

# **Grounding language acquisition in sensorimotor cognition: A connectionist approach**

**Kristína Rebrová**

kristina.rebrova@gmail.com

# Ukotvenie akvizície jazyka sensomotorickej kognícií: Konekcionistický prístup

- percepcia a motorika sú kódované v **spoločnej** doméne
- pri pozorovaní akcií dochádza k motorickej rezonancii, ktorú môžeme chápať ako senzomotorickú simuláciu pozorovanej akcie zabezpečujúcu jej porozumenie
- motorická **rezonancia** sa prejavuje aj pri porozumení jazyku o pohybe
- výpočtové modely čerpajú z týchto poznatkov

# Ideomotorická teória a spoločné kódovanie

## Ideomotorická teória akcie (James, 1890)

- akcie nie sú reprezentované oddelene od vnemov, ktoré sa s nimi spájajú
- podnetom pre vykonanie akcie je očakávanie jej perceptuálnych dôsledkov
- takéto podnety prichádzajú „bez váhania a bezprostredne“, ale ich vykonanie môže byť zastavené inými ideami

## Teória spoločného kódovania

- akcia a percepcia sú na vyššej úrovni kódované pomocou **spoločných multimodálnych reprezentácií**
- motorická rezonancia: čiastočná aktivácia motorických oblastí mozgu čisto prostredníctvom senzorických vstupov
- pozorovaná akcia sa **mapuje** na motorický repertoár pozorovateľa

# Behaviorálne experimenty

Výborný prehľad: van der Wel a kol. (v tlači)

- Motorická príprava zlepšuje výkon v perceptuálnych úlohách (Hecht a kol., 2001)
  - vizuálne spracovanie sínusoidálnych vzorov bolo lepšie v prípade, keď participanti pred pozorovaním cvičili podobné pohyby rukou.
- Experiment s hádzaním šípok (Knoblich a Flach, 2001)
  - Pri pozorovaní vlastnej akcie máme lepší odhad než pri cudzích ľuďoch
- Profesionálni športovci, napr basketbalisti (Aglioti a kol., 2008)
  - vedia oveľa lepšie predikovať výsledok hodov na koš na videu, aj oproti „profesionálnym pozorovateľom“ (tréneri, žurnalisti)
  - neplatí to však pri statických obrázkoch (Sebanz a Shiffrar, 2009)

# Teória spoločného kódovania: Neurálna podpora

- skúmanie EEG mu-rytmu (zhruba v alfa-pásme)
- mu-rytmus je charakteristický pre stav motorického pokoja a rozruší sa keď sa subjekt začne hýbať
- mu-rytmus sa rozruší aj v prípade, že subjekt pozoruje pohyb iných ľudí (Cohen-Seat a kol., 1954; Gastaut a Bert, 1954)
- dokonca aj robotického ramena (Oberman a Ramachandran, 2007)
- podobné výsledky už u 14-16 mesačných detí (Van Elk a kol., 2008)
  - silná desynchronizácia len v prípade, že pozorované deti lozili, nie chodili
- zrkadliace neuróny

# Zrkadliace neuróny

- objavené u makakov (Pellegrino a kol., 1992)
- pália vtedy keď opica akciu vykonáva, ale aj vtedy keď ju iba pozoruje
- nedávno objavené priamym meraním aj u ľudí (Mukamel a kol., 2010)
- zohrávajú rôzne úlohy v kognícií:
  - porozumenie akciám, ale aj ich cieľom (Rizzolatti a Sinigaglia, 2010)
  - porozumenie emóciám a „čítanie mysli“ (Gallese a kol., 2004)
  - evolúcia jazyka (Rizzolatti a Arbib, 1998)
  - porozumenie a produkcia jazyka na základe *neurálneho vyťažovania* (Gallese a Lakoff, 2005)

