

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

# **Robot Robby**

## **Tehnička dokumentacija**

### **Verzija 1.0**

**Studentski tim:** Dominik Stanojević  
Leon Luttenberger  
Domagoj Plušćec  
Dunja Vesinger  
Kristijan Vulinović

**Nastavnik:** doc. dr. sc. Marko Čupić

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

## Sadržaj

1. Opis razvijenog proizvoda	3
2. Tehničke značajke	4
2.1 Općenita struktura	4
2.2 Simulator	5
2.3 Algoritam	6
2.4 Grafičko korisničko sučelje	7
3. Upute za korištenje	8
3.1 Preduvjeti za pokretanje programa	8
3.2 Desktop aplikacija	8
3.3 Web aplikacija	12
4. Literatura	15

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

## Tehnička dokumentacija

### 1. Opis razvijenog proizvoda

U sklopu kolegija „Projekt iz programske potpore“ razvijen je sustav za trening i vizualnu simulaciju robota Robbyja. Robot Robby je jednostavan robot s jednostavnim zadatkom – pokupiti sve limenke u dvodimenzionalnom svijetu. Sam simulator predstavlja dvodimenzionalni svijet te se kroz njega vrši interakcija s robotom.

Robot Robby je treniran različitim algoritmima iz područja evolucijskog računarstva i strojnog učenja. U sklopu projekta implementirano je izravno kodiranje akcija genetskim algoritmom, genetsko programiranje, podržano učenje te dva oblika neuronskih mreža – unaprijedna i Elmanova. Neuronske mreže su također učene metodama evolucijskog računanja.

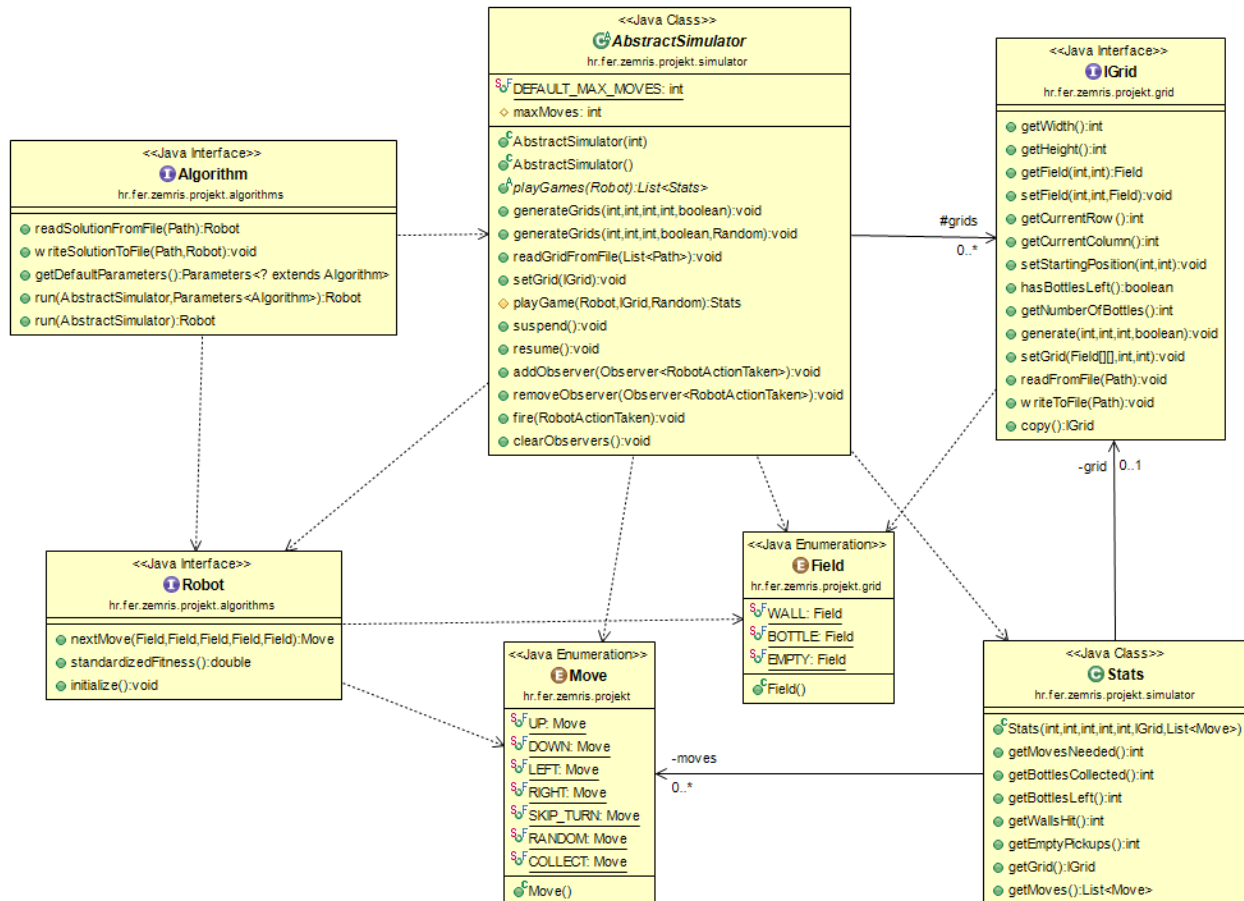
U sklopu projekta razvijena su dva korisnička sučelja putem kojih korisnik može trenirati i simulirati svijet robota. Primarno korisničko sučelje je desktop sučelje izrađeno pomoću *Swing* tehnologije u programskom jeziku Java. Osim desktop aplikacije, izrađena je i web aplikacija koja je izrađena u programskom jeziku JavaScript. Obije aplikacije imaju identične funkcionalnosti te se interakcija vrši na sličan način koji će biti opisan u nastavku.

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

## 2. Tehničke značajke

Svi dijelovi projekta – simulator, mozak i sučelje, implementirani su u programskom jeziku Java.

