljan izveštaj koliko kog tipa curenja memorije je prisutno. Iz izveštaja memchek-a može se zaključiti da gubitak memorije nije greška pogramera. Bajtovi koji su definitivno izgubljeni nisu tačno locirani, ondosno dešavaju se pri pozivu nekih bibliotečkih funkcija. Slično možemo zaključiti i za moguće izgubljenu memoriju (ako pročitamo izveštaj memchek-a).

```
==11037== LEAK SUMMARY:
==11037==    definitely lost: 6,656 bytes in 26 blocks
==11037==    indirectly lost: 2,151 bytes in 101 blocks
==11037==      possibly lost: 4,144 bytes in 28 blocks
==11037==    still reachable: 3,015,045 bytes in 27,070 blocks
==11037==                       of which reachable via heuristic:
==11037==                         length64           : 3,464 bytes in 62 blocks
==11037==                         newarray           : 2,064 bytes in 49 blocks
==11037==         suppressed: 0 bytes in 0 blocks
==11037==
==11037== For lists of detected and suppressed errors, rerun with: -s
==11037== ERROR SUMMARY: 29 errors from 29 contexts (suppressed: 0 from 0)
```

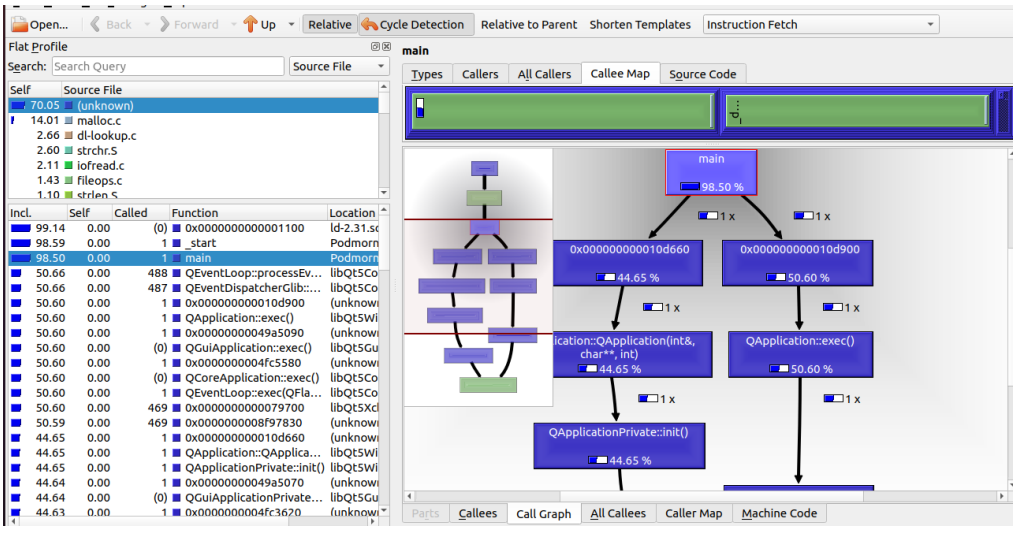
Slika 2: Memcheck - deo izvrestaja

1.2 Callgrind

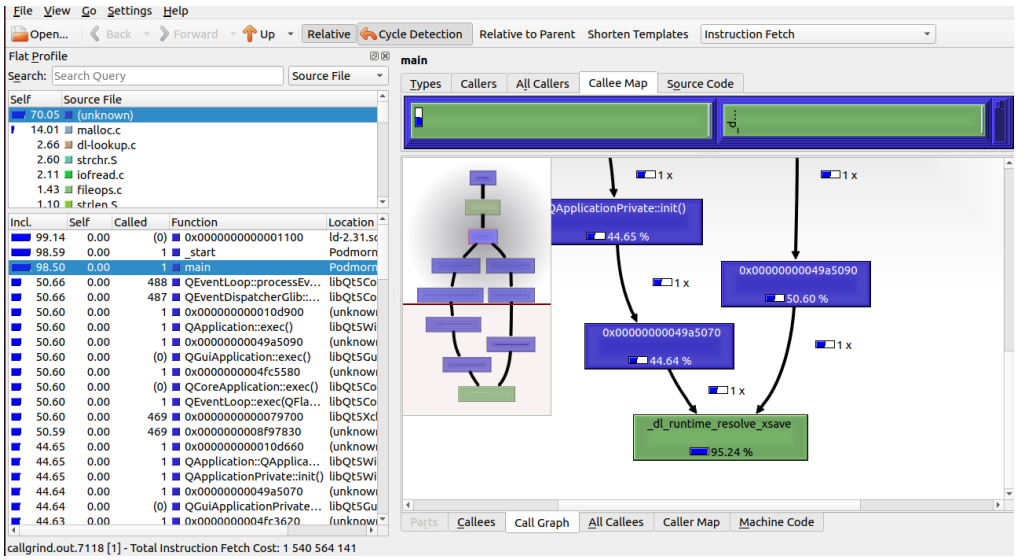