# Porozumenie jazyku a motorická rezonancia

- Neuropsychologická podpora (pekný prehľad v Pulvermüller, 2005)
  - motorická kôra je organizovaná somatotopicky (ako mapa)
  - čítanie/počúvanie pohybových slovies vedie k somatotopickej aktivácií v motorickej kôre
  - napr.: kopať – noha, zdvihnúť – ruka, lízať – ústa
- Behaviorálna podpora: princíp interferencie
  - action-sentence compatibility effect (Glenberg a Kaschak, 2002)
    - čítanie „prenosových“ viet môže zlepšiť alebo zhoršiť reakčné časy pri stláčaní tlačidiel blízko a ďaleko od tela
    - napr. „Janka Ti podala knihu“
  - rovnaký efekt u viet s rotačným pohybom (Zwaan a Taylor, 2006)
    - „Janka otvorila uhorky“

## Výpočtové modely: konekcionistický prístup

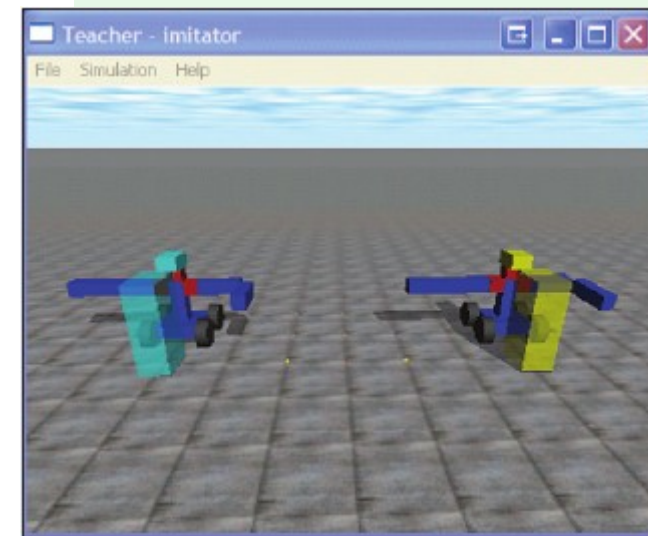
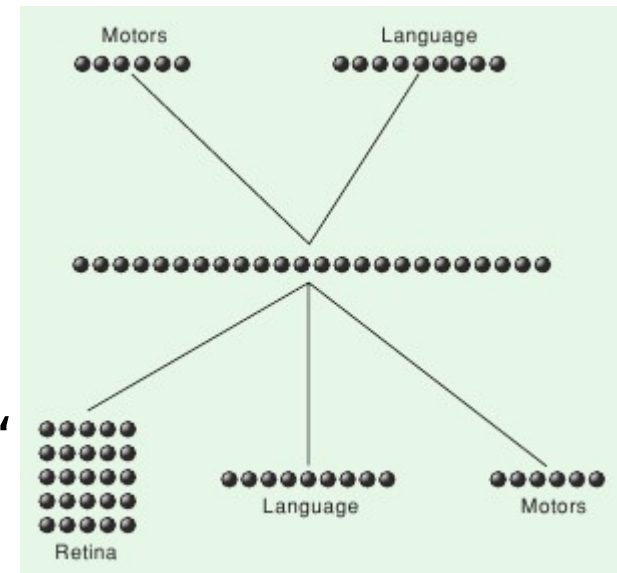
- priamo implementujú spoločné kódovanie percepcie, motoriky a jazyka
- na vstupnej vrstve reprezentujú neuróny rôzne modality
- na výstupnej vrstve predikcia stavu v ďalšom čase alebo iný výstup
- pohyby sú sekvencie → implementácia pomocou rekurentných sietí (forward model, Wolpert a kol., 2003)
- asociačné neuróny - spájajú informácie s modalít a modulujú ďalšie správanie
- implementované ako riadiace architektúry pre kognitívne roboty



# Prenos ukotvenia symbolov

(Cangelosi a Riga, 2006; Cangelosi a kol., 2007)

