

Porovnanie algoritmov na analýzu sekvencií pohľadu

Róbert Móro, Michal Melúch, Martin Mokrý, Mária Bieliková

Ústav informatiky, informačných systémov a softvérového inžinierstva
Fakulta informatiky a informačných technológií
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Ilkovičova 2, 842 16 Bratislava

{robert.moro, xmeluch, xmokry, maria.bielikova}@stuba.sk

Abstrakt. Sledovanie pohľadu si v súčasnosti nachádza uplatnenie v rôznych oblastiach v praxi (napr. pri testovaní použiteľnosti aplikácií), ako aj vo výskume, kde je využiteľné ako jeden zo zdrojov implicitnej spätnej väzby pri modelovaní interakcie a vlastností používateľa. V tomto príspevku sa venujeme porovnaniu existujúcich algoritmov na analýzu sekvencií pohľadu, ktorá slúži na hľadanie opakujúcich sa vzorov, umožňuje identifikovať rôzne stratégie používateľov alebo ich skupiny pri interakcii s Webom. Vytvorili sme systém, ktorý spracúva dáta zo sledovania pohľadu a poskytuje prostredie pre porovnanie týchto algoritmov na rôznych dátových množinách. V práci opisujeme doteraz nazbieranú dátovú množinu, identifikované problémy existujúcich algoritmov a možnosti ich ďalšieho vylepšenia.

Kľúčové slová: sekvencia pohľadu, sledovanie pohľadu, oblasti záujmu, algoritmy, testovanie použiteľnosti, UX.

1 Existujúce spôsoby spracovania pohľadu

Sledovanie pohľadu sa využíva pri testovaní použiteľnosti a používateľského zážitku (angl. user experience, UX) aplikácií. Existujúce práce sa zameriavajú na automatické odhaľovanie chýb použiteľnosti v rozhraniach [2], sľubným smerom je tiež výskum individuálnych rozdielov medzi používateľmi pri interakcii s počítačom, ktoré spočívajú napr. v ich kognitívnych vlastnostiach (rýchlosť vnímania, veľkosť pracovnej pamäte a i.) [9], kognitívnej záťaži [8] alebo vizuálnom hľadaní [1] a využitie týchto rozdielov pri modelovaní používateľov a prispôbovaní rozhraní ich potrebám.

Spracovanie pohľadu prebieha vo viacerých krokoch: súradnice pohľadu na obrazovke sú spracúvané na tzv. fixácie (miesta spracovania vizuálneho vnemu, kedy je oko statické; trvá typicky okolo 200 až 300 ms) a sakády (rýchle pohyby oka medzi jednotlivými fixáciami) [7]. Takto predspracované dáta je možné kvantifikovať v podobe metrik, ako je napr. počet fixácií, priemerná dĺžka fixácie či uhol medzi po sebe idúcimi sakádami [2]. Často sú metriky počítané nie pre celý vizuálny podnet (napr. webovú stránku), ale pre konkrétne oblasti záujmu (napr. hlavička, päta stránky, menu). Rozdielne hodnoty metrik indikujú rôzne problémy pri interakcii (napr.

*J. Steinberger, M. Zíma, D. Fiala, M. Dostal, M. Nykl (eds.)
Data a znalosti 2017, Plzeň, 5. - 6. října 2017, pp. 41-45.*

väčšia dĺžka fixácií indikuje ťažkosti pri spracovaní a pochopení informácie) [2]. Metriky založené na fixáciách a sakádach však nepostihujú komplexnejšie vzory správania používateľov; na tento účel sa využívajú *sekvencie pohľadu*, ktoré zachytávajú aj temporálne hľadisko (postupnosť fixácií v čase).

Na analýzu sekvencií pohľadu sme sa zamerali aj v tejto práci. Za účelom porovnania existujúcich algoritmov sme vytvorili systém, ktorý umožňuje výskumníkom spracovať dáta zo sledovania pohľadu, aplikovať na ne zvolené algoritmy analýzy sekvencií pohľadu, vizualizovať a exportovať výsledky.

