МЕЃУНАРОДЕН СЛАВЈАНСКИ УНИВЕРЗИТЕТ

„ГАВРИЛО РОМАНОВИЧ ДЕРЖАВИН“

СВЕТИ НИКОЛЕ – БИТОЛА

РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА



ФАКУЛТЕТ ЗА ИНФОРМАТИКА

СТУДИСКА ПРОГРАМА: СОФТВЕРСКИ ТЕХНОЛОГИИ

МАГИСТЕРСКА РАБОТА

АНАЛИТИЧКИ МОЖНОСТИ НА БИОСЕНЗОРСКИ СИСТЕМИ И НИВНА ПРИМЕНА

СТУДЕНТ: ДАНИЕЛА УСТАПЕТРОВА

БРОЈ НА ИНДЕКС: M189004

МЕНТОР: Д-Р САШО МАНАСОВ

Свети Николе, 2021

СОДРЖИНА

ВОВЕД 3

Биосензорски системи и нивни аналитички можности 12

Системи за следење на очи 13

Технологија 13

Метрика за следење на очи: Eye tracking податоци 14

Топлински мапи (Heat maps) 15

Области на интерес (Areas of Interest - AOI) 16

Низи на фиксација 16

Време на прва Фиксација (Time to First Fixation - TTFF) 17

Потрошено (поминато) време (Time spent) 18

Број на испитаници 18

Големина/ проширување на зеницата (Pupil size / dilation) 19

Мобилен систем за следење на очи 21

Трендови во далечинско следење на очи 22

Аналитички способности на eye-tracking 23

Предности на биосензорски пристап 26

Собирање податоци за да ни помогне да го привлечеме вниманието на нашиот потрошувач 27

Анализа на израз на лице 29

Технологија за анализа на израз на лице 30

Излезни податоци и визуелизација 31

Анализа на израз на лице - валентност 35

Галвански одговор на кожа (Galvanic Skin Response - GSR) 35

Анализирање на GSR податоци 38

Надополнување на GSR биосензорот со други биосензори 44

Електроенцефалографија (**EEG - Electroencephalography**) 47

EEG и мултисензорски истражувања 75

Електромиографски сензори (EMG) 78

Моќта на мултисензорско (биосензорско) истражување 80

Прилог. Истражувачки проект 83

Методологија 84

Поставување на тест (Test Setup) 87

ЗАКЛУЧНИ СОГЛЕДУВАЊА 98

Користена литература 101

ВОВЕД

Стотици години луѓето се обидуваат да разберат како донесуваме одлука (или како треба да донесуваме). Деценски истражувања покажаа дека голем дел од нашата ментална обработка се случува на потсвесно ниво, вклучувајќи ја и одлуката што ја преземаме како потрошувачи. Овие потсвесни процеси објаснуваат зошто толку често не успеваме прецизно да го предвидиме сопствениот иден избор[1]. Честопати, она што мислиме дека го сакаме има мала или никаква врска со изборот што всушност го правиме. "**Потрошувачка неврологија**" ("Consumer neuroscience") е нов пристап во рамките на истражувањата на потрошувачите, кој брзо се разви, чија цел е да го подобри разбирањето на однесувањето на потрошувачите користејќи увид и методи од неврологија. Со цел да се цени вредноста на комбинација на неврологија со потрошувачка психологија (consumer psychology), важно е да се разбере широкиот спектар на увид достапен од когнитивната неврологија.

Когнитивна неврологија е научна област за мозочниот систем што сака да ја разбере биолошката основа на однесувањето. Во когнитивна неврологија, главната разлика е помеѓу клиничко и неклиничко истражување. Првиот, познат како неврологија, ги проучува пациентите и како нарушувањата (дистракциите) на нервниот систем, траумата, туморите и повредите влијаат на нивното спознавање, емоции и однесување во споредба со здрави популации на субјекти. Навистина, невромаркетингот може да се дефинира како "поле на студии што применува методологии на неврологија за да го анализира и разбере пазарот и економските размени поврзани со човековото однесување"[2]. Оттука, невромаркетингот е поврзан со маркетингот, бидејќи невропсихологијата е поврзана со психологијата. Дополнително, невропсихологијата ја проучува врската помеѓу човечкиот мозок и когнитивните и психолошките функции, додека невромаркетингот го истражува однесувањето на потрошувачите од перспектива на мозокот[3].

Традиционалните техники овозможуваат мерење на когнитивни и емоционални искуства само како вербално изразени на свесно ниво за време на интервју. Наместо тоа, со

[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

употреба на техники за снимање на мозокот, може да се разликуваат несвесни состојби поврзани со процеси кои имаат клучно влијание врз однесувањето, интегрирајќи го она што може да се најде со вербални или писмени декларации. Затоа, невромаркетингот е важно и револуционерно поле на маркетинг истражување, а исто така е дефинирано како "трета димензија"[4] од него. Денес невромаркетингот добива силно внимание во корпоративниот свет.



Слика. Невромаркетинг. Извор: iMotions

Голем дел од човековото однесување е водено од несвесни процеси. Деценски истражувања покажаа дека голем дел од нашата ментална обработка се случува на потсвесно ниво. Ова може да се подобри со користење апликативен интеграбилен софтвер кој им дава на истражувачите пристап до емоционални, когнитивни и бихејвиорални податоци (податоци за човековото однесување). Ваков софтвер интегрира и синхронизира повеќе БИОМЕТРИСКИ СЕНЗОРИ кои овозможуваат различен увид на човечки психо-физиолошки појави.

Денешните современи размислувања одат во насока како можат да се применат валидни невролошки техники за да се проучи како луѓето реагираат на опкружување во виртуелна реалност - целосно формирани во светот на истражувањето. Денешните прашања се изградени врз основа на деценско академско истражување и истражување во реалниот

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

маркетинг, што обезбеди заштитни шини за тоа што може (и не може!) валидно да се измери во определен моментот од потрошувачите.

Како неврологијата може да предвиди какви производи за широка потрошувачка ќе купат луѓето? Денес постојат повеќе начини за користење разни невролошки алатки кои помагаат да се разбере човечкото емоционално искуство. Многу е значајно да се одреди што ги мотивира потрошувачите – отклучување на моќта за да се разбере однесувањето на купувачите. Нашиот свет и нашите процеси на донесување одлуки стануваат сè посложени. На лидерите на брендовите им требаат повеќе информации за основните когнитивни процеси и емоции кои влијаат на однесувањето на потрошувачите. Со НЕВРОМАРКЕТИНГ може да се направи јасен чекор кон објективно разбирање што навистина го поттикнува искуството за купување и одлуките за купување. Оваа нова филозофија им помага на големите брендови да имаат здрави потрошувачи (пример: Deloitte, BMW, P&G - Procter & Gamble Company, Unilever, Expedia, Amazon, Apple …).

Податоци за однесувањето на луѓето се нова нормалност, тоа е технологија која ги забрзува истражувањата за препознавање емоции. Софтверот за невромаркетинг истражувања е неверојатно корисна алатка за кодирање и опишување на однесувањето на потрошувачите и нивните емоционални реакции на точен и квантитативен начин. Обезбедува мултисензорна интеграција во една единствена платформа, така што лесно може да се синхронизираат повеќе текови на податоци: Следење на очите (Eye Tracking), EEG (електроенцефалографија), електродермична активност (Electrodermal Activity) и анализа на изразување на лицето (Facial Expression Analysis), со презентација на стимули во скоро било каква форма, од слики, видеа и веб-страници, до поставки во реалниот свет, VR (virtual reality) (виртуелна реалност) опкружување, симулации и пошироко. Потоа, можат да се анализираат сите податоци за однесувањето на едно место со напредни алатки за анализа, како автоматско мапирање на погледот (automated gaze mapping), откривање врв (peak detection), откривање на фиксација (fixation dete-ction) и фронтална асиметрија (frontal asymmetry).

Во последните 10-тина години силно се развива нова научна област “НЕВРОМАРКЕТИНГ”, позната и како потрошувачка неврологија, која го проучува

мозокот за да го предвиди однесувањето и донесувањето одлуки на потрошувачите. Накратко, потрошувачка неврологија претставува примена на невролошки методи за разбирање на однесувањето на потрошувачите, со цел подобро да се разбере како тие донесуваат одлуки што можат да доведат до набавки. За истражувачи на маркетингот се отвораат големи можности и сознанија. Невробиологијата може да помогне да се разбере однесувањето на потрошувачите.

"Невромаркетингот" се заснова на мерење на физиолошки и мозочни сигнали за да се добие увид во мотивациите, преференциите и одлуките на клиентите, што може да помогне во развивање на креативно рекламирање, развој на производи, ценовна стратегија и други области на маркетингот. Скенирањето на мозокот, кое мери мозочна активност и физиолошко следење со користење биосензори, се најчести методи за мерење.

Нема сомнение дека:

- Оценувањето на преференциите на потрошувачите и
- Обезбедување убедлива комуникација се клучни елементи во маркетингот.

Иако традиционалната самоевалуација (анкетирање) и прашалници може да бидат алатки за да се добие увид во ставовите и свесноста на испитаниците, тие може да бидат ограничени во добивање емотивни одговори, непристрасни од самосвеста и социјалната посакуваност. Биосензорите нудат начин да ја пополнат таа празнина.

Алатките за невромаркетинг се применуваат секојдневно во широк спектар на користени случаи: Видео рекламирање, возење и искуство во возило, сензорни проценки, искуства на купувачи и многу други. Заедничко за сите овие случаи на употреба е, сепак, дека сите тие се обидуваат да ја постигнат истата цел: **Да се разбере подобро зошто луѓето се однесуваат на начин на кој се однесуваат**.

Во последниве години се забележува пораст на способностите на невролозите да ја проучуваат мозочната активност 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 истражување на

потрошувачите. Навистина, традиционалните методи за собирање податоци имаат некои ограничувања и се критикуваат затоа што не откриваат точни резултати. Некои студии ја стават стапката на неуспех на нови производи на 90%[5]. Ова дава индиции дека традиционалните маркетинг студии спроведени пред лансирањето на производите не даваат сигурни, валидни и генерализирани резултати.

Со користење на биосензори може да се разбере како умот, мозокот и телото комуницираат. Биосензорите даваат пристап до инаку скриени процеси. Овие реакции се основа на голем дел од нашето донесување одлуки и од нашето резултантно однесување.

Често прашање што се поставува: "Дали биосензорите можат да направат подобра работа за мерење на човековото однесување отколку традиционалните истражувачки методи? Наместо да размислуваме за биосензори како замена за нашите сегашни методи на истражување, треба да ги гледаме биосензорите како додаток на традиционалните методи. Биосензорите можат да додадат дополнителен слој на сеопфатност, дозволувајќи ни да поставуваме нови прашања и да го однесеме нашето истражување чекор понатаму.

На пример, испитаниците не се секогаш искрени и врз нивните перцепции може да влијае како е поставено прашањето. Она што излегува од нашите усти не е секогаш совршена изведба на она што се случува во нашите мозоци. Предвидливата моќ на податоците од мозокот неврологот од Stanford универзитетот Brian Knutson ја нарекува "невропрогноза" ("neuroforecasting").

Современа компјутерска опрема (софтвер и хаедвер) се користи на **50%** од водечките светски универзитети ѝ им помага да останат на врвот. Софтверот за истражување на човечкото однесување (human behavior research software) е дизајниран да помогне во создадеме посилно разбирање за тоа како луѓето дејствуваат, размислуваат, чувствуваат и перципираат.

Истражување со **биосензор** може да се дефинира како метод за истражување на **потсвесни сигнали** од телото, за откривање на инаку скриени карактеристики поврзани со

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

емоции, внимание, сознание (когницијa) и физиолошка возбуда. Истражување со биосензор користи сензори кои се дизајнирани да мерат и снимаат различни сигнали што ги произведува нашето тело, од изрази на лицето и движења на очите, до срцев ритам, мозочни сигнали и многу повеќе. Ние потсвесно ги произведуваме овие сигнали цело време. Кога гледаме стимул, како што е слика или реклама, на пример, нашите очи се фокусираат на разни детали и изразот на лицето може да се промени. Дополнително, електричната активност генерирана низ нашата кожа се прилагодува како одговор, а мозочната активност може да биде променета. Сите овие сигнали раскажуваат длабока приказна за физиолошкиот одговор на стимулот и може да се измерат со биосензори. Стимул се однесува на сè што доведува до сензорска реакција или однесување во организмот. Секој материјал или предмет прикажан на учесник се смета за стимул. Може да биде слика, видео, мирис, музичко парче, итн.

Традиционалните методи кои долго време се користат за истражување на човековото однесување се фокусираат на пристапот на одговор на прашање (questionanswer approach) (било да е тоа со анкети, прашалници или преку едноставно набљудување). Иако овој пристап може да генерира голем увид, на моменти може да недостасуваат квантитативни и објективни податоци потребни за поддршка или побивање на изнесените тврдења. Постојат различни причини зошто пристапот на прашање-одговор има свои недостатоци. Таквите методи се склони кон пристрасност, со испитаници кои не сакаат или не можат да го кажат своето мислење. Дури и кога испитаниците се обидуваат да бидат целосно отворени и искрени, во игра се **потсвесни** пристрасности и разни други фактори кои можат да го променат нивниот одговор. Со обезбедување метод за мерење на потсвесните мисли и чувства на испитаник, овие фактори можат да се квантифицираат, споредуваат и искористат за да се направат заклучоци што можат да ги поддржат или побијат оригиналните хипотези. Секој биосензор обезбедува различен и колаборативен елемент во такво разбирање.

Многу фактори можат да влијаат на однесувањето на човекот, и овие фактори создаваат несигурност или варијабилност во начинот на постапување на луѓето. Целта на мултиначинско истражување е да се објасни што е можно повеќе за таа варијабилност. Традиционалните методи и биосензорските методи можат да се надополнуваат со одговарање на различни видови прашања во врска со психолошкото и физиолошкото

патување на една личност во однос на одреден стимул или искуство. Традиционалните методи можат да одговорат на прашања како што се:

- Зошто луѓето веруваат дека реагираат на одредени стимули, а не на други?
- Зошто луѓето веруваат дека претпочитаат еден стимул, а не друг?
- На што луѓето свесно се сеќаваат за некое минато искуство?

Додека овие традиционални методи можат да обезбедат субјективни извештаи за некое искуство, биосензорните методи додаваат ниво на објективност на анализите на истражувачите. Со биосензорски мерења, може да се добие увид во куриозитети како што се:

- На што луѓето имаат когнитивно-емоционални реакции?
- Колку се интензивни такви одговори?
- Колку често се случуваат такви одговори?
- Што отворено се забележува, а што се игнорира или пропушта?
- Кои се основните биолошки механизми што можат да поттикнат одредени однесувања?

Техниките на невромаркетинг најчесто се користат во областите за комуникација и рекламирање. Употребата на овие технологии овозможува да се идентификуваат рекламните елементи што предизвикуваат позитивни чувства и кои се одликите што не треба да бидат присутни во комуникацијата бидејќи може да предизвикаат аверзија на потрошувачите кон производите. Тие исто така овозможуваат избор на визуелни и аудио одлики, како и тајминг и избор на соодветни медиуми. Покрај тоа, невромаркетингот има способност да ги идентификува потребите на потрошувачите и, според тоа, да развива покорисни и попријатни производи[6]. Придонесот на невромаркетингот исто така помага во подобрување на стратегиите за брендирање или позиционирање на брендот. Невромаркетингот има можност да ги прилагоди стратегиите за цени и развој на производи,

[6]Z. Eser et al., "**Perceptions of marketing academics, neurologists and marketing professionals about neuromarketing**", Journal of Marketing Management, 2005.

како што покажаа неколку истражувачи[7]. Невромаркетингот има огромен потенцијал да ги идентификува причините за нарушувања во набавката, како што е присилност и да развие поефикасни социјални кампањи, како што е охрабрување за употреба на безбедносни ремени во автомобили и за кампањи против пушење.

Современите потрошувачи се разликуваат од минатото и, секако, се разликуваат од тоа како ќе бидат идните. На ист начин, сегашниот пазар е фундаментално различен поради големите општествени сили што резултираа со многу нови потрошувачи и можности на компаниите. Овие сили создадоа нови можности и предизвици и значително го променија управувањето со маркетингот, бидејќи компаниите постојано бараат нови начини да се постигне одличен маркетинг. **Учењето за потрошувачите** е клучот за спроведување на концептот за маркетинг и вежбање на маркетинг фантазија (имагинација)[8].

Напредокот во технологијата за невровизуелизација доведе до експлозија во бројот на истражувачки студии што го проучуваат живиот човечки мозок, со што се развива разбирањето на неговите структури и функции. Со експлозијата на импресивни слики од скенирање на мозокот и во научните и во популарните медиуми, истражувачите од други области во општествените и бихевиоралните науки природно стануваат заинтересирани за примена на невровизуелизацијата на нивните сопствени истражувања. Можноста "**да се влезе во главата**" на клиентите предизвика зголемен интерес кај комерцијалните претпријатија за откривање на реалните потреби од нив и предлагање на производи или услуги што ги исполнуваат нивните специфични желби и потреби. Но, многу е важно да се нагласи дека, со техниките на невромаркетинг, компаниите имаат "само" можност:

- Подобро да го разберат однесувањето на потрошувачите и
- Кои се процесите што се во основата на процесот на донесување одлуки.

Daniel Kahneman, кој во 2002 година ја доби Нобеловата награда за интеграција на напредокот во психолошките истражувања во економската наука, ја анализира

[7]V.C.R. Fortunato et al., "**A review of studies on neuromarketing: practical results, techniques, contributions and limitations**", Journal of management research, 2014.
[8]N. Lee et al., "**What is neuromarketing? A discussion and agenda for future research",** International Journal of Psychophysiology, 2007

комплексноста на размислувањето на луѓето (complexity of people's reasoning) при донесување на економски одлуки и покажа дека кога луѓето избираат, тие не го прават тоа секогаш објективно. Во својата книга "Размислување, брзо и бавно" (Thinking, Fast and Slow)[9] тој опиша како различни системи на размислување можат да влијаат врз проценката кога луѓето донесуваат одлуки. Разликата помеѓу "брзото" и "бавното" размислување е истражувана од многу психолози во последните 20 години. Kahneman не го измисли моделот Систем 1 - Систем 2 на мозочните процеси, но неговата работа во последните неколку децении го популаризираше како една од најкорисните сеопфатни рамки за разбирање како работи човечкиот мозок и, особено, како несвесните и свесните делови на умот работат заедно. Систем 1 и Систем 2 се неутрални поими кои опишуваат два различни системи за сетилна обработка и донесување одлуки во мозокот. Системот 1 е брз, автоматски и е надвор од нашата контрола на одлучување. Системот 2 е бавен, доброволен и под наша контрола. Овој модел е клучот за да се разбере зошто традиционалното истражување како интервјуа, фокус групи и анкети е изложено на ризик од пристрасност и зошто невромаркетингот се појави како алтернатива и интегратор за нив. Традиционалното маркетинг истражување се заснова на Систем 2 поглед на мозокот, под претпоставка дека потрошувачите секогаш имаат пристап до нивните ментални состојби и дека можат точно да опишат што сакаат и зошто избираат производи и / или услуги. Наместо тоа, невромаркетингот се појави затоа што, преку неврометриски алатки, научниците можат да понудат нови истражувачки методи кои исто така можат да ги измерат процесите на Систем 1 и да обезбедат нови согледувања за да разберат како и зошто потрошувачите реагираат на маркетинг стимулите и комуницираат на пазарот.

