МЕЃУНАРОДЕН СЛАВЈАНСКИ УНИВЕРЗИТЕТ

ФАКУЛТЕТ ЗА **ТЕХНИЧКИ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА**
НАСОКА: **КОМПЈУТЕРСКИ СИСТЕМИ И МРЕЖИ**

МАГИСТЕРСКА РАБОТА

ИНТЕРАКЦИЈА МОЗОК – КОМПЈУТЕР: ДВИЖЕЊЕ ВО НОВА ДИГИТАЛНА ЕРА

со емоционална вештачка интелигенција

Ментор:
проф. д-р Сашо Манасов

Изработил:
Филип Нешевски

Јуни, 2024
Св. Николе

С О Д Р Ж И Н А

ВОВЕД

1. Мозок – компјутер интерфејс ---------- 4
2. Гледање во црна кутија ---------- 19
3. Стил на зборување: Дали компјутерите треба да звучат досадно? ---------- 30
4. Емоционални пресметувања во виртуелни средини ---------- 46
5. Биосензорски систем за анализа на израз на лице –---------- 59
6. Реализирање на практично истражување ---------- 64
7. Анализа на резултати од биосензорско следење на очи ---------- 65
8. Споредување на поединечни вредности на испитаници ---------- 80

Заклучни согледувања ---------- 91

Користена литература ---------- 94

ВОВЕД

Повеќе од сто години луѓето се обидуваат да го разберат процесот како донесуваме одлука (или како треба да донесуваме). Деценискиnаучни и стручни истражувања покажаа дека голем дел од човековата ментална обработка се случува на потсвесно ниво, вклучувајќи ја и одлука што ја преземаме како клиенти и/или потрошувачи. Овие потсвесни процеси објаснуваат зошто во многу случаи не успеваме прецизно да го предвидиме сопствениот иден избор[1]. Честопати, она што мислиме дека го сакаме има мала или никаква поврзаност со изборот што всушност го правиме. „Потрошувачка неврологија“ („Consumer neuroscience”) е нов, современ, иновативен пристап во рамките на маркетинг истражувања, кој многу брзо се развива, чија цел е да го подобри разбирањето на однесувањето на потрошувачите користејќи увид и методи од неврологија (компјутерско снимање и анализа на мозочни сигнали). Комбинација од неврологија и потрошувачка психологија дава широк спектар на увиди и сознанија од когнитивна неврологија.

Денес, невромаркетингот може да се дефинира како „поле на истражувачки студии што користат методологии на неврологија за да го анализира и разбере пазарот и економски размени поврзани со човековото однесување“[2]. Затоа денес, невромаркетингот е поврзан со маркетингот, бидејќи невропсихологијата (neuropsychology) е тесно поврзана со психологијата. Од друга страна, невропсихологијата ја проучува поврзаноста помеѓу човечкиот мозок и когнитивните и психолошките функции, додека невромаркетингот го истражува однесувањето на потрошувачите и клиентите од перспектива на мозокот[3].

Затоа, придонесот на невролошките методи стана значаен за стекнување знаење и нови сознанија за човековото однесување во маркетинг опсегот. Во последниве години се забележува силен пораст на способностите на невролозите да ја проучуваат мозочната активност на човекот со современи и софистицирани

---

[1]G.Vecchiato et al., “**Neuroelectrical Brain Imaging Tools for the Study of the Efficacy of TV Advertising Stimuli and Their Application to Neuromarketing”,** Berlin, Germany, 2013

[2]N. Lee et al., “**What is neuromarketing? A discussion and agenda for future research”,** International Journal of Psychophysiology, 2007

[3]C.Morin, “**Neuromarketing: the new science of consumer behavior”,** Society, 2011

биосензорски системи и на ова поле придонесот на невромаркетингот е многу корисен за да се одговори на неколку прашања за тоа кои мозочни процеси на потрошувачите се вклучени во кореспонденција на однесувањето на потрошувачите и други клиенти. Навистина, традиционалните методи за собирање податоци (анкетни прашалници, интервјуа и сл.) имаат некои ограничувања и се критикуваат затоа што не откриваат точни резултати. Некои студии ја стават стапката на неуспех на новите производи на високи 90%[4]. Ова дава индиции дека традиционалните маркетинг истражувања спроведени пред лансирањето на конкретни производи не даваат сигурни, валидни и генерализирани резултати.

Од почетокот во 2005 година, биосензорските истражувања денес доживуваат пропулзивна и силна научна и стручна експанзија. Од првиот биосензор за следење на очи (eye tracking) се развија софтверски и хардверски решенија за редица биосензори: анализа на израз на лице, галванска реакција на кожа, електроенцефалографија (EEG), електрокардиографија (ECG), анализа на респираторен процес, анализа на говор и други. Се отворија и креираа различни патеки за истражувачите од различни научни дисциплини: информатика, психологија, медицина, економија, безбедност, архитектура, наука за здравје, образование, маркетинг, дигитална и терапевтска медицина, екологија и други. Биосензорските истражувања овозможуваат вакви студии да бидат во чекор со светот што брзо се менува.

Биосензорската технологија нуди два главни пристапи на софтверски производи за олеснување на повеќе различни истражувања: **лабораториски** и **далечински** (lab-based and remote). Секој од овие обезбедува различна насока и патека кон разбирање на човековото однесување со користење иновативна технологија со соодветно ниво на обука и давање услуги.

Современите тракери за следење на очи скоро не се поголеми од паметните телефони и даваат извонредно природно искуство за испитаниците.

Далечинските, неинтрузивни (non-intrusive) методи кои користат биосензорски системи, го направија следењето на очите и лесно за користење и достапна

[4]A.K. Pradeep and H. Patel, "**The Buying Brain: Secrets for Selling to the Subconscious Mind",** New Jersey, 2010

алатка во истражување и анализа на човековото однесување (human behavior research), што овозможува со користење на објективни мерења на движења на очите во реално време.

1. Мозок – компјутер интерфејс (демократизирање на иднина на зголемена свесност)

Пристапноста, приспособливоста и транспарентноста на алатки за Brain-Computer Interface (BCI) и податоци што тие ги собираат веројатно ќе влијаат на тоа како колективно се движиме во новата дигитална ера. Вакви апликации на BCI технологија, во комбинација со алгоритми за машинско учење (Machine Language) можат да ја обликуваат иднината. BCI доаѓаат со значителни етички и ризични размислувања, и се тврди дека принципи на отворен код може да ни помогнат да се движиме низ сложени дилеми преку охрабрување на експериментирање и објавување на случувања во јавноста додека градиме заштитни мерки во оваа нова парадигма. Донесување на принципи на отворен код за приспособливост и транспарентност во алатки на BCI може да помогне во демократизација на технологијата, дозволувајќи повеќе гласови да придонесат во разговор за тоа како треба да изгледа иднината управувана од BCI. Алатките BCI со отворен код и пристап до необработени податоци, за разлика од алгоритми на црна кутија и ограничен пристап до сумирани податоци, се критични аспекти што им овозможуваат на истражувачите и други експерти да учествуваат во разговор за тоа како да учат и да ја зголемат свеста на човекот.

Во очекување на иднина во која проширена и виртуелната реалност ќе стане составен дел од секојдневниот живот, BCIs најверојатно ќе играат сè поважна улога во создавање повратни информации во затворен круг за генеративна содржина. **Мозок – компјутер интерфејси** се уникатно поставени за да им обезбедат на алгоритмите за вештачка интелигенција (Artificial Intelligence) потребни податоци за одредување на декодирање и време на испорака на одредена содржина. Степенот до кој овие алгоритми се со отворен код може да биде критичен за да се испитаат: **интегритет**, **имплицитна пристрасност** и **конфликт на интереси**.

Brain-computer interfaces (BCIs) се подготвени да ја трансформираат природата на човековата свест во 21 век. Оперативна дефиниција: да се биде свесен за одредено искуство – субјективни феномени „**како е**“:

- Да се гледа слика.
- Да се слуша глас.
- Да се зачне мисла.
- Да се биде свесен за емоција (Sandberg et al., 2010; Faivre et al., 2015; Koch et al., 2016).

Вештачката интелигенција се повеќе ќе биде способна да го промени субјективното искуство на начин кој е цврсто поврзан со:

- промени во регулација на емоции (Lorenzetti et al., 2018; Montana et al., 2020);
- когнитивно подобрување како што е подобрување на вниманието (Wang et al., 2019);
- епизодно подобрување на меморијата (Burke et al., 2015).

Овие трансформации не само што може да го направат целото човештво попродуктивно и поефикасно, туку и потенцијално по експресивно, разбирливо и емпатично.

Може да се започне со класифицирање на BCI во три главни групи:

1. Инвазивен пристап (Wolpaw et al., 2000);
2. Делумно инвазивен пристап;
3. Неинвазивен пристап.

Инвазивен пристап бара електродите да бидат физички имплантирани во сивата материја на мозокот со неврохирургија, што овозможува мерење на потенцијали на локално поле.

Делумно инвазивен пристап (на пример, електрокортикографија) (electrocorticography—ECoG) се применува во внатрешноста на черепот, но надвор од сивата материја.

Неинвазивен пристап (на пример, електроенцефалографија - **EEG** и функционална магнетна резонанца - **fMRI**) е најчесто користениот метод за фаќање мозочни сигнали. Овој систем е поставен надвор од черепот, на скалпот и снима мозочни активности внатре во черепот и на површината на мозочните мембрани. И EEG и fMRI даваат различни перспективи и ни овозможуваат да „**гледаме**“ во мозокот (Kropotov, 2010).

Инвазивните и делумно инвазивните пристапи тешко се оперираат и се скапи. Иако EEG сигналите можат да бидат склони кон шум и изобличување на сигналот, тие лесно се мерат и имаат добра **временска резолуција**. Ова и фактот дека уредите за fMRI се скапи и незгодни за работа го прават EEG најшироко користен метод за снимање на мозочна активност во BCI системи. Уреди базирани на EEG директно мерат електрични потенцијали произведени од **невронски синаптички активности на мозокот**.

Додека користењето на EEG првично беше ограничена на лаборатории за истражување на медицински слики, покомпактни и достапни EEG системи отвора можности за други апликации да се истражуваат. Се користи BCI технологија за да се опишат уреди кои мерат широк спектар на биометриски сигнали, не само директно од централниот нервен систем (CNS - central nervous system), туку и од периферниот нервен систем (PNS - peripheral nervous system). Бидејќи промени во когнитивни и емоционални состојби вклучуваат **симпатетик** и **парасимпатетик** одговори на PNS, како што се промени во отчукувања на срце, електродермална активност и другите биометриски сигнали, кои можат да обезбедат детален прозорец за мозочната активност.

Како BCI уреди се применуваат надвор од традиционални научни истражувања?

Во **трансдисциплинарен** контекст, вклучително неврологија, компјутерска наука, здравје, филозофија, уметност и технолошки пејзаж што брзо се развива, се разгледуваат специфични начини на кои ограничувања на приспособливост и транспарентност на BCI технологијата може да има импликации за апликации во и надвор од истражувачки контекст. Во очекување на иднина во која BCI најверојатно ќе станат сè повеќе интегрирани во нашиот секојдневен живот, ќе биде ва-

жно да се вклучат повеќе традиционални дисциплински кои ќе придонесат за тоа како треба да изгледа нашата иднина и како уредите BCI треба да придонесат за нашите животи. Од јавна BCI уметност и **К-12 образование**, нови типови прашања од различни перспективи (почнувајќи од помлада возраст), треба да осигурат дека BCI технологијата ќе му служи на општеството во целина.

Како што BCI се движат подалеку од лабораториски истражување кон нови и поразновидни случаи на користење, пристапноста, приспособливоста и транспарентноста на алатките и податоците на BCI значително ќе влијаат на тоа како колективно се движиме во оваа нова дигитална ера. Поврзаноста на технологијата со нас самите, станува сè повеќе изразена, овозможувајќи ни:

- да учиме побрзо;
- да создаваме нови начини да се изразуваме;
- да споделуваме информации како никогаш досега.

Степенот до кој овие технологии се отворени и достапни за повеќе луѓе да се вклучат со нив и да го испитаат нивниот интегритет може да ја обликува **природата на нашата свест** и **иднината на човештвото**.

Промена на перспектива

Уметниците ги истражуваа новите BCI апликации уште пред да биде кратенка BCI. Тие често прифаќаат нови технологии за да ја изменат нивната првобитна состојба и цели надвор од „**наменско**“ користење. Навраќајќи се 60 години наназад, уметниците предложија нови експерименти како што е **сонификација на алфа бранови** за:

- ископување на неискористени музички имагинации;
- потсвесна музикалност.

Посебно имаше голем интерес од страна на композиторите за користење на повратни информации и акустични и електронски, како основен музички процес. Во 1965 година, физичарот Edmond Dewan и композиторот Alvin Lucier соработуваа на **музика за соло изведувач**, прикажана на слика 1. Ова генерално се смета за прво музичко дело кое користи мозочни бранови и директно ги преведува

во музички звук. Делото на Lucier останува пионерско и важно истражување од музиката од 20 век, како и еден од тестови на рана „жива“ електронска музика. Овие рани уметници честопати граделе BCI и синтисајзери од нула користејќи основни електрични компоненти (отпорници, кондензатори, засилувачи итн.), што им давало многу висок степен на флексибилност да создаваат и приспособат нивни електронски кола за да прават чудни и прекрасни работи, но исто така тоа било висока бариера за влез за создавање и користење на нови технологии.



Слика 1. Физичарот Edmond Dewan и композиторот Alvin Lucier соработуваа на музика за соло изведувач

Експлозија на потрошувачка на електронски компоненти и уреди во текот на 80-тите и 90-тите резултираше со значителни поместувања во просторот на BCI кон крајот на 2000-тите и почетокот на 2010-тите. NeuroSky, Emotiv и Zeo Sleep Coach, меѓу другите, развија потрошувачки EEG уреди и BodyMedia, Polar, Fitbit и други уреди кои мерат сигнали од автономен нервен систем (Nijboer et al., 2011). Ова зголемување на пристапност на BCI технологии доживеа пропорционален процут на уметноста управувана од BCI. Слушалки EPOC на Emotiv се користени во голем број уметнички контексти, вклучително и мерење на магија на взаемен

поглед (Abramovic et al., 2014), трајно уметничко дело на Марина Абрамовиќ кое го користеше Emotiv EPOC за визуелизација и невроконтекстуализација на синхронија на две лица вклучени во взаемен поглед (како што е прикажано на слика 2).

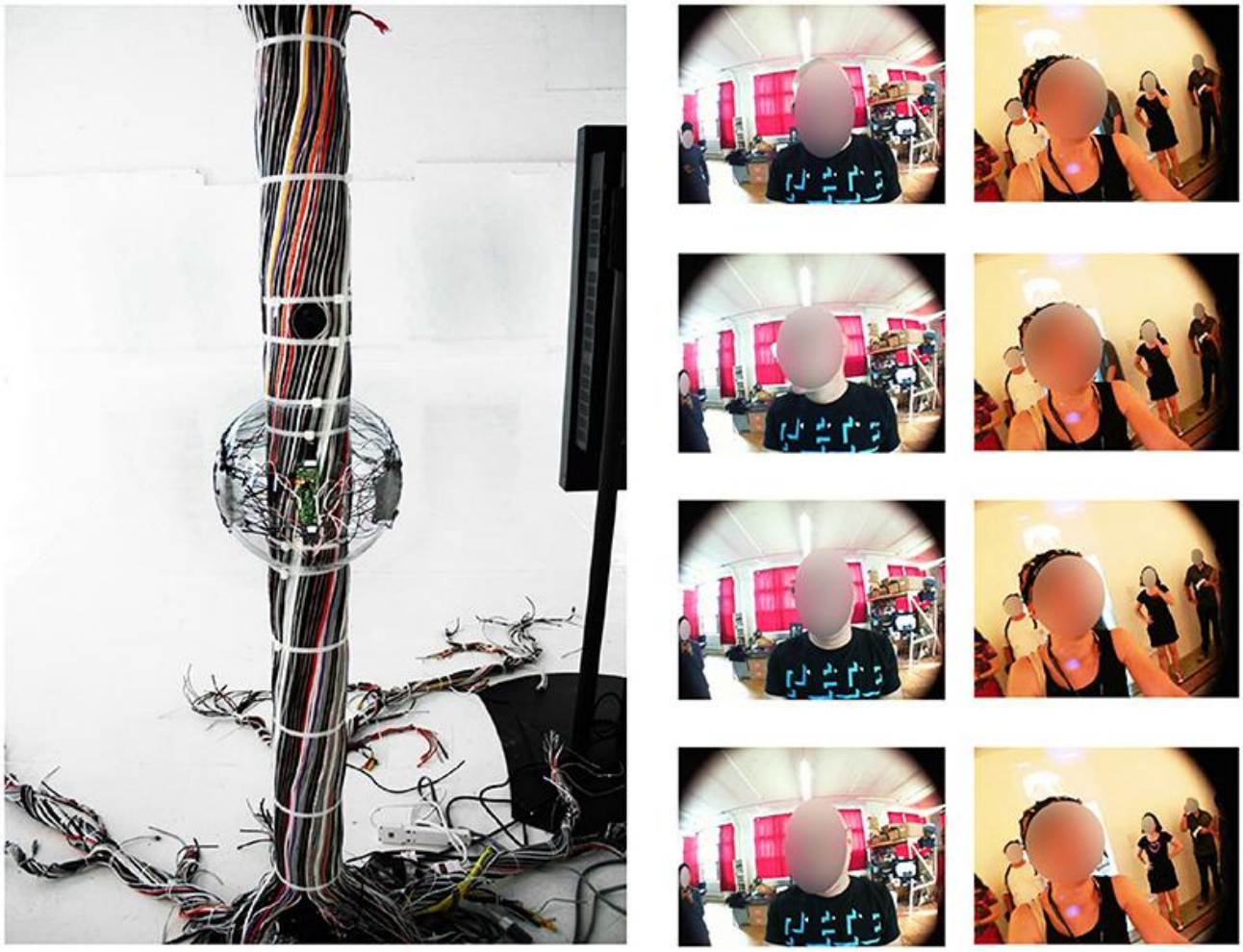


Слика 2. Мерење на взаемен поглед во присуство на уметник. Лево: Мерење на взаемен поглед во музеј во Москва (2011). Десно: Присуство на уметник Марина Абрамовиќ, музеј Њујорк (2010)

Brain Opera (Pearlman, 2016) претвори податоци од мозочни бранови во извонредно аудио-визуелно искуство во кое внатрешната состојба на изведувачите ја поттикнува оперската изведба. Vessels (Leslie, 2020) е перформанс на мозок – тело кое комбинира импровизација на флејта со живи, звучни мозочни податоци. Поларни рачни уреди на сличен начин станаа отскочна штица за голем број уметнички дела, вклучително и пулсна спирала (Lozano-Hemmer, 2008), како што е прикажано на слика 3 (Montgomery и соработници, 2011), мерејќи отчукувања на срце на гледач за да се рефлектира природата на неговата внатрешна состојба и интерфејс човек - компјутер.

Додека оваа експлозија на потрошувачка електроника ја направи BCI технологијата попристапна, уреди што произлегуваат (вклучувајќи комбинација на хардвер, друга опрема и потребен софтвер) често поставуваа ограничувања на приспособливост и растегливост на уредот. Во многу случаи необработени пода-

тоци се целосно недостапни или се нудат само по високи цени, со тенденција да се ограничат добиените уметнички апликации во повеќе однапред дефинирани случаи на користење.



Слика 3. Инсталација во отворена галерија во Њујорк (лево) и дигитални меморији од последователни отчукувања на срце поставени на Flickr (десно)

Отприлика во исто време со појава на уреди BCI со потрошувачки квалитет, движењето на производителите DIY почна да ја вкоренува и разбива дихотомијата помеѓу пристапност и флексибилност/проширливост. Еден од темели на движењето се роди кога група италијански студенти на постдипломски студии и предавач на Институтот за дизајн на интеракција во Ivrea ја создадоа првата верзија на она што ќе стане проект Arduino (Banzi et al., 2015). Проектот OpenEEG (Griffith,

2006) набргу стана рано пристапно коло со отворен код за сè, од академски упатства и облека која свети со активност на мозокот за да се зголеми експресивноста на носителот (Montgomery, 2010), до адаптивно пилотирање со беспилотни летала (Ossmann et al., 2014), но обемот на цени на електроника за широка потрошувачка брзо стана атрактивна можност за уметниците и оние кои сами си креираат (Montgomery and Laefsky, 2011) да најдат „алтернативни употреби“ за уредите. Овие проекти ја искористија можноста за носење на уреди EEG кај потрошувачите за да ги срушат бариерите помеѓу уметничко изразување и научно истражување.

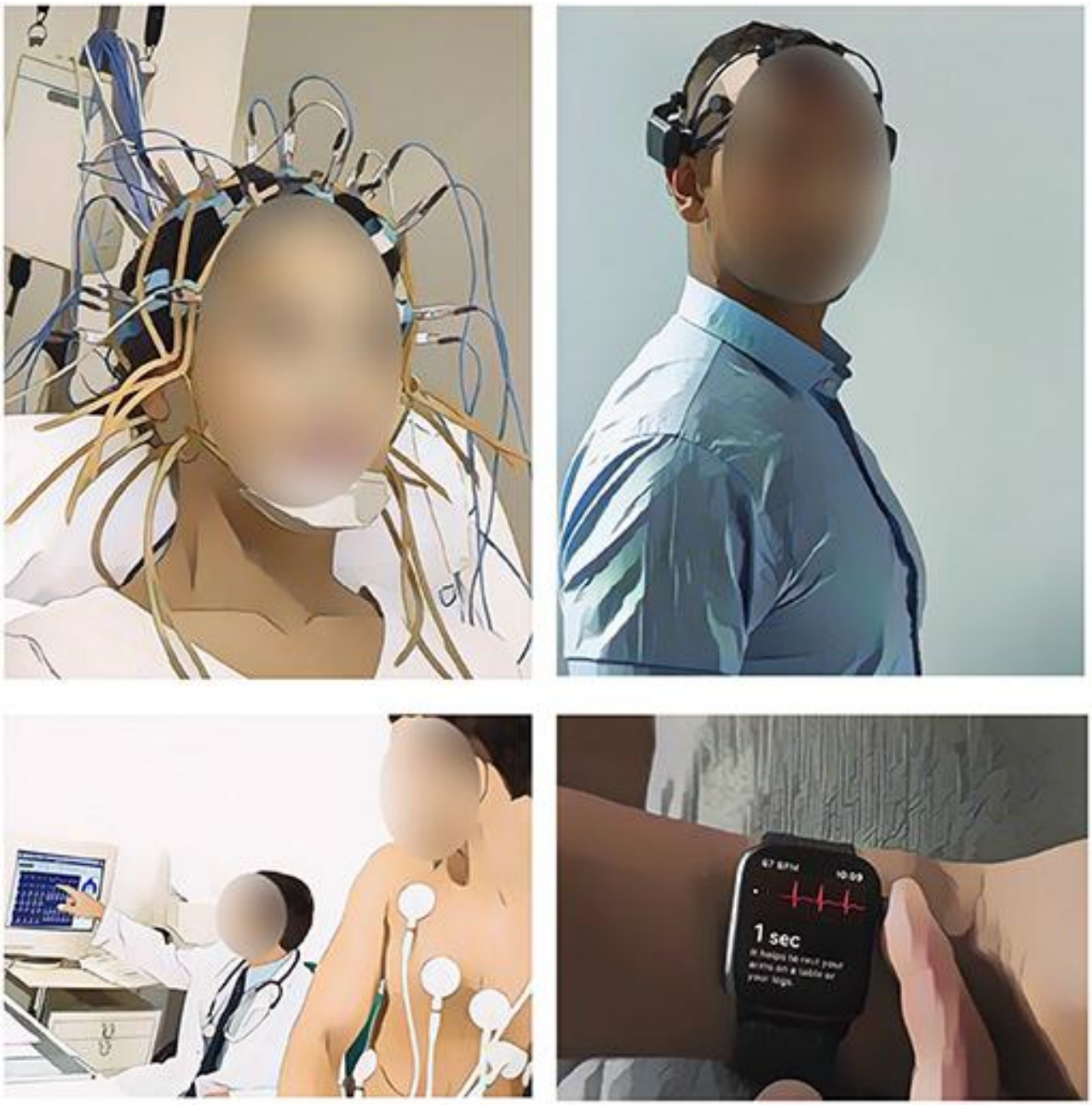
Во 2010-тите, Pulse Sensor, OpenBCI, EmotiBit и други производи со целосно отворен код и целосен пристап до податоци, дополнително ги сруши бариерите за пристапност и проширување што им овозможи на уметници и креативни технолози, како и на истражувачи и едукатори, пристап до висококвалитетни BCI платформи надвор од граници на специфични намени. Оттогаш, програмерите се фасцинирани со можноста за подобрување на искуството за играње преку BCI (Lécuyer et al., 2008). Игри приспособени на афективна состојба на корисник - проток, фрустрација, изненадување и.т.н. - како познатиот World of Warcraft, дозволуваат изгледот на аватарот да ја одразува когнитивната состојба на гејмерот наместо да се контролира преку тастатурата (Nijholt et al., 2009) . Не е нереално да се верува дека првата масовна примена на немедицински BCI ќе биде во полето на игри и забава. Самостојни примери веќе ги има на пазар, а екстензии на конзолни игри најверојатно ќе следат наскоро (Nijboer et al., 2011). Други проекти како Emotional Beasts овозможија истражување на самоекспресија на корисник во VR простор преку трансформирање на изглед на аватар на уметнички начин заснован на афективна состојба на корисникот со дизајнот на аватарот ќе се направи повеќе експресивен и повеќе приврзан (Bernal and Maes, 2017). Со користење на VR слушалки кои се изменети за да се приспособат на физиолошки сензори (Bernal et al., 2018), системот собира и интегрира физиолошки податоци за да овозможи перцепција на човечки афект. Bernal et al. покажаа како системот PhysioHMD може да се користи за да помогне во развој на персонализиран третман на фобија преку создавање на затворено искуство.

Додека ги очекуваме 2025-тите и понатаму, разумно е да се очекува дека BCI технологијата ќе стане поголем дел од секојдневниот живот на човештвото и дека овие технологии може да се интегрираат и потенцијално да ги променат аспектите на човековото сознание. Степенот до кој на уметниците и креаторите им е овозможено да бидат дел од разговорот за тоа како треба да изгледа оваа иднина и каде има потенцијални опасности, може да игра клучна улога во обликување на таа иднина (Flisfeder, 2018; Montgomery, 2018). Нивото на ангажман и дијалог ќе зависи од пристапноста овозможена преку обемно производство на потрошувачка електроника, приспособливост и флексибилност овозможени преку технологија со отворен код и грануларен пристап до необработени податоци што овозможува да се оди подалеку од претходно наменети употреби за да се побараат нови прашања за мозокот што компјутерите и интерфејсите сè повеќе го поврзуваат.

Наши податоци, нивни податоци?

Гледајќи зад завесата

Како што расте достапноста на BCI и биометриските технологии до потрошувачите, така се зголемува примената на овие технологии во истражување, сериозни игри и рехабилитација (Research, 2019). Наместо да чини десетици илјади американски долари и да се бара од учесниците да носат капа за глава натопена со солена вода, заплеткана со десетици жици, сега е можно да се добијат значајни податоци за BCI од уреди кои чинат помалку од 1.000 УСД, безжични и релативно лесни за носење (слика 4). Резултат кој во голема мерка отвори можности за повеќе луѓе ширум светот да поставуваат повеќе и нови типови прашања. За рехабилитација, тоа значи дека е полесно да се донесат уреди во домови на луѓе или во установи за нега, овозможувајќи многу повеќе луѓе да бидат опслужени и да се истражуваат нови третмани и методологии (Sung et al., 2012).



Слика 4. Уреди BCI за потрошувачи значително ги подобрија удобноста и можноста за носење, дозволувајќи им на уредите да се користат во нови контексти и да се поставуваат нови типови прашања. Горе лево, стандарден влажен EEG систем. Горе-десно, безжични слушалки од Emotiv, сè уште користи влажни електроди, но поставувањето е многу побрзо, а можноста за носење е многу подобрена во споредба со претходни системи. Долу лево, поставување на ECG во клиники - поставките вообичаено користат 10 лепливи електроди за следење на срцева активност. Долу десно, денешни паметни часовници кои се носат на рака може да го покажат ECG на корисник со притискање на копче.

Внесувањето на потрошувачки BCI технологии на работно место доведе до брз развој, почнувајќи од сериозни игри, до симулатори на летање и обука за безбедност во магацини (Marshall et al., 2013; Huang et al., 2020) и истражувачки лаборатории кои сега можат да поставуваат нови прашања за неврологија на интерперсонална и динамичка училница (Dikker et al., 2017, 2019).

