

Tehis- vs. bioloogilised närvivõrgud

Essee nr. 1 aines "Tehisintellekt ja reaalaeg"

Taivo Lints

A liver cell walks into a fancy bar and orders a gin and tonic.
The bartender says with a sneer, "We don't serve liver cells here."
The liver cell replies: "Oh, yeah? Well, what about that cell over there?"
and points to a neuron lounging on a bar stool nearby.
Says the bartender: "What about it? That's a brain cell. He's got connections."

Tehisnärvivõrke (*ANN*) tutvustatakse enamasti kui bioloogilistest närvivõrkudest (*BNN*) inspireeritud tehissüsteeme, mis on looduslikega võrreldes oluliselt lihtsustatud. Tihti aga ei ole selgelt või piisava põhjalikkusega välja toodud nende kahe vahelisi erinevusi. Kuna erinevused on märkimisväärselt suured, võib see põhjustada mitmeid probleeme:

- Liigsed ootused ANN'de suhtes. Eeldades, et nad on *BNN*'de mõnevõrra lihtsustatud mudelid, võib ju tekkida küsimus: "Miks nad siis NII väheste võimalustega on, kui nad ometigi peaks meie ajude sarnased olema...?".
- Sisulise arendustöö pidurdumine. Kui insenerile-teadlasele on jäänud mulje, et ANN'id on üldpõhimõttelt juba piisavalt *BNN*'de sarnased, siis arendustöös keskendutakse peamiselt olemasolevate mudelite "timmimisele", mängitakse struktuuri ja parameetritega. See on loomulikult samuti vajalik tegevus, kuid ei maksaks ära unustada vajadust luua ka uusi ja paremaid mudeleid.
- Arvamus, et ka BNN'id ongi sellised üsna lihtsad süsteemid, kuigi ehk suurema neuronite ja ühenduste arvuga. See tundub mulle eriti ohtlik, kuna on sisuliselt INIMESE keerukuse alahindamine, tihti võib-olla alateadlik. Tulemusena võib veidi muutuda inimese (antud juhul tõenäoliselt inseneri) maailmavaade ning tema edasine käitumine ja otsused olla veidi vähem humaansed.

Väga põhjalikku tehis- ja bioloogiliste närvivõrkude erinevuste väljatoomist siinkohal muidugi teha ei jõua, aga ettekujutuse saamiseks mõned punktid.

Struktuursed erinevused

Fakt, et ajus on neuronite arv tohutult suurem kui tehisnärvivõrkudes (umbes 100 miljardit vs. üksikud kuni mõned tuhanded), on üldteada. Samuti ka looduslike neuronite sisendite suurem hulk (tavaliselt 1 000 kuni 10 000). Kuid see ei ole ainus ega ilmselt isegi mitte peamine põhjus, miks *BNN*'de võimekus oluliselt ületab *ANN*'de oma.

Kui tüüpilises tehisnärvivõrgus on kõik arvutuselemendid ("tehisneuronid") ühesugused ning ka kõigi nende ühenduste kaalude muutmine käib sama algoritmi alusel, siis bioloogilises organismis leidub arvukalt erinevaid neuronitüüpe. Tugevalt varieeruvad närvirakkude struktuur ja koostis ning – sellega otseselt seotult – ka füsioloogilised omadused, funktsionaalsus.

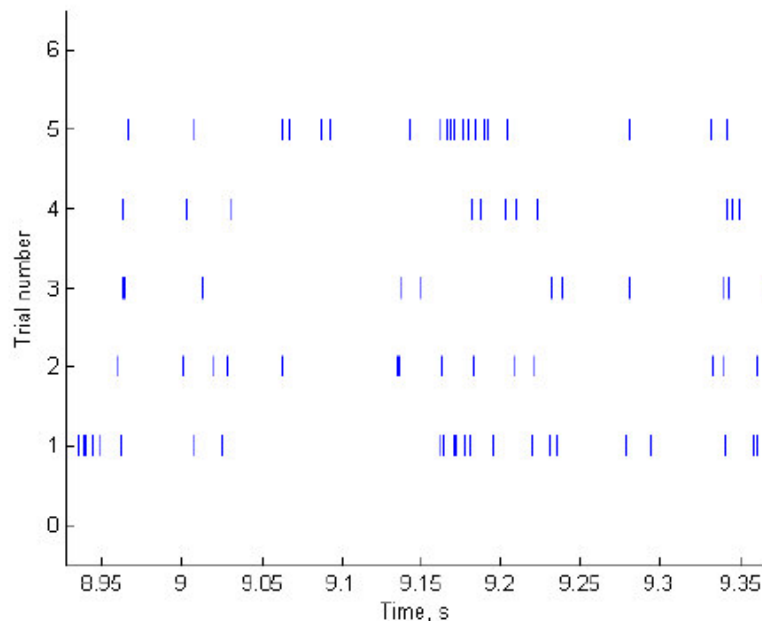
Tehisneuronid on võrreldes looduslikega äärmuseni lihtsustatud. On üsna selge, et sellest tulenevalt on kadunud ka paljud olulised omadused. Näiteks ei ole *ANN*'des midagi võrreldavat reaalse sünapse (neuronitevaheliste ühenduste) keerukusega, kus neuronid ei ole füüsiliselt kontaktis ning signaali üleminek toimub mitmesuguste erinevate toimetega

