



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Katedra aplikovanej informatiky

Oponentský posudok na bakalársku prácu

Reprezentácia proprioceptívnych vstupov humanoidného robota iCub pomocou
samoorganizujúcich sa máp
Naďa Bednárová (Katedra kybernetiky, ČVUT v Prahe)

Školiteľ: Mgr. Matěj Hofmann, PhD.

Garant: Mgr. Michal Vavrečka, PhD.

Náplň a prínos práce:

Bakalárska práca (BP) sa zaoberá výpočtovým modelovaním vzniku reprezentácií proprioceptívnych vstupov v mozgu s využitím humanoidného robota iCub. V rámci tohto biologicky inšpirovaného prístupu ku kódovaniu proprioceptívnej informácie bol využitý známy model umelej neurónovej siete – samoorganizujúcej sa mapy (SOM, Kohonen, 1982), ktorá sa učí na vstupných tréningových dátach. Študentka našudovala potrebnú literatúru z neurovedy a vyskúšala tri typy kódovania proprioceptívnej informácie (jeden kĺb, t.j. stupeň voľnosti, pomocou viacerých neurónov). Nakoľko ide o zložitý nelineárny problém, úloha bola vhodne zjednodušená zameraním sa len na pohyb jednej ruky a hlavy. Študentka súčasne poukázala na matematické problémy, na ktoré narazila pri použití populačného kódovania vstupov. Šikovne navrhla štatistický neparametrický model (kernel density estimation, KDE) na dekódovanie pozičnej informácie (kĺbu) z váh natrénovanej SOM. BP predstavuje zaujímavý prínos pre oblasť kognitívnej robotiky a nabáda k ďalšiemu skúmaniu vhodného kódovania a dekódovania pozičnej informácie.

Štruktúra práce a formálna stránka:

BP má celkovo 35 strán (z toho 27 strán textu, čo postačuje na BP) a je členená na 5 kapitol. Po krátkom motivačnom úvode, kap. 2 stručne zhrňuje neurovedné poznatky o proprioceptcii u človeka. Kap. 3 sa zaoberá reprezentáciou proprioceptcie v iCub-ovi (uhly kĺbov) s využitím modelu SOM. Kap. 4 opisuje implementáciu a testy, a vysvetľuje tiež problémy populačného kódovania. Kap. 5 uzatvára prácu a ponúka i diskusiu. Literatúra obsahuje 26 zahraničných referencií. Príloha BP obsahuje detailnejšie informácie o kĺboch iCub-a. Priložené CD obsahuje použitý kód a všetky zdrojové súbory (v jazyku Matlab). BP je písaná po slovensky, stručne a veľmi zrozumiteľne, po obsahovej stránke na veľmi dobrej úrovni, s malým množstvom nepresností. Formálna stránka BP je tiež výborná. K práci mám niekoľko komentárov.

Komentáre:

1. Rovnice je dobre číslovať, aby sa ne dalo odvolávať (aj v posudku).
2. Str. 7: sú dve verzie algoritmu SOM (s dvoma rôznymi spôsobmi určovania víťaza c , bežne používaná ED a menej známa DP), no spôsob úpravy váh pre DP (dot product) verziu je trochu iný (viz napr. učebnicu Kvasnička a spol. 1997) než ten uvedený v BP, aby sa dosiahla korektná modifikácia váh iba podľa vzájomného uhla ($w_i(t+1) = w_i(t) + a(t) \cdot h_{ci}(t) \cdot x(t)$, s následným normovaním váhového vektora).
3. Pri troch použitých spôsoboch kódovania vstupov je uvedené, že lineárny spôsob je nevhodný, a že pri gausovskom kódovaní vznikali problémy s dekovaním pozície. Chýba však zmienka o výsledkoch pri obojsmernom sigmoidálnom kódovaní.
4. Str. 19: text je trochu mätúci, lebo sa píše o $sum_size = [1 \ 1]$ (t.j. jeden neurón v SOM) a potom sa

píše o populácii 10 neurónov. Predpokladám, že SOM mala 10 neurónov a teda $\text{som_size} = [1 \ 10]$ (lebo aj ďalej sa píše o 10×2 hodnotách).

5. V rovnici na str. 21 suma beží do n nie N . Nápad robiť rekonštrukciu cez KDE je podľa mňa dobrý, vylepšením by mohla byť eliminácia okrajových hodnôt z kernelov (tie sú zrejme vždy tie nesprávne z dvojice), čím by bola kernelová funkcia ostrejšia (s výraznejším maximom).

6. Študentka spomína problém s posunom jednotlivých zložiek váhových vektorov, čím vznikajú nekonzistentné vektory, ktoré sa problematicky dekodujú. Možno by sa tomu dalo pomôcť vhodnou moduláciou rýchlosti učenia v závislosti od vzdialenosti od vstupu, alebo skôr použitím DP verzie algoritmu SOM (nie ED verzie).

7. Škoda, že do práce neboli zahrnuté numerické výsledky (presnosť dekodovania), tabuľku `testy.xls` spomínanú na str. 24 dole som na priloženom CD nenašiel.

8. Mapovanie vektorovo-kódovanej proprioceptívnej informácie do SOM predstavuje zložitý nelineárny problém. Presne nevieme, ako to funguje v mozgu, ale z neurovedy sa zdá byť zrejme, že jednotlivé stupne voľnosti sa nekódujú len jedným neurónom, ale populáciou. Vyššie spomínané návrhy (bod 6) by mohli napomôcť pri biologicky inšpirovanom modelovaní.

Hodnotenie:

Podľa môjho názoru Naďa Bednárová odviedla kus dobrej práce v empirickej (kompilačnej) i výpočtovej časti práce, nakoľko svojím obsahom a náročnosťou, aj keď nie rozsahom, táto BP prekračuje bežné bakalárske práce (aspoň tie obhajované u nás na FMFI UK). Napriek spomínaným nedostatkom BP odporúčam k obhajobe a hodnotím ju známku **výborný (A)**.

V Bratislave, 8. 6. 2015

prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.