

# Eye-tracking ve virtuální realitě: implementace a možnosti měření

Vojtěch Juřík<sup>1</sup>,  
Pavel Ugwitz<sup>2</sup> a Čeněk Šašínska<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Psychologický ústav, Filozofická fakulta, Masarykova univerzita, Arne Nováka 1, 602 00 Brno, jurik.vojtech@mail.muni.cz

<sup>2</sup> Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno, ugwitz.pavel@mail.muni.cz

<sup>3</sup> Kabinet informačních studií a knihovnictví, Filozofická fakulta, Masarykova Univerzita, Arne Nováka 1, 602 00 Brno cenek.sasinka@mail.muni.cz

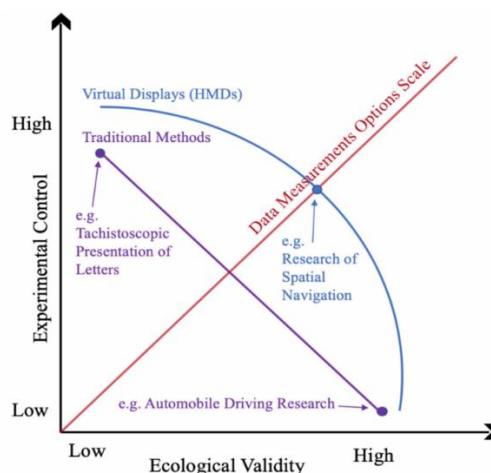
## Abstrakt

Monitorování očních pohybů (tzv. Eye-tracking; ET) v současnosti představuje královskou cestu k porozumění senzomotorické aktivity člověka v rámci prostředí, kde se nachází. ET nabízí možnost přesného měření oblastí zájmů účastníka, a to jak v kontrolovaném prostředí, tak v reálných exteriérech a interiérech. ET je dále možné implementovat do specifických virtuálních rozhraní, což umožňuje sbírat data o chování a rozhodování člověka ve virtuálních světech, přičemž tyto světy nabízí dynamickou prezentaci rozmanitých, realitě se blížících stimulů, při současném zachování kontroly a přesnosti měření. V prezentovaném článku glosujeme některé poznatky o implementaci ET v prostředí virtuální reality a navrhuje jeho využití pro interkulturní výzkum senzo-motorických procesů, potažmo kognice člověka.

## 1 Úvod

Technologický progres umožňuje stále přesnější měření behaviorální aktivity člověka (Loomis et al., 1999). Specifická motorická a senzomotorická aktivita představuje významný faktor, na základě kterého je možné usuzovat na kognitivní procesy člověka, popisovat a predikovat jeho výkon, a také mapovat inter-individuální rozdíly mezi lidmi. Významným ukazatelem senzomotorické aktivity je sledování očních pohybů (Holmqvist, 2011). Využívání technologií na sledování očních pohybů, tzv. Eye-trackingu (ET), je na vzestupu (Blascheck et al., 2014), a to jako důsledek potenciálu této metody - tedy přesného a užitečného měření oblastí zájmů člověka a jiných metrik o pohybu očí, jak v kontrolovaném laboratorním prostředí, tak v podmínkách reálného světa. Další potenciál využití ET technologií roste především v kontextu virtuální reality, která nabízí kontrolované, nicméně ekologicky validní podmínky s možností přesného měření lidské aktivity (viz Obr. 1). Kombinace virtuálního prostředí s možností sledování oblastí zájmů a senzomotorické aktivity člověka v tomto prostředí nabízí komplexní informace o

chování a rozhodování jedince např. v oblastech virtuální vizualizace, vizuální kognice (Stachoň et al., 2018a), navigace, prostorové kognice, marketingu, a nebo interkulturního výzkumu (např. Miellet et al., 2012).



Obr. 1: Možnosti měření ve virtuálních rozhraních (Juřík et al., manuskript).

## 2 Základní terminologie u ET technologie

V současnosti je na trhu (i přes stále vysokou pořizovací cenu) dostupná celá řada zařízení, jejichž účelem je zaznamenat pohyb očí a vyvodit tak místa, na které se pozorovatel v rámci daného rozhraní díval. Nahrávací frekvence těchto ET zařízení se pohybují u současných technologií mezi 60 a 120 Hz, novější vysokorychlostní ET umožňují zaznamenávat s přesností 240 Hz a více, což indikuje zvyšující se kapacity pro přesnější měření. Navolená frekvence by nicméně měla vždy odpovídat dané hypotéze a podmínkám měření. Základní měřenou datovou jednotku tvoří tzv. gaze point, tedy zaznamenané místo pohledu. Agregace několika gaze pointů tvoří tzv. fixaci. Sakáda představuje rychlý přesun očí z jedné fixace na jinou fixaci. Slovem Scanpath se potom označuje sekvence různých fixací a