Покрај тоа, од когнитивната психологија знаеме дека и емоциите играат важна улога во мемориските процеси: емоциите можат да ни помогнат да научиме и да запомниме[10]. Потрошувачите повеќе не се сметаат за целосно рационални затоа што емоциите и несвесните и автоматските процеси играат централна улога во генерирањето на однесувањето[11]. Затоа, овие претходни истражувања покажаа дека луѓето не се совршено

[9]D.Kahneman and P. Egan, "**Thinking, Fast and Slow**", New York, 2011.
[10]S. Erk et al., "**Emotional context modulates subsequent memory effect**", Neuroimage, 2003.
[11]C.Camerer et al., "**Neuroeconomics: how neuroscience can inform economics**", Journal of Economic Literature, 2005.

рационални во донесувањето одлуки. Затоа, предизвикот лежи во тоа како да се користат невролошките алатки за откривање на мозокот или физиолошките инстинктивни реакции за да се земат предвид нивните ефекти и да се дефинираат најдобрите стратегии за да се постигнат подобри потреби на потрошувачите. На таков начин, невромаркетингот е возбудливо ветување за маркетинг еволуција во иднина и во моментов.

Биосензорски системи и нивни аналитички можности

Потрагата да се разбере човечкото однесување е огромен дел од научни студија, од експерименти во психологија до истражувања на потрошувачи и многу подалеку. Додека многу од овие полиња на студии традиционално користат директен пристап на прашање и одговор, вистински напредок е направен со длабински истражувања. Истражувањето засновано на биосензор обезбедува најбрз и достапен пат за разбирање како некој мисли, постапува и чувствува. Оттука, најдобар достапен метод за разбирање на човековото однесување не е единствен пристап, туку комбинација на методи кои ги интегрираат најдобрите делови од секој, обезбедувајќи точен и холистички поглед.

Со користење мерења на процеси во човечкото тело, може објективно да се измери како тие влијаат на однесувањето на човекот. Од ова, можеме да разбереме што предизвикува одредени активности и со сигурност да предвидиме кога таа акција ќе се повтори.

Мерењата се **непристрасни** и **доследни**, што ги прави робусни индикатори на процесите на однесување. Бидејќи собирањето податоци со биосензор се состои од физиолошки мерења, тие обезбедуваат **нефилтриран** прозорец за тоа како индивидуата реагира на стимули или настани во неговата околина.

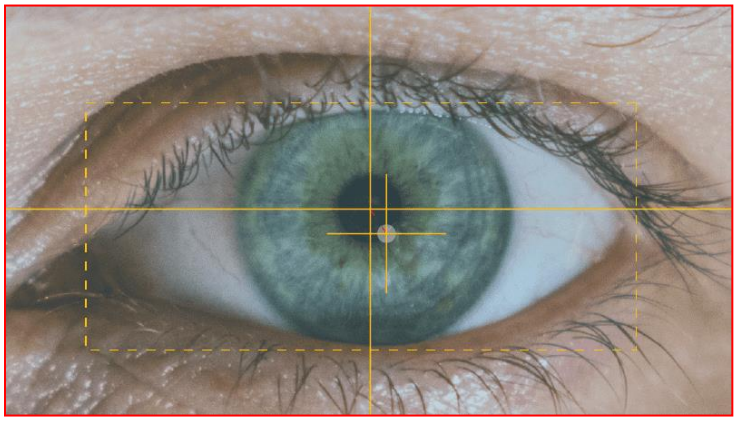
Анкетите и фокус групите се централен дел од истражувањето на човековото однесување со децении и се вредни по тоа што даваат одговори за свесниот процес на размислување на поединецот и причините за неговите постапки. Ова може да биде вредна информација, во зависност од нашето истражувачко прашање.

Системи за следење на очи

Едноставно, следењето на очите се однесува на мерење на активноста на очите. Поконкретно, следењето на очите го опишува снимањето на позицијата и движењето на окото во околина заснована на оптичко следење на рефлексиите на рожницата за да се процени визуелното внимание. Иако идејата за следење на очите е јасна, технологијата што стои зад тоа може да ни изгледа како прилично сложена и недостапна.

Технологија

Повеќето современи тракери за очи користат блиска - инфрацрвена технологија заедно со камера со висока резолуција (или друг оптички сензор) за следење на насоката на погледот (to track gaze direction). Основниот концепт, обично се нарекува Центар на зеница со рефлексија од рожницата (PCCR - Pupil Center Corneal Reflection) е всушност едноставен. Во суштина вклучува камера да го следи центарот на зеницата, и каде што светлината се рефлектира од рожницата. Слика за тоа како изгледа ова е прикажано долу. Зад ова стои сложена математика.



Слика. Светлината што се рефлектира од рожницата и центарот на зеницата, се користат за информирање на тракерот за очи за движењето и насоката на окото

*Зошто слики **со инфрацрвен спектар?***

Точноста на мерењето на движењето на очите во голема мера се потпира на јасна демаркација на зеницата и детекција на рефлексија на рожницата. Видливиот спектар веројатно ќе генерира неконтролирана спекуларна рефлексија, додека го осветлува окото

со инфрацрвена светлина - што не е воочливо за човечкото око, го прави обележувањето на зеницата и ирисот лесна задача, додека светлината директно влегува во зеницата, тоа само се одразува од ирисот. Ова значи дека тоа јасно се рефлектира (со мал шум) и може лесно да се следи.

Зошто некои производи остваат впечаток на клиентите, додека кај други едноставно не? Следењето на очи стана популарна, сè поважна алатка во истражување на пазарот. Многу водечки брендови активно го користат следењето на очите за:

- Да го проценат **вниманието на клиентот** кон клучни пораки и рекламирањето.
- Да се проценат **перформансите на производите**.
- Да се процени **дизајнот на производите** и **пакувањето**.
- Да се процени **целокупното искуство на клиентите**.

Метрика за следење на очи: Eye tracking податоци

Разбирање на резултатите

Следењето на очите овозможува **да се измери визуелното внимание** како ниедна друга метрика, која објективно следи **каде**, **кога** и **што гледаат луѓето**.

Точки на фиксација и поглед

Без сомнение, поимите **фиксација** (fixation) и **точки на поглед** (gaze points) се најистакнати метрики во литературата за следење на очите.

Точки на поглед (Gaze points) ја сочинуваат основната единица мерка - една точка на погледот е еднаква на еден суров примерок заробен од тракерот за очи. Математиката е лесна: Ако тракерот за очи мери **60** пати во секунда, тогаш секоја точка на погледот претставува шеесетти дел од секунда (или **16,67** милисекунди).

Ако серија точки на поглед се наоѓаат блиску во времето и опсегот, добиениот кластер на поглед означува **фиксација** (fixation**), период во кој нашите очи се заклучени**

кон одреден предмет. Типично, **времетраењето на фиксацијата** е **100 - 300** милисекунди.

Движењата на окото помеѓу фиксациите се познати како сакади (saccades). Кои се тие точно? Кога читаме книга, на пример. Додека читаме, нашите очи не се движат непречено преку линијата, дури и ако го доживуваме тоа така. Наместо тоа, нашите очи скокаат и паузираат, а со тоа генерираат (се создаваат) огромен број дискретни низи. Овие низи се нарекуваат сакади.

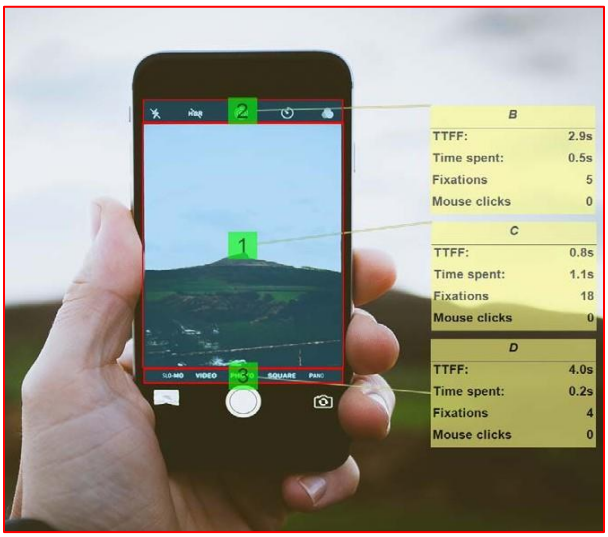
Топлински мапи (Heat maps)

Топлинските мапи се статички или динамички агрегации на точки на поглед и фиксации кои откриваат дистрибуција на визуелно внимание. Следејќи лесна за читање шема кодирана во боја, топлинските мапи служат како одличен метод за да се визуелизира кои елементи на стимулот можат да привлечат внимание со црвени области што сугерираат голем број на точки на погледот (а со тоа и зголемено ниво на интерес), и жолто и зелените области што покажуваат помалку точки на погледот (и затоа помалку ангажиран визуелен систем). Областите без боење веројатно воопшто не биле посетувани.



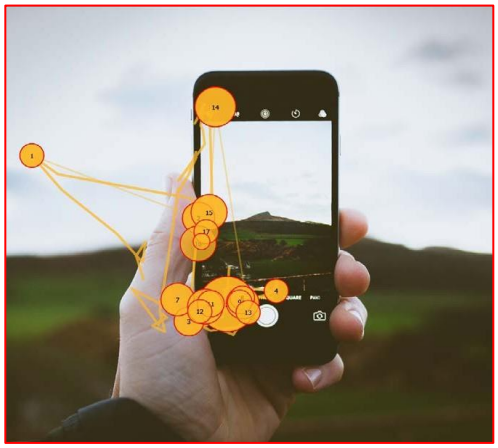
Области на интерес (Areas of Interest - AOI)

Области на интерес, исто така наречени AOI, се кориснички дефинирани по-дрегиони на прикажан стимул. Извлекувањето метрики за одделни AOI може да ни се најде при проценка на перформанси на две или повеќе специфични области во исто видео, слика, веб-страница или интерфејс на програма. Ова може да се направи за да се споредат групи учесници, услови или различни карактеристики во иста сцена.



Низи на фиксација

Врз основа на **позицијата на фиксација (каде?)** и **информации за времето (кога?)** може да генерираме **низа за фиксирање**.



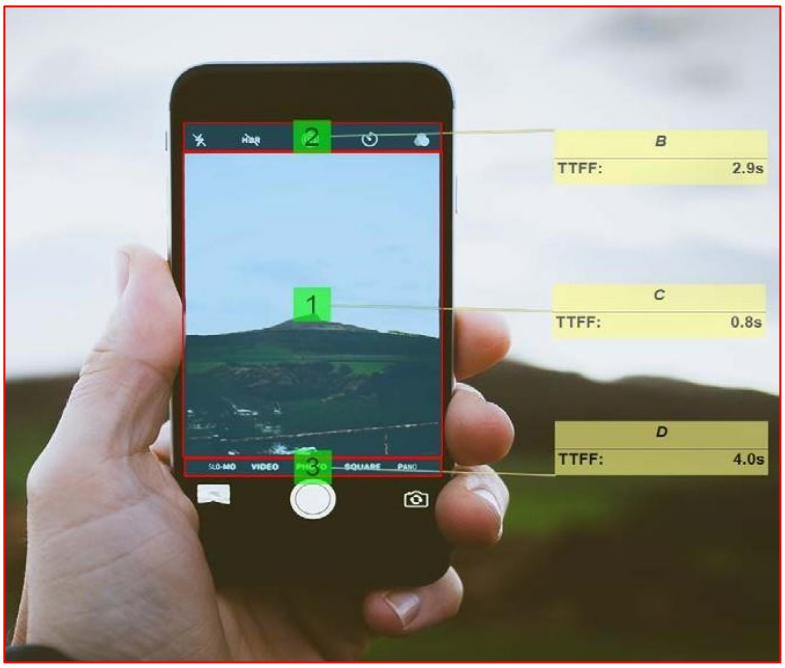
Ова зависи од тоа:

- Каде испитаниците гледаат.
- Колку време поминуваат во гледање.
- Дава увид во редоследот на внимание, кажувајќи каде испитаниците погледнале прв, втор, трет пат итн.

Ова е најчесто користена метрика во истражувања за следење на очите, бидејќи ги рефлектира истакнатите елементи (елементи што се издвојуваат во однос на осветленоста, нијансата, заситеноста и сл. - brightness, hue, saturation etc.) на екранот или околината што веројатно ќе привлечат внимание.

Време на прва Фиксација (Time to First Fixation - TTFF)

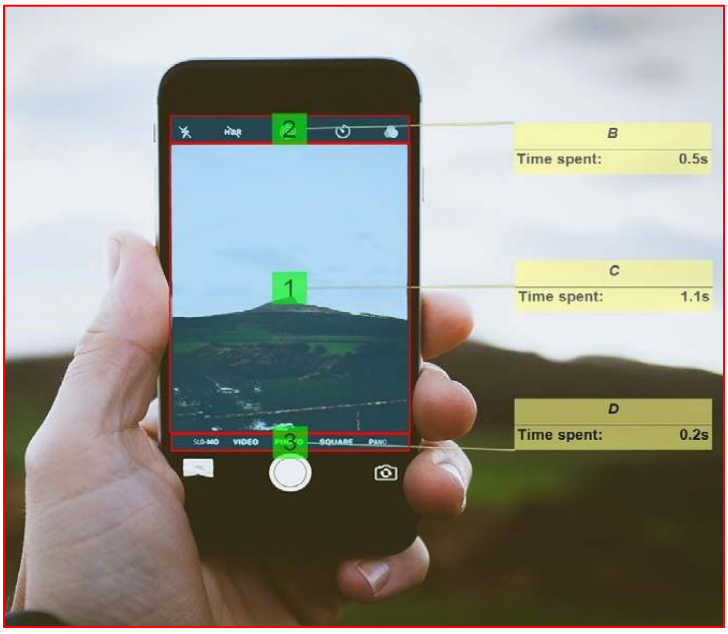
Време на прва фиксација го означува времето што на испитаникот му е потребно за да погледне специфична **АОИ** (област на интерест) од почетокот на стимулот.



TTFF може да укаже и на пребарувања управувани од стимул од долу нагоре (светлечка реклама на компанијата што привлекува внимание, на пример), како и пребарувања насочени од горе надолу (испитаниците активно одлучуваат да бараат одредени елементи или области на веб-страница, на пример). TTFF е основна, но сепак многу вредна метрика во следењето на очите.

Потрошено (поминато) време (Time spent)

Времето поминато ја квантифицира количината на време кое испитаниците го поминале гледајќи одредена област на интерес (AOI). Бидејќи испитаниците треба да комбинираат (мешаат) други стимули во визуелната периферија кои можат да бидат подеднакво интересни, времето потрошено честопати укажува на мотивација и свесно внимание (продолжено визуелно внимание - во одреден регион јасно укажува на високо ниво на интерес, додека пократки времиња покажуваат дека други области на екранот или во околината може да бидат попривлечни).



Број на испитаници

Бројот на испитаници опишува колку од нашите испитаници всушност го воделе нивниот поглед кон одредена област на интерес (AOI). Поголем број покажува дека широко се следи стимулот, додека мал број покажува дека малку внимание се посветува на него.



Пример (од сликата): 34/51 значи дека 34 испитаници од вкупно 51 испитаници посветиле внимание на точно одредена област од интерес.

Големина/ проширување на зеницата (Pupil size / dilation)

Зголемувањето на големината на зеницата се нарекува дилатација на зени-цата, а намалувањето на големината се нарекува стегање на зеницата.

Големината на зеницата првенствено реагира на промени во светлината (амбиентална светлина) или на стимулансен материјал (на пример, видео стимул). Меѓутоа, ако експериментот може да претставува светлина, други атрибути може да се изведат од промените кај големината на зеницата. Две вообичаени својства се:

- Емоционалната возбуда (се однесува на количината на емоционална ангажираност) и
- Когнитивен обем на работа (што се однесува на тоа какво ментално оданочување е стимулот).

Во повеќето случаи, одговорите на зеницата се користат како мерка за емоционална возбуда. Сепак, треба да се биде внимателен со прекумерни достигнувања на заклучоци

само како одговори на зеницата – да не се даваат индикации за тоа дали се јавува возбуда од позитивен (“yay“!) или негативен стимул (“nay!“).



Што недостасува – она што следењето на очите не може да го открие

Следењето на очите сепак не може самостојно да открие:

- Зошто поединец погледнал одреден визуелен елемент?
- Како тие се чувствувале кога гледале визуелна сцена?

Со еволуцијата на компјутерската технологија, следењето на очите стана неинтрузивна (non-intrusive), достапна и лесна за употреба алатка во истражувањето на човековото однесување кое овозможува мерење на визуелното внимание, бидејќи објективно следи каде, кога и што гледаат луѓето.

Со оглед на леснотијата на примена и мерење, не е ни чудо што технологијата за следење на очите наоѓа зголемена популарност меѓу рапидно растечката разновидност на академски и комерцијални дисциплини.

Мобилен систем за следење на очи

Следењето на очите е најдостапен хардвер веќе некое време, а неговата видливост на пазарот постојано се зголемува. Сé повеќе истражувачи споделуваат **множества податоци** (data sets), методологии и соработуваат за подобрување на податоците и ги стандардизираат техниките за следење на очите.

Глобалниот **пазар за следење на очите** се очекува да порасне од **368 милиони** УСД во 2020 година на **1,75 милијарди** УСД до 2025 година (Grandview-research).

