

Biológiai és mesterséges neurális hálózatok

Szegedy Balázs

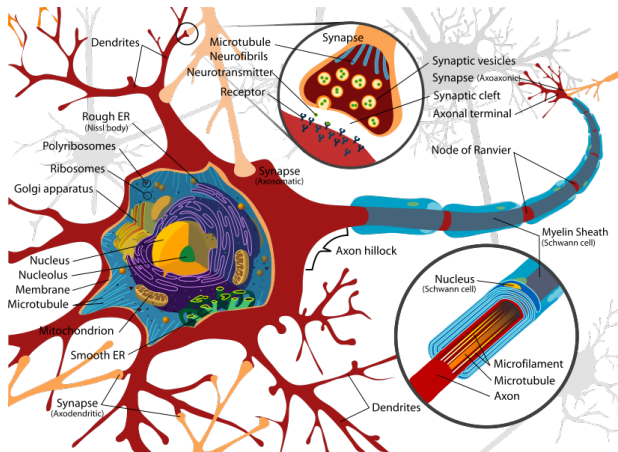
2018. október 10.

A mesterséges neurális hálózatok története 1957-ben kezdődött: perceptron (Frank Rosenblatt). 400 fotocella+"neurons". New York Times: *"the embryo of an electronic computer that [the Navy] expects will be able to walk, talk, see, write, reproduce itself and be conscious of its existence."* Sok évtized lassú fejlődés. Mostanában fegyorsúlt.

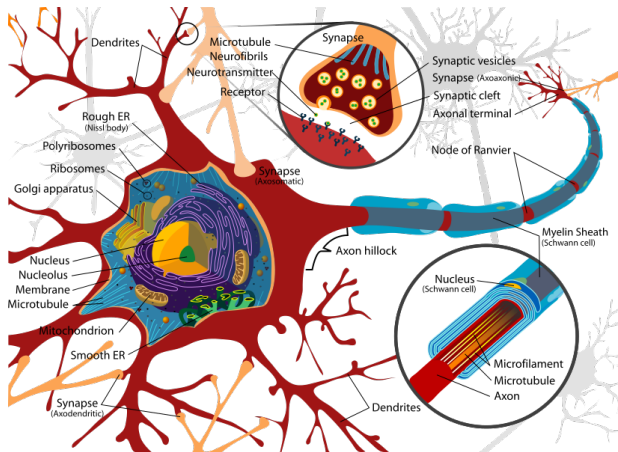
- 1 Nyilvánvaló hasonlóságok (biológiai motiváció miatt)
- 2 Különbségek (Az évtizedek során felhalmozódott mérnöki trükkök miatt)
- 3 Váratlan hasonlóságok (Amikor egy ad-hoc mérnöki trükknek megtaláljuk a biológiai változatát)

Jó projekt: Létrehozni egy minél teljesebb "szótárat" a harmadik kategóriához

A Neuron

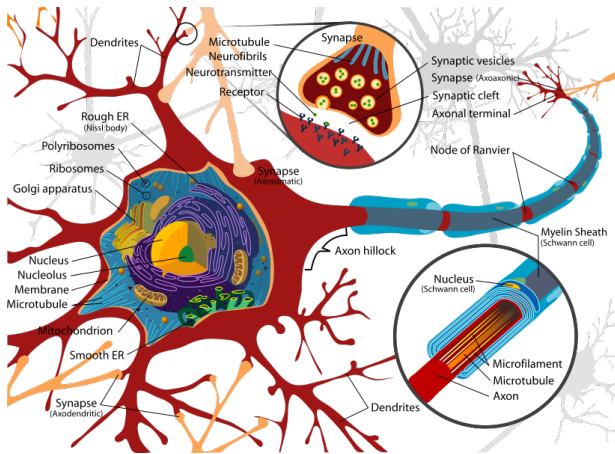


A Neuron



A neuronok ingerlékeny sejtek

A Neuron



A neuronok ingerlékeny sejtek amelyek ingerfelvétetre és idegi ingerületek vezetésére specializálódtak.

"Gép" ami valamiből csinál valamit. Bemenet \rightarrow kimenet.

"Gép" ami valamiből csinál valamit. Bemenet \rightarrow kimenet.

$x \rightarrow x^2$, $x \rightarrow 2x + 1$, összeadás mint függvény: $(x, y) \rightarrow x + y$

"Gép" ami valamiből csinál valamit. Bemenet \rightarrow kimenet.

$x \rightarrow x^2$, $x \rightarrow 2x + 1$, összeadás mint függvény: $(x, y) \rightarrow x + y$

Függvény egy nagyon általános fogalom. Szinte minden függvény!