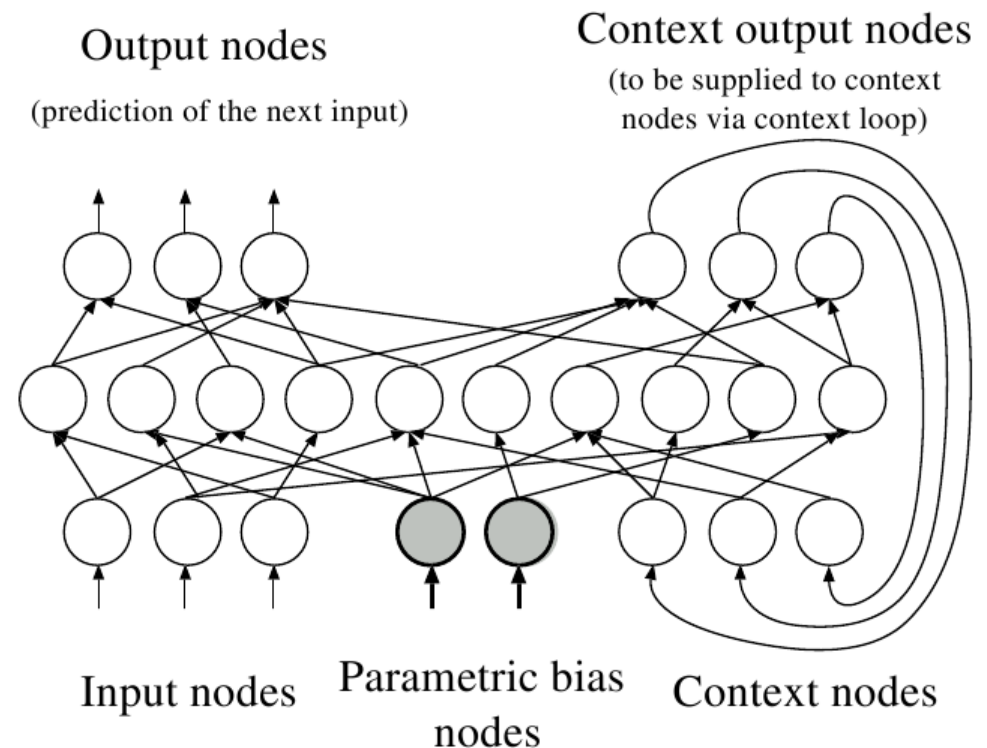
- prenos ukotvenia významu: z konkrétnych slov na kompozičné ale aj vysoko abstraktné slová
- napr. „jednorožec“ je „kôň“ s „rohom“
- učenie
  - najprv pomocou imitácie
  - potom pomocou jazykového vstupu od užívateľa (človeka)
- simulované roboty v ODE
- architektúra: klasický MLP
- učenie pomocou klasickej BP



# Recurrent neural network with parametric biases: RNNPB

(Tani, 2003; Tani a Ito, 2003)