Најголемата област на раст во однос на следењето на очите до 2020 година беше во истражувањето на однесувањето на потрошувачите, првенствено во мобилно следење на очи со модалитетот што se гледа во зголемена побарувачка во малопродажната сфера, конкретно во секторот FMCG. Овој раст значи дека спроведувањето студии со наочари за следење на очи во малопродажни средини, како продавници, станува сè поинтензивно и повеќе не се смета дека е пред кривата (Marketsandmarkets.com).

Софтверот за следење на очи исто така се очекува да расте, особено за тестирање на однесувањето на потрошувачите и за истражување и развој на производи за подобро разбирање на преференциите на потрошувачите.



Трендови во далечинско следење на очи

Екранското истражување за следење на очи се применува во поголем опсег на апликации во академска и комерцијална сфера низ следниве полиња:

- Образование.
- Тренинг за возење и перформанси.
- Здравје.
- Е – трговија.
- Игри на среќа.

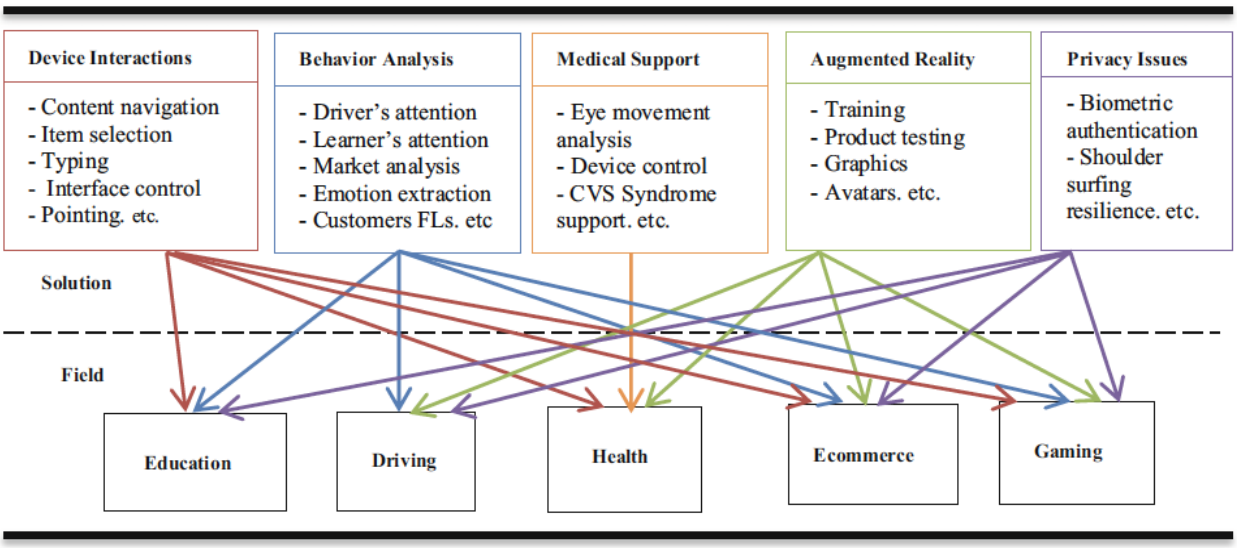


Fig. 7. Classification of current eye solutions across fields

Слика: Source: Advances in Intelligent Systems and Computing (Book) – Shehu, I. Wang, Y. Athuman, A. Fu, X. 2020, "Paradigm Shift in Remote Eye Gaze Tracking Research: Highlights on Past and Recent Progress" Springer Press, Switzerland, Pp: 171. (Article)

Истражувањето направено со следење на очите дава непосреден увид во однесувањето на корисникот, а мерењата на визуелното внимание и она што луѓето го забележуваат и ангажираат на екраните или во светот е непроценлив извор. Ова е често

огромна предност при правењето подобрувања во интеракции со уредите, анализа на однесувањето, медицинска поддршка и дизајнот на игри за забава сето тоа собрано под терминот на дизајн дизајниран кон човекот.

Горенаведениот инфографик го потенцира појавниот тренд на комбинирање на хардвер за следење на очите со други модалитети како што се EEG, Анализа на израз на лице и GSR, во рамките на гореспоменатите полиња за оптимизирање на дизајни благодарение на поцелосно разбирање на човековото однесување. Telehealth, E-learning и e-Commerce исто така се забрзаа во изминатата година, што доведе до поголема потреба за интегрирани анализи на интеракција меѓу човек и компјутер.

Проширувањето на постојните истражувачки полиња како Интернет на нешта (IoT - Internet of Things), автомобилска безбедност, автономни возила, медицински помагала и UX засновани на производи и мрежи со нови и иновативни пристапи кон истражување и методологии ни дава индикација за тоа кон што eye tracking истражувањето ќе се придвижи оваа година и во блиска иднина.

Вреди да се има на ум дека огромно мнозинство и од хардверот и софтверот за следење на очи е развиен единствено за истражување и тестирање на дизајн насочен кон човекот. Ова укажува дека, со глобалните инвестиции што моментално се прават на терен, новите трендови што ги гледаме денес се подготвуваат значително да растат во текот на следните години.

Аналитички способности на eye-tracking

Следењето на очите е во голема мерка користено во рекламирањето и претпочитањето (преференциите) на потрошувачите, но сега станува сè попопуларно во интеракција компјутер-човек, употребливост, здравствена заштита и автомобилски транспорт, што доведува до иновативни мултимодални истражувања во рамките на овие дисциплини.

Како да се направи тестирање на производ: Тестирање на полица во продавница

Ако сакаме да го подобриме искуството на потрошувачите во продавница, треба:

- Прво да разбереме какво е нивното искуство во продавницата во даден момент, тековно.
- Со тестирање како поединец реагира на различни средини, можеме да разбереме што најмногу му одговара и го враќа како потрошувач.

Полицата е критична точка во која клиентите се ангажирани во продавница. Тука е местото каде се комбинираат атрактивности на поставување и видови производи и може да доведе до купување на производ од клиентот или негово одење без да забележи.

Со цел да се оптимизира искуството на полица, тестирањето е од витално значење. Пронаоѓањето на **точки на болка** и аспекти на привлечност може да ни помогне да избереме како да се работи, а да отстраниме што не помага. Имајќи **полица што привлекува потрошувачи**, можеме да создадеме подобро искуство во продавница и за потрошувачите и за трговците на мало.

Зошто треба да се направи тестирање на полица во продавница

Постојат различни причини зошто можеби сакаме да го промениме поставувањето на полицата и различни начини на кои можеме да реализираме тестови. За поставување на полица, постојат три главни причини за тестирање:

- Да се обезбеди најдобар дизајн на производ што се истакнува на полицата.
- Да се обезбеди најдобра позиција на производот.
- Да се обезбеди најдобар дизајн на полица, со цел да ги приближи потрошувачите.



Три методи за тестирање на полица во продавница

Што се однесува до тестирањето, постојат и три главни начини на кои се спроведува тоа:

- Или преку реално тестирање во продавница,
- На екран во лабораториска средина или
- Преку виртуелна реалност.

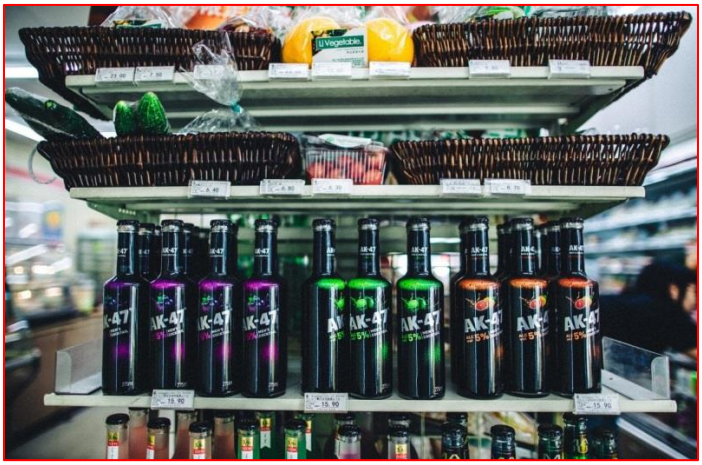
Последните два пристапи типично се нарекуваат планограми (наместо тестирање на полица). Постојат добри и лоши страни на секој од овие пристапи (од кои некои се наведени подолу) - она што на крајот ќе избереме да го направиме ќе зависи од целите и барањата на нашето истражување.

	In-Store	On-Screen	VR
Sensors:	Limited sensor use	Fully adaptable with sensors	Limited sensor use
Authenticity:	Real-world	Artificial setup	Artificial but immersive
Level of control:	Not a controlled environment	Controlled environment	Controlled environment

Предности на биосензорски пристап

Користејќи напредни техники како што се биосензори, можеме да започнеме да истражуваме подлабоко и посигурно за да разбереме како размислуваат луѓето (за тестирање на полици, но и за кое било друго реално сценарио).

Биосензорите обезбедуваат средства (начини) за квантифицирање на непристрасни податоци, давајќи нов и уникатен увид за тоа како поединецот реагира на сценарио во продавница, како на пример со тестирање на полица. Следењето на очите, на пример, може да обезбеди информации за тоа колку долго (или дури и ако) испитаникот навистина гледал во полицата, како и редоследот по кој ги погледнал продуктите (ставките).



Вистинска јачина на биосензорите во оваа поставка е комбинација на алатки што претставуваат холистички поглед на мисли, чувства и однесување на испитаник. Користењето на следење на очи заедно со мерењата на EEG (електроенцефалографија) обезбедува податоци за реакција на мозокот во реално време на карактеристики на околината. Автоматизирани метрички вредности исто така можат да откријат колку е мотивиран, ангажиран и колкаво когнитивно оптоварување доживува испитаник.

Секоја од овие метрики комплетира преглед на податоци за следење на очите на различни начини. Ако испитаник поминува многу време гледајќи знак или производ, дали тоа е привлечно или збунувачко? Нивоите на когнитивно оптоварување можат да ни кажат дали испитаникот е само збунет, додека нивоите на ангажираност и мотивација ни кажуваат дали испитаникот сака да пристапи понатаму

При тестирање во планограми, постои уште поголема можност да додадеме дополнителни сензори во експерименталното поставување. Користењето анализа на израз на лице може да биде одличен начин да се донесе заклучок (дедуцира) за емоционалната состојба на учесникот, кажувајќи ни за тоа како се перцепира производот или сценариото. Исто така е можно да се додадат мерења на GSR (галванска реакција на кожата) со цел да се разбере физиолошката возбуда на учесникот на квантитативно ниво.

Овој метод на имплицитно истражување може да се користи во комбинација со традиционалниот пристап на прашање и одговор, што значи дека она што го кажува потрошувачот може да се мери со доказите. Ако некој учесник вербално вели дека нашол нешто интересно или досадно, но сите негови докази со биосензорот укажуваат на спротивното, можеби е време да го намали она што го кажува и да ги слуша податоците

Собирање податоци за да ни помогне да го привлечеме вниманието на нашиот потрошувач

Со собраните податоци, постојат неколку работи што треба да се направат пред да се направат заклучоци.

- Најпрво, квалитетот на податоците треба да се прегледа.

Ова може да се направи директно во iMotions, со процент на употребливи податоци што веднаш се прикажуваат.

- Откако ќе се проверат, информациите може да се прегледаат директно или да се експортираат за понатамошна анализа.

Во рамките на софтверот, можеме да прегледуваме информации за следење на очи заедно со податоци од наши други мерења, како што се EEG или GSR.

- Можеме брзо да видиме што испитаникот гледа.
- Како тоа го наведува да се чувствува.
- Можеме да добиеме идеја за тоа како се перцепира поставувањето.

За брзо разбирање на начинот на кој се гледа полица на производи, податоците за следење на очите може да се претворат во различни метрики како што е време на прва фиксација (TTFF) или времетраење на визуелна фиксација, меѓу другите. Овие метрики откриваат како еден учесник го гледа светот. кои карактеристики беа најистакнати, а кои беа најмалку привлечни. Користењето на оваа информација ни отвора одреден пат во разбирањето за тоа како се извршува поставување на полица.

TTFF е особено важен, бидејќи буквално открива колку производот или компонентата за поставување на полицата е привлечен за око. Времетраење на фиксација исто така може да биде откриено и најдобро е да се комбинира со мерка како што е EEG со цел да се утврди когнитивната состојба на испитаникот.

Уникатна карактеристика на софтверот е можноста да се изврши мапирање на погледот на поставување полица. Софтверот е во состојба автоматски да ја следи позицијата на испитаникот до полиците, што значи дека можеме да видиме како испитаникот ја гледа полицата, дури и ако стои далеку или оди покрај неа.

Анализа на израз на лице

Емоциите се суштина на она што нè прави луѓе. Тие влијаат на нашите дневни рутини, нашите социјални интеракции, нашето внимание, перцепција и меморија. Еден од најсилните показатели за емоциите е нашето лице. Додека се смееме или плачеме, ги ставаме нашите емоции изложени, 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 ги имитира нашите човечки вештини за кодирање прилично импресивно бидејќи снима сурови, нефилтрирани емоционални одговори кон било кој вид на емоционално привлечна содржина. Но, како точно работи?

Со анализа на израз на лице можеме да го тестираме влијанието на било која содржина, производ или услуга што би требало да предизвика емоционална возбуда и реакции на лицето - физички предмети како што се сонди за храна или пакети, видеа и слики, звуци, мириси, стимули на допир (тактилни), итн. Особено неволни изрази, како и суптилно проширување на очните капаци се од клучен интерес бидејќи се смета дека рефлектираат промени во емоционалната состојба предизвикани од реални надворешни стимули или ментални слики.

Области каде може да се користи анализа на израз на лице:

- Потрошувачка неврологија и невромаркетинг.
- Медиумско тестирање и рекламирање.
- Психолошки истражувања.
- Клиничка психологија и психотерапија.
- Медицински апликации и пластична хирургија.
- Софтверски кориснички интерфејс и дизајн на веб-страни.
- Инженеринг на вештачки социјални агенти (аватари).



Разновидноста на апликативни области за анализа на израз на лице е неверојатно широка, што може да се должи на фактот дека е изненадувачки едноставно да се соберат, процесираат и анализираат висококвалитетна активност на мускулите на лицето од оптимално поставени сензори со цел да се декодираат неволни (несвесни) емоционални реакции и откривање на потсвесните процеси кои возат емоционално однесување. Но, како точно може да се соберат изрази на лице?

Технологија за анализа на израз на лице

Изградени врз основа на револуционерни истражувања на базични академски институции во Соединетите држави и Европа, развиени се процедури за автоматско кодирање на лице и ставени се на располагање на поширокатa јавност:

- Инстантно откривање лица.
- Кодирање изрази на лице и
- Препознавање на емотивни состојби.

Овој напредок главно е овозможен со усвојување на најсовремени алгоритми за компјутерска визија и машинско учење заедно со собирање на високо квалитетни бази на податоци на изрази на лице од цел свет.

Овие технологии користат камери вградени во лаптопи, таблети и мобилни телефони или самостојни веб-камери монтирани на компјутерски екрани за снимање видеа на испитаници кои се изложени на различни категории содржини.

Употребата на евтини веб-камери го елиминира барањето за специјализирани уреди од висока класа, со што автоматското кодирање на израз идеално одговара за снимање видеа за лице во широк спектар на природни поставки на животната средина, како што се домови на испитаници, работно место, автомобил, јавен превоз и многу повеќе.

Излезни податоци и визуелизација

Автоматската анализа на изразот на лицето враќа нумерички резултати за изрази на лицето, единици на акција (Action Units) и емоции заедно со степен на доверба. Општо, можеме да помислиме на овие метрики како детектори: Како што се појавува израз на лицето или емоции и / или се интензивира, резултатот на доверба се зголемува од **0** (без израз - no expression) на **100** (изразот е целосно присутен).

Нумеричките вредности што го претставуваат изразот на лицето можат да бидат прикажани (плотирани – нанесени на карта) и визуелизирани и за статични слики и за видеа (рамка по рамка, временски тек на резултатите од емоциите):



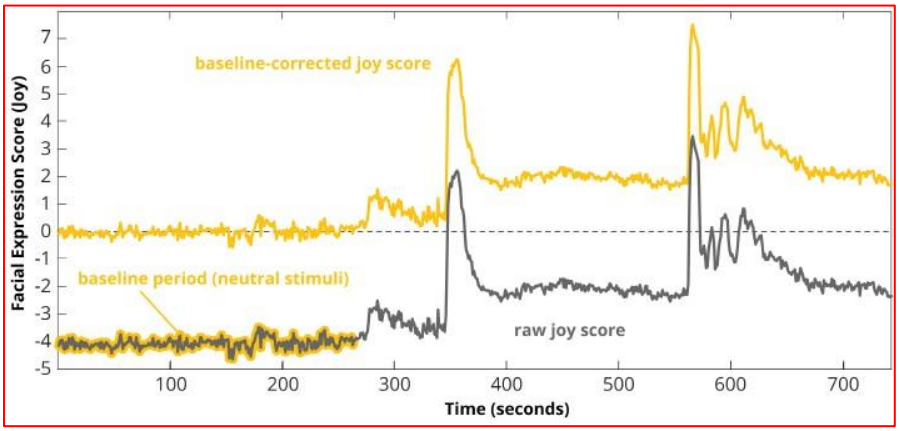
Што покажува сликата?

Можеби ќе се запрашаме зошто изразот на лицето не е класифициран како единствена емоција (single emotion) - наместо тоа, тој враќа три емоции: радост (joy) (**99**%), изненадување (surprise) (**10**%) и одвратност (disgust) (**2**%). Останатите емоции вратија вредности од **0**%. Како дојде?

Очигледно, сегашниот израз на лицето е мешавина од три основни емоции. Според класификацијата, изразот претставува високо радосно лице со мала индикација на изненадување.

Пример: **Детален временски тек на емоционални податоци**.

Се анализирани изрази на лице на испитаници кои гледале видео сцена (trailer) од 4 минути, сцени со различна емоционална возбуда.



Плотирање на сирови (необработени) резултати

Придобивка од оваа постапка е што податоците на испитаникот може да се споредат директно со изрази на илјадници други учесници, што ни дава јасен увид во емоционалните реакции. Оваа постапка се препорачува секогаш кога сакаме:

- Да собереме податоци на неколку испитаници,
- Да ги споредиме податоците на две или повеќе групи испитаници или
- Да собереме два или повеќе стимули (различни верзии на реклама, на пример).

Фокусирање на актуелни (реални) резултати – ПРАГ

Друг важен аспект за анализа на податоци за израз на лице е дали да се фокусираме на реални резултати или на податоци од прагот.