"Gép" ami valamiből csinál valamit. Bemenet \rightarrow kimenet.

$x \rightarrow x^2$, $x \rightarrow 2x + 1$, összeadás mint függvény: $(x, y) \rightarrow x + y$

Függvény egy nagyon általános fogalom. Szinte minden függvény!

Sakkozó gép mint függvény.

"Gép" ami valamiből csinál valamit. Bemenet \rightarrow kimenet.

$x \rightarrow x^2$, $x \rightarrow 2x + 1$, összeadás mint függvény: $(x, y) \rightarrow x + y$

Függvény egy nagyon általános fogalom. Szinte minden függvény!

Sakkozó gép mint függvény. Fizikai valóság mint függvény!

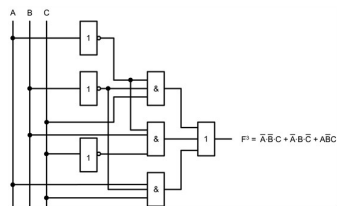
"Gép" ami valamiből csinál valamit. Bemenet \rightarrow kimenet.

$x \rightarrow x^2$, $x \rightarrow 2x + 1$, összeadás mint függvény: $(x, y) \rightarrow x + y$

Függvény egy nagyon általános fogalom. Szinte minden függvény!

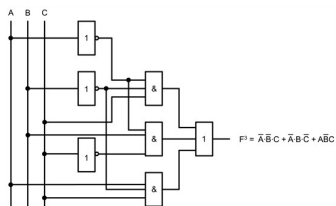
Sakkozó gép mint függvény. Fizikai valóság mint függvény!

Függvények komponálása segítségével sok egyszerű függvényből bonyolultat lehet csinálni!



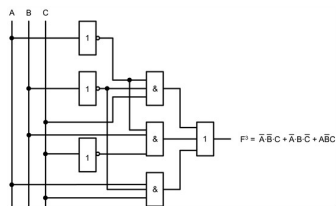
Számítógép működési elve!

Függvények komponálása segítségével sok egyszerű függvényből bonyolultat lehet csinálni!



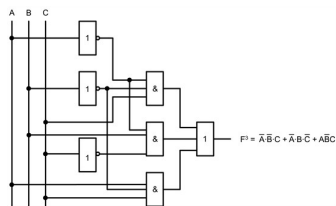
Számítógép működési elve! **Ez az emberi agynak is a működési elve!**

Függvények komponálása segítségével sok egyszerű függvényből bonyolultat lehet csinálni!



Számítógép működési elve! **Ez az emberi agynak is a működési elve!**
Ez a mesterséges neurális hálózatoknak is a működési elve.

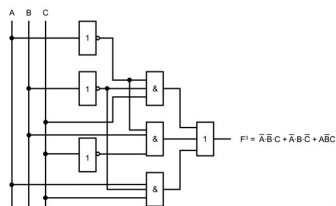
Függvények komponálása segítségével sok egyszerű függvényből bonyolultat lehet csinálni!



Számítógép működési elve! **Ez az emberi agynak is a működési elve!**
Ez a mesterséges neurális hálózatoknak is a működési elve.

Mik azok az egyszerű függvények amelyekből az emberi agy felépíti a bonyolult működését?

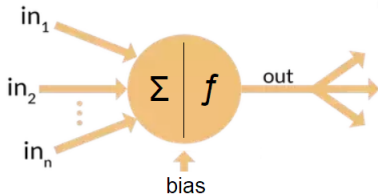
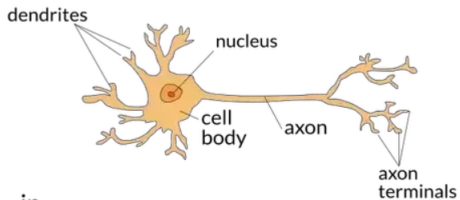
Függvények komponálása segítségével sok egyszerű függvényből bonyolultat lehet csinálni!



Számítógép működési elve! **Ez az emberi agynak is a működési elve!**
Ez a mesterséges neurális hálózatoknak is a működési elve.