2 Analýza sekvencií pohľadu

Pri analýze sekvencií pohľadu rozlišujeme viacero prístupov, my sme sa v práci zamerali na algoritmy na *identifikáciu spoločnej sekvencie*, ktoré agregujú sekvencie pohľadu jednotlivých používateľov do jednej, predstavujúcej „typický“ prechod pohľadu po obrazovke [4]. Cieľom je identifikovať takú spoločnú sekvenciu, ktorá sa čo najviac podobá všetkým individuálnym sekvenciám pohľadu.

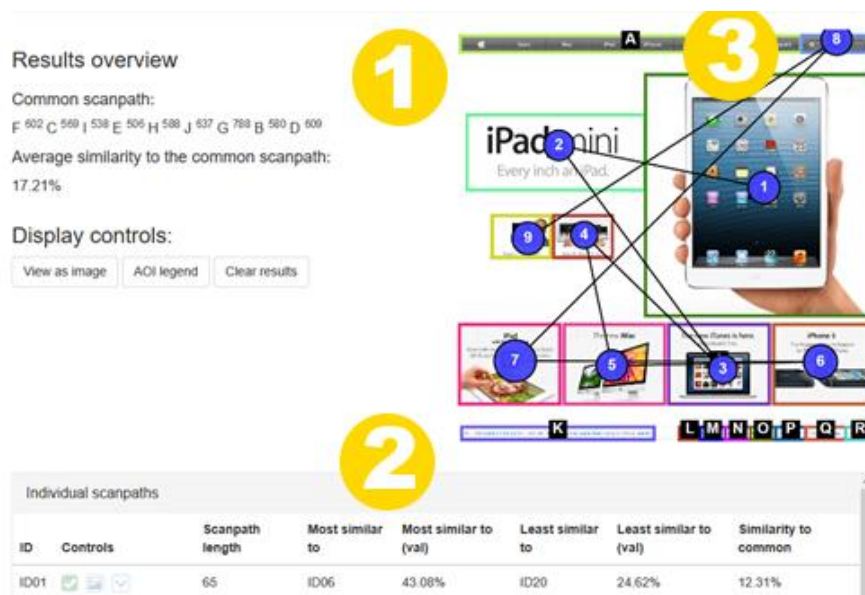
Tieto prístupy sa väčšinou skladajú z dvoch krokov: v prvom kroku sa identifikuje dvojica najviac podobných sekvencií, v druhom kroku sa táto dvojica nahradí ich spoločnou reprezentáciou; toto sa iteratívne opakuje, dokým nezostane len jedna spoločná sekvencia. Na tomto princípe pracujú napr. algoritmy eMINE [3] a Dotplot [6]; líšia sa v konkrétnom použitom algoritme na výpočet podobnosti (Levenshteinova vzdialenosť v prvom prípade a algoritmus založený na tzv. bodkovom diagrame v druhom) a v spoločnej reprezentácii tejto dvojice (najväčšia spoločná podpostupnosť v prípade algoritmu eMINE a najdlhšia diagonála v bodkovom grafe v prípade Dotplots algoritmu). Iný pokročilejší prístup predstavuje algoritmus STA [5], ktorý je založený na identifikácii najčastejšie fixovaných oblastí a mal by byť robustnejší voči prípadnému šumu v dátach.

