

# Neural Darwinism

## The Theory of Neuronal Group Selection

# Neural Darwinism

- G. M. Edelman (1987)
  - Neural Darwinism (1987)
  - Topobiology (1988)
  - Bright Air, Brilliant Fire (1992)
- G. Reeke Jr.
  - autor počítačových modelů

# Neural Darwinism

- Motivace a základní problémy
  - model *mysli* × model *činnosti mozku*
  - evoluce a vznik komplexních struktur neuronů
  - činnost nervového systému bez předchozích znalostí kategorií
  - korelace vjemů a koordinace jednotlivých částí NS
  - učení, krátkodobá a dlouhodobá paměť

# Neural Darwinism

- Nervový systém jako selektivní systém
  - analogie s přirozeným výběrem v evoluci
    - upřednostňování nejsilnějších jedinců v populaci
  - několik druhů selekce
    - při stavbě nervového systému
    - při formování skupin neuronů a propojení synapsí
    - při aktualizaci síly synaptických spojů
- Nervový systém jako klasifikátor
  - představuje děje v CNS jako důsledky klasifikace vjemů přicházejících z okolí i z CNS samotného

# Neural Darwinism

- Skupiny neuronů (*Neuronal Groups*)
  - základní jednotky schopné samostatně operovat
    - reagovat určitým způsobem na vstupy
  - skupiny nervových buňek se společnou aktivitou
    - stovky až tisíce nervových buněk ve skupině, během času se může měnit
    - neurony propojeny jak uvnitř skupin, tak existují spojení mezi skupinami
    - větší robustnost skupiny ve srovnání se samotným neuronem
  - vybírány z dostatečně velkého *repertoáru*
    - paleta skupin obsažená v *repertoáru* by měla co nejlépe pokrývat množinu možných vstupů

# Neural Darwinism

- Prvotní repertoár (*Primary repertoire*)
  - vznik během prvních fází života organismu
  - formování celků v CNS je řízeno pomocí regulačních molekul (*Regulatory Hypothesis*)
    - Gerald M. Edelman: *Topobiology* (1988)
    - určuje základní strukturu, nechává ale velký prostor pro variabilitu → velmi odlišné primární repertoáry i u jedinců se stejnou DNA
  - základní vlastností je *degenrovanost*
    - jednotlivé skupiny se funkčně překrývají, na jednu kombinaci vjemů reaguje více skupin různými způsoby
    - nutný požadavek pro úspěšné rozpoznávání

# Neural Darwinism

- Druhotný repertoár (*Secondary Repertoire*)
  - vytváří se z prvotního repertoáru na základě jednání organismu
  - pevná anatomická struktura
    - nedochází ke změnám v propojení neuronů
    - změny a selekce probíhají jen úpravou synaptických vah
- Počítačový model *Darwin I*
  - podporuje ideu selekce v degenerované množině
    - vyhledávání vzorů v množině 32-bitových čísel

# Neural Darwinism

- Úpravy synaptických vah
  - posiluje vazby mezi současně aktivními skupinami neuronů
    - ty jsou posilovány změnami synapsí jednotlivých neuronů
  - zavrhuje Hebbovské pravidlo
    - místo něj zavádí nezávislá pravidla pro pre- a post-synaptických vah
  - pre-synaptické změny
    - reprezentují dlouhodobé změny, změna se dotýká celé nervové buňky
  - post-synaptické změny
    - reprezentují krátkodobé změny,



# Neural Darwinism

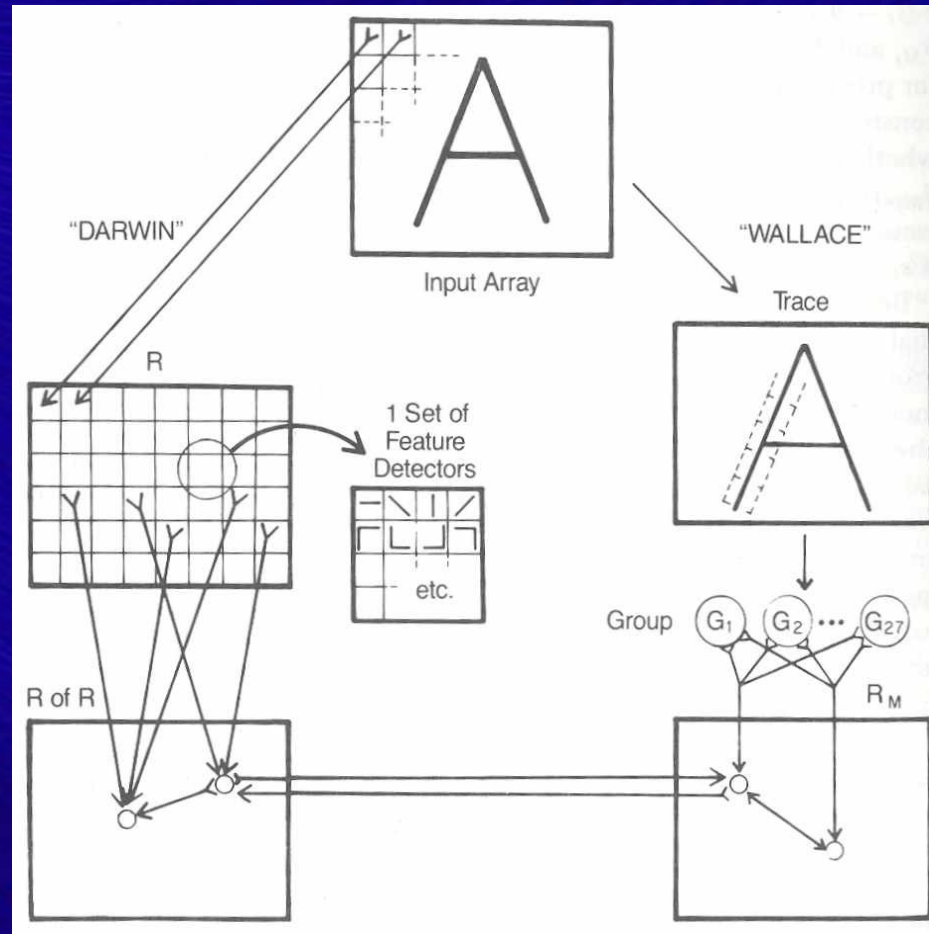
- Rekurence (*Reentry*)
  - propojení funkčních celků nervového systému
    - oddělené jednotky nedávají žádnou informaci navíc
    - vznik *Classification couples*
  - koordinace funkčních celků
    - nahrazuje centrální systém, který by řídil činnost jednotlivých funkčních celků a dával do souvislosti jejich výsledky
    - řeší potřebu synchronizace informací vzhledem k času a místu jejich vzniku
  - umožňuje vytvářet asociace při zpracování vjemů
    - díky rekurentním spojením mezi více funkčními celky se mohou vybavovat i vzory, které by samotné mapování vyhodnotilo jako odlišné

# Neural Darwinism

- Počítačový model *Darwin II*
  - zjednodušený model využívající rekurenci ke klasifikaci pomocí klasifikačního páru
  - automat rozpoznávající 2D symboly
    - dva oddělené systémy: *Wallace* pracující „globálně“ na základě detekce hran a tvarů a lokálně pracující *Darwin* pracující s pevně umístěnými body (pixely)
  - zjednodušená reprezentace skupin neuronů
    - simulace probíhá na úrovni skupin neuronů, aktivita jednotlivých neuronů simulována kvůli výpočetní náročnosti není
    - skupina neuronů je reprezentována jen svým stavem, aktualizace probíhá na základě stavu ostatních skupin

# Neural Darwinism

- Struktura modelu *Darwin II*



# Neural Darwinism

- Počítačový model *Darwin II*
  - výstupy modelu
    - *Darwin*: jedinečný výstup i pro každý vzor; při opakování vzoru dává stejnou (ale posílenou) odpověď
    - *Wallace*: klasifikace do tříd se společnými vlastnostmi; pro podobné vzory dává velmi podobné výstupy
    - *Darwin II*: je schopný asociovat odlišné vzory patřící do stejné kategorie
  - potvrzuje schopnost adaptace architektury
    - při opakovaném předkládání vzoru se zvyšuje kontrast mezi skupinami neuronů, které tento vzor bezpečně rozpoznávají a těmi, které na něj nereagují

# Neural Darwinism

- Počítačový model *Darwin II*
  - potvrzuje schopnost architektury vytvářet asociace napříč jednotlivými funkčními celky
    - při odpojení jedné ze vstupních částí je systém stále schopný jeho činnost částečně nahradit díky rekurentním synapsím
    - při předkládání vzorů se učí porovávat reakce obou subsystémů; po odpojení vstupní části stále dochází k vybavování posledních předložených vzorů (oscilace)

# Neural Darwinism

- Další výsledky (co se nevešlo)
  - sdružování klasifikačních párů a formace globálních map a funkcí (*global maps, global functions*)
    - Počítačový model *Darwin III*: korelace předdefinovaných hodnot (instinktů) s vstupem z kamery snímající scénu a kategorizací vjemů
    - vliv na paměť a učení
  - souvislost teorie s teorií evoluce druhů
  - důsledky teorie na pohyb a motoriku

# Neural Darwinism

- Reference a povzdechnutí na závěr
  - Gerald M. Edelman - Neural Darwinism
  - Gerald M. Edelman - Bright Air, Brilliant Fire
  - The Brain Builders
    - používá systém založený na skupinách neuronů pro řízení autonomního robora
    - <http://www.fuzzgun.btinternet.co.uk/brain/brainbuilders.htm>
  - Následníci...?

# Neural Darwinism

- Prostor pro diskusi a Vaše dotazy