

# Neuronální model

**Počítačové modely neuronu** jsou soustavy matematických rovnic či algoritmů, jejichž cílem je efektivně předpovědět výstup (akční potenciály) na základě vstupu (časový průběh vstupního proudu). Využívají se ve výpočetních neurovědách (computational neuroscience) pro studium přenosu informace v nervových soustavách biologických systémů. Mohou být jednoneuronové, nebo víceneuronové (několik neuronů či neuronové sítě).

Pro efektivní model je třeba najít správné parametry první úrovně (ty nejdůležitější pro přesný výsledek), aby byl model co nejpřesnější, a zanedbat parametry druhé úrovně (méně důležité pro přesný výsledek), aby výpočetní čas nebyl příliš dlouhý<sup>[1]</sup>. Nejenže toto dává možnosti simulovat experiment in silico, ale přináší poznatky, které aspekty jsou v přenosu informace v nervových systémech zásadní.

## Vlastnosti skutečných neuronů zásadních pro modelování

Na biologické neurony lze nahlížet jako na systém, který zpracovává informaci s určitým průběhem – **časový kód** – potenciál membrány mění se v čase, ale také zároveň může být důležitý počet akčních potenciálů za určitou časovou jednotku – **frekvenční kód**. Různé modely kladou různý důraz na časový či frekvenční kód<sup>[1]</sup>.

Při vývoji neuronálního modelu je dále nutné v některých případech zohlednit, že neuron má jako kondenzátor neideální vlastnosti. Dalším jevem, který ovlivňuje biologické neuronální sítě a může být žádoucí tento jev zohlednit, je *stochastická rezonance* – stav, kdy část šumu (zvýšení poměru signálu a šumu) rezonuje se signálem a způsobí jeho zvýšení. Příkladem biologicky relevantního systému je chování ryby Veslonos americký, který za pomoci stochastické rezonance hledá plankton<sup>[2]</sup>.

## Příklady jednoneuronových modelů

Leaky integrator (a jeho verze "and fire") je jednoduchým modelem, který se nepokouší modelovat fyziologicky přesně elektrochemické děje na membráně, ale zjednodušuje je na kondenzátor<sup>[3]</sup>. Model vychází ze vztahu pro průběhu proudu jako derivace vztahu proudu, napětí, času a elektrické kapacity:  $I(t) = C_m \frac{dV_m(t)}{dt}$ , kde  $I$  je proud,  $C_m$  je elektrická kapacita membrány,  $V_m$  je napětí na membráně a  $t$  je čas.

### Leaky integrator

Tento model modeluje pouze podprahový potenciál na membráně bez akčních potenciálů.

### Leaky integrate-and-fire

Jedná se variantu předchozího modelu, která navíc bere v potaz akční potenciál. Ve chvíli, kdy membránový potenciál dosáhne prahové hodnoty, započte se na výstupu, že došlo k akčnímu potenciálu, a od aktuálního membránového potenciálu se odečte arbitrární hodnota (dekrement po akčním potenciálu) či se resetuje na výchozí hodnotu.

### Hodgkinnův-Huxleyho model

Tento model byl poprvé popsán v roce 1952<sup>[4]</sup> a v roce 1963 za něj byla udělena Nobelova cena. Odpovídá fyziologickému průběhu elektrického potenciálu na membráně neuronu a bere v potaz otevírání a uzavírání napětově řízených sodných a draselných iontových kanálů<sup>[5]</sup>.

## Vztah neuronálních modelů a umělých neuronových sítí

Umělé neuronové sítě (artificial neuronal network, ANN) se inspiroují výpočetními neuronálními modely, nicméně neberou v potaz biologickou relevanci. Biologické detaily mohou přinést zásadní změny.<sup>[1]</sup>

## Odkazy

### Související články

- Membránový potenciál

### Externí odkazy

- w:en:Biological neuron model

### Reference

- KOŠTÁL, Lubomír. *Kódování informace v neuronech, matematické modely neuronu* [přednáška k předmětu

- Pokroky v neurovědách, obor Neurovědy, Fyziologický ústav Akademie věd České republiky, v.v.i]. Praha. 16. 5. 2017.
2. RUSSELL, D F, L A WILKENS a F MOSS. Use of behavioural stochastic resonance by paddle fish for feeding. *Nature* [online]. 1999, vol. 402, no. 6759, s. 291-4, dostupné také z <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10580499>>. ISSN 0028-0836.
  3. ZÁPOTOCKÝ, Martin. *Kódování informace v neuronech, matematické modely neuronu* [přednáška k předmětu Pokroky v neurovědách, obor Neurovědy, Fyziologický ústav Akademie věd České republiky, v.v.i]. Praha. 16. 5. 2017.
  4. HODGKIN, A L a A F HUXLEY. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *J Physiol Lond* [online]. 1952, vol. 117, no. 4, s. 500-44, dostupné také z <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1392413/?tool=pubmed>>. ISSN 0022-3751.
  5. SIEGELBAUM, Steven a A.J. HUDSPETH. *Principles of Neural Science, Fifth Edition*. - vydání. McGraw Hill Professional, 2013. 1709 s. ISBN 9780071390118.