



Oponentský posudek disertační práce Mgr. Filipa Děchtěrenka

Comparison of scan patterns in dynamic tasks

Analýza očních pohybů je aktivní oblast základního a aplikovaného výzkumu v široké škále oborů od neurověd, přes bezpečnostní výzkum v dopravě až k marketingovým výzkumům studujícím nákupní chování zákazníků v supermarketech nebo způsobu, jak si zákazníci prohlížejí akční letáky. Pro zajímavost, heslo „eye movement analysis“, vyskytující se kdekoli v článku, vede k 3,5 milionu nálezů v Google Scholar, přesný výraz v názvu článku je nalezen v 742 záznamech. Když uvažujeme, nakolik je takový výzkum relevantní pro informatiku, zjistíme, že kombinace „eye movement analysis“ a „computer science“ kdekoli v článku vede k 151 000 nálezům. V publikacích IEEE se výraz „eye movement analysis“ kdekoli v článku vyskytuje 35 700-krát, v názvu článků jen 30-krát. Nicméně, citačně vedoucí článek této kategorie v IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence z roku 2011 má 322 citací. Analýza očních pohybů tudíž je aktuální oblastí výzkumu, poskytující vědecké problémy také pro inženýrskou komunitu.

Předložená disertační práce obsahuje 140 stran a je členěna do čtyř kapitol, následovaných závěrem, citacemi, seznamem obrázků a tabulek a přílohou, která, mimo jiné, obsahuje odkazy na programový balík v jazyce R, vyvinutý autorem k řešení úloh předkládané disertace. Každá ze čtyř kapitol se ještě dělí na subkapitoly dvou úrovní. První kapitola obsahuje úvod do zrakového vnímání a očních pohybů. Popisuje měření očních pohybů a charakter získaných dat a jejich tradiční zpracování. Na závěr popisuje zaměření disertace – statistické srovnání vzorů očních pohybů (scan patterns, SP), v paradigmatu MOT (Multiple Object Tracking). Druhá kapitola se věnuje srovnávání SP, nejdříve tradičními metodami, které srovnávají sekvence událostí. Posléze se zabývá analýzou měřených dat (raw samples), pro které definuje celou řadu metrik. Stabilitu a citlivost těchto metrik vyhodnocuje v sérii numerických experimentů pomocí simulovaných dat, anebo různě deformovaných reálných záznamů očních pohybů. Podle výsledků vybírá pro další analýzy korelační vzdálenost (correlation distance, CD), odvozenou od Pearsonovy korelace.

Třetí kapitola se zabývá statistickým testováním rozdílů mezi skupinami SP. Jako příklad reálných dat autor uvádí srovnání záznamů očních pohybů krátkozrakých probandů s brýlemi a bez brýlí. Autor popisuje metodu testování významnosti rozdílů skupin SP, kterou navrhli Feusner a Lukoff. Tato je založena na výpočtu vzdálenosti dvojic SP, jednak uvnitř skupiny a pak mezi skupinami. Rozdíl průměru meziskupinových a vnitroskupinových vzdáleností pak definuje celkovou vzdálenost dvou skupin. Posléze se z obou skupin vytvářejí náhodně vybrané skupiny a vzdálenost původních skupin se srovná s rozdělením vzdáleností náhodných skupin. Autor tento přístup nazývá párové srovnání. Jako vlastní příspěvek zavádí skupinové srovnání, kde se vzdálenost skupin nedefinuje pomocí párových vzdáleností. Bohužel autor nepopisuje (nepárovou) skupinovou vzdálenost dost jasně (kap. 3.3.2). Dále autor navrhuje permutační testy pomocí skupinových vzdáleností a vlastností skupinových

srovnání demonstruje v několika simulacích. Ukazuje, že navržené skupinové srovnání dokáže rozlišit jemné změny SP, způsobené otočením pohybů stimulů kolem osy x nebo y, které není možné detekovat pomocí smíšeného lineárního modelu.

Ve čtvrté kapitole autor modeluje oční pohyby pomocí neuronových sítí. Ukazuje, že neuronové sítě lépe predikují pohyby očí (eye gaze) než analytické modely.

Za slabinu práce považují výše zmíněné nedostatečné vysvětlení, jak autor definuje (nepárovou) skupinovou vzdálenost (kap. 3.3.2). Jinak mám jen poznámky formálního typu: na str. 50 poslední ř.: „scan patterns without 230 shifts“ (pokr. na str. 51) má být zřejmě „scan patterns with 230 shifts“. Poslední tři věty prvního odstavce na str. 60 na sebe nenavazují. Obr. 3.8 na str. 88 by měl mít popsané osy nebo podrobnější popis. Dále mi není jasné, jestli interpretace výsledků srovnání brýle-bez brýlí na str. 79, druhý odstavce, nějak plyne z dat nebo jde jen o spekulativní výklad.

Autor několikrát zdůrazňuje, že metody srovnání skupin SP mohou být použity při vyhodnocování rozdílů mezi skupinami časových řad obecně. To je jistě pravda, taková srovnání se vyskytují v různých aplikacích analýzy časových řad. Vyhodnocuje se podobnost (korelace, koherence) nebo vzdálenost pro dvojice časových řad, ale především se jednotlivé časové řady charakterizují nějakým deskriptorem a srovnávají se pak hodnoty použitých deskriptorů. Rád bych se zeptal, jestli takový přístup v analýze očních pohybů není běžný nebo se mu autor nevěnoval? Některé záznamy očních pohybů připomínají náhodné pohyby lidského těla během volného stání, které jde dobře popsat náhodnými procesy (Random Walking during Quiet Standing, Collins, De Luca, Phys. Rev. Lett. 73, 764, 1994), jejichž charakteristiky odlišují pohyby zdravých osob od osob s neurodegenerativními onemocněními. Dále se podobné časové řady vyhodnocují pomocí fraktální analýzy. Avšak zadání hesla „eye movement analysis,“ a „fractal“ v názvu najde asi jen dva články z 90. let, které zřejmě neměly velkou odezvu. Každopádně by byly zajímavé analýzy, které by odhalily charakter dynamiky očních pohybů. Takové analýzy jsou potřebné i při výběru vhodného prediktoru. Například, neuronové sítě aproximují funkční závislosti. Dá se očekávat funkční, deterministická závislost v trajektorii očních pohybů? Nebyl by vhodnější stochastický model?

Předložená disertace obsahuje velké množství užitečných informací jak analyzovat záznamy pohybů očí a jak statisticky vyhodnocovat rozdíly mezi skupinami těchto záznamů. V řadě originálních numerických simulací autor kvantitativně charakterizoval různé míry vzdáleností trajektorií očních pohybů a navrhl metody testování statistické významnosti rozdílu mezi skupinami záznamů. Výsledky této práce budou užitečné v dalším zkoumání záznamů očních pohybů, případné časových řad obecně. Výsledky práce autor publikoval ve dvou článcích v impaktovaných časopisech a ve dvou konferenčních příspěvcích. Autor prokázal schopnosti pracovat samostatně a tvůrčím způsobem. Proto doporučuji, aby práce byla přijata k obhajobě jako podklad k udělení vědecké hodnosti doktor v studijním oboru 411 Teoretická informatika.



V Praze 22. srpna 2017.

RNDr. Milan Paluš, DrSc.