

Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Broj 3890
18 DEC 2018
god.

Predmet: Izvještaj Komisije o pregledu i ocjeni magistarskog rada „*Neuroevolucionari algoritmi za igru 2048*“ kandidata Borisa Tuponje, specijaliste računarskih nauka.

Na osnovu člana 60 Statuta Univerziteta Crne Gore, a u vezi sa članovima 25 i 28 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama, na sjednici Vijeća PMF-a održanoj 4. decembra 2018. godine imenovani smo za članove komisije za ocjenu magistarskog rada „*Neuroevolucionari algoritmi za igru 2048*“ kandidata Borisa Tuponje, specijaliste računarskih nauka. Boris Tuponja je predao tekst magistarskog rada 7.12.2018. na uvid javnosti i ocjenu. Nakon uvida u podneseni tekst, a u vezi sa članom 29 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama, podnosimo sljedeći

IZVJEŠTAJ

Magistarski rad Borisa Tuponje pod nazivom „*Neuroevolucionari algoritmi za igru 2048*“ ima ukupno 61 stranu. Tekst sadrži predgovor, izvod rada, izvod rada na engleskom jeziku i sadržaj, pa time ispunjava sve zahtjeve propisane članom 27 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama. Rad pripada oblasti računarskih nauka, odnosno uže specijalizovanoj oblasti mašinskog učenja, i sastoji se iz deset poglavlja u kojima se detaljno i nadovezano, pozivajući se na odgovarajuću literaturu, definišu potrebni pojmovi i prikazuju rezultati rada.

U ovom istraživanju riječ je o upotrebi neuroevolucionih algoritama na igru 2048. Iako naizgled vrlo jednostavna, ova igra predstavlja izazov zbog nasumičnosti koja se javlja u njoj. Cilj rada je da se primenom različitih tipova neuroevolucionih algoritama i njihove kombinacije sa algoritmom Expect MinMax generiše neuronska mreža koja može da nauči da u igri 2048 postigne rezultate koji su uporedivi ili prevazilaze najbolje igrače i druge postojeće računarske implementacije ove igre. Uspješna primjena evolucionih strategija i neuronskih mreža na primjeru igre SuperMario poslužila je kao inspiracija za početak ovog istraživanja. Tema rada pripada široj oblasti „General Game Playing“ i adresira problem igranja računarskih igara sa malo znanja o specifičnom domenu. Veliki broj naučnih radova koji obrađuju različite algoritamske aspekte igara, kao i neprekidno razvijanje i implementacija programa i programskih okruženja (tzv. „game frameworks“), pokazuju da je ova tema izuzetno aktuelna i sa naučnog i sa komercijalnog aspekta.

Vještačka inteligencija se danas vrlo aktivno istražuje i ima široku primjenu u svim oblastima naših života. Algoritme vještačke inteligencije je moguće sresti u mobilnim uređajima, u autonomnim vozilima, email servisima, servisima za pretraživanje i mnogim drugim oblastima. Jedan od najpopularnijih modela vještačke inteligencije su i vještačke neuronske mreže. Priroda, kao jedan od najsavršenih sistema koji možemo posmatrati, poslužila je kao inspiracija za evolucione algoritme i vještačke neuronske mreže. Evolucionari algoritmi se zasnivaju na teoriji evolucije, koju je predložio i razradio Čarls Darwin. Vještačke neuronske mreže predstavljaju matematički model koji je inspirisan biološkim neuronskim mrežama, posebno organizacijom neurona u ljudskom mozgu. Kombinacijom evolucionih algoritama i neuronskih mreža, dobijaju se metodi koji su poznati kao neuroevolucionari

algoritmi. Osnovni algoritam neuroevolucije se zasniva na populaciji genotipova koje kodiraju vještačke neuronske mreže za konkretan problem. Performanse mreže na problemu definišu njen kvalitet. Primjenom operatora koji neznatno mijenjaju genotip ili operatora kombinovanja više genotipova, kreira se nova populacija. Vjerovatnoća izbora genotipa za process kombinovanja zavisi od kvaliteta mreže koju on predstavlja.