### 2.1 Općenita struktura



Slika 1. Simulator i algoritam

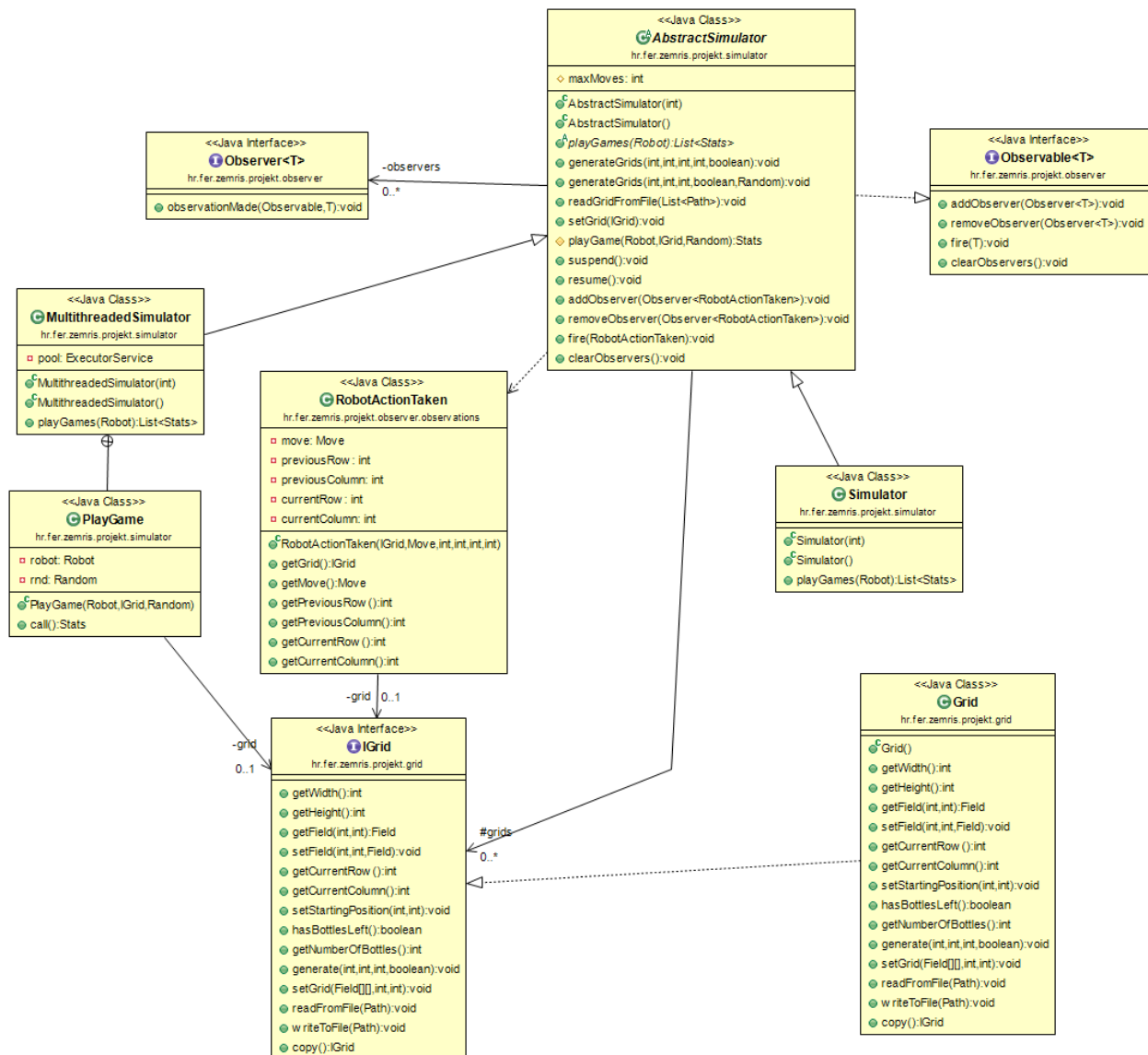
Na slici 1. prikazana je općenita struktura simulatora i algoritma. Razred `AbstractSimulator` prikazuje apstraktan simulator s pripadajućim metodama poput generiranja mapa, spremanja i učitavanja mapa te same simulacije robotovog svijeta. Simulator sprema polje mapa modelirano sučeljem `IGrid` koje ima metode za dohvaćanje i spremanje pripadajućih vrijednosti, poput duljine i širine, broja boca, poziciju robota i sl.. Sam simulator je pokreće se od strane algoritma implementiranog sučeljem `Algorithm`. Algoritam predstavlja trening mozga robota, a samo treniranje pokreće se pozivom jedne od dviju metoda `run`.

Robot je modeliran sučeljem `Robot` koji ima nekoliko metoda: metoda `initialize` inicijalizira robota prije simulacije, metoda `standardizeFitness` vraća standardiziranu dobrotu robota, a ključna metoda `nextMove` vraća robotovu akciju za danu percepciju.

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

Osim najvažnijih sučelja i razreda imamo još nekoliko pomoćnih enumeracija i razreda. Enumeracija `Move` predstavlja robotove moguće akcije, dok enumeracija `Field` predstavlja stanje pojedinog polja u robotovom svijetu. Razred `Stats` koristi se za prikupljanje informacija o robotovom svijetu i njegovoj aktivnosti – bilježi se broj boca, poteza, kazni, itd.

