

# Projekat GraalVM

Seminarski rad u okviru kursa  
Metodologija stručnog i naučnog rada  
Matematički fakultet

Bojan Bardžić, Milica Gnjatović, Pavle Savić, Andrija Urošević  
kontakt email prvog, drugog, trećeg, `mi18083@alas.matf.bg.ac.rs`

18. novembar 2022.

## Sažetak

U ovom tekstu je ukratko prikazana osnovna forma seminarskog rada. Obratite pažnju da je pored ove .pdf datoteke, u prilogu i odgovarajuća .tex datoteka, kao i .bib datoteka korišćena za generisanje literature. Na prvoj strani seminarskog rada su naslov, apstrakt i sadržaj, i to sve mora da stane na prvu stranu! Kako bi Vaš seminarski zadovoljio standarde i očekivanja, koristite uputstva i materijale sa predavanja na temu pisanja seminarskih radova. Ovo je samo šablon koji se odnosi na fizički izgled seminarskog rada (šablon koji *morate* da koristite!) kao i par tehničkih pomoćnih uputstava. Pročitajte tekst pažljivo jer on sadrži i važne informacije vezane za zahteve obima i karakteristika seminarskog rada.

## Sadržaj

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>2</b>
1.1	Istorijski razvoj . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Šta obuhvata projekat?</b>	<b>3</b>
2.1	GraalVM kao zamena za JVM . . . . .	3
2.2	Truffle - kompajler za kompajlere . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Karakteristike</b>	<b>4</b>
3.1	Native Image . . . . .	4
3.2	Napredni optimizator . . . . .	4
3.3	Polygot . . . . .	4
3.4	Napredni alati . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Zaključak</b>	<b>4</b>
	<b>Literatura</b>	<b>4</b>
<b>A</b>	<b>Dodatak</b>	<b>4</b>

# 1 Uvod

GraaIVM je alat koji omogućava pisanje i izvršavanje java koda. Pored java GraaIVM podržava i druge jezike:

- JavaScript i Node.js
- Python
- Ruby
- R
- LLVM jezici poput C-a i C++-a
- WebAssembly

GraaIVM je implementiran u javi.

GraaIVM je koristan i u radu sa mikroservisnom arhitekturom. Nekolicina okvira za rad sa Java mikroservisima (Java microservice frameworks) je već prihvatilo ovu platformu. Između ostalih to su Micronaut, Spring, Helidon i Quarkus.

Još jedna od mogućnosti koje GraaIVM nudi je implementiranje novih jezika i alata korišćenjem biblioteke Truffle.

Korišćenjem ovog alata je omogućeno efikasnije korišćenje više jezika na jednom projektu. Pri korišćenju više jezika na projektu je moguće kodom jednog jezika pozivati funkcije koje su pisane u drugom jeziku. Dopušteno je deljenje struktura podataka između kodova pisanih u različitim jezicima. Na ovaj način je omogućeno da sakupljač otpadaka radi na celom projektu iako se sastoji iz više jezika, kao i jednostavnije debugovanje. GraaIVM čine Java Virtuelna Mašina - JVM i Java Development Kit - JDK. Ovaj alat je proizvod kompanije Oracle. Njegov cilj je da se omogućí brže izvršavanje koda, a da se pri tome koristi manje memorije.

Ovaj alat je dostupan na Linux, Windows i macOS operativnim sistemima.

GraaIVM je dostupan kao Community i Enterprise edition. Community edition je otvorenog koda i dostupna je na github repozitorijumu (<https://github.com/oracle/graal>). Enterprise Edition razvija i licencira kompanije Oracle.

Dva osnovna načina na koje se može doprineti projektu GraaIVM je prijavljivanjem github issue-a i pravljenjem pull requestova.

GraaIVM podržavaju razvojna okruženja i protokoli za debugovanje. Neka od podržanih okruženja su Eclipse, NetBeans, IntelliJ IDEA, Visual Studio Code. Ova okruženja su posebno dobra jer podržaju sve jezike koje podržava i GraaIVM. GraaIVM obezbeđuje ugrađen Chrome DevTools Protocol, Debug Adapter Protocol (DAP) i Language Server Protocol (LSP), čime je omogućeno debugovanje JavaScript, R i Ruby kodova.

## 1.1 Istorijski razvoj

Java Virtuelne mašine poput Oraklovog Java HotSpotVM i IBMov Java VM postoje već 15ak godina. Međutim za druge jezike nije postojalo tako nešto. Cilj ovog projekta je bio da se napravi objedinjena virtuelna mašina koja bi mogla efikasno da izvršava kodove različitih jezika.

GraalVM 19.0 je objavljen u Maju 2019e i to je prva verzija ovog alata. Trenutno najnovija verzija je GraalVM 22.1.0 objavljena u Aprilu 2022.

## 2 Šta obuhvata projekat?

Projekat GraalVM je istraživački projekat koji razvija Oracle labs. Od 2012. preko šezdeset naučnih radova je izdato od strane razvojnog tima. Sam projekat obuhvata više komponenti koje ga čine korisnim i inovativnim.

### 2.1 GraalVM kao zamena za JVM

Jedna od prednosti GraalVM je što se može koristiti umesto Java virtualne mašine, on može da pokreće Javu, Skalu, Kotlin i sve ostale jezike koje se prevode u Java bajt kod. Od 2019. može se izvršavati na Linux-u, a od verzije 20.1.0 ima podršku i za Windows.

Još jedna od prednosti koja se pripisuje GraalVM-u su odlične performanse, neke demonstracije pokazuju da Ruby program izvršava i do 30 puta brže od originalne implementacije. Detaljnija testiranja su ipak pokazala da se u proseku Ruby kod izvršava oko 30 procenata brže na GraalVM, što je i dalje obećavajući rezultat.

Kada su testirani Java programi rezultati su bili manje optimistični, performanse GraalVM-a su okvirno slične Oracle-ovom HotSpot kompajleru. Ovo samo po sebi ne predstavlja loš rezultat, ali ne predstavlja ni neki revolucionarni napredak u odnosu na sadašnje tehnologije. U svakom slučaju, GraalVM će svakako biti mnogo brži od klasične JVM. Iako ne predstavlja poboljšanje u odnosu na HotSpot VM, prednost GraalVM-a je u tome što je nov kompajler nad kojim nije vršena optimizacija preko dvadeset godina, kao što je to slučaj sa HotSpot-om. Još jedna prednost u odnosu na prethodne kompajlere je to što je pisan u Javi za razliku od prethodnih kompajlera koji su pisani u jezicima C i C++, to omogućava lakše proširenje i optimizaciju od strane Java programera.

### 2.2 Truffle - kompajler za kompajlere

## 3 Karakteristike

### 3.1 Native Image

### 3.2 Napredni optimizator

### 3.3 Polygot

### 3.4 Napredni alati

## 4 Zaključak

## A Dodatak

Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time ima potrebe. Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time ima potrebe. Ovde pišem dodatne stvari,

ukoliko za time ima potrebe. Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time  
ima potrebe. Ovde pišem dodatne stvari, ukoliko za time ima potrebe.