Праг е техника каде што дефинираме критериум за отсекување (cut-off cri-terion) - вредност на праг (threshold value) - за да ги потенцираме само најсилните или најдолгите изрази на лицето, додека истовремено ги маскираме помалите, посуптилните (и пократките) изрази.

Прагови можат да се применат во **време** и во **амплитуда**:

a) Праг базиран на време

Оваа техника на ограничување (праг) дефинира минимално времетраење во кое одреден израз на лицето треба да биде активен за да се разгледа за понатамошна анализа. Темпоралниот праг маскира кратки појави на изрази на лице, без оглед колку се силни.

Ако сме заинтересирани за подолготрајни емотивни изрази, сепак не толку во брзо изразување на лицето - "жестоко – прснува" ("bursts"), временскиот праг (користејќи временски интервал од 0,5 секунди, на пример) може да биде добро решение. Ова значи дека на секоја појава што е пократка од дефинираниот прозорец, не ѝ се посветува внимание (се изоставува).

b) Праг базиран на амплитуда

Прагот заснован на амплитути одредува минимална амплитуда во која одреден израз на лицето треба да биде активен за да се разгледа за понатамошна анализа. Маските на прагот засновани на амплитуда исклучуваат појави со ниска амплитуда, како што се мала насмевка или суптилна бразда, без оглед колку долго се присутни.

Ако нé интересираат посилни, прилично очигледни емоционални изрази, сепак не премногу за активност на лице со ниска амплитуда, се препорачува праг заснован на амплитуда.

Особено кога прагот е базиран на амплитуда, може да поставиме апсолутно или релативно пресекување. Која е всушност разликата помеѓу овие два пресеци?

Апсолутен праг

Да претпоставиме дека податоците за изразот на лицето се движат на скала од **0** (целосно отсутни - completely absent) до **100** (силно присутни). Може да поставиме апсолутен (тврд-кодиран) праг со вредност од **50**. Во овој случај, сите вредности над прагот "преживуваат", додека сите други вредности се поставени на нула. Апсолутниот праг секако е добар избор ако:

- Испитаниците покажат изрази со висока амплитуда над прагот и
- Ако испитаничката група е многу конзистентна во нивниот неутрален основен израз.

Релативен праг

За да ги идентификуваме најсилните изрази на лицето на испитаникот, без оглед на нивната апсолутна вредност, мора да дефинираме релативен праг. Релативните прагови се поставени во зависност од дистрибуцијата на податоците на испитаникот.

Како ова работи:

Ние ги сортираме сите резултати според нивната вредност и дефинираме релативен критериум за отсекување на 80%, на пример. Ова е вредноста што ги одделува долните 80% од горните 20% на податоците. Со релативно ограничување на прагот, можеме да ги идентификуваме оние моменти на време кога испитаниците го покажале својот најсилен израз на лицето (највисоките 20%, на пример). Треба да бидеме свесни дека релативниот праг обично има различни нумерички вредности кај испитаниците бидејќи резултатите од необработените изрази на секој испитаник се разликуваат (додека 80% за испитаникот A може да биде со вредност од 55, 80% за испитаникот B може да биде со вредност од 20).

Анализа на израз на лице - валентност

Иако самото автоматско откривање на израз на лице е лесно да се направи, анализата и толкувањето на собраните податоци е малку посложено. Исто така, бидејќи изразите на лицето само ја следат валентноста (позитивен, негативен или неутрален) на одговорот, се препорачува да се комбинираат изрази на лице со други биосензори за да се добие "поголема слика" за тоа како возбудата и валентноста, мотивацијата и емоциите комуницираат како одговор на физички или психолошки стимули.

Постои наменски софтвер за анализа во кој се експортираат необработени податоци за проверка на податоци и понатамошна обработка.

За да се извлече максимум од анализа на израз на лице, интегрирано софтверско решение треба да ги поседува следните можности:

a) Мултисензорско истражување треба да се реализира на еден поединечен компјутер.
b) Да се заборави на комплексни setups: Со минимални технички вештини и напор, за лесно експериментално поставување и стекнување податоци.
c) Да се добиваат повратни информации во реално време за квалитет на калибрација за најголема точност на мерењето.
d) Да се користат неограничени ресурси: Да приклучиме и да репродуцираме било кој биометриски сензор и да го синхронизираме со било кој вид на стимул.
e) Да добиеме веднаш повратни информации за квалитетот на податоците во текот на снимањето на испитаниците.
f) Софтверот се грижи за синхронизација на протоците на податоци од сите сензори.

Галвански одговор на кожа (Galvanic Skin Response - GSR)

Нашата кожа открива многу информации за тоа како се чувствуваме кога сме изложени на емоционално оптоварени слики, видеа, настани или други видови стимуланси позитивни и негативни. Без оглед на тоа дали сме под стрес, нервозни, се плашиме,

психички сме настроени, запалени, збунети или изненадени, секогаш кога сме возбудени, електричната спроводливост на нашата кожа суптилно се менува.

GSR потекнува од автономно активирање на потните жлезди во кожата. Потењето на рацете и нозете е предизвикано од емоционална стимулација: Секогаш кога сме емотивно возбудени, податоците на GSR покажуваат карактеристични обрасци кои се видливи со голи очи и кои можат статистички да се квантифицираат.

Со GSR, може да се вклучиме во несвесно однесување што не е под когнитивна контрола. Кондуктивноста на кожата е единствено модулирана од автономна симпатична активност што ги придвижува телесните процеси, когнитивните и емоционалните состојби, како и сознанието на потсвесно ниво. Ние едноставно не можеме свесно да го контролираме нивото на спроводливост на кожата. Токму оваа околност го прави GSR совршен маркер за емоционално возбудување бидејќи нуди неразреден увид во физиолошки и психолошки процеси на една личност.

Galvanic Skin Response ја рефлектира варијацијата во електричните карактеристики на кожата. GSR е исто така познат како Спроводливост на кожата (SC - Skin Conductance), Електрододермална активност (EDA - Electrodermal Activi-ty), Електродермален одговор (EDR - Electrodermal Response) и Психогалвански рефлекс (PGR - Psychogalvanic Reflex).

Активноста на GSR (GSR activity) обично се мери во “микро-Сименс (μS)“ (“micro-Siemens (μS)”) или “микро-Mho (μM)“ (“micro-Mho (μM)”).

Како и другите вегетативни авторегулаторни процеси (телесна температура, отчукувања на срцето, крвен притисок, подвижност на цревата итн.), лачењето на потта (sweat secretion) не може да се контролира свесно. Наместо тоа, тоа е управувано и избалансирано од нашиот автономен нервен систем (autonomic nervous system) со цел да се исполнат барањата во однесувањето (да се подготви и изврши енергично движење, на пример).

Во денешно време GSR се смета за најпопуларен метод за истражување на човечки психофизиолошки појави. Со GSR, може да се тестира влијанието на која било емотивно

возбудлива содржина, производ или услуга - вистински физички предмети, видеа, слики, звуци, мириси, сонди за храна и други сензорни стимули, како и мисловни експерименти и ментални слики.

Одговорите на **GSR** се исклучително лесни за мерење. Апликациите покриваат фасцинантна разновидност на области во академско и комерцијално истра-жување.

Постои широк спектар на **GSR** апликации: психолошки истражувања, клинички истражувања и психотерапија, потрошувачка неврологија и маркетинг (оценување на преференциите на потрошувачите), тестирање на медиуми и реклами, тестирање на употребливост и UX дизајн (Usability Testing & UX Design).

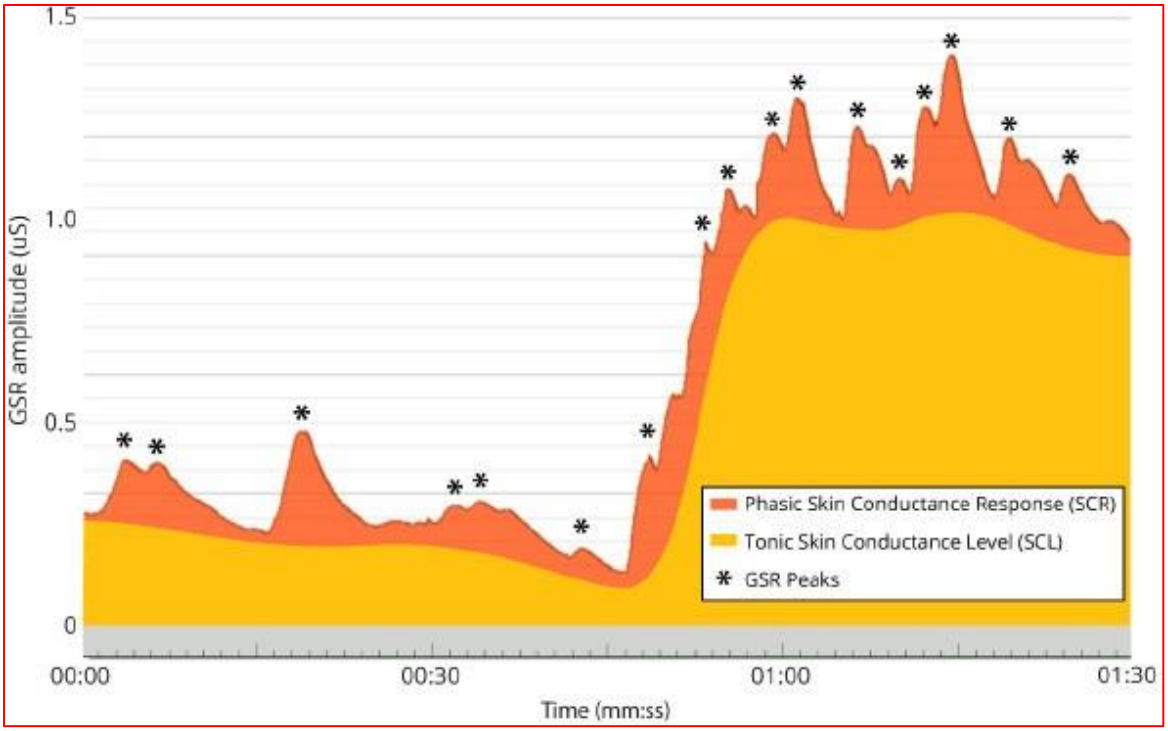
GSR сигналот се состои од две главни компоненти: **SCL** и **SCR**.

a) Ниво на спроводливост на кожата (Skin Conductance Level - SCL)

Нивото на тоник, познато како ниво на спроводливост на кожата (SCL), полека варира и се менува малку во временска скала од десетици секунди до минути. Зголемениот и опаѓачки SCL постојано се менува кај индивидуален испитаник, во зависност од нивната хидратација, сувост на кожата или автономна регулација. Нивото на тоник може исто така значително да се разликува кај поединци. Ова наведе некои истражувачи да заклучат дека вистинското ниво на тоник само по себе не е толку информативно.

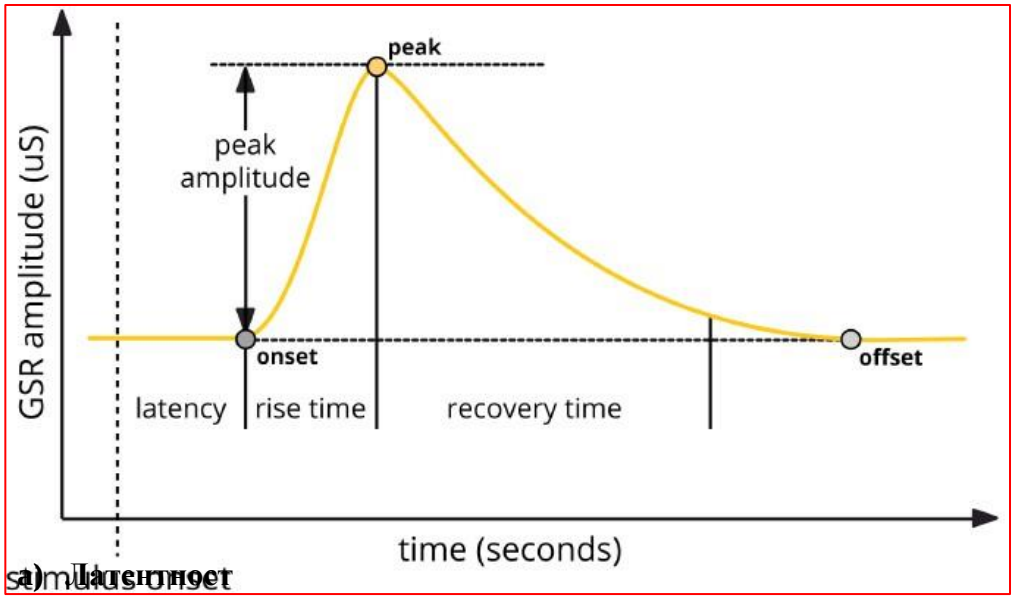
b) Одговор на спроводливост на кожата (Skin Conductance Response - SCR)

Фазна реакција-одговор се движи како врв на тонични промени и покажува значително побрзи промени. Варијациите во фазната компонента се видливи како “рафали на GSR“ (“GSR bursts”) или “врвови на GSR“ (“GSR peaks”). Фазниот одговор е исто така означен како одговор на спроводливоста на кожата (SCR) бидејќи е чувствителен на специфични емотивно возбудливи стимулативни настани (SCRs, ER-SCRs). Овие рафали се случуваат помеѓу 1-5 секунди по појава на емоционални стимули. Спротивно на тоа, неспецифичните реакции на спроводливоста на кожата се случуваат спонтано во телото со брзина од 1-3 во минута и не се последица на каков било стимул што предизвикува.



Анализирање на GSR податоци

Кога ги анализираме GSR податоците, треба да се фокусираме првенствено на SCR поврзани со настанот, бидејќи тие можат да се толкуваат како директни мерки на возбуда и ангажираност на нашите испитаници. Индивидуалните SCR може да се карактеризираат со следниве четири метрики:



a) Латентност

Времетраењето од почетокот на стимулот до почетокот на фазниот излив. Типично, ER-SCR се јавуваат 1-5 секунди по почетокот на стимулот. Почетокот е генерално поставен на временската точка каде што кривата GSR надминува минимален критериум за амплитуда (0,01 или 0,05 μS, соодветно). Промените во GSR што се случуваат пред овој период обично се дефинираат како NS-SCR и не се сметаат за генерирани со експерименталната манипулација.

b) Амплитуда на врв (Peak amplitude)

Претставува разлика во амплитуда помеѓу почетотот и врвот.

c) Време на подигнување (Rise time)

Времетраење од почеток до врв.

d) Време на опоравување (Recovery time)

Времетраење од врв до 100% закрепнување. Додека почетокот на SCR може да биде доста стрмен, закрепнувањето е обично порамно, што резултира со подолги времиња на опоравување.

Горната илустрација е поедноставување бидејќи сировиот GSR сигнал не е целосно рамен пред или после врвот. Наместо тоа, тој варира поради индивидуалните разлики во тоничното ниво на GSR или поради бучавата што произлегува од артефактите на движење или дишење.

Исто така, неколку врвови на GSR може да се појават директно сукцесивно, што резултира во собирање (или "подигнување") на GSR сигналот наместо да се врати назад на основното ниво. Овој феномен ја прави анализата на времето на опоравување по врвовите многу потешка во споредба со анализата на мерките за латентност и амплитуда поврзани со почетокот и врвот.

Поради ова, необработените GSR податоци се обработуваат на следниот начин:

a) Намалување на примерокот

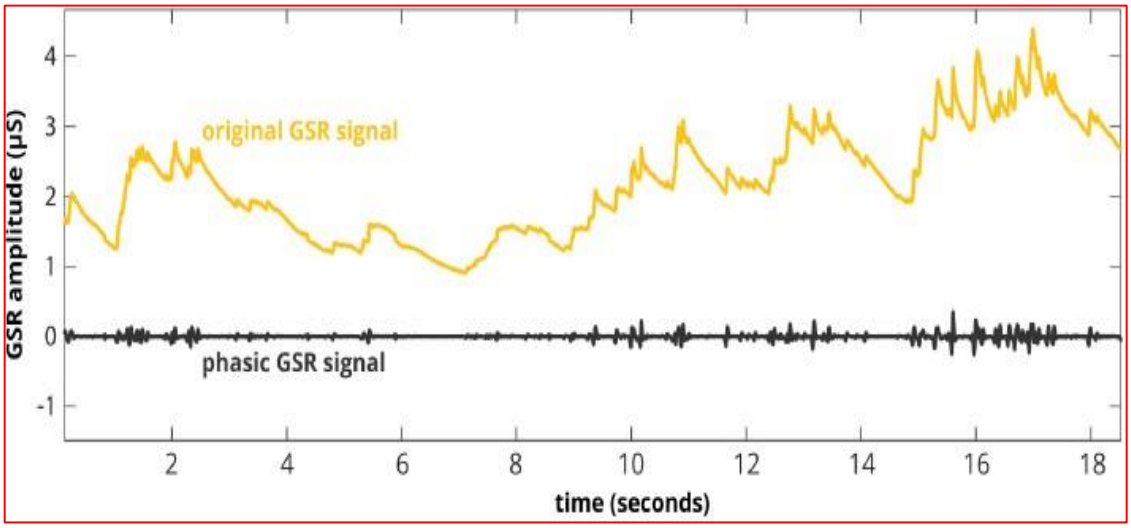
Оваа постапка го намалува бројот на примероци во секунда. GSR сигналот често се зема со примерок со многу поголема брзина на земање примероци отколку што реално се бара. Затоа можеме да ги намалиме податоците со примерок без значителен ризик да изгубиме важни аспекти на сигналот. Ако нашите податоци за GSR се собрани со брзина од 100 Hz (100 примероци во секунда), можеме безбедно да ги намалиме примероците на 10 Hz (10 примероци во секунда) или уште помалку.

b) Филтрирање

Со филтер можеме да ја "измазниме" GSR кривата со цел да ја отстраните тоничката компонента на сигналот што не е поврзана со возбудувања или "врвови" (шпицови) ("spikes") со голема амплитуда генерирани од движење. Среден филтер го постигнува ова, оставајќи ни само фазен сигнал.

Исто така, може да се примени основен среден филтер во три чекори:

- Да се помине низ data sample по примерок.
- За секој примерок, да се пресмета просечниот резултат на GSR на околните примероци врз основа на +/- 4 секунди временски интервали, центрирани на тековниот примерок
- Да се одземе просекот од тековниот примерок. Добиениот резултатот е фазен податок.