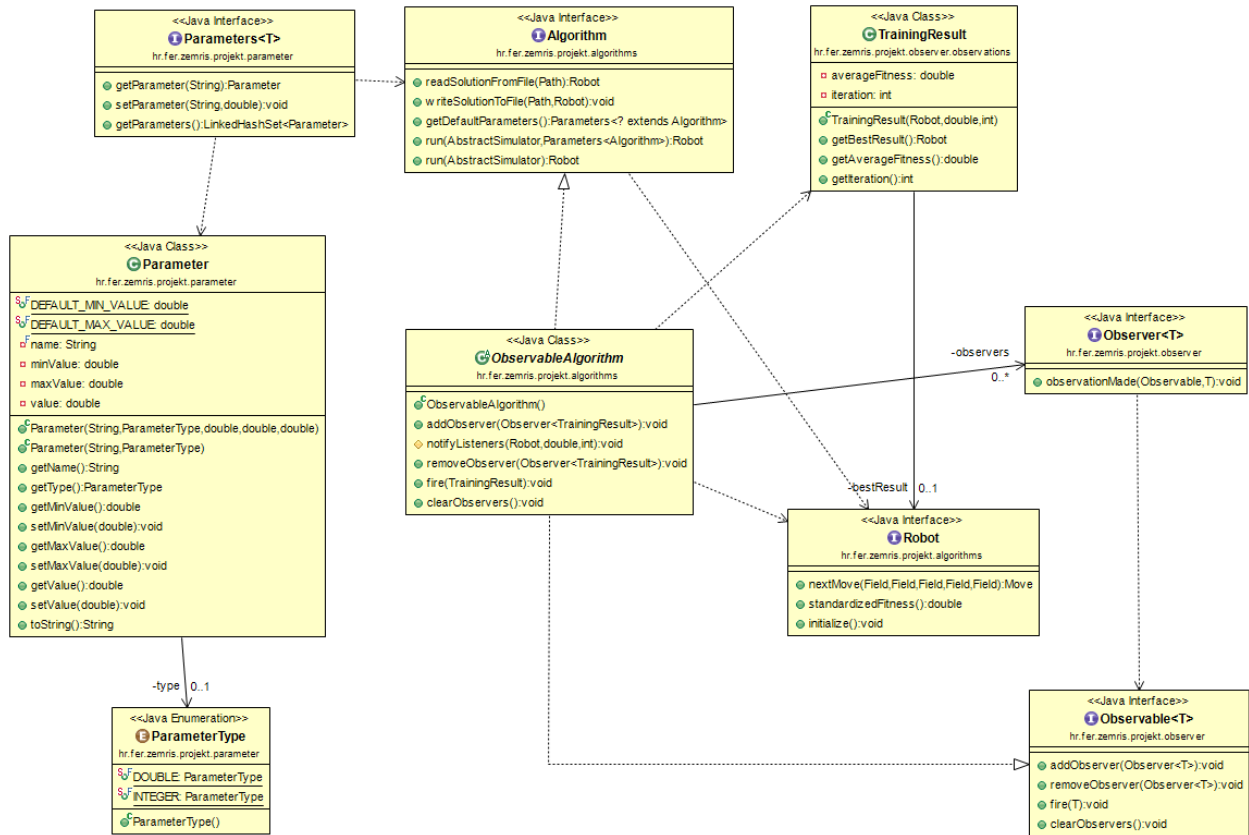
## 2.2 Simulator



Slika 2. Detaljan model simulatora

Na slici 2. možemo vidjeti detaljniji model simulatora. Simulator implementira sučelje `Observable` koje nam daje mogućnost da pratimo stanje simulatora i robota prilikom simulacije. Ovo sučelje nam omogućuje razmjenu informacija na relaciji simulator – korisničko sučelje. Nadalje, simulator bilježi svaku robotovu akciju. Osim jednodretvenog simulatora, implementiran je i višedretveni simulator korištenjem sučelja `ExecutorService`.