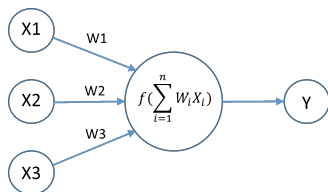
Mik azok az egyszerű függvények amelyekből az emberi agy felépíti a bonyolult működését? Sejt mint függvény: **NEURON**

Biológiai és mesterséges neuron

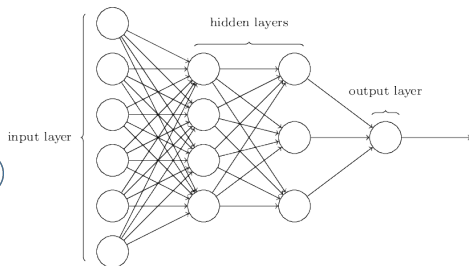


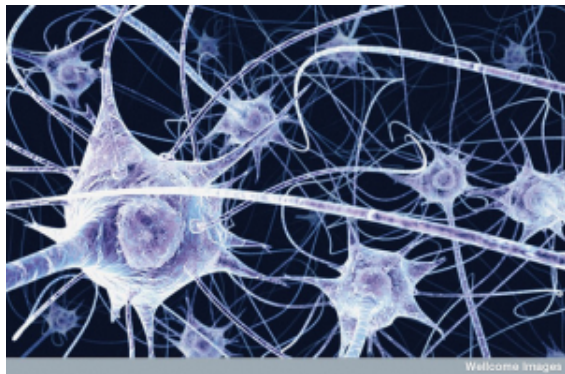
Mesterséges neuron háló

neuron



hálózat





emberi agy: kb 86 milliárd neuron és kb. 100-1000 trillió szinapszis. Ez 10^{15} paraméternek felel meg.

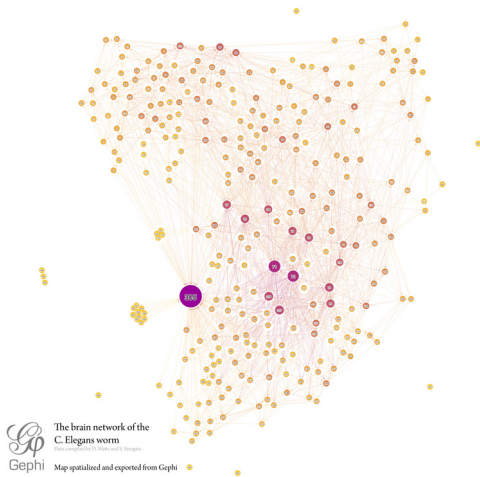
Mesterséges nuerális hálózatok: Bonyolultság \iff paraméter szám ("weight sharing" miatt ez gyakran kevesebb mint a szinapszisok száma)

Inception-V1, 7 millió paraméter. Kb 10^7 paraméter.

10^8 = **százmilliószoros különbség**

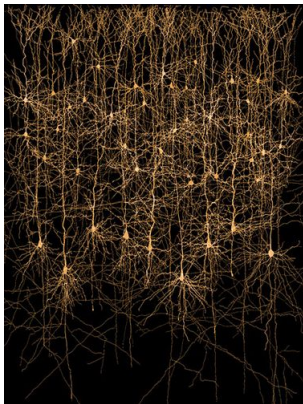
Érdekesség: A méret növelése a mesterséges neuronhálózatokban nem feltétlen okoz javulást a teljesítményben.

C. Elegans roundworm: 302 neuron



Cortical column (hypercolumn, macrocolumn, cortical module)

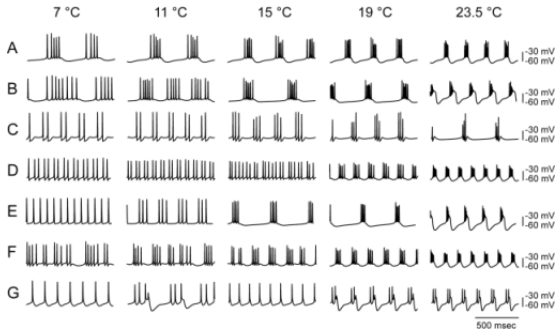
Egy meglepő hasonlóság



Biológiai neuronok kb 200-szor tüzelhetnek másodpercenként. A jel sebessége 0.61 m/s és 119 m/s között mozoghat. Az információt a tüzelési sebesség hordozza, illetve a tüzelés típusa.

Mesterséges hálózatokban folytonos paraméter közvetíti az információt. (A működés sebessége nem hordoz semmiféle információt.) A mesterséges hálózatban nincsenek fáradtságból adódó inaktív periódusai a neuronoknak.

Tuzelési minták



"Most animal species are cold-blooded, and their neuronal circuits must maintain function despite environmental temperature fluctuations. The central pattern generating circuits that produce rhythmic motor patterns depend on the orderly activation of circuit neurons. We describe the effects of temperature on the pyloric rhythm of the stomatogastric ganglion of the crab, *Cancer borealis*."

