



# Eye-tracking v prostředí školské třídy<sup>1</sup>

ZUZANA ŠMIDEKOVÁ

**Abstrakt:** *Predkladaný text predstavuje možnosti využitia technológie umožňujúcej sledovanie a zaznamenávanie pohybu očí – eye-trackingu – v pedagogickom výskume. Tvorení je kombináciou teoretickej stati približujúcej podstatu a mechanizmus očných pohybov, metódy ich sledovania a napokon samotnú technológiu eye-trackingu. Následne, v druhej časti, sa text opiera o výsledky prehľadovej štúdie, ktoré sú prezentované dvojstupňovo. V prvom kole bolo identifikovaných 94 zahraničných empirických výskumných správ z oblasti pedagogiky a následne je formou ilustračných príkladov bližšie predstavená jedna z oblastí výskumu, a to výskumy realizované priamo v prostredí školskej triedy počas prebiehajúcej reálnej výuky. Cieľom oboch častí je určité priblíženie témy eye-trackingu českému a slovenskému čitateľovi a prostredníctvom vybraných výskumov aj ilustrovanie a dokázanie, že aj v pedagogickom výskume má eye-tracking svoje miesto.*

**Kľúčové slová:** *eye-tracking, mapovanie očných pohybov, učiteľ, žiaci, procesy v školskej triede, prehľadová štúdia.*

## ÚVOD

Technológia eye-tracking je založená na princípe sledovania pohybu očí pri vnímaní obrazu. Zariadenie, ktoré je schopné tieto pohyby sledovať a merať, sa označuje ako eye-tracker. V českej a slovenskej pedagogickej literatúre sa s technológiou eye-trackingu, tiež nazývanej aj očná kamera, čitateľ doposiaľ stretáva len výnimočne. Pozornosť je venovaná napríklad oblasti vizuálnej percepcie učebných materiálov, ako sú učebnice alebo počítačové prezentácie (Gejdušová et al., 2015;

Labischová, 2015; Svatoš & Maněnová, 2017), skúmaniu matematickej a logickej inteligencie u nadaných žiakov (Škrabánková & Trnová, 2014; Škrabánková, 2016). V oblasti geografie má pomerne silné zastúpenie skúmanie percepcie máp (Popelka, Brychtová & Voženílek, 2012; Brychtová & Vondráková, 2014), či u geoinformatiky v rámci testovania kognície geografických informačných systémov (Dobešová, 2016). Spomeniem tiež oblasť fyzikálneho vzdelávania, kde sa metóda eye-trackingu využíva pri skúmaní riešenia fyzikálnych úloh (Kekule, 2014a, 2014b,

<sup>1</sup> Článok vznikol v rámci riešenia projektu GA ČR *Profesní vidění učitelů anglického jazyka v/po akci v komunikačních aktivitách perspektivou eye-trackingu* GA17-15467S. Autorka ďakuje za poskytnutú podporu.



2015). Doposiaľ sa ale v našom prostredí neobjavili výskumy, ktoré by využili túto technológiu priamo v prostredí školskej triedy počas prebiehajúcej výuky.

Nasledujúci text má dve hlavné ambície. Prvou je podať českým a slovenským čitateľom určitý úvod do problematiky eye-trackingu a druhou následne priniesť poznatky prehľadového charakteru o zahraničných výskumoch z pedagogického prostredia, v ktorých autori využili práve túto technológiu.

Prvá časť prostredníctvom rozpravy o očných pohyboch poskytuje priestor na vysvetlenie toho, prečo sa naše oči hýbu, aké očné pohyby rozlišujeme a tiež čo všetko môže mať vplyv na očné pohyby.

V druhej kapitole sa objavuje stručný historický prehľad, následne sa pojednáva o viacerých metódach umožňujúcich sledovanie očných pohybov a tiež o možných dátových výstupoch z eye-tracking prístrojov.

Tretia kapitola predstavuje výsledky vyhľadávania prác z oblasti pedagogiky, v ktorých boli použité eye-tracking prístroje. Cieľom vyhľadávania bolo identifikovať a kategorizovať konkrétne oblasti, kde našiel eye-tracking svoje využitie.

V poslednej časti tejto práce je na základe ilustračných príkladov bližšie predstavená jedna oblasť z predchádzajúcej kategorizácie, a to výskumy, ktoré boli realizované priamo v školskej triede. Dôvodov výberu danej špecifickej a zároveň čo do počtu najmenej obsiahlej kategórie je viacero. Prvým je obdobie vzniku, kedy sa jedná o výskumy najmladšie,<sup>2</sup> a tak je

určite zaujímavé s danými prácami čitateľa oboznámiť. Druhým je určitý predpoklad, že výskumy podobného charakteru môžu v budúcnosti úspešne narastať. Tento predpoklad je spojený s vývojom technológie, kedy sa eye-trackingové prístroje stávajú menšími, cenovo dostupnejšími a mobilnejšími, a tak sa znižuje obmedzenie na laboratórne použitie a je možné tieto prístroje využiť aj v prostredí prirodzenom pre aktérov, v našom prípade v prostredí školskej triedy. V prípade, že sa bude rovnako zvyšovať dostupnosť prístrojov a širšia skupina výskumníkov k nim bude mať prístup, tak pokladám za prospešné podať určitú inšpiráciu pre výskumníkov, ktorí by mali záujem začleniť dáta z eye-trackingových prístrojov do ich výskumu, alebo priamo na nich celý výskum postaviť.

## 1. OČNÉ POHYBY

To, že sa naše oči hýbu, je zapríčinené znižovaním vizuálnej presnosti (ubýtok v hustote fotoreceptorov na sietnici) z oblasti fóvey, predstavujúcej miesto najostrejšieho videnia, do periférnej oblasti. Výústením je nutnosť pohybovať očami aby sme si zaistili prístup k informáciám, ktoré sa nezobrazujú v mieste najostrejšieho videnia (Findlay & Gilchrist, 2003). Naše zorné pole zaberá relatívne veľkú plochu, ostro ale vidíme len v jeho strednej časti a ako sa presúvame k jeho okrajom, tak presnosť a ostrosť postupne ubúda.

Na samotnom začiatku skúmania očných pohybov stála domnienka Justa

<sup>2</sup> V porovnaní s ostatnými kategóriami, kde má využitie technológie eye-tracking dlhšiu tradíciu.



a Carpentera (1980) nazvaná tiež ako oko-mysel' (*eye-mind*) predpoklad, ktorá spustila záujem zahrnúť eye-trackingové prístroje do mnohých výskumných oblastí. Predpoklad pracuje s tézou, že pohľad zostáva fixovaný práve na tú oblasť vizuálneho poľa, ktorá sa v danej chvíli kognitívne spracováva. Dĺžku pohľadu na danú oblasť je možné použiť ako ekvivalent času potrebného na spracovanie tejto informácie; to, na čo sa pozeráme, indikuje, čo v danej dobe spracovávame, a ako dlho na to pozeráme, zas indikuje, aké veľké úsilie je na toto spracovanie potrebné. V súčasnej dobe je Justov a Carpenterov predpoklad hodnotený ako príliš zjednodušujúci, nepresný a nepočítajúci s mnohými situáciami, ktoré tento predpoklad úplne nerešpektujú. Týka sa to hlavne tzv. parafoveálneho spracovania informácií (pozri Rayner, 1998), kde fovea predstavuje malú priehľbinu na sietnici, bod, kde je naše videnie najostrejšie. Podnety, ktoré nie sú priamo premietané na foveu (fixované), môžu byť ale taktiež spracované. Napríklad, ako už naznačoval samotný Just a Carpenter, podnety z prvej fixácie, miesta, na ktoré smerujeme svoj pohľad, môžu byť stále spracovávané a integrované s informáciou získanou z nasledujúcej fixácie umiestnenej za prvou. A za druhé, blízke podnety, ktoré fixované neboli, alebo môžu byť spracované len do určitej miery, tak už môžu prechádzať do vyššie spomenutého parafoveálneho poľa. Ako ukazuje holistický model vnímania obrazového materiálu (Duchowski, 2007), experti nepotrebujú kľúčovú informáciu zobrazit' pomocou najostrejšej oblasti videnia, ale sú schopní získať informácie

i zo vzdialených oblastí neostrého videnia. Oblasť, z ktorej je informácia počas fixácie extrahovaná, sa nazýva perцепčné rozpätie (*perceptual span*) a jeho šírka závisí od inštrukcií poskytnutých k splneniu určitej úlohy, zložitosti tejto úlohy alebo problému a taktiež individuálnych schopností a skúseností každého človeka. Výskumníci z oblasti výskumu čítania a vizuálneho vnímania scén sa zaoberajú zisťovaním a mapovaním, ktoré informácie môžu byť vybrané práve z perцепčného rozpätia, predovšetkým z parafoveálnej oblasti, a čo presne má vplyv na rozhodnutie presunúť pozornosť na ďalší fixačný bod.

### 1.1 Druhy očných pohybov

Očné pohyby predstavujú základ skúmania zrkovného vnímania z hľadiska spracovávania informácií a sú pre ne charakteristické série striedajúcich sa fixácií a sakád. Fixácie sú okamihy, kedy je oko relatívne v pokoji, v statickej polohe a my sme schopní získať informácie z miest, na ktoré máme zameranú pozornosť. Naopak sakády predstavujú rýchle pohyby očí, kedy sa oči presúvajú z jednej fixácie na ďalšiu, a na rozdiel od fixácií z pozorovanej scény pri nich nezískavame žiadne informácie. Aj počas fixácií sa ale oko jemne pohybuje a tieto pohyby označujeme ako mikrosakády alebo tras (tremor) (Schutz, Braun & Gegenf Urtner, 2011). Ako hlavné pohyby oka teda rozlišujeme fixácie na strane jednej a sakády na strane druhej. Oko vždy vykonáva len jeden z týchto pohybov, nie je možné, aby súčasne prebiehala fixácia a sakáda.