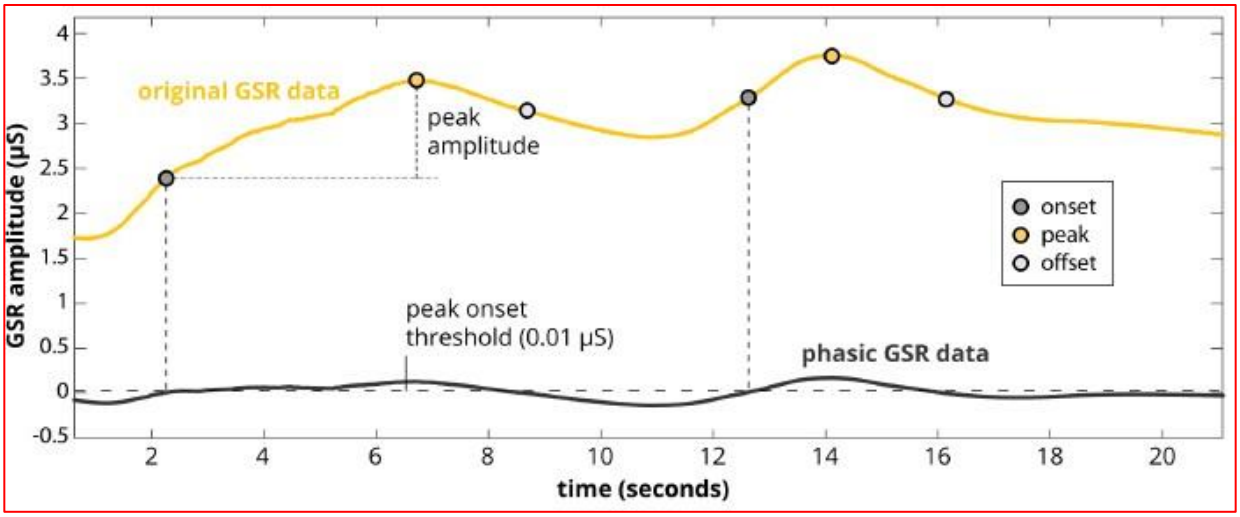
c) Детектирање на почеток и врв

Секако, можеме рачно да ги прелистуваме податоците и да ги идентификуваме очигледните **GSR** врвови. Вака првично се изведуваа **GSR** податоците. Сепак, ова може да стане прилично досаден процес ако нашата сесија за снимање опфаќа повеќечасовни различни стимули, а нашиот базен на испитаници сочинува неколку стотици учесници и групи за сегментација.

Затоа можат да се користат алгоритми и процедури што овозможуваат автоматско откривање, како и извештај за **активирање** (onsets) и **врвови** (peaks) во записите на следниот начин:

i. Да се најдат максимални поставувања **(> 0.01 µS**) и неутрализирања **(< 0 µS**) во фазните податоци (**> 0.01 µS**) and offsets (**< 0 µS**) in the phasic data)

ii. Во оригиналот, кај нефилтрираните GSR податоци, да се пронајде максималната вредност на GSR во рамките на секој пар на поставувања и пречки (onsets and offsets). Ова се врвовите на GSR. GSR амплитуда на врв е амплитудата на врвот минус амплитудата на почетокот.



Откако ќе ги завршиме сите овие чекори, можеме да анализираме која било од следниве GSR метрики во однос на разликите помеѓу стимулите, испитаниците и групите ... или само да ги споредиме во рамките на испитаниците низ повторени презентации со текот на времето:

i. **Број на пикови (врвови)**

Оваа метрика ни кажува колку врвови на **GSR** се случиле за време на состојбата на снимање. Може да го добиеме бројот за секој испитаник и да пресметаме просечен број на врвови на **GSR** меѓу испитаниците. **Пример**, **идеја**: Ако видео реклама предизвика повеќе **GSR** врвови кај нашата машка група испитаници во споредба со женската група (под претпоставка дека и двете групи покажале споредлива почетна активност), материјалот најверојатно содржел специфики за родово специфични емоционални сигнали што активирале реакции на GSR кај мажите во споредба со жените. Во случај овој ефект да не е посакуван, тоа е јасен повик за акција за уредување на видеото со цел да се обрати и на женската публика.

ii. **Просечна амплитуда и големина на GSR врв**

Ако го презентираме истиот стимул неколку пати, можеме да ја пресметаме просечната амплитуда на GSR. За оваа мерење, ништовните одговори (null responses) (каде испитаникот не покажал никаков врв на GSR) едноставно се игнорираат. Со цел, исто така, да ги рефлектираат овие, некои автори дополнително ја пријавуваат големината на GSR, која вклучува нула одговори.

Сега имаме пристап до сите врвови на GSR на еден испитаник за било кој тестиран стимул. Бидејќи врвовите на GSR низ нашите испитаници може да се разликуваат во латентноста и / или амплитудата, агрегацијата не може да биде едноставен просек на сите бранови форми на GSR меѓу испитаниците.

Наместо тоа, мора да ја постигнеме агрегацијата на GSR **врз основа на бинаризација на сигналот**. Еве како:

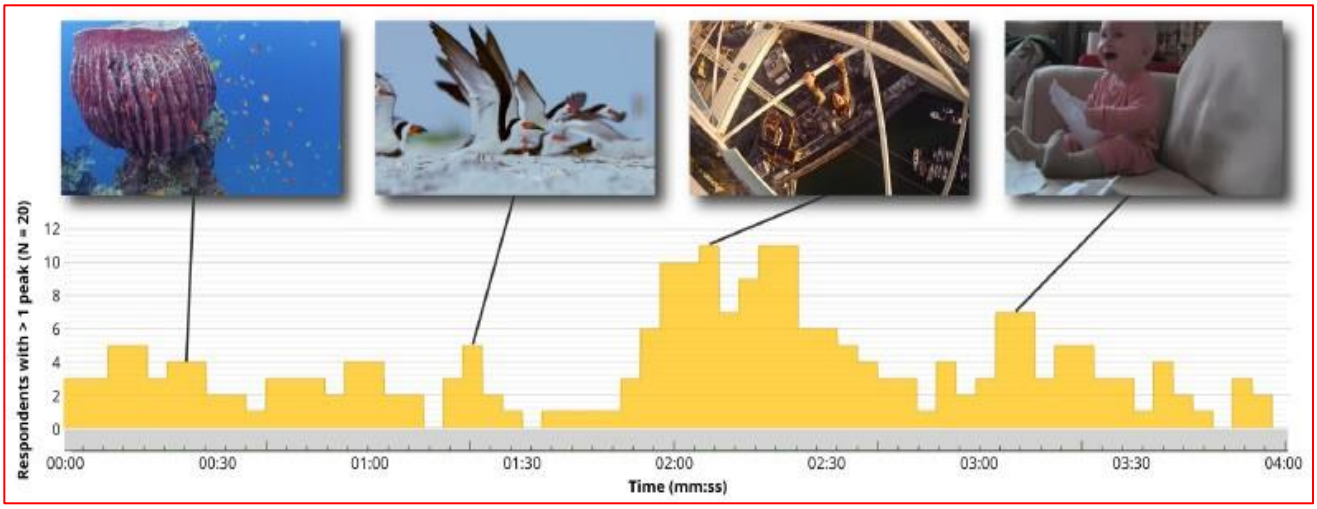
a) Да се прекинат континуираните податоци на секој испитаник за време на избраниот период на стимулација во интервали со одредена должина на прозорецот (5 секунди, на пример) и преклопување на прозорецот (1 секунда, на пример).

b) Да се додели вредност од **1** (“**вистинска**“)(“**true**“) на интервали што содржат барем еден врв на GSR. Да се додели вредност од **0** (“**погрешно**“)(“**false**“) на интервали што не содржат врв на GSR. **Наместо реалните врвни амплитуди на GSR, се користат бинарни вредности 0** или **1**.

c) Да се сумираат бинарните резултати на посебно место (магацин) кај сите испитаници. Еве еден пример: Ако сме собрале GSR податоци од 10 испитаници и сите имале барем еден врв GSR во одреден интервал, агрегираната вредност за овој интервал е 10. Ако никој од нашите испитаници немал врв GSR во интервалот, збирната вредност за овој интервал е 0.

Резултирачката крива е визуелизација на конзистентноста на автономното возбудување на испитаниците предизвикано од обезбедениот стимулативен мате-ријал.

Збирниот резултат се однесува директно на емотивната возбуда на публиката (во примерот, 11 од 20 испитаници имале GSR врв во временскиот интервал 02:00 - 02:20 - 20).



Спроводливоста на кожата нуди неверојатно вредни согледувања во нашата потсвесна возбуда кога ќе се соочиме со емотивно наполнет стимулативен материјал.

Сепак, единствено засновано само врз GSR, не можеме да извлечеме дали возбудата се должи на позитивна или негативна содржина на стимул. Зошто? Врвовите на GSR изгледаат целосно идентични. И позитивните и негативните стимули може да резултираат во зголемување на возбудувањето што предизвикува активни врвови на GSR.

Со други зборови: Иако GSR е идеална мерка за следење на емоционална возбуда, тој не е во состојба да ја открие емоционалната валентност, односно квалитетот на емоциите. Вистинската моќ на GSR се развива кога се комбинира со други извори на податоци (биосензори) за мерење на комплексни зависни варијабли и оформување на целосна слика за емоционално однесување.

Надополнување на GSR биосензорот со други биосензори

За да се добие целосна слика за човечко однесување, потребно е GSR биосензорот да се дополни со други биосензорски сензори. Следните 5 биометриски сензори се совршено надополнување на **GSR** снимките. Кои метрика може да се извлечат од различните системи?

a) Следење на очи

Следењето на очите е снимање на позицијата на очите (точка на погледот) и движењето на 2Д екран или во 3Д-средини засновани на оптичко следење на рефлексиите на рожницата. Следењето на очите го рефлектира **визуелното внимание** бидејќи објективно следи каде, кога и што гледаат испитаниците. Понатаму, уредите за следење на очите можат да го забележат проширувањето и стегањето на зеницата, што е и претходно откриено е дека е во корелација со емоционална возбуда (emotional arousal) и когнитивен обем на работа. Следењето на очите може да се користи за потврдување и дополнување на мерењата на GSR.

b) Анализа на израз на лице

Анализата на изразот на лицето е неинтрузивен метод за проценка на двете емоции:

- Суптилни движења во мускули на лицето, претежно потсвесно и
- Чувства (придружени со јасно забележливи промени во изразот на лицето).

Изразите на лицето можат да ја измерат валентноста на некоја емоција / чувство, но тие не можат да ја измерат поврзаната возбуда).

c) Електроенцефалографија

Електроенцефалографија е техника на снимање на која ја мери електричната активност на черепот. EEG кажува кои делови од мозокот се активни за време на извршувањето на задачите или изложеноста на стимул. Ја анализира:

- Мозочната динамика на ангажман (возбуда),
- Мотивација,
- Фрустрација,
- Когнитивен обем на работа и
- други метрика поврзани со: обработка на стимул, подготовка на акција и извршување.

EEG ги следи процесите поврзани со стимулот многу побрзо во споредба со другите биометриски сензори.

d) Електромиографија

Електромиографските сензори (Electromyographic sensors) ја следат електричната енергија генерирана од телесните движења (на пример, на лицето, рацете или прстите). Можеме да користиме EMG за да ги следиме мускулните одговори на било кој вид на стимулативен материјал. Може да извлечеме дури и суптилни обрасци на активирање поврзани со свесно контролирани движења на рацете / прстите (како што е изненадувачки рефлекс). Покрај тоа, EMG на лицето може да се користи за следење на насмевки и намуртеност со цел да се заклучи за емоционалната состојба на субјектот.

e) Електрокардиографија

Со електроди на ECG или оптичките сензори (PPG) се следи срцевиот ритам за да се добие увид во физичката состојба на анкетираните, нивото на вознемиреност и стрес (возбуда) и како промени во физиолошката состојба кои се резултат на нивните постапки и одлуки.

Целото е повеќе од збирот на неговите делови:

- Секој биометриски сензор открива специфичен аспект на човековото спознание, емоција и однесување.
- Во зависност од индивидуалното прашање за истражување, треба да размислиме за комбинирање на GSR со два или повеќе дополнителни биосензори со цел да добиеме значаен увид во сложените врски помеѓу автономното регулирање на емоционалната возбуда, валентност, спознавање, внимание и мотивација.

Компанијата iMotions воведува индивидуално откривање на врвовите на GSR и иновативни постапки за собирање:

1. Можеме да ја користиме оваа иновативна постапка за агрегација на GSR за да добиеме увид во конзистентноста на возбудливоста на нашите испитаници предизвикана од обезбедениот стимулативен материјал.
2. Работејќи со временски прозорци, iMotions може да здружи врвови на GSR што се случуваат приближно во исто време.
3. iMotions можат да сметаат на бројот на испитаници кои имале "**одговор**" (барем еден врв на GSR) во временски прозорец. Збирниот резултат се однесува директно на публиката.

Електроенцефалографија (EEG - Electroencephalography)

Човечкиот мозок е еден од најсложените, најкомплексните и најфасцинантните елементи на универзумот. Ни овозможува:

- Да запомниме минати настани,
- Да ги обработуваме сите тековни сензорни впечатоци и
- Да ги проектираме сите наши мисли, спомени и проценки за иднината.

Мозок, ум и однесување. Како работи мозокот?

Ваква сложена структура е создадена за да можеме активно да бараме храна, да комуницираме со нашата околина, да разговараме со пријателите и семејството или да избегнеме предатори што ни се реалносе закануваат, исто така треба да се справиме со покомплексни секојдневни задачи како што е пишувањето на нашиот докторски труд, интервју за работа ... или борење за висока оценка.

Нашиот мозок е "вклучен" 24/7

Без оглед дали спиеме или сме будни, се подготвуваме за следниот деловен состанок или шетаме низ градот, како што мислиме, сонуваме, гледаме и чувствуваме, нашиот мозок е постојано активен.

Ги апсорбира сите информации, ги компактира и повторно ги поврзува постоечките податоци и интегрира сè во постојано искуство, и за нас и за нашата околина. За нас, тоа

искуство ја сочинува нашата реалност. Нашиот мозок обликува како ја гледаме нашата околина - ги филтрира и истакнува предметите и информациите што се најрелевантни за нас. Врз основа на нашите мисли, емоции, желби и искуства, нашиот мозок на крајот го води (покренува) нашето однесување. Дури и ги контролира процесите на однесување без да забележиме.

Една од најразноврсните техники за снимање на мозокот е електроенце-фалографијата. Накратко: EEG (electroencephalography). Буквално, електроенце-фалографија (electroencephalography) значи: пишување на електричната активност на мозокот. Зошто пишување? Слично на сеизмометарот, снимањето на EEG (EEG recordings) првично се правеше на хартија.

Електроенцефалографијата ја евидентира електричната активност на мозокот користејќи електроди поставени на черепот. Мерењето на електричната активност од мозокот е корисно бидејќи рефлектира како многу различни неврони во мозочната мрежа комуницираат едни со други преку електрични импулси.



EEG има многу висока временска резолуција и ги доловува когнитивните процеси во временската рамка во која се појавува спознанието

Когнитивните, перцептивните, јазичните (linguistic), емоционалните и моторните процеси се брзи. Повеќето когнитивни процеси се случуваат во рамките на десетици до стотици милисекунди - многу побрзо отколку да трепне око. Покрај тоа, настаните што

активираат когнитивни процеси се случуваат во временски низи кои опфаќаат стотици милисекунди до неколку секунди. Слично на брза камера, EEG има висока временска резолуција и може да ги фати физиолошките промени во основата на когнитивните процеси (ааа) многу подобро отколку другите техники за слики на мозокот (како што се MRI или PET скенери).

EEG директно ја мери активноста на невроните во мозокот

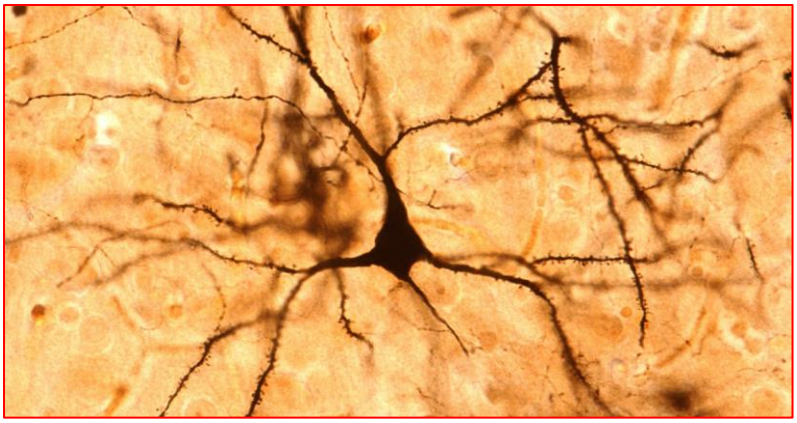
Нашиот мозок е постојано активен, генерирајќи електрична активност што секако е многу суптилна (значително помалку од 9V батерија), но може да се забележи со вистински уред. EEG сензорите можат да ги соберат овие ситни сигнали од површината на скалпот. Невролошките научни истражувања добиваат постојани (конзистентни) наоди и воспоставија добро прифатени теории за тоа како EEG сигналите се однесуваат на когнитивно и афективно процесирање или процесирање на внимание. Од друга страна, додека техниките како MRI имаат одлична просторна резолуција, тие во суштина ја мерат невронската активност индиректно и бараат многу подлабоко разбирање на односот помеѓу мерењето и како се однесува на когнитивната обработка.

Пирамидални клетки – во пламен

Не сите електрични полиња генерирани од мозокот се доволно силни за да се шират низ ткивото, коските и черепот кон површината на скалпот. Истражувањата покажуваат дека тоа е првенствено синхронизирана активност на пирамидални неврони во кортикалните мозочни региони што може да се мери однадвор (т.е. од EEG уреди). Нивното име произлегува од пирамидалната / триаголна форма на нивното клеточно тело.

Пирамидалните клетки може да се најдат во сите кортикални области (окципитални, темпорални, париетални, фронтални), каде што тие секогаш се ориентирани нормално на површината на кортикалот. Клеточното тело се оддалечува од површината (кон сивата материја)[12], додека нивниот дендрит се движи кон по-вршината[13].

[12] Luck, "**An introduction to the event-related potential technique"**, 2005, Cambridge, MA, MIT Press.
[13] Buzsaki Anastassiou & Koch, "**The origin of extracellular fields and currents-EEG, ECoG, LFP and spikes"**, 2012, Nature Reviews, Neuroscience.