Меѓутоа, со овие придобивки од уреди BCI од потрошувачки квалитет дојде и предизвик за транспарентност. Поголем дел од светот на потрошувачка електроника, вклучувајќи ги и уредите BCI, живее и умира според етос од затворен извор. Додека патентите можат да послужат како механизам за одржување на транспарентноста, како и конкурентна предност, често е тешко или невозможно да се патентираат кола и алгоритми BCI (долга постапка на патентирање и дозвола за користење), бидејќи тие или не се доволно нови или можат малку да се изменат за да се избегнат барањата за прекршување.

Еден начин на кој екосистеми со затворен извор/затворени податоци го ограничуваат истражувањето е во опсег на прашања што е можно да се постават. На пример, кога се испитуваат EEG податоци, ако се достапни само статистики на опсег на моќност (алфа, бета, гама, итн. бранови), (како што е на пример случај со стандардна лиценца Emotiv)Голем дел од информации за **синхронија во мозокот** се губи. Поточно, невозможно е да се истражи дали два региона во мозокот покажуваат **кохерентност** или **фазно заклучување** еден со друг.

Постои широк консензус меѓу невролози (Uhlhaas et al., 2009) дека синхронијата е важна во одредувањето на ефикасност на **невронска комуникација**, **пластичност** и **учење**, а можеби дури и за управување со аспекти на свеста (Buzsaki, 2006). На пример, се покажа дека **фазното заклучување на осцилации** на EEG се зголемува помеѓу различни региони на медијално-темпоралниот лобус за време на успешно формирање на меморија (Miltner et al., 1999; Fries, 2015) што укажува на важна улога во мемориско кодирање или **селективно внимание** (Fries, 2015). Слично на тоа, зголемена **кохерентност** е поврзана со враќање на меморија (Kaplan et al., 2014; Meyer et al., 2015) и поврзување заедно на мултимодални претстави кои опфаќаат различни области на мозокот (Gray et al., 1989; Llinás et al. ., 1998; Engel et al., 2001). Во контекст на ова истражување, веројатно е

дека **тајмингот и синхронијата во мозокот** се важни за некои од најинтересни когнитивни функции - **кодирање и пронаоѓање меморија**, **асоцијативно учење**, **внимание** и веројатно и други. Меѓутоа, кога податоци за EEG се сведуваат на статистика на опсег на моќност, односи на фази и информации за тајминг од циклус по циклус, тие се инхерентно изгубени. Притоа, можно е некои од најважни информации за работа на мозокот и за тоа како тие се поврзани со сознанието, да бидат изгубени на неповратен начин. Слично на тоа, како што сè повеќе го применува машинско учење на податоци за EEG, доколку се користат само податоци од опсег на моќност или други потенцијално осиромашени деривативни метрики како влезни податоци. Ова може суштински да ја ограничи ефективноста на добиените модели на машинско учење.

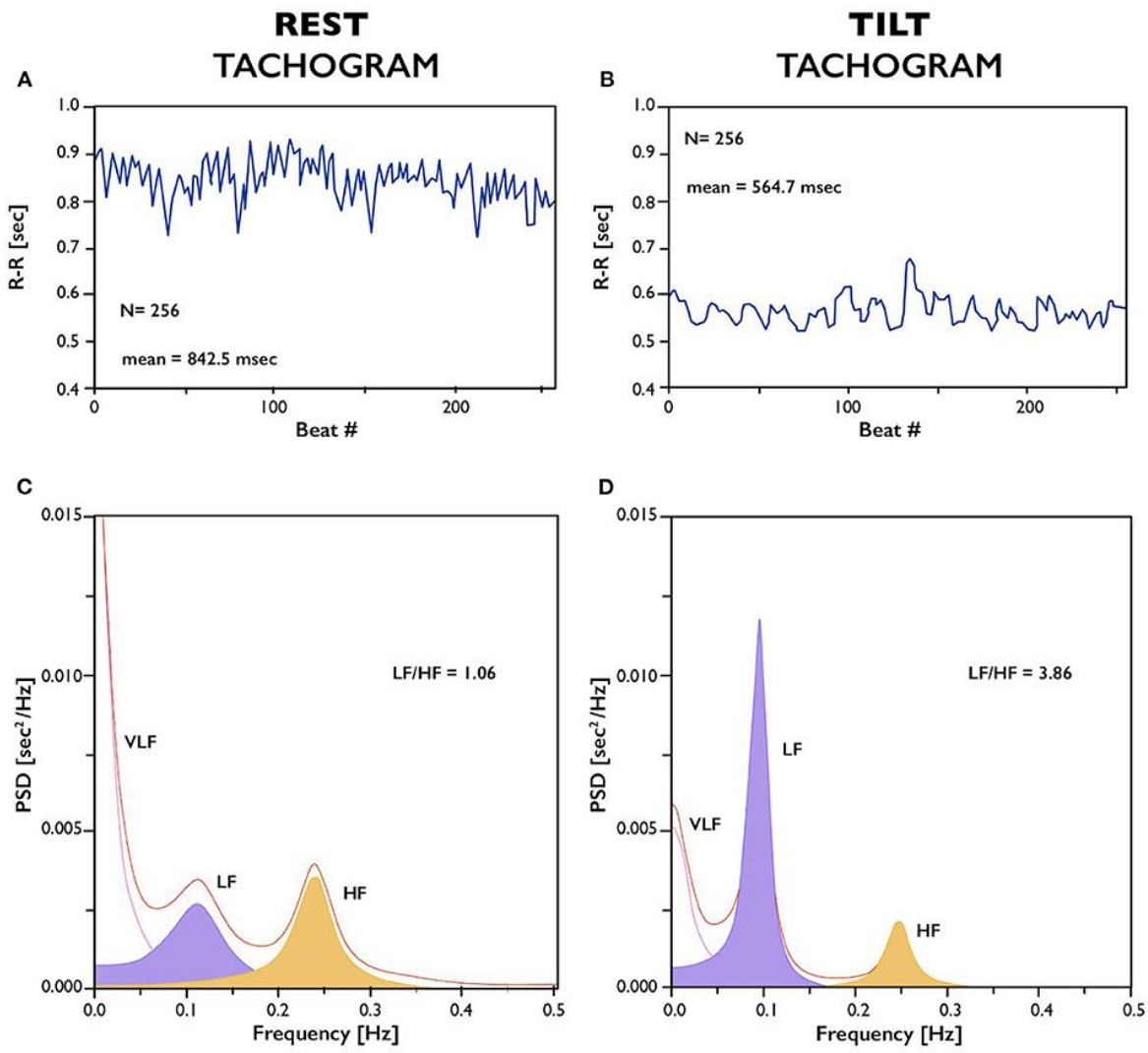
Во некои случаи на добиени модели може да им недостасува статистичка моќ за правење веродостојни предвидувања, а во други случаи моделите може да се преопфатат со податоците за опсегот на моќност и да не можат соодветно да генерализираат и реплицираат резултати во други контексти. Како што полето на неврологија продолжува да работи за да се разбере кои се најважни параметри на функцијата на мозокот што ги изведуваат когнитивните процеси, пристапот до необработени податоци за EEG веројатно ќе биде од клучно значење за отклучување на вистинскиот потенцијал на оваа технологија.

Дополнителни ограничувања може да се појават кога се изведуваат метрика од податоци претходно обработени со алгоритми со затворен извор. На пример, користењето податоци за отчукувања на срце (HR - heart rate) од вообичаени уреди што се носат на зглоб (на пример, FitBit или Apple Watch) за пресметување на варијабилност на пулс (PRV - pulse rate variability) може да биде суштински проблематично. Слично на **варијабилност на срцев ритам** (HRV - heart rate variability), PRV е метрика која е особено вклучена во симпатетик/парасимпатетик оска на автономниот нервен систем (Berntson et al., 1997). Гледајќи ја врската помеѓу брзи и бавни промени во HR, можно е математички да се поврзат промените на срцевиот ритам со нивои на **епинефрин** (epinephrine) кои ги регулираат симпатетик одговори „**бори се или бегај**“ (“fight or flight”) и нивои на **ацетилхолин** (acetylcholine) што ги регулираат парасимпатетик „**одмор и варење**“ (“rest and digest”)

одговори (Appelhans and Luecken, 2006). Сепак, пресметки на PRV бараат долги периоди (обично 10+ мин.) на чисти податоци, за прецизно да се проценат компоненти на **ниска фреквенција** (LF) и **висока фреквенција** (HF) што се користат за проценка на однос симпатетик/парасимпатетик. Иако мерење на **фотоплетизмографија** (PPG- photoplethysmography) од зглоб е погодно, едно од ограничувања е тоа што може да подлежи на значителни артефакти на движење во зависност од мноштво фактори (Biswas et al., 2019). За да се справат со бучавата поврзана со движење, уреди од тип на потрошувачи обично користат мазнење и интерполација со цел да им дадат на потрошувачите „најдобра претпоставена“ вредност на HR дури и кога квалитетот на сигналот е низок. Додека оваа инте-рполација може да ја подобри проценката на човечки ресурси и искуството на потрошувачите во целост, како што е илустрирано на слика 5, проценката на PPG може да биде многу суштински искривена (Morelli et al., 2018).

Без пристап до оригинални необработени PPG податоци, истражувачите едноставно се заглавени со проценки за човечки ресурси кои излегуваат од уредот без патека по која може да се подобри детекцијата на човечки ресурси додека се развиваат нови алгоритми, на пример, врз основа на неодамнешно истражување со користење на пристап со фузија на сензори кој комбинира податоци за PPG и акцелерометар (Kos et al., 2017; Biswas et al., 2019). Спротивно на тоа, производи со отворен код како OpenBCI (Murphy and Russomanno, 2013), сензор за пулс (WorldFamousElectronicst, 2011) и EmotiBit (https://www.emotibit.com/, Montgomery 2020) обезбедуваат пристап до необработени податоци, како и електрични спецификации и изворен код за да се разбере собирањето на податоци и деривати.

Полошо од самото искривување на податоци е тоа што алгоритми што вршат интерполација на уреди од потрошувачки квалитет се од затворен извор и често е нејасно кога податоците се интерполираат и кога верно ја одразуваат физиолошката активност на носителот. Како резултат на тоа, може да биде многу тешко да се процени кога изобличувањето на податоците може да доведе до толкувања кои се преценети, недооценени или дури спротивни од вистината во која било дадена експериментална парадигма.



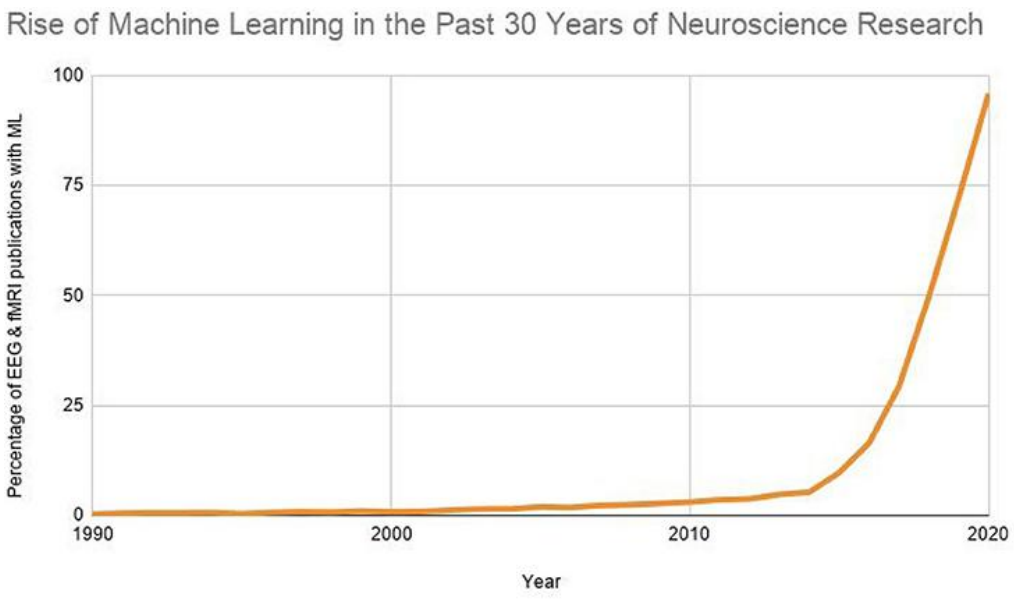
Слика 5. Илустративен пример за изведба на варијабилност на срцев ритам и како измазнување на податоци за отчукувања на срце може да доведе до откривање на варијабилни промени во симпатетик/парасимпатетик нервен систем. (**A**) покажува необработени флуктуации на тахограм во срцев ритам за време на одмор на лежечка положба и (**C**) покажува дериватна спектрална густина на моќноста (PSD- power spectral density) на податоци за отчукувања на срце во лежечка положба за пресметување на фреквенциски опсези VLF, LF и HF што може да се користи за да се процени рамнотежата на автономниот нервен систем. (**B,D**) прикажуваат необработен тахограм на срцев ритам и добиен PSD график по физиолошка пертурбација со навалување од 90 степени нагоре што го зголемува одговорот на симпатетик нервен систем. Во контекст на потрошувачки уреди што се носат со потенцијални празнини во податоците и тешки алгоритми за измазнување/интерполација со затворен извор, можно е погрешно да се протолкуваат измазнети или интерполирани податоци како промена во одговор на симпатетик/парасимпатетик нервен систем, дури и кога не се случува такво поместување.

Потенцијално уште попроблематично за употреба во научни контексти е тоа што алгоритми што ја изведуваат биометриката може да се менуваат без претходна најава во секое време кога компанијата ќе избере да притисне нов код на уред, телефон или оддалечени сервери. Овие алгоритми кои брзо се развиваат се особено тешко да се откријат и да се заштитат со патенти, а промени на алгоритми со различни изданија на firmware и софтверот се секогаш потенцијална забелешка кога резултатот не може да се повтори од една студија во друга или дури и ако се појави ефект, исчезнува, или промени во средина на една студија (Shcherbina et al., 2017). Кога станува збор за развој на нови терапевтски пристапи, протоколи за обука и сериозни апликации за игри, овие видови грешки може да имаат реални последици кои потенцијално можат да влијаат на животите на луѓето.

Кога технолошки алатки се развиваат на отворено, секој може да потврди дали продавачот активно спроведува точни метрики за валидација, соодветно управува со безбедноста и приватноста или се справува со проблеми навремено и професионално. Способноста да се испита и следи процес, развиен изворен код прави секој да може да изврши независна ревизија. Ова важи не само за самиот код, туку и за методи и процеси на тестирање што се користат во развој и историја на промени. Транспарентноста на алатки со отворен код и пристап до необработени податоци е важна за апликации на BCI во истражување за игри, терапија и рехабилитација. Со оглед на тоа што најсовремената технологија се труди да ги разбере сигналите од телото, често е од клучно значење да се разберат важни детали за тоа како податоците биле собрани, условени и трансформирани во деривативни метрики. Особено како што деривативните метрики стануваат градбени блокови и влезови за надолна анализа и алгоритми за машинско учење, транспарентноста станува суштинска за способноста да се реплицираат и да се разберат резултатите и **да се отклучат мистериозни внатрешни работи на човечкиот мозок**.

2. Гледање во црна кутија

Поаѓајќи од едноставните деривативни метрики, неодамнешниот бран на машинско учење вообичаено користи модели на длабоки невронски мрежи, кои често се однесуваат како црни кутии, бидејќи врската помеѓу влезот и излезот може тешко да се утврди. Кога ќе се разгледа бројот на статии во списанија за Machine Learning (ML) во неврологија, се открива дека неговото усвојување континуирано расте во последните 30 години (слика 6). Овој пораст се случи затоа што неврологијата доживеа револуција во обем на податоци и сетови на податоци што истражувачите можат да ги соберат од голем број неврони од кои истражувачите можат да снимаат, а големината на збирки на податоци рапидно се зголемува. На истражувачите сè повеќе им се потребни методи за машинско учење за да се справаат со овие податоци и да се обидат да добијат увид во нив.



Слика 6. Процент на трудови од неврологија што користеле машинско учење во последните три децении. Го пресметува бројот на трудови кои вклучуваат неврологија и машинско учење, нормализиран со вкупен број на трудови за неврологија

Длабинско учење (Deep learning), подмножество од машинско учење, им даде на истражувачите методи за поврзување на високодимензионални невронски податоци со високодимензионално однесување. Покрај нивната способност да мо-

делираат сложени, интелигентни однесувања, **длабинските невронски мрежи** (DNN- Deep neural networks) се одлични во предвидување на невронски одговори на нови сензорни дразби со прецизност над кој било друг моментално достапен тип на модел. DNN може да има милиони параметри потребни за да се долови знаење за домен потребен за успешни модели за регресија за перформанси на задачи. Овие параметри не се наменети да доловат кои карактеристики на невронска активност се поврзани со кои карактеристики на однесувањето, туку кои карактеристики на невронска активност прикажуваат информации за однесувањето или за сетилни дразби. Ако овие модели не се направат транспарентни за експерти на BCI да можат да ги толкуваат одлуките на моделот врз основа на клучни карактеристики на моделот, тоа може да биде предизвик да се предвиди веродостојноста и преносливоста во нови контексти.

Тековни најсовремени перформанси (state-of-the-art performance) во повеќекласни EEG се движат од откривање на **епилепсија** (Acharya et al., 2018), до препознавање на **когнитивен обем на работа** (cognitive-workload recognition) (Almogbel et al., 2018), до идентификација на инциденти со малтретирање во потопла животна средина (Baltatzis et al., 201). Сепак, релативно малку работа во областа на AI или BCI е направена за да се анализира интерпретабилноста на таквите модели. **Интерпретабилноста** се дефинира како степен до кој луѓето можат постојано да предвидуваат одлуки на моделот (Kim et al., 2016).

Токму во овој контекст, концептите на способност за објаснување и интерпретабилност добија нова итност. Тие, најверојатно, ќе станат поважни само доколку продолжат да се движат напред дискусии околу:

- **вештачка интелигенција**;
- **приватност на податоци;**
- **етика**.

Неодамнешни напори на заедница со отворен код за поддршка на методи и апликации кои можат да доведат до подобра доверба во системите за вештачка интелигенција веќе даваат резултати. Два методи со отворен код се достапни за јавноста и се чуваат на **GitHub** за разложување на излезно предвидување на

невронска мрежа на одредени влезови. **LIME** (Ribeiro et al., 2016) и **SHAP** (Lundberg и Lee, 2017) се два проекта кои обезбедуваат нови техники кои ги објаснуваат предвидувања на класификатор на интерпретабилен и сигурен начин, преку учење на интерпретабилен модел локално околу одредено предвидување. Овие техники произведуваат „**визуелни објаснувања**“ (“visual explanations”) за одлуки од голема класа модели базирани на конволуциона невронска мрежа (Convolution Neural Network), што ги прави потранспарентни и достапни за човечки експерт со споредување на количина и степен на преклопување помеѓу идентификувани влезови.

Користење на придобивки на заедница со отворен код може да помогне да се подобри довербата со тоа што ќе се осигура дека секој напор на BCI-AI исполнува безбедносни и транспарентни прописи. Заедницата може да вклучи експерти за домени и да креира рутински проверки на базата на кодови. Надвор од транспарентност само во кодот, како што се модели на вештачка невронска мрежа (ANN- artificial neural network), продолжуваат да се зголемуваат во сложеност, поседување алатки и транспарентност за визуелизација и разбирање на клучни односи на моделите, што ќе биде важно за разбирање кога може да им се верува и да се користат за податоци и одлуки. во истражување и реални апликации. Затворен пристап кон софистицирани BCI системи може да доведе до несоодветни избори за дизајн на карактеристики кои не се релевантни за тековни потреби на заедницата и општеството. Такви карактеристики можат да бидат штетни за системот; на пример, ако дијагностичка функција на пациенти на медицински систем има слаба прецизност поради недостаток на тестирање, тогаш тоа ќе значи поголема човечка интервенција и, на крајот, помала доверба.

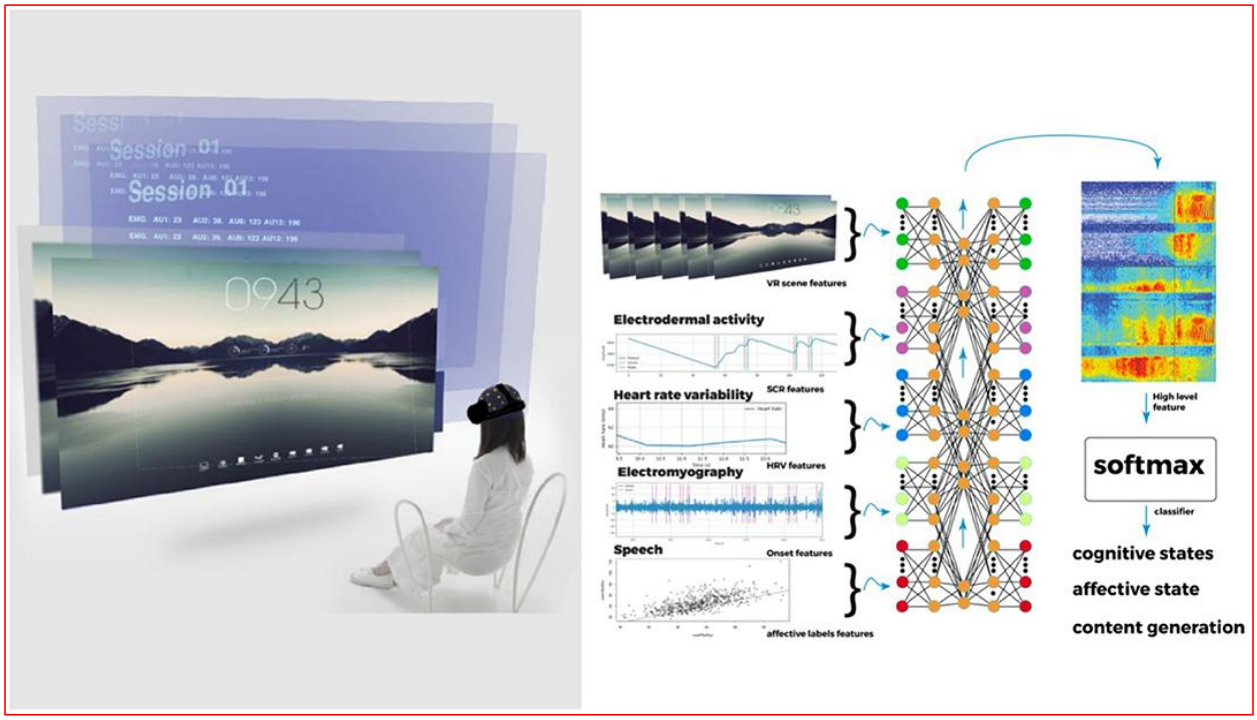
Нови реалности и зголемено спознание (когницијa)

Затворени јамки

Во очекување на иднина во која проширена и виртуелна реалност ќе стане составен дел од секојдневниот живот, BCIs најверојатно ќе играат сè поважна улога во создавање повратни информации во затворен круг за генеративна содржина. Како што една физичка реалност се трансформира во многу мешани реалности,

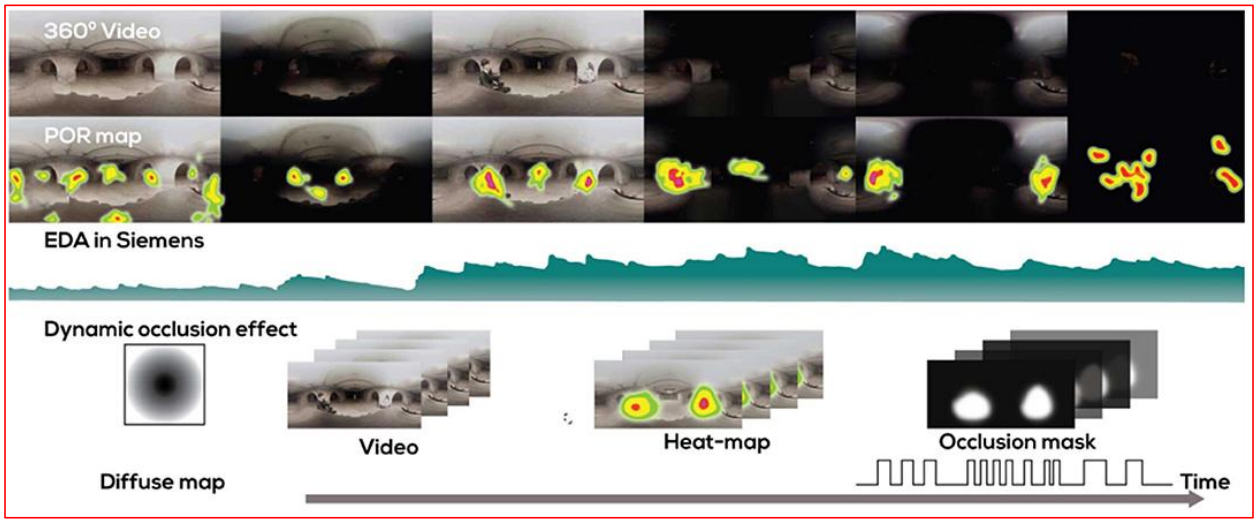
на мозок-компјутер интерфејсите ќе бидат уникатно поставени за да ги обезбедат потребните селекции на функции за да се одреди декодирање и време на испорака на одредена содржина.

Систем со затворен циклус кој ги следи реакциите на корисникот на содржина на виртуелна средина, овозможува генерирање на персонализирани искуства за виртуелна реалност. Демонстрации прикажани од Bernal et al. (слика 7) користи нивоа на возбуда за да обезбеди веродостојни информации во реално време за прием на содржина од страна на корисник и може да му помогне на системот беспрекорно да ја прилагоди содржината (Bernal et al., 2018). Во 360 сцена со видео демо- плеер, се користат податоци од поглед (биосензор за следење на очи) и податоци за одговор на спроводливост на кожа (SCR - Skin Conductance Response) за да се зголеми нивото на возбудување на корисникот, со цел да се создаде страв од непознато.



Слика 7. Пример за поставување затворена јамка што се користи во лабораториски сетирања. Физиолошки сигнали се снимаат со помош на збир на електроди позиционирани над визуелен кортекс (биосензорски системи), додека стимули се прикажуваат на VR- слушалки. Во моментов, системот се користи за длабинско учење за когнитивни состојби на високо ниво.

Слика 8 покажува како демо зема стандардна снимка од луѓе во подрум и создава ефект на пулсирачка сенка, а со тоа и подраматично снимено видео од 360°, слично на оние што се гледаат во хорор- филмовите. За да се насочи фокусот на корисникот кон луѓето во видеото, површински засенувач е динамично модулиран за да ги блокира областите што не се од интерес за корисникот. Откриените врвни вредности на SCR се користат за пулсирачка модулација.



Слика 8. Сцена 360° видео е анализирана од податоци за поглед (биосензор за следење очи) на корисник и податоци од одговор на спроводливост на кожа (биосензор за електродермална активност) за да се зголемат нивоа на возбудување на корисници. Овие нивои на возбуда создаваат потемни светлечки моменти што го прават подраматично, слично на оние што се гледаат во хорор филмови. За да се насочи фокусот на корисникот кон луѓето во видеото, системот динамично модулира засенчување на површината што ги затвара локациите кои не се од интерес за корисникот.

Овие типови на сценарија не доаѓаат без последици доколку не се следат соодветни упатства. Неодамна, основач на BCI (BCI start-up) беше под лупа на тестови на кинески ученици, откако Wall Street Journal објави видео во кое се наведува дека наставници во тоа училиште точно знаат кога учениците внимаваат и кога не обрнуваат внимание (Wall Street Journal, 2019). Во видеото, децата се прикажани како носат EEG лента (headband) за глава за време на часови со LED светилка лоцирана на пределот на челото што ја менува бојата врз основа на нивото на внимание на децата. Во тоа време немаше закони за приватност што го

регулираа овој тип на соработка помеѓу приватни училишта и компании. И покрај тоа што стартапот објави дека сите вклучени страни дале согласност за учество во тестот, загриженоста за тоа дали податоците се соодветно обезбедени, доведе до забрана за користење на овој уред во училница и создавање на нов закон (кинеското основно училиште го стопира тестирањето на уредот што следи мозочни бранови на ученици, 2019 година. Основното училиште во Кина го суспендира користењето на лента за следење мозочни бранови на BrainCo, 2019 година).

Нови реалности

Важноста на транспарентност со отворен код веројатно значително ќе се прошири бидејќи вештачката интелигенција сé повеќе станува копроцесор за човечкиот ум управуван од BCI. Без разлика дали алгоритмите се дизајнирани да помогнат во хомеостатско регулирање на стрес, или да го следат ангажирањето и да го оптимизираат учењето, или да ја подобрат безбедноста, овие алгоритми за избор на реалност веројатно ќе бидат од клучно значење за испитување на **интегритет**, **имплицитна** пристрасност и **конфликт** на **интереси**. Како што вештачката интелигенција презема дополнителна улога на хомункулус, нејзината способност да креира чувство на податоците (to make sense) на BCI и тие да бидат креативно применети во нови апликации, ќе зависи од приспособливоста, екстензибилноста и транспарентноста на алатките на BCI од кои се изградени. Сето ова доаѓа со големи можности за фундаментално трансформирање на човечката свест покрај екстремни ризици и грижи, а отворениот код може да биде еден од клучни фактори што ни помага да се движиме низ вакви истражувања додека градиме заштитни мерки во оваа нова парадигма.