Informácia o sledovanom mieste textu alebo scény je zbieraná prevažne počas doby fixácie, ale taktiež aj časti sakády a mrknutia, kým ešte stále prebieha kognitívne spracovanie tejto informácie (Inhoff & Radach, 1998; Rayner, 1998). Z toho vyplýva, že práve fixácie sú volené ako hlavné atribúty vo väčšine výskumov očných pohybov. To, ako dlho oči fixujú určitý podnet, sa taktiež líši. Miera dĺžky fixácie (*fixation duration*) môže byť od 50 ms až po dobu 500 ms (Rayner, 1998). Napriek tomu, že dĺžka fixácie môže byť – a zväčša aj je – ovplyvnená dobou kognitívneho spracovania podnetu či informácie, veľmi krátke, či naopak veľmi dlhé fixácie môžu byť spôsobené faktormi, ktoré nemajú priamu súvislosť s kognitívnou náročnosťou sledovaného podnetu.

Je dôležité spomenúť, že určitý čas je potrebný aj pre presunutie informácie o vizuálnom podnete priamo do vizuálneho centra v mozgu, ako udáva Reichle a Reingold (2013), táto doba predstavuje približne 60 ms. Krátke fixácie môžu byť výsledkom okulomotorických chýb a nemusia tvoriť dostatočný podklad pre vizuálne spracovanie. Preto sú v niektorých výskumoch kombinované s nasledujúcou fixáciou, alebo úplne vyradené, aby nenastávala dezinterpretácia výsledkov spôsobená zahrnutím aj takých fixácií, ktoré neboli dostatočne dlhé na kognitívne spracovanie informácie. Na druhú stranu, tiež príliš dlhé fixácie môžu spôsobovať problémy a je nutné ich vyradiť z nazbieraných dát, pretože môžu indikovať zamyslenie respondenta, kedy nespracováva informáciu príliš

dlho, ale vôbec sa vizuálnym podnetom nezaobera. Kritériá, podľa ktorých sa rozhodujeme, ktoré fixácie (príliš dlhé, príliš krátke) z nazbieraných dát vyradíme, závisia od druhu testovacej úlohy a nie je jednoduché paušálne ich definovať. Pomôcť nám ale môže priemerná dĺžka fixácie u testovanej osoby, ktorú môžeme považovať za určitý base line. Rayner (2009) uvádza, že priemerná dĺžka fixácie počas čítania potichu je 225–250 ms, pri čítaní nahlas 275–325 ms a pri sledovaní scény (videonahrávka, reálne prostredie) je priemerná dĺžka fixácie 260–330 ms. Finálne rozhodnutie o určení dĺžky, ktorú budeme ešte definovať ako fixáciu, je záležitosťou každého výskumníka, oblasťou výskumu, typom prístroja a typom prezentovanej úlohy.

## 1.2 Čo ovplyvňuje očné pohyby

Napriek tomu, že mechanizmus očných pohybov počas vizuálnych úloh je komplikovanejší, ako naznačuje pôvodný Justov a Carpenterov predpoklad, jedná sa stále o užitočný opis procesov, ktoré ovládajú a majú vplyv na pohyby očí. Ukazuje to aj Rayner, Pollatsek a Reichle (2003) na príklade vplyvu lingvistických faktorov, kde napríklad frekvencia a predvídateľnosť slov, ktoré sú v texte fixované, majú priamy vplyv na dĺžku pohľadu, keďže indikujú okamžité kognitívne (lingvistické) spracovanie daného slova počas sledovanej fixácie. Dĺžka pohľadu môže teda reflektovať čas potrebný na spracovanie podnetov vo fixovanej a tiež okolitej oblasti, rovnako ako aj informácie získané z predchádzajú-



cich fixovaných oblastí. Môže to byť teda zoskupenie nových informácií a ich integrácia s nedávno získanými informáciami a tiež už počiatočnou predchádzajúcou znalosťou.

Pohyby očí sú prirodzenou reakciou na úlohy, ktoré si vyžadujú vizuálne spracovanie. Existujú ale rôzne faktory spojené práve s kognitívnym spracovaním, ktoré môžu mať vplyv na distribúciu a dĺžku fixácií pohľadu. Bližšie tieto faktory prezentuje napríklad Henderson (2003). Charakteristika stimulov a predchádzajúca vedomosť či skúsenosť podmieňuje, akým spôsobom je prezentovaný materiál alebo scéna vizuálne spracovávaná a tiež ako sa táto informácia premietne do následného spracovania.

Spracovanie výukových materiálov nepredstavuje jednoduchý proces. Napríklad viacvýznamové reprezentácie, typicky rôzne schémy a obrázky, ktorých porozumenie a celková percepcia vychádza taktiež z náročnosti úlohy, ktorá je sledovaným osobám vopred daná, a celkovej znalostnej úrovne každej z osôb. Je potrebné ešte spomenúť u mladších žiakov určitý deficit v schopnosti relevantne posúdiť, ktoré časti obrázku či schémy sú obsahovo relevantné, a zaistiť, že informácie získané eye-trackerom nebudú ovplyvnené percepčnou nápadnosťou (*perceptual saliency*), predstavujúcou napr. farebne výrazný prvok na obraze, hustotou ponúkaných informácií a podobne.

Vzorce očných pohybov teda môžu byť ovplyvňované tak kognitívnou úrovňou spracovania, ako aj percepčnou. Navyše, aj keď dĺžka fixácie by mala odzrkadľovať,

aký objem pozornosti je pridelený fixovaným a oblastiam blízokým fixovanej oblasti, tak tento objem nemusí vyjadrovať len relevantnosť podnetu, a preto pridelenie pozornosti, ale taktiež zaujímavosť podnetu, jeho zložitosť alebo jednoduchosť, čo v konečnom dôsledku môže viesť k odlišným interpretáciám dĺžky a distribúcie fixácií. Preto je dôležité výstupy z merania pohybov očí pre komplexnú interpretáciu kombinovať s inými technikami ako napríklad verbálnymi protokolmi (*think-aloud protocols*), ktoré môžu mať podobu súbežného myslenia nahlas (*concurrent think-aloud*), alebo vo forme retrospektívneho myslenia nahlas (*retrospective think-aloud*) (Elling, Lentz & de Jong, 2012; Ericsson & Simon, 1993; Oh, Almarode & Tai, 2013). Taktiež môžu byť kombinované s rôznymi testami porozumenia či retrospektívnymi rozhovormi, ktoré bližšie vysvetľujú, čo skúmaného jedinca zaujalo a ako sledovaný materiál či scénu vnímal.

Zohľadnenie radšej väčšieho objemu dát a dáta od viacerých osôb než malý dátový balík od jednej osoby sa ukazuje ako vhodnejšie pre eye-trackingové štúdie. Napríklad veľmi dlhá priemerná dĺžka trvania fixácie spolu s veľkou priemernou dĺžkou sakády môže indikovať, že informácie boli získavané z veľkej plochy počas každej fixácie (Rayner et al., 2003). Na druhú stranu, veľmi dlhá priemerná dĺžka trvania fixácie spolu s krátkou priemernou dĺžkou sakády môžu naznačovať, že prezeraný materiál či scéna obsahujú vysokú hustotu informácií alebo si vyžadujú zložité kognitívne spracovanie (Chen et al., 2014).

**Tab. 1.** Faktory vplyvajúce na očné pohyby

Na strane žiaka	Forma materiálu	Lingvistické parametre textu	Inštrukcie
predchádzajúca skúsenosť	náročnosť úlohy	frekvencia slov	náročnosť úlohy
predchádzajúca vedomosť	percepčne nápadné prvky	predvídateľnosť slov	poskytnutý čas
znalostná úroveň	hustota skúmaných prvkov		
schopnosť posúdiť obsahovú relevantnosť	veľkosť sledovanej plochy		

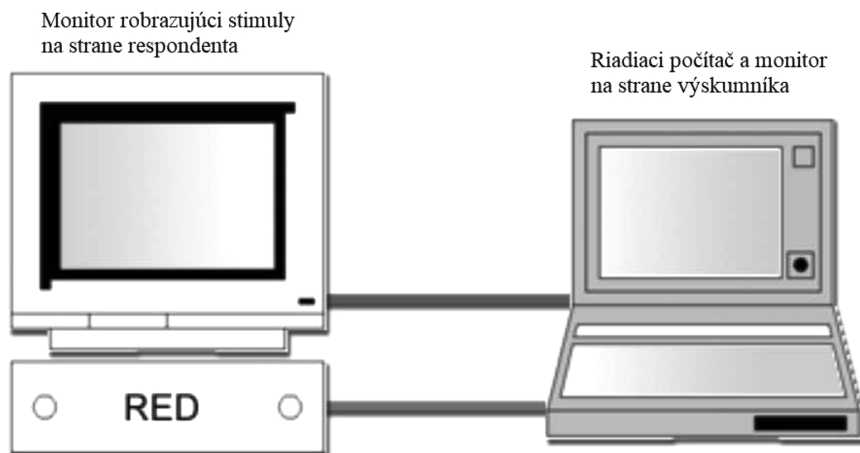
## 2. METÓDY SLEDOVANIA POHYBU OČÍ

Pod pojmom eye-tracking sa ukrývajú viaceré metódy, ktorými je možné sledovať a zachytávať pohyby očí. Medzi historicky najstaršie patria tzv. mechanické (kontaktné) metódy, ktoré sumarizuje Robinson (1963), spočívajúce v umiestnení buď špeciálne vyrobenej kontaktnej šošovky so zrkadlovou plochou priamo na rohovku oka, od ktorej sa odráža následne zaznamenaný svetelný lúč, alebo druhého typu kontaktnej šošovky, v ktorej je zabudovaná cievka, ktorej pohyb je možné merať prostredníctvom elektrického napätia generovaného v magnetickom poli. Obe metódy umožňujú veľmi presné meranie pohybov oka, nie sú ale veľmi príjemné pre testované osoby a tiež nie je možné označiť ich ako neinvazívne.