Neuroevolucioni algoritmi o kojima je riječ u ovom istraživanju su NEAT (Neuroevolution of Augmenting Topologies) i HyperNEAT. NEAT se zasniva na direktnom kodiranju genotipa u fenotip, dok je HyperNEAT proširenje NEAT algoritma u kojem se umjesto direktnog kodiranja koristi indirektno. Na ovaj način je omogućeno da se sa manjim genotipom oslikavaju veće neuronske mreže. Takođe, HyperNEAT je pogodniji za probleme koji u sebe sadrže neke geometrijske pravilnosti. Ovi metodi su kombinovani sa algoritmom Expect Minmax, a razmotreni su i različiti modeli paralelnog izvršavanja predloženih metoda.

U radu su predloženi metodi koji generišu neuronsku mrežu koja uspješno može da nauči da igra igru 2048 i da postigne rezultate koji su uporedivi ili prevazilaze druge postojeće računarske implementacije ove igre kao i najbolje igrače. Algoritmi su implementirani u programskim jezicima Java i C#. Algoritmi NEAT i HyperNEAT testirani su sa različitim podešavanjima početnih parametara. Sprovedeno je više serija eksperimenata kako bi se došlo do sistema sa najboljim mogućim rezultatima.

U uvodnom poglavlju opisana je igra 2048, naveden je cilj rada i dat kratak pregled relevantnih radova koji su obrađivali ovu temu. Drugo poglavlje sadrži opis evolutivnih algoritama, sa posebnim osvrtom na genetske algoritme i njihove operatore. U trećem poglavlju predstavljene su vještačke neuronske mreže, najčešće korišćene aktivacione funkcije i metodi obučavanja mreža. Kratak pregled neuroevolutivnih algoritama dat je u petom poglavlju. Neuroevolucija uvećanjem topologija ili skraćeno NEAT (engl. NeuroEvolution of Augmenting Topologies) detaljno je opisana u šestom poglavlju. Razrađeni su koncepti genetskog kodiranja, istorijskog obilježavanja i vrsta u populaciji i dat je pregled implementacija u različitim programskim jezicima. Sedmo poglavlje opisuje algoritam HyperNEAT, koji nadograđuje tradicionalni NEAT uvođenjem geometrijskih mapiranja i indirektnog kodiranja genotipa mreže. U osmom poglavlju dat je kratak pregled algoritama MinMax i ExpectMinMax. Postavke eksperimenata i dobijeni rezultati predstavljeni su u devetom poglavlju. Eksperimenti su izvršeni primjenom biblioteke SharpNEAT. Zbog velikog broja potrebnih izračunavanja, izvršena je paralelizacija koda za 8 virtuelnih jezgara. Detaljno su opisani pojedinačni eksperimenti i prikazani grafici fitnes-funkcija. Zaključak i mogući pravci razvoja metoda predloženih u ovom radu izloženi su u devetom poglavlju. Poslednje poglavlje rada je spisak literature koji sa sastoji od 51 bibliografske jedinice.

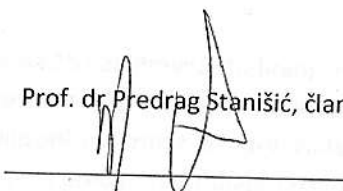
Na osnovu prethodno izloženog, Komisija smatra da je kandidat Boris Tuponja u potpunosti realizovao postavljene ciljeve. Rad je napisan jasno i pregledno, sa prikazom svih pojmova i tvrđenja koja se koriste. Kandidat je potvrdio da je ovladao složenim matematičkim i računarskim tehnikama i metodama i kroz eksperimente pokazao da predloženi algoritam generiše mrežu koja postiže rezultate koji su bolji ili uporedivi sa najboljim igračima i drugim postojećim računarskim implementacijama ove igre. Rezultati dobijeni u ovom radu predstavljaju dobro koncipirane naučne rezultate i čine dobru osnovu za buduća istraživanja.

Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad pod nazivom „*Neuroevolucionarni algoritmi za igru 2048*“ kandidata Borisa Tuponje prihvati kao magistarski rad i odobri njegovu javnu usmenu odbranu.

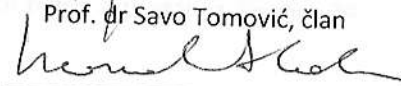
U Podgorici, 14. decembra 2018. godine

Komisija

Prof. dr. Predrag Stanišić, član



Prof. dr. Savo Tomović, član



Doc. dr. Goran Šuković, mentor