Прашања околу интегритет на алгоритми и примери на начини на кој код со отворен извор (open-source code) може да ги ублажи тие проблеми, може да се извлечат од сектор за сајбер-безбедност. На пример, **WannaCry ransomware** насочена кон ранливост во оперативниот систем Windows со затворен код (Petrenko et al., 2018) кој постоеше повеќе од една деценија, го привлече светското внимание дури откако крипто-црвот WannaCry (WannaCry crypto-worm) зарази ~ 300.000 компјутери ширум светот, вклучително и Националната здравствена слу-

жба на Велика Британија (U.K.'S National Health Service), која ја чинеше организацијата речиси 100 милиони фунти во откажани состаноци и чистење. Спротивно на тоа, безбедносната грешка **Heartbleed** во **open-source OpenSSL cryptography library** код беше откриена и поправена за нешто повеќе од 2 години. Иако може да биде тешко да се споредат кои било две ранливости, податоците сугерираат дека дефекти со отворен код се наоѓаат и поправаат побрзо од проекти со затворен код/извор (Paulson et al., 2004). Интегритетот и безбедноста на алгоритми за зголемување на сознание и селекција на реалност е многу веројатно да претставуваат мноштво можности за сајбер-напади за се: од хакери-волци (lone-wolf hackers) кои ги продаваат своите производи, до државни актери кои креираат индивидуално насочена пропаганда. Способноста за јавен преглед со отворен код на интегритет на алгоритам може да биде начин да се фатат овие пропусти навремено.

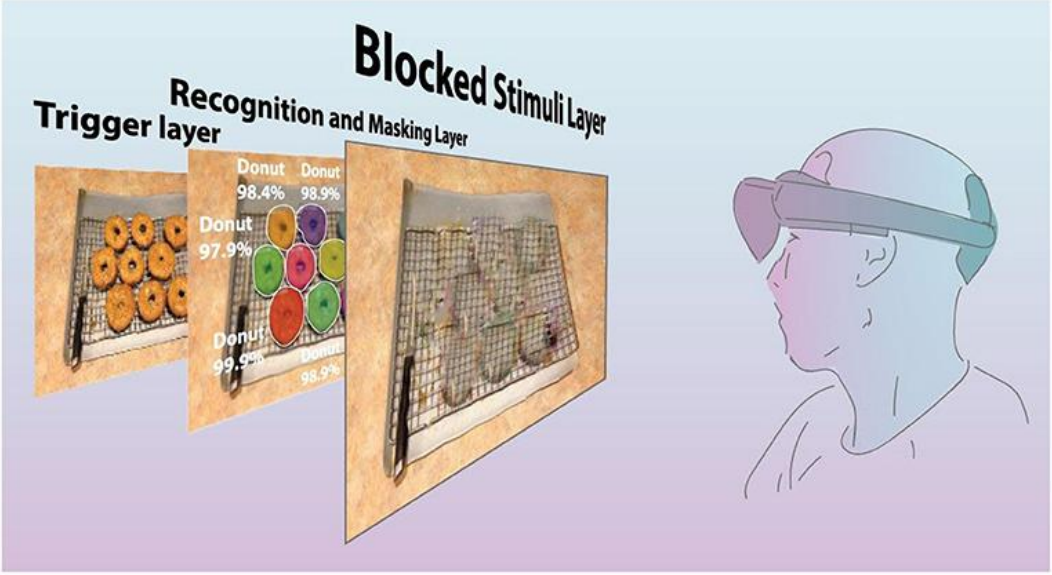
Имплицитната пристрасност е документирана во алгоритми за вештачка интелигенција за машинско учење кои управуваат со сè, од филтрирање на апликанти за работа до одобрување станбен кредит (O'neil, 2016; Buolamwini и Gebru, 2018). Имплицитна пристрасност отелотворена во алгоритми и модели за машинско учење често завршува како одраз и зајакнување на расни и родови нееднаквости присутни во нашето општество. Како што диверзифицираме мноштво виртуелни и мешани реалности, ризик да се влоши ќе биде поголем (исто и можност за ублажување на имплицитната пристрасност). На пример, Mel Slater и неговите студенти покажаа дека олицетворението на учесници со светла кожа во виртуелно тело со темен тен значително ја намалува имплицитната расна пристрасност кон луѓе со темна кожа, за разлика од олицетворението во аватарите со светла или виолетова кожа. (Peck et al., 2013). Виртуелната реалност претставува убедлива алатка за потенцијално ставање на луѓето во различен стереотип на тело, особено раса или пол, со модифицирање на формата на сликата за нивното тело. Ова се постигнува со сетирање што се нарекува „**виртуелно отелотворување**“ ('virtual embodiment'). Учесниците носат екран со широко видно поле, поставен на глава и кога гледаат надолу кон себе во VR, гледаат програмирано **виртуелно тело** (VB - virtual body) кое го заменува нивното

вистинско тело. Тие исто така го гледаат ова тело кога го гледаат нивниот (геометриски точен) одраз во **виртуелно огледало**. Ваквите искуства со виртуелната реалност имаат потенцијал да ја зго-лемат **емпатијата** и **разбирањето**. BCI во комбинација со машинско учење стану-ваат сè поспособни да детектираат биометриски обрасци поврзани со сложено со-знание како што се **имплицитна пристрасност** и **емпатија** (Hasler et al., 2017; Le-vsen and Bartholow, 2018; Luo et al., 2018 ; Katsumi et al., 2020; Patané et al., 2020). Јамки за повратни информации помеѓу BCI и содржина на виртуелна реалност ќе бидат позиционирани да ги намалат или да ги засилат овие внатрешни состојби. Алгоритми и модели со отворен код што може да се ревидираат може да бидат важна алатка за да се обезбеди ублажување на имплицитната пристрасност и зголемување на емпатијата додека ја умножуваме реалноста.

Истражување покажа дека борба против дебелина делумно е водена од стимули за храна кои ги киднапираат центрите за донесување одлуки во мозокот за да создадат огромна принуда да се јаде (Stice et al., 2009; Cobb et al., 2015; Mejova et al., 2015). За да се скрати ова однесување на стимул-одговор, лесно можеме да замислиме како систем за зголемена реалност со затворена јамка што затвара одредени стимули за храна, како крофни, може да биде одлична помош за оние кои се во процес на обнова на нивниот однос со храна, како што е прикажано на слика 9.

Сепак оваа технологија исто така претставува јасен ризик грешките и конфликтот на интереси да имаат страшни последици. Пејсажот на селекција на реалноста управувана од BCI е полн со утописки и дистописки можности. Лесно е да се замисли утописки свет со намалени стапки на злоупотреба на супстанции, едноставно со откривање на подложни состојби и користење на зголемена реалност за блокирање на поттикнувачки стимули со што ќе им се овозможи на луѓето да бидат продуктивни членови на општеството. Напротив, подеднакво е лесно да се замисли дистописки свет што би можел да следи ако Purdue Pharma [производителот на опијатот со голема зависност, OxyContin, кој ги доведе стапките на зависност од опијати на највисоко ниво на сите времиња во САД, (Knisely et al.,

2008)] која генерира насочено рекламирање управувано од BCI во нашите реални вести.



Слика 9. Дијаграм што прикажува сценарио во блиска јамка (close-loop scenario) каде што стимулите се отстранети од перцепцијата на корисникот. Слојот за активирање (trigger layer) покажува стимул што корисникот има намера да го избегне. Слојот за препознавање (recognition layer) се пресметува на уредот на корисникот и ги маскира стимулите што треба да се блокираат. Блокираниот слој на стимули (blocked stimuli layer) е она што корисникот го перцепира кога тригериран (активиран) стимул е покажан.

Можна иднина на избор на реалност управуван од BCI се движи:

- од поголема безбедност, здравје, благосостојба, стапка на учење и креативност;
- до безбедносни ризици, манипулирана зависност, дезинформации и перење мозок.

Транспарентноста може да биде критичен принцип кој ќе помогне да се отклучи утопиското и да се оттргнеме од најдистописки визии за нашата иднина.

Заклучни согледувања

BCI се движат подалеку од лаборатории за истражување за да истражуваат нови случаи на користење кои се движат од уметност и рехабилитација до игри и

зголемена реалност. Пристапноста, приспособливоста и транспарентноста на алатки и податоци на BCI, значително ќе влијаат на тоа како колективно се движиме во оваа нова дигитална ера. Од суштинско значење е да изградиме технологии кои не само што се достапни, туку можат да се користат и за различни апликации притоа обезбедувајќи транспарентност на податоци и употребени алгоритми. Принципите на отворен код ќе овозможат BCI- технологиите да се истражуваат од различни перспективи и за нови апликации со сигурност дека податоците се релевантни и точно ги одразуваат основните физиолошки промени. Овозможувањето на BCI - технологиите да се користат во најширок можен опсег на апликации, ќе осигури дека гласовите (гласовна вештачка интелигенција) можат да го разберат, искористат и да го потврдат интегритетот на овие сигнали додека ја обликуваме иднината зголемена со BCI.

И уметноста и технологијата имаат за цел да го преобликуваат светот во кој постоиме, повторно замислувајќи го она што го гледаме како реално и разбирајќи ги сопствените граници на природата. Со децении, индустријата инспирира нови технологии (3Д печатење, е-хартија, сателити) и презентира критички размислувања која ни дава ментални рамки за да го преиспитаме нашиот однос со технологијата. Како што се движиме во иднина која сè повеќе ја спојува технологијата со човештвото, улогата на уметникот мора да биде активен партнер во подготовка на насока за истражување и олеснување на синергија помеѓу науката и технологијата, како витално средство за разбирање на светот.

Зголемено спознание (когниција) управувано од BCI технологија може да биде подготвено да го трансформира човештвото на исто ниво или над она на пишан збор.

- Можности за побрзо учење преку динамичен материјал кој е индивидуално прилагоден на психофизиологијата на секој човек;
- Развивање стратегии за зголемена креативност, па дури и можеби подигнување на нашата биологија во нови форми на дистрибуирана или колективна свест.

Сето ова може да има длабоки импликации за способноста на човештвото да го разбере универзумот и неговото место во него. А сепак, исто како и со секоја моќна алатка, дел и во пакет со потенцијални придобивки доаѓаат и потенцијални ризици. Без разлика дали тоа е можноста за иднината во која можеме да создадеме филтри за реалност врз основа на физиолошки одговори или да читаме каталогизирани сеќавања на наводни криминалци (Flisfeder, 2018), постојат многу реални ризици додека гледаме напред во светот на **зголемена когниција напојувана од BCI**. И покрај овие ризици, придобивките се премногу длабоки, а предностите денес се премногу моментални за да се замисли обратен тек. Ако некој може да се спаси себеси или член на семејството од зависност или психотичен прекин (Koutsouleris et al., 2020), или ако возачот или пилотот може да биде побезбеден (Healey and Picard, 2005; Zepf et al., 2019), или ако дневен трговец може да биде најпаметна личност во просторија, непопустливата сила на напредокот најверојатно ќе ги надмине сите обиди целосно да се запре. Наместо тоа, може да размислиме за изградба на иднина заснована на принципи на отворен код, вклучително и приспособливост, проширување и транспарентност за да демократизираме размислувања со различни перспективи, да дадеме отвореност потребна за да се спроведе репликативна наука и да ги разбереме алгоритмите и моделите што ќе играат сè по важни улоги во креирањето на нашите реалности и погледи на светот.

Поставување на технички, како и етички и општествени норми на иднина управувана од BCI ќе бара разновидност на трансдисциплинарни перспективи. Потпирајќи се на поврзаност со биологија, електротехника и компјутерска наука, BCI се трансдисциплинарни по својата природа и тие исто така претставуваат можност да се донесат перспективи кои се движат од психологија, здравје и физичко образование до историја, филозофија и уметност. Спојување на разновидност на идеи и гледишта може да помогне да се осигура дека оваа трансформативна технологија е поставена за да им служи не само на најпривилегирани членови на општеството, туку и да ѝ овозможи на индивидуалната генијалност да оди подалеку од однапред смислени употребни случаи за да се решат прашања кои ги надминуваат физичките, економските, и културните граници. Дури и повеќе од збир на

забележени поединечни перспективи, создавањето трансдисциплинарни разговори кои ги истражуваат вкрстувањата помеѓу различни гледишта, може да ги умножат информациите и идеите за да ги замислиме нашите идни реалности (Nijholt et al., 2018; Dikker et al., 2019b). Тие разговори може да станат почести и да започнат на помлада возраст, со внесување на BCI во наставни програми засновани на проекти К-12 и во хакатони кои промовираат различни тимови, вклучувајќи уметници и филозофи, како и инженери и научници.

Со изградба на алатки за BCI кои се приспособливи и транспарентни, како и достапни, добиените апликации и разговори можат да ги надминат однапред замислените случаи за користење за да го истражат најширокиот опсег на можности што BCI може да ги отклучат во иднина. Поголемата отвореност може да бара одредено прерамнување на просторот за решение во контекст на принципи, вклучувајќи ги и оние за приспособливост, проширување и транспарентност. Развивањето на BCI алатки кои се прилагодливи и проширливи може да го демократизира развојот на нови идеи и апликации за да се замисли надвор од развиени случаи на употреба во затворен круг:

- Негување поголема транспарентност;
- поголем пристап до необработени податоци;
- изворен код;
- видливост во модели на црни кутии.

Ова може да го олесни создавањето научно знаење што може да се повтори и доверба дека идни реалности ќе бидат безбедни и ќе им служат на интересите на сите.

3. Стил на зборување: Дали компјутерите треба да звучат досадно?

Синтезата од текст во говор постигна огромен напредок во текот на изминатите години, но стилот на зборување сè уште е предизвик.

Синтеза на емоционален говор е важен дел од сложувалка на долгиот пат до вештачка интеракција човек-машина слична на човекот. Никој никогаш не збо-

рува без емоции и стилот на зборување понекогаш носи повеќе информации од вистинските зборови. На пример, да замислиме нашиот автомобил да не информира за недостаток на гориво со ист тон како што е и надворешната температура.

Емоционална симулација како карактеристика во говорни синтисајзери

И покрај овој факт, емоционалната симулација сè уште не е очигледна карактеристика во сегашните говорни синтисајзери. Една од причините за ова секако лежи во сложеноста на човечкиот вокален израз: сегашните најсовремени синтисајзери сè уште се борат со предизвикот да изговорат непознати зборови на разбирлив и природен звучен начин, иако најновите барање веќе укажуваат на важноста на афективно изразување (изразување кое вклучува емоционална компонента).

Генерирање говор

Аналогно на вештачка „интелигенција“, говор може да се генерира со збир на фиксни експертски правила или со вадење примероци од база на податоци.

Кога човештвото почнало да работи на машини за зборување во 40-тите години на 20 век, тие повеќе се занимавале со разбирливоста на говорот отколку со разновиден вокален израз, иако дури и првите комерцијални синтисајзери, кои биле базирани на правила како говорот на DEC, станале познати по Stephen Hawking, имале различни гласови, но не и стилови на зборување, иако истражувањата покажале ветувачки резултати.

Подоцна во 90-тите, првиот бран на комерцијална синтеза на пазар надвор од медицински домен дојде со пронајдокот на алгоритмот **PSOLA** кој овозможи модификација на мелодијата и ритамот на гласовни примероци конструирани со лепење делови од говор на стабилна состојба на телефоните, позната како дифон синтеза (diphone synthesis). **Lida** и соработници од **ATR** и Marc Schröder од **DFKI** беа пионери со мултиплицирање на база на податоци по различни гласовни квалитети за да симулираат емоционална возбуда.

Појава на природност

Кога конверзациските системи навистина го достигнаа секојдневниот живот во новиот милениум, новиот пристап наречен **неуниформна единица-селекција**

(nonuniform unit-selection), која го направи токму тоа, од многу поголеми бази на податоци со синтеза на дифон) направи чекор наназад во однос на емоционална флексибилност, но се обиде да додаде изглед на природност со вметнување на афективни звуци во податоците. Стана поинтересно со статистичка синтеза која користи модели за производство на говор засновани на филтри за извор за експерименти со гласовно морфирање кои ги копираат карактеристиките на стилот на говорење на изворот на целниот говорник, за сметка на зуењето воведено од моделирачки извор.

Додека пристапот на неуниформа селекција на единици се соочува со проблем на силна зависност од доменот, нови истражувања во областа на **длабински невронски мрежи** (deep neural nets) покажуваат излез од проблемот со можности за генерализација на она што недостасува (исчезнало). На пример, преку таканаречени глобални стилски токени, архитектурата **Tacotron** на Google не само што може да копира стил на зборување, туку дури и да го направи тоа на скалабилен начин, т.е. вградување стил со различна јачина. Исто така, инженери на **Амазон** работат на сличен пристап.

Досега, интерфејси за експресивност на говорни синтисајзери се сопственички, иако постојат препораки за формализирање за да се изрази емоционален стил како на пример **EmotionML** на **W3C**. Со цел да се достигне врвен развој на синтеза на говор: да се има синтисајзер способен за моделирање на карактеристики на говорник од многу мали податоци, достигнувања во техники на физичко моделирање како артикулаторна синтеза се ветувачки, како што се новите достигнувања во обработка на длабинска невронска мрежа.

Говорна вештачка интелигенција што перцепира емоции

Неодамна Facebook го објави преименувањето на својата сегашна матична компанија во „Meta“. Името ја претставува претстојната генерација на интернет: Metaverse.

Како што неодамна кажа и Meta, патот до целосно функционален Metaverse ќе трае со години, можеби 10, можеби 15, можеби помалку. Нејасно е затоа што е сè уште во рани фази на учење.

Развојна намера,но:

- Која е целта?
- Дали е тоа нов свет?
- Паралелен универзум?
- Зголемено искуство?

Станува збор за создавање нови димензии, развој на технологии, секогаш со намера да се надмине човечкото искуство. На самиот почеток се поставува прашањето „**како**“. Како можеме да создаваме искуства, како тие да станат **поголеми**, **поинтензивни**, **потопли**? **Побезбедни**?

Човечката интеракција се заснова на јазик, на контекст, на знаење за свет што го споделуваме. Компаниите со Voice AI знаат дека **емоциите се клучен фактор**. Емоционалното изразување нè поттикнува да се движиме, создава движење и колективен одговор. Тоа е клучен фактор во општеството. **Тоа е основа за сите одлуки што ги носиме**.

Во креирање на виртуелна реалност, нови димензии и зголемени искуства, овој клучен фактор не може да изостане. Во нашиот секојдневен живот, ние ги користиме емоциите и нашиот глас за **да поттикнеме интеракции**, но тоа **често се прави несвесно**. Како би можеле да се променат нашите искуства ако се фокусираме да ги доведеме до првите редови на нашата свесност?

Податоци како огледало на општеството

Ако ја погледнеме технологијата на вештачката интелигенција како **огледало на општеството**, можеме да го видиме потенцијалот за собирање и разбирање податоци. Мораме активно да го правиме второто со избирање да се фокусираме на квалитет наместо првенствено на квантитет на податоци. Врз основа на овој стандард, **технологија за вештачка интелигенција обучена за човечка емпатија** (AI technology trained on human empathy) може да се користи како feedback за повратни информации за да се фокусира на несвесното. Технологија за вешта-

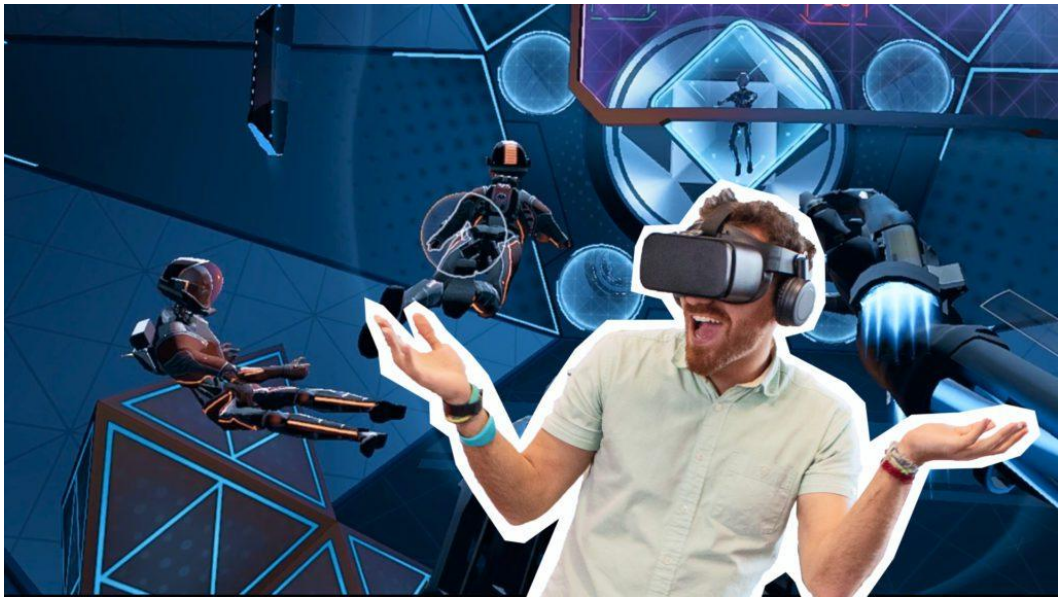
чка интелигенција, како што се користи во meeting ситуација, може да биде клучен фактор за поефикасна и самореферентна работна средина.

Етички стандарди наспроти скептицизам

Но, што ако се движиме кон чудна долина развивајќи и откривајќи се повеќе и повеќе работи? Скептицизам за технологија со вештачка интелигенција е опиплив во многу сектори на општеството. Во многу области, како што е гејмерска заедница, постои отвореност кон технологијата.

audEERING развива технологија за вештачка интелигенција според етички стандарди и со намера да креира вредност. Но, нема **ЕДНА придобивка** кон која би можеле да се стремиме. Препознавање на човечки вокални изрази значи создавање индивидуална интеракција. Тоа може да биде трик, достигнување за ефикасност во различни процеси, но и затворање на безбедносен јаз – препознавање нешто ни овозможува тоа да го скриеме.

Производите на **audEERING** совршено се вклопуваат: devAIce, entertAIn & AI SoundLab.



Аудио-софтверска платформа openSMILE на audEERING за анализа на говор

Од првото појавување во 2010 година, openSMILE стана неизмерно популарна алатка меѓу истражувачката заедница, компании и поединци поврзани со анализа на говор. audEERING верува дека истражувачите и ентузијастите треба да имаат слободен и неограничен пристап до основни алатки што им се потребни за нивната работа и да постигнат нов напредок во овие области. Поради оваа причина, audEERING продолжува да го развива и одржува openSMILE со додавање нови функции, поправка на грешки, подобрување на компатибилноста и додавање поддршка за нови платформи. Новата верзија openSMILE 3.0 продолжува да биде достапна под иста лиценца како и претходните верзии, т.е. бесплатно за истражувачи и поединци за некомерцијална употреба.

OpenSMILE (отворена интерпретација на говор и музика со екстракција на голем простор) (open-source Speech and Music Interpretation by Large-space Extraction) е комплетен пакет со алатки со отворен код за аудио- анализа, обработка и класификација, особено насочен кон апликации за говор и музика, на пример, автоматско препознавање на говор, идентификација на говорник, препознавање емоции или следење отчукувања на срце и откривање акорди.

Напишан е чисто во **C++**, има брза, ефикасна и флексибилна архитектура и работи на десктоп, мобилни и вградени платформи како Linux, Windows, macOS, Android, iOS и Raspberry Pi.

Почнувајќи од верзија 3.0, изворниот код, бинарните датотеки и документацијата на openSMILE се хостирани на **GitHub**. Обезбедува вградени бинарни датотеки за 64-битни Linux, Windows и OS X (генерирани со користење на стандардните знаменца за изградба, со исклучок на надворешни зависности како што се PortAudio или FFmpeg).

Софтверски пакет openSMILE Python

Python несомнено стана јазик што го избираат луѓе кои работат во простор за машинско учење и наука за податоци. openSMILE е самостојна апликација од командна линија. Ова значи дека луѓе кои имаат за цел да го интегрираат openSMILE во нивните текови за машинско учење базирани на Python мораа рачно да го повикаат извршниот SMILExtract во нивните скрипти и да пренесуваат податоци

напред-назад преку аудио, CSV или WEKA ARFF датотеки. Овој пристап честопати беше досаден за поставување, генерално склон кон грешки и на многу начини неефикасен. Новиот opensmile Python пакет обезбедува многу помоќен и поефикасен начин да се изврши екстракција на функции openSMILE од рамките на Python.

```
$ pip install opensmile
```

Не е потребна посебна инсталација на openSMILE.

Пакетот дефинира објектно-ориентиран Python API кој крие голем дел од внатрешната сложеност на openSMILE и враќа pandas DataFrame за погодност. Извлекувањето на основни акустични карактеристики ComParE 2016 на WAV-датотека станува едноставно како:

```
import opensmile

smile = opensmile.Smile(
feature_set=opensmile.FeatureSet.ComParE_2016,
feature_level=opensmile.FeatureLevel.Functionals,
)

# the result is a pandas.DataFrame containing the features
y = smile.process_file('audio.wav')
```

Наместо да се обработува влез од датотека, може да се пренесе и **numpy.ndarray** на необработени аудио податоци како влез:

```
# x is a numpy.ndarray containing the audio samples
y = smile.process_signal(x, sampling_rate=16000)
```

Покрај основниот сет на функции ComParE 2016, библиотеката има вградена поддршка за голем број други конфигурациски датотеки што се испорачуваат со openSMILE. Се разбира, исто така е можно да се наведе своја сопствена, прилагодена датотека за конфигурација.

Поддршка за iOS и ревидирана интеграција на Android

Во openSMILE 3.0, е додадена поддршка за iOS како втора поддржана мобилна платформа, покрај Android. Дистрибуцијата openSMILE вклучува два примерочни проекти за апликации за Android Studio и Xcode кои покажуваат како **openSMILE** може да се интегрира во мобилни апликации со помош на SMILEapi.



До каде е развојот на вештачка интелигенција?

Вештачката интелигенција станува емоционално интелигентна и денес се дискутира насекаде, во медиуми, индустрија, научни кругови. Но, каква е навистина моменталната состојба во индустријата?

Во повеќе делови од светот, границата меѓу луѓето и машините е сè пониска, поттикната од два тренда:

- **прво**, сеприсутно пресметување преку паметни телефони, уреди за носење, очила и импланти ;
- **второ**, автоматизација во домови и возила преку паметни звучници, меѓусебно поврзани домашни уреди и системи за забава.

Со огромниот раст на комуникацијата човек-машина, најприродна форма на комуникација што им се дава на луѓето, доаѓа во фокусот: **говорот**. Но, говорот е многу повеќе од зборови: **говорот е израз на душата** (ако ја има)! **Поголем дел од она што го изразуваме**:

- не е дефинирано со зборови што ги користиме, туку со начинот на кој ги кажуваме.

Како што еднаш се пофали еден актер: “**Можам да ја расплачам публиката само со рецитирање на азбуката**“!

Област на емоционална вештачка интелигенција

Емоционална вештачка интелигенција е релативно ново поле, но има огромно движење во областа. Поддржани од плејада новоразвиени компоненти со отворен код, модули, библиотеки и јазици за да се извлечат акустични карактеристики од аудио и да се внесат во рамки за машинско учење, секој разумно способен програмер сега може да состави прототип на емоција свесен за дијалог машина.

Покрај многу мали и средни претпријатија, сите големи компании како Amazon, Microsoft, IBM или Apple веќе имаат решенија за препознавање емоции од анализа на изрази и мимики на лице на пазарот, и сигурно имаат внатрешни случувања за препознавање од говор. Многу помали компании нудат услуги за откривање чувства (емоции) од текст, анализа на биосигнали и аудио анализа.

Апликации

Апликациите се повеќекратни: препознавањето емоции може да помогне при автоматизирано истражување на пазарот. Веќе многу компании нудат свои услуги за следење целни групи кои комуницираат со нов производ, додека објективно ја мерат нивната емоционална реакција.

Откривањето на стрес или замор може да помогне да се направи сообраќајот побезбеден, откривање интерес или здодевност за софтвер за е-учење, класификација на говорници може да помогне да се прилагодат автоматски дијалози кај луѓето. Сé повеќе се поле на интерес следните полиња: автоматско безбедносно набљудување, teaching software за професионални актери, продавачи и политичари.

Огромно поле дава и доменот на здравствена заштита и благосостојба: следење на емоционално изразување може да ни помогне да ги разбереме другите и себеси и да помогне во терапевтски третмани.

Но, постојат, како и секогаш во животот, опасности и недостатоци.

Како **прво**:

- што треба да прави систем за дијалог управуван од вештачка интелигенција со информации за емоционална состојба на корисник?

Симболичка вештачка интелигенција - да се моделира светот со експертски систем заснован на правила, до денес е успешна само на многу ограничени домени, истото важи и за системите што се засноваат на машинско учење: светот е премногу сложен отколку што може да се моделира со вештачка невронска мрежа или подржана векторска машина.