Druhú skupinu metód tvorí elektrookulografia (EOG), založená na meraní zmien elektrického potenciálu pomocou elektród umiestnených okolo očí. Rotácia oka vyvoláva zmeny elektrického potenciálu vo svojom bezprostrednom okolí, pretože oko sa správa ako elektrický dipól so záporným pólom na sietnici a kladným

pólom na rohovke. Elektródy, ktoré sú umiestnené na tvári na opačných stranách oka, sú tak pri jeho pohybe vystavené viac jednému či druhému pólu, čo následne vyvoláva merateľnú zmenu napätia (Inhoff & Radach, 1998). Významnou výhodou elektrookulografie je možnosť sledovania pohybu očí za rôznych svetelných podmienok a tiež so zavretými viečkami. Metóda je tak vhodná aj pre spánkové štúdie. Ako nie úplne výhodná sa ale ukazuje pri výskumoch realizovaných mimo laboratórne prostredie, kde sledované osoby môžu pociťovať výraznú mieru diskomfortu, čo môže viesť k nie štandardnému správaniu.

Ako tretiu metódu eye-trackingu uvádzam v súčasnej dobe najpoužívanejšiu v oblasti kognitívnej psychológie, pedagogiky, reklamy a výskumoch športu, a to eye-tracking pomocou videozáznamu, kde sú pozícia oka a smer pohľadu zisťované bezkontaktné. Bezkontaktné (neinvazívne) metódy spočívajú v meraní viditeľných častí oka – zrenice, hranice dúhovky a belma – a korneálneho (rohovkového) odrazu priameho lúču infračerveného svetla. Stred zrenice a odrazený lúč sa následne zaznamenáva vysokorýchlostnou kamerou a pomocou algoritmu na rozpoznávanie



**Obr. 1.** Schéma systému pri použití dvoch počítačov<sup>3</sup>

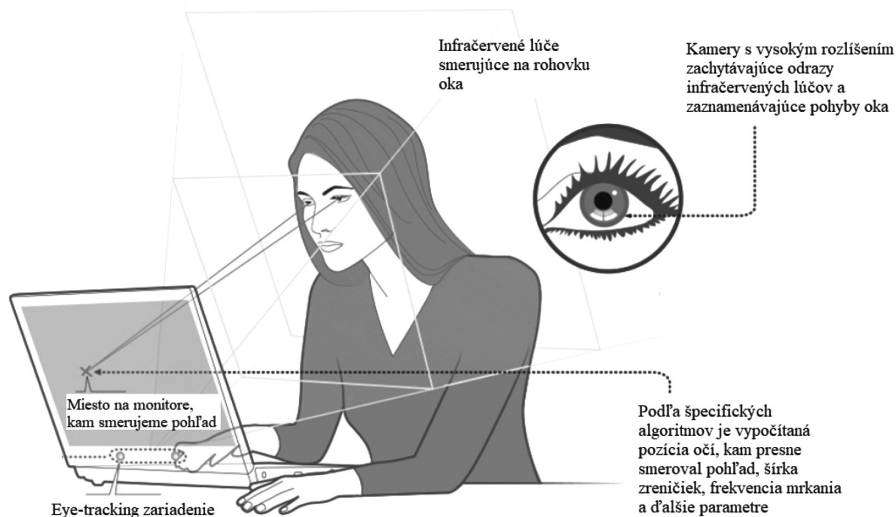
obrazu sa vypočíta pohyb oka. Ako približuje Duchowski (2007), Radach a Kennedy (2004) a Rayner (1998), pomocou video eye-trackingu je možné tiež sledovať polohu a zmeny veľkosti zrenice, čo môže indikovať zmenu osvetlenia, ale tiež emocionality podnetov, pozornosti, vzrušenia, záťaže pracovnej pamäte a podobne.

Systém je väčšinou tvorený jedným riadiacim počítačom (na strane výskumníka), kde sú pohyby oka/očí nahrávané a monitorované, a druhým zobrazovacím počítačom (na strane respondenta), kde sú testovanej osobe prezentované experimentálne podnety (obr. 1).

Metóda video eye-trackingu sa ďalej delí ešte na dve podkategórie, vytvorené na základe polohy (statickej/dynamickej) hlavy a očí počas merania. Prvým typom

sú statické tzv. *desktop-mounted* zariadenia, ktoré môžu byť umiestnené priamo v počítači alebo mať podobu prídavnej lišty, ktorú je možné namontovať na väčšinu bežne používaných počítačov a laptopov (obr. 2). U tohto typu môže byť hlava fixovaná špeciálnou konštrukciou, o ktorú si testovaná osoba oprie čelo a bradu a tak sa eliminujú pohyby hlavy, čo sa často využíva pri výskumoch čítania a percepcie textu. Ak sa s touto konštrukciou nepracuje, hlava ostáva nefixovaná a musí byť použitý algoritmus, ktorý sleduje zmeny v polohe zreničky a taktiež celej hlavy a dáta na ich základe spracováva. Druhým typom video eye-trackerov sú tzv. *head-mounted* prístroje, niektorými autormi tiež nazývané ako mobilné, ktoré sú pomocou rôznych spôsobov umiestnené priamo na hlavu

<sup>3</sup> Upravené na základe schémy SensoMotoric Instruments GmbH (2009).



**Obr. 2.** Desktop-mounted zariadenie<sup>4</sup>

respondenta a tak umožňujú pohybovanie sa v priestore bez nutnosti fixácie k počítaču (obr. 3). Dáta sú prenášané káblom do počítača, prípadne mobilu, ktorý má respondent priamo u seba, alebo sú prenášané bezdrôtovo. Takéto zariadenia majú väčšinou podobu okuliarov, ktoré snímajú viacerými kamerami pohyby očí a zároveň scénu, ktorú respondent vidí zo svojho pohľadu. Tieto záznamy špecializovaný software následne spája.

Výhoda mobilných eye-trackingových prístrojov spočíva v možnostiach ich využitia mimo laboratórne prostredie, v reálnych situáciách, napríklad aj počas školskej výuky, tak ako to realizovali vo svojich výskumoch Raca a Dillenbourg (2014),

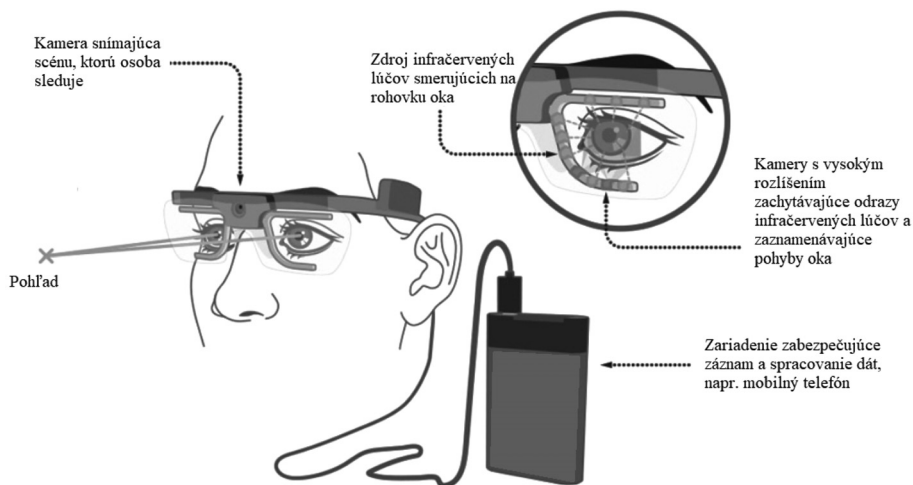
Cortina et al. (2015), Dessus, Cosnefroy & Luengo (2016) alebo Stürmer et al. (2017). Prednosťou je predovšetkým neinvazívnosť prístupu, u desktop prístrojov tiež vysoká presnosť merania, ktorá je u mobilných prístrojov nižšia, ale na druhú stranu potenciál mobilných prístrojov tkvie v možnostiach aplikácie v prirodzenom prostredí.

## 2.1 Dáta z eye-trackingových prístrojov

Pred samotným meraním je potrebné vykonať kalibráciu, kde sa respondentovi prezentuje niekoľko fixačných bodov, respondent dostane inštrukcie tieto body

<sup>4</sup> Upravené na základe schémy Tobii AB (2017).





**Obr. 1.** Head-mounted zariadenie<sup>5</sup>

postupne sledovať a na základe testovacieho merania sa zariadenie nastaví. Poloha bodov je spravidla náhodná. Po kalibrácii nasleduje validácia, ktorá preverí presnosť kalibrácie. Menšie odchýlky v nameraných hodnotách sú akceptovateľné (spravidla v hodnote  $0,4 - 1^\circ$ ), kritérium závisí od zvoleného prístroja a typu testovacej úlohy, o akceptácii rozhoduje samotný výskumník (Holmqvist et al., 2011).

Môže sa stať, že respondent neprejde procesom kalibrácie a následnej validácie a z merania ho musíme vylúčiť. Deje sa tak na základe určitých očných väd, keď je jedinac unavený, alebo u nositeľov korekčných pomôcok zraku. Problém nastáva aj pri niektorých typoch skiel dioptrických okuliarov, kedy okrem odrazu infračerveného

lúča video zachytáva aj reflexné odrazy zo skiel. Tiež u nositeľov kontaktných šošoviek sa môžu objaviť vzduchové bublinky medzi rohovkou a kontaktnou šošovkou, ktoré meranie skresľujú. Medzi problematické ešte zaradíme osoby, ktoré podstúpili laserovú korekciu zraku, ich rohovka je odlišne tvarovaná – odrazený lúč môže vykazovať netypické vzorce a tak neumožňovať presné meranie. Problémy niekedy spôsobuje aj výrazný očný make-up, hrubé linky, očné tieny a očné riasy, ktoré sú zahnuté takým spôsobom, že zasahujú do oblasti oka. S danými obmedzeniami je potrebné pred začatím merania počítať, inštruovať respondentov a hlavne si byť vedomý určitých strát respondentov, ktoré je nutné zo vzorky vyradiť z dôvodu neúspešnej kalibrácie a validácie.

<sup>5</sup> Upravené na základe schémy Tobii AB (2017).