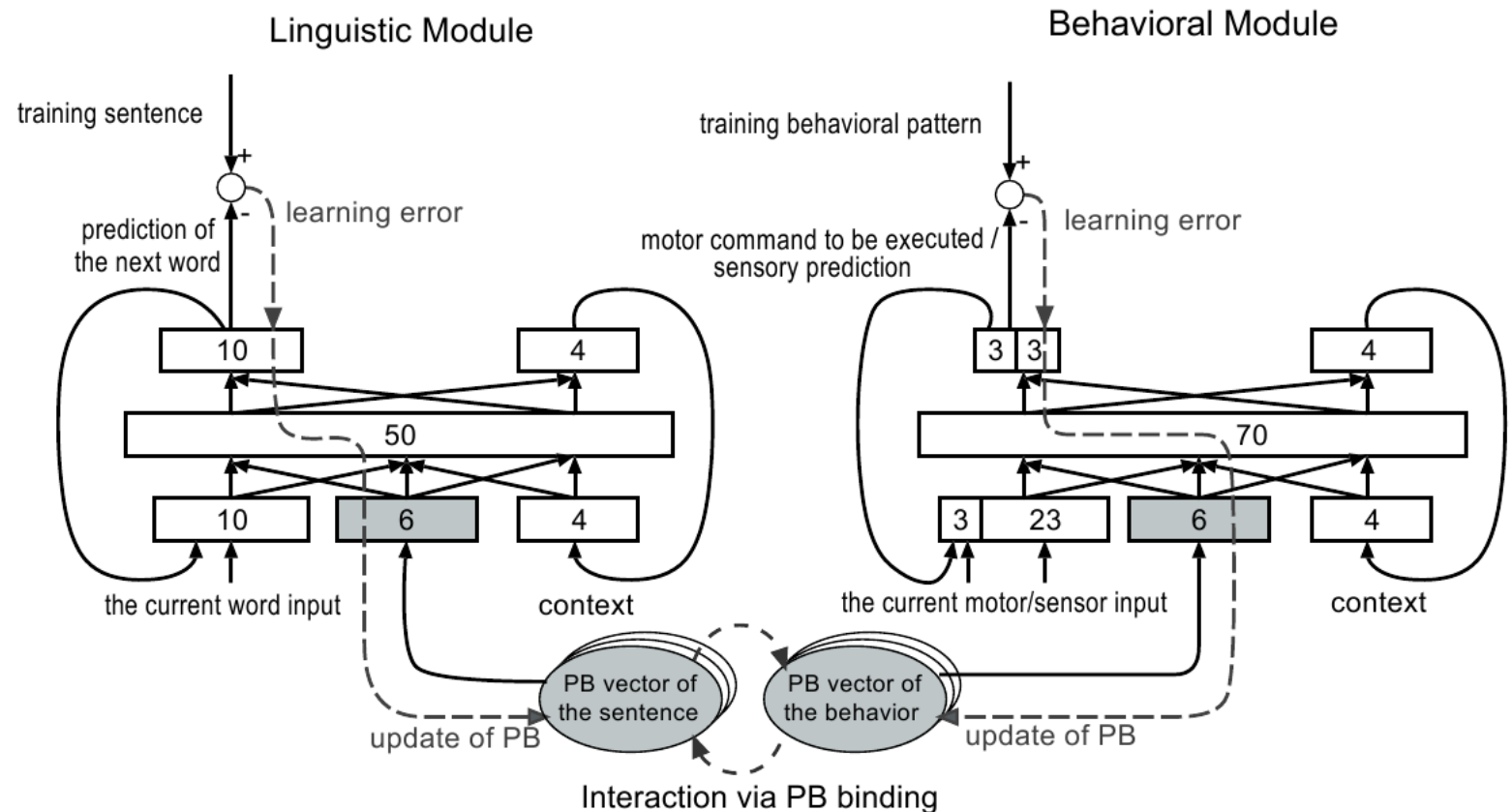
- parametrické biasy (PB vektory/uzly)
  - ležia na vstupnej vrstve
  - zachytávajú reprezentácie rôznych správání (pohybov) agenta na základe samoorganizácie
  - po dodaní na vstup siete modulujú správanie sa architektúry aj v prípade rovnakých perzeptuálnych vstupov
- učenie siete pomocou BPTT



# RNNPB pre úlohy s jazykom

(Sugita a Tani, 2005)