ainete – neurotransmitterite – vahendusel. Samuti puudub tehisneuronitel tsütoskelett – raku sisemist struktuuri määrav keerukas elastne karkass. Samas on korduvalt oletatud, et neuroni tsütoskelett on kuidagi seotud informatsiooni tötlusega. Näiteks on täheldatud valgulise struktuuriga mikrotoobulite (tsütoskeleti üks koostisosasid) valmimise ja kujumuutuste tugevat seost aktiivse õppimisprotsessiga, eriti noorloomadel (katseloomadena nt. rotid, kanad) kriitilistes kasvufaasides (nt. aju nägemiskeskuse väljakujunemine).

Ajalised erinevused

Enamus *BNN*'de ajast sõltuvaid omadusi puuduvad *ANN*'del täielikult. Kui bioloogilised võrgud toimivad pidevalt ja asünkroonselt, siis tehisvõrgu üksuste töö on enamasti katkendlik ja sünkroniseeritud.

BNN's koosneb infot kandev signaal (neuronite väljund) impulssidest, mitte ei oma suhteliselt püsivat väärtust nagu *ANN*'des. Info on kodeeritud impulssidevaheliste intervallide pikkustesse ja/või impulsside sagedusse. Näide bioloogilise neuroni väljundimpulssidest:



Lisaks mängivad loodusliku neuroni funktsioneerimises olulist rolli viited ja väsimine. Elektrokeemilised protsessid võtavad oma aja ning seetõttu reageerib neuron sisendite muutusele mõnemillisekundilise viivitusega, tehisvõrgu üksustel aga sellist viidet tavaliselt ei ole (ja sünkroniseerimise tõttu see ehk ei mõjutakski midagi, kui oleks *ANN*' kella perioodist oluliselt väiksem). Bioloogilise närviraku väsimine väljendub aga tema reaktsioonivõime ajalisel langusel pideva tugeva ärritaja korral. Üldisemalt öeldes – kui tehisneuroni korral mõjutab neuroni eelnev käitumine praegust vaid ühenduste kaalude muutuse kaudu, siis loodusliku neuroni käitumine on tugevalt seotud tema lähiajalooaga (mis teeb võrgu käitumise oluliselt keerulisemaks).

Muud erinevused

Lisaks neuronite enda ehitusele ja ühendustele sõltub bioloogilise närvivõrgu töö ka ülejäänud organismist. Näiteks toimivad elusolendis globaalsete signaalidena mitmesugused hormoonid, millel on väga tugev mõju kogu organismi, sealhulgas ka närvisüsteemi, käitumisele.

Ettevaatusega tuleb loomulikult suhtuda ka *ANN*'de õpialgoritmide realistlikkusse. Teatud protsessid võivad küll vähesel määral sarnaneda *BNN*'des toimivatele, kuid rõhk on siinkohal fraasil **VÄHESEL MÄÄRAL**.

Kokkuvõte

Nagu selgus, on tehisnärvivõrgud tõepoolest vaid looduslike närvivõrkude *väga* ligikaudsed ja lihtsustatud mudelid. See on enamikule muidugi teada ning lisaks olemasolevate mudelite edukale kasutamisele neile sobivates rakendustes valmistataksegi üha enam ka uusi ja täpsemaid mudeleid (näiteks *spiking/pulsed neural networks*). Aga ilmselt oleks siiski soovitatav *BNN*'de tohutut keerukust võrreldes *ANN*'dega:

- piisavalt selgelt ja detailselt rõhutada tehisnärvivõrkudega esmakordselt kokkupuutujatele.
- tehisnärvivõrkudega sagedamini kokkupuutuvatel inimestel ka endale aeg-ajalt meelde tuletada - teadvustada, vältimaks liigset harjumist olemasolevate mudelitega.

| Kasutatud materjalid

Anekdoot:

Neural Network: Biological Approach. Romina Torres, Rodrigo Salas, Héctor Allende.
http://www.inf.utfsm.cl/~rsalas/Ramos/DII-577/Materia/1a_Enfoque_Biologico_RTT_RSF.ppt

Pilt impulssidest:

Cortical information processing. Arun Sripati.
<http://www.me.jhu.edu/~allisono/courses/530.651/lectures/lecture04.pdf>

Info *ANN*'de ja *BNN*'de kohta:

The Dynamics of the Processing Element of Artificial Neural Networks vs. the Biological Neuron. Thomas D. Myers Jr.
<http://www.cs.wayne.edu/~tom/csc588/csc588.html>

Neural Network. Biological V.S. Artificial.
<http://cindy.cis.nctu.edu.tw/AI/ai10/ba.html>

ANNEvolve :: Evolution of Artificial Neural Networks. Tutorial, page 2.
http://annevolve.sourceforge.net/tutorial_2.php