**Tab. 2.** Názvoslovie oblastí záujmu

Názov	Používaná skratka
areas of interest	AOIs
regions of interest	ROIs
interest areas	IAs
look zones	LZs

Eye-trackingové prístroje zbierajú rozmanité množstvo dát, vo všeobecnosti je možné rozdeliť ich na základe kategorizácie Holmqvista et al. (2011), Laia et al. (2013) a Radacha a Kennedyho (2004) na merania zohľadňujúce priestorové, časové, frekvenčné a sekvenčné dimenzie. Priestorové a časové parametre vyjadrujú, v akej šírke zorného poľa sa oči pohybujú, ktoré časti obrazu sú fixované a v akom čase sa toto odohráva. Frekvenčné parametre vyjadrujú, koľkokrát bol sledovaný bod fixovaný a po akú dlhú dobu, a napokon sekvenčné parametre slúžia na vyjadrenie vzorcov, ktoré reflektujú prechody medzi viacerými časťami sledovaného materiálu alebo scény.

Vizualizovať dáta z eye-trackingových prístrojov je možné viacerými spôsobmi. Medzi najvyužívanejšie patrí vizuálna cesta (*scan path / gaze plot / vizual path*), kedy sú na zobrazovanom materiáli fixácie označené okrúhlymi oblasťami, pričom priemer týchto oblastí odráža dĺžku fixácie a jednotlivé fixácie sú spojené priamkami, ktoré vyjadrujú sakády.

Ďalším spôsobom je vizualizácia prostredníctvom tepelných máp (*heat maps*), kde je objem pohľadu na jednotlivé časti scény vyjadrený zmenou farby zobrazenia na základe množstva získanej pozornosti, alebo formou tzv. ohniskových máp (*focus*

*maps*), kde je objem pohľadu vyjadrený zmenou transparentnosti jednotlivých stimulov. U tepelných máp najviac sledovaným podnetom program priradí napr. najteplejší odtieň farby (na základe nastavenia) a u ohniskových máp by bol takto vyhodnotený stimul zobrazený ako najjasnejší, najviac transparentný bod na sledovanej scéne. Tento typ vizualizácie sa výborne hodí pri výskumoch, kde ten istý materiál sleduje väčší počet osôb.

Cielové oblasti textu alebo scény, ktoré nás zaujímajú, sa nazývajú oblasti záujmu (*areas of interest* alebo *regions of interest*, menej často ako *interest areas* či *look zones*; tab. 2). U výskumu čítania a percepcie textu sa ako AOIs zväčša volia jednotlivé slová, u výskumov orientovaných na kognitívne náročné spracovanie potom celé vety, prípadne odstavce. Diagramy a obrázky môžu byť rozdelené na viaceré menšie segmenty tvoriace AOIs (Holmqvist et al., 2011).

### 3. EYE-TRACKING

#### V PEDAGOGICKOM VÝSKUME

Na priblíženie oblastí pedagogického výskumu, v ktorých je možné využiť technológiu eye-tracking, slúži nižšie uvedený prehľad vytvorený na základe analýzy publikácií. Kritériá pre ich vý-



Tab. 3. Eye-tracking v pedagogickom výskume

	Oblasť výskumu	Počet textov	Príklad reprezentujúceho výskumu	Poznámka
1	Výskum čítania	35	Mason, Pluchino & Tornatora (2015)	Prelínanie oblasti pedagogiky a psychológie
2	Učenie vo virtuálnom výukovom prostredí	28	Sharma et al. (2013)	
3	Výuka cudzích jazykov	16	Okoso, Kunze & Kise (2014)	
4	Procesy v školskej triede a triedny management	9	Cortina et al. (2015)	
5	Skúmanie pozornosti	6	Roebers, Schmid & Roderer (2010)	Prelínanie oblasti pedagogiky a psychológie

ber boli definované nasledovne (Mareš, 2013): Zvolené boli databázy SCOPUS<sup>6</sup> a ProQuest,<sup>7</sup> analyzované boli recenzované plné texty písané v anglickom jazyku a ako časová jednotka roky 2010–2017.<sup>8</sup> Na vyhľadanie výskumov boli použité kľúčové slová *eye tracking*, *eye-tracking* alebo *eye movement* a *eye movements* a zároveň *education* alebo *learning* alebo *school class* v abstrakte textov. Texty boli ohraničené oblasťou *education*. Následné zúženie prebehlo na základe preštudovania abstraktov, kde boli z výberu vylúčené texty, u ktorých sa nejednalo o empirické štúdie alebo ktoré spadali pod inú oblasť, najčastejšie oblasť medicíny a zdravotníctva. Po nastolení týchto kritérií ostalo 94 textov, ktorých tematické rozdelenie približuje tabuľka 3.

Bolo vytvorených päť oblastí: 1. výskum čítania, 2. učenie vo virtuálnom výukovom prostredí, 3. výuka cudzích jazykov, 4. procesy v školskej triede a 5. skúmanie pozornosti. Najviac výskumov spadalo do kategórie výskumu čítania. Táto, spolu s kategóriou skúmanie pozornosti, predstavovala hraničnú kategóriu, pretože napriek prítomnosti filtra *education* sa do danej oblasti premietli aj texty publikované v psychologických časopisoch. Jedná sa teda o texty, ktoré je možné označiť ako pedagogické a rovnako psychologické. V tejto súvislosti je na mieste zamyslenie, ako presne je definovaná hranica medzi pedagogickým a psychologickým výskumom, a napríklad aj v samotnej analýze výskumov by bolo určite zaujímavé v budúcnosti zrealizovať aj analýzu na základe

<sup>6</sup> Databáza odbornej recenzovanej literatúry <https://www.scopus.com/home.uri>

<sup>7</sup> Databáza odbornej recenzovanej literatúry <http://www.proquest.com/>

<sup>8</sup> Začiatočný rok 2010 bol zvolený na základe vstupu zariadenia Tobii Glasses na komerčné využitie a práve v danom roku sa začali objavovať prvé výskumy, kde bola využitá technológia mobilných eye-tracking okuliarov. Druhý najväčší výrobca týchto zariadení, SMI System, sa začal využívať od roku 2012 a od roku 2014 v podobe eye-tracking okuliarov.



rovnakých kľúčových slov, ale v oblasti psychológie. Je možné, že takto nastavený filter by priniesol odlišnú štruktúru a teda aj kategorizáciu textov. Na základe zvolených nastavení prinášam bližšie opísanú kategorizáciu piatich okruhov využitia eye-tracking technológie v pedagogike. Najviac priestoru je venované najviac typickej možnosti využitia eye-trackingu, a to v skúmaní čítania. Ostatné skupiny sú priblížené v stručnejšej forme.

### 3.1 Výskum čítania

Pred érou využitia technológie eye-trackingu v oblasti výskumu čítania sa prevažne využívala metóda súbežného verbálneho protokolu (*thinking aloud*), ktorá prinášala bohatý zdroj dát o spracovaní textu. Nevýhodou je ale istá miera neprirodzeného zásahu, kde implementácie tejto metódy môže pozmeniť proces samotného myslenia tým, že pozornosť je odklonená z jednej úlohy, ktorou je čítanie textu, na komentovanie (Veenman, Van Hout-Wolters & Afflerbach, 2006).

Eye-tracking je v tomto prípade jednoznačne menej obťažujúca a rušiaca metóda, keďže proces čítania nenarúša, participanti môžu slobodne sledovať text, presne tak, ako keby neboli podrobovaní sledovaniu pohybov ich očí. Zozbierané dáta ale poskytujú bohatý zdroj hovoriaci o množstve pridelennej pozornosti rôznym častiam textu (napríklad u čítania vedeckého textu), alebo o plynulosti samotného čítania.

Často sa využíva na určité odhalenie a hodnotenie schopnosti čítania, keďže

práve očné pohyby ich odzrkadľujú. Napríklad u viac skúsených a schopných čitateľov nachádzame kratšie trvanie fixácií, ich počet je menší, dlhšie sakády a menej regresných pohybov v texte než u detí, ktoré sa len učia čítať, osôb trpiacich poruchami čítania a celkovo menej schopných čitateľov (Rayner, Pollatsek & Reichle, 2003). Prostredníctvom eye-trackingu sa ukazuje, že proces čítania vo všeobecnosti menej zdatných osôb v čítaní v porovnaní s tými zdatnejšími vykazuje kvalitatívne podobné znaky, len s nižšou formou efektivity.

Ako zdôrazňujú Paeglis, Orlovska a Bluss (2011), pri komparácii výsledkov detí s výsledkami čítania dospelých tak deti vykazujú podstatne dlhšie doby trvania fixácií, čo odkazuje, že čítanie ešte nebolo zautomatizované, a indikuje teda dlhší proces kognitívneho pracovania hlások a celých slov.

### 3.2 Učenie vo virtuálnom výukovom prostredí

Vo virtuálnom výukovom prostredí slúži technológia eye-trackingu napríklad na skoré odhalenie študentov, ktorí svoju pozornosť v nedostatočnej miere venujú danému výukovému materiálu. Ide o situácie v reálnom čase, kedy učiteľ pracuje v triede so žiakmi za pomoci napr. MOOC kurzov a video lekcí a nie je v jeho možnosti súbežne sledovať, čomu sa žiaci venujú. Sharma, Jermann & Dillenbourg (2014) sledovali vzťah medzi predelenou pozornosťou počas sledovania výukového videa a následným skóre v post-testu vzťahujúcom sa k sledovanému videu. Odhalili



priamu koreláciu medzi časom, ktorý zostával z fixácií smerovaných na relevantné pole videa, a získanou hodnotou skóre v teste.

Inou možnosťou ako implementovať eye-tracking do zlepšenia virtuálneho výukového prostredia je sledovanie užívateľskej prívetivosti počítačového rozhrania, v ktorom sa virtuálne vzdelávanie odohráva. Autori to často argumentujú predpokladaným nárastom distančného a diaľkového štúdia, v ktorom má práve virtuálne výukové prostredie svoje nezastupiteľné miesto.

V kontexte učenia je zaujímavou oblasťou tzv. učebných stratégií, keďže o vzdelávanom prostredí žiakov a študentov už nie je možné uvažovať ako o prostredí čisto fyzickom (Thomas, 2013). Je teda dôležité venovať pozornosť aj tomu, aké učebné stratégie volajú žiaci práve v tomto prostredí a aké výstupy tieto stratégie prinášajú.