sakád, jedná se tedy o jakýsi průběh pozorování a jako takový poskytuje informace o pátrací aktivitě pozorovatele. Stimulus představuje v rámci ET specifický vizuální obsah prezentovaný participantům během experimentu/měření, a tento může být buď dynamický nebo statický. Kromě klasického 2D stimulu mohou vizuální obsahy nabývat také třetího rozměru, přesně s takovými se setkáváme v rámci virtuálních prostředí. U dynamických stimulů jsou definovány s tzv. Smooth pursuits, tj. pohyby očí, které jsou nezáměrným přesunem pohledu ve směru pohybujícího se stimulu. Oblastmi zájmu (area (AoI) or regions (RoI) of interest) se rozumí významná část stimulu, která hraje svoji úlohu s ohledem na danou hypotézu. V rámci 3-dimenzionálních světů jsou oblastmi zájmu konkrétní modely, předměty nebo objekty umístěné v prostředí. Tyto objekty je možné předem definovat, a nebo samy vyplynou jako důsledek pátrací aktivity pozorovatele, když představují oblast, která automaticky poutá pozornost pozorovatele (Blascheck et al., 2014).

## 2.1 Stimuli u ET

Stimuli v rámci ET měření mohou nabývat různých forem, obecně se dělí na point-based a AoI-based, kde předem vydefinovaná oblast zájmu (AoI-based), oproti point-based stimulu) disponuje určitou sémantickou anotací. Dále se stimulus dělí na statický a dynamický, pasivní a aktivní (lišící se úrovní potenciální interaktivity), dále potom na 2D nebo 3D stimulus (Blascheck et al., 2014). V rámci virtuálních světů se obvykle setkáme se všemi typy zmiňovaných stimulů. Pro účely měření behaviorální aktivity ve VR budeme hovořit o AoI-based dynamickém aktivním 3D stimulu, protože interaktivní virtuální rozhraní v současnosti nabývají formy prostředí, kde je participant zastoupen v pohledu první osoby a pohybuje se prostředím, které se vizuálně blíží reálnému světu. V návaznosti na sesbíraná data existuje řada způsobů, jak data o sledování stimulů sbírat, zpracovávat a vizualizovat. Pro účely sběru dat ve virtuální realitě je možné využít existujících postupů pro implementaci ET technologie do helmy pro virtuální realitu (do tzv. head-mounted displaye (HMD), konkrétní technické řešení popisuje řada studií s ohledem na různé zaměření, účel a specifikaci daného rozhraní (např. Stengel, Grogorick, Eisemann, Eisemann & Magnor, 2015; Curatu et al., 2005; Tanriverdi & Jacob, 2000).

## 2.2 Vizualizace naměřených dat

Možností vizualizace dat je mnoho a další se rozvíjí. Jedním z možných způsobů vizualizace dat získaných z ET je tzv. heat mapa, což je obraz pozorované scény, ve kterém jsou častěji pozorované oblasti vykresleny barevně. Jednoduché způsoby vyobrazení dat mají své limity, které se prohlubují především při prezentaci více komplexních (např. dynamických 3-dimenzionálních) stimulů (Stellmach, Nacke & Dachsel, 2010). V rámci

dynamických 3-dimenzionálních stimulů byly navrženy další způsoby možné vizualizace ET záznamu, a to např. *projected*, *object-based*, and *surface-based* mapy pozornosti, které vyjadřují rozložení vizuální pozornosti v rámci celé prezentované scény, ale také mezi jednotlivými modely/objekty ve scéně, a přesněji také na povrchu samotných modelů (více Stellmach, Nacke & Dachsel, 2010). Značný potenciál nabízí logovací funkcionalita VR prostředí, kdy je možné nejen měřit přesné pohybové patery participanta včetně jeho pohybů hlavy a průchodu v prostředí, ale také sledovat kolize participanta s předem definovanými oblastmi zájmu, a to jak jejich průchodem, tak na základě očního kontaktu, který participant naváže s vydefinovaným objektem (Ugwitz et al., manuskript). Takto je možné sbírat data o objektech, které participanta upoutaly.



**Obr. 2:** Virtuální prostředí obsahující definované AoIs za použití virtuálních hranic (vlevo – lokální AoI; vpravo – globální AoI; převzato z Ugwitz, 2017).

## 3 ET ve výzkumu interkulturních rozdílů

Výzkum rozdílů v percepci a kognici u příslušníků různých kultur byl demonstrován na příkladu čtení a vyhodnocování map (Stachoň et al., 2018a; Stachoň et al., 2018b). Mapa v tomto případě představovala projekční plátno, na kterém se promítá specifický postup, který participant zvolí při hledání odpovědi na otázky. Čtení mapy, stejně jako orientace v prostředí obecně, je senzomotorická aktivita, která je ovlivněna řadou faktorů, např. dispozicí ke konkrétnímu kognitivnímu stylu (Kozhevnikov, Kosslyn & Shephard, 2005). Kognitivní styl člověka je podle některých výzkumů kulturně podmíněný (Nisbett & Miyamoto, 2005; Norenzayan, 2002), kdy např. kultury východní Asie podněcují u jejich příslušníků holistickou percepci prostředí. Lze tedy předpokládat, že lidé z rozdílného kulturního kontextu budou rozdílně postupovat také při exploraci prostředí, ve kterém se nachází. Virtuální prostředí v tomto případě nabízí veškeré výše zmiňované výhody (možnosti měření, prezentace dynamických stimulů), a při využití ET technologie je navíc možné přesně postihnout také proces, který je vedl ke konkrétnímu výkonu. Využití počítačového měření navíc umožňuje sběr a vyhodnocení dat na velkých vzorcích a na vzdálených místech planety, což je kombinace možností, která doposud nebyla dostupná.