Všetky tieto tri algoritmy sme poskytli v rámci implementácie nami navrhnutého systému na analýzu sekvencií pohľadu. Implementácia STA bola priamo od autorov algoritmu, eMINE sme implementovali podľa opisu v [3] a Dotplots podľa [4]. Používateľ môže do systému nahráť dáta zo sledovania pohľadu; momentálne podporujeme formát dát zo systému Tobii Studio¹, ktorý je súčasťou softvérového vybavenia *Výskumného centra používateľského zážitku a interakcie*² na našej fakulte. Okrem fixácií používateľ potrebuje nahráť definíciu oblastí záujmu a samotné vizuálne stimuly pre potreby vizualizácie. Nahraté dáta sú následne spracované do jednotlivých sekvencií pohľadu, ktoré môže používateľ jednotlivito skúmať a vizualizovať pomocou štandardného grafu sekvencií pohľadu. Pre zvolené jednotlivé sekvencie môže následne vypočítať spoločnú sekvenciu; systém prezentuje priemernú mieru podobnosti spoločnej sekvencie voči všetkým individuálnym (na základe Levenshteinovej vzdialenosti), ako aj podobnosť pre jednotlivé sekvencie zvlášť (pozri Obr. 1). Okrem toho je možné zobrazit' prehľad porovnávajúci všetky systémom podporované algoritmy

¹ <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-studio>

² <http://uxi.sk>

naraz. Vypočítané sekvencie a ich podobnosti je možné stiahnuť v CSV formáte pre ďalšiu analýzu vo zvolenom štatistickom softvéri.



Obr. 1. Snímok obrazovky systému na analýzu sekvencií pohľadu. Systém počíta spoločnú sekvenciu na základe zvoleného algoritmu (1), pričom používateľ môže prehliadať aj individuálne sekvencie a zvoliť, ktoré sa majú pri výpočte spoločnej sekvencie použiť (2). Tieto si vie vizualizovať pomocou grafu sekvencií pohľadu (3).

3 Overenie a ďalšie smerovanie

Overenie realizovaného systému sme vykonali v dvoch krokoch. Najprv sme overili správnosť implementácie algoritmov na dátovej množine prezentovanej v [5], pričom sme dosiahli vo väčšine prípadov totožné výsledky. Následne sme tieto algoritmy aplikovali na nami zozbieranej dátovej sade – išlo o záznam interakcie 53 používateľov stránky FIIT STU³, ktorých úlohou bolo nájsť na stránke odkaz na program Dňa otvorených dverí, pričom na nahrávanie pohľadu sme použili zariadenie Tobii X2-60. Vzhľadom na to, že účastníci experimentu neboli časovo obmedzení pri vykonávaní úlohy, sú medzi dĺžkami sekvencií značné rozdiely; maximálna podobnosť medzi dvojicou sekvencií v dátovej množine bola 66,67%, minimálna 0. Vzhľadom na túto variabilitu neboli algoritmy eMINE ani Dotplot schopné nájsť žiadnu spoločnú sekvenciu. Jediným úspešným algoritmom tak bol STA, ktorý mal priemernú podobnosť 19,7% (so štđ. odchýlkou 6,53%). Tieto čísla nie sú uspokojivé; presnosť by sme mohli zvýšiť odstránením používateľov s príliš nepodobnými sekvenciami, prípadne tých, ktorým sa danú úlohu nepodarilo splniť. Iné riešenie spočíva v aplikácii algorit-

³ <http://www.fiit.stuba.sk>

mu zhlukovania na identifikáciu skupín podobných sekvencií, ktoré môžu reprezentovať rôzne stratégie riešenia úloh (aj v prípade testovanej úlohy bolo možné nájsť cieľový odkaz na dvoch miestach, a to v menu aj v príspevku uverejnenom na stránke); existujúce prístupy síce využívajú metódy zhlukovania, ale väčšinou s cieľom skonštruovať jednu spoločnú sekvenciu (pozri napr. [5] a [6]).

Do budúcnosti plánujeme ďalšie experimenty s týmito algoritmi – jednak ich modifikáciu, aby boli robustnejšie na odchýlky v sekvenciách pohľadu (odstránením odchýlok v kroku predspracovania, resp. modifikáciou funkcie na výpočet podobnosti a spoločnej reprezentácie sekvencií), ako aj ich aplikáciu na ďalšie dátové sady nazerané v rámci výskumného centra v spolupráci s Katedrou psychológie na FiF UK.