### **3.3 Výuka cudzích jazykov**

Výskumné štúdiá spadajúce do tejto kategórie boli vybrané na základe zastrešujúcej témy – výuky cudzích jazykov. Samotná realizácia výskumov ale pozostávala predovšetkým z analýzy textov, s ktorými v rámci výuky cudzích jazykov žiaci a učitelia pracovali. Je teda možné tieto texty označiť taktiež ako určitú špecifickú podkategóriu výskumu čítania a taktiež sa na úrovni použitého materiálu tieto výskumy čiastočne prelínajú s podkategóriou výskumov realizovaných priamo v školskej triede, a to konkrétne v rámci práce žiakov s výukovými materiálmi. Pre moju

kategorizáciu bolo ale tematické zaradenie výskumov primárne, a preto túto skupinu prezentujem ako samostatnú.

Obsahovo sa venujú napríklad otázke pridelennej pozornosti slovám, ktoré sú pre žiaka v rámci cudzieho jazyka nové, doposiaľ neznáme, a ako sa odzrkadľuje doba trvania fixácií pridelených novému slovu do pravdepodobnosti zapamätania alebo vybavenia si daného slova (Godfroid, Boers & Housen, 2013). Impulzom v tomto prípade bola hypotéza Richarda Schmidta (Schmidt, 1990 in Godfroid et al., 2013), ktorá hovorí o minimálnej časovej dobe, počas ktorej musí človek vizuálne fixovať určitý podnet (v tomto prípade slovo), aby si ho v budúcnosti vedel vybaviť. Autori našli významný vzťah medzi touto časovou dobou sledovania nových slov v textovom materiáli a následným stálym zapamätaním. Využitelnosť výsledkov je možné preniesť aj do praktickej roviny, kedy majú učitelia cudzích jazykov väčšie poznatky o efektívnosti tej ktorej zvolenej metódy pri výuke nových slov.

### **3.4 Skúmanie pozornosti žiakov**

V rámci výskumu pozornosti sa sleduje napríklad proces kódovania informácií v mozgu, ktorý je ovplyvňovaný kontextom a kontextuálnymi informáciami. Práve očné pohyby počas riešenia úloh vyžadujúci si vysoký level pozornosti indikujú mieru pozornosti im pridelenú. Naučená informácia sa lepšie vybavuje v prípade, že vybavovanie prebieha na rovnakom mieste, kde prebehol proces učenia. Roebbers et al. (2010) testovali práve na základe očných



pohybov získaných z remote eye-tracking zariadenia mieru pozornosti pridelenú určitým predmetom a ich následné vyba-  
vovanie. Testovali dve skupiny mladších a starších žiakov a cieľom bolo odhaliť špe-  
cifické obdobie (7–10 rokov), v ktorom sa prehlbuje schopnosť inhibovať rozptýlenie,  
filtrovat rušivé faktory a pozornosť sa viac sústreďuje na pridelenú úlohu. Ako udáva  
DeMarie a Ferron (2003), tak spoločne s pamäťovou kapacitou sa práve stratégie  
kódovania informácií považujú za hlavné faktory podporujúce vývojový progres pa-  
mäti a učenia v období detstva.

### 3.5 Procesy prebiehajúce v školskej triede

Tejto skupine výskumov je venovaná celá nasledujúca kapitola.

## 4. PROSTREDIE ŠKOLSKEJ TRIEDY

Veľká časť pedagogického výskumu je zameraná na sledovanie a snahu o pocho-  
penie rozmanitých procesov, ktoré pre-  
biehajú priamo v centre pedagogického  
diania, v školskej triede. Výskumníci ale  
narádzajú na bariéry, ktoré im toto snaže-  
nie a hlavne výstupy sťažujú. V prípade  
rozhovorov s aktérmi školskej výuky, či  
už žiakmi, alebo učiteľmi, sú získané in-  
formácie redukované. Vedome, keď nám  
respondent niektoré skutočnosti povedať  
nechce, alebo aj nevedome, keď na nich  
nespomenie, alebo si ich nie je vedomý.

Výsledkom ale je ich nepostrehnutie vý-  
skumníkom. Dotazník môže eliminovať  
ostýchavosť pri citlivých otázkach, môže  
byť anonymizovaný, ale tiež redukuje šír-  
ku získaných informácií. Ak sa výskumník  
rozhodne pre pozorovanie, taktiež narazí  
na prekážky. Koľko žiakom a učiteľovi po-  
trvá, kým ho prestanú vnímať ako rušivý  
element v ich prostredí a budú sa správať  
prirodzene? Dokáže výskumník zachytiť  
všetky situácie v triede a správne ich ná-  
sledne interpretovať? Odpoveďou môže  
byť sledovanie školskej triedy pomocou  
kamery a následná interpretácia video-  
záznamu. To, čo pred niekoľkými rokmi  
nebolo možné, alebo neskôr nebolo vy-  
užívané, tak v súčasnej dobe nepredstavuje  
žiadny výstredný nápad.

V nasledujúcej časti sa budem bližšie  
venovať jednej vybranej skupine výskumov  
z hlavného výberu, a to skupine „Procesy  
v školskej triede“ (viď tab. 3).

Výskumy, ktoré boli realizované po-  
mocou eye-tracking prístrojov a ako pro-  
stredie slúžila školská trieda, som zúžila  
na tri hlavné oblasti: práca žiakov s výuko-  
vými materiálmi počas hodiny, zapájania  
sa žiakov do výuky a výskumy venované  
školskému managementu – konkrétne pa-  
radigme učiteľ-expert a učiteľ-začiatovník.

V nasledujúcej časti budú bližšie pred-  
stavené tri<sup>9</sup> vybrané výskumy, reprezen-  
tujúce vždy jednu z troch definovaných  
skupín, ktoré boli za využitia eye-tracking  
technológie realizované priamo v prostredí  
školskej triedy.

<sup>9</sup> Výber bol založený na subjektívnom posúdení, ktorý z výskumov v každej jednotlivéj skupine ilustruje najlepšie možnosti aplikácie eye-tracking technológie, prezentuje podrobne metodológiu výskumu, ako aj výsledky.



Tab. 4. Eye-tracking v prostredí školskej triedy

Oblasť výskumu	Počet	Výskumy	Typ výskumu	Typ použitého eye-trackera
práca žiakov s výukovými materiálmi počas hodiny	3	Liu & Shen, 2011	experiment	statický (iView X RED)
		Yang et al., 2013	kvantitatívny prístup	statický (FaceLAB 4.5)
		Liu, 2014	experiment	statický (FaceLAB 4.5)
zapájanie sa žiakov do výuky	2	Raca & Dillenbourg, 2014	zmiešaný výskumný prístup	okuliare (SMI Portable)
		Prieto, Sharma & Dillenbourg, 2015	zmiešaný výskumný prístup	okuliare (nešpecifikovaný)
ŠKOLSKÝ management – paradigma učiteľ-expert a učiteľ-začiatokník	4	Cortina et al., 2015	kvantitatívny prístup	okuliare (ASL Mobile)
		Dessus et al., 2016	kvantitatívny prístup	okuliare (ASL Mobile Eye-GX)
		McIntyre, Mainhard & Klassen, 2017	kvantitatívny prístup	okuliare (Tobii 1.0 eye-tracking glasses)
		Stürmer et al., 2017	kvantitatívny prístup	okuliare (bližšie nešpecifikovaný model)

#### 4.1 Práca žiakov s výukovými materiálmi počas hodiny

Yang, et al. (2013) vo výskume *Tracking learners' visual attention during a multimedia presentation in a real classroom* demonštrovali aplikáciu eye-tracking technológie v prostredí školskej triedy, kde pre študentov vytvoril učiteľ prezentáciu v PowerPoint formáte na tému dôvodov vyhynutia dinosaurov. Výukový materiál bol predstavený formou prezentácie, ktorá bola vyhotovená vo viacerých verziách. Na niektorých snímkach sa vyskytovala len fotografia, na iných bola doplnená o text, alebo schému spojenú s textom. Výskumu

sa zúčastnilo 20 študentov bakalárskych programov, z ktorých polovica študovala vedy o Zemi (*earth science*), niekedy označované aj ako geovedy, takže prezentovaná téma im bola blízka, a druhá polovica študovala ostatné prírodovedné obory, mimo geovied. Ako hlavné zistenia autori udávajú nasledujúce.

Čas strávený sledovaním PowerPoint snímok sa pohyboval v rozmedzí od 19,7 % do 59,2 %, čo ukazuje, že študenti strávili istú dobu sledovaním niečoho iného, zväčša učiteľa. Viac času strávili sledovaním snímok, kde bol popri fotografii prítomný aj text (43,8 %), ako snímok obsahujúcich len fotografiu



(35,1 %). Čo je pochopiteľné, keďže k fotografii je potrebné pridať čas na prečítanie textu.

Priemerná dĺžka fixácií na snímkach s obrázkom a aj textom (261 ms) bola kratšia než na častiach obsahujúcich iba fotografiu či obrázok (280 ms), čo sa dá vysvetliť dlhšou dobou potrebnou na pochopenie materiálu bez textového doprodu, ktorý má vysvetľujúcu a upresňujúcu funkciu. Zaujímavé, je, že celkový čas potrebný na prečítanie textu a následné prepojenie s obrázkom či fotografiou je kratší, ako keď sledovaná osoba nemusela čítať žiaden text a len vnímať obrázok. Toto zistenie môže pomôcť napríklad pri vytváraní vhodných výukových materiálov.

Ďalšie zistenia sa týkali AOIs (nadpis, text a obrázok) na snímkach a ukázalo sa, že študenti len v malej miere sledovali nadpisy. Keď bol súčasne prezentovaný obrázok a aj text, tak viac času strávili študenti v oblasti textu ako obrázku, ale priemerná dĺžka fixácií bola väčšia v AOI obrázka ako textu.

Posledná časť výsledkov spočívala v komparácii dát od oboch skupín študentov v odlišných študijných programoch. Študenti geovied strávili väčší čas sledovaním textu než študenti ostatných prírodovedných oborov. U obrázkov tomu bolo opačne a študenti geovied v AOIs obrázkov vykazovali menej sledovaného času.

V detailnej analýze snímkov, ktoré obsahovali obrázok či fotografiu a aj text týkajúci sa možných príčin vyhynutia dinosaurov, sa ukázalo, že študenti geovied venovali viac pozornosti kľúčovým pojmom v texte než študenti ostatných príro-

dovedných oborov a tiež vykazovali väčšie prepájanie medzi jednotlivými AOIs.