Но, треба да се запомни: **сè што може да се случи ќе се случи** на крајот и некои настани може да бидат ретки, но има навистина голем број од нив, така што светот е хаотичен по природа и ги избегнува моделите!

Ветувачки начин да се искористи најдоброто од двата света се техники за машинско учење базирани на **онтологија**.

Друго прашање за кое треба да бидеме свесни се **етички последици од технологија за откривање емоции**: постојат илјадници дефиниции за емоции, но повеќето вклучуваат дека:

- **емоционално изразување е нешто за што луѓето не се свесни**,
- **не можат директно да го контролираат**;
- **во многу случаи не сакаат да се рекламираат**.

Затоа, мораме да бидеме многу внимателни како ги користиме овие системи, ако не сакаме да одиме уште еден чекор во насока кон светот што го предвидел Џорџ Орвел.

Стапици

Технологија за свесност за емоции се заснова на машинско учење, што значи дека **е поттикната од податоци од човечки интеракции**. Постојат неколку компромиси за кои треба да се внимава: постапени или извлечени лабораториски податоци се со добар квалитет, но имаат многу ограничено значење за емоции во реалниот свет, кои тешко се собираат со оглед на проблеми со приватноста и, по

дефиниција, се полни со бучава и неочекувани настани. Постоечки бази на податоци силно се разликуваат во однос на акустични услови што го отежнува едноставното користење на сите нив за голем унифициран модел.

Но, ова се само првите прашања со кои би се соочил потенцијален инженер за откривање емоции - дополнително мешање на тимската игра на емоции, расположение и личност би ја збунило работата.

- Колку емоционални состојби има во даден момент?
- Ако има разлика меѓу половите, како тоа се одразува во нивните афективни изрази?

Оттука, прашањето е:

- Колку долго трае една емоција
- Како да се разделат податоците
- Како да се моделираат транзиции?

На светла страна

Повеќе од овие прашања не се ексклузивни за откривање емоции, туку се однесуваат на машинско учење воопшто и има многу идеи за нивно решавање со учење без надзор или полунадгледување, иновативни архитектури инспирирани од еволутивни модели или поткатегоризирање параметри за подобра генерализација.

Соочени со сите овие предизвици, најдобро е да започнеме мало истражување, да ги одржуваме нашите очекувања реални и да се држиме до ограничен домен дефиниран од сопствена апликација. Да учиме од податоци што ги произведува нашиот систем, да ги дефинираме нашите емоционални модели што ги одразуваат барањата со оглед на сценарио што го користиме.

Следно е да започнеме да го обучуваме системот со податоци собрани од друга апликација која е слична во однос на акустични услови и насочено емоционално изразување. Или да се започне со систем заснован на правила што работи за „пријателски корисници“ - во секој случај, секоја апликација треба да вклучи циклус за повратни информации за да се подобри со нив.

Колку можеме да бидеме добри?

Постојат голем број научни одредници кои работат во светот на истражувањето во текот на последната деценија кои би можеле да дадат проценка за точноста на системот: почнувајќи со Interspeech Emotion Challenge 2009 и продолжувајќи со првиот AudioVisual Emotion Challenge (AVEC 2011). Оттогаш, се случија седум годишни предизвици на AVEC, а серијата Interspeech повторно го разгледа препознавањето на емоционалниот говор во 2013 година. Нов Multimodal Emotion Challenge (MEC 2016 и 2017 година). Иако напредокот не е директно споредлив бидејќи се користеа претежно различни бази на податоци, може да се забележи дека:

- **прво**, основните бази на податоци еволуираа од лабораториски до пореални податоци собрани „во дивина“;
- **второ**, нови техники како што се софистицирани архитектури на вештачки невронски мрежи или зголемување на податоци води до постабилни резултати, а да не зборуваме за зголемување на компјутерската моќ од новопронајдена апликација на графички процесори.

Понатаму, може да се применат некои општи правила: со оглед на задачата за класификација, точноста очигледно зависи од бројот на класи и може да се очекува да биде околу двапати поголема од нивото на шанса (се однесува за податоци од „реалниот свет“, а не за лабораториски податоци - собрани од дизајнер на систем). Аспекти на емоционалното изразување кои директно влијаат на уред за производство на говор, како на пример ниво на возбуда, се многу полесно откриени отколку на пример валентноста, која е полесно да се открие од изрази на лице. Се разбира, спојувањето на резултати од различни модалитети помага, од кои некои може да се директно изведени од акустичен сигнал како анализа на текст или проценка на пулсот од флуктуации на гласот.

Заклучоци

Дали треба да користиме емоционална свест во нашиот систем? Во секој случај, да! Има уште многу да се научи и она што моментално се нарекува ве-

штачка интелигенција навистина не ја заслужува атрибуцијата „**интелигентна**“, но игнорирањето на огромното богатство на емоционално изразување во комуникација човек-машина никако не помага.

Треба да бидеме свесни за замките, да се избегнува да подигаме нереални очекувања и да бидеме сигурни дека ќе го направиме нашиот систем транспарентен за корисникот. **Само што започнавме со патување кое се надеваме дека нема крај и нема да стигнеме никаде ако не го направиме првиот чекор**.

Јасно е дека веќе има многу апликации во одредени домени кои имаат голема корист од афективна анализа (анализа на емоции).

Собирање податоци – користење компресиран звук со апликации за машинско учење

Собирање податоци е важно прашање во истражување за машинско учење. Ако го користиме YouTube како ресурс, дали навистина знаеме што добиваме? За таа цел, дали навистина знаеме што има во нашите аудио податоци?

Машинско учење значи да се познаваат нашите податоци

Во светот на машинско учење, ако сакаме прецизно да го оцениме нашиот модел, треба да бидеме интимно свесни за тоа што има во нашите аудио податоци. Без ова знаење не можеме да бидеме сигурни што навистина учи нашиот модел. Еве едноставен пример за тоа колку е важно да ги знаеме нашите податоци. Да речеме дека сакаме да обучиме модел да разликува снимка на виолина и снимка на виола. Сега, исто така, да кажеме дека во сите наши примери на виола, виолата започнува по една секунда, и во сите примероци на виолина, виолината започнува по 3 секунди. Тогаш нашиот модел може да ја идентификува почетната точка на звукот како најголема разлика помеѓу нашите класи на виолина и виола. Очигледно користењето на овој модел во реален свет воопшто нема да функционира. Затоа е важно да ги знаеме нашите податоци.

Има многу аспекти што треба да се земат предвид кога станува збор за разбирање на она што е во нашите аудио податоци.

Свет на аналитика на глас и музика

За содржина на апликација за гласовна аналитика од YouTube, поткасти или кој било онлајн извор, може да обезбедат обука од реалниот свет и тест примероци од вистински луѓе во реална ситуација, со навистина лоши микрофони/услови за снимање. Постои потенцијално бескрајно снабдување со содржина на интернет, но оваа содржина е кодирана со различни кодови и на различни нивоа на квалитет. Ако сакаме да ја искористиме оваа понуда на податоци, треба да знаеме што прават кодовите со оригиналниот аудио- сигнал. Мора да размислиме како аудио сигналот е деградиран и какви се импликациите за нашиот модел. Само тогаш можеме правилно да ги толкуваме резултатите од обуката и валидација на наши алгоритми за машинско учење.

Машки глас наспроти женски глас

Пример: сценарио со кое може да се сретне научник за податоци. Да замислам дека го тестирам мојот машки глас наспроти женски класификатор на гласови на видеа на TedTalk извадени од YouTube и тој не успева правилно да го класифицира говорникот. Дали не успева затоа што моделот досега не слушнал глас како овој? Или затоа што кодираните аудио- податоци го истакнаа фактот дека нашиот модел не е робустен на артефакти за аудио кодирање (деградација на оригинален аудио сигнал)? За да го најдеме одговорот, треба да ги знаеме нашите податоци.

Податоците можат да ни го дадат одговорот

Што кодовите му прават на нашиот оригинален аудио сигнал во контекст на машинско учење од аудио- функции:

Кога звукот е кодиран со енкодер со загуби како MP3, AAC, Opus, тогаш нешто е изгубено. Делови од сигналот се сметаат за неважни за човек - слушател и се отфрлени. Еве една аналогија од реалниот свет: да замислиме дека некој ни зборува преку дебело стакло, тогаш неговиот глас ќе звучи досадно, не толку „јасно, чисто“. Тоа е затоа што повисоките фреквенции се рефлектираат од стаклото и не доаѓаат до нашите уши. И покрај досадниот глас, сè уште можеме да разбереме што е кажано. Истото може да се случи со кодирање со **ниска брзина на податоци** (low data rate) што се користи за да се постигне поголема компресија

на податоци , горните фреквенции се сметаат за неважни за говорот да биде разбирлив и затоа едноставно се отфрлаат за да се зачуваат податоците. Но, нешто се додава и во нашата кодирана содржина.

Аналогија од реален свет

Кога користиме наш телефон на јавно место исполнето со пешаци, бучавата околу нас се додава на нашиот телефонски повик. Кога користиме енкодер со загуби како MP3, AAC или Opus, шумот се додава на нашиот сигнал (овој шум се нарекува **квантизациски шум** и доаѓа поради намалување на резолуцијата на нашите аудио- податоци). Ист ефект на шум на квантизација може лесно да се види кај компресирани слики каде сѐ повеќе се намалува резолуцијата. За среќа, кодовите се паметни и даваат сé од себе за да ја сокријат бучавата од нас луѓето, но тоа не е скриено од нашите алгоритми за машинско учење. Прелиминарно тестирање покажува дека множествата на функции openSMILE се робусни на изобличувања на трите главни кодови што се користат денес, како: MP3, AAC и Opus (од средно до високо ниво на квалитет).

Современите параметарски системи за кодирање како Extended High Efficiency-AAC, (xHE-AAC) сѐ уште не ја постигнале сеприсутноста на MP3 и AAC кодирањата, но тие се на пат да го сторат тоа. Ефикасноста на кодирање на xHE-AAC далеку ги надминува постоечките кодирања, особено при пониски стапки на податоци што може да изгледаат привлечни за собирање податоци. Меѓутоа, овој тип на кодирање не само што додава шум на квантизација, туку и отфрла големи делови од оригиналниот сигнал со надеж дека повторно ќе го создаде она што е отфрлено од само неколку параметри. Накратко, кога средната и горната спектрална содржина се пресоздаваат, наменета само да личи на оригиналната содржина, таа има за цел да даде сличен впечаток „како бучава“ или „хармонија“ за слушателот. Друго име за овој тип на кодирање е „зачувување на небранова форма“, што значи дека по декодирање на бранова форма, навистина спектралната содржина радикално се променува. Повторно, овие кодирања се паметни, при што декодираниот излез ќе ни звучи прифатливо, но нашите алгоритми за машинско

учење ќе ја видат разликата. Произведените артефакти ќе имаат значително влијание врз карактеристиките што ги извлекуваме за машинско учење.

Три (3) начини за подобрување на квалитетот на нашата класификација

Кога го тестираме нашиот модел со кодиран аудио сигнал, постојат 3 начини да го подобриме квалитетот на нашата класификација:

1. Да ја вратиме оригиналната аудио- содржина (De-noise).
2. Да дизајнираме или да избереме карактеристики кои се по робусни за деградиран звук.
3. Да се зголеми обука на податоци со деградирано аудио.

Ако ја избереме опција ПРВА: Компании во просторот на дигитални аудио кодирања потрошија години развивајќи ги овие кодирања со цел да постигнат најдобар квалитет. Тоа значи дека тие веќе направија сé за да вратат што е можно повеќе од компресираните податоци или барем да звучат поразлично од оригинално аудио (и ова е дел од нашиот проблем).

Ако ја избереме опција ДВА, тогаш... сме на вистинскиот пат. Во зависност од задачата, можеме да изградиме интуиција за карактеристики што треба и не треба да ги избереме, односно ако ги знаеме нашите податоци.

На пример, знаеме дека **висината на гласот** е важна карактеристика за класификација на машки глас наспроти женски глас. Затоа, би било добра идеја да бидеме сигурни дека нашиот **проценувач на висина** (pitch estimator) е стабилен за кодирања со кои работиме. Исто така, знаеме дека со пониски стапки на квалитет, кодирањата **отсекуваат дел од пропусниот опсег на сигналот**, правејќи го да звучи досадно. Значи, лоша карактеристика за избор би била секоја карактеристика поврзана со енергија или облик на горните фреквенции.

Ако ја избреме опција ТРИ, тогаш добро е направено. Но, ако ги избереме 2 и 3, тогаш е **супер добро**, бидејќи комбинација од двете ќе му помогне на нашиот модел да се генерализира на невидени податоци. **Зголемување на**

податоци (Data augmentation) е добро позната практика во машинско учење. Можеме едноставно да ја третираме кодираната верзија на нашите аудио податоци како зголемување на податоци, како што би сакале со додавање на сообраќајна бучава или симулирање на ехо во просторија на чист говор. На пример, зголемување на нашите податоци за обука со само неколку различни нивоа на квалитет на Opus, ќе ја подобриме класификацијата на сите примероци за тестирање на Opus. Користејќи ги основните множества на функции на openSMILE, повеќе тестови покажаа дека додавањето верзии со кодирани Opus со среден и висок квалитет во нашиот сет за обука, значително ја подобрува точноста на класификација за (невидени) ниски квалитетни верзии со кодирани Opus. Ова значи дека моделот надополнет со кодирана содржина ќе се генерализира на друга невидена кодирана содржина (од исти код).

Накратко, може да се чувствуваме сигурно кога користиме кодирана содржина во алгоритми за машинско учење, ако користиме висококвалитетно, непараметриско кодирање, и да бидеме сигурни дека ги зголемуваме нашите податоци за обука.

4. Емоционални пресметувања во виртуелни средини

Во пролетта 2016 година, **Oculus Rift** беше пуштен во продажба како производ за широка потрошувачка. Може да го ставиме и едноставно да се телепортира во виртуелно царство. Оттогаш е зајакнат со повеќе функции, помагајќи им на корисниците да се чувствуваат уште повеќе нурнати во животната средина.

Може да се користат пакети на допир (Touch Bundles) за да се комуницира со животната средина, повратни информации за хаптици (haptic feedback) напредуваат секој месец, а нови гаџети (gadgets) ни помагаат да се вклучиме со повеќе сетила.

Интеракцијата е клучна во виртуелни средини

Еден од основните фактори за да се постигне поголемо присуство и потонување во виртуелни средини е интеракцијата. Колку е поголема одзивноста на околината, толку е поголемо чувството на присуство во таа средина.

За таа цел, научниците се обидоа да вклучат повеќе сетила од појавата на виртуелната реалност. Сепак, поголемиот дел од овие напори се фокусирани на излез од системот и влез за корисникот. 3D аудио и Haptic Vests и ракавици со повисок визуелен квалитет.

Афективни (емоционални) пресметувања како влез во виртуелна реалност

Ова е помалку истражувана област.



Пример: На испитаник се ставаат VR очила Oculus Rift. Со нив тој може да шета низ шума. Тој гледа наоколу и почнува да ја истражува околината слична на Аватар. Некои животни (суштества) почнуваат внимателно да го демнат. Испитаникот почнува внимателно да ги гледа. Тој се возбудува од нивната мека и сјајна кожа. Неговата возбуда се открива преку неговиот глас, а процесот на вештачка интелигенција покажува дека тој доживува повисоко ниво на возбуда. Оваа информација се инкорпорира во виртуелната реалност (играта).

Како што малите блескави суштества дознаваат дека тој е возбуден што ги гледа, а не се плаши или се заканува, тие почнуваат да му се приближуваат. Оваа возбуда позитивно влијае на лупата за повратни информации (feedback loop) и испитаникот почнува да ги допира и да ги гали, како што ја гали сопствената мачка.

Емоциите се наше најдлабоко ниво на комуникација

Испитаникот никогаш претходно не доживеал ваква виртуелна животна средина. Тој не само што може да ги види животните, туку и преку емоции се поврзува со нив. Тоа е најдлабоко ниво на поврзување што може да го воспостави.

Техничка страна: што се случува во позадина

Ова ниво на поврзување и интеракција е доволно моќно да воодушеви секој корисник.

Виртуелна средина е играна средина изградена со помош на Unity или кој било друг мотор за игри. Излезот едноставно се пренесува на Oculus Rift за да може корисникот да има визуелен излез од прво лице. Слушалки за поништување на шум во уво (Jabra Elite) и помагаат да го слушне амбиент на шума и секој мал звук што тие слатки суштества го испуштаат. Тие исто така можат да го снимаат гласот на клиентот и да го пренесат на компјутер преку Bluetooth. Гласот се обработува со помош на приклучок Unity за откривање емоции. Излезот на овој приклучок е JSON објект кој содржи резултати и нивна веројатност за сите емоции што можеме да ги доживееме.

И, конечно, изјавата **if** ја проверува и менува околината врз основа на влезни емоции.

Ова не е сон, ниту научно-фантастичен филм. Тоа е едноставно моментална состојба на достапни технологии. Сосема е возможно во денешно време со користење на аудио инженеринг и технологија за машинско учење, како и алатки што се обезбедуваат на заедницата.

Гласот носи многу повеќе од само она што го кажуваме

Обично забораваме колку информации носи нашиот глас. Секоја реченица што ја кажуваме и секој звук што го произведуваме е конечен резултат на она што

го доживуваме внатре. Можеме да откриеме емоции и да ги користиме за многу добри цели.

Поврзување преку емоции е старо речиси колку и самата човечка еволуција. Тоа е поврзано во нашиот мозок и нема да се промени. Извлекување (екстракција) – анализа на глас, е неинвазивно и природно, а резултатите и точноста на препознавање на емоции се доволно прифатливи за да се користат во производи за широка потрошувачка.

Дигитална терапија за неврорехабилитација и управување со ментално здравје

Мултисензорска интеграција

Мултисензорска интеграција, позната и како мултимодална интеграција, истражува како информации од различните сетилни модалитети, како што се вид, звук, допир, мирис и вкус, може да се интегрираат во мозочен систем. Исто така, се занимава со тоа како различни сензорни модалитети комуницираат еден со друг и ја менуваат меѓусебната обработка.

Мулти-сензорната интеграција е централна за адаптивно однесување и се користи многу години во процес на рехабилитација и терапија за деца и лица со проблеми со сензорна обработка, изложувајќи ги на сензорна симулација на структуриран, повторувачки начин. Генерално, мултисензорна интеграција **ги подобрува КОГНИТИВНИТЕ И ИЗВРШНИТЕ ФУНКЦИИ НА МОЗОКОТ.**

КОИ СЕ КОГНИТИВНИ ФУНКЦИИ НА МОЗОКОТ?

Когнитивни и извршни функции на мозокот се:

- ментални процеси кои ни овозможуваат да **планираме;**
- да го **фокусираме вниманието**;
- да **запомниме инструкции;**
- успешно да **извршуваме повеќе задачи**.

На мозокот му е потребна оваа вештина за да ги филтрира одвлекувањата, да реализира задачи, да поставува и постигнува цели, а исто така да контролира импулси.

Овие вештини се клучни за учење и развој. Тие исто така овозможуваат **позитивно однесување** и ни овозможуваат **да направиме здрав избор за себе** и за нашето семејство. Кога децата и луѓето имаат можности да ги развијат и подобрат овие вештини, поединци и општеството во целина доживуваат доживотни придобивки.

Когнитивните и извршните функции на мозокот може да се подобрат со користење на протоколи за привлекување мозочни бранови (brainwave) и аудио-визуелно стимулирање.

Привлекување на мозочни бранови, исто така познато како **синхронизација на мозочни бранови** и **невронско привлекување**, се однесува на капацитетот на мозокот природно да синхронизира фреквенции на мозочни бранови со ритам на периодични надворешни стимули, најчесто аудитивни и визуелни.

Моделите на невронско палење, измерени во Hz, кореспондираат со состојби на специфична невронска активност како што се:

- "Суспендирана анимација" ("Suspended animation") (0.1 – 1 Hz) (**EPSILON**).;
- Длабоко спиење (Deep sleep) (1-4 Hz) (**DELTA**);
- Луцидно сонување (Lucid dreaming) (4-6 Hz) (**THETA**);
- Хипнотизирачка состојба (Hypnotic state) (6-8 Hz) (**THETA**);
- Будна медитација (Wakefull meditation) (8-10 Hz) (**ALPHA**);
- Креативна работа (Creative work) (10-12 Hz) (**ALPHA**);
- Вежбање, физичка активност (Exercising) (12-16 Hz) (**SMR**);
- Фокусирано учење (Focused learning) (16-24 Hz) (**BETA**);
- Највисоко ниво на концентрација (Peak state of concetration) (24-36 Hz) (**HI BETA**);
- Решавање проблеми (Problem solving) (36-100 Hz) (**GAMMA**);
- „Синхронизација" („Synchronization") (100-200 Hz) (**LAMBDA**).

Аудио-визуелно стимулирање користи флешеви (трепкања) на светла (flashes od lights) и пулсирања на тонови (pulses of tones) за да го води мозокот во различни состојби на активност на мозочни бранови.

Аудио- привлекувањето може да се постигне со комбинирање:

- Конструктивна/деструктивна бранова интерференција (Constructive/Destructive Wave Interference);
- Бинарни отчукувања и изохронични тонови (Binarual Beats & Isochronic Tones);
- Аудио шум (Audio Noise);
- Вгнездени хармонични фреквенции (Nested Harmonic Frequencies).

Визуелно привлекување може да се постигне со комбинирање:

- Аналогни бои (Analogous Colors);
- Дополнителни, комплементарни бои (Complementary Colors);
- Видео шум (Video Noise);
- Фрактали/мандали (Fractals / Mandalas).

Комбинацијата на која било од горенаведените подмножества модалитети дава различни ефекти и резултати, кои се предмет на научни истражувања.

Виртуелно истражувачко тестирање (**VRT- Virtual Research Trial**), исто така наречено **далечинско** или **децентрализирано истражување**, е релативно-нов метод за спроведување на истражувачки студии со целосно искористување на технологии како што се:

- паметна технологија (smart tech);
- апликации;
- уреди за електронско следење;
- веб-платформи за онлајн ангажирање.

Селектирани услови и целни групи на испитаници за виртуелно истражување:

- **Аутизам (Autism**/ **ADD** / **ADHD**) (деца од 6-14 години);
- **Учење** / **Меморирање** / **Когнитивни перформанси** (млади од 14-26 години);

- **Анксиозност** / **Stress Management (управување со стрес)** (лица од 26-50 години).
- **Dementia** / **Alzheimer** (лица со 60+ години);
- **Перформанси на спортисти;**
- **Зависници на алкохол и други супстанци.**

Наместо да се натераат пациенти и испитаници да присуствуваат на клинички испитувања, компаниите и организациите сега се обидуваат да ги пренесат испитувањата до пациентите преку користење на дигитална технологија.

Потенцијалот на VRT (виртуелно истражувачко тестирање) доведе до значителна промена во начинот на кој се спроведува клиничко истражување преку целосно искористување на дигитални технологии, за доброто на пациентите и на крајните корисници.

Компоненти кои овозможуваат VRT истражување:

- Cloud based data collection (база на податоци базирана на облак);
- Telehealth (Telerehabilitation) applications (апликации за далечинско здравје и далечинска рехабилитација);
- Апликации за континуирано следење;
- Користење уреди кои се носат за континуирано собирање податоци;
- Пациентите електронски ги пријавуваат резултатите;
- Patient or authority eConsent (Авторитативна е-согласност).

Во пандемиска ситуација во светот, виртуелни истражувања се препорачуваат особено кај целни групи со висок ризик.

Придобивки од виртуелно истражување

- Accesibility (пристапност);
- Cost effective (рентабилност);
- Incresed patient enroiment (Зголемено запишување на пациенти);
- Reduced patient dropouts (Намалено осипување на пациенти);
- Personalized approach (Персонализиран пристап);
- Real-time data collected (Собирање податоци во реално време).

Не само што го елиминираат времето на патување до места за тестирање, туку обезбедуваат побезбеден и поудобен простор (дом на пациент) во кој може да се лекува. На пациенти со проблеми со мобилност, исто така, им се овозможува поголем пристап до испитувања кога се виртуелни.

Без разлика дали пациентите се неподвижни или не, виртуелните испитувања им овозможуваат да ја користат удобноста на нивните домови.

Виртуелен далечински мониторинг се врши со користење на **qEEG / Bio-Neuro-Feedback** хардвер и софтвер кој обезбедува преглед во реално време на активноста на мозочни бранови за време на сесии/протоколи, а најефективна комбинација AVE (аудио-визуелно стимулирање) се реализира со математички алгоритам вграден во дигитална терапија - **DTx** (Digital Therapeutics).

Клиенти кои користат далечинска дигитална терапија имаат можност за персонализација (да изберат стимули што ги претпочитаат) – добиваат **протокол за индивидуална рехабилитација** (**IRP - Individual Rehabilitation Protocol**).

Цели на студијата, терцијарно

Интеграција на SMART, HCI & BCI технологија обработена од ML (Machine Learning) за компајлирање, оптимизирање и персонализирање на корисничкото искуство.

Паметна технологија (SMART Technology)

- Watch / Bracelet (**часовник / нараквица**).

HCI (**Human-Computer Interaction**) Technology (интеракција човек – компјутер)

- HRV сензори;
- TEMP сензори;
- EMG сензори;
- ECG сензори.

BCI (Brain-Computer Interface) Technology (интеракција мозок – компјутер)

- HEG – хемо-елетрографија (Hemo-EncephaloGraphy).

- FNIRs – функционална блиска-инфрацрвена спектроскопија (Functional NearInfraRed Spectroscopy);
- EEG - електроенцефалографија (ElectroEncephaloGraphy).

Развој на виртуелен асистент на вештачка интелигенција (**AI Virtual Assistant**) за персонализација на протоколи и сесии.

РЕШЕНИЈА, CLOUD COMPUTING & SaMD

Cloud computing е достапност на барање на ресурси на компјутерскиот систем, особено **складирањето на податоци** (**облак складирање**) и компјутерска моќ, без директно активно управување од страна на корисникот.

Инфраструктурата како услуга (**IaaS**- Infrastructure as a service) е форма на cloud computing што обезбедува **виртуелизирани компјутерски ресурси преку интернет**.

Платформа како услуга (**PaaS** - Platform as a Service) е комплетна облак средина која вклучува сè што им е потребно на програмерите за да изградат, стартуваат и управуваат со апликации, од сервери и оперативни системи до сите мрежи, складирање, среден софтвер, алатки и многу повеќе.

Софтвер како услуга (**SaaS -** Software as a Service) е модел за лиценцирање и испорака на софтвер во кој софтверот е лиценциран на основа на претплата и е централно хостиран. SaaS е исто така познат како софтвер по барање, веб-базиран софтвер или веб-хостиран софтвер.

- **SaaS** што се користи за превенција, третман и управување со медицински состојби се нарекува **Софтвер како медицински уред** (Software as Medical Device - **SaMD**).

Аудио – визуелно стимулирање на мозочни активности

Историски развој

Клиничките извештаи за стимулација на треперење се појавуваат уште во почетокот на модерната медицина. На крајот на 20 век, Пјер Жанет, во болницата Салпетриер во Франција, известил дека кога ги насочил своите пациенти да погле-

днат во треперливата светлина произведена од тркало што се врти пред керозин фенер, ефектот ја намалил нивната депресија, напнатост и хистерија, (Пиерон, 1982). Потоа, во 1934 година, Адријан и Метјуз ги објавија своите резултати кои покажаа дека алфа ритамот може да се „вози“ над и под природната фреквенција со фототична стимулација (Adrian & Matthews, 1934). Ова откритие дополнително пропагираше многу мали физиолошки исходни студии за „следен одговор на треперење“, електричен одговор на стимулација на мозок (Бартли, 1934, 1937; Дуруп и Фесард, 1935; Џаспер, 1936; Голдман, Сегал и Сегалис, 1938; Јунг, 1939; Томан, 1941 година).

Конечно во 1956 година, В. Греј Волтер објави први резултати на илјадници испитаници споредувајќи ја стимулацијата на треперење со субјективни емоционални чувства што ги произведува. И конечно, во доцните педесетти, како резултат на работата на Крогер со американската војска во комбинација со електронското знаење на Сидни Шнајдер, првиот светски електронски клинички фото-стимулатор, беше создаден „синхронизатор на мозочни бранови“. Се состои од интензивна ксенонска светлина со ротирачко копче кое може да се постави на фреквенции на стандардни четири ритами на мозочни бранови. Имаше моќни хипнотички квалитети и наскоро беа објавени студии за хипнотичка индукција.

Како што се подобруваше опремата за EEG, така се зголемуваше и обновениот интерес за електричен одговор на мозокот на фототичка стимулација и голем број студии беа реализирани, (Барлоу, 1960; Ван дер Твел, 1965; Кини, 1973; Таунсенд, 1973; Донкер, 1978; Фредерик , 1999). Студии за евоцирани потенцијали од аудитивна стимулација, исто така, генерираа интерес, иако не до степен на студии кои вклучуваат фототична стимулација (Chatrian, 1959).