### 2.3 Algoritam

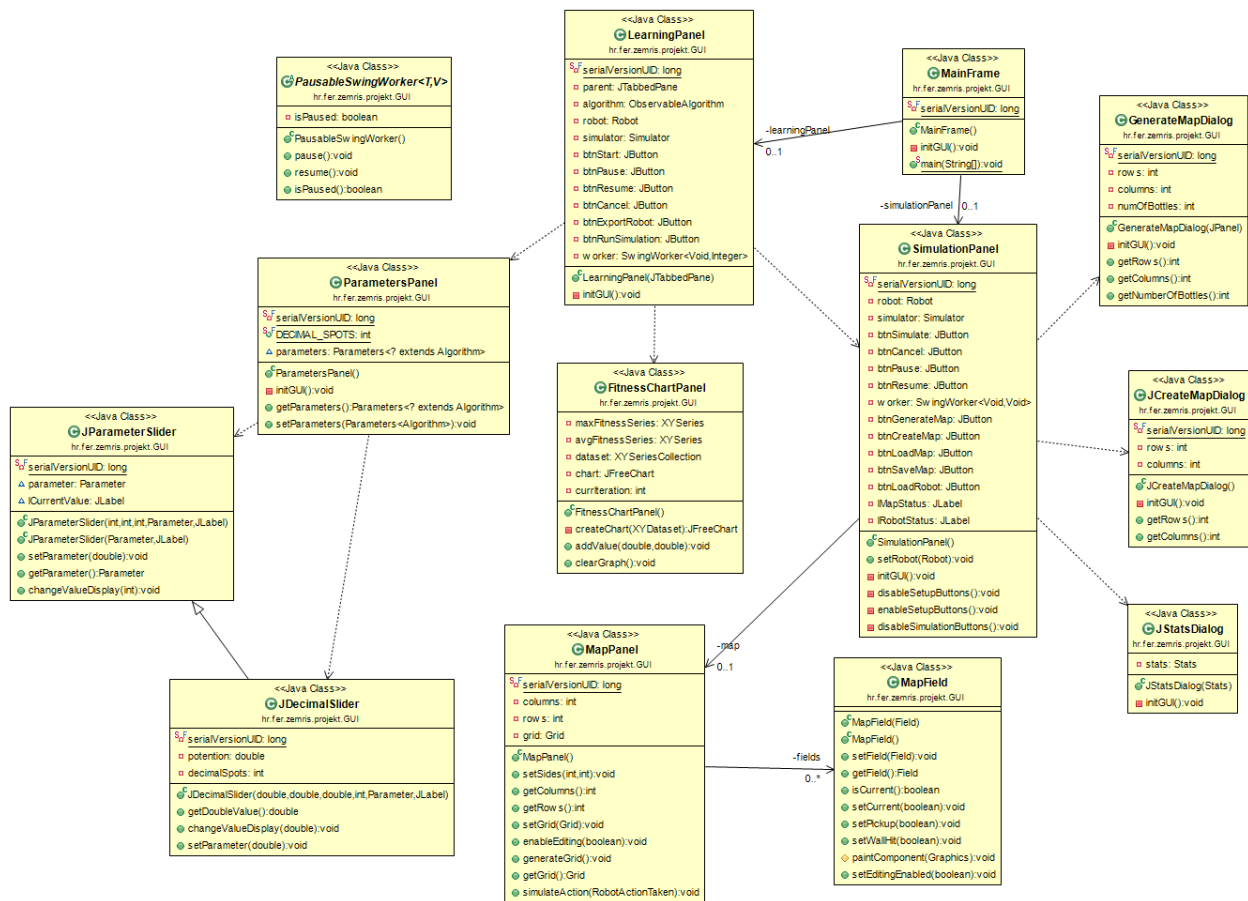


Slika 3. Model algoritma

Na slici 3. prikazan je model algoritma kojim modeliramo postupak treninga robotovog mozga. Apstraktan razred `ObservableAlgorithm` implementira sučelje `Algorithm` i sučelje `Observable` koje nam pruža mogućnost praćenja stanja treninga. Samo sučelje `Algorithm` nam pruža mogućnost učitavanja mozga robota s diska i spremanje mozga na disk. Nadalje, svaki algoritam ima svoj skup zadanih parametara koje možemo dohvatiti. Naposljetku, imamo i dvije metode `run`. Jedna metoda koristi zadane parametre, dok druga prima parametre podešene od strane korisnika.

Razred `Parameter` je, zbog potreba grafičkog sučelja, modeliran na specifičan način. Svaki parametar ima svoje ime, danu vrijednost te minimalnu i maksimalnu vrijednost. Svaki parametar ima i naznačen tip u ovisnosti radi li se o cjelobrojnoj ili decimalnoj vrijednosti.

## 2.4 Grafičko korisničko sučelje



Slika 4. Model grafičkog korisničkog sučelja

Grafičko sučelje prikazano na slici 4. je sastavljeno od dvije glavne cjeline: panela za simulaciju i panela za treniranje mozga. Nadalje, svaki od panela ima prostor za podešavanje parametara simulatora i algoritma. Komponenta korištena za podešavanje parametara je modificirana verzija razreda `JSlider`. Osim dva glavna panela, postoji i panel za proizvoljno generiranje mapa od strane korisnika.

Za treniranje je korištena modificirana verzija razreda `SwingWorker`, `PausableSwingWorker` koji nam pruža mogućnost da u bilo kojem trenutku privremeno zaustavimo rad algoritma.

Za kraj, navedimo i razred `FitnessChartPanel` koji nam služi da grafički prikaz statistike treniranog algoritma – najbolje i prosječne vrijednosti dobrote robota po iteraciji.

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

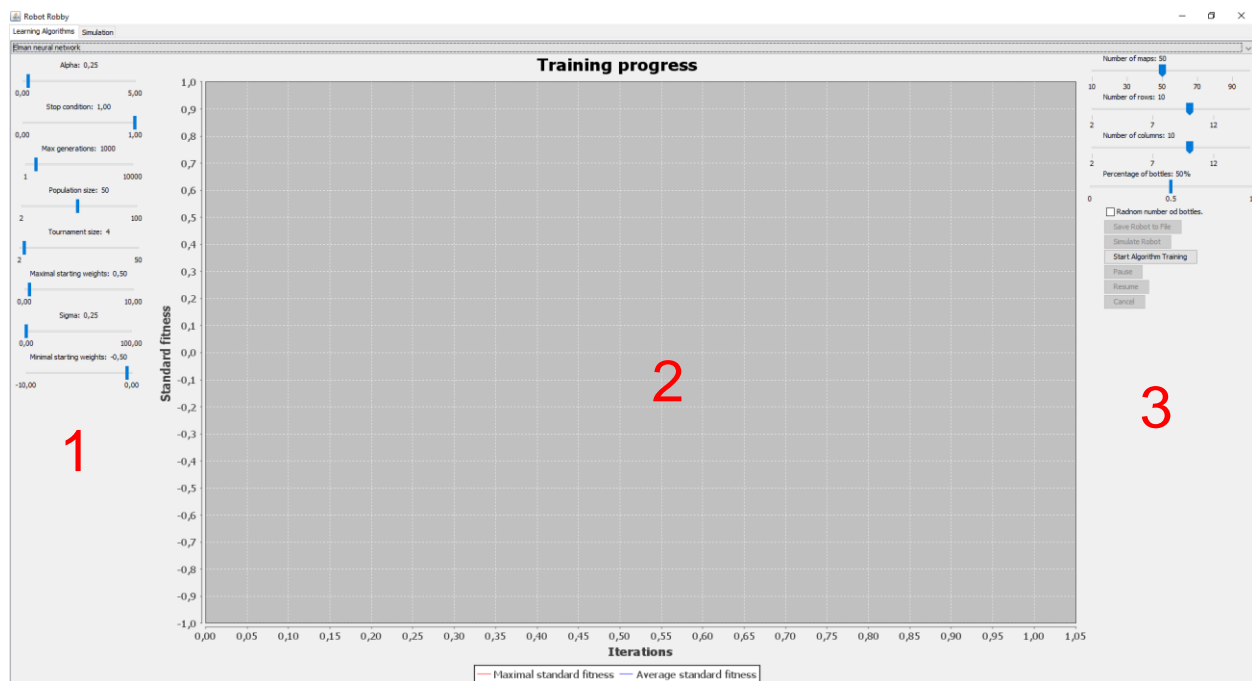
### 3. Upute za korištenje

#### 3.1 Preuvjeti za pokretanje programa

1. *Java Runtime Environment (JRE)*
2. Za lokalno pokretanje web simulatora: *Apache Tomcat* ili sl.