Počas školskej výuky sú informácie prezentované viacerými formami, majú textovú a obrázkovú podobu, podobu inštrukcií a gest učiteľa a dôležitú úlohu zohráva taktiež interakcia medzi žiakmi či študentmi. Žiaci s odlišnou úrovňou základných znalostí sa môžu odlišovať v spôsoboch, akými nové informácie vizuálne zachytávajú, a tak sa výskum stáva viac dimenzionálnym a komplexným.

## 4.2 Zapájanie sa žiakov do výuky

Kvalitu výuky by sme mali hodnotiť na základe známok, ktoré žiaci na konci roku dostanú, a ako bude hodnotený učiteľ svojim nadriadeným, alebo by bolo vhodnejšie pozrieť sa na to, ako trieda počas roku spolupracovala pri získavaní nových znalostí? Uprednostňuje sa jednoznačne prvé kritérium, a to výstup a známky. Často z úplne pragmatických dôvodov, akými by bola prílišná komplexnosť a nejednoznačnosť takéhoto hodnotenia a čas na neho potrebný.

Raca a Dillenbourg (2014) boli týmto nápadom až tak zaujatí, že ho experimentálne overili. Cieľom ich výskumu bolo pomocou viacerých videokamier umiestnených v triede a sledujúcich dianie z perspektívy učiteľa, z pohľadu žiakov a taktiež za využitia mobilných eye-tracking okuliarov, zmapovať interakcie a komunikáciu medzi žiakmi navzájom a medzi učiteľom a žiakmi. Výskum mal longitudinálny charakter, kde bolo sledovaných sedem výukových hodín a dáta boli kombinované s do-





tazníkmi a rozhovormi. Učiteľom prináleží nie len prezentácia výukového materiálu, musia taktiež aktívne sledovať, ako na ich výklad žiaci reagujú, a výklad potom prispôbiť. Raca a Dillenbourg túto nutnosť prirovnávajú k orchestru, kde učiteľ riadi celú triedu. Dáta z videonahrávok a eye-tracking okuliarov boli kombinované s dotazníkmi a rozhovormi, kde žiaci vyjadrovali, akú pozornosť venovali učiteľovi počas danej výukovej hodiny, akú mieru pozornosti venovali svojim spolužiakom, či hodnotia učiteľa ako aktívneho alebo skôr pasívneho, a taktiež ako vnímali výukový materiál a obsah hodiny. Tieto dáta potom porovnávali s videonahrávkami a eye-tracking dátami a boli schopní zachytiť dynamiku školskej triedy a bližšie preskúmať, čo prebieha medzi žiakmi a učiteľom. Priblížiť to, čo bolo ešte donedávna považované ako nie úplne reálne. Autori tvrdia, že práve vďaka vývoju nových systémov umožňujúcich automatické zachytávanie a spracovávanie toho, čo sa počas výuky v hodine odohráva, budeme môcť v číms ďalej tým väčšej miere bližšie poodhaliť, ako pracuje školský „orchester“, a následne tieto poznatky preklopiť aj do „návniku budúcich dirigentov“, a tak zlepšiť výuku budúcich učiteľov.

#### **4.3 Školský management – paradigma učiteľ-začiatočník a učiteľ-expert**

Do tejto skupiny výskumov boli zaradené texty zamerané na školský management a väčšina z nich rovnako aj na problematiku tzv. profesijného videnia učiteľov

(v českom prostredí viď Janík, Pešková & Janík, 2014; Janík et al., 2014; Minaříková, 2014; Minaříková et al., 2015).

Texty z výberu (Cortina et al., 2015; Dessus et al., 2016; McIntyre et al., 2017 a Stürmer et al., 2017) ukazujú, že učiteľ-experti spracovávajú vizuálne informácie počas výuky rýchlejšie, ako učelia-začiatočníci. Taktiež ich distribúcia pozornosti medzi študentov je rovnomernejšia, učelia-začiatočníci majú tendenciu venovať určitým žiakom viac a určitým naopak menej pozornosti.

S nápadom skúmať rozdiely medzi učiteľmi-začiatočníkmi a expertmi pomocou eye-tracking technológie prišli Yamamoto a Imai-Matsumura (2013), následne van den Bogert et al. (2014) a Wolff et al. (2016), pričom všetci používali statické eye-tracking prístroje pripnuté na obrazovku počítača a respondenti – učelia – mali za úlohu sledovať nahrávky z reálnych vyučovacích hodín, zaznamenaných z pohľadu učiteľa. Yamamoto a Imai-Matsumura (2013) zisťovali schopnosť a rýchlosť učiteľov všimnúť si nevhodné správanie a vyrušovanie žiakov. V danom výskume nezaznamenali žiadne významné rozdiely medzi levelom expertízy učiteľov a ich schopnosťou postrehnúť vyrušovanie žiakov. V podobnom duchu neskôr pokračovali van den Bogert et al. (2014), kde už ale zistili, že experti majú väčšiu tendenciu zameriavať svoju pozornosť na následky nevhodného správania sa žiakov počas vyučovania než na samotné nevhodné správanie. Wolff et al. (2016) naopak zistili, že učelia-experti distribuujú svoju



pozornosť menej rovnomerne a viac cieľia na konkrétne miesta v školskej triede a sú schopní rýchlejšie spozorovať žiakov, ktorí vyrušujú, než začiatočníci, ktorým to trvá dlhšiu dobu a ich pozornosť je viac rozptýlená po priestore triedy. Nevýhodou takto koncipovaných výskumov je to, že nie úplne odrážajú správanie v prirodzených podmienkach, keďže učitelia sledovali ex post video záznam vyučovacej hodiny, neboli sami aktérmi tejto hodiny a dokonca nesledovali ani nahrávky samých seba, ale iných učiteľov. Tento spôsob sledovania profesijného videnia sa tiež nazýva „on action“, teda po udalosti (Eraut, 1994).

O krok ďalej sa posunula Cortina et al. (2015), keď vo svojom výskume kombinovala dáta o vizuálnej pozornosti učiteľov s kvalitou inštrukcií vo výuke za pomoci mobilného eye-tracking prístroja – okuliarov. Jednalo sa už o sledovanie profesijného videnia formou „in action“ (počas udalosti). Nájdené boli odlišnosti napr. v tom, ako podávali učitelia spätnú väzbu žiakom. Učitelia-začiatočníci volili väčšinou diskretnější spôsob pomocou stíšenia hlasu, priblíženia sa k žiakovi, nie pred celou triedou, a experti spätnú väzbu zväčša poskytovali jednotlivým žiakom pred celou triedou. Toto potom korešpondovalo aj s vizuálnou percepciou triedy, kde učitelia, začiatočníci mali tendenciu zameriavať sa na konkrétnych žiakov, napr. pri rozhovore len s jedným žiakom mu venovali plnú svoju pozornosť a prakticky nevnímali ostatných žiakov naokolo. Oproti tomu experti, keď komunikovali s jedným žiakom, tak stále

vnímali aj dianie v triede. Toto je možné vysvetliť šírkou percepčného uhlu, ktorý je u expertov širší ako u začiatočníkov, a tak dokážu učitelia-experti periférne vnímať aj to, čo začiatočníci nezvládnu. V danom výskume bola distribúcia vizuálnych fixácií meraná tzv. Gini koeficientom založeným na výsledkoch pozorovania van den Bogerta et al. (2014), ktorý zistil na základe video nahrávok, že učitelia-experti vykazujú lepší prehľad o tom, čo sa v triede deje. Ak sa žiakovi A dostane veľké množstvo pozornosti od učiteľa, tak sa potom prirodzene ostatným žiakom dostane v priemere pozornosti menej. Gini koeficient nadobúda hodnotu od 0 (všetci žiaci obdržali zo strany učiteľa rovnaké množstvo fixácií) po hodnotu 1, ktorá znamená, že daný študent získal všetku pozornosť učiteľa (všetky fixácie) a ostatní žiaci neobdržali žiadnu. Nieкто môže tvrdiť, že učiteľ by mal distribuovať pozornosť čo najviac rovnomerne medzi žiakov a len tak bude zaistený efektívny monitoring triedy (Gini koeficient 0). To ale zaručené byť nemusí, pretože v reálnej školskej triede sa líši potreba žiakov po pozornosti učiteľa. Dobrý učiteľ by mal mať tendenciu venovať viac pozornosti (Gini blížiaci sa k hodnote 1) žiakom, ktorí majú problém s porozumením. V danom výskume je ale Gini koeficient vnímaný čisto ako miera kompetencie učiteľa rovnomerne monitorovať celú triedu. Výsledky výskumu Cortiny et al. (2015) ukázali, že učitelia-začiatočníci mali vyššie hodnoty Gini koeficientu ako učitelia-experti, a teda menej zvládali rovnomerne monitorovať celú triedu.



## DISKUSIA A ZÁVERY

Linka tejto teoretickej práce viedla od vysvetlenia podstaty očných pohybov cez opísanie prístrojov slúžiacich na ich zaznamenávanie, spôsoby ich analýzy a interpretácie až po zdôvodnenia vyplývajúce z realizovaných výskumov, prečo má eye-tracking svoje miesto aj v rámci pedagogického výskumu.

Z podstaty technológie bolo ešte donedávna možné realizovať eye-trackingové výskumy výlučne v laboratórnom prostredí, čo bolo a stále aj je zaiste prínosné a využiteľné aj v oblasti pedagogiky. Veľmi obsiahlou a významnou skupinou výskumov, ktoré je možné označiť ako pedagogické a zároveň boli realizované pomocou eye-trackingu, sú výskumy čítania a percepcie textu. Táto skupina tvorí určitý základný kameň a taktiež je hlavným dôvodom, prečo ľudia začali v minulosti študovať pohyb očí. Bolo tomu vďaka nie úplne jasnému mechanizmu, kedy oči vykonávajú krátke, trhané pohyby a nekopírujú priamo riadky textu tak, ako sa to kedysi očakávalo. Prostredie laboratória má ale svoje špecifiká a obmedzenia a určitým výskumným problémom prostredie limitované na laboratórium nie príliš svedčí. A to je jedným z hlavných dôvodov stojacim za vznikom tohto textu.

