

***Применение айтрекера для окулографических исследований
у GNU/Linux***

Дубіцькі А.У., Касцюк Д.А., Маркіна А.А.

Брєсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, asyamarkina2@gmail.com

The oculography analysis specifics is presented as well as possible ways of using modern oculographic devices (eye trackers) to track the user's gaze direction in GNU/Linux. The overview of features and performance of both software and hardware implementations is given. An experimental scheme used by the authors to study user interaction with GNU/Linux graphical applications is discussed as long as its interpretation specifics and limitations.

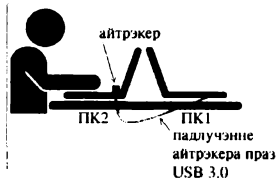
Пры працы з сучасным праграмным забеспячэннем зрок мае ролю асноўнага, а ў шэрагу выпадкаў і адзінага канала ўспрымання інфармацыі. Акулаграфічнае даследаванне ўключае аналіз руху погляду і зон візуальнай факалізацыі, на якіх канцэнтруецца погляд. Яго ўжыванне для ацэнкі чалавека-машыннага ўзаемадзеяння можна падзяліць на тры катэгорыі [1, 2]:

- высвятленне прычын цяжкасцяў (доўгага запаўнення формы і інш.), у асаблівасці, звязаных з прыкметнасцю элементаў, кропкамі фокусу ўвагі, ментальнай нагрузкай і адцягненнямі;
- выяўленне асаблівасцяў паводзінаў карыстальнікаў (стратэгіі візуальнага пошуку, патэрны чытання і сканавання);
- параўнанне некалькіх дызайнерскіх рашэнняў у сукупнасці з іншымі відамі тэставання (анкетаваннем, біяметрычнай ацэнкай).

У сучасных айтрэкерах звычайна выкарыстоўваюцца лічбавыя камеры, якія рэгіструюць рухі вачэй карыстальніка. Айтрэкер манітруецца на галаву карыстальніка, альбо размяшчаецца ў поле зроку стацыянарна.

Распрацоўшчыкі, якія жадаюць выканаць акулаграфічнае тэставанне ПЗ для GNU/Linux, маюць некалькі варыянтаў дзеянняў. Найбольш бюджэтны варыянт – распазнаванне твара і вачэй карыстальніка з дапамогай вэб-камеры. Гэта робяць такія вольныя праекты, як *eviacam*, *TrackEye*, *WebGazer.js* [3], але вынік моцна абмяжоўвае вэб-камера: яе частата кадраў і эфектыўная дакладнасць пазіцыянавання погляду (удвая менш разрознення камеры), а таксама праблема распазнавання павароту галавы. На процілеглым канцы шкалы – прафесійныя айтрэкеры для даследчых лабараторый з вялікім бюджэтам (пад некаторыя з іх ёсць Linux-драйвера). Кампраміснае рашэнне – айтрэкеры для сферы высокатэхналагічных забаў, якія маюць дакладнасць, дастатковую для даследчых задач [4, 5]. Айтрэкеры кампаніі Tobii, якія аўтары выкарыстоўвалі сумесна з GNU/Linux, ставяцца да гэтай катэгорыі.

Для спажывецкіх айтрэкераў Tobii ёсць нізкаўзроўневы *Stream Engine* (заяўлена падтрымка Linux) і больш высокаўзроўневы *Core SDK*. Альфа-версія *Stream Engine* для Linux з'явілася толькі ў 2018 годзе, а таму ва ўласных даследаваннях аўтарам прыйшлося выкарыстоўваць змешаную схему падлучэння [2]. У склад працоўнага месца ўваходзілі два кампутара: ПК1 пад Windows і ПК2 з Linux і ПЗ для тэставання (айтрэкер мацуецца на корпусе ПК2 так, каб распазнаць твар аператара, але падключэнне айтрэкера выконваецца да порта USB3 ПК1; на ПК1 выконваецца каліброўка і прыём дадзеных, а карыстальнік знаходзіцца перад ПК2). На практыцы ўжываліся ноўтбукі, пастаўленыя «ўсутыч», як паказана на ўрэзцы да мал. 1.



