

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

SEMINAR

Simulacija ekosustava i evolucije

Josip Kelava

Voditelj: *Marko Đurasević*

Zagreb, svibanj, 2019.

Sadržaj

1. Uvod
2. Tehnička pozadina
3. Evolucija i ponašanje životinja
4. Sažetak

1. Uvod

Evolucija je jedna od bitnijih teorija biologije, a načela evolucije mogu se primjenjivati i u informatici, gdje im je glavna primjena razvoj umjetnih inteligencija. U sklopu ovog projekta, pomoću strukture neuronskih mreža simulirao sam ponašanje životinja, ekosustave, biološke modele i evoluciju.

U današnje doba koriste se razni oblici umjetnih inteligencija, te se pojavljuju u gotovo svakom aspektu života. Neuronske mreže se koriste za probleme gdje na određenu situaciju treba reagirati na neki način, ali definicija situacije / rješenja nije nužno jasno definirana, tj. treba je prevesti / procijeniti. Neki od primjera uporabe neuronskih mreža su: prepoznavanje slika, govor, te samovozeći auti.

2. Tehnička pozadina

2.1 Definicija neuronske mreže

Neuronska mreža definirana je kao skup neurona i neuronskih veza.

Neuron(čvor) temeljni je dio neuronske mreže, a njegovo stanje(trenutna pobuda) može se definirati jednim realnim brojem(snagom, P), između 0 i 1. Taj broj se u svakom pulsu mijenja, ovisno o svojoj sklonosti te stanjima drugih neurona koji su povezani s njime. Stanje neurona može se postavljati izvana, te tako mreži predati podatke na temelju kojih mreža treba odlučiti, inače se definira pulsiranjem mreže. Stanja nekih čvorova predstavljaju odluke životinja.

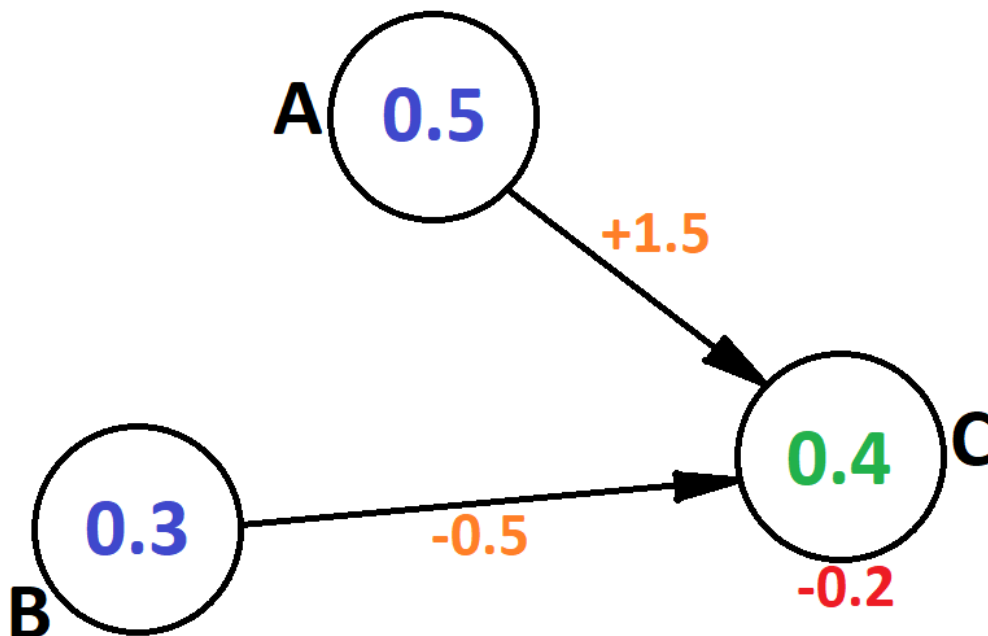
Neuroni su međusobno povezani neuronskim vezama, gdje je jedna veza definirana pomoću dva neurona koja ona povezuje, te realnim brojem, specifično za moj projekt, između -10 i 10(snaga). Veze su usmjerene, što znači da kroz tu vezu prvi neuron utječe na drugi, no drugi ne utječe na prvi. Moguć je da dva neurona utječu jedan na drugi, ali svaki smjer kroz drugu vezu. Snaga utjecaja jednaka je umnošku trenutne snage prvog čvora i snage veze.