Студии кои вклучуваат хипнотичка индукција, (Kroger & Schneider, 1959; Lewerenz, 1963) како и хипноза што се користи за да се зголеми анестезија за време на операција, (Sadove, 1963) и да се намали болката, да се контролира оперативен процес и да се забрза заздравувањето, (Margolos).

Во 1984 година, Comptronic Devices Limited (сегашното име “Mind Alive Inc“) издаде “Дигитален аудио-визуелен уред за интеграција“ (DAVID 1), кој се користи за хипнотичка индукција и за смирување на анксиозноста и намалување на страв

од сцена кај студенти по изведувачки уметности на Универзитетот во Алберта. Пазар на “светлина и звук“ (L&S), како што беше познат во тоа време, беше во повој и главно престојуваше во ненаучниот сектор„нова ера“. Сепак, во време на Адријан и Метјуз, беа објавени значителен број студии за L&S.

Клинички решенија

Денес постојат многу клинички студии за AVE, кои опфаќаат болка (Twittey & Siever, 1998) и фибромијалгија (Berg, et. al., 1999), сезонско афективно нарушување (Siever, 2004), нарушувања на вниманието (Carter & Russell, 1993; Budzynski Танг, 1998; Џојс, 2001). Друга студија покажа дека третманот со AVE е поефикасен од психостимулативните лекови како Риталин и Адерал (Micheletti, 1998). И уште една студија покажа дека AVE што се користи за лекување на 10 деца со недостаток на внимание во исто време е поефикасна (TOVA резултати) од шест водечки неврофидбек студии (Joyce & Siever, 2000). Се покажа дека **AVE** (аудио-визуелен опфат) предизвикува изразени когнитивни подобрувања кај постари лица со когнитивен пад поврзан со возраста (Budzynski, 2002) и намален пад кај постарите лица (Berg & Siever, 2004). Напнатост на вилица и деградација на зглоб и неговата 'рскавица, поформално позната како темпоро-мандибуларна дисфункција (TMD често е директен физиолошки исход како одговор на стрес (Yemm, 1969). Се покажа дека AVE директно ги намалува симптомите на TMD (Manns, et. al., 1981; Thomas & Siever, 1988). Исто така, се покажа дека AVE ја намалува напнатоста на вилицата (Siever, 1992), болката во вилицата и анксиозноста на пациентот за време на стоматолошките процедури (Morse & Chow, 1993). Се покажа дека AVE ја намалува и елиминира мигренозната главоболка (Андерсон, 1989). Субделта AVE се покажа дека ја намалува хипертензијата (Berg & Siever, 2001).

Физиологија на аудио-визуелен опфат

Сите сензорни информации, освен оние за мирис, мора да поминат низ **таламусот** за да добијат пристап до други мозочни региони. По дефиниција, привлекување се случува кога EEG рефлектира фреквенција на мозочни бранови на стимули (со тоа се зголемува двојно), било да е тоа аудио или визуелно, кое лицето го доживува. За да дојде до внесување, мора да бидат присутни постојани,

повторувачки стимули со соодветна фреквенција и доволна сила за „возбудување“ на таламусот. Таламусот потоа ги пренесува дразбите на сензорно-моторната лента, кортексот и придружни области на обработка како што се **визуелниот** и **аудитивниот кортекс**. На пример, индуцирана визуелна стимулација патува од мрежницата на двете очи надолу по оптичкиот нерв, преку оптичката хијазма (optic chiasm) и во страничниот геникулат на двата талами. Оттука, аудитивните и визуелните сигнали се пренесуваат на лимбичките (емоционални) структури, визуелниот кортекс и церебралните кортекси преку кортикалната таламична јамка.

AVE ги постигнува своите ефекти преку неколку механизми одеднаш.

Тие вклучуваат:

1. Дисоцијација / хипнотичка индукција;
2. Зголемена концентрација на невротрансмитери;
3. Можен зголемен дендритски раст;
4. Променет церебрален проток на крв;
5. Изменета активност на EEG.

Дисоцијација

Дисоцијација настанува кога медитираме, вежбаме, читаме добра книга, гледаме филм или уживаме во спортски настан. Се вовлекуваме во сегашниот момент и ги испуштаме сите мисли кои се однесуваат на нашите секојдневни проблеми, бурни распореди, плаќање ќирија, градска врева, грижи, закани, нервози и нездраво ментално брборење. **Дисоцијација**, во смисла на AVE, е „**исклучување**“ на себе од **мисли** и **соматска свест** како што се доживува за време на длабоката медитација. Како што настанува дисоцијација (4-8 минути) од правилно нанесен AVE, се јавува ефект на **рестабилизација** каде што мускулите се релаксираат, електродермалната активност се смирува, периферниот проток на крв се стабили-зира (температурата на раката се нормализира на 32-33 C, а дишењето станува дијафрагматско и бавно и стапката на чукање на срцето е

рамномерна и мазна). **AVE** е **повеќе дисоцирачки** од други техники како што се **зјапање во точки** и **ли-шување на стимул** (stimulus Deprivation). Се покажа дека само визуелно внесу-вање, во долниот опсег на алфа фреквенција (7-10 Hz) ги предизвикува 80% од испитаниците во **хипнотички транс** во рок од **шест** минути. Дополнителни студии покажаа дека **AVE обезбедува одличен медиум за постигнување на изменета состојба на свест** (Glickson, 1987).

Невротрансмитери

Луѓето кои се под **долготрајна анксиозност** на крајот развиваат **хипоадреналис** (hypoadrenalis) или **адреналински замор** (adrenal fatigue) додека се лизгаат во **депресија** и **летаргија**. Оваа депресивна, летаргична состојба е во голема корелација со губење на **серотонин** и **норепинефрин**. По **10 Hz**, **фотична стимулација на бела светлина** (white light Photic stimulation), нивоите на **серотонин**, **ендорфин** и **мелатонин** во крвниот серум значително се зголемуваат (Shealy, et. al 1989). Други студии покажаа нагло намалување на депресијата, анксиозноста и/или идеи за самоубиство (Gaggnon & Boersma, 1992; Berg & Siever, 2004).

Дендритски раст

Постојат докази дека **стимулирањето на неврони со блага електрична стимулација** го промовира растот на **дендрити** и **синапси** на дендритското вратило во клетките што се стимулираат (Beardsley, 1999; Lee, Schottler, Oliver, & Lynch, 1980). Сепак, сè уште не постојат студии за влијанието на AVE на дендритичниот раст, иако се сомнева дека многу луѓе со **аутизам**, **парализа**, **мозочен удар** и **аневризма** (Russell, 1996), **имаат повратено значајна моторна и когнитивна функција по програма за третман на AVE**.

Церебрален проток на крв и метаболизам

Снимање SPECT и FMRI покажува дека **хипоперфузија на CBF** е поврзана со многу форми на ментални нарушувања, вклучувајќи анксиозност, депресија, нарушувања на внимание и однесување и нарушена когнитивна функција. **AVE го зголемува метаболизмот на гликоза во мозокот** севкупно за 5% и драматично

го зголемува CBF во стриите на кортексот, достигнувајќи врв (28%) за време на AVE на **7,8 Hz**., што се совпаѓа со **Шуманова резонанца**, фреквенцијата на ширење на електромагнетно зрачење околу Земјата (Fox & Raichle, 1985). Дополнително, се покажа дека AVE ја зголемува **CBF** низ разни други мозочни региони вклучувајќи ги и фронталните области (Mentis, et. al., 1997; Sappey-Marinier, et. al, 1992).

Променета активност на EEG

AVE првенствено се покажува фронтално, преку сензорно-моторната лента и во париеталните (соматосензорни) региони. Токму во овие области се одвива **извршното размислување и сензорна свест** (executive thinking and sensory awareness), поради што **AVE е добро за лекување на толку широк спектар на нарушувања**. Се покажа дека AVE на **18,5 Hz** произведува драматично зголемување на амплитудата на EEG на vertex (CZ), каде што беше откриено дека очите се затворени 18,5 Hz. Фотичното внесување ја зголеми активноста на EEG од 18,5 Hz за 49%, а аудитивниот запис со затворени очи ја зголеми активноста на EEG од 18,5 Hz за 21%.

Заклучок

Како заклучок, AVE брзо и ефикасно ги релаксира луѓето од високо sympathetic активирање и трауматски состојби на умот, што доведува до враќање на **хомеостазата**. **AVE може да се користи со хипнотички предлози на касета/CD или во живо преку микрофон**. Во исто време, AVE има силно влијание врз стабилизација и нормализација на мозокот/умот преку зголемен церебрален проток на крв, невротрансмитери и подобрена активност на EEG. **На крајот од сесија AVE, корисникот може да сфати дека никогаш не се чувствувал толку опуштено и ментално остро со години, можеби не уште од детството**.

5. Користење биосензорски систем за анализа на израз на лице

Емоциите се суштина на човечкиот вид - на она што нè прави луѓе. Тие влијаат на нашите дневни активности, нашите социјални интеракции и комуникации,

нашето внимание, перцепција и меморија. Еден од најсилните и најзначајни показатели за емоциите е нашето лице. Додека се смееме или плачеме, ги покажуваме нашите емоции, овозможувајќи им на другите да sирнат во нашите умови додека го „читаат“ нашето лице засновано на промени во клучните карактеристики на лицето како што се очи, веѓи, капаци, ноздри и усни.

Анализата на израз на лице базирана на компјутер (со користење на биосензорски систем) прилично импресивно ги покажува, снима и анализира нашите непристрасни емоции, бидејќи снима сурови, нефилтрирани емоционални одговори кон кој било вид на емоционално привлечна содржина, иницирана или предизвикана од соодветен екрански стимул или состојба од реалниот свет.

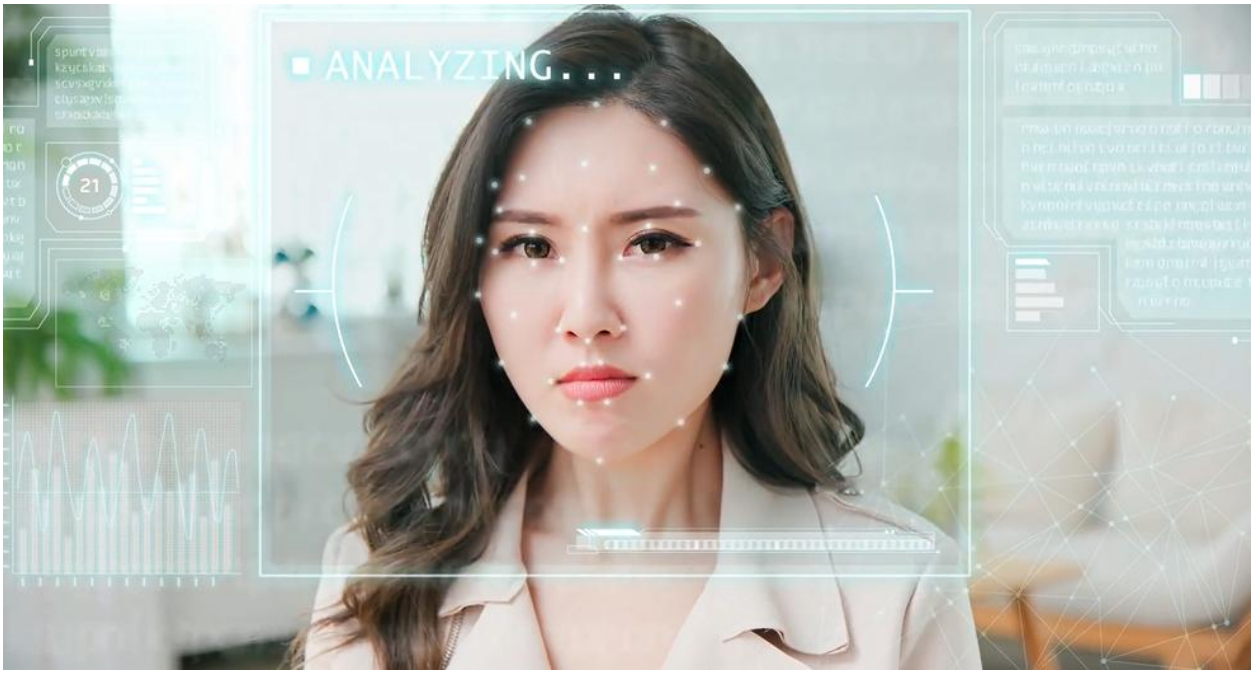
Што се изрази на лице?

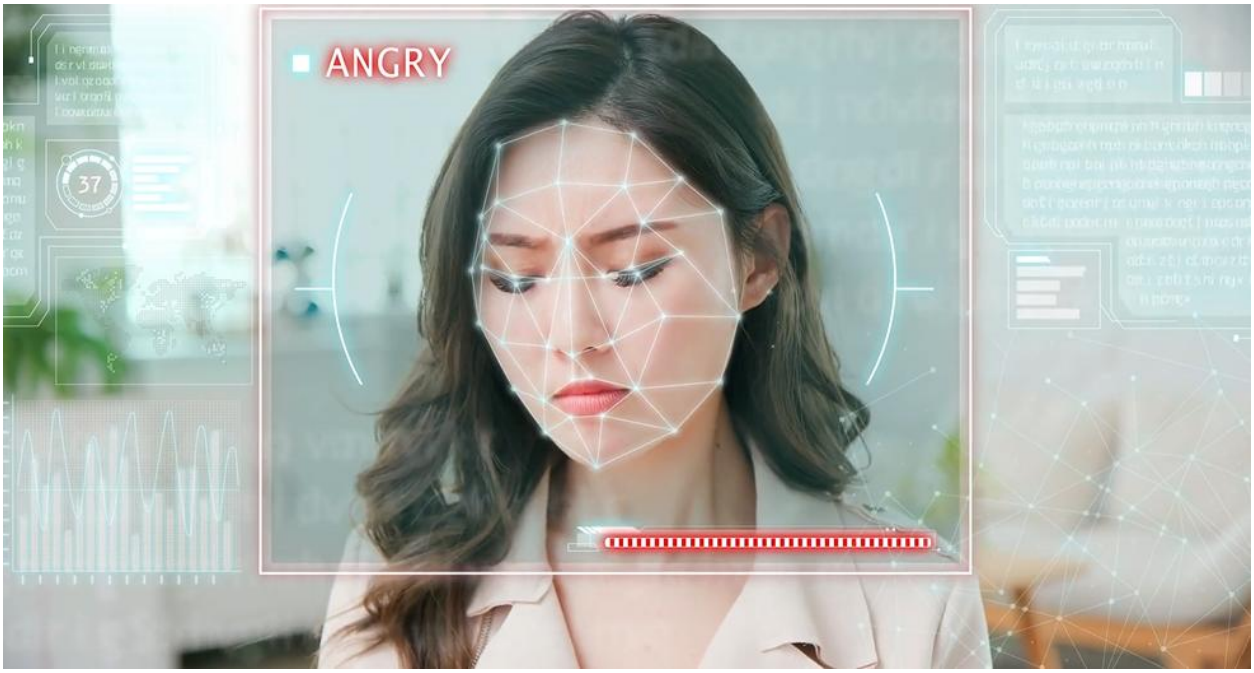
Нашето лице е сложен систем, високодиференциран дел од нашето тело - тоа е еден од најкомплексните сигнални системи во човечкиот организам. Вклучува повеќе од 40 структурирани и функционално автономни мускули, од кои секој мускул може да се активира независно од кој било друг мускул.

Мускулниот систем на лицето е единственото место во нашето тело каде мускулите се прикачени на коска и ткиво на лицето (другите мускули во човечкото тело се поврзуваат со две коски), или само на ткивото на лицето, како што се мускулите што ги опкружуваат очите или усните. Очигледно, активноста на мускулите на лицето кај човекот е високоспецијализирана специјализирана за изразување и прикажување на емоционални реакции.

На следните слики е покажано како се мери емоционална реакција на лице на испитаник со помош на биосензорски систем за анализа на израз на лице.

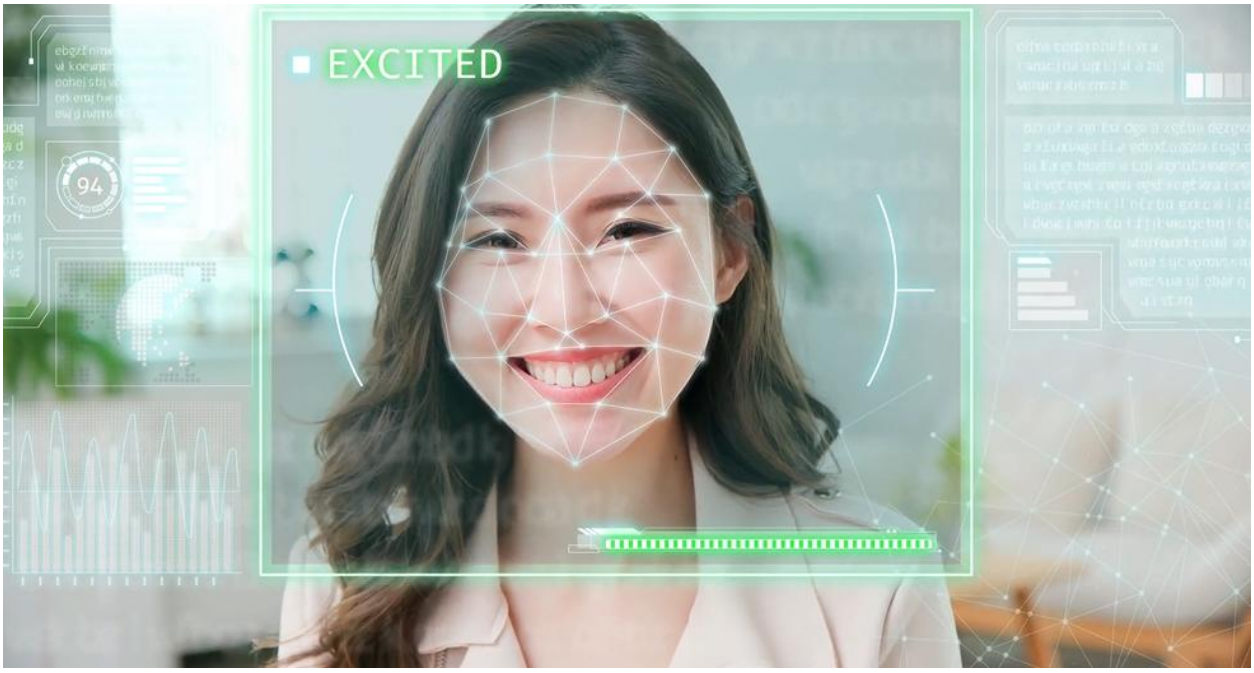
На првата слика е покажано како се **анализира** израз на лице со користење на биосензорски систем. Се анализираат повеќе значајни точки на лицето. На втората слика е покажано дека селектираното лице изразува определена емоција (во овој случај лутина – angry). Биосензорскиот систем го покажува процентот на доминантната емоција и покажува процент на други емоции (од основни емоции кај човекот) доколку се присутни во анализата. На пример: 85% среќа и 15% изненадување.





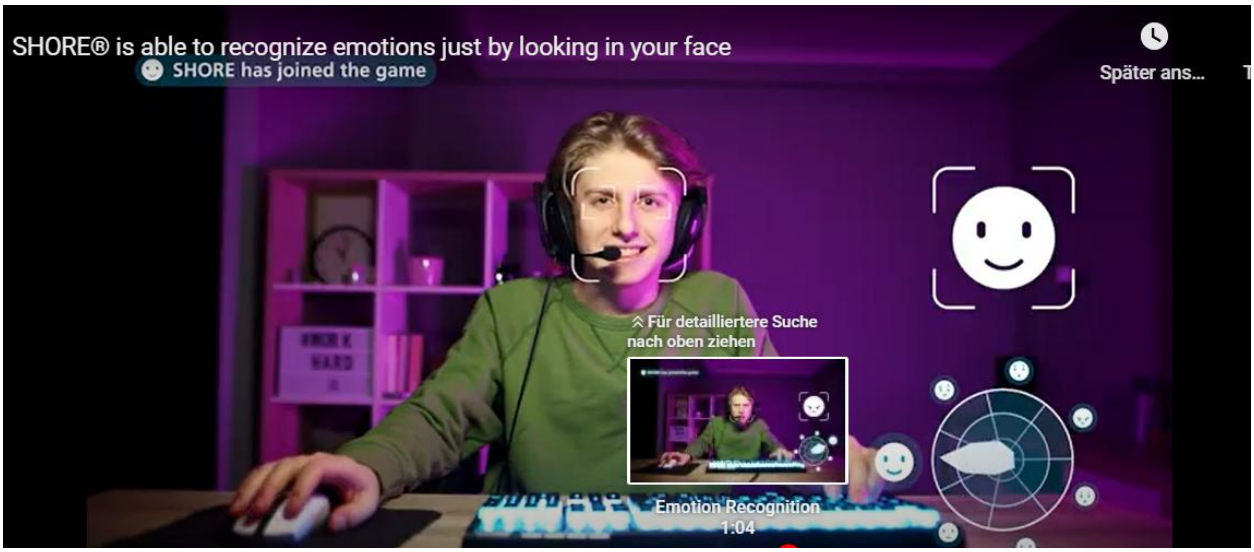
На следните слики е покажана емоција на депресивност и емоција на радост.

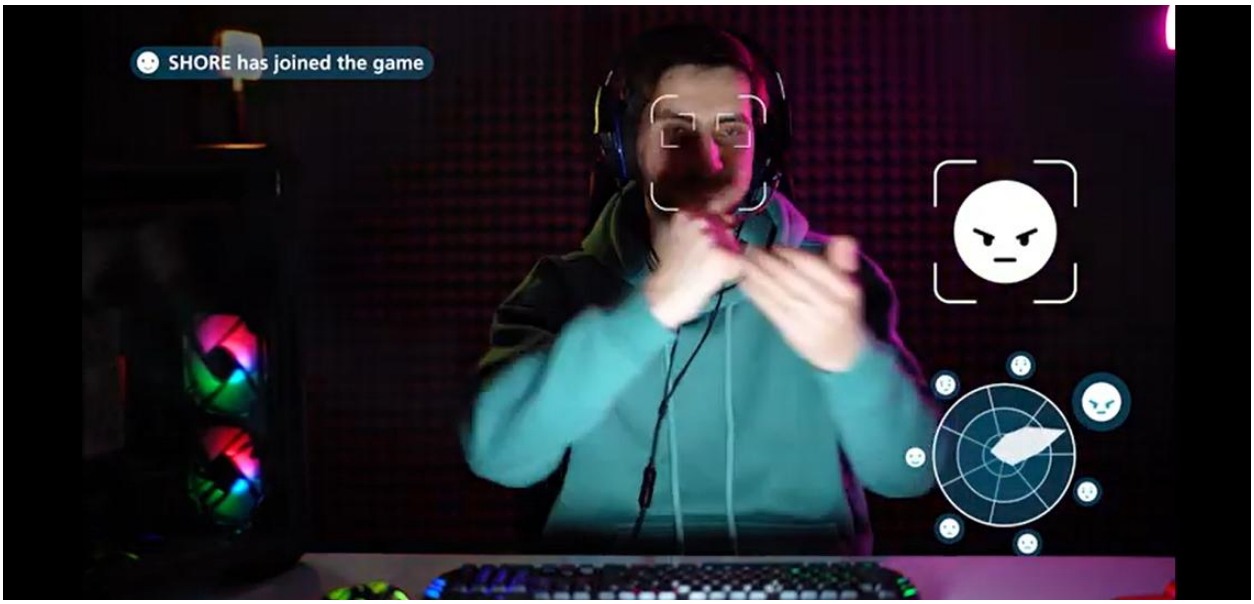




На следните слики се прикажани емоционални состојби при анализа на израз на лице за испитаник кој игра видео игри. Вакви анализи се од исклучително значење при конципирање и креирање на видео игра, бидејќи овозможува да се

анализираат емоционални реакции на идни играчи на видео игри, сé во контекст на поголема заинтересираност на идни корисници.





6. РЕАЛИЗИРАЊЕ НА ПРАКТИЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА ТЕХНОЛОГИЈА ЗА СЛЕДЕЊЕ НА ОЧИ

За потребите на мојата магистерска работа реализирав практично истражување во современата лабораторија за биометриски истражувања (невромаркетинг и невропсихологија) на Меѓународен Славјански универзитет во Свети Николе. Истражувањето го реализирав со користење на биосензорски систем за следење на очи и софистициран софтвер за мерење и анализа на параметри поврзани со биосензорско следење на очи. Истражувањето го реализирав во период од 15.03.2024 година до 10.04.2024 година.

Како истражувачки методи користев:

- Анкетно истражување со заокружување на избран производ од пон неколку понудени.
- Биосензорско истражување со користење биосензор за следење на очи при опсервација на екрански компјутерски стимул со период на набљудување од 10 секунди.

Пред почеток на биосензорско снимање на секој испитаник, се воспоставува постапка на калибрација посебно за секој испитаник. Овој процес е неопходен за да се осигура дека се обезбедени неопходни услови за да се добијат релевантни и точни мерења при следење на екрански стимул со биосензор за следење на очи кој користи инфрацрвена светлина.

При процесот на биосензорко следење на очите на секој испитаник за да се добијат податоци за неговото фокусирано внимание, испитаникот само го следи екранскиот стимул без да има какви било други активности и ангажирања. По завршување на биосензорското мерење, секој испитаник добива анкетен прашалник (на хартија се претставени четири производи од кои треба да се избере еден) на кој (безвременско ограничување) треба да заокружи кој производ (од понудени неколку) најмногу му се допаѓа и би сакал да го конзумира.

Во ова истражување како екрански стимул го користев следниот примерок за избор на сувомеснати производи.



Слика. Стимул (слика) за опсервација со екрански биосензор за следење на очи

По реализирање на биосензорско мерење се пристапува на анализа на добиените резултати со користење на софистицирано софтверско апликативно решение од компанијата iMotions.

7. Анализа на резултатите од Биосензорско следење на очи: поединечни и збирни анализи

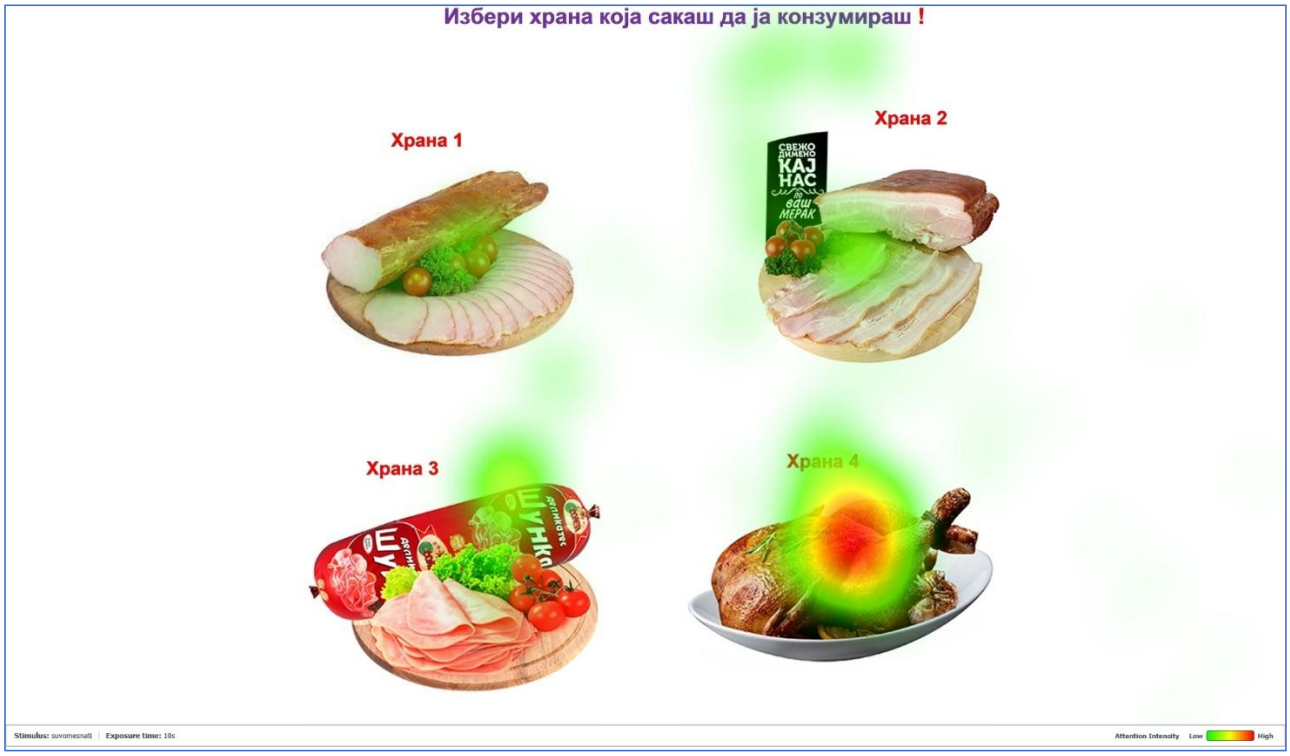
Во процесот на анализа на биометриски резултати се реализирани следните компоненти преку визуелно процесирање:

а) Топлински мапи (Heat maps) – поединечни анализи

Топлински мапи може да се креираат и експортираат со различни стилови кои даваат визуелна претстава за нивото на фокусирано внимание на секој испитаник и за точна локација на одреден сегмент на екранскиот стимул:

- Топлинска мапа со прикажување со бои на ниво на фокусирано внимание (црвена боја највисоко ниво, а зелена боја најниско ниво – области кои немаат боја не се посетени од поглед на испитаник).
- Интензитет на осветленост е пропорционален на ниво на фокусирано внимание.
- Површина на сенка е правопропорционална на ниво на фокусирано внимание.