Navržené rozhraní je tedy vhodné k výzkumu senzomotorické a potažmo kognitivní aktivity u příslušníků rozdílných kultur.

## 4 Závěr

V rámci příspěvku byly představeny možnosti a výhody využití technologie Eye-trackingu při měření behaviorální aktivity ve virtuálním prostředí, byly glosovány některé možné způsoby sběru a vizualizace dat, a byl navržen koncept explorační senzomotorické aktivity člověka ve virtuální realitě pro hledání inter-individuálních rozdílů mezi lidmi z různých kulturních prostředí.

## Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou grantové agentury GA ČR v rámci projektu GC19-09265J pojmenovaného The influence of socio-cultural factors and writing system on perception and cognition of complex visual stimuli (ISOVIS).

## Literatura

- Blascheck, T., Kurzhals, K., Raschke, M., Burch, M., Weiskopf, D., and Ertl, T. (2014). State-of-the-Art of Visualization for Eye Tracking Data [Online]. *Eurographics Conference On Visualization (Eurovis)* (2014), 2014(1), 20.
- Curatu, C., Hua, H. and J. Rolland. (2005). Projection-based head-mounted display with eye tracking capabilities. *Proc. SPIE 5875, Novel Optical Systems Design and Optimization VIII*, 58750J (31 August 2005).
- Holmqvist, K. (2011). *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*. New York: Oxford University Press.
- Juřík V., Šafářová, K. a Č. Šašínska (In print). Embodied cognition significance for the ecologically valid psychological research in virtual reality. Manuskript.
- Kozhevnikov, M., Kosslyn, S., and Shepard, J. (2005). Spatial versus object visualizers: A new characterization of visual cognitive style [Online]. *Memory & Cognition*, 33(4), 710-726.
- Lim, P. C., Sheppard, E., and Crundall, D. (2013). Cross-cultural effects on drivers' hazard perception [Online]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology And Behaviour*, 21, 194-206.
- Loomis, J. M., Blascovich, J. J., & Beall, A. C. (1999). Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 31(4), 557-564. doi: <https://doi.org/10.3758/BF03200735>
- Miellet, S., He, L., Zhou, X., Lao, J. & Caldara, R. (2012). When East meets West: Gaze-contingent Blindspots abolish cultural diversity in eye movements for faces. *Journal of Eye Movement Research*, 5 (2), 1-12.
- Nisbett, R. E., and Miyamoto, Y. (2005). The influence of culture: holistic versus analytic perception [Online]. *Trends In Cognitive Sciences*, 9(10), 467-473.
- Norenzayan, A. (2002). Cultural preferences for formal versus intuitive reasoning [Online]. *Cognitive Science*, 26(5), 653-684.
- Stachoň, Z., Šašínska, Č., Čeněk, J., Štěrba, Z., Angsüsser, S., Fabrikant, S. I., et al. (2018a). Cross-cultural differences in figure-ground perception of cartographic stimuli [Online]. *Cartography And Geographic Information Science*, 46(1), 82-94.
- Stachoň, Z., Šašínska, Č., Čeněk, J., Angsüsser, S., Kubíček, P., Štěrba, Z., and Bilíková, M. (2018b). Effect of Size, Shape and Map Background in Cartographic Visualization: Experimental Study on Czech and Chinese Populations [Online]. *Isprs International Journal Of Geo-Information*, 7(11).
- Stellmach, S., Nacke, L., and Dachsel, R. (2010). 3D attentional maps [Online]. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '10* (p. 345-). New York, New York, USA: ACM Press.
- Stengel, M., Grogorick, S., Eisemann, M., Eisemann, E., and Magnor, M. A. (2015). An Affordable Solution for Binocular Eye Tracking and Calibration in Head-mounted Displays [Online]. In *Proceedings of the 23rd ACM international conference on Multimedia - MM '15* (pp. 15-24). New York, New York, USA: ACM Press.
- Tanriverdi, V., and Jacob, R. J. K. (2000). Interacting with eye movements in virtual environments [Online]. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '00* (pp. 265-272). New York, New York, USA: ACM Press.
- Ugwitz, P. (2017). Experimental Possibilities in Individual Differences Research: Spatial Orientation in Immersive Virtual Reality. Master's thesis, Masaryk University Brno.
- Ugwitz, P., Juřík, V., Herman, L., Stachoň, Z., Kubíček, P., and Č. Šašínska (Manuskript). Spatial Analysis of Navigation in Virtual Geographic Environment. Manuskript.