Stanja neuronskih čvorova mijenjaju se u pulsevima – u jednom pulsu svaki neuron promijeni svoje stanje na sumu svih ulaznih utjecaja, zbrojene sa sklonošću(bias, B) danog neurona. Primjer sa slike 1:

$$P(C) = P(A) * P(AC) + P(B) * P(BC) + B(C)$$

$$P(C) = 0.5 * 1.5 + 0.3 * (-0.5) + (-0.2)$$

$$P(C) = 0.4$$



Slika 1. Primjer promjene stanja neurona

2.2 Struktura i način rada neuronske mreže

Neurone neuronske mreže možemo podijeliti na:

- (1) Ulazne(osjetilne) neurone – neurone kojima se na prije svakog pulsa stanje izvana postavlja na vrijednost dobivenu iz vanjskog svijeta koja opisuje stanje životinje., U mojem projektu: koliko ima energije, koju boju životinje(trave/zemlje) može jesti(R, G, B), glasnoću i vrstu zvuka(lijevo ispred, desno ispred, iza), te gustoću trave(biljaka) oko životinje.
- (2) Srednje neurone – neurone koji imaju ulogu izvedbe kompliciranih funkcija, kratkotrajnog i dugotrajnog pamćenja, te time omogućuju naprednije obrasce ponašanja životinje.
- (3) Izlazne neurone – neurone čije se stanje čita nakon svakog pulsa, te definira odluku neuronske mreže. U mojem projektu definiraju ponašanje životinja: kretanje, jedenje, okretanje, razmnožavanje.

Većina neuronskih mreža konstruirana je kao niz memorijskih grupa: za svake dvije susjedne grupe, između svaka dva neurona tih dvaju grupa, postoji veza iz neurona lijeve grupe u neuron desne grupe. Prva grupa predstavlja osjetila, zadnja odluke životinje.