#### 3.2 Desktop aplikacija

Pokretanjem (dvostrukim lijevim klikom) na datoteku *RobotRobby.jar* otvara se prozor:



Slika 5. Kartica za treniranje robota mozga

Početni prozor aplikacije koji je prikazan na slici 5., podijeljen je u tri dijela:

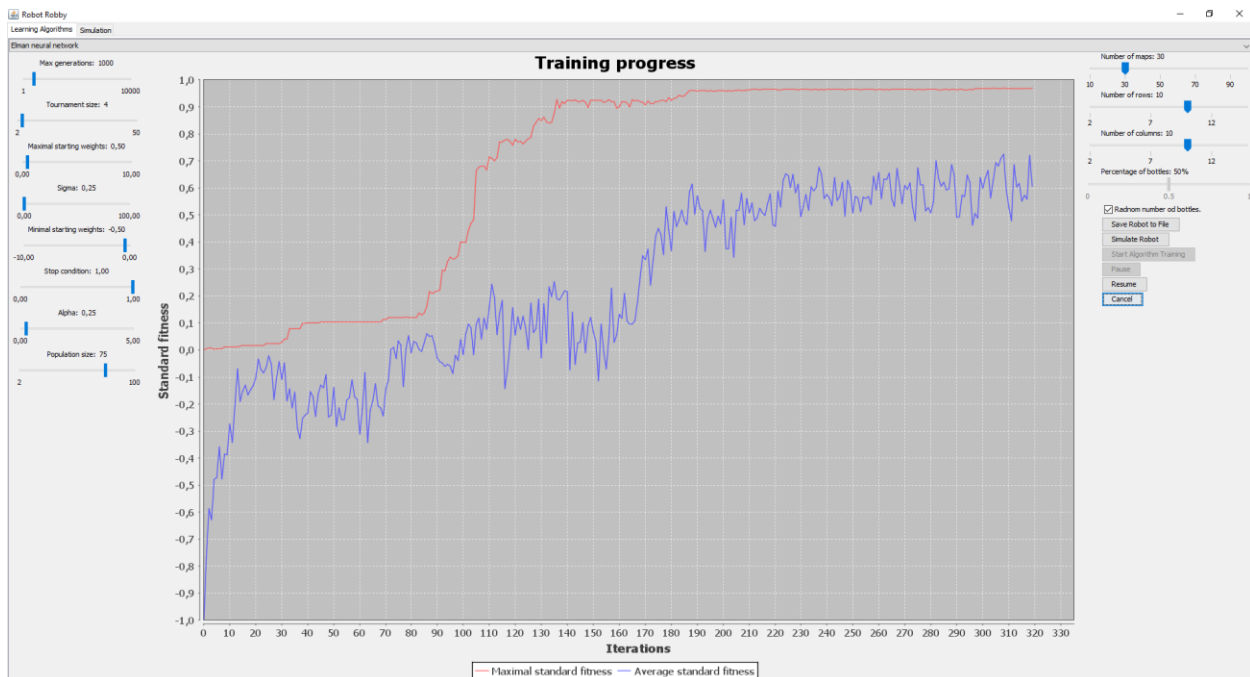
1. Prostor za podešavanje parametara algoritma kojim se trenira robotov mozak  
Korisnik povlačenjem kliznika podešava različite parametre algoritma. Za finiju granulaciju, korisnik može koristiti lijevo i desno dugme na svojoj tipkovnici.
2. Prostor za grafički ispis statistike algoritma. U ovom prozoru korisniku je predočena statistika tokom treninga mozga. Desnim klikom na graf, korisnik dobiva mogućnost podešavanja opcija poput zumiranja, spremanja i kopiranja grafa te mogućnost automatskog podešavanja intervala domene za svaku od osi. Zumiranje, osim odabirom opcije u izborniku, može se postići i označavanjem površine koja se želi zumirati.
3. U trećem dijelu kartice se nalazi prostor za podešavanje različitih parametara simulatora. Može se postaviti broj mapa, veličina mape te postotak boca. Nadalje, korisnik može izabrati varijabilni broj boca te to naznačuje označavanjem kučice. Nakon namještanja svih parametara, korisnik odabire gumb *Start Algorithm Training*.





Slika 6. Pokrenut trening robotovog mozga

Na slici 6. vidimo pokrenut trening robotovog mozga. Korisnik ima mogućnost pauziranja algoritma i zaustavljanja algoritma u bilo kojem trenutku pritiskom na tipku *Pause*, odnosno *Cancel*.