Callgrind je drugi alat koji je korišćen. On je takođe Valgrind alat. On generiše listu poziva funkcija u obliku grafa i računa cene funkcija. Cene funkcija se propagiraju. Sa grafa se lako može uočiti koje funkcije imaju najveću cenu. Za te funkcije treba razmotriti da li se mogu efikasnije implementirati kako bi se smanjila cena njihovog poziva. Prilikom kompilacije programa koji analiziramo nije potrebno gasiti optimizacije. Alat se poziva na sličan način kao i memcheck.
$ valgrind - -tool=callgrind
Mogu se koristiti i dodatne opcije (za ovaj konkretan primer ove opcije nisu korišćene) za analizu keša, praćenje upotebe grana itd. Za grafičku reprezentaciju koristimo KCachegrind. Na slikama 3, 4, 5 i 6 se vidi deo rezultata callgrinda. Kao što se primećuje najviše vremena se troši na neke bibliotečke funkcije na čiju popravku implementacije ne možemo uticati. To su uglavnom funkcije za gui. Funkcije koje su implementirane od strane programera koji su tvorci projekta koji posmatramo imaju mali udeo u odnosnu na celokupno izvršavanje. Dosta funkcija nije ni prikazano jer imaju beznačajan udeo u odnosu na celokupno izvršavanje.