Už v úvode práce je spomenutý posun, kedy je vďaka technologickému progresu možné eye-tracking použiť aj v prostredí prirodzenom, v teréne, akým je aj školská trieda počas prebiehajúcej výuky. Takto orientované výskumy majú v zahraničí už istú tradíciu, v českom a slovenskom pro-

stredí zatiaľ veľmi nie, a preto ako druhá časť textu bola zaradená prehľadová štúdia výskumov zahraničných, ktoré môžu byť inšpiráciou aj pre českých a slovenských výskumníkov pohybujúcich sa v oblasti pedagogiky. Viaceré univerzity už disponujú eye-tracking zariadeniami a často hlavnou bariérou v ich využívaní je nie len nedostatočná technická znalosť, ale aj absencia inšpirácie a určitej dobrej praxe, ktorá nám ukáže, v akých oblastiach by eye-tracking bolo možné využiť a akým spôsobom môže obohatiť naše dáta.

Sledovať pritom môžeme tak žiakov, ako učiteľov, alebo ich vzájomné interakcie. Na strane žiakov ide napríklad o prácu s výukovými materiálmi, pričom nie sme limitovaní len laboratórnym prostredím, ako tomu bolo pri prvých eye-trackingových prístrojoch. Pri učiteľoch zase sledovaním, ako si organizujú výuku, kam smeruje ich pozornosť, ako zvládajú situácie náročné na zorientovanie v triede a podobne.

Taktiež paradigma učiteľ-expert verzus učiteľ-začiatočník, kde sa tento koncept prebral zo štúdií zameraných na pilotov a vodičov automobilov. Táto paradigma je v podstate aplikovateľná na akékoľvek obory, kde sa sleduje expertíza a reagovanie expertov a začiatočníkov v určitých špeciálnych situáciách. Tak to bolo aj s inšpiráciou u vodičov (Duchowski, 2007), kde viacerí autori (Chapman & Underwood in Duchowski, 2007) sledovali reakcie začínajúcich vodičov a ich skúsených kolegov, ktorí na špeciálne vytvorenom simulátore reagovali na nebezpečné a nečakané momenty počas jazdy autom. Paralelou je v oblasti pedagogiky sledovanie učiteľov



nachádzajúcich sa v rôznej miere expertízy, ako reagujú na nečakané situácie v triede či nedisciplinovanosť žiakov. U pilotov (Ottati et al. in Duchowski, 2007) boli zisťované odlišnosti v získavaní informácií z palubnej dosky počas letu, opäť pri porovnaní jedincov s nízkou a vysokou expertízou. Aký majú dopad a využiteľnosť podobné výsledky a výstupy? Hlavne počas výuky a tréningu začiatočníkov, keď sa pracuje s presvedčením, že experti pracujú efektívnejšie a vo väčšej miere sú schopní zachytiť podstatné momenty, správne ich interpretovať a následne reagovať. Jedná sa o dlhý proces, počas ktorého sa expertíza tvorí. Eye-trackingové zistenia ale môžu pomôcť pri definovaní týchto odlišností medzi začiatočníkmi a expertmi a tak skvalitniť prípravu budúcich šoférov v autoškole, budúcich pilotov a taktiež študentov učiteľských oborov, ktorí sa plánujú stať v budúcnosti učiteľmi.

U výskumu učiteľa je ale potrebné upozorniť aj na určité riziká a nedostatky spojené práve s využitím eye-tracking technológie. Pri skúmaní výuky, kedy je záznam vyhotovovaný prostredníctvom mobilných eye-tracking okuliarov, by sme mali zohľadniť možný rušivý element, akým tieto okuliare môžu byť. Ich konštrukcia je relatívne subtilná, oproti bežným dioptrickým okuliarom sa predsa len jedná o masívnejšie zariadenie. Problém môže nastať tak na strane učiteľa, ktorý má toto zariadenie na sebe, tak aj na strane žiakov, ktorí

učiteľa sledujú. U učiteľa môžeme predpokladať istú mieru vykazovania neprirodzeného správania plynúceho s diskomfortu z dôvodu nového predmetu umiestneného priamo na jeho hlave a taktiež z dôvodu uvedomovania si, že jeho pohľad sa zaznamenáva. U žiakov je tiež možné očakávať určitú mieru neprirodzeného správania, keďže pri priamych interakciách s učiteľom sa na jeho tvári objavuje nový predmet. Obe spomenuté riziká môžeme zmenšiť a čiastočne inhibovať pomocou času, počas ktorého sú všetci aktéri výuky vystavovaní eye-tracking okuliarom. Po realizovaní viacerých vyučovacích hodín prestáva tak ako učiteľ a aj žiaci vnímať toto zariadenie. Z praktickej realizácie nahrávania výuky za pomoci eye-tracking okuliarov je teda odporúčané minimálne prvú zaznamenanú vyučovaciu hodinu nebrať v úvahu pri interpretácii dát a brať ju ako priestor, počas ktorého si všetky zúčastnené strany mohli viac zvyknúť na nový element.

Ďalším problémom u eye-tracking okuliarov by mohol byť sťažný výber respondentov (učiteľov) pri výskumoch pracujúcich s paradigmatom expert vs. začiatočník, kde sa pri skupine expertov častokrát vyskytujú respondenti staršieho veku, u ktorých je väčší pomer tých, ktorí využívajú okuliare ako korekčnú zrakovú pomôcku. Na rozdiel od kontaktných šošoviek, okuliare nie sú kompatibilné<sup>10</sup> s eye-tracking okuliarmi a tak sa nám zužuje vzorka potenciálnych respondentov.

<sup>10</sup> Niektoré typy eye-tracking okuliarov už poskytujú vymeniteľné korekčné sklíčka korigujúce dioptrie a tým je možné tento problém z časti riešiť, ale zväčša ide len o určité rozmedzie dioptrií a nie je možné korigovať ostatné poruchy zraku ako napr. astigmatizmus, a tak to je vhodné pre všetkých respondentov.



Aby sme dokázali relevantne interpretovať dianie v školskej triede, tak je vhodné dáta triangulovať aj s inými zdrojmi. Samotné dáta z eye-tracking okuliarov nám síce podajú obraz o tom, čo presne v daný moment respondent sleduje, ak by sme ich použili ako jediný zdroj dát, ťažko by sa nám interpretoval celý kontext diania. Preto je nutné do monitorovania triedy zapojiť napr. statické kamery zachytávajúce dianie aj v tých častiach triedy, ktoré aktuálne učiteľ nesleduje. Ďalej, ako bolo spomenuté v kapitole 1.2., pre správnu interpretáciu dát sa zvyknú využívať verbálne protokoly zaznamenávané ex post. Dokopy, aby sme dokázali korektné interpretovať realitu, je potrebné väčšie množstvo zariadení, náročnejšia príprava a následná analýza a výskum nutne dostáva značne komplexný charakter. Čo sa zdá byť jednoznačne zložitým postupom, ale ak zároveň prinesie nové zistenia či prehĺbenie tých známych, tak to by už mohlo byť chápané ako relevantné odôvodnenie zapojenia tejto technológie.

Skúmanie procesov vyučovania a učenia prostredníctvom nových technológií, akou eye-tracking zaiste je, nemusí sme-

rovať iba k inovatívnemu a rozšírenému hodnoteniu žiakov či učiteľov. Nemyslím si, že jediný benefit, ktorý vzíde z takto koncipovaných pozorovaní je ohodnotenie na škále od 1 do 10, ale ideálne by to mohlo viesť k tomu, aby sme pomohli učiteľom identifikovať správne postupy vo vyučovaní, žiakom správne mechanizmy ako sa efektívnejšie učiť a tvorcom výukových materiálov poskytnúť spätnú väzbu o tom, akú formu by výukové materiály mali mať. V ideálnom prípade by smerovanie malo byť čo najviac individuálne a personalizované, pretože diverzita predmetov, učiteľov a žiakov je tak široká, že poskytnúť jedno a najlepšie riešenie sa nejaví ako reálne. Preto je aj otázka dobrej, najlepšej praxe trochu otázná. Pedagogický výskum je vo veľkej miere závislý na tom, ako sa nastaví a vymedzí voľba nástroja na meranie našich dát a vonkajších premenných, ktoré nie vždy dokážeme kontrolovať. S každým novým technologickým posunom sa ale môžeme priblížiť tomu, že dáta, ktoré pozorujeme a zbierame, čo naj dôveryhodnejšie a najpresnejšie odzrkadľujú, ako interakcia medzi sledovanými osobami, prípadne osobami a výukovým materiálom prebieha.

#### LITERATURA

- Brychtová A., & Vondráková A. (2014). Green versus red: Eye-tracking evaluation of sequential colour schemes. *SGEM 2014 Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing Proceedings*, 3.
- Cortina, K. S., Miller, K. F., McKenzie, R., & Epstein, A. (2015). Where low and high inference data converge: validation of class assessment of mathematics instruction using mobile eye tracking with expert and novice teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 389–403.
- DeMarie, D., & Ferron, J. (2003). Capacity, strategies, and metamemory: Tests of a three-factor model of memory development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 167–193.