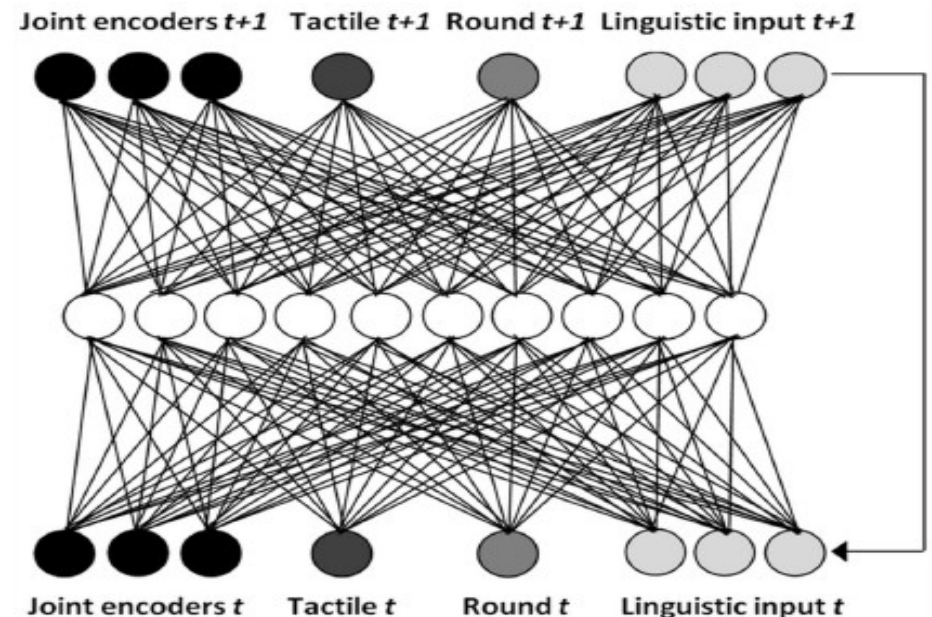
- mobilný robot vykonáva 3 akcie: *point*, *push*, *hit*
- prostredie s 3 objektami:  
červený, modrý, zelený // vľavo, v strede, v pravo