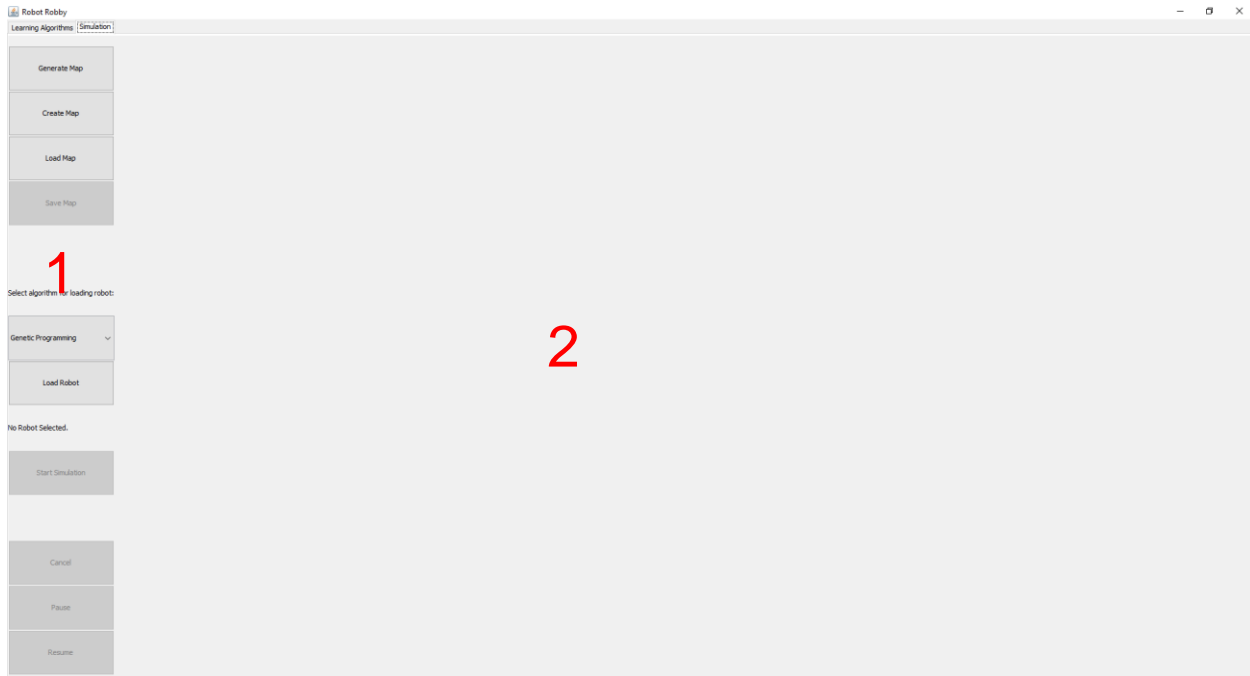


Slika 7. Pauzirani trening robotovog mozga

Slika 7. prikazuje pauzirani trening robotovog mozga. Pauziranje se vrši pritiskom tipke *Pause*.

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

Korisnik može u bilo kojem trenutku (osim u trenutku izvršavanja treninga, tj. dok je trening pauziran i zaustavljen) spremi robota na disk pritiskom tipke *Save Robot to File*. Nadalje, korisnik izravno može prijeći u karticu *Simulate* i simulirati rezultat najboljeg robota.



**Slika 8. Simulacija robotovog mozga**

Nakon postupka treniranja robotovog mozga, istog možemo simulirati i prikazati na jednoj mapi. Kartica simulacije prikazana je na slici 8.

Prozor se sastoji od dvaju dijela:

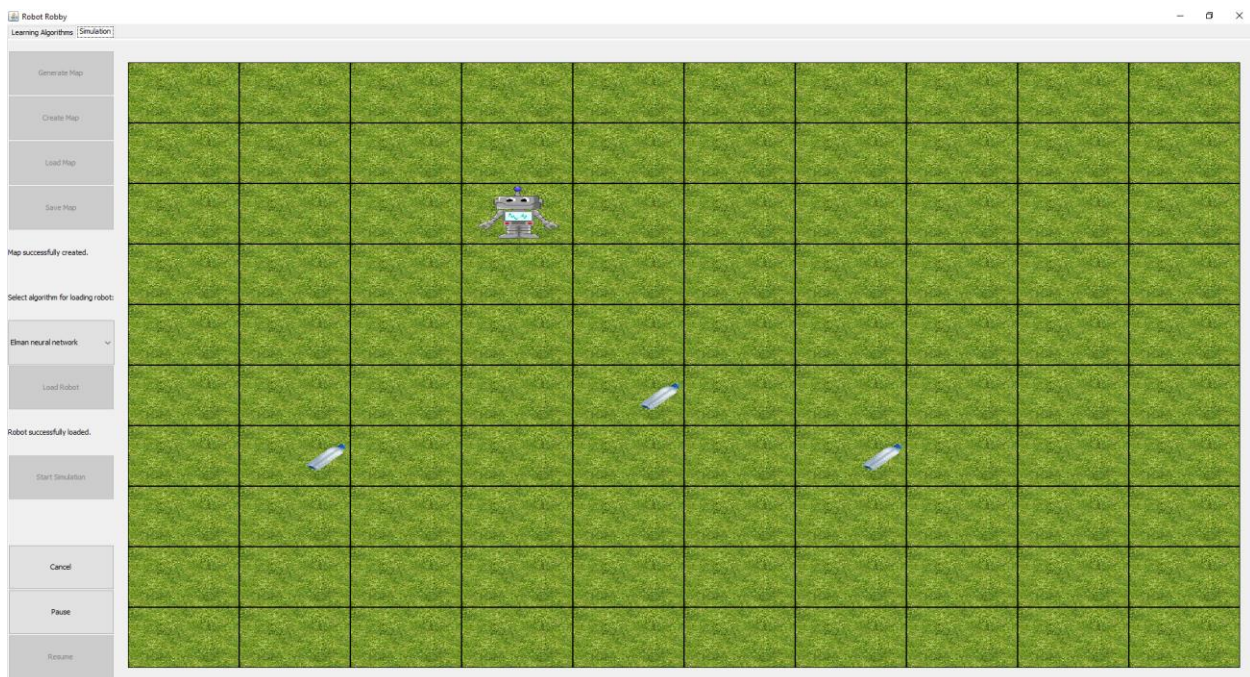
1. Prostor za izbor mape i robota. Korisnik može automatski generirati mapu, ručno ju stvoriti, učitati s diska i spremiti na disk. Nadalje, korisnik može odabrati željeni algoritam i učitati ga s diska (u slučaju da na ovaj prozor nije došao pritiskom na tipku *Simulate* u kartici treninga – tada je robot učitao automatski). Nakon što su mapa i robot izabrani, simulacija mape započinje pritiskom na tipku *Start Simulation*.
2. Prostor za simulaciju – u ovom dijelu prozora vizualno je prikazana simulacija čišćenja svijeta.

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017



**Slika 9. Prostor za kreiranje mape**

Nakon pritiska na tipku *Create Map* i odabira željene širine i duljine mape, otvara se prozor za postavljanje boca što je vidljivo na slici 9. U njemu, na jednostavan način, korisnik može dodati boce na željena polja. Boca se dodaje klikom na željeno polje. Nakon što su željene boce dodane, kreiranje mape završava se pritiskom na tipku *Done*.



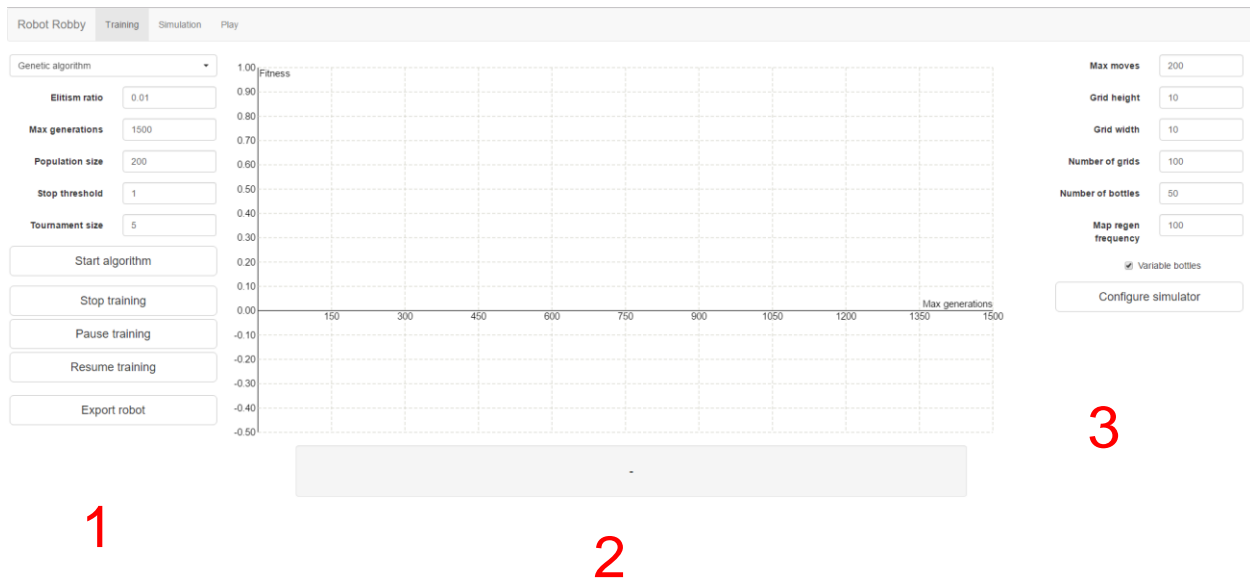
**Slika 10. Pokrenuta simulacija**



Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

Na Sliku 10. prikazana je aktivna simulacija. Korisnik u bilo kojem trenutku simulacije može ugasi simulaciju pritiskom tipke *Cancel* ili privremeno zaustaviti izvođenje pritiskom na tipku *Pause*. U slučaju da je simulacija privremeno zaustavljena, korisnik može u bilo kojem trenutku nastaviti sa simulacijom pritiskom na tipku *Resume*.

### 3.3 Web aplikacija



Slika 11. Kartica za web treniranje robota

Kartica za treniranje robota u web aplikaciji, prikazana na slici 11., ne razlikuje se bitno od desktop verzije. Kao i u desktop verziji, prozor je podijeljen na tri dijela:

1. Prostor za podešavanje parametara algoritma i kontrolu treninga. Za razliku od desktop aplikacije gdje su se koristili kliznici, u web aplikaciji korisnik ručno upisuje brojčane vrijednosti parametara. U slučaju da upiše vrijednost koja nije valjana, aplikacija mu dojavljuje grešku. Ispod dijela za odabir parametara, nalazi se dio za kontrolu procesa treninga. Tipke su slične onima u desktop aplikaciji pa neće biti detaljnije opisivane.
2. Prostor za vizualni prikaz treninga. U ovom dijelu, baš kao i kod desktop aplikacije, korisnik grafički može vidjeti dobrotu najbolje jedinice te prosječnu dobrotu po iteraciji. Ispod grafa dobrota najbolje jedinice je prikazana i numerički.
3. Prostor za podešavanje parametara simulatora. Baš kao i u desktop verziji imamo prostor za podešavanje parametara simulacije gdje korisnik upisuje željenu veličinu mape, broj boca te učestalost generiranja novih mapa. Može i izabrati trening s varijabilnim brojem boca aktiviranjem kućice. Nakon što su parametri odabrani, nužno ih je spremati pritiskom na tipku *Configure simulator*.

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

The screenshot shows the 'Simulation' tab of the Robot Robby web interface. It features several input fields and buttons for configuring the simulation environment. A red number '1' is placed over the 'Load robot' section.