- Dessus, P., Cosnefroy, O., & Luengo, V. (2016). "Keep Your Eyes on 'em all!": A mobile eye-tracking analysis of teachers' sensitivity to students. *Adaptive and Adaptable Learning*, 72–84.
- Dobešová Z. (2016). *Eye-tracking pro testování čtení workflow diagramů v geografických informačních systémech*. Sborník konference Informatika XXIX, 18.–20. 1. 2016, Luhačovice, Mendelova univerzita, Brno.
- Duchowski, A. T. (2007). *Eye tracking methodology: Theory and practice* (2nd ed.). London: Springer.
- Elling, S., Lentz, L., & de Jong, M. (2012). Combining concurrent think-aloud protocols and eye-tracking observations: An analysis of verbalizations and silences. *The IEEE Transactions on Professional Communication*, 55(3), 206–220.
- Eraut, M. (1994). *Developing professional knowledge and competence*. London: The Falmer Press.
- Ericsson, K., & Simon, H. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data* (2nd ed.). Boston: MIT Press.
- Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (2003). *Active vision: The psychology of looking and seeing*. New York: Oxford University Press.
- Gejdušová, I., Labischová, D., & Metelková Svobodová, R. (2015). Metody eyetrackingu ve výzkumu vizuální percepcie verbálních a neverbálních textů. *O dietati, jazyku, literatúre/On child, language and literature*, 3(2).
- Godfroid, A., Boers, F., & Housen, A. (2013). An eye for words. *Studies in Second Language Acquisition*, 35(3), 483–517.
- Henderson, J. M. (2003). Human gaze control during real-world scene perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 498–504.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press.
- Chen, S.-C., She, H.-C., Chuang, M.-H., Wu, J.-Y., Tsai, J.-L., & Jung, T.-P. (2014). Eye movements predict students' computer-based assessment performance of physics concepts in different presentation modalities. *Computers & Education*, 74, 61–72.
- Inhoff, A. W., & Radach, R. (1998). Definition and computation of oculomotor measures in the study of cognitive processes. In G. Underwood (Ed.), *Eye guidance in reading and scene perception* (pp. 29–53). Amsterdam: Elsevier.
- Janík, M., Pešková, K., & Janík, T. (2014). Standardy pro učitelské vzdělávání jako cesta ke kvalitě: reflexe vývoje ve Spolkové republice Německo. Standardy v učitelské profesi. *Orbis scholae*, 8(3), 47–70.
- Janík, T., Minaříková, E., Pišová, M., Kostková, K., Janík, M., & Hublová, G. (2014b). Profesní vidění učitelů: pokus o zmapování výzkumného pole. *Pedagogika*, 64(2), 151–176.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87, 329–354.



- Kekule, M. (2014a). Students' approaches when dealing with kinematics graphs explored by eye-tracking research method In A. Bilsel & M. U. Garip, *Proceedings of the Frontiers in Mathematics and Science Education Research Conference, FISER' 2014* (108–117). Fama-gusta: Eastern Mediterranean University.
- Kekule, M. (2014b). Výzkum pomocí oční kamery ve fyzikálním vzdělávání. *Scientia in edu-catione*, 5(2).
- Kekule, M. (2015). Metoda oční kamery (eye-trackeru) při výzkumu řešení úloh z fyziky žáky SŠ a VŠ. *Matematika-fyzika-informatika*, 24(2).
- Labischová, D. (2015). Možnosti využití metody eyetrackingu ve výzkumu kompetencí histo-rického myšlení na příkladu analýzy ikonografického pramene – karikatury. *Pedagogická orientace*, 25(2), 271–299.
- Lai, M.-L., Tsai, M.-J., Yang, F.-Y., Hsu, C.-Y., Liu, T.-C., Lee, S. W.-Y., et al. (2013). A re-view of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review*, 10, 90–115.
- Liu, C.-J., & Shen, M.-H. (2011). The influence of different representations on solving concentra-tion problems at elementary school. *Journal of Science Education and Technology*, 20, 621–629.
- Liu, P.-L. (2014). Using eye tracking to understand the responses of learners to vocabulary learn-ing strategy instruction and use. *Computer Assisted Language Learning*, 27(4), 330–343.
- Mareš, J. (2013). Přehledové studie: jejich typologie, funkce a způsob vytváření. *Pedagogická orientace*, 23(4), 427–454.
- Mason, L., Pluchino, P., & Tornatora, M. C. (2015). Eye-movement modeling of text and picture integration during reading: effects on processing and learning. *Contemporary Educational Psychology*, 41, 172–187
- McIntyre, N. A., Mainhard, M. T., & Klassen R. M. (2017). Are you looking to teach? Cul-tural, temporal and dynamic insights into expert teacher gaze. *Learning and Instruction*, 49, 41–53.
- Minaříková, E. (2014). Profesní vidění studentů učitelství anglického jazyka: jak vidí studenti výukové situace zachycené na videu? *Pedagogická orientace*, 24(5), 753–777.
- Minaříková, E., Pišová, M., Janík, T., & Uličná, K. (2015). Video Clubs: EFL Teachers' se-lective attention before and after. *Orbis scholae*, 9(2), 55–75.
- Oh, K., Almarode, J. T., & Tai, R. H. (2013). An exploration of think-aloud protocols linked with eye-gaze tracking: Are they talking about what they are looking at. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 93(21), 184–189.
- Okoso, A., Kunze, K., & Kise, K. (2014). Implicit gaze based annotations to support second language learning. Proceedings of UbiComp'14 adjunct. Dostupné z <http://kaikunze.de/papers/okoso2014implicit.pdf>
- Paeglis, R., Orlovska, M., & Bluss, K. (2011). Color stabilizes textbook visual processing. In F. Baldini, J. Homola, R. A. Lieberman & K. Kalli (Eds.), *Optical sensors 2011; and pho-tonic crystal fibers V, Prague, Czech Republic. Proceedings of SPIE*, 8073, 16.



- Popelka, S., Brychtová, A., & Voženílek, V. (2012). Eye-tracking a jeho využití při hodnocení map. *Geografický časopis*, 64(1), 71–87.
- Prieto, L. P., Sharma, K., & Dillenbourg, P. (2015). Studying teacher orchestration load in technology-enhanced classrooms. In G. Conole et al. (Eds.), *Design for teaching and learning in a networked world* (268–281). Heidelberg: Springer International Publishing.
- Raca, M., & Dillenbourg, P. (2014). *Holistic analysis of the classroom*. Proceedings of the 2014 ACM workshop on Multimodal Learning Analytics Workshop and Grand Challenge (13–20).
- Radach, R., & Kennedy, A. (2004). Theoretical perspectives on eye movements in reading: Past controversies, current issues, and an agenda for future research. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16, 3–26.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124, 372–422.
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62, 1457–1506.
- Rayner, K., Pollatsek, A., & Reichle, E. D. (2003). Eye movements in reading: Models and data. *Brain and Behavioral Sciences*, 26, 507–526.
- Reichle, E. D., & Reingold, E. M. (2013). Neurophysiological constraints on the eye-mind link. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 361.
- Robinson, D. A. (1963). A method of measuring eye movement using a scleral search coil in a magnetic field. *IEEE Transactions on Bio-medical Electronics*, 10(4), 137–145.
- Roebbers, C. M., Schmid, C., & Roderer, T. (2010). Encoding strategies in primary school children: Insights from an eye-tracking approach and the role of individual differences in attentional control. *The Journal of Genetic Psychology*, 171, 1–21.
- SensoMotoric Instruments GmbH (2009). *Experiment Center 2 Manual, Version 2.3*. Dostupné z <http://twiki.cis.rit.edu/>
- Sharma, K., Jermann, P., Nüssli, M. A., & Dillenbourg, P. (2013). Understanding collaborative program comprehension: Interlacing gaze and dialogues. In *Computer Supported Collaborative Learning* (CSCL 2013).
- Sharma, K., Jermann, P., & Dillenbourg, P. (2014). *How students learn using MOOCs: An eye-tracking insight*. Paper presented at the EMOOCs 2014, the Second MOOC European Stakeholders Summit, Lausanne, February 10–12, 2014.
- Schutz, A. C., Braun, D. I., & Gegenfurtner, K. R. (2011). Eye movements and perception: A selective review. *Journal of Vision*, 11(5).
- Stürmer, K., Seidel, T., Müller, K., Häusler, J., & Cortina, K. S. (2017). On what do pre-service teachers look while teaching? An eye-tracking study about the processes of attention within different teaching settings. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. Advanced online publication.
- Svatoš, T., & Maněnová, M. (2017). Learning from visual materials: A psycho-didactic experiment. *Acta Technologica Dubnicae*, 7(1), 43–58.





- Škrabánková, J. (2016). Practical use of the eye camera in pedagogical research. *Acta Technologica Dubnicae*, 6(10), 70–77.
- Škrabánková, J., & Trnová, E. (2014). *Researching Students Gifted in Science Using the Method of Eye Tracking*. In The 13th APFG Conference on Giftedness. Beijing: China.
- Thomas, M. (2013). *Technologies, innovation, and change in personal and virtual learning environments*. Hershey, PA: IGI Global.
- Tobii AB (2017). *How do Tobii Eye Trackers work?* Dostupné z [www.tobiipro.com](http://www.tobiipro.com)
- van den Bogert, N., van Bruggen, J., Kostons, D., & Jochems, W. (2014). First steps into understanding teachers' visual perception of classroom events. *Teaching and Teacher Education*, 37, 208–216.
- Veenman, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1, 3–14.
- Wolff, C. E., Jarodzka, H., van den Bogert, N., & Boshuizen, H. P. A. (2016). Teacher vision: expert and novice teachers' perception of problematic classroom management scenes. *Institutional Science*.
- Yamamoto, T., & Imai-Matsumura, K. (2013). Teachers' gaze and awareness of students' behavior: using an eye tracker. *Innovative Teaching*, 2(1), 1–7.
- Yang, F.-Y., Chang, C.-Y., Chien, W.-R., Chien, Y.-T., & Tseng, Y.-H. (2013). Tracking learners' visual attention during a multimedia presentation in a real classroom. *Computer & Education*, 62, 208–220.

Mgr. Zuzana Šmideková

Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Ústav pedagogických věd;  
[smidekova@phil.muni.cz](mailto:smidekova@phil.muni.cz)



## EYE-TRACKING IN THE ENVIRONMENT OF THE SCHOOL CLASS

Zuzana Šmideková

*The article presents the possibilities of use of eye-tracking technology in educational research. It combines a theoretical account of the basis and mechanism of eye movements, methods of tracking them, and finally the actual technology of eye-tracking. Then, in the second section, it builds on the results of a review study presented in two steps. First 94 foreign empirical research reports from the field of education were identified, and then one of the research fields – studies conducted directly in the classroom during real teaching, was presented in detail using illustrative examples. The aim of both sections is to familiarise the Czech and Slovak reader with the theme of eye-tracking and through selected studies to illustrate and show that eye-tracking has a place in educational research.*

**Key words:** *eye-tracking, mapping of eye movements, teacher, pupils, processes in the classroom, review study.*