Мал. 1. Фіксацыі погляду карыстальніка пры працы з прыкладаннем (на ўрэзцы прыведзена схема падлучэння айтрэкера)

Цэнтральны зрок дае інфармацыю аб дробных дэталях выявы, але ахоплівае невялікую частку поля зроку; у выніку інфармацыя паступае з дапамогай глядзельнай выбаркі, а перыферычны зрок паказвае на наступную кропку факусоўкі погляду [5]. Фактычна, погляд перамяшчаецца хуткімі скакамі (саккады) з кароткімі паўзамі паміж імі (фіксацыі). Так, пры працы з тэкстам за адну саккаду счытваецца 7-9 літар, а працягласць фіксацыі складае каля 250 мілісекунд, але ўспрыманне распаўсюджваецца на ўдвая большую колькасць літар з-за ўдзелу перыферычнага зроку [6]. Пры даследаванні рухаў вачэй фіксуецца толькі цэнтральны зрок, а перыферычны не ўлічваецца.

Айтрэкер перадае ў ПК масіў каардынат палажэння погляду ў розныя моманты часу. Візуалізацыя вынікаў адсочвання погляду прадугледжвае:

- паstraенне цеплавой карты, якая падсвятляе частцы экрана ў залежнасці ад інтэнсіўнасці фіксацый погляду;
- паstraенне карты перамяшчэння погляду ў часе.

Пры апрацоўцы ў GNU/Linux для паstraення цеплавых карт па каардынатах зручна выкарыстоўваць `octave` з функцыяй двухмернай ядзернай ацэнкі шчыльнасці [7], а ў выпадку карты перамяшчэння погляду – адмалёўку графа ў `graphviz` альбо ў `octave` (гл. мал. 1, які ілюструе працу з тыповым офісным прыкладаннем).

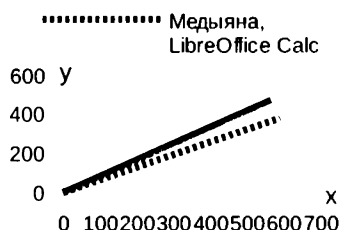
Пры ацэнцы вынікаў эксперыменту таксама з'яўляюцца інфарматыўнымі параметры апісальнай статыстыкі (мал. 2): мэтазгодна выдзеліць сярэдняю вобласць, праз якую праходзіць погляд, вылічыць медыяну (асераднёныя каардынаты кропкі, дзе адбывалася фіксацыя погляду), а таксама вызначыць кропку, на якой карыстальнік часцей факусаваў погляд, з дапамогай моды.

Пры неабходнасці, у якасці простых лічбавых ацэнак чалавека-машыннага ўзаемадзеяння, якія атрымліваюцца на аснове дадзеных айтрэкера, можна выкарыстоўваць адсоткавыя суадносіны фіксацый погляду на функцыянальных частках акна прыкладання (напр., інструментальнай панэлі) і фіксацый погляду за межамі акна (у вобласці адцягнення ўвагі).

Неабходна ўлічваць фізіялагічныя абмежаванні, якія перашкаджаюць прымяненню дадзенай метадыкі: напрыклад, ністагм, які характарызуецца міжвольным рухам вачэй з высокай частатой, у выніку чаго мозг атрымлівае выяву аб'екта недакладна, а айтрэкер не можа ўлавіць фіксацыі погляду.



а)



б)

Мал. 2. Цепловая карта факалізації погляду (а) і зрушенне центра розміркування вибаркі (б) пры працы карыстальніка з таблічным працэсарам

Літаратура

1. Titz J., Scholz A., Sedlmeier P. Comparing eye trackers by correlating their eye-metric data // Behav. Res., 2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28879442>
2. Дубицкий А., Костюк Д., Маркина А., Фомин С. Применение айтрекеров для юзабилити-исследований ПО в GNU/Linux // Четырнадцатая конференция разработчиков свободных программ: тезисы докладов – Калуга, 22–24 сентября 2017 г. – М. : Базальт СПО, 2017. – С. 36–41.
3. Semmelmann K., Weigelt S. Online webcam-based eye tracking in cognitive science: A first look // Behav. Res. 2017. <http://rdcu.be/tjzF.23>
4. Gibaldi A. et al. Evaluation of the Tobii EyeX Eye tracking controller and Matlab toolkit for research // Behav. Res. V. 49, 2017. P.923–946.
5. Ludwig C.J.H., Davies J.R., Eckstein M.P. Foveal Analysis and Peripheral Selection during Active Visual Sampling. // Proc. of the National Academy of Sciences of the USA. V. 111(2), 2014. P. E291–E299.
6. Goodman K.S. On Reading. / Portsmouth, NH: Heinemann, 1996. 152 p.
7. Ulloa A. Auto Heat Mapper. https://github.com/aulloa/Auto_Heat Mapper