- vie reagovať aj na nové jazykové vstupy
- PB binding



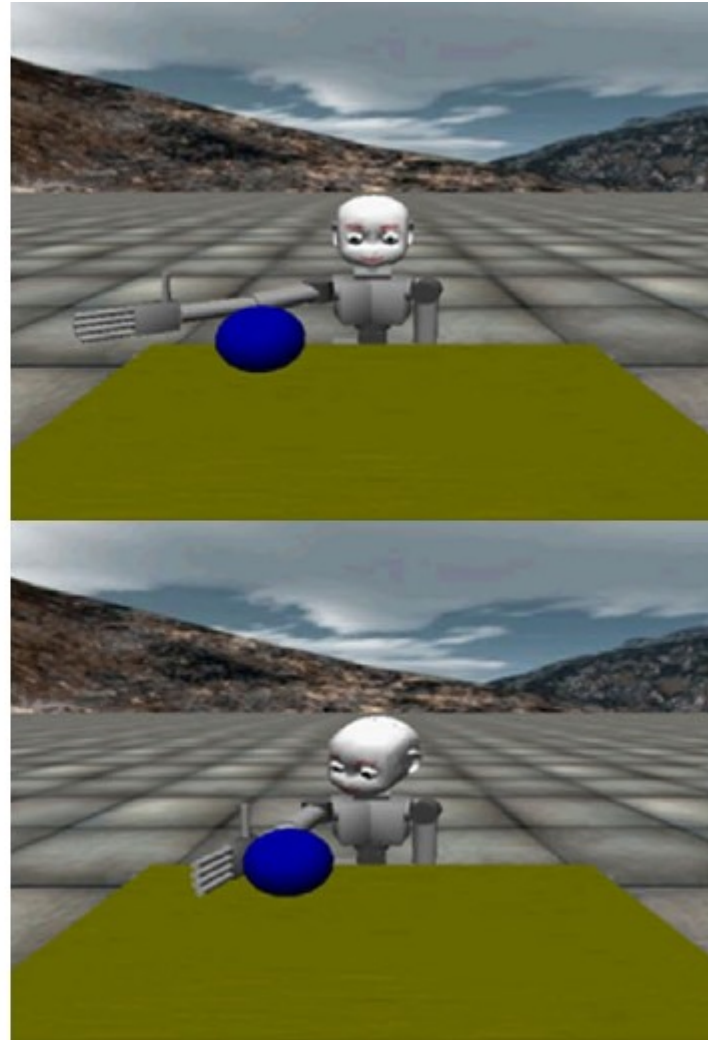
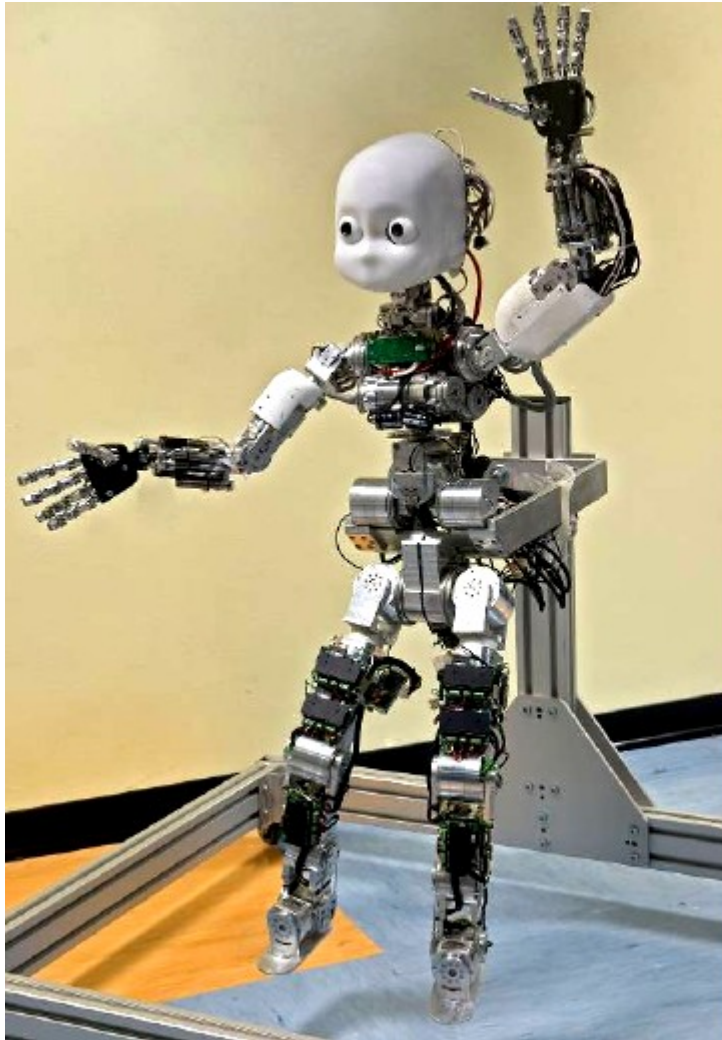
# Model priameho ukotvenia jazyka v akcií