Átlagos tüzelési sebesség



Érdekesesség: Új kutatások szerint (Gina Turrigiano, Don Katz and Stephen Van Hooser) van egy beépített neurális termosztát ami szabályozza az átlagos tüzelési rátát. Ez segíthet az epilepszia illetve az autizmus megértésében.

Átlagos tüzelési sebesség



Érdekeség: Új kutatások szerint (Gina Turrigiano, Don Katz and Stephen Van Hooser) van egy beépített neurális termosztát ami szabályozza az átlagos tüzelési rátát. Ez segíthet az epilepszia illetve az autizmus megértésében. Érdekes kapcsolat a regularizációs módszerekkel mesterséges hálózatokban: **batch normalization**.

Biológiai hálózatoknak nagy a hiba toleranciájuk. Az információ redundánisan van tárolva - kis hibák nem okoznak memória zavart. **Neuroplaszticitás:**

Biológiai hálózatoknak nagy a hiba toleranciájuk. Az információ redundánisan van tárolva - kis hibák nem okoznak memória zavart. **Neuroplaszticitás:** 2011 január 8-án fejbélőtték Gabrielle Gifford amerikai politikust. A golyó keresztul met a koponya bal oldalán ami a nyelvi képességekért felelős. Ének terápia sokat segített.

Mesterséges hálózatoknál nem szempont a hiba tolerancia hiszen ideális esetben a számítógép tökéletes szimulációt hajt végre. Nincs önregenerálás, fáradtság stb...

Egy izgalmas és hasznos kapcsolat mesterséges hálózatokkal: "Drop out"

Az emberi agy kb 20%-át használja a teljes rendelkezésre álló energiánknak. Agy méret kb 1.4 kg = kb 2%-a a testsúlynak. Az agy energia felhasználása nagyjából 10 – 20 watt-nak felel meg (nem túl sok). Titan X GPU: 250 watt.



Mind a biológiai mind a mesterséges hálózatoknál a tanulás, azaz a paraméterek változtatása a legizgalmasabb téma.

Mind a biológiai mind a mesterséges hálózatoknál a tanulás, azaz a paraméterek változtatása a legizgalmasabb téma. Jelenleg nem értjük teljesen hogyan tanul az agy.

Mind a biológiai mind a mesterséges hálózatoknál a tanulás, azaz a paraméterek változtatása a legizgalmasabb téma. Jelenleg nem értjük teljesen hogyan tanul az agy. "*Neurons that fire together, wire together*" - **Hebb szabály**.

Mind a biológiai mind a mesterséges hálózatoknál a tanulás, azaz a paraméterek változtatása a legizgalmasabb téma. Jelenleg nem értjük teljesen hogyan tanul az agy. "*Neurons that fire together, wire together*" - **Hebb szabály**.

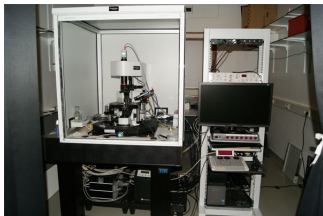
Biológiai hálózat: lokális tanulás, folyamatos változás

Mesterséges hálózat: globális tanulás, tipikusan elkülönülő tanulási és alkalmazási fázis.

Rengeteget tudunk az emberi agyról de ugyanakkor nagyon messze vagyunk egy teljes megértéstől. Javuló mikroszkópos technológiák. Jelenleg pár száz, pár ezer neuron szimultán megfigyelése lehetséges.

Rengeteget tudunk az emberi agyról de ugyanakkor nagyon messze vagyunk egy teljes megértéstől. Javuló mikroszkópos technológiák. Jelenleg pár száz, pár ezer neuron szimultán megfigyelése lehetséges. Jó lenne (de még messze van): Egy olyan teljes hálózat megfigyelése amelynek a teljes topológiáját ismerjük.

Rengeteget tudunk az emberi agyról de ugyanakkor nagyon messze vagyunk egy teljes megértéstől. Javuló mikroszkópos technológiák. Jelenleg pár száz, pár ezer neuron szimultán megfigyelése lehetséges. Jó lenne (de még messze van): Egy olyan teljes hálózat megfigyelése amelynek a teljes topológiáját ismerjük. Országunkban működik a femtonics cég ahol igéretes kutatások folynak.



Az emberi agy egy viszonylag egyszerű egységekből felépülő, lokális szabályok alapján működő és rendkívül rugalmas számítógép amely folyamatos visszacsatolásban áll a saját maga által előállított információval. A mesterséges neurális hálózatok csak részben rendelkeznek ezekkel a tulajdonságokkal. Vannak azonban feladatok amelyekben a mesterséges hálózatok már most jobbak mint az emberi agy: Alpha go. Az egyik legígéretesebb irány az orvosi diagnosztika.