Pracujeme tiež na využití analýzy sekvencií pohľadu pri určovaní miery oboznámenosti používateľa s webovou stránkou. Zrealizovali sme prvotný experiment so 14 účastníkmi, ktorí plnili rôzne úlohy na stránke vybraného elektronického obchodu, pričom sme sledovali mieru ich webovej gramotnosti, ako aj oboznámenosti s danou stránkou; vyhodnotenie experimentu a otestovanie väčšieho počtu účastníkov v rámci neho predstavuje našu budúcu prácu.

Literatúra

1. Dragunova, M., Moro, R., Bielikova, M.: Measuring Visual Search Ability on the Web. In: Proc. of the 22nd Int. Conf. on Intelligent User Interfaces Companion - IUI '17 Companion, ACM Press, NY, USA, (2017), 97–100.
2. Ehmke, C., Wilson, S.: Identifying Web Usability Problems from Eye-Tracking Data. In: Proc. of the 21st British HCI Group Annual Conf. on People and Computers - BCS-HCI '07, BCS Learning & Development Ltd., Swindon, UK, (2007), 119–128.
3. Eraslan, S., Yesilada, Y., Harper, S.: Identifying patterns in eyetracking scanpaths in terms of visual elements of web pages. In: Proc. of the 14th Int. Conf. on Web Engineering - ICWE 2014, Springer International Publishing, (2014), 163–180.
4. Eraslan, S., Yesilada, Y., Harper, S.: Eye Tracking Scanpath Analysis Techniques on Web Pages: A Survey, Evaluation and Comparison. J. of Eye Movement Res. 9(1) (2016) 1–19.
5. Eraslan, S., Yesilada, Y., Harper, S.: Scanpath Trend Analysis on Web Pages: Clustering Eye Tracking Scanpaths. ACM Transactions on the Web 10(4) (2016) 1–35.
6. Goldberg, J.H., Helfman, J.I.: Scanpath clustering and aggregation. In: Proc. of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications - ETRA '10, (2010), 227–234.
7. Holmqvist, K. et al.: Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. Oxford University Press, 2011.
8. Juhaniak, T., Hlavac, P., Moro, R., Simko, J., Bielikova, M.: Pupillary Response: Removing Screen Luminosity Effects for Clearer Implicit Feedback. In: UMAP 2016: Posters, Demos, Late-breaking Results and Workshop Proc. of the 24th Conf. on User Modeling, Adaptation, and Personalization. CEUR-WS, Aachen, (2016), 2.
9. Steichen, B., Carenini, G., Conati, C.: User-adaptive information visualization - Using eye gaze data to infer visualization tasks and user cognitive abilities. In: Proc. of the 18th Int. Conf. on Intelligent User Interfaces - IUI '13, ACM Press, NY, USA, (2013), 317–328.

PodĎakovanie: Tento článok vznikol vďaka čiastočnej podpore projektu APVV-15-0508 a vďaka podpore v rámci projektu „Rozvoj výskumnej infraštruktúry STU”,

projekt č. 003STU-2-3/2016 zo zdrojov štátneho rozpočtu prostredníctvom dotácie z Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky.

Annotation:

The Comparison of the Algorithms for Scanpath Analysis

Eye tracking is currently applied in various areas of industry (e.g., for usability testing of applications) as well as of research, where it can be utilized as one of the sources of implicit feedback for modeling of interaction and user characteristics. In our work, we focus on a comparison of the existing algorithms of scanpath analysis that is used for identification of recurring interaction patterns, different user strategies or groups of similar users based on their interaction on the Web. We developed a system that processes eye tracking data and provides an environment for algorithms comparison on various datasets. In the paper, we describe a dataset that we collected, problems with the existing algorithms that we identified and possibilities for their improvement.