На слика 1 е прикажана топлинска мапа на испитаник 5. Се забележува дека овој испитаник има свој омилен производ (храна). Тоа е храна 4, каде најмногу го фокусирал своето внимание (погледот на очите). За другите производи тој покажал многу мал интерес.



Слика 1: Топлинска мапа (Heat map) на испитаник 5

Фокусираното внимание е релевантен показател на нивото на интерес (она што најмногу му се допаѓа).

На слика 2 е прикажана топлинска мапа во shadow style каде површината на сенката е пропорционална на нивото на фокусирано внимание и нивото на интерес. Се забележува дека овој испитаник најголем интерес покажал за храна 4, а значајно памал интерес за храна 3. За другите понудени видови храна не покажал никаков интерес.

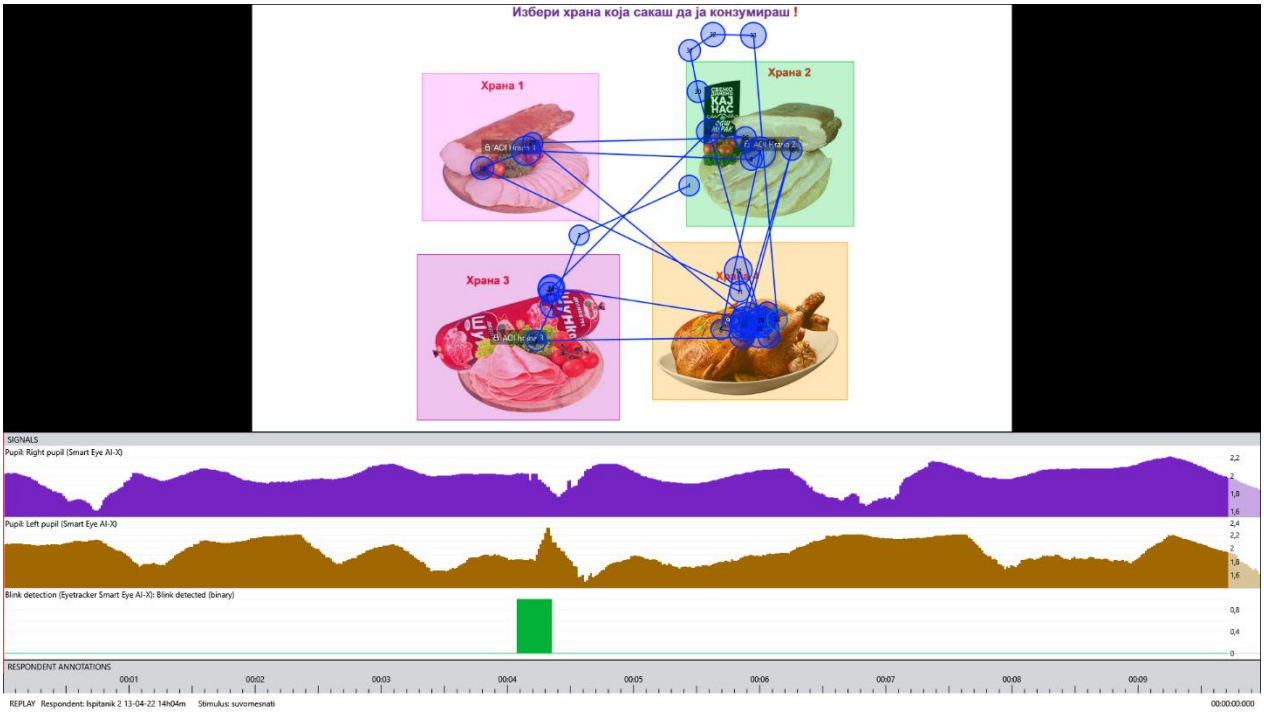


Слика 2: Топлинска мапа (shadow style) на Испитаник 5

На слика 3 е прикажана визуелна слика на низа од фиксации при следење на екрански стимул од испитаник 5. Се забележува дека овој испитаник најмногу погледот го задржал на храна 4. Фиксациите покажуваат редослед на следење на сегменти од стимулот и времетраење на погледот (колку е поголем кругот толку е поголемо времетраењето на задржување на погледот).

Исто така на оваа слика е покажана дилатација на двете зеници на очите на испитаникот. Колку се поотворени зениците тоа е индикатор за нивото на возбуденост на испитаникот. При реконструкција на следењето на очите може да се идентификува при одредено ниво на возбуда, каде гледал испитаникот. Е прикажана и фреквенцијата

на трепкање (зелен столб) – колкку пати трепнал испитаникот. Фреквенцијата на трепкање е пропорционална на нивото на концентрација, поспаност. Овој испитаник покажал високо ниво на концентрација и фокусираност при следење на екрански стимул.



Слика 3: Fixation sequences (низа од фиксации) на Испитаник 5

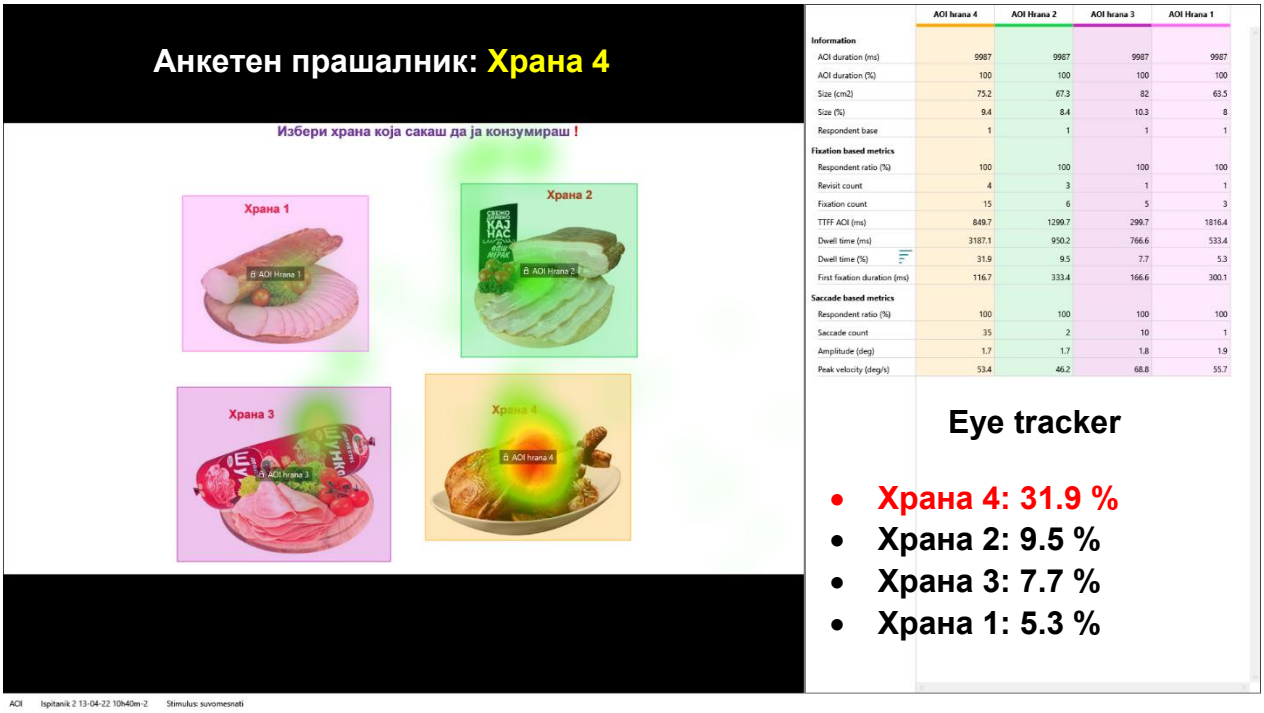
На слика 4 е прикажана област на интерес за испитаник 5. Генерирани се 4 области (бафери околу секој вид на храна) кои се цел на истражување. Во табелата се добиени повеќе метрики кои покажуваат релевантни карактеристики на процесот на опсервација на екрански стимул. Една важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-храна (опфат опфатен со соодветна бафер површина).

Се забележува дека најголем процент има за **храна 4** (**31.9%**). Додека многу помал процент има за останатите производи:

- **Производ 4: 31.9 %**
- **Производ 2: 9.5 %**
- **Производ 3: 7.7 %**

- **Производ 1: 5.3 %**

Овој испитаник на анкетниот прашалник ја заокружил (избрал) **храна 4**. Ова покажува дека не постои отстапување (дискрепанца) помеѓу двата методи на истражување: анкетно и биосензорско.

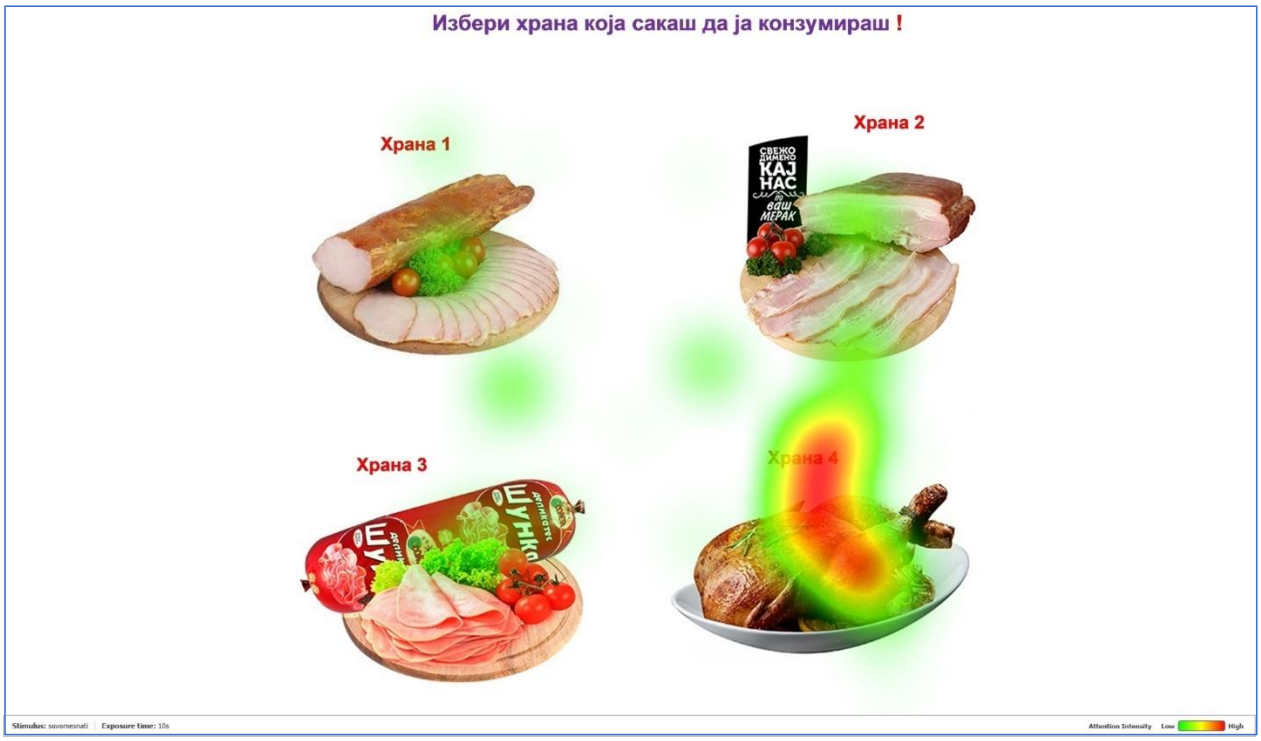


Слика 4: Areas of interest (област на интерес) на испитаник 5

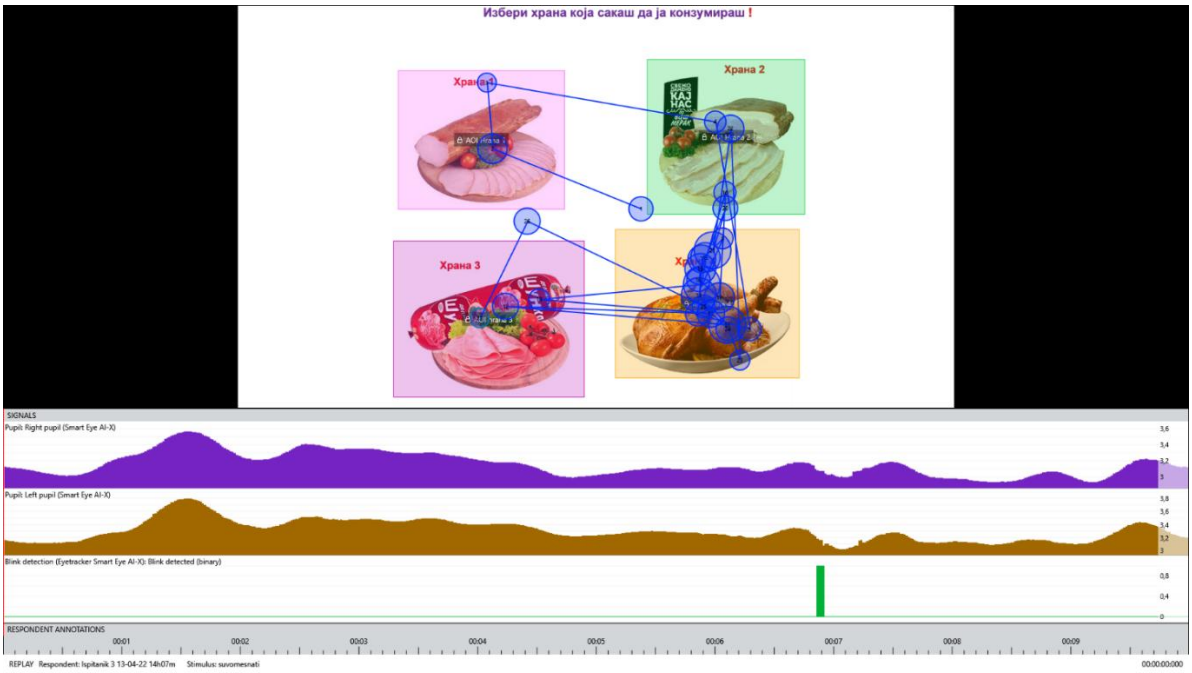
На слика 5 е прикажана топлинска мапа на испитаник 3. Визуелниот приказ покажува дека овој испитаник најголем интерес покажал за храна 4. Тука го фокусирал своето внимание со што покажал за која храна има најголем интерес. за другите видови храна покажал многу мал интерес. И на анкетниот прашалник (рационално размислување) овој испитаник ја заокружил храна 4.

На слика 6 се прикажани низа на фиксации. Може да се забележи дека испитаникот погледите ги задржал најмногу на храна 4, а многу малку на останатите видови храна. На оваа слика се прикажани и дилатации на двете зеници на очите кои се индикатор на нивото на возбуда и важен индикатор со какво ниво на возбуда (проширени зеници) гледал во одреден сегмент на стимулоот. Ова е одличен индикатор за психолошки анализи и истражувања. Прикажана е и фреквенција на трепкање (испитаникот

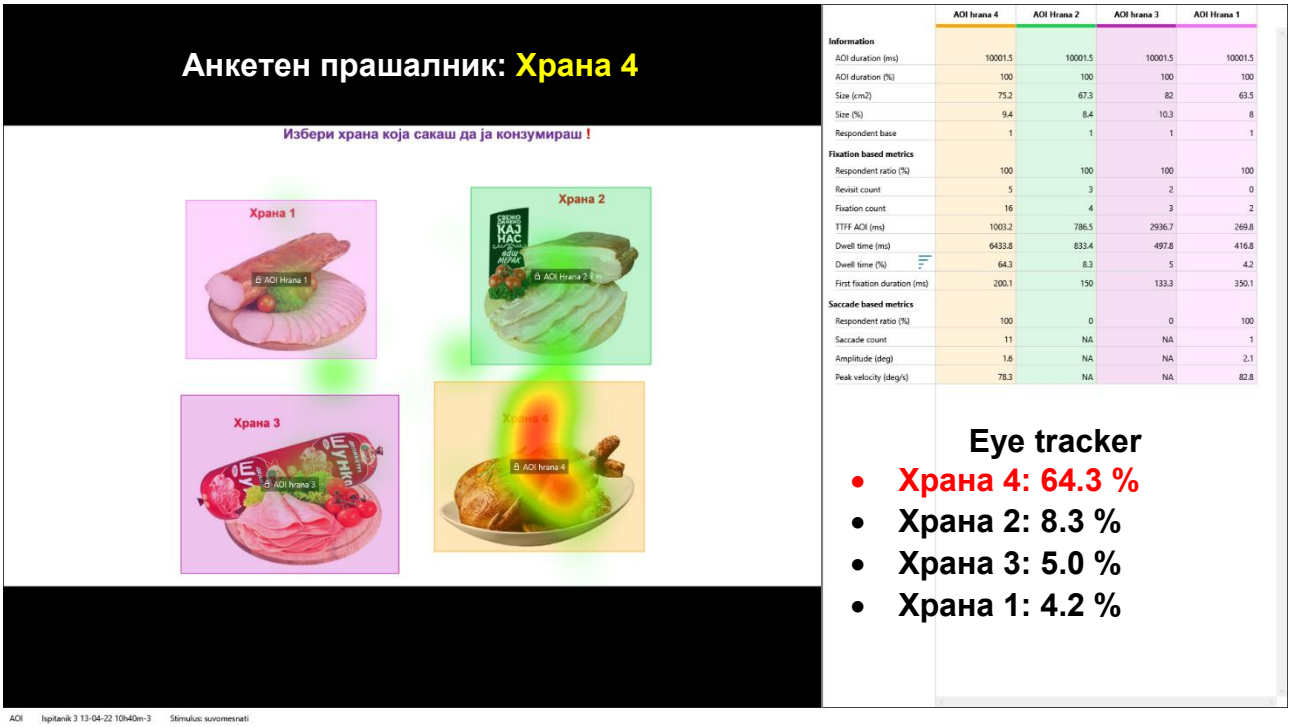
еднаш трепнал за период од 10 секунди што покажува високо ниво на концентрација и фокусираност).



Слика 5: Топлинска мапа на испитаник 3



Слика 6: Fixation sequences (низа на фиксации) на Испитаник 3



Слика 7: Areas of interest (област на интерес) на Испитаник 3

На слика 7 е прикажана област на интерес на испитаник 3. Генерирани се четири (4) бафер- зони околу секој вид на храна за да се истражат повеќе метрики карактеристични за следење на екранскиот стимул. Една важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-храна (опфат опфатен со соодветна бафер- површина).

Се забележува дека најголем процент има за **храна 4** (**64.3%**). За останатите видови храна е следниот процент:

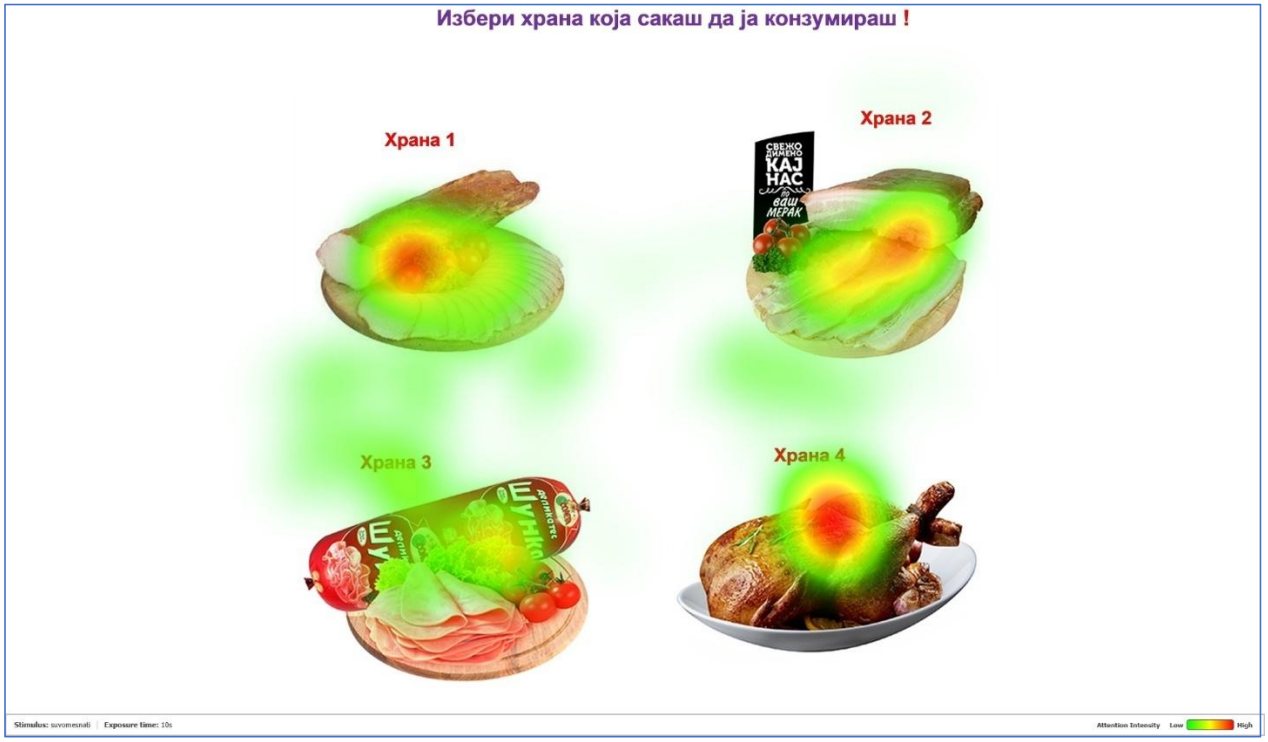
- **Производ 4: 64.3 %**
- **Производ 2: 8.3 %**
- **Производ 3: 5.0 %**
- **Производ 1: 4.2 %**

Овој испитаник на анкетниот прашалник ја заокружил (избрал) **храна 4**. Ова покажува дека не постои отстапување (дискрепанца) помеѓу двата метода на истражување: анкетно и биосензорско.

На слика 8 е прикажана топлинска мапа на испитаник 1. Визуелниот приказ покажува дека овој испитаник најголем интерес покажал за храна 4. Тука го фокусирал своето внимание со што покажал за која храна има најголем интерес. за другите видови храна покажал многу мал интерес. И на анкетниот прашалник (рационално размислување) овој испитаник ја заокружил храна 4.

На слика 9 е прикажана топлинска мапа каде површината на сенката покажува на која храна испитаникот најмногу го фокусирал своето внимание (најголемо ниво на интерес)

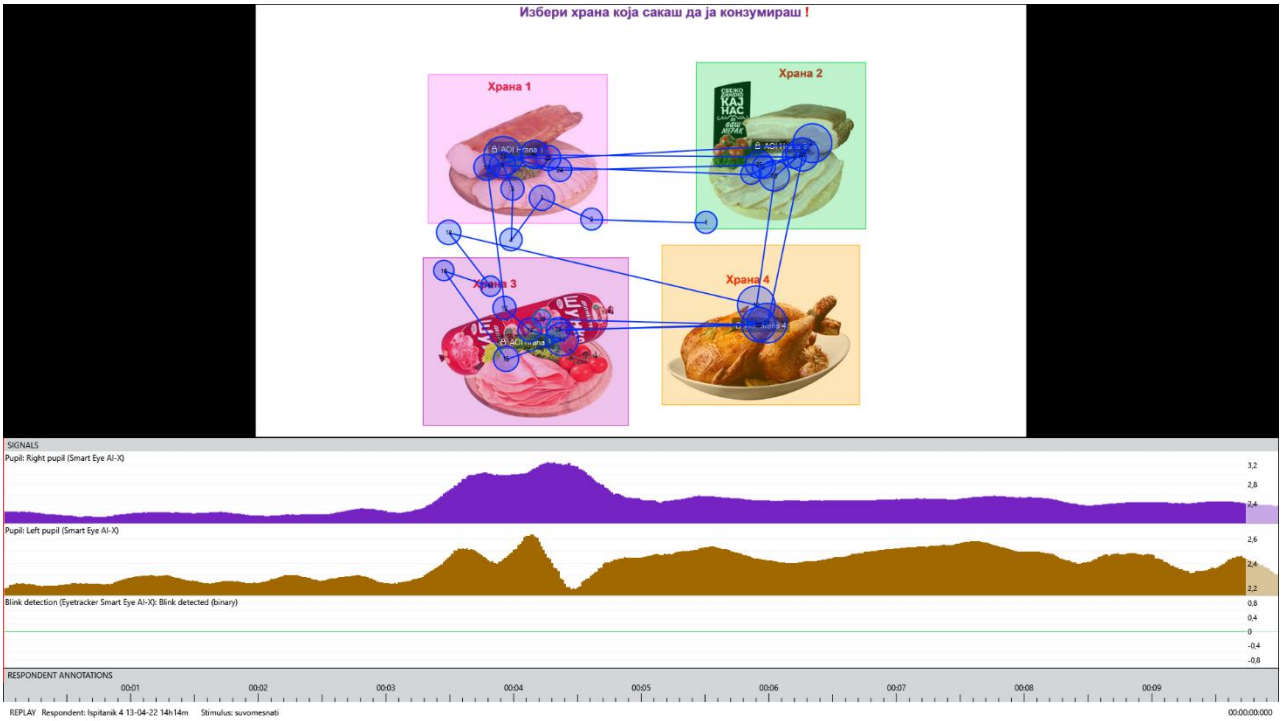
На слика 10 се прикажани низа на фиксации. Може да се забележи дека испитаникот погледите ги задржал на неколку видови храна: храна 1, храна 2 и храна 4. На оваа слика се прикажани и дилатации на двете зеници на очите кои се индикатор на нивото на возбуда и важен индикатор со какво ниво на возбуда (проширени зеници) гледал во одреден сегмент на стимулоот. Ова е одличен индикатор за психолошки анализи и истражувања. Прикажана е и фреквенција на трепкање (испитаникот не трепнал ниту еднаш трепнал за период од 10 секунди што покажува високо ниво на концентрација и фокусираност).



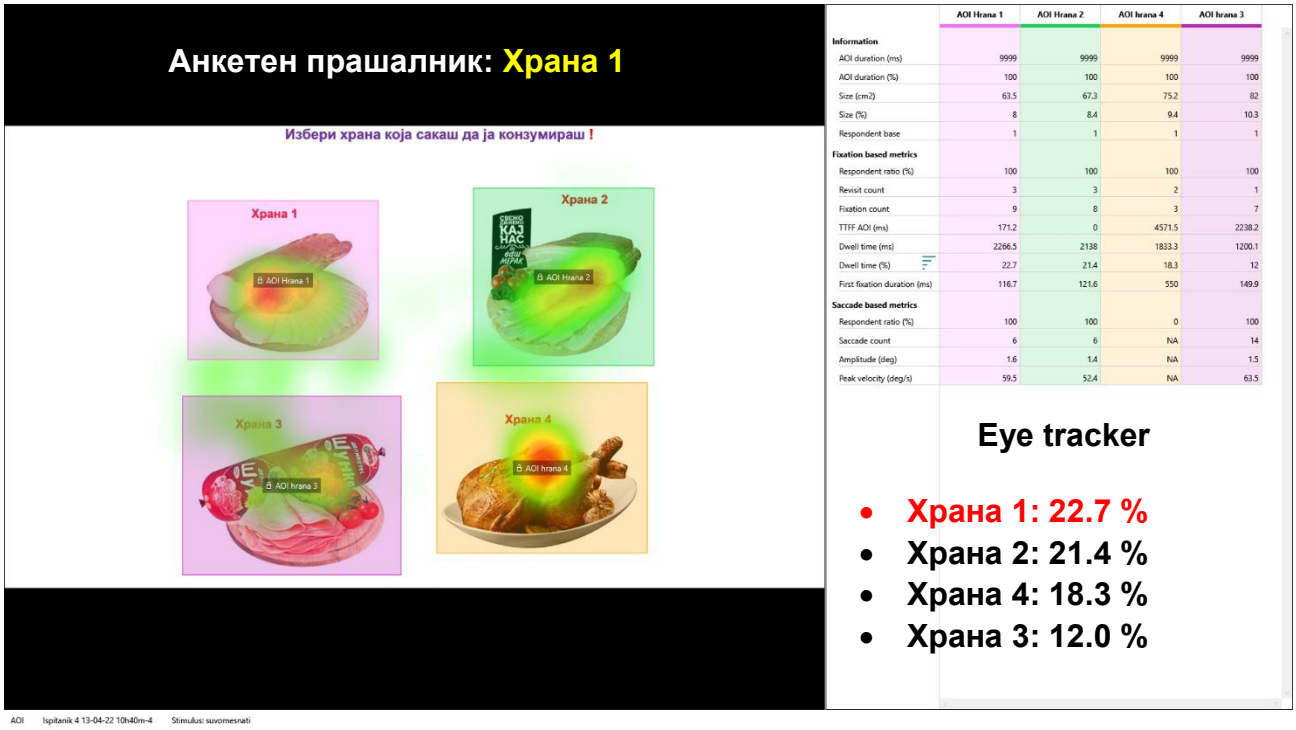
Слика 8: Топлинска мапа на испитаник 1



Слика 9: Топлинска мапа (Shadow style) на Испитаник 1



Слика 10: Fixation sequences на испитаник 1



	AOI Hrana 1	AOI Hrana 2	AOI hrana 4	AOI hrana 3
Information				
AOI duration (ms)	9999	9999	9999	9999
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	63.5	67.3	75.2	82
Size (%)	8	8.4	9.4	10.3
Respondent base	1	1	1	1
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Revisit count	3	3	2	1
Fixation count	9	8	3	7
TTFF AOI (ms)	171.2	0	4571.5	2238.2
Dwell time (ms)	2266.5	2138	1833.3	1200.1
Dwell time (%)	22.7	21.4	18.3	12
First fixation duration (ms)	116.7	121.6	550	149.9
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	0	100
Saccade count	6	6	NA	14
Amplitude (deg)	1.6	1.4	NA	1.5
Peak velocity (deg/s)	59.5	52.4	NA	63.5

Слика 11: Areas of interest на Испитаник 1

На слика 11 е прикажана област на интерес на испитаник 1. Генерирани се четири (4) бафер- зони околу секој вид на храна за да се истражат повеќе метрики карактеристични за следење на екранскиот стимул. Една важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-храна (опфат опфатен со соодветна бафер- површина).