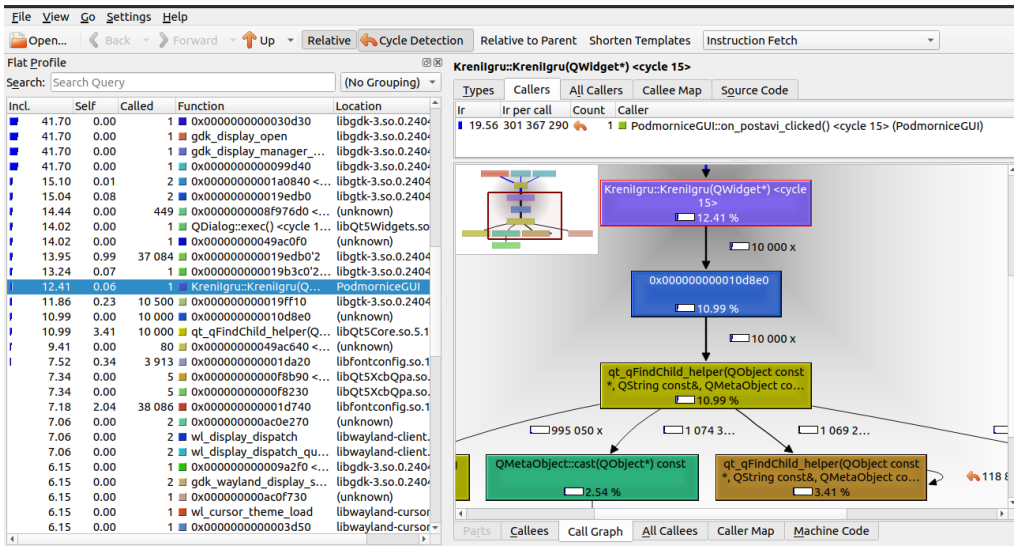
Slika 3: Callgrind



Slika 4: Callgrind



Slika 5: Callgrind



Slika 6: Callgrind

2 LCOV

Uz GCC dolazi alat gcov za analizu pokrivenost izvornog koda i alat za profilisanje izraz-po-izraz. Gcov ne daje previše čitljiv izvestaj pa koristimo lcov. Prilikom kompilacije treba koristiti dodatne opcije kompajlera koje omogućavaju pamćenje koliko je puta koja linija, grana i funkcija izvršena. Ti podaci se čuvaju u datotekama ekstenzije .gcno za svaku datoteku sa izvornim kodom. One će kasnije biti korišćene za kreiranje izveštaja o pokrivenosti koda. Opcije koje se dodaju:
-fprofile-argc
-ftest-coverage
(umesto ove dve mozemo koristiti samo opciju - -coverage)
-O0 (gasenje optimizacija jer one nisu pogodne kada se radi analiza izvornog koda)
Dakle, prvi korak bio je dodavanje odgovrajućih flegova u PodmorniceGUI.pro
$QMAKE\_CXXFLAGS\_RELEASE\_WITH\_DEBUGINFO- = -O0$
$QMAKE\_CXXFLAGS+ = - - coverage$
$QMAKE\_LFLAGS+ = - - coverage$

Nakon izvršavanja programa, informacije o pokrivenosti prilikom izvršavanja će biti u sačuvane u datoteci tipa .gcda , za svaku datoteku sa izvornim kodom. Sada smo dobili odgovarajuće .gcda i .gcno fajlove. Pokrenimo alat lcov da bismo dobili čitljiviju reprezentaciju rezultata:

$ lcov - -rc lcov_branch_coverage=1 -c -d . -o coverage-test.info

Hocemo iz ovog izvrestaja da uklonimo informacije o datotekama čija nas pokrivenost ne zanima. To radimo sledećom komandom:

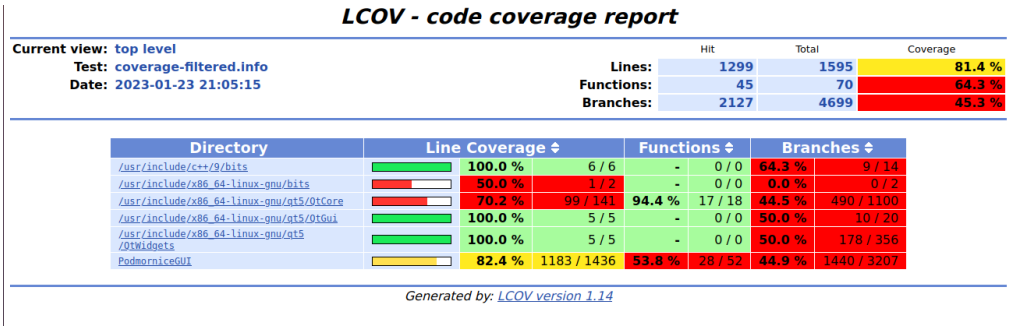
$ lcov - -rc lcov_branch_coverage=1 -r coverage-test.info '/usr/*' '/opt/*' '*.moc' -o coverage-filtered.info

Na kraju generisemo graficki prikaz, odnosno odgovarajuce .html datoteke komandom:

$ genhtml - -rc lcov_branch_coverage=1 -o Reports coverage-filtered.info

Html verziju izveštaja možemo videti otvaranjem index.html fajla koji se nalazi u Reports direktorijumu. U nastavku biće prikazane dve različite pokrivenosti za igricu podmornice.
Prvi put je pokrenuta igrica i nasumicno odigrano nekoliko koraka i zatim je igrica napuštena. Dakle, nismo odigrali do kraja samim tim nismo je zavrsili ni uspešno ni neuspešno. Očekivano pokrivenost je mala. Mali broj funkcija je pozvan i mali broj grana je prođen jer je napravljeno svega nekoliko koraka. Ukupan izveštaj za ovaj primer dat je na slici 7 tj. na slici 8 gde je prikazana statistika za PodmorniceGUI.

