

## Posudok oponenta habilitačnej práce

**Autor práce: RNDr. Zuzana Černeková, PhD.**

**Názov práce: Selected feature-based solutions in computer vision  
 (Vybrané riešenia v počítačovom videní založené na príznakoch)**

**Odbor: Informatika**

Predložená habilitačná práca RNDr. Zuzany Černekovej PhD. je zostavená zo súboru selektovaných publikovaných prác autorky. Koncentruje sa na štyri výskumné témy z oblasti počítačového videnia, ktorým sa autorka venovala v priebehu svojej doterajšej vedeckej práce. Konkrétne sú to tieto výskumné oblasti:

1. Časová segmentácia videa (Temporal video segmentation)
2. Rozpoznávanie ukazovacieho gesta (Pointing gesture recognition)
3. Výber najlepšieho pohľadu (Best view selection)
4. 3D lokálne príznaky pre mračná bodov (3D local features of point clouds)

### Aktuálnosť problematiky

Všetky prezentované výskumné témy sú stále kľúčové v počítačovom videní a teda aj hlboko aktuálne. Aj keď výskum v mnohých oblastiach počítačového videnia v posledných rokoch silne smeruje k použitiu hlbokých neurónových sietí, význam tzv. tradičných prístupov je stále dôležitý pre mnohé aplikačné domény a sem patria aj autorkou prezentované publikované metódy a riešenia.

### Vedecký prínos práce

V problematike časovej segmentácie videa (**Temporal video segmentation**) sa autorka vo svojej habilitačnej práci opiera o svoje dve publikované práce [1] [2]. V článku [1] autorka publikovala metódu, ktorú vyvinula spolu so svojimi spolupracovníkmi behom svojho pobytu v laboratóriu AIIA na projekte EÚ MOUMIR. Išlo o metódu na detekciu náhleho ako i plynulého prechodu vo videu založenú na vzájomnej informácii (Mutual Information) a spoločnej(združenej) entropii (Joint Entropy). Tento prístup v dobe publikovania (2006) môžeme označiť ako mimoriadne úspešný až prelomový vzhľadom k jednoduchosti metódy a výborným výsledkom. Svedčí o tom aj vysoká citovanosť tejto publikácie.

Ďalšia vedecká publikácia autorky [2] prináša vylepšenia predchádzajúcej metódy s použitím predikcie pohybu.

Úlohu rozpoznávanie ukazovacieho gesta (**Pointing gesture recognition**) autorka vo svojej habilitačnej práci predstavuje na dvoch svojich publikovaných článkoch.

V prvom článku [3] je publikovaná autorkou navrhnutá metóda na rozpoznávanie ukazovacích gest bez značiek. Navrhnutý systém založený na videu používa jednu kameru, ktorá pozoruje používateľa pred obrazovkou a identifikuje body, na ktoré ukazuje na tejto obrazovke. Navrhnutá metóda najskôr extrahuje siluetu používateľa a následne zo siluety extrahuje informácie pre vytvorenie vektora príznakov pre každú snímku videa. Pre konečné získanie 2D polohy cieľového bodu na obrazovke boli použité viacriedové podporné vektorové stroje (SVM). Tento výskum prebiehal počas pobytu RNDr. Zuzany Černekovej, PhD. v AIIA Lab v Grécku a následne tiež behom výskumného pobytu v Centre pre počítačovú grafiku ZGDV Darmstadt v Nemecku. Tam bola táto metóda testovaná na veľkej obrazovke pomocou aplikácií navrhnutých pre širokú škálu ,aj technicky neznalých používateľov, a výsledky boli publikované v [4].

Prínos uvedených publikovaných metód rozpoznávania ukazovacieho gesta je zřejmý a to nielen v oblasti počítačového videnia, ale aj v aplikačnej doméne interakcie človeka s počítačom.

Na tému **výberu najlepšieho pohľadu zobrazenia (Best view selection)** predstavuje autorka svoje tri kľúčové publikácie.

V článku [5] sú uvedené tri prístupy k výberu najlepšieho pohľadu zobrazenia pre 3D objekty. Prvá metóda je založená na geometrii, druhá metóda využíva Ittiho model vizuálnej výraznosti a tretia počíta množstvo informácií v scéne po premietnutí 3D scény do 2D obrazu pomocou entropie. Publikácia [5] porovnáva tieto rôzne prístupy, pričom pomocou dotazníka autori zisťujú ako hodnotia výstupy ľudskí pozorovatelia. Pre ďalší výskum [6] bola zhromaždená databáza virtuálnych 3D modelov z rôznych kategórií s cieľom zistiť, či sa najlepší pohľad vybraný respondentmi líši od kategórie ku kategórii.

Konečne v publikácii [7] autorka predstavuje nový prístup k hľadaniu najlepšieho pohľadu na múzejné umelecké diela vo virtuálnych múzeách. V tejto práci sú objekty kategorizované do niekoľkých skupín, aby sa určilo, ktorá metóda je vhodná pre ktorý druh objektov.