Се забележува дека најголем процент има за **храна 1** (**22.7%**). За останатите видови храна е следниот процент:

- **Производ 1: 22.7 %**
- **Производ 2: 21.4 %**
- **Производ 4: 18.3 %**
- **Производ 3: 12.0 %**

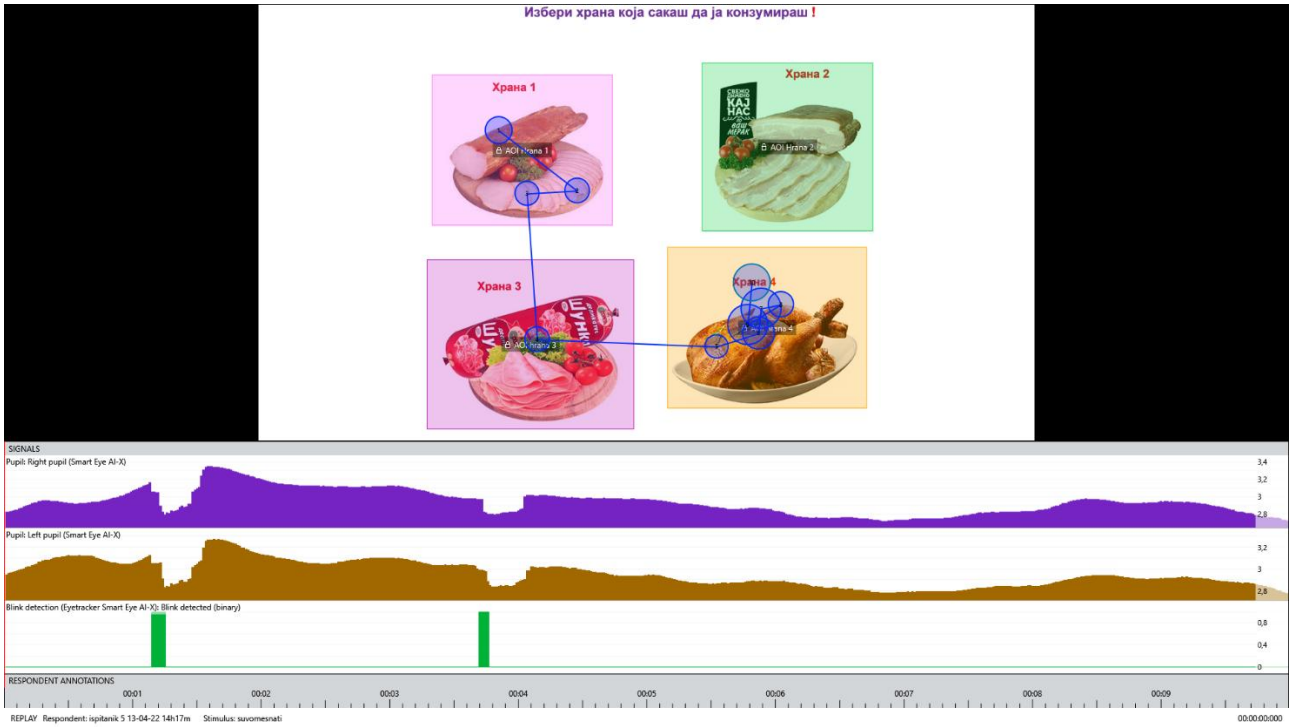
Овој испитаник на анкетниот прашалник ја заокружил (избрал) **храна 1**. Ова покажува дека не постои отстапување (дискрепанца) помеѓу двата метода на истражување: анкетно и биосензорско.

На слика 12 е прикажана топлинска мапа на испитаник 2. Визуелнит приказ покажува дека овој испитаник најголем интерес покажал за храна 4. Тука го фокусирал своето внимание со што покажал за која храна има најголем интерес. за другите видови храна покажал многу мал интерес. И на анкетниот прашалник (рационално размислување) овој испитаник ја заокружил храна 4.

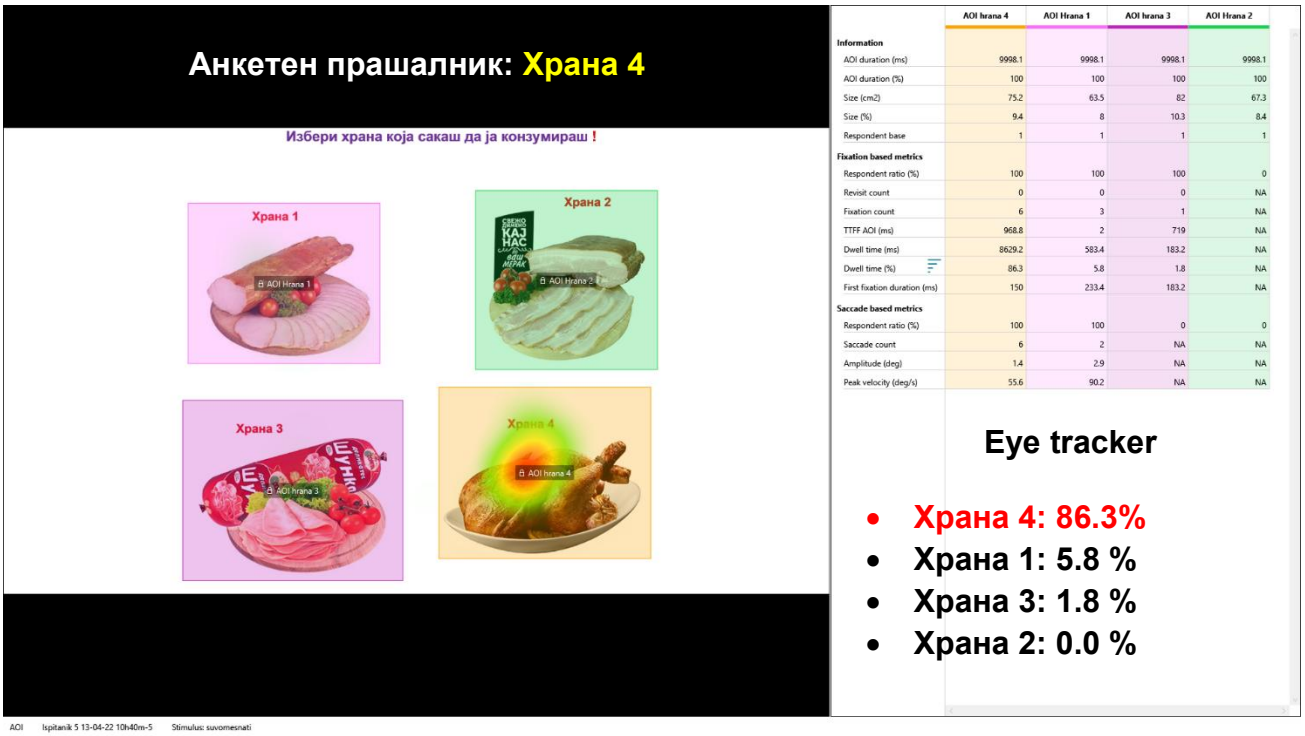
На слика 13 се прикажани низа на фиксации. Може да се забележи дека испитаникот погледите ги задржал најмногу на храна 4, а многу малку на останатите видови храна. На оваа слика се прикажани и дилатации на двете зеници на очите кои се индикатор на нивото на возбуда и важен индикатор со какво ниво на возбуда (проширени зеници) гледал во одреден сегмент на стимулот. Ова е одличен индикатор за психолошки анализи и истражувања. Прикажана е и фреквенција на трепкање (испитаникот двапати трепнал за период од 10 секунди).



Слика 12: Топлинска мапа на испитаник 2



Слика 13: Fixation sequences (низа од фиксации) на испитаник 2



	AOI hrana 4	AOI Hrana 1	AOI hrana 3	AOI Hrana 2
Information				
AOI duration (ms)	9998.1	9998.1	9998.1	9998.1
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	75.2	63.5	82	67.3
Size (%)	9.4	8	10.3	8.4
Respondent base	1	1	1	1
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	0
Revisit count	0	0	0	NA
Fixation count	6	3	1	NA
TTFF AOI (ms)	968.8	2	719	NA
Dwell time (ms)	8629.2	583.4	183.2	NA
Dwell time (%)	86.3	5.8	1.8	NA
First fixation duration (ms)	150	233.4	183.2	NA
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	0	0
Saccade count	6	2	NA	NA
Amplitude (deg)	1.4	2.9	NA	NA
Peak velocity (deg/s)	55.6	90.2	NA	NA

Слика 14: Areas of interest (област на интерес) на испитаник 2

На слика 14 е прикажана област на интерес на испитаник 2. Генерирани се четири (4) бафер- зони околу секој вид на храна за да се истражат повеќе метрики карактеристични за следење на екранскиот стимул. Една важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-храна (опфат опфатен со соодветна бафер површина).

Се забележува дека најголем процент има за **храна 4** (**86.3%**). За останатите видови храна е следниот процент:

- **Производ 4: 86.3 %**
- **Производ 2: 5.8 %**
- **Производ 3: 1.8 %**
- **Производ 1: 0.0 %**

Овој испитаник на анкетниот прашалник ја заокружил (избрал) **храна 4**. Ова покажува дека не постои отстапување (дискрепанца) помеѓу двата методи на истражување: анкетно и биосензорско.

a) Топлински мапи (Heat maps) – збирни анализи

На слика 15 е прикажана збирна топлинска мапа на сите испитаници заедно. Може да се забележи дека најголем дел од испитаниците фокусираното внимание го насочиле на храна 4, а значајно помалку на другите видови храна.

На слика 16 е прикажана топлинска мапа каде нивото на осветленост е пропорционално на нивото на фокусирано внимание (ниво на интерес).

На слика 17 е прикажана топлинска мапа каде површината на сенката е пропорционална на нивото на интерес.

На слика 18 е прикажана област на интерес на сите испитаници. Генерирани се четири (4) бафер- зони околу секој вид на храна за да се истражат повеќе метрики карактеристични за следење на екранскиот стимул. Една важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљу-

дување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-храна (опфат опфатен со соодветна бафер површина).

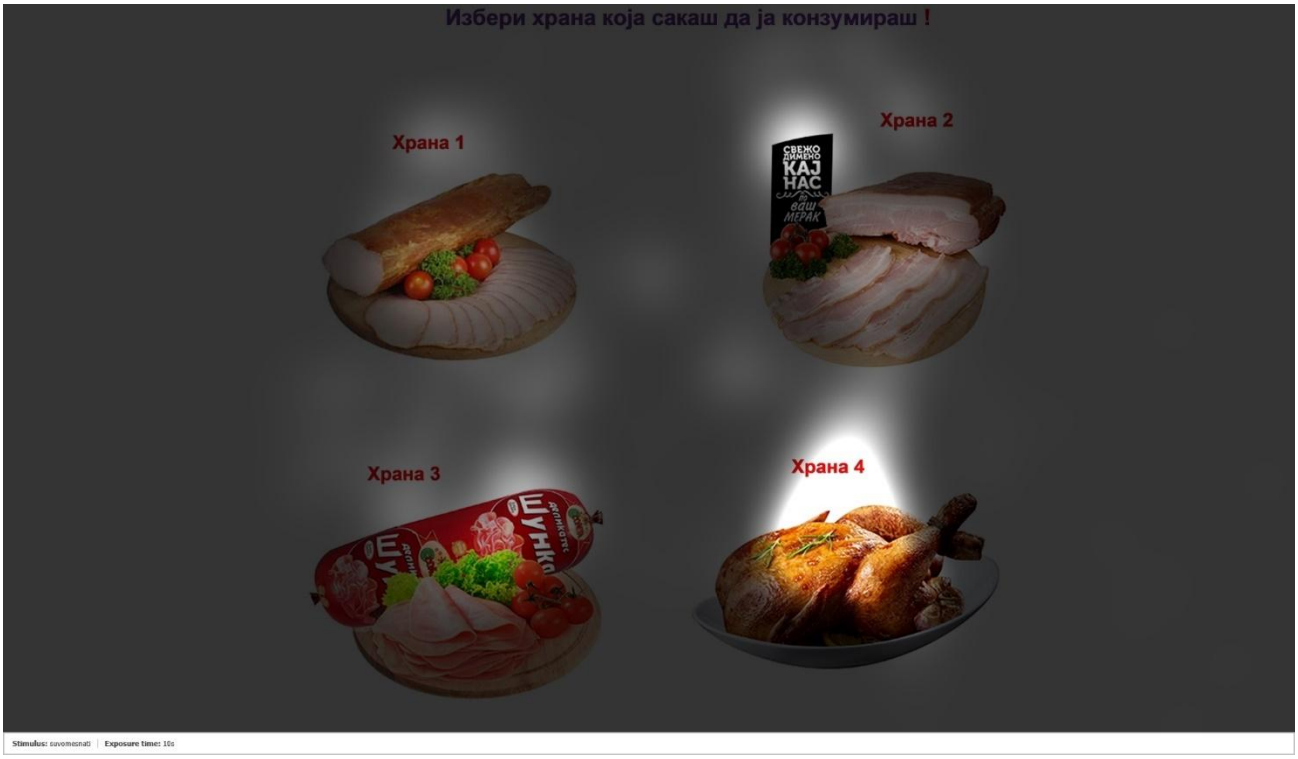
Се забележува дека најголем процент има за **храна 4** (**42.3%**). За останатите видови храна е следниот процент:

- **Производ 4: 42.3 %**
- **Производ 2: 17.7 %**
- **Производ 1: 10.2 %**
- **Производ 3: 8.5 %**

Овие испитаници на анкетниот прашалник во најголем процент ја заокружиле (избрале) **храна 4**. Ова покажува дека не постои отстапување (дискрепанца) помеѓу двата методи на истражување: анкетно и биосензорско.



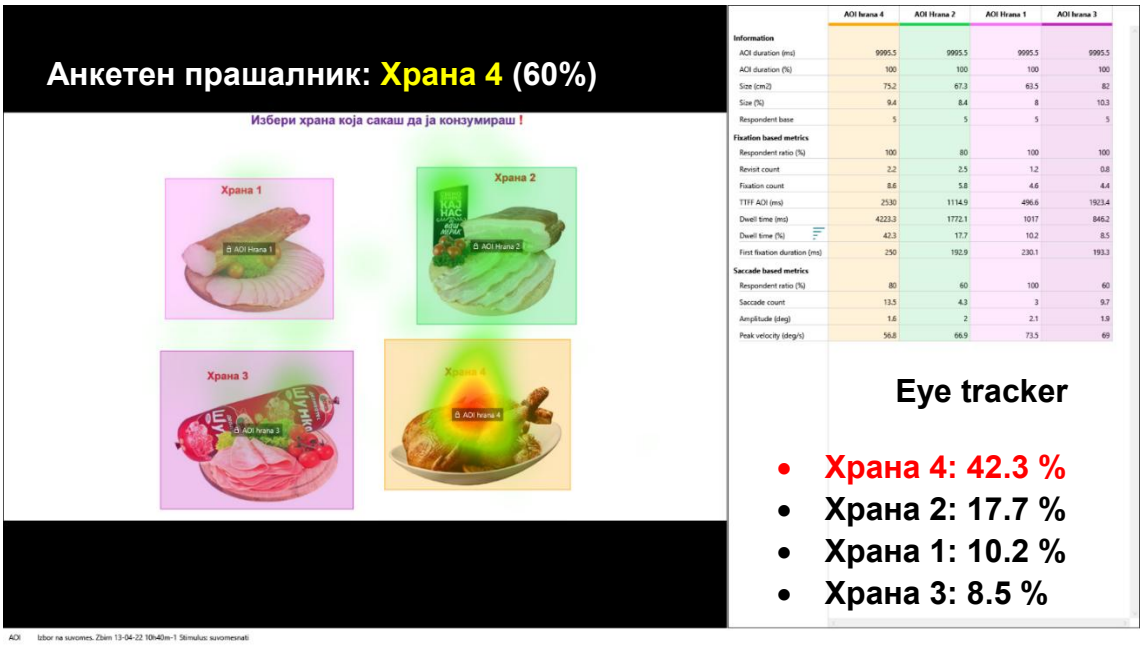
Слика 15: Топлинска мапа (Heat map)



Слика 16: Топлинска мапа (Spotlight style)



Слика 17: Топлинска мапа (Heat map – shadow style)



Слика 18: Areas of interest (област на иннтерес)

8. Споредување на резултати од двата метода на истражување

Врз основа на добиените резултати од двата методи на истражување и резултатите од анализите, можат да се креираат следните споредбени анализи:

а) Споредување на збирни вредности, добиени од сите 5 испитаници:

Вид на стимул	Анкетен прашалник (број на одговори: 1-4)				Биометриско мерење со Eye Tracker (број на одговори: 1-4)				Одговор со најголем интерес	
	1	2	3	4	1	2	3	4	Анкета	Eye tracker
Стимул	2	0	0	3	2	0	0	3	4	4

б) Споредување на поединечни вредности (одговори - стимул) за сите испитаници

Испитаник	Анкетен прашалник (број на одговори: 1-4)				Биометриско мерење со Eye Tracker (број на одговори: 1-4)				Одговор со најголем интерес	
	1	2	3	4	1	2	3	4	Анкета	Eye tracker
Испитаник 1	1				1				1	1
Испитаник 2				4				4	4	4
Испитаник 3				4				4	4	4
Испитаник 4	1				1				1	1
Испитаник 5				4				4	4	4
СУМИРАНО	2	0	0	3	2	0	0	3	2+0+0+3	2+0+0+3

Одговори - стимул:

1: Храна 1

2: Храна 2

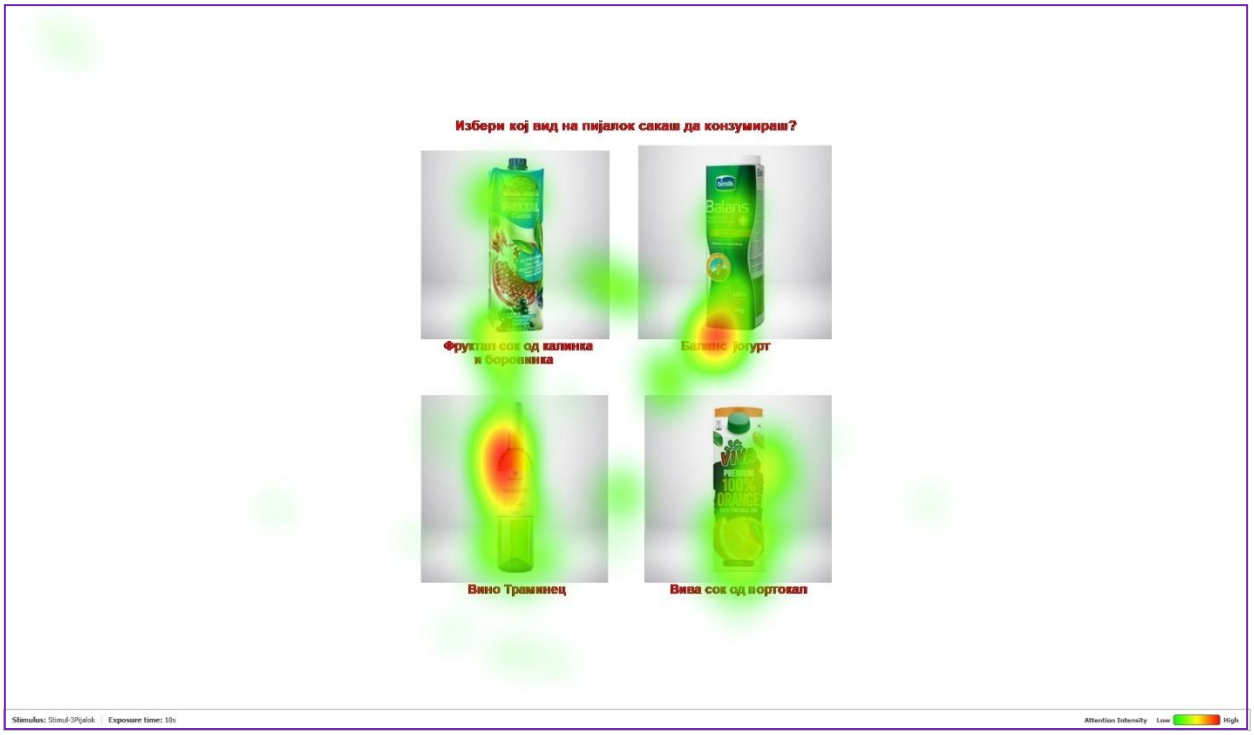
3: Храна 3

4: Храна 4

Второ истражување

За потребите на мојот магистерски труд, во лабораторијата на Меѓународен Славјански универзитет го реализирав и следното биосензорско истражување со користење биосензор за следење на очи. Користев екрански стимул: избор на свежо месо за конзумирање. Ги добив следните резултати:

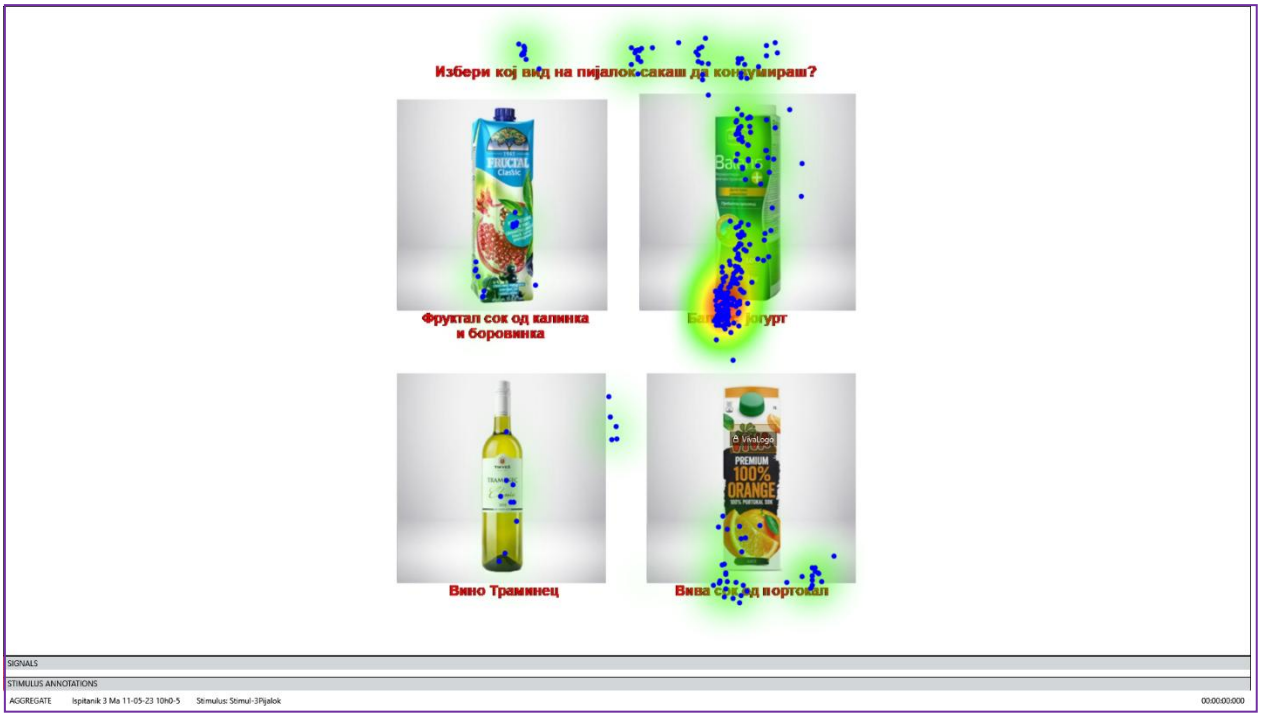
На слика 1 е прикажана топлинска мапа на испитаник 1. Може да се види дека овој испитаник своето фокусирано внимание (ниво на интерес) го насочил најмногу на производ 3, а нешто помалку на производ 2.



Слика 1. Топлинска мапа на Испитаник 2

На слика 2 е прикажана топлинска мапа (со грозд од фиксации на поглед). Овој испитаник најголем интерес покажал за производ 2 (јогурт) каде го насочил своето фокусирано внимание.

На слика 3, испитаник 4 најголем интерес покажал за производ 4 (кока кола) каде што го фокусирал своето внимание. Овој производ е негов омилен пијалок, а за другите пијалоци не покажал никаков интерес. Ова го потврдил и на Анкетниот прашалник каде го заокружол овој производ.



Слика 2. Топлинска мапа на испитаник 3



Слика 3. Топлинска мапа на испитаник 4



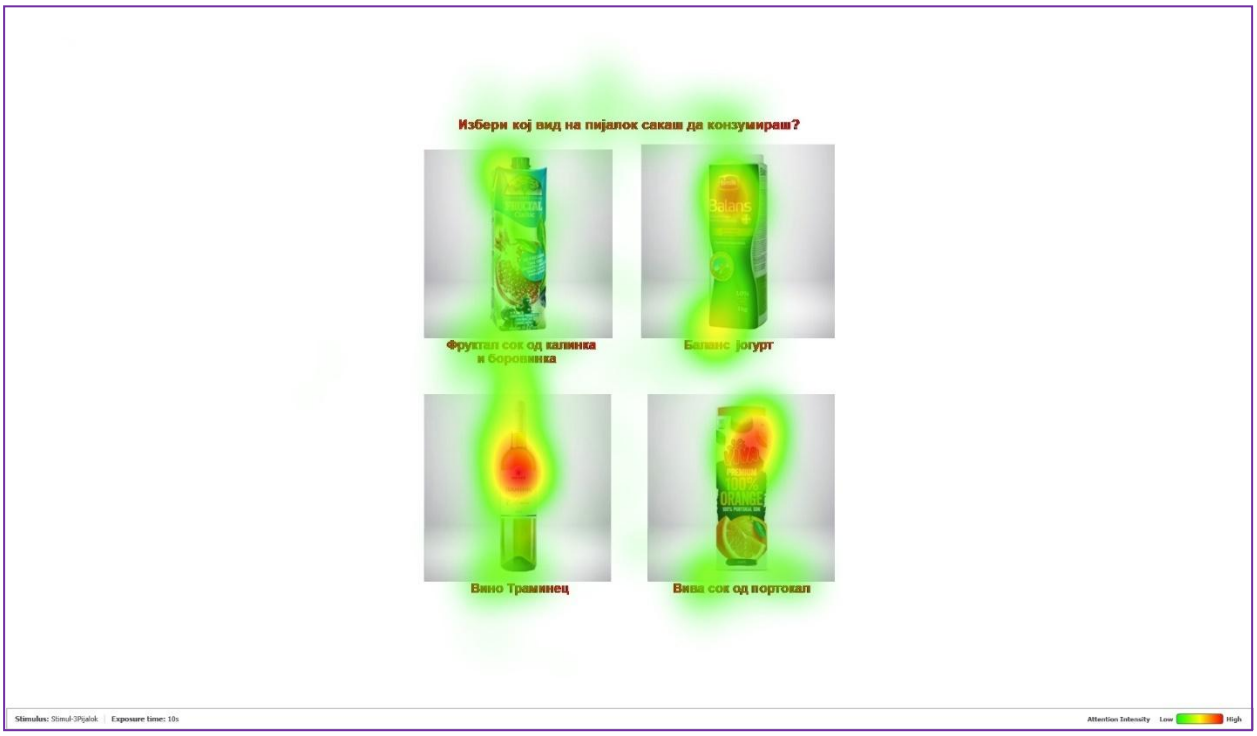
Слика 4. Топлинска мапа на испитаник 5



Слика 5. Топлинска мапа на испитаник 6

На слика 4 и 5 се топлински мапи на испитаници 5 и 6.