Милијарди неврони во човечкиот мозок имаат многу сложени модели на отпуштање, мешајќи се на прилично комплициран начин. Нервните осцилации што можат да се мерат со EEG се дури видливи и во сурови, необработени податоци. Сепак, сигналот е секогаш мешавина од неколку основни базни фреквенции, за кои се смета дека одразуваат одредени **когнитивни**, **афективни состојби** или **состојби на внимание**[14]. Бидејќи овие фреквенции вариираат малку зависно од индивидуалните фактори, својствата на стимулот и внатрешните состојби, истражувањето ги класифицира овие фреквенции врз основа на специфични опсези на фреквенции или фреквентни опсези:

- **Делта опсег** (Delta band) (1 - 4 Hz),
- **Тета опсег** (theta band) (4 - 8 Hz),
- **Алфа опсег** (alpha band) (8 - 12 Hz),
- **Бета-опсег** (beta band) (13 - 25 Hz) и
- **Гама-опсег** (gamma band) (> 25 Hz).

Делта опсег (Delta band) (**1 - 4 Hz**)

Бидејќи се најбавни мозочни бранови со најголема амплитуда, осцилациите во опсегот од **1 - 4** Hz се карактеризираат како делта бранови. Делта брановите обично се присутни само за време на длабоко спиење (фаза 3), исто така познат како **бавен сон** (**SWS** - slow wave sleep). Колку е посилен делта ритамот, толку е подлабок сонот.

[14] Luck, "**An introduction to the event-related potential technique"**, 2005, Cambridge, MA, MIT Press.

Делта фреквенциите се посилни во десната мозочна хемисфера, а изворите на делта се типично локализирани во таламусот (thalamus). Бидејќи спиењето е поврзано со консолидација на меморијата, делта фреквенциите играат основна улога во:

- формирање и внатрешно уредување на биографска меморија,
- стекнати вештини и
- научени информации.

Тета опсег (theta band) (**4 - 8 Hz**),

Мозочните осцилации во рамките на фреквенцискиот опсег од **4 - 8 Hz** се нарекуваат тета опсег. Студиите постојано ја известуваат за активноста на фронталната тета во корелација со тежината на менталните операции, на пример:

- За време на фокусирано внимание и привлекување информации.
- Обработка и учење.
- За време на потсетување на меморија. Фреквенциите на тета стануваат поистакнати со зголемување на тешкотиите во задачите.
- Ова е причината зошто тета е генерално поврзана со мозочни процеси кои лежат во основата на менталното оптоварување (mental workload) или работната меморија (working memory)[15].

Тета може да се снима од целиот кортекс, што укажува на тоа дека е генерирана од широка мрежа што вклучува медијални префронтални области, централни, париетални и медијални временски кортекси. Очигледно, тета служи како **носител на фреквенција за когнитивна обработка**.

Алфа опсег (alpha band) (8 - 12 Hz)

Алфа е дефинирана како ритмичка осцилаторна активност во опсег на фреквенции од 8 - 12 Hz. Алфа брановите имаат неколку функционални корелации што ги рефлектираат

[15] Klimesch, "**Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization"**, 1996, International Journal of Psychophysiology.

сензорните, моторните и мемориските функции. Може да се види зголемено ниво на моќност на алфа-опсегот за време на ментална и физичка релаксација со затворени очи. Спротивно на тоа, алфа-моќта се намалува, или се потиснува, за време на ментална или телесна активност со отворени очи. Сузбивањето на алфа претставува валиден потпис на состојбите на ментална активност и ангажман, на пример, при фокусирано внимание кон кој било вид стимул. Сузбивањето (загушувањето) на алфа индицира дека нашиот мозок се подготвува да собере информации од различни сетила, координирајќи ги ресурсите за внимание и се фокусира на она што навистина е важно во тој посебен момент.

Бета-опсег (beta band) (**13 - 25 Hz**)

Осцилациите во опсег од 12 - 25 Hz обично се нарекуваат активност на бета-опсег. Оваа фреквенција се генерира и во задните и во фронталните региони.

- Активно размислување.
- Зафатено размислување.
- Вознемирено размислување.
- Активна концентрација, генерално се знае дека корелира со поголема бета моќ[16].

Над централниот кортекс, бета моќноста станува посилна кога планираме или извршуваме движења, особено кога достигнувањето или фаќањето бара фино движења на прстите и фокусирано внимание. Ова зголемување на бета моќноста е исто така забележливо како што ги набљудуваме телесните движења на другите. Нашиот мозок навидум ги имитира движењата на екстремитетите на другите, што укажува на тоа дека во нашиот мозок постои сложен "**огледален невронски систем**" ("mirror neuron system") кој е координиран од бета фреквенциите (Zhang et al., 2008)[17].

Гама-опсег (gamma band) **(> 25 Hz**)

[16] Klimesch, "**Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization"**, 1996, International Journal of Psychophysiology.

[17] Zhang, Chen, Bressler &ing, "**Response preparation and inhibition: the role of the cortical sensorimotor beta rhythn"**, 2008, Neuroscience.

Во моментов, гама фреквенциите се црни дупки на истражувањето на EEG бидејќи сè уште е нејасно каде се генерираат точно гама фреквенциите во мозокот и што рефлектираат овие осцилации. Некои истражувачи тврдат дека гама, слична на тета, служи како носител на фреквенција за врзување на разни сензорни впечатоци на еден предмет заедно до кохерентна форма, затоа рефлектира процес на внимание. Други тврдат дека гама фреквенцијата е нус-производ на други нервни процеси, како што се движењата на очите и микро-сакадите (micro - saccades), и затоа воопшто не ја одразуваат когнитивната обработка. Идни истражувања ќе треба подетално да ја решат улогата на гама брановите.

EEG електроди (EEG electrodes)

EEG системите користат електроди прикачени на скалпот за да ги соберат електричните потенцијали генерирани од мозокот. Тоа се метални дискови или пелети кои се поврзуваат со кожата преку **спроводлив гел**, паста или крем, обично базиран на солен раствор.

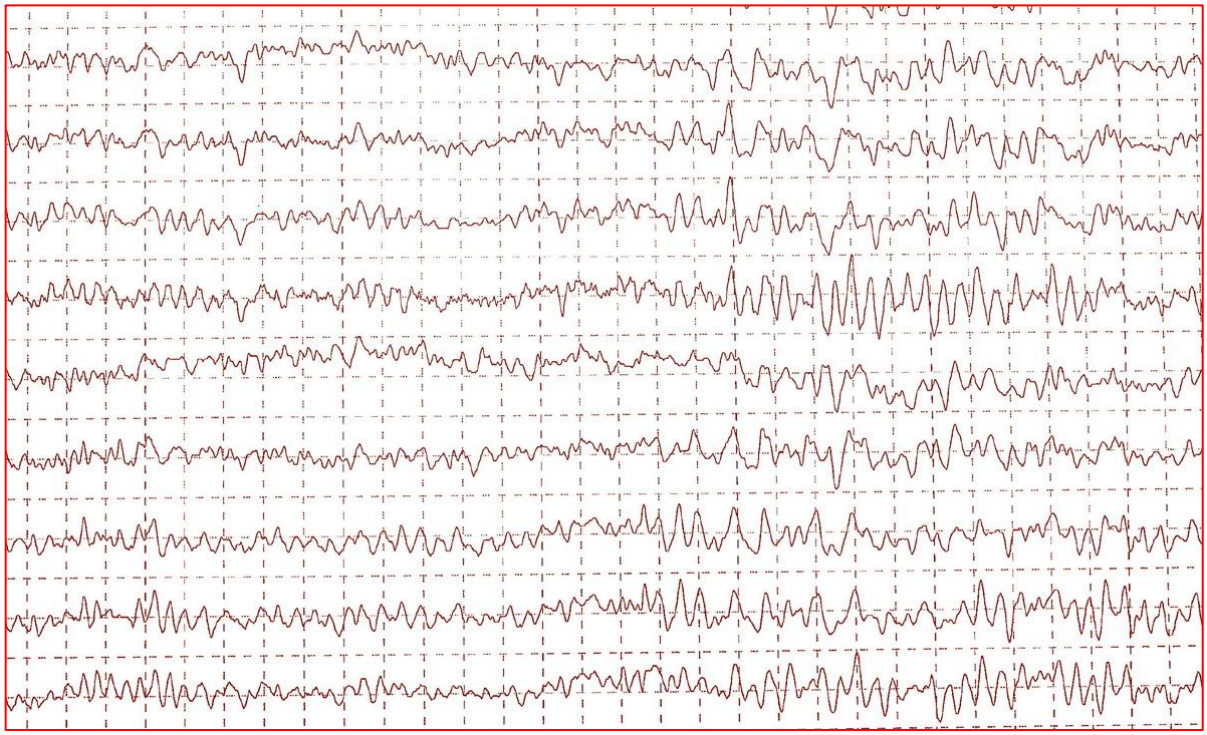
Правилната комбинација на **метална електрода** и **спроводлива паста** е важна бидејќи некои метали кородираат прилично брзо, што резултира со слаби податоци. Под оптимални услови, нашата кожа, електродата и гелот на електродата функционираат како кондензатор и го ослабуваат преносот на ниски фреквенции (бавни промени на напонот во делта фреквенцискиот опсег, на пример). Најчестиот вид влажна електрода е направен од **сребро** (**Ag**) со тенок слој **сребрен хлорид** (**AgCl**) - честопати ќе се најдат електроди **Ag / AgCl**.

Импеданса на електрода

Стабилна електрична врска помеѓу електродата и скалпот е клучна за снимање на чисти EEG сигнали. Сепак, мртвите клетки на кожата, мрсните секрети на кожата (sebum) и пот се акумулираат на скалпот и сочинуваат вид на електричен отпор бидејќи тие не ја шират електричната активност добро. Техничкиот израз во случај на EEG снимање е импеданса, која се мери во единица Ом (Ω).

EEG системите обично нудат индикатори за квалитет базирани на софтвер или хардвер, каде што импедансата на секоја електрода е визуелизирана графички. Зелените бои

и ниските вредности на импеданса обично значат висок квалитет на снимање, додека црвените бои и високите вредности на импеданса подразбираат низок квалитет на снимање. Со други зборови: Само кога импедансите се ниски, можеме да бидеме апсолутно сигурни дека снимениот сигнал ги рефлектира процесите во внатрешноста на главата, повеќе отколку артефактните процеси од околината. Затоа, секогаш кога собираме EEG податоци, треба да провериме дали импедансите се колку што е можно пониски.



Дигитализација, засилување и проследување на сигналот

Откако напон ќе биде појави од електродите, континуираниот, аналоген сигнал треба да се засили и дигитализира за да се зачува на компјутер. Иако сето ова се случува без да забележиме, добро е да знаеме неколку основни факти за засилување и дигитализација.

Бидејќи нашиот мозок е постојано активен, постојат континуирани флуктуации и варијации на генерирани напони. EEG - системите, сепак, прават дискретни слики од овој континуиран процес, генерирајќи примероци на податоци - слични на сликите направени од камера. EEG - системите се разликуваат во **стапка на земање примероци** (the sampling rate) (бројот на примероци во секунда) што можат да ги земат.

Слично на осцилации, стапките на земање примероци се изразени во при-мероци во секунда со единицата Херц (**Hz**) - **EEG** систем со стапка на земање примероци од **250 Hz** може да земе **250** примероци во секунда, на пример. Бидејќи **1** секунда може да се изрази и како **1000 ms**, соседните примероци се оддалечени **1000/250 = 4 ms**. Спротивно на тоа, ако EEG е земен со примерок од **500 Hz**, примероците се оддалечени **1000/500 = 2 ms**. Ако сме заинтересирани за мерења со поголема временска прецизност, треба да собереме податоци за EEG со поголема брзина на земање примероци (т.е.**> 500 Hz**). Ако сме заинтересирани за анализи базирани на фреквенција (како што е префронтална латерализација на алфа или бета ленти), може да биде доволно стапка на земање примероци од **128 Hz**.

Која стапка на земање примероци треба да ја користиме?

Нешто што треба да се има предвид кога се разгледува ова прашање е **теоремата Nyquist** (the Nyquist Theorem). Во него се наведува дека "целата информација во аналогниот сигнал (како напон на EEG) може да се снима дигитално се додека стапката на земање мостри е повеќе од двојно поголема од најголемата фреквенција на сигналот што е од интерес"[18] (Luck, 2014).

Поедноставно, највисока фреквенција што можеме да ја анализираме во **EEG** сигнал е **половина** од големината на стапката на земање мостри. На пример, ако земеме примерок од нашите податоци на **256 Hz**, треба да анализираме само фреквенции до **256/2 = 128 Hz**. Некои истражувачи се уште построги и препорачуваат да се користат само фреквенции **до една третина** од стапката на земање примероци (на пример, **256/3 = 85,3 Hz**). Треба да се запомни дека, мозокот првенствено генерира пониски фреквенции (на пример, од **делта** [**1 - 4 Hz**] до **гама** [**25 - 80 Hz**]), така што дури и со ниски стапки на земање примероци од **EEG** околу **100 Hz** може да бидеме сигурни дека ќе добиеме податоци што може да се толкуваат.

[18] Luck, "**An introduction to the event-related potential technique"**, 2014, Cambridge, MA.

Како дополнително на дигитализација, **EEG сигналот се засилува**. Тоа е причината зошто EEG системите се толку скапи.

Ова треба да се разбере како звучен систем за нашите податоци: Како моно звучникот на нашиот телефон, слабото засилување не извлекува толку добар сигнал во споредба со засилувачот од висока класа (како DOLBY 3D систем во кино), што нагласува дури и многу суптилни промени на напонот. Некои системи за EEG се модуларни, што ни овозможува произволно да комбинираме електроди и различни видови засилувачи, додека другите EEG системи доаѓаат како фиксна комбинација на мрежа за електроди и кутија за засилувач.

Откако сигналите се дигитализирани и засилени, тие се пренесуваат на записи на компјутер. Ова или се постигнува преку жична врска (преку USB, на пример) или безжично (на пр. Преку Bluetooth или WiFi конекција). Жичани засилувачи сè уште се чести во академските истражувачки институции, лаборатории за неврологија и психологија. Спротивно на тоа, комерцијалните лаборатории и агенциите за невромаркетинг често користат **безжични EEG слушалки** бидејќи им овозможуваат на испитаниците слободно да се движат и да ја истражуваат својата околина без да бидат врзани за тест станица во лабораторија.



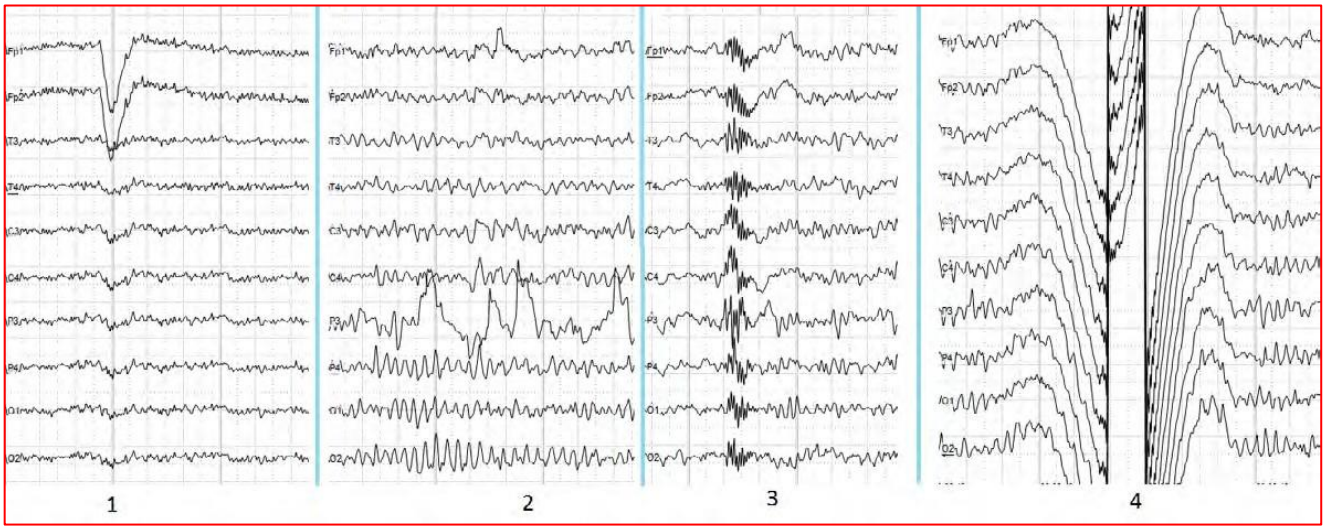
EEG анализи: Метрики и карактеристики

Кога станува збор за анализа на EEG и извлекување карактеристики, лесно може да се чувствуваме презаситени од огромната листа на чекори за претходна обработка што треба да ги постигнеме за да стигнеме од сировите сигнали до резултати. Всушност, дизајнирањето паметни парадигми на EEG е уметност – анализата на податоците за EEG е вештина. Тоа, секако, бара одредено ниво на експертиза и искуство, особено кога станува збор за:

- Обработка на сигнал.
- Откривање артефакт.
- Слабеење или
- Извлекување на карактеристики.

Било кој од овие чекори бара информирани одлуки за тоа како најдобро да се потенцираат посакуваните процеси на EEG или метрики од интерес.

Она што е валиден сигнал за нас, може да биде бучава за некој друг. Едноставно, нема општ модел за обработка на податоци што може да го примениме на која било база на податоци за EEG, без оглед на карактеристиките на уредот, популацијата на испитаникот, условите за снимање, стимулите или целокупната експериментална парадигма (начин на размислување).



Слика. Видови артефакти:

1. Електрокулографски (Electrooculographic) артефакт предизвикан од возбудување на мускулите на очното јаболко (поврзано со трепкање, на пример). Голема амплитуда, бавен, позитивен бран изразен во фронталните електроди.
2. Артефакт на електродата предизвикан од лош контакт (а со тоа и поголема импеданса) помеѓу електродата P3 и кожата.
3. Swallowing (голтање) артефакт.
4. Вообичаен артефакт на референтна електрода предизвикана од лош контакт помеѓу референтната електрода и кожата. Огромен бран сличен на сите канали.

За среќа, некои современи EEG - системи имаат автопилот за обработка на податоци - тие го преземаат водството и применуваат автоматски процедури за дебучава или автоматски генерираат високо когнитивно-афективни метрики што може да се користат со цел да се дојде до заклучоци многу побрзо.