Sa slike se može primetiti da u neke od fajlova nije ni ulaženo pa im je pokrivenost 0.0% ali to smo i očekivali. Kako ovaj primer nije reprezentativan primer izvršavanja, odnosno toka programa, jer ne očekujemo da će neko pokrenuti igricu i ugasiti je pre nego što dođe do kraja (izgubi ili podebi) u nastavku razmatrano bolji primer.
Primer broj 2 je primer u kome je igrica odigrana do kraja i u njoj je pobeđeno. Sada očekujemo bolju pokrivenost. Znamo da je ishod pobeda pa samim tim znamo da je u programu pozvan veći broj funkcija nego u prošlom primeru. Nisu obiđeni delovi programa koji se dešavaju kada je ishod gubitak pa je očekivano da je za takve funkcije pokrivesnost 0.0%. Izveštaj pogledati na slikama 9 i 10.



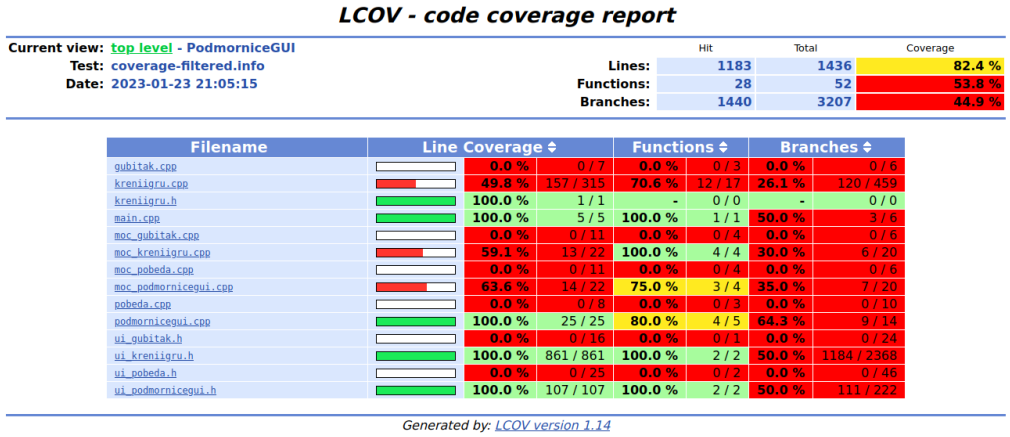
LCOV - code coverage report

		Hit	Total	Coverage
Current view:	top level			
Test:	coverage-filtered.info	Lines:	1299	1595	81.4 %
Date:	2023-01-23 21:05:15	Functions:	45	70	64.3 %
		Branches:	2127	4699	45.3 %

Directory	Line Coverage		Functions		Branches	
/usr/include/c++/9/bits	100.0 %	6 / 6	-	0 / 0	64.3 %	9 / 14
/usr/include/x86_64-linux-gnu/bits	50.0 %	1 / 2	-	0 / 0	0.0 %	0 / 2
/usr/include/x86_64-linux-gnu/qt5/QtCore	70.2 %	99 / 141	94.4 %	17 / 18	44.5 %	490 / 1100
/usr/include/x86_64-linux-gnu/qt5/QtGui	100.0 %	5 / 5	-	0 / 0	50.0 %	10 / 20
/usr/include/x86_64-linux-gnu/qt5/QtWidgets	100.0 %	5 / 5	-	0 / 0	50.0 %	178 / 356
PodmorniceGUI	82.4 %	1183 / 1436	53.8 %	28 / 52	44.9 %	1440 / 3207

Generated by: LCOV version 1.14

Slika 7: izveštaj za prvi primer



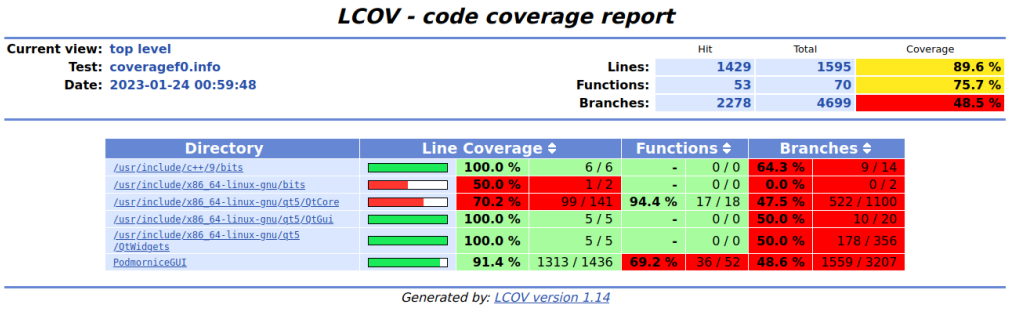
LCOV - code coverage report

		Hit	Total	Coverage
Current view:	top level - PodmorniceGUI			
Test:	coverage-filtered.info	Lines:	1183	1436	82.4 %
Date:	2023-01-23 21:05:15	Functions:	28	52	53.8 %
		Branches:	1440	3207	44.9 %

Filename	Line Coverage		Functions		Branches	
gubitak.cpp	0.0 %	0 / 7	0.0 %	0 / 3	0.0 %	0 / 6
kreniigru.cpp	49.8 %	157 / 315	70.6 %	12 / 17	26.1 %	120 / 459
kreniigru.h	100.0 %	1 / 1	-	0 / 0	-	0 / 0
main.cpp	100.0 %	5 / 5	100.0 %	1 / 1	50.0 %	3 / 6
moc_gubitak.cpp	0.0 %	0 / 11	0.0 %	0 / 4	0.0 %	0 / 6
moc_kreniigru.cpp	59.1 %	13 / 22	100.0 %	4 / 4	30.0 %	6 / 20
moc_pobeda.cpp	0.0 %	0 / 11	0.0 %	0 / 4	0.0 %	0 / 6
moc_podmornicegui.cpp	63.6 %	14 / 22	75.0 %	3 / 4	35.0 %	7 / 20
pobeda.cpp	0.0 %	0 / 8	0.0 %	0 / 3	0.0 %	0 / 10
podmornicegui.cpp	100.0 %	25 / 25	80.0 %	4 / 5	64.3 %	9 / 14
ui_gubitak.h	0.0 %	0 / 16	0.0 %	0 / 1	0.0 %	0 / 24
ui_kreniigru.h	100.0 %	861 / 861	100.0 %	2 / 2	50.0 %	1184 / 2368
ui_pobeda.h	0.0 %	0 / 25	0.0 %	0 / 2	0.0 %	0 / 46
ui_podmornicegui.h	100.0 %	107 / 107	100.0 %	2 / 2	50.0 %	111 / 222

Generated by: LCOV version 1.14

Slika 8: izveštaj za prvi primer - PodmorniceGUI



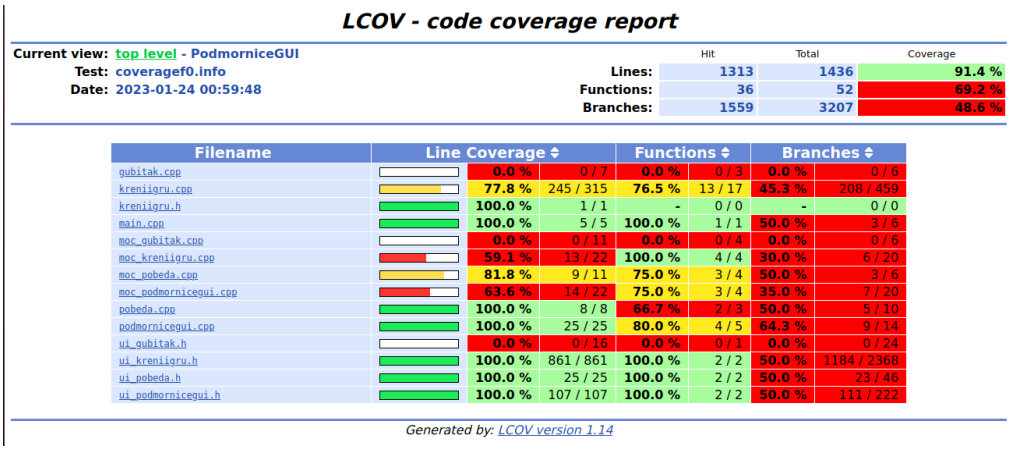
LCOV - code coverage report

		Hit	Total	Coverage
Current view:	top level			
Test:	coveragef0.info	Lines:	1429	1595	89.6 %
Date:	2023-01-24 00:59:48	Functions:	53	70	75.7 %
		Branches:	2278	4699	48.5 %