На слика 6 е прикажана збирна топлинска мапа (од сите испитаници заедно) на која може да се забележи каде најмногу испитаниците го фокусирале своето внимание (кој пијалок за нив има најголемо ниво на интерес). Може да се види дека најголем интерес покажале за производите 3 и 4, нешто помал за производот 2, а најмал интерес за производот 1.



Слика 6. Збирна топлинска мапа

На слика 7 и слика 8 се прикажани топлински мапи во различни стилови на прикажување. На слика 7 е прикажана топлинска мапа каде површината на сенката е пропорционална на нивото на интерес и нивото на фокусирано збирно внимание.

На слика 8 е прикажана збирна топлинска мапа каде нивото на осветленост е пропорционален индикатор за ниво на фокусирано збирно внимание од сите испитаници и го покажува најважниот маркетинг индикатор – ниво на интерес (најпосакуван производ за конзумирање).



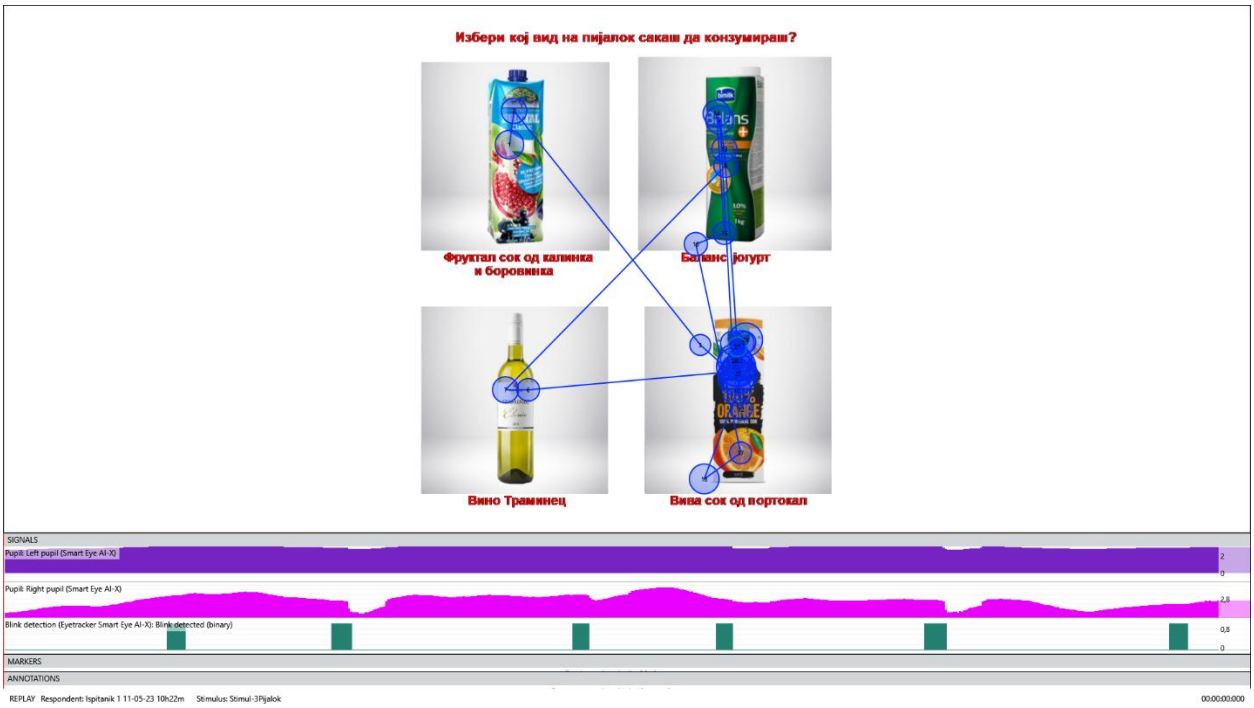
Слика 7. Збирна топплинска мапа



Слика 8. Збирна топлинска мапа

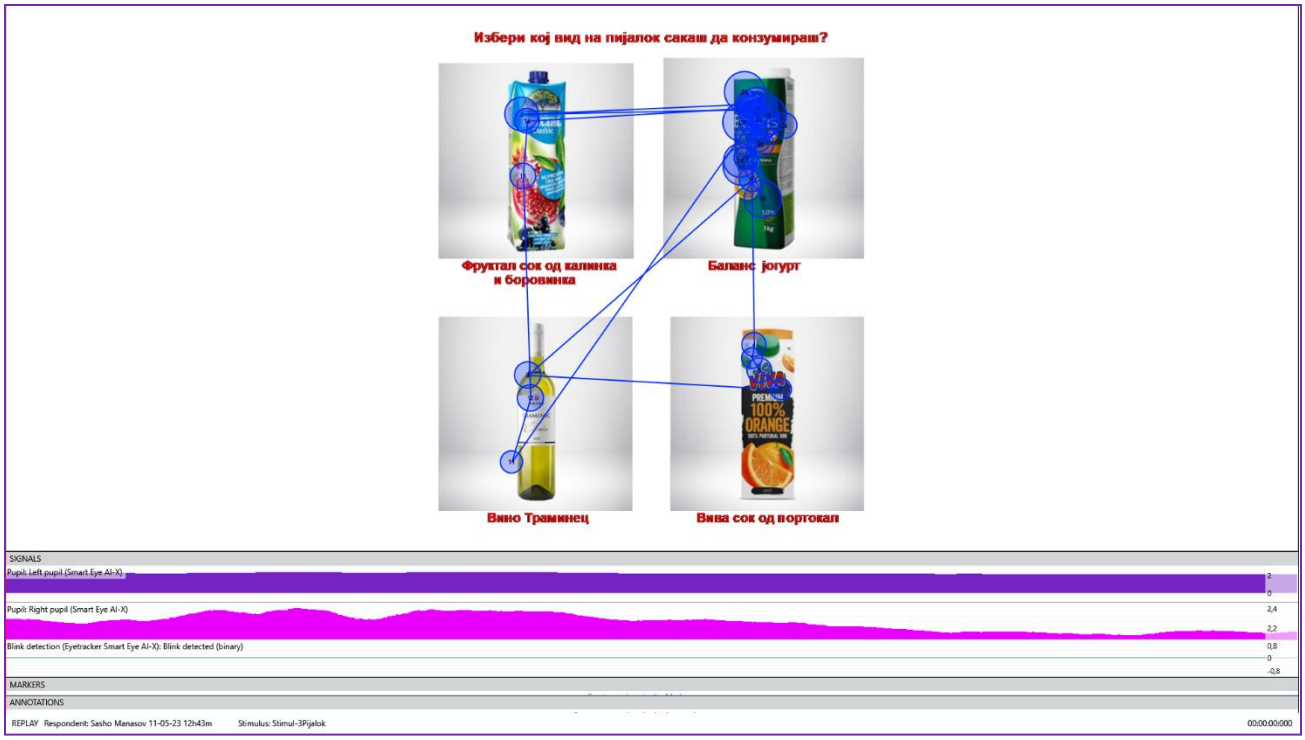
Низа од фиксации

На слика 9 се прикажани низа од фиксации на испитаник 1. Се забележува дека овој испитаник најдолго го задржал погледот на производ 4. Прикажана е и дилатација на зениците на двете очи и фреквенцијата на трепкање. Овој испитаник има висока фреквенција на трепкање (трепнал 6 пати за време на опсервација на екранскиот стимул од 10 секунди), што укажува на намалено ниво на концентрација или ниво на поспаност.



Слика 9. Низа од фиксации на Испитаник 1

Низа од фиксации е прикажана и на слика 10 за испитаник 14. Прикажана е дилатација на очите и фреквенција на трепкање. Овој испитаник нема ниту едно трепкање што укажува дека има високо ниво на концентрација и будност кога го набљудувал екранскиот стимул.



Слика 10. Низа од фиксации на испитаник 14

Област на интерес



	AOI 3	AOI 2	AOI 1	AOI 4
Information				
AOI duration (ms)	9992.8	9992.8	9992.8	9992.8
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	110.3	110	107.1	111
Size (%)	5.5	5.5	5.3	5.5
Respondent base	1	1	1	1
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Revisit count	1	2	1	2
Fixation count	11	6	6	7
TTFF AOI (ms)	2674.1	190.8	474.1	190.8
Dwell time (ms)	1983.2	1766.9	1200	885.5
Dwell time (%)	19.9	17.7	12	8.9
First fixation duration (ms)	100	66.7	116.7	66.7
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Saccade count	24	9	7	20
Amplitude (deg)	2	1.9	2.5	1.6
Peak velocity (deg/s)	57.4	75.4	61.2	56.4

- **Производ 3**: **19.9%**
- Производ 2: 17.7%
- Производ 1: 12.0%
- Производ 4: 8.9%

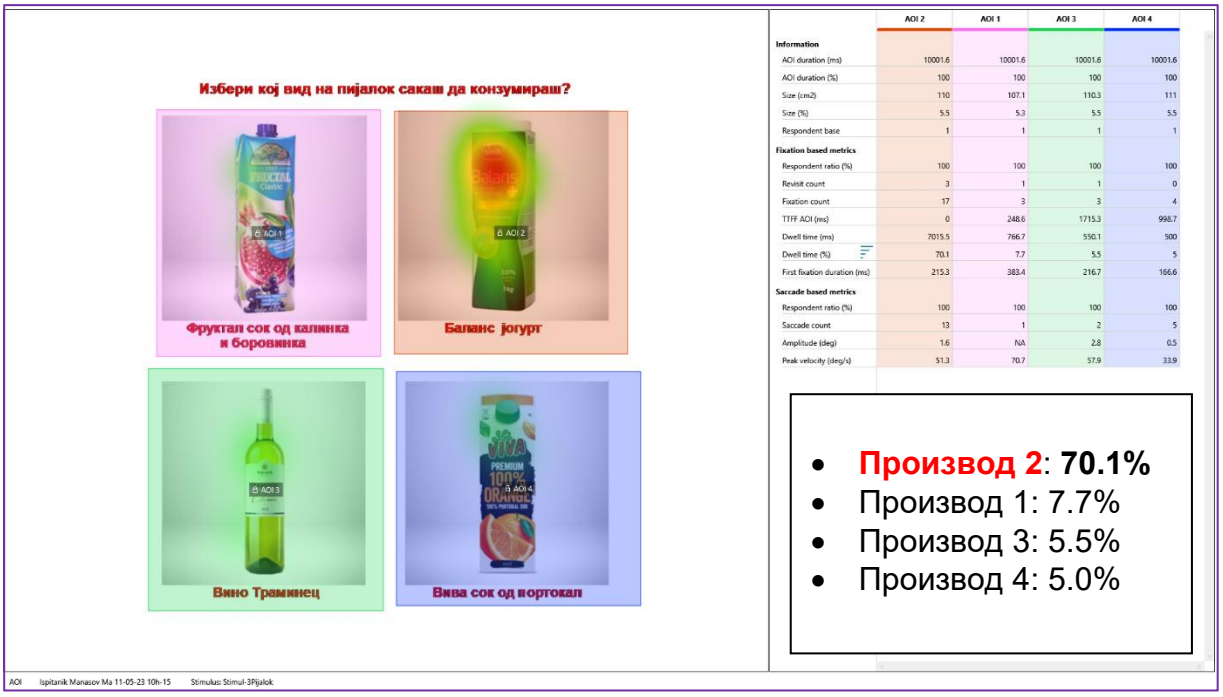
Слика 11. Област на интерес на испитаник 2

На слика 11 е прикажана област на интерес за испитаник 2. Генерирани се 4 области (бафери околу секој вид на храна) кои се цел на истражување. Во табелата се добиени повеќе метрики кои покажуваат релевантни карактеристики на процесот на опсервација на екрански стимул. Една важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-храна (опфат опфатен со соодветна бафер- површина).

Се забележува дека најголем процент има за **храна 3** (**19.9%**). Додека многу помал процент има за останатите производи:

- **Производ 3: 19.9 %**
- **Производ 2: 17.7 %**
- **Производ 1: 12.0 %**
- **Производ 4: 8.9 %**

Овој испитаник на анкетниот прашалник ја заокружил (избрал) **храна 3**. Ова покажува дека не постои отстапување (дискрепанца) помеѓу двата методи на истражување: анкетно и биосензорско.



Слика 12. Област на интерес на испитаник 14

На слика 12 е прикажана област на интерес за испитаник 14. Генерирани се 4 области (бафери околу секој вид на храна) кои се цел на истражување. Во табелата се добиени повеќе метрики кои покажуваат релевантни карактеристики на процесот на опсервација на екрански стимул. Една важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-храна (опфат опфатен со соодветна бафер- површина).

Се забележува дека најголем процент има за **храна 2** (**70.1%**). Додека многу помал процент има за останатите производи:

- **Производ 2: 70.1 %**
- **Производ 1: 7.7 %**
- **Производ 3: 5.5 %**
- **Производ 4: 5.0 %**

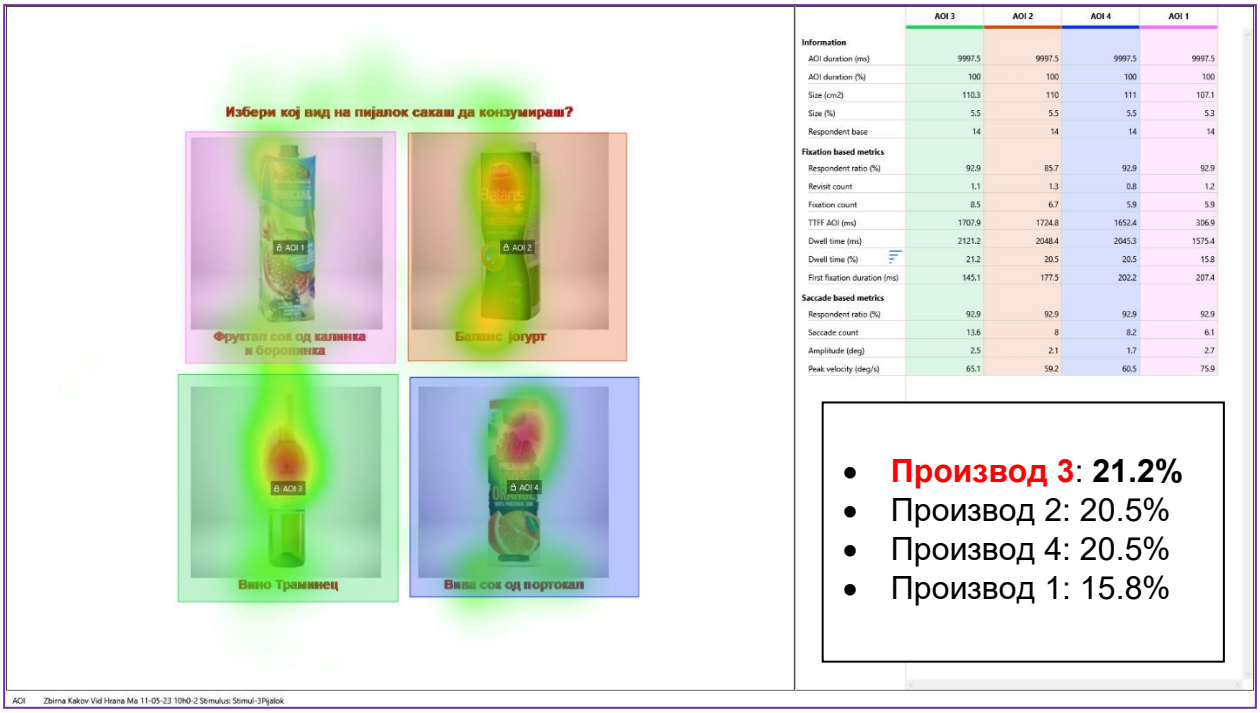
Овој испитаник на анкетниот прашалник ја заокружил (избрал) **храна 2**. Ова покажува дека не постои отстапување (дискрепанца) помеѓу двата методи на истражување: анкетно и биосензорско.

На слика 13 е прикажана област на интерес за сите испитаници заедно. Важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-пијалок (соодветна бафер површина).

Се забележува дека најголем процент има за **храна 3** (**21.2%**). Додека многу помал процент има за останатите производи:

- **Производ 3: 21.2 %**
- **Производ 2: 20.5 %**
- **Производ 4: 20.5 %**
- **Производ 1: 15.8 %**

Испитаниците најголем интерес покажале за **производ 3**. Но не помал интерес покажале и за производите 2 и 4.



Слика 13. Збирна мапа на област на интерес

Заклучни согледувања

Повеќе од сто години луѓето се обидуваат да го разберат процесот на донесување одлука (или како треба да донесуваме). Деценискиот научни и стручни истражувања покажаа дека голем дел од човековата ментална обработка се случува на потсвесно ниво, вклучувајќи ја и одлука што ја преземаме како клиенти и/или потрошувачи. Овие потсвесни процеси објаснуваат зошто во многу случаи не успеваме прецизно да го предвидиме сопствениот иден избор. Честопати, она што мислиме дека го сакаме има мала или никаква поврзаност со изборот што всушност го правиме. „Потрошувачка неврологија“ („Consumer neuroscience”) е нов, современ, иновативен пристап во рамките на маркетинг истражувања, кој многу брзо се развива, чија цел е да го подобри разбирањето на однесувањето на потрошувачите користејќи увид и методи од неврологија (компјутерско снимање и анализа на мозочни сигнали). Комбинација од неврологија и потрошувачка психологија дава широк спектар на увиди и сознанија од когнитивна неврологија.

Денес, невромаркетингот може да се дефинира како „поле на истражувачки студии што користат методологии на неврологија за да го анализира и разбере па-

зарот и економски размени поврзани со човековото однесување“. Затоа денес, невромаркетингот е поврзан со маркетингот, бидејќи невропсихологијата (neuro-psychology) е тесно поврзана со психологијата. Од друга страна, невропсихологијата ја проучува поврзаноста помеѓу човечкиот мозок и когнитивните и психолошките функции, додека невромаркетингот го истражува однесувањето на потрошувачите и клиентите од перспектива на мозокот.

Од почетокот во 2005 година, биосензорските истражувања денес доживуваат пропулзивна и силна научна и стручна експанзија. Од првиот биосензор за следење на очи (eye tracking) се развија софтверски и хардверски решенија за редица биосензори: анализа на израз на лице, галванска реакција на кожа, електроенцефалографија (EEG), електрокардиографија (ECG), анализа на респираторен процес, анализа на говор и други. Се отвориј и креираа различни патеки за истражувачите од различни научни дисциплини: информатика, психологија, медицина, економија, безбедност, архитектура, наука за здравје, образование, маркетинг, дигитална и терапевтска медицина, екологија и други. Биосензорските истражувања овозможуваат вакви студии да бидат во чекор со светот што брзо се менува.

Биосензорската технологија нуди два главни пристапи на софтверски производи за олеснување на повеќе различни истражувања: **лабораториски** и **далечински** (lab-based and remote). Секој од овие обезбедува различна насока и патека кон разбирање на човековото однесување со користење иновативна технологија со соодветно ниво на обука и давање услуги.

Во очекување на иднина во која проширена и виртуелната реалност ќе стане составен дел од секојдневниот живот, BCIs најверојатно ќе играат сè поважна улога во создавање повратни информации во затворен круг за генеративна содржина. **Мозок – компјутер интерфејси** се уникатно поставени за да им обезбедат на алгоритмите за вештачка интелигенција (Artificial Intelligence) потребни податоци за одредување на декодирање и време на испорака на одредена содржина. Степенот до кој овие алгоритми се со отворен код може да биде критичен за да се испитаат: **интегритет**, **имплицитна пристрасност** и **конфликт на интереси**.

Користена литература

1. Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. Journal of Personality and Social Psychology, 85(2), 348-362. https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.348
2. Lucas, R. E., & Fujita, F. (2000). Factors influencing the relation between extraversion and pleasant affect. Journal of Personality and Social Psychology, 79(6), 1039-1056. https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.6.1039
3. Canli T, Omura K, Haas BW, Fallgatter A, Constable RT, Lesch KP. Beyond affect: a role for genetic variation of the serotonin transporter in neural activation during a cognitive attention task. Proc Natl Acad Sci U S A. 2005 Aug 23;102(34):12224-9. doi: 10.1073/pnas.0503880102. Epub 2005 Aug 10. PMID: 16093315; PMCID: PMC1189322.
4. Hariri AR, Mattay VS, Tessitore A, Kolachana B, Fera F, Goldman D, Egan MF, Weinberger DR. Serotonin transporter genetic variation and the response of the human amygdala. Science. 2002 Jul 19;297(5580):400-3. doi: 10.1126/science.1071829. PMID: 12130784.
5. Serretti A, Mandelli L. The genetics of bipolar disorder: genome 'hot regions,' genes, new potential candidates and future directions. Mol Psychiatry. 2008 Aug;13(8):742-71. doi: 10.1038/mp.2008.29. Epub 2008 Mar 11. PMID: 18332878.
6. Ozer EJ, Best SR, Lipsey TL, Weiss DS. Predictors of posttraumatic stress disorder and symptoms in adults: a meta-analysis. Psychol Bull. 2003 Jan;129(1):52-73. doi: 10.1037/0033-2909.129.1.52. PMID: 12555794.Psychological Bulletin, 129(1), 52-73.
7. Shin LM, Rauch SL, Pitman RK. Amygdala, medial prefrontal cortex, and hippocampal function in PTSD. Ann N Y Acad Sci. 2006 Jul;1071:67-79. doi: 10.1196/annals.1364.007. PMID: 16891563.
8. Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist, 55*(1), 68–78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68.
9. Bowlby, J. (1969). Attachment and loss: Vol. 1. Attachment. New York: Basic Books.
10. Matsumoto, D. (1990). Cultural similarities and differences in display rules. *Motivation and Emotion, 14*(3), 195–214. https://doi.org/10.1007/BF00995569 Motivation and Emotion, 14(3), 195-214.

11. Markus, H. R., & Kitayama, S. (1991). Culture and the self: Implications for cognition, emotion, and motivation. *Psychological Review, 98*(2), 224–253. https://doi.org/10.1037/0033-295X.98.2.224

12. Bower, G. H. (1981). Mood and memory. *American Psychologist, 36*(2), 129–148. https://doi.org/10.1037/0003-066X.36.2.129.

13. Watson, D., & Pennebaker, J. W. (1989). Health complaints, stress, and distress: Exploring the central role of negative affectivity. *Psychological Review, 96*(2), 234–254. https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.2.234

14. Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). Stress, appraisal, and coping. New York: Springer.

15. McFarland, D. J., Sarnacki, W. A., & Wolpaw, J. R. (2010). Electroencephalographic (EEG) control of three-dimensional movement. *Journal of neural engineering*, *7*(3), 036007.

16. Deuel, T. A., Pampin, J., Sundstrom, J., & Darvas, F. (2017). The Encephalophone: A Novel Musical Biofeedback Device using Conscious Control of Electroencephalogram (EEG). *Frontiers in human neuroscience*, *11*, 213.

17. Lutz, A., Greischar, L. L., Rawlings, N. B., Ricard, M., & Davidson, R. J. (2004). Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America*, *101*(46), 16369-16373.

18. Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D., Senulis, J. A., & Friesen, W. V. (1990). Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology: I. *Journal of personality and social psychology*, *58*(2), 330.

19. Harmon-Jones, E., & Gable, P. A. (2017). On the role of asymmetric frontal cortical activity in approach and withdrawal motivation: An updated review of the evidence. *Psychophysiology*.

20. Grimshaw, G. M., & Carmel, D. (2014). An asymmetric inhibition model of hemispheric differences in emotional processing. *Frontiers in Psychology*, *5*, 489.

21. Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis. *Brain research reviews*, *53*(1), 63-88., O. M., & Vernon, D. (2014). Interpreting EEG alpha activity. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 44, 94-110.

22. Bazanova, O. M., & Vernon, D. (2014). Interpreting EEG alpha activity. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 44, 94-110.

23. Knyazev, G. G. (2007). Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 31(3), 377-395.

24. Aftanas, L., Varlamov, A., Pavlov, S., Makhnev, V., & Reva, N. (2001). Event-related synchronization and desynchronization during affective processing: emergence of valence-related time-dependent hemispheric asymmetries in theta and upper alpha band. *International journal of Neuroscience*, *110*(3-4), 197-219.

25. Aftanas, L. I., Savotina, L. N., Makhnev, V. P., & Reva, N. V. (2004). Event-related synchronization and desynchronization of EEG during perception of emotional stimuli: association with autonomous nervous system activity. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni IM Sechenova*, *90*(11), 1314-1323.

26. Soroko, S. I., Shemyakina, N. V., Nagornova, Z. V., & Bekshaev, S. S. (2014). Longitudinal study of EEG frequency maturation and power changes in children on the Russian North. *International Journal of Developmental Neuroscience*, *38*, 127-137.

27. Nam, C. S., Jeon, Y., Kim, Y. J., Lee, I., & Park, K. (2011). Movement imagery-related lateralization of event-related (de) synchronization (ERD/ERS): motor-imagery duration effects. *Clinical Neurophysiology*, *122*(3), 567-577.

28. Neuper, C., Scherer, R., Wriessnegger, S., & Pfurtscheller, G. (2009). Motor imagery and action observation: modulation of sensorimotor brain rhythms during mental control of a brain–computer interface. *Clinical neurophysiology*, *120*(2), 239-247.

29. Gola, M., Magnuski, M., Szumska, I., & Wróbel, A. (2013). EEG beta band activity is related to attention and attentional deficits in the visual performance of elderly subjects. *International Journal of Psychophysiology*, *89*(3), 334-341.

30. Hanslmayr, S., Aslan, A., Staudigl, T., Klimesch, W., Herrmann, C. S., & Bäuml, K. H. (2007). Prestimulus oscillations predict visual perception performance between and within subjects. *Neuroimage*, *37*(4), 1465-1473.

31. Tallon-Baudry, C., & Bertrand, O. (1999). Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation. *Trends in cognitive sciences*, *3*(4), 151-162.

32. Noachtar, S., & Rémi, J. (2009). The role of EEG in epilepsy: A critical review. *Epilepsy & Behavior*, *15*(1), 22-33. doi: 10.1016/j.yebeh.2009.02.035.

33. Oja, E., Harmeling, S., & Almeida, L. (2004). Independent component analysis and beyond. *Signal Processing*, *84*(2), 215-216. doi: 10.1016/j.sigpro.2003.11.005.

34. Mills, A., Sakai, O., Anderson, S., & Jara, H. (2017). Principles of Quantitative MR Imaging with Illustrated Review of Applicable Modular Pulse Diagrams. *Radiographics*, *37*(7), 2083-2105. doi: 10.1148/rg.2017160099.

35. Jung, B., & Weigel, M. (2013). Spin echo magnetic resonance imaging. *Journal Of Magnetic Resonance Imaging*, *37*(4), 805-817. doi: 10.1002/jmri.24068.

36. Hillman, E. (2014). Coupling Mechanism and Significance of the BOLD Signal: A Status Report. *Annual Review Of Neuroscience*, *37*(1), 161-181. doi: 10.1146/annurev-neuro-071013-014111.

37. Hennig, J., Speck, O., Koch, M., & Weiller, C. (2003). Functional magnetic resonance imaging: A review of methodological aspects and clinical applications. *Journal Of Magnetic Resonance Imaging*, *18*(1), 1-15. doi: 10.1002/jmri.10330.

38. Adam, H., & Galinsky, A. D. (2012). Enclothed cognition. *Journal of Experimental Social Psychology, 48*, 918–925. doi:10.1016/j.jesp.2012.02.008.

39. Alexander, R. J. (2001). *Culture and pedagogy: international comparisons in primary education*. Oxford: Blackwell.

40. Anderson, B. L., & Winawer, J. (2005). Image segmentation and lightness perception. *Nature, 434*, 79–83. doi:10.1038/nature03271. **Article Google Scholar .**

41. Ayres, P. (1993). Why goal-free problems can facilitate learning. *Contemporary Educational Psychology, 18*, 376–381. doi:10.1006/ceps.1993.1027. **Article Google Scholar .**

42. Ayres, P., & Paas, F. (2012). Cognitive load theory: new directions and challenges. *Applied Cognitive Psychology, 26*, 827–832. doi:10.1002/Acp.2882. **Article Google Scholar** .

43. Bar-Anan, Y., Liberman, N., & Trope, Y. (2006). The association between psychological distance and construal level: evidence from an implicit association test. *Journal of Experimental Psychology, 135*, 609. doi:10.1037/0096-3445.135.4.609. **Article Google Scholar .**

44. Beer, R. D. (2000). Dynamical approaches to cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 91–99. doi:10.1016/S1364-6613(99)01440-0. **Article Google Scholar.**

45. Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*, 1860–1863. doi:10.1073/pnas.0910967107. **Article Google Scholar.**