Výber najlepšieho pohľadu zobrazenia je mimoriadne náročná téma vzhľadom k veľmi širokej variabilite vstupných dát ako aj vzhľadom k náročnému vyhodnocovaciemu procesu. Publikované príspevky RNDr. Zuzany Černekovej, PhD. majú novátorský charakter a sú nesporným prínosom pre vedeckú komunitu.

Ďalšia výskumná téma sa zaoberá **3D lokálnymi príznakmi pre mračná bodov (3D local features of point clouds)**. Autorkina práca [8] skúma metódy extrakcie lokálnych príznakov pre objekty reprezentovaných vo forme mračen bodov. Cieľom práce je teoretický prehľad a vyhodnotenie vybraných detektorov a deskriptorov pre mračna bodov, pričom publikácia prináša experimentálne vyhodnotenie opakovateľnosti a výpočtovej náročnosti jednotlivých metód a tiež vyhodnotenie výpočtovej náročnosti rôzneho párovania detektor-deskriptor.

3D lokálne príznaky majú pomerne široké použitie v počítačovom videní a vedecký prínos autorky taktiež v tejto oblasti pokladám za relevantný.

## Publikačné výstupy

RNDr. Zuzana Černeková Černekovej PhD. má podľa univerzitného systému EVIPUB evidovaných spolu 40 publikácií, z čoho je významný podiel v zahraničných časopisoch (3) a príspevkov na zahraničných vedeckých konferenciách (15). Podľa databázy Scopus má evidovaných 22 dokumentov ku ktorým je celkovo 401 citácií. Publikačnú činnosť autorky môžeme teda hodnotiť ako rozsiahlu a vedecky významnú aj vzhľadom k vysokému počtu citácií.

Najvýznamnejšou publikáciou autorky je podľa môjho názoru práca s názvom „Information theory-based shot cut/fade detection and video summarization” publikovaná v IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology z roku 2006, ktorá má 242 citácií.

## Otázka na diskusiu

Diskutujte prosím podľa jednotlivých, Vami prezentovaných výskumných tém počítačového videnia, kde konkrétne sa uplatňujú a podľa Vášho názoru budú stále širšie uplatňovať metódy hlbokých neurónových sietí a kde naopak tzv. tradičné metódy počítačového videnia majú a podľa Vášho názoru aj naďalej budú mať svoje uplatnenie. Uvedte prosím aj konkrétne príklady!

## Záver

Na záver konštatujem, že predložená práca RNDr. Zuzany Černekovej, PhD. spĺňa požiadavky kladené na habilitačnú prácu, pričom autorka dokázala svoju vysokú odbornosť a schopnosť tvorivej vedeckej práce.

**Odporúčam predloženú habilitačnú prácu k obhajobe a po jej úspešnom priebehu odporúčam RNDr. Zuzane Černekovej, PhD. udeliť titul “Docent” v obore “Informatika”**

V Bratislave 24.8.2022

Prof. Ing. Vanda Benešová CSc.

## Odkazy

- [1] Černekova, Z., Pitas, I., & Nikou, C. (2005). Information theory-based shot cut/fade detection and video summarization. *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, 16(1), 82-91.
- [2] Krulikovská, L., Pavlović, J., Polec, J., & Černeková, Z. (2010, September). Abrupt cut detection based on mutual information and motion prediction. In *Proceedings ELMAR-2010* (pp. 89-92). IEEE.
- [3] Černeková, Z., Nikolaidis, N., & Pitas, I. (2007, September). Single camera pointing gesture recognition using spatial features and support vector machines. In *2007 15th European Signal Processing Conference* (pp. 130-134). IEEE.
- [4] Černeková, Z., Malerczyk, C., Nikolaidis, N., & Pitas, I. (2008, April). Single camera pointing gesture recognition for interaction in edutainment applications. In *Proceedings of the 24th Spring Conference on Computer Graphics* (pp. 121-125).
- [5] Kucerova, J., Varhanikova, I., & Černekova, Z. (2012, May). Best view methods suitability for different types of objects. In *Proceedings of the 28th Spring Conference on Computer Graphics* (pp. 55-61)
- [6] Varhanikova, I., Hučko, M., Černeková, Z., & Kučerová, J. (2013, October). Study of the best view selection based on a human observer. In *2013 XXIV International Conference on Information, Communication and Automation Technologies (ICAT)* (pp. 1-7). IEEE..
- [7] Varhanikova, I., Černekova, Z., Sikudová, E., & Behal, D. (2015, April). On using the D2 descriptor in search for the best view. In *Proceedings of the 31st Spring Conference on Computer Graphics* (pp. 113-116).
- [8] P. Stancelova, E. Sikudova, and Z. Černekova. "3D Feature Detector-Descriptor Pair Evaluation on Point Clouds." In: 2020 28th European Signal Processing Conference (EUSIPCO). 2021, pp. 590–594;