Directory	Line Coverage		Functions		Branches	
/usr/include/c++/9/bits	100.0 %	6 / 6	-	0 / 0	64.3 %	9 / 14
/usr/include/x86_64-linux-gnu/bits	50.0 %	1 / 2	-	0 / 0	0.0 %	0 / 2
/usr/include/x86_64-linux-gnu/qt5/QtCore	70.2 %	99 / 141	94.4 %	17 / 18	47.5 %	522 / 1100
/usr/include/x86_64-linux-gnu/qt5/QtGui	100.0 %	5 / 5	-	0 / 0	50.0 %	10 / 20
/usr/include/x86_64-linux-gnu/qt5/QtWidgets	100.0 %	5 / 5	-	0 / 0	50.0 %	178 / 356
PodmorniceGUI	91.4 %	1313 / 1436	69.2 %	36 / 52	48.6 %	1559 / 3207

Generated by: LCOV version 1.14

Slika 9: izveštaj za drugi primer



LCOV - code coverage report

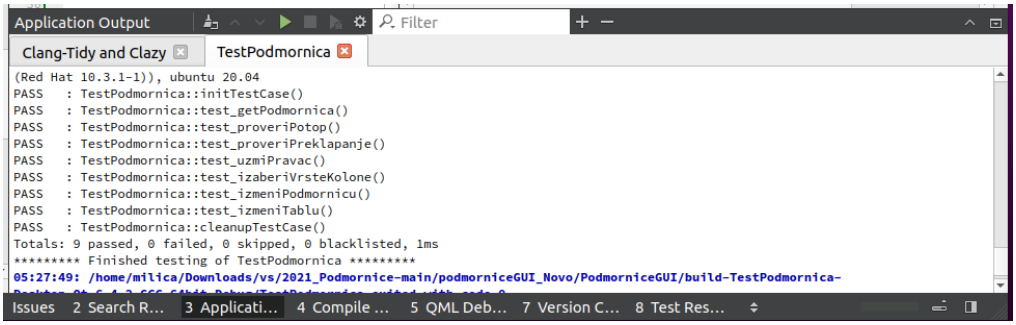
Current view: top level - PodmorniceGUI
Test: coveragef0.info
Date: 2023-01-24 00:59:48

	Hit	Total	Coverage
Lines:	1313	1436	91.4 %
Functions:	36	52	69.2 %
Branches:	1559	3207	48.6 %

Filename	Line Coverage		Functions		Branches	
qubitak.cpp	0.0 %	0 / 7	0.0 %	0 / 3	0.0 %	0 / 6
kreniigru.cpp	77.8 %	245 / 315	76.5 %	13 / 17	45.3 %	208 / 459
kreniigru.h	100.0 %	1 / 1	-	0 / 0	-	0 / 0
main.cpp	100.0 %	5 / 5	100.0 %	1 / 1	50.0 %	3 / 6
moc_qubitak.cpp	0.0 %	0 / 11	0.0 %	0 / 4	0.0 %	0 / 6
moc_kreniigru.cpp	59.1 %	13 / 22	100.0 %	4 / 4	30.0 %	6 / 20
moc_pobeda.cpp	81.8 %	9 / 11	75.0 %	3 / 4	50.0 %	3 / 6
moc_podmornicegui.cpp	63.6 %	14 / 22	75.0 %	3 / 4	35.0 %	7 / 20
pobeda.cpp	100.0 %	8 / 8	66.7 %	2 / 3	50.0 %	5 / 10
podmornicegui.cpp	100.0 %	25 / 25	80.0 %	4 / 5	64.3 %	9 / 14
ui_qubitak.h	0.0 %	0 / 16	0.0 %	0 / 1	0.0 %	0 / 24
ui_kreniigru.h	100.0 %	861 / 861	100.0 %	2 / 2	50.0 %	1184 / 2368
ui_pobeda.h	100.0 %	25 / 25	100.0 %	2 / 2	50.0 %	23 / 46
ui_podmornicegui.h	100.0 %	107 / 107	100.0 %	2 / 2	50.0 %	111 / 222