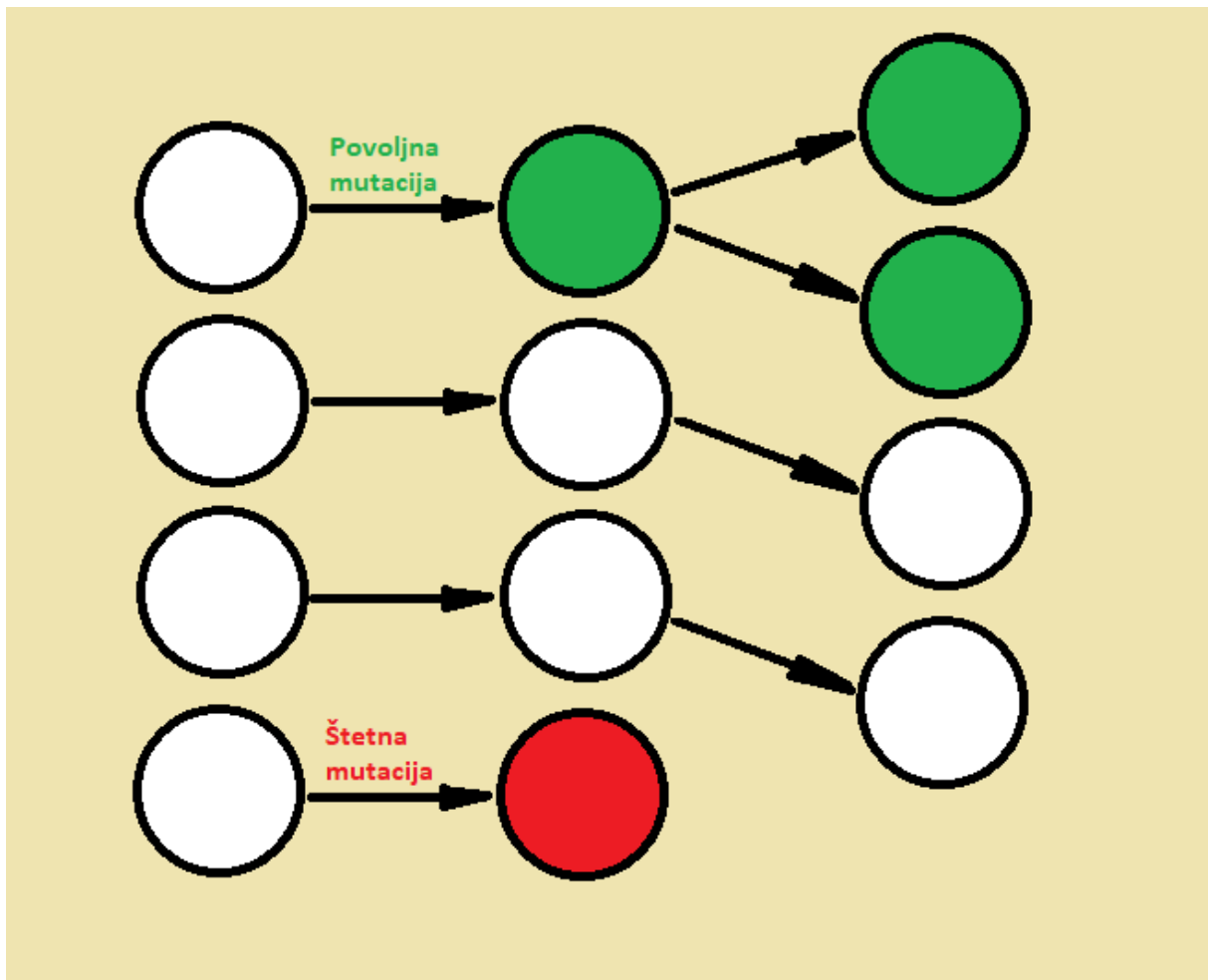
2.3 Evolucijski algoritam

Evucija je biološka teorija koja tvrdi da su napredniji oblici života nastali od jednostavniji, uzrokovana dvama procesima: mutacijom i selekcijom.

Mutacija je promjena u DNA te uzrokuje (obično malu) promjenu u svojstvima bića(ili algoritma) ili njegovom ponašanju. Ovisno o tome je li promjena korisna ili štetna, tako se mijenjaju šanse preživljavanja, razmnožavanja, a time i sirenja svojih svojstava u populaciji. Štetne mutacije pak tu šansu smanjuju, odnosno takva jedinka vjerojatno umire i svojstvo nestaje. Ta pojava preživljavanja jakih i umiranja slabih jest selekcija.

Ideja (uobičajenog, pogodnog u programiranju) evolucijskog algoritma je uzeti skup nasumičnih(ili ručno konstruiranih, ali vjerojatno ne optimalnih) algoritama, pustiti ih da svaki proba riješiti problem te uspješnijima dati veću šansu za prijenos svojstava na iduću generaciju. Time se dobivaju postepene promjene i kroz niz generacija dobiva sve bolje rješenje na dani problem.

U ovom projektu neće se primjenjivati taj generacijski postupak, nego prava simulacija biološke evolucije.