(Marocco a kol., 2010)

- klasická RNN pracujúca ako forward model
- na výstupe predikuje nasledujúci stav na vstupnej vrstve, čiže svoj ďalších pohyb a jeho možné senzorké dôsledky
- simulátor robota iCub
- jednoduchá manipulácia s objektami: potlačenie objektov
- učí sa slová pre kategórie objektov a ich vlastností pri dotyku
- napr.: „gúľajúci sa“, „šúchajúci sa“, „nehybný“
- učenie pomocou BPTT

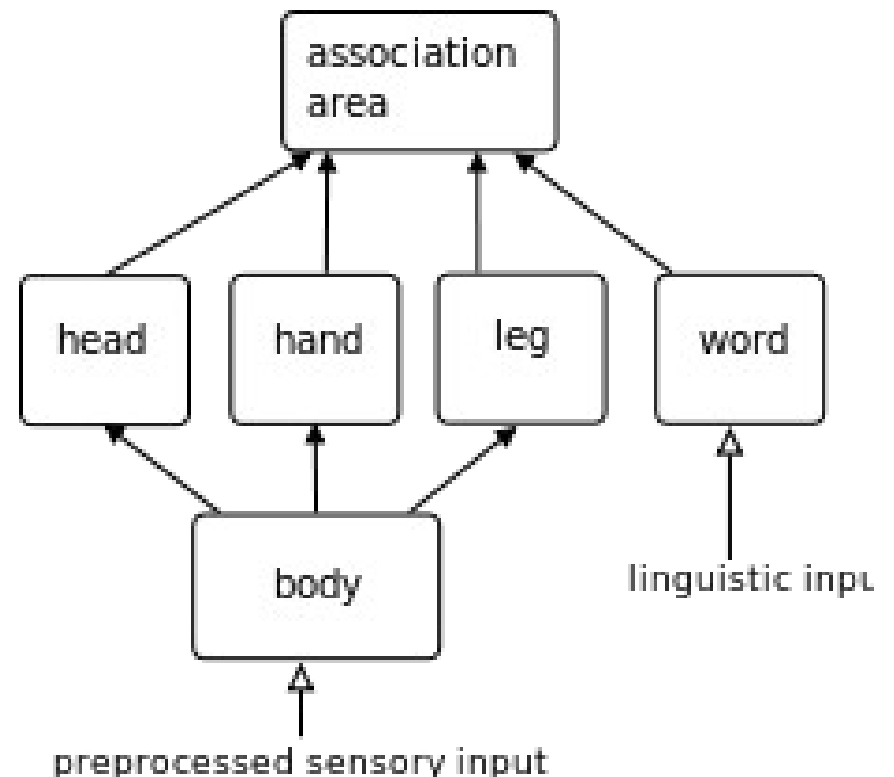


# iCub



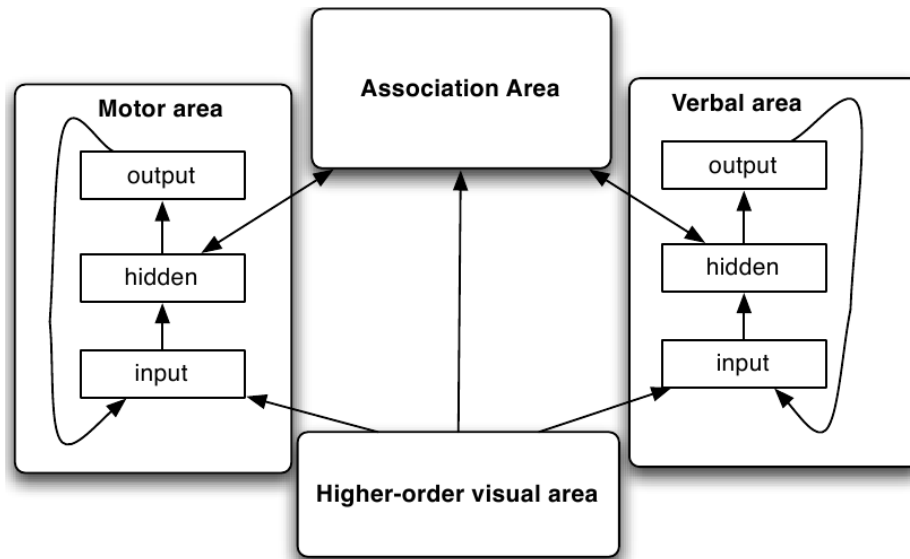
# Projekt MirrorBot

- modulárna hierarchická samoorganizujúca sa pamäť
- podľa štúdií Pulvermüllera a kolegov (napr. Pulvermüller, 2005)
- 3 časti tela a slovesá s nimi spojené
- niekoľko vzájomne prepojených SOM
- **asociačná oblasť** na vrchu



# Náš model

- riadiaca architektúra pre simulovaného iCub-a, ktorý bude manipulovať predmetmi, pozorovať akcie a pomenovávať ich, a tiež vykonávať akcie na základe verbálneho povelu
- 4 prepojené moduly (siete)
  1. motorická oblasť: RNN na ovládanie pohybov iCuba
  2. jazyková oblasť: RNN pre spracovanie jednoduchého jazyka
  3. asociačná oblasť:
    - je obojsmerne prepojená so skrytými vrstvami oboch RNN



- obsahuje multimodálne reprezentácie akcií
  - môže zasahovať do ich fungovania, zastaviť ale aj podnietiť vykonávanie akcií a pomenovávanie
4. vizuálna oblasť: nie je sieť, len poskytuje predspracované vstupy

**Ďakujem za pozornosť**

Kristína Rebrová

kristina.rebrova@gmail.com