Generated by: LCOV version 1.14

Slika 10: izveštaj za drugi primer - PodmorniceGUI



Slika 11: Rezultati testiranja

3 Unit Test

Poslednji alat koji je korišćen je testiranje. Njega koristimo u kombinaciji sa prethodnim alatom jer je bitna pokrivenost testova. Cilj je da test ima što bolju pokrivenost. Za konkretan projekat čija se analiza radi, testiranje ne pokriva funkcije koje se pozivaju radi pravljenja gui-a, jer su to bibliotečke funkcije. Samim tim pokrivesnot je loša obzirom da je u pitanju igrica koja koristi mnogo takvih funkcija. Testiranje je sprovedeno na funkcije koje se tiću samih postavki i korišćenja podmornica jer su one najpodložnije greškama i implemetirane su od strane programera koji su pravili igricu potapanja podmornica. Takvih je 9 funkcija i sve su prošle testiranje. Testiranje bi trebalo sprovesti na sve funkcije na koje može da se primeni i na sve grane. Pokrivenost je urađena na kraju postupkom iz prethodnog odeljka a rezultati su smesteni u ReportsTestPodmornicaa. Rezultati testiranja su prikazani na slici 11. Pokrivenost je prikazana na slikama 12 i 13.

Filename	Line Coverage		Functions		Branches	
gubitak.cpp	0.0 %	0 / 7	0.0 %	0 / 3	0.0 %	0 / 6
kreniigru.cpp	54.7 %	182 / 333	52.9 %	9 / 17	35.2 %	185 / 526
kreniigru.h	100.0 %	1 / 1	-	0 / 0	-	0 / 0
pobeda.cpp	0.0 %	0 / 8	0.0 %	0 / 3	0.0 %	0 / 10
podmornicegui.cpp	0.0 %	0 / 26	0.0 %	0 / 5	0.0 %	0 / 14
ui_gubitak.h	0.0 %	0 / 16	0.0 %	0 / 1	0.0 %	0 / 26
ui_kreniigru.h	0.0 %	0 / 865	0.0 %	0 / 2	0.0 %	0 / 2374
ui_pobeda.h	0.0 %	0 / 25	0.0 %	0 / 2	0.0 %	0 / 46
ui_podmornicegui.h	0.0 %	0 / 109	0.0 %	0 / 2	0.0 %	0 / 244

Generated by: LCOV version 1.14

Slika 12: Pokrivenost testa

Filename	Line Coverage		Functions		Branches	
main.cpp	100.0 %	3 / 3	100.0 %	1 / 1	50.0 %	1 / 2
moc_gubitak.cpp	0.0 %	0 / 15	0.0 %	0 / 4	0.0 %	0 / 6
moc_kreniigru.cpp	0.0 %	0 / 25	0.0 %	0 / 4	0.0 %	0 / 20
moc_pobeda.cpp	0.0 %	0 / 15	0.0 %	0 / 4	0.0 %	0 / 6
moc_podmornicegui.cpp	0.0 %	0 / 25	0.0 %	0 / 4	0.0 %	0 / 20
moc_tst_testpodmornica.cpp	54.5 %	18 / 33	50.0 %	2 / 4	39.3 %	11 / 28
tst_testpodmornica.cpp	100.0 %	168 / 168	91.7 %	11 / 12	53.4 %	155 / 290

Generated by: LCOV version 1.14

Slika 13: Pokrivenost testa

4 Zaključak

Posmatrani projekat nema krucijalnih propusta. Suštinski je dobro implementiran.
Preporuka je da se za klasu Podmornica implementiraju geteri i da se uvedu provere vrednosti promenljivih klase Podmornica prilikom instanciranja objekata. Na primer provera da li je prosleđena dužina podmornice izmedju 1 i 5.
Ceo projekat je lepo podeljen na klase i funkcije tako da svaka funkcija obavlja tačno jednu funkcionalnost. Svuda su u funkcije prosleđivane reference na objekte. Implementirani su odgovarajući destruktori.