Slika 2. selekcija

3 Evolucija i ponašanje životnja

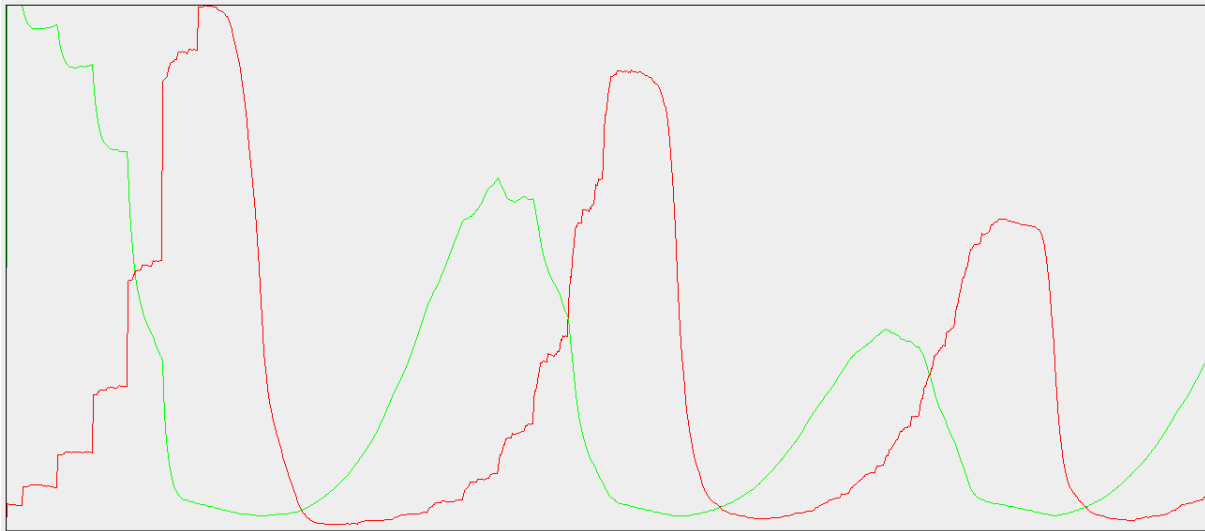
3.1 Primjer biološkog modela

Neravnoteža između dviju vrsta gdje jedna(predator) jede drugu(plijen) uzrokuje ciklički prolaz četiri faze, koje uzrokuju jedna drugu:

- (1) Visoka koncentracija plijena
- (2) Visoka koncentracija predatora
- (3) Niska koncentracija plijena
- (4) Niska koncentracija predatora

Pokretanjem simulacije sa samo jednom vrstom biljojeda na polju trave može se dobiti grafički prikaz te 4 faze:

Graf 1. Zeleno – trava, crveno – biljojed



3.2 Evolucijske opservacije

Početni algoritam koji sam primijenio jest stvaranje vrsta s nasumično generiranim svojstvima (visina, veličina, boja, prehrana (biljojed – mesojed), otrovnost, ima li pamćenje), te ih pušta da žive. Kad god bi neka vrsta izumrla, generirala bi se nova vrsta, opet s nasumičnim svojstvima.

Takvim algoritmom dobivaju se većinom životinje koje ubrzo umru od gladi, a povremeno se pojave i vrste koje jedu (umre od gladi jer pojede svu travu ispod sebe), jedu i kreću se (izađe van mape gdje nema trave), jedu i kreću se u krug. Zadnja vrsta sposobna je preživjeti dulje vrijeme, te ako se i razmnožava, time nastaje biljojedna populacija s potencijalom evolucije. Više manje svaka vrsta, bilo biljojedna ili mesojedna, koja je nasumično generirana te preživljava dulje vrijeme, ponaša se na isti način: hodaj u krug, jedi i razmnožavaj se kad možeš.

Takvo ponašanje nije idealno, ali radi dovoljno dobro za uspjeh u nedostatku boljeg. Daljnje evolucije i poboljšanja u ponašanju bi se trebala pojaviti, međutim taj proces je jako spor i, u formi ekosustava, teško primjetljiv.