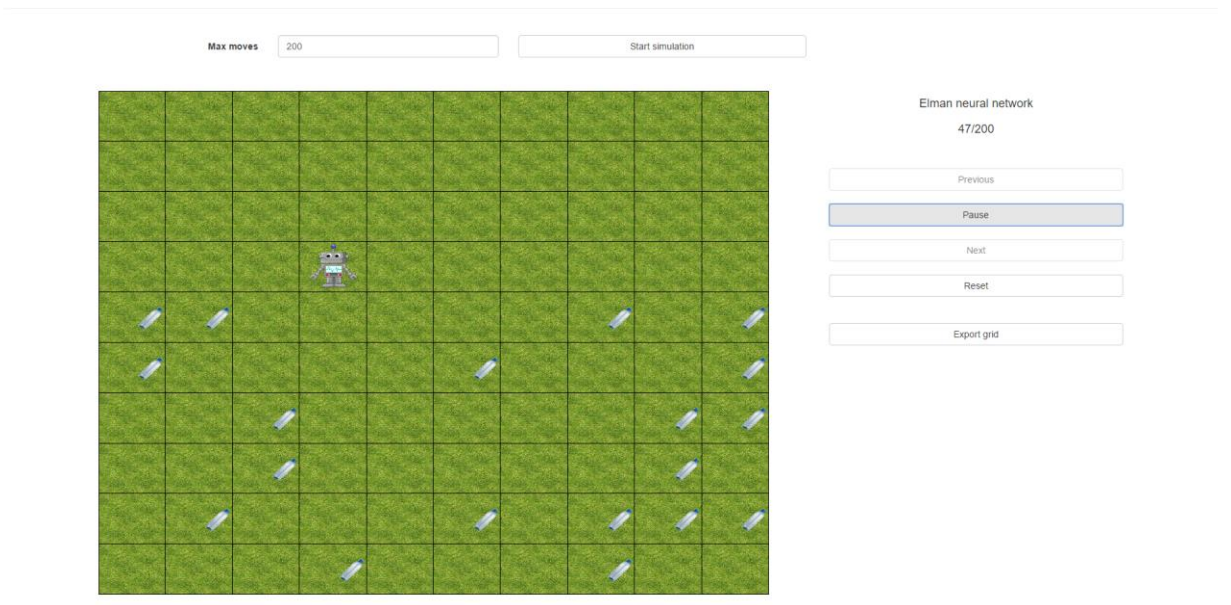
Configuration options include:

- Buttons: Generate, Import, Create
- Neural network type: Feedforward neural network
- Robot selection: Default robot, Load robot (with Find file button), Import robot
- Map parameters: Width (10), Height (10), % bottles (50)
- Action: Generate map
- Simulation settings: Max moves (200), Start simulation

2

### Slika 12. Web simulacija robota

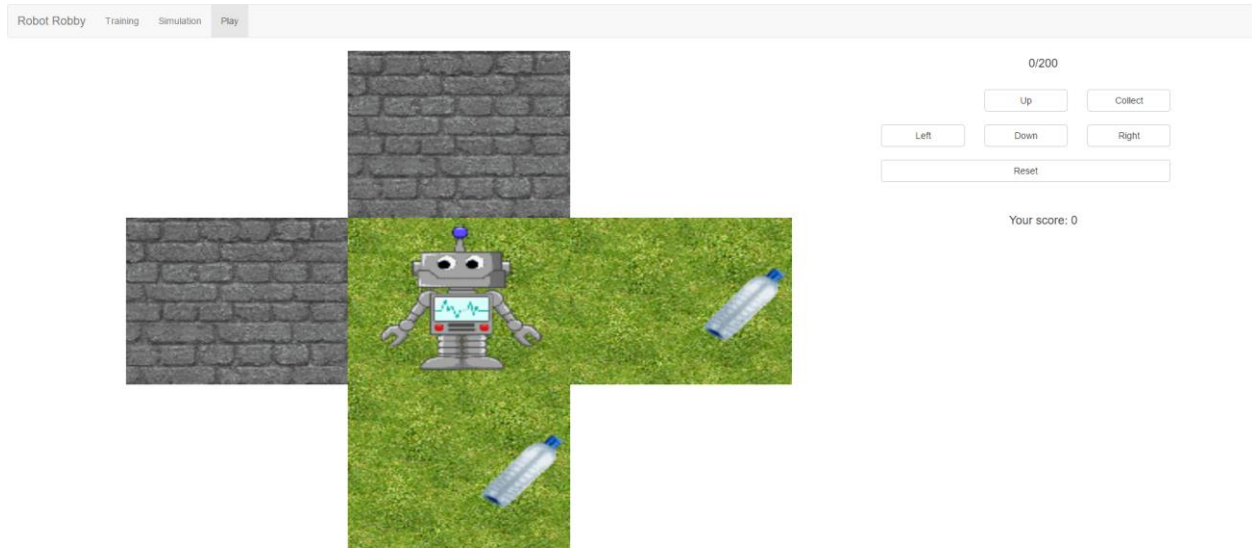
Na Slika 12. prikazana je web simulacija robota. Opet, kao i kod desktop aplikacije, imamo dva dijela prozora. Prvi dio se odnosi na izbor mape i algoritma, a drugi dio na prostor za simulaciju. Važno je za navesti kako je na webu moguće izabrati zadanog robota za pojedinu implementaciju mozga. Time korisnik ne mora ni trenirati robot već može dobiti direktan uvid u simulaciju dobro razvijenog mozga.



### Slika 13. Aktivna simulacija

Aktivna simulacija robota je prikazana na slici 13. Opcije prilikom aktivne simulacije robota su identične desktop aplikacije. Korisnik može pauzirati, resetirati simulaciju te spremiti mapu.

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017



**Slika 14. Korisnik u ulozi robota**

Jedina veća razlika u odnosu na desktop verziju aplikacije je kartica *Play* koja je prikazana na slici 14. U njoj korisnik poprima ulogu robota. Akcije su prikazane na desnom dijelu prozora. Osim tipki na ekranu korisnik može se kretati mapom koristeći WASD kombinaciju tipaka na tipkovnici. Saganjanje se vrši pritiskom tipke *J* na tipkovnici.

Robot Robby	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 09/01/2017

#### 4. Literatura

- Mitchell, Melanie. *Complexity: A Guided Tour*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- Mitchell, Melanie. *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.
- Goldberg, David E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- Heaton, Jeff. *Introduction to Neural Networks with Java*. St. Louis: Heaton Research, 2005.
- Soares, Fábio M., and Alan M. F. Souza. *Neural Network Programming with Java*. Birmingham, England: Packt Publishing Limited, 2016.
- Hagan, Martin T., Howard B. Demuth, and Mark H. Beale. *Neural Network Design*. Boston: PWS Pub., 1996.
- Koza, John R. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- Sutton, Richard S., and Andrew G. Barto. *Reinforcement Learning: An Introduction*. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.