Потенцијали поврзани со настан

Целта на парадигмите поврзани со настанот е да ги соберат процесите во мозокот што се активираат од надворешни стимули. Парадигмите поврзани со настанот претставуваат стимули кои се повторуваат (повеќе пати) - 100 пати или повеќе, на пример. Во исто време, стимулите се прикажани само многу кратко за 200 до 1000 ms.

Да се погледне логиката која стои зад студии за EEG, поврзани со настан:

a) Постои постојана и тековна активност на EEG како и случајна бучава (random noise) целосно неповрзана со појавата на стимул кој постојано се јавува. Ова е наша "стандардна активност" (наши тековни мисли и ментални состојби). Кога презентираме стимул, вклучуваме-тригерираме активност на EEG поврзана со стимул.

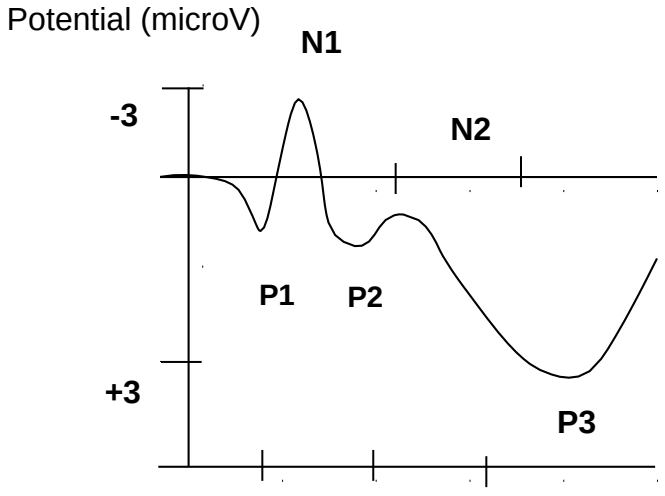
b) Со цел да се откријат EEG податоци поврзани со стимулот од неповрзаните тековни податоци, стимулот се прикажан повеќе пати - 50 пати или повеќе, на пример. На крајот од собирањето на податоци, ќе имате 50 испитувања, што се делови од податоците временски заклучени (time - locked) до почетокот на стимулот и обично се движат од околу 200 ms пред почетокот

на стимулот до 1000 ms по почетокот на стимулот. Секое испитување е временски тек на податоците на секоја електрода. Изборот на делови од податоци од континуирано снимање на EEG се нарекува епохирање или **сегментација** (epoching or segmentation) (понекогаш проследено со корекција почетна линија на секое испитување каде просекот на податоците за EEG пред секој стимул се одзема од податоците по стимулот).

c) По исклучувањето на сегменти кои содржат артефакти (или корекција на податоците како трепкање, на пример), преостанатите сегменти се просечно примерок по примерок, што резултира со просечен временски тек на податоците за EEG. Со просек на временските курсеви за EEG од сите испитувања,

- преживува само активноста на EEG поврзана со стимулот,
- додека е ослабена неповрзаната случајна бучава во позадината (колку повеќе повторувања комплетираме, толку почисти ќе бидат податоците за EEG поврзани со настанот).

d) Преостанатата просечна EEG бранова форма е потенцијал поврзан со настанот, што ја рефлектира просечната активност на EEG поврзана со стимулот, активирана од специфичен стимул.



Слика. Време по стимулот (ms) (time after stimulus)

Истражувањата идентификуваа ERPs за сите сензорни модалитети – визи-ја, допир и звук, олфакција и хаптички стимули. Сите овие сензорни стимули акти-вираат активност на EEG поврзана со настанот.

ERPs може да се опишат со неколку карактеристики: Појавување и облик, број, латентност, амплитуди на "климање" (врцкање) ("wiggles"), ERP компоненти (позитивни и негативни врвови) и топографија (дистрибуција на напон во време на врв низ сите електроди). ERP компонентите како N400, P300 или N170 претставуваат некои од најшироко анализирани и добро разбрани ERP компоненти во академско истражување.

Имаме избор: Можеме да нацртаме **ERPs** или како:

- Временски курс временски заклучен за почеток на стимул или
- Како низа на напонски мапи кои ги менуваат нивните карактеристики на дистрибуција со текот на времето, зависно од својствата на стимулот или различните внатрешни состојби. Зависно од тоа каде напоните се најсилни (позитивни и негативни полови), може да заклучиме кои мозочни региони се активни во дадено време.

Често, научниците споредуваат ERPs во различни експериментални услови - ERP предизвикани од дразби на лице, споредба на куќите, на пример. Алтернативно, можеме да споредиме ERPs од различни групи испитаници - на пример, деца кои страдаат од аутистичен спектар наспроти контроли според возраста. Во двете ситуации, нашата анализа се фокусира на разлики во латентноста на ERP, амплитудата или топографската дистрибуција во одредени временски точки вре-менски заклучени за да се појави стимул помеѓу условите.

ERP студиите бараат две работи:

1. **Повторување на стимулот**.

Бидејќи не можеме да добиеме ERP од една презентација на стимул (EEG податоците ќе содржат аспекти поврзани со стимул и неповрзани со стимул), треба да ја повториме презентацијата (пример, 100 повторувања или повеќе).

2. Прецизно мерење на стимулот

Парадигмите поврзани со настанот претпоставуваат дека EEG податоците на секое поединечно испитување се прецизно временски заклучени до почетокот на стимулот. Ова бара сите маркери за почеток на стимул мора да бидат испратени токму во моментот на презентација на стимулот. Секогаш кога има случајно различно одложување помеѓу почетниот маркер и реалниот почеток на стимул, точното заклучување на времето на EEG податоците до почетокот на стимулот, не може да се гарантира.

Како резултат, просечната бранова форма на ERP може да се измие или исчезне целосно затоа што единечните испитувања не беа совршено усогласени со соодветните групи на стимули. Единствениот начин да се биде апсолутно сигурно за реалниот почеток на стимулот на екранот, на пример, е да закачиме **фотодиода** на екранот за презентација на стимулот и да ги зачуваме нејзините нивоа на осветленост со другите податоци. Секогаш кога ќе се појави стимул на екранот, фотодиодниот сигнал се менува, овозможувајќи ни правилно да ги усогласиме податоците со вистинскиот почеток на стимулот, наместо потенцијално неточен маркер за почеток.

Парадигмите на ERP се користат во следните апликативни полиња

a) Општа и експериментална психологија: Користат ERP за:

- Да ја откријат динамиката на мозокот поврзана со сензорно процесирање и
- Како својствата на стимулот или комбинации на различни димензии на стимул (облик и просторна локација на букви, на пример) ја менуваат активноста на мрежата на мозокот.

b) Клиничка психологија:

Користи ERP студии за да разбере како когнитивните процеси на мозокот се погодени од невролошки или психолошки заболувања. Во овој контекст, популацијата на пациенти се споредува со контролирани (здрави лица) според возраста, со цел да се спореди неисправна и здрава обработка на сензорни стимули. Еден пример:

- Стимулите за лице се прикажани на деца кои страдаат од нарушување на аутистичниот спектар и на здрави деца.
- Разликите во одговорот на ERP помеѓу испитаните групи овозможува увид во засегнатата активност на мозочниот регион од страна на болеста.

c) Биомедицински инженеринг:

Биомедицинскиот инженеринг користи дизајни на ERP во контекст на мозокот - компјутерски интерфејси. Еден пример: Пациентите кои се делумно или целосно парализирани се поврзани со EEG систем и се изложени на брзи низи на букви. Во фаза на обука, се извлекува нивната ERP активност поврзана со релевантни стимули (често заснована на компонентата P300 ERP). После тоа, на пациентите им се прикажани низа редослед на букви. Врз основа на EEG податоци, соодветните букви можат да се извлечат, дозволувајќи им на пациентите да пишуваат зборови и реченици едноставно засновани на нивната EEG активност.

(Повеќе детали за собирање и анализа на ERP парадигмите во Luck[19]).

Анализа на EEG податоци базирани на фреквенција (Frequency-based analysis of EEG data)

Дизајните на ERP се ограничени на специфичен сет на мозочна активност активирана од сетилни стимули. Сепак, мозокот е континуиран осцилатор и генерира ритмичка активност дури и во целосно отсуство на стимули - за време на спиење, на пример. За да ја искористиме мозочната активност што ги придвижува нашето однесување, нашите мисли, мотивации и емоции, потребен е поинаков аналитички пристап, кој се базира на анализа на фреквенции.

Кои се главни фреквенции кои придонесуваат за мозочно миксирање? Како овие фреквенции варираат во зависност од промените во внатрешните состојби или факторите на животната средина?

[19] Luck, "**An introduction to the event-related potential technique"**, 2014, Cambridge, MA.

Мозокот генерира примарно ниски фреквенции помеѓу 1 и 80 Hz. Овие можат да се класифицираат во специфични фреквентни опсези (како што се делта, тета, алфа, бета и гама) и се поврзани со:

- Мозочни процеси во специфични региони кои се во основата на вниманието, сознанието и емоциите.

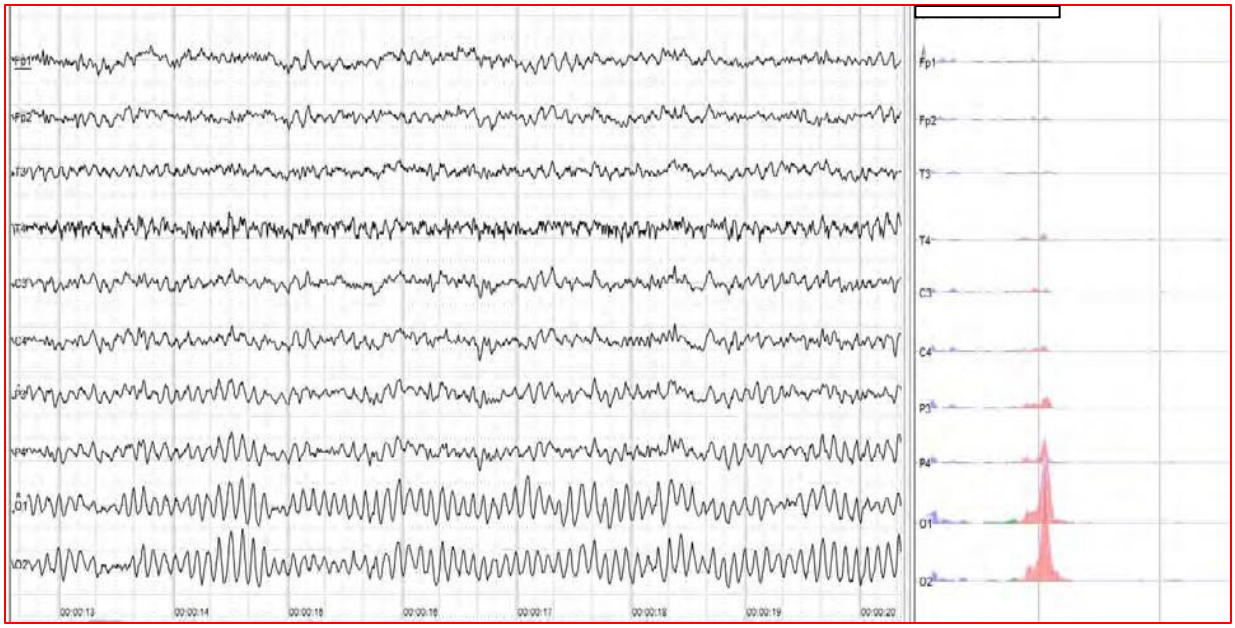
Во споредба со ERP, анализите на фреквенција се потесно поврзани со физиолошките процеси и структурите на мозокот. Затоа:

- Често е многу полесно да се држиме до анализа на фреквенции и фреквенциски опсези.
- Друга придобивка од анализите на фреквенцијата е што се потребни многу помалку податоци за да се дојде до заклучоци.
- Сепак, анализите засновани на фреквенција имаат цена: За разлика од дизајните на ERP кои овозможуваат увид во милисекундни промени на напон, EEG мерењата базирани на фреквенција имаат многу помала временска прецизност.

Анализите базирани на фреквенција се препорачуваат:

- Секогаш кога времето на тестирање е ограничено, а целта на нашата анализа не е прецизен момент на активност поврзана со стимулот, туку за општа ментална, афективна или когнитивна состојба на испитаникот.
- Анализи на фреквенција се особено корисни во студии на когнитивно-афективните состојби кога EEG се мери додека испитаниците присуствуваат на:

    - медиумска содржина,
    - размислуваат за квалитет на производи или храна или
    - се движат на веб-страници или
    - софтверски интерфејси, на пример.



Брза Фуриеова трансформација

Необработениот EEG сигнал е временски тек на напон - тоа е сигнал во временски домен. Ако ги прикажеме податоците, **времето** е на **x**-оската, а **напонот** е на **y**-оската.

Брза Фуриеова трансформација (**FFT**) го трансформира EEG сигналот во фреквентен домен. Ако ги прикажеме овие податоци, **фреквенцијата** е на **x**-оската, а **напонот** е на **y**-оската. Ова е причината зошто анализата на фреквенцијата го занемарува времето и првенствено се фокусира на фреквенциите што лежат во основата на сигналот.

Детален опис на математиката зад FFT е надвор од опсегот на овој текст, но основната постапка е следнава:

- FFT испитува колку е сличен сложениот необработен EEG со синусните бранови што се состојат од одредени чисти фреквенции. Колку е повеќе сличен сигналот со синусниот бран, толку е поголем резултатот на совпаѓање. На пример, FFT споредува необработени EEG податоци со синусен бран од 10 Hz. Ако необработените EEG податоци се целосно

идентични со синусовиот бран, FFT ќе врати совршен резултат на совпаѓање.

FFT може да ја анализира целата фреквентна содржина на сигнал - во опсег од 1 до 45 Hz (бидејќи овој опсег ги содржи сите когнитивно-афективни фреквентни опсези), на пример. Колку е посилна одредена фреквенција, толку е поголема веројатноста испитаникот да биде во специфична когнитивно-афективна состојба поврзана со таа фреквенција. Еден пример:

- Ако има повеќе целосни тета бранови во EEG, испитаникот може да биде во општа состојба на висок ментален обем на работа.
- Ако има поголем вкупен број на делта бранови во EEG, испитаникот можеби навистина спие.

Некои од најчесто користени термини во анализа на фреквенција се моќноста (power), што ја рефлектира силината на одредена фреквенција во сигналот. Поголема моќност значи дека сигналот EEG содржи специфична фреквенција во поголема мера. Можеме исто така да кажеме дека сигналот на EEG е управуван од одредена фреквенција. Ако сакаме да започнеме со анализа базирана на фреквенција, треба да се пронајдете самиот како испитаник и да реализираме еден од најстарите и најреплицирани EEG експерименти:

a) **Отворени очи**. Да се снимаат EEG податоци по 2 минути од испитаници, и едноставно да ги упатиме да ги држат очите отворени (дозволено им е да трепнат).
b) **Затворени очи**. Да се снимаат EEG податоци уште по 2 минути, и да се упатат испитаниците да ги затворат очите и да се фокусираат на своите внатрешни мисли и ментални слики.

Кога ги анализираме двата услови одделно со FFT и ги извлечеме фреквенциите што лежат во основата на спонтани EEG податоци, најверојатно ќе забележиме дека состојбата со затворени очи покажува поголема моќност на фреквенцијата во алфа-опсегот (8 - 12 Hz) во оксипиталните канали во споредба со состојбата отворени очи. Овој ефект на намалена

алфа моќ при отворање на очите се нарекува алфа блокирање (alpha blocking) и првично е опишан од Hans Berger во 1929 година.



Фреквентно базирана анализа на EEG податоци

Во текот на последните децении, анализите базирани на фреквенција на EEG податоци станаа многу пософистицирани. Една од понапредните метрики базирани на фреквенција е **фронтална асиметрија** (frontal asymmetry) или **фронтална латерализација** (frontal lateralization).

Овој индекс на ангажираност и мотивација обично користи моќност на опсегот **бета** (**12 - 25 Hz**) или **гама** (**> 25 Hz**), особено во електроди над фронталните кортикални региони (канали **F3** и **F4**, на пример). Истражувачите постојано откриваат дека има поголема моќност на опсегот во **левиот** наспроти **десниот фронтален кортекс**, што укажува на позитивни чувства, ангажман и мотивација[20],[21]. Најновите докази укажуваат на

[20] Davidson, "**What does the prefrontal cortex "do" in affect: Perspectives on frontal EEG asymmetry research"**, 2004, Biological Psychology.
[21] Schaffer et al., "**Frontal and parietal electroencephalogram asymmetry in depressed and nondepressed subjects"**, 1983, Biological Psychology.

тоа дека фронталната латерализација навистина може да се користи за тестирање на ангажманот на испитаниците кога ќе се соочат со медиумски реклами[22], физички производи[23] и услуги[24].

Врз основа на истражување на биомаркерите на EEG на стабилни одлики на личност за љубопитност и возбуда на нови стимули, фронталната латерализација ги рефлектира моменталните тенденции на лице за "**пристап - избегнување**" ("approach-avoidance") за ангажирање или повлекување. Индиректно, овој моментен ангажман ја одразува и нечија мотивација[25]. Дополнително, поголемата моќност на левиот-фронтален опсег може да послужи како индекс на емоции поврзани со ангажманот, како што е радоста, додека поголемата моќност на десниот-фронтален опсег може да укаже на негативни емоционални состојби (одвратност, страв или тага, на пример).

Можеби сме собрале EEG податоци од испитаници кои гледале ТВ реклами и би сакале да знаеме кои реклами и кои сцени ги движат нивоите на ангажман на нашата целна публика и кои треба да се ревидираат пред лансирање на пазарот. Во овој случај, фронталната асиметрија може да се пресмета прилично лесно од континуирани EEG податоци. Две електроди што ни се потребни се **F3** и **F4**. Скоро сите слушалки за EEG ги сочинуваат овие стандардни локации. Ако нашиот EEG - систем нема електроди F3 и F4, можеме да користиме и електроди во близина на оригиналните локации F3 - F4.

Потребно е да се следат следните чекори при процесирање EEG податоци:

a) **Пред-процесирање на податоци (Pre-process the data)**. Постапките варираат од студија до студија, па затоа не може да се даваат општи препораки. Одлични почетни точки за наоѓање оптимален редослед на

[22] Astolfi et al., "**Neural basis for brain responses to TV commercials: a high-resolution EEG study"**, 2008, IEEE.
[23] Vecchiato et al., "**The added value of electrical neuroimaging for the evaluation of marketing stimuli"**, 2012, Polish Academy of Sciences.
[24] Yilmaz et al., "**Like/dislike analysis using EEG: determination of most discriminative channels and frequencies"**, 2014, Biomedics.
[25] Harmon et al., "**The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion – related phenomena"**, 2010, Biological Psychology.