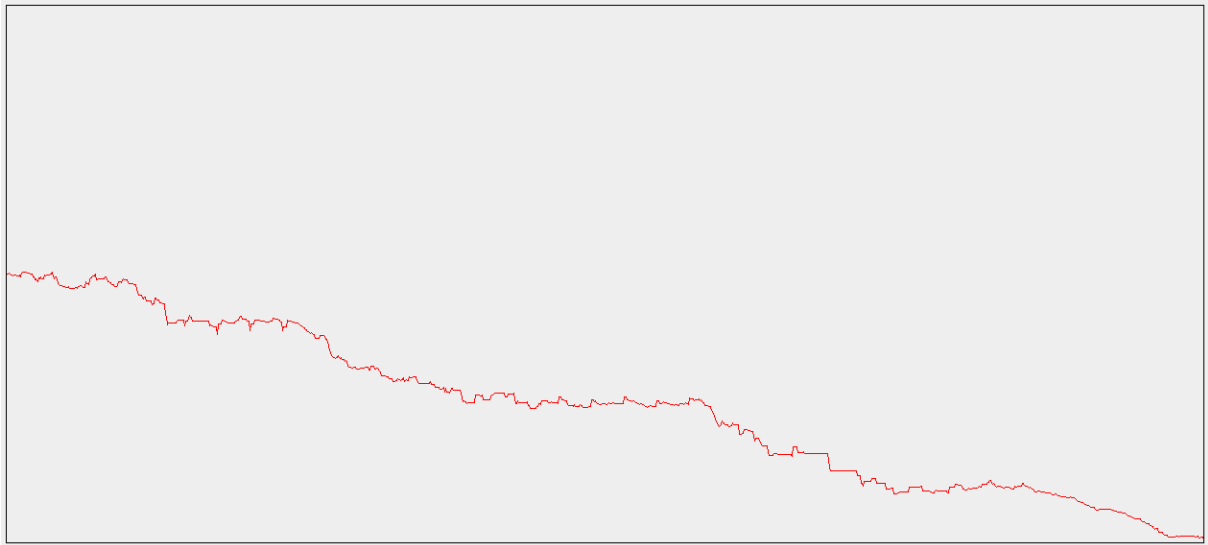
U svrhe promatranja evolucije, simulirao sam unaprijed definirana okruženja, fokusirao mutacije na jedno svojstvo i njega promatrao.

Primjer evolucije

Smjestio sam skupinu biljojeda u ekosustav bez drugih vrsta. Dopustio sam mutaciju samo jednog svojstva – otrovnosti – koje služi kao obrana od mesojeda, ali troši dodatnu energiju. U ovakvom je okruženju optimalno uopće ne biti otrovan, jer je jedina posljedica otrovnosti dodatni trošak energije.

Počinjemo dakle sa skupinom biljojeda koji su srednje otrovni, tj. mogu mutirati da budu bilo bise ili manje otrovni. Očekujemo da će kroz vrijeme prosječna otrovnost pasti.

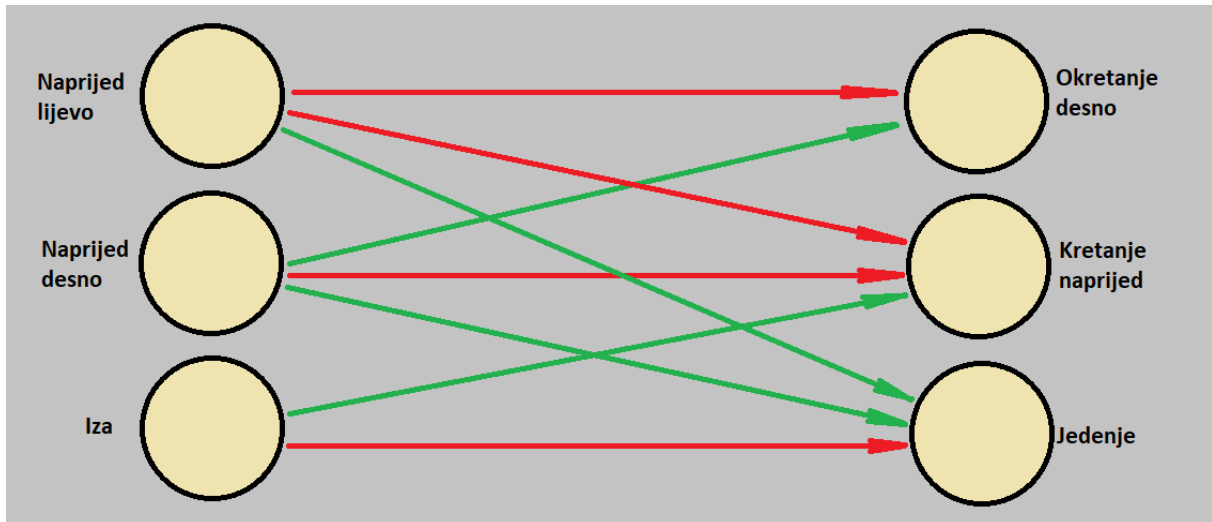
Graf 2. Ova simulacija izgleda identično onoj iz bioloških modela. Kad dolazi do vala izumiranja zbog nedostatka hrane, najjače budu pogođene otrovnije vrste jer njima najviše i treba hrana. Kako one počnu umirati, one manje otrovne dobiju pristup više trave.



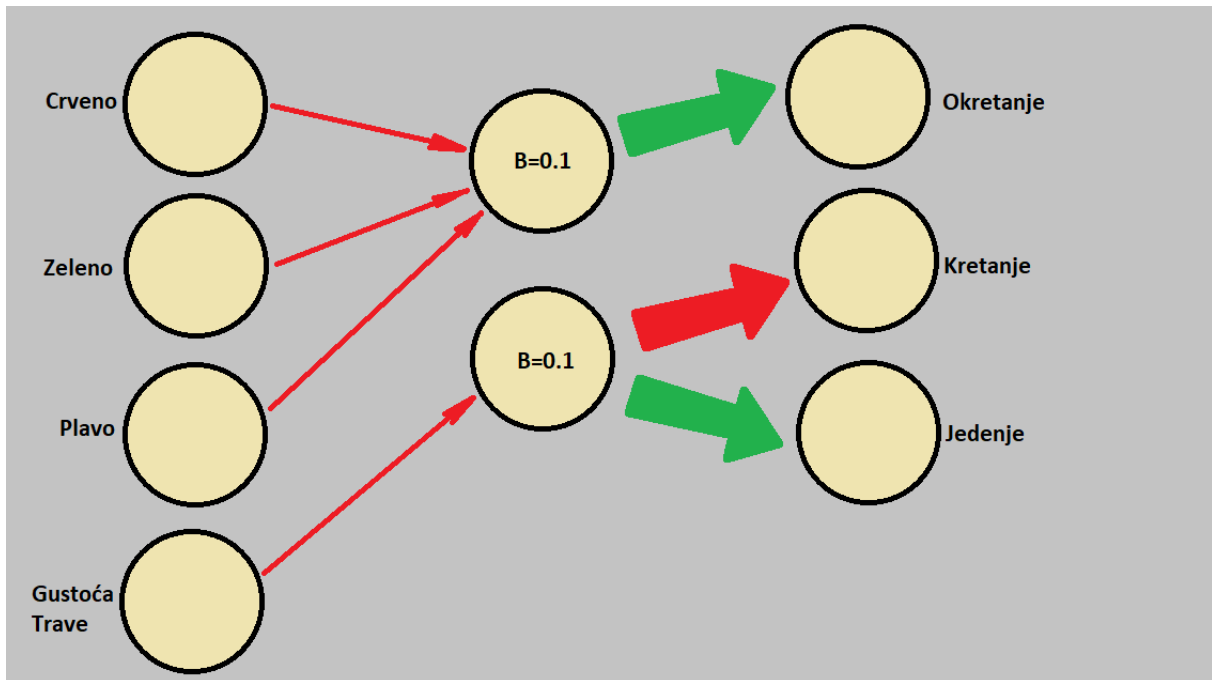
Konstrukcija neuralne mreže

Za potrebe prethodno navedenih simulacija, konstruirana je biljojedska vrsta bez memorije i samo dva srednja neurona. Ta neuronska mreža oponašati će jednostavno ponašanje opisano ranije – razmnožavaj se i jedi kad možeš, inače hodaj u krug.

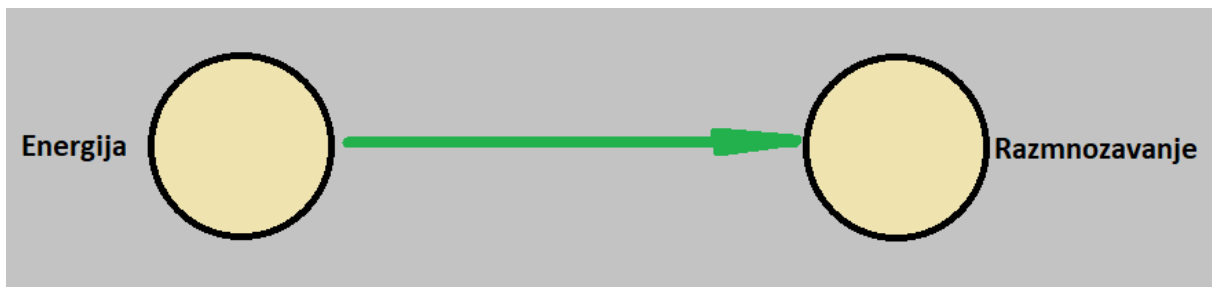
Neuralnu mrežu možemo podijeliti na dijela:



Slika 3. – Sluh: Zvuk se, stvara kad se životinje kreću – glasnoća zvuka ovisi o veličini životinje koja se kreće od životinje koja sluša, a vrsta zvuka samo o veličini životinje koja se kreće. Životinja se okreće desno za snagu neurona 1, a lijevo za 0. Neuron okretanja u ovom slučaju ima bias 0.55, što znaci da ako životinja nije izvana potaknuta, polagano se okreće desno. Ako čuje nešto lijevo od sebe, skreće desno, ako čuje nešto desno od sebe, skreće lijevo. (Zeleno su pozitivne veze(imaju pozitivnu snagu veze, odnosno daju pozitivnu pobudu), crveno negativne.) Ovisno o tome čuje li životinja više buke ispred ili iza sebe, ona će jesti ili kretati se. Ovo programira životinju da se kreće u smjeru suprotnom od buke, ako je ima – i time bježi od eventualnih mesojeda.



Slika 4. – Vid: Srednji neuroni imaju snagu blizu nuli, tako je potreban jako mali negativan poticaj da se potpuno isključe. Gornji srednji neuron prepoznaje kad je životinja na crnome(izvan granica mape), te šalje jaki signal neuronu za okretanje, čime se pokušava okrenuti natrag prema mapi. Donji srednji neuron govori životinji da ako ima trave, jede umjesto da se kreće.



Slika 5. – Energija: Ako životinja ima dovoljno energije, dijeli sa na dvije – preciznije, stvara se nova jedinka, čija sva svojstva postaju blago mutirana svojstva originalne, a energija originalne se dijeli na pola.

4. Sažetak

Neuronske mreže mogu obavljati razne funkcije, jednostavne i komplicirane, uz relativno jednostavnu tehničku implementaciju. Međutim, ručno konstruirati neuronsku mrežu koja će rješavati neki kompleksni zadatak je jako teško. Mreža koju sam konstruirao u primjeru jest dosta jednostavna, ali i ponašanje koja ona emulira je jednostavno – i neoptimizirano – možda bi na neke podražaje trebala reagirati jače, neke slabije. Uopće se ne koristi vrsta zvukova, nema memoriju... obavlja. Pokretanjem algoritma simulacije uz evoluciju, već stvoreno ponašanje se optimizira, tj. reakcije su bolje odmjerene, a ne samo aproksimirane. Naprednije ponašanje možemo dobiti evolucijom – počnemo s nekom vrstom, koja ima strukturu neuronske mreže dovoljno veliku i kompleksnu za ponašanje kakvo želimo dobiti – i čekamo.

To može biti jako spor proces – to sporiji što je zadatak kompleksniji. Zato se, kad su u pitanju kompleksniji zadaci, često fokusira životinju na niz manjih evolucija, jednu po jednu. Jedno svojstvo lakše je pratiti, te se može konstruirati okruženje namijenjeno treniranju tog jednog svojstva.

Ovaj projekt demonstrira neke od mogućnosti neuronskih mreža te može služiti kao za nastavu biologije u osnovnim i srednjim školama. Njime se može simulirati biološki model i jednostavan primjer evolucije – sa vizualnim prikazom ekosustava u realnom vremenu.