

Laboratorinis darbas Nr 3

Ižikevič neurono modelis. Smegenų žievės neuroninis tinklas.

Tikslai

1. Susipažinti su supaprastintu neurono modeliu (Ižikevič neurono modelis).
2. Susipažinti su smegenų žievės neuronų tinklų modeliu.

Užduotys

Užduotis Nr. 1. Suprogramuokite ir ištirkite Ižikevič neurono modelį.

Neuronas yra aprašomas dviejų diferencialinių lygčių:

$$\begin{aligned}\frac{dv}{dt} &= 0.04v^2 + 5v + 140 - u + I \\ \frac{du}{dt} &= a(bv - u)\end{aligned},$$

čia v – neurono membranos potencialas (mV), u – membranos dalelė, I – išorinė srovė, a – u dalelės kitimo greitis, b – jautrumas membranos potencialui v , c – pradinė v vertė po veikimo potencialo generavimo, d – u vertės pokytis po veikimo potencialo generavimo.

Jei $v \geq 30$ (generuojamas veikimo potencialas), tai

$$v = c$$

$$u = u + d$$

Pradinės sąlygos:

$$v(t=0) = c;$$

$$u(t=0) = b \cdot v(t=0);$$

Nustatykite parametrus:

- a) $a=0.02$; $b=0.2$; $c=-65$; $d=8$;
- b) $a=0.02$; $b=0.2$; $c=-55$; $d=4$;
- c) $a=0.1$; $b=0.2$; $c=-65$; $d=2$;
- d) $a=0.02$; $b=0.2$; $c=-50$; $d=2$;

Pasirinkite srovę $I \in [10;20]$;

Nustatykite, kokio tipo (pastoviai aktyvus, didelio aktyvumo, generuojantis pliūpsnius, rezonatorius) neurono aktyvumas stebimas esant parametrų rinkiniams a); b); c); d).

Naudokite pirmos eilės Eulerio integravimo metodą. Pasirinkite laiko žingsnį $dt=0.1$ (ms), eksperimento trukmę – 100-500 (ms).

Rezultatus aprašykite. Ataskaitą pateikite raštu kartu su programiniu kodu.

2

Programos cikle atliekami šie veiksmai:

Kiekvienas neuronas aktyvuojamas išorine srove I , kurios amplitudė yra atsitiktinis dydis iš normaliojo skirstinio:

```
%Create some random input external to the network
I=[5*randn(Ne,1);2*randn(Ni,1)]; % thalamic input
```

Randomi neuronai, kurie generuoja veikimo potencialą:

```
%Determine which neurons crossed threshold at the
%current time step t.
fired=find(v>=30); % indices of spikes
```

Irašomi veikimo potencialo generavimo laiko momentai ir aktyvių neuronų indeksai:

```
%Add the times of firing and the neuron number to firings.
firings=[firings; t+0*fired, fired];
```

Pakeičiamos aktyvių neuronų dalelių v ir u būsenos:

```
%Reset the neurons that fired to the spike reset membrane potential and
%recovery variable.
```

```
v(fired)=c(fired);
u(fired)=u(fired)+d(fired);
```

Randoma aktyvių neuronų sukeltų srovių suma visiems neuronams: 1) matricoje $S(:, \text{fired})$ yra aktyvuotų neuronų svoriai į kiekvieną neuroną; 2) šie svoriai sudedami kiekvienam įėjimo neuronui (eilutei matricoje S): $\text{sum}(S(:, \text{fired}))$; gautoji suma atitinka srovę į kiekvieną neuroną; 3) pridedama išorinė srovė I : $I+\text{sum}(S(:, \text{fired}), 2)$;

```
%strengths of all other neurons that fired in the last time step connected
to that
%neuron.
I=I+sum(S(:,fired),2);
```

Randomos dalelių būsenos:

```
%Move the simulation forward using Euler's method.
v=v+0.5*(0.04*v.^2+5*v+140-u+I);
v=v+0.5*(0.04*v.^2+5*v+140-u+I);
u=u+a.*(b.*v-u);
```

Užduotis Nr. 3. Išstirkite gautą taškų diagramą. Ar stebimi neuronų aktyvumo svyravimai? Nubraižykite neuronų aktyvumo funkciją (raskite neuronų, aktyvių kiekvienu laiko momentu, skaičių). Kokios bangos (delta, teta, alfa, etc) stebimos eksperimento pradžioje ir vėliau?

Užduotis Nr. 4. Modifikuokite tinklą, pakeisdami žadinančių ir slopinančių neuronų parametrus: žadinančių $c \in [-40;-55]$; slopinančių $c=-55$; $d=4$ (pažymėti raudonai). Kokio tipo dabar yra žadinantys ir slopinantys neuronai? Remkitės užduoties Nr.1 rezultatais. Kaip pasikeitė tinklo generuojamos bangos?

```
%This will allow the spike reset membrane potential to range between -65
%and -50
c=[-55+15*re.^2; -55*ones(Ni,1)];
%This will allow the recovery reset value to range between 2 and 8
d=[8-6*re.^2; 4*ones(Ni,1)];
```

Užduotis Nr. 5. Pakeiskite svorių matricą taip, kad kiekvienas neuronas turėtų mažiau ryšių su kitais neuronais (pateikta programos kode: ištrinkite atitinkamų eilučių komentarų ženklus). Kaip pasikeitė tinklo generuojamos bangos?

Parametras `percent_off` nurodo, kiek procentų ryšių yra panaikinama.

`percent_off=0.7` – 70% ryšių yra panaikinama.

```
%The following code can be used for the project when asked to create a
%sparser weight matrix.
%Choose a percent of connections to turn off.
percent_off=0.7; %This is an extreme example with 70% of the connections
%abolished.
connections=randperm((Ne+Ni)^2);
connections=connections(1:(floor(percent_off*length(connections))));
for i=1:length(connections)
    S(connections(i))=0;
end;
```

Rezultatus aprašykite. Ataskaitą pateikite raštu kartu su programiniu kodu.