чекори се оригиналните трудови за фронтална асиметрија, како и книгите на **Luck**[26] (2014) и **Cohen**[27] (2014)

b) Сегментирање на податоци. Во овој чекор, континуираните EEG податоци за време на секое рекламирање се разбиваат на помали делови. Научните студии препорачуваат сегментите да се преклопуваат со времетраење до 2 секунди. Ако тестираме реклама од 60 секунди, ова ќе ни даде шеесет прозорци (60) од 2 секунди кои се преклопуваат за 1 секунда.

c) Да се внесе **фреквентна трансформација** на секој сегмент за да се одреди кои фреквенции лежат во основата на податоците. Може да се фокусираме на моќноста во **бета-опсегот** (**12 - 25 Hz**).

d) Да се пресмета фронтална асиметрија за секој сегмент: Поголемата асиметрија е поврзана со чувства поврзани со однесувањето на пристапот, додека пониската асиметрија е поврзана со чувства кои се однесуваат на избегнување.

e) Да ја нацртаме фронталната асиметрија. Постапката генерира еден резултат на асиметрија по сегмент. Сега можеме да нацртаме временски тек на резултатите за да ја визуелизираме промената во мотивацијата / ангажманот во текот на траење на стимулот. Дополнително, можеме да определиме **просечни вредности** низ

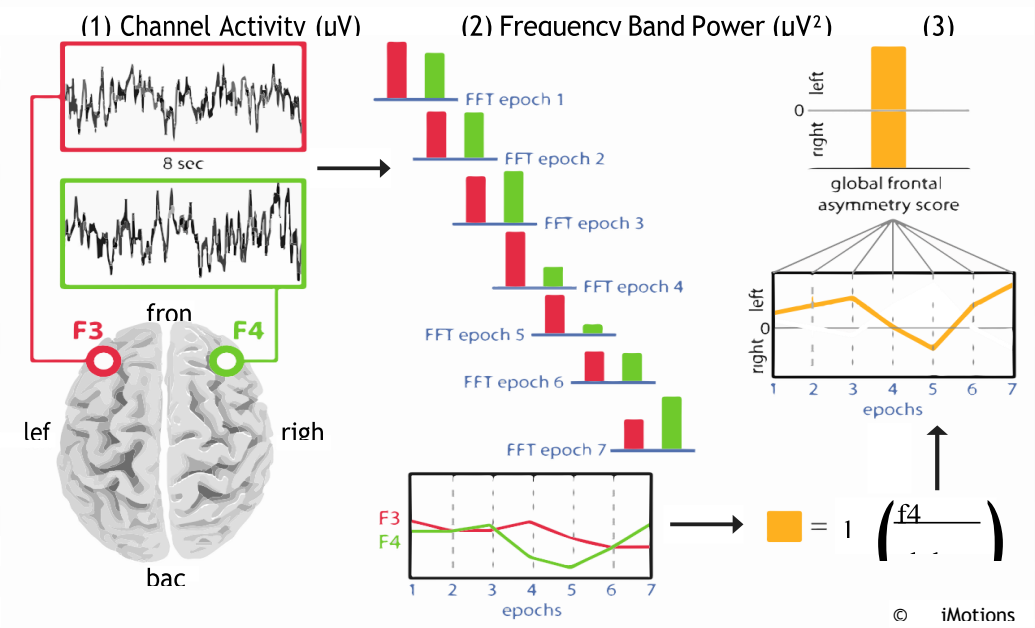
f) сите епохи за да добиеме **глобален индекс на фронтална асиметрија**.

Земени заедно, фронталната асиметрија на бета и гама фреквенциските опсези може да се толкува[28]:

- Во однос на количината на мотивација кон (приближување - approach) или далеку од (избегнување - avoidance) на стимул или ментална слика.
- Фронтална асиметрија може да се извлече од EEG слушалките со електроди лоцирани во фронталните делови на скалпот (идеално, F3 и F4),

[26] Luck, "**An introduction to the event-related potential technique"**, 2014, Cambridge, MA.
[27] Cohen, "**Analyzing neural time series data. Theory and practice"**, 2014, Cambridge, MA.
[28] Yilmaz et al., "**Like/dislike analysis using EEG: determination of most discriminative channels and frequencies"**, 2014, Biomedics.

овозможувајќи ни да ги анализираме краткорочните промени во мотивацијата во текот на презентација на стимулот.



Когнитивно – афективни мерења

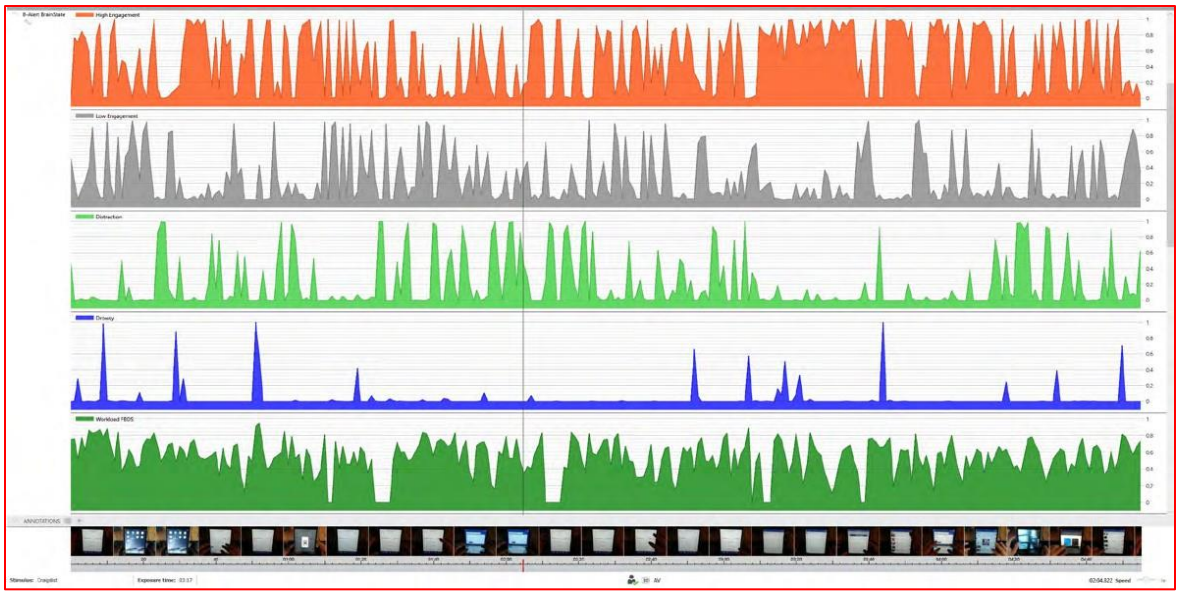
Покрај сигналите на мозокот базирани на фреквенција, поврзани со анга-жман и мотивација, академските и комерцијалните истражувања ги испитуваат кортикалните процеси кои се засноваат на ментално оптоварување или поспаност.

Способноста за континуирано следење на ниво на замор, внимание, ангажман на задачи и ментален обем на работа на испитаниците во оперативните средини е особено корисна во сценарија каде одредени однесувања потенцијално можат да резултираат во опасни ситуации. Еден пример: Следење на когнитивниот обем на работа, поспаност и ангажираност на задачи на контролори на електрани може да биде корисно да се анализира:

- Како мозокот реагира генерално во многу монотони средини (ако сè оди добро) и
- Како кортикалниот обем на работа и ангажман се прилагодуваат на ретки, но повремени катастрофи или ситуации опасни по живот. Оваа информација

може да се искористи за: оптимизирање на уреди, софтверски интерфејси или цели работни средини што го зголемува ангажманот, мотивацијата и продуктивноста.

Покрај тоа, континуирана екстракција на психофизиолошки маркери на ангажман и будност од постојана активност на мозокот, овозможуваат дизајнирање на системи со затворена јамка, кои обезбедуваат повратни информации за состојбите на когнитивните, афективните и состојбите на внимание. Со други зборови: Секогаш кога обемот на работа или поспаност заснован на мозок ја надминува одредена вредност на праг (или нивото на ангажман паѓаат под одредена вредност), испитаниците може да бидат известени да започнат со противдејство (counteraction). Оваа насока на истражување ќе продолжи да расте во следните години, дизајнирајќи целосно адаптивни системи кои реагираат целосно автоматски на кориснички состојби базирани на мозок.

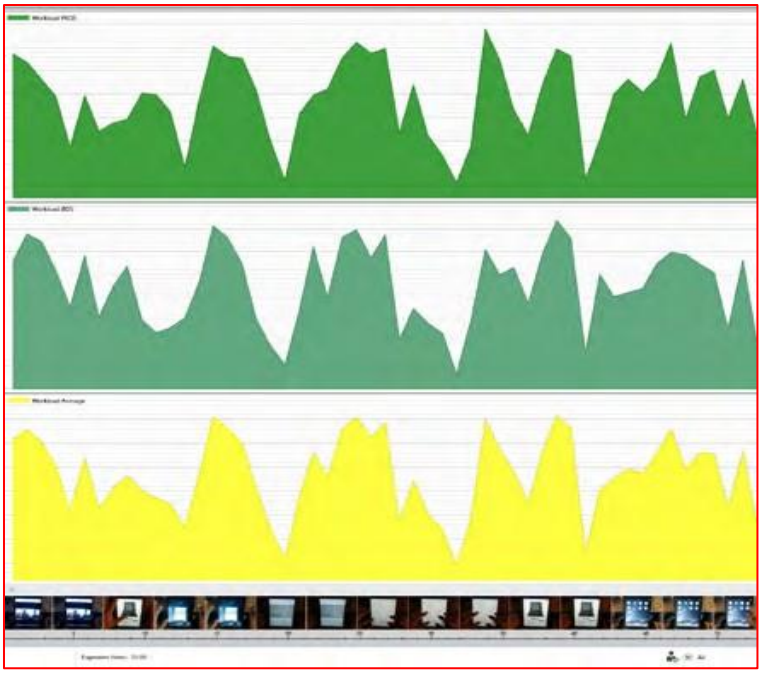


Серијата **B-Alert EEG** од Напредно следење на мозокот (ABM - Advanced Brain Monitoring), на пример, нуди две когнитивно-афективни метрики, кои се потврдени[29] во неколку академски[30] истражувачки[31] проекти[32]:

1. Когнитивните состојби го одразуваат целокупното ниво на ангажираност, внимание и фокус при собирање информации и визуелно скенирање. Нивото на ангажман се проектира во континуирана скала со екстремните столбови со вредност нула (низок ангажман) и вредност еден (висок ангажман). Со цел да се класифицираат вредностите помеѓу овие крајности, ABM ги обезбедува следниве четири класификациони нивоа на зголемен ангажман:

    - Поспан (Drowsy) [0.1]
    - Одвлекување на внимание (Distraction) [0.3]
    - Низок ангажман (Low engagement) [0.6]
    - Висок ангажман (High engagement) [0.9]

[29] Berka et al., "**Real-time analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset"**, 2014, International Journal of Human-Computer Interaction.
[30] Johnson et al., "**Drow siness/alertness algorithm development validation using synchronized EEG and cognition performance to individualize a generalized model"**, 2011, Biological Psychology.
[31] Stevens et al., "**EEG-related changes in cognitive workload, engagement and distraction as students acquire problem solving skills"**, 2007.
[32] Stikic et al., "**EEG-based classification of positive and negative affective states"**, 2014, Brain-Computer Interfaces.

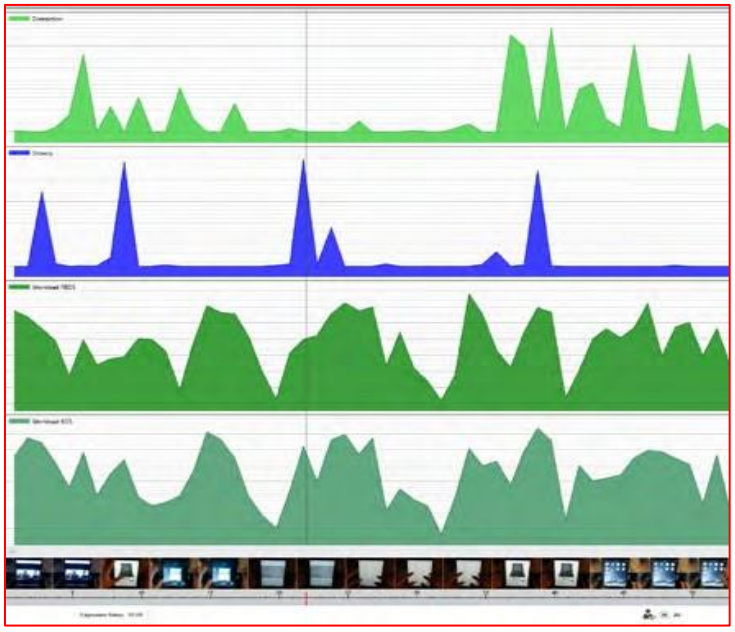


2. Обемот на работа (Workload)[33] го рефлектира секој когнитивен процес кој вклучува извршни процеси како што се работна меморија (working memory), решавање проблеми и аналитичко расудување. Обемот на работа поврзана со активноста на тета-бендот се зголемува со повисоки нивоа на барања за задачи и оптоварување на работната меморија, на пример кога мемориране списоци или се обидуваме да блокираме стимуланси што го одвлекуваат вниманието со цел да се фокусираме на елементи поврзани со задачи. Повторно, нумеричкиот опсег за обемот на работа е од **нула** до **еден**, со поголеми вредности што претставуваат зголемен обем на работа. За разлика од мерењата на когнитивната состојба, обемот на работа има важно место во центарот на скалата:

   - Досада (Boredom) [up to 0.4]
   - Оптимално оптоварување (Optimal workload) [0.4 – 0.7]

[33] Berka et al., "**Real-time analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset"**, 2014, International Journal of Human-Computer Interaction.

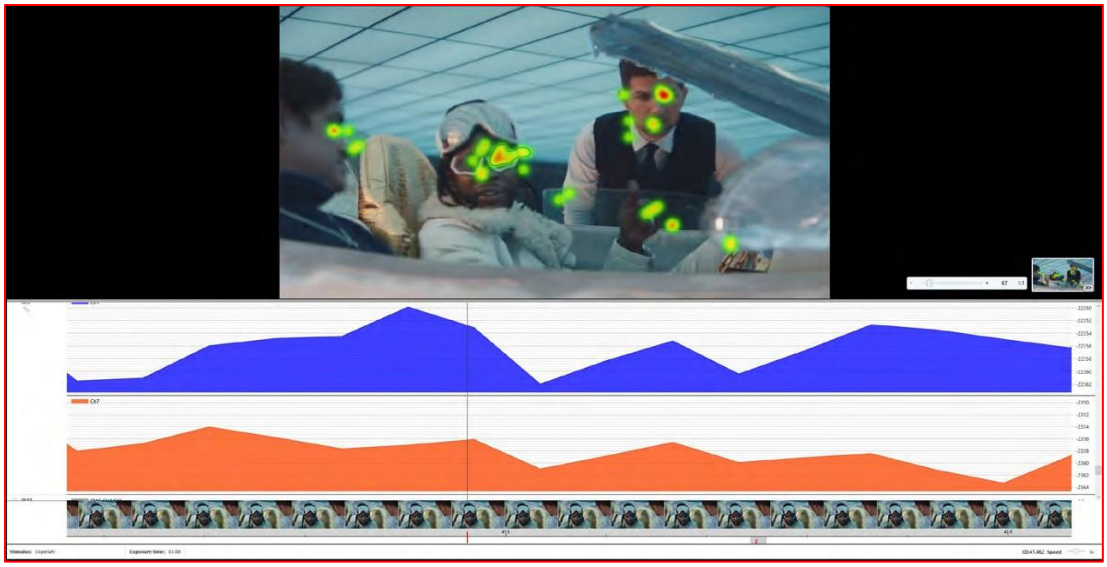
- Стрес и преоптоварување од информации (Stress and information overload) [above 0.7]



Примарната придобивка на овие метрики - слично на индексот на префронтална асиметрија - е нивниот стандардизиран опсег на вредности помеѓу вредностите нула и една. Помалите вредности претставуваат помал или намален ангажман или обем на работа, додека поголемите вредности одразуваат зголемен или зголемен ангажман или обем на работа[34].

Бидејќи мерилата се пресметуваат од секунда во секунда, лесно можеме да процениме како се менуваат когнитивните афективни состојби во текот на целиот временски тек на презентации на динамички стимуланси (навигација на веб-страница или софтвер, гледање видео или истражување на трговски центар). Исто така, можеме да пресметаме резиме резултати со едноставно просек на подолги временски периоди, на пример, низ видео сцена, веб-страница или дел од продавница, со цел да го извлечеме општото ниво на обем на работа или **ангажман**. Оваа агрегација исто така ни овозможува да споредуваме методика заснована на EEG на два или повеќе стимуланси.

[34] Berka et al., **"Real-time analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset"**, 2014, International Journal of Human-Computer Interaction.



Фреквенциски засновани мерења на EEG се користат во следните полиња за академски и комерцијални апликации:

a) Биомедицински инженеринг

Дизајни базирани на фреквенција се користат во контекст на мозок-компјутер интерфејси. Со следење на алфа-активноста над моторните региони, истражувачите можат да откријат дали испитаниците планираат да мрднат одредени екстремитети. Важно е, овие области продолжуваат да осцилираат со специфична фреквенција рамномерно ако екстремитетите се парализирани (по несреќа, на пример). Потоа, овие мозочни сигнали може да се следат со цел да им се овозможи на пациентите да управуваат со роботски раце или нозе врз основа на нивната мозочна активност.

b) Потрошувачка неврологија

EEG Мерења базирани на фреквенција (Frequency-based EEG) може да се процени од испитаници кои истражуваат вистински или виртуелни продавници со цел да се истражат резултатите за ангажман, мотивација или поспаност за време на шопинг патување. Каде во продавницата има високи нивои на ангажман, каде е најмала мотивацијата? Додека анкетирањата и интервјуата обично се пристрасни (biased) поради ограничувањата во меморијата на испитаниците или елаборативни вештини (или поради социјално очекување),

EEG овозможува директен и неинтрузивен мониторинг за време на реалното истражување[35].

c) Маркетинг истражувања

EEG Мерења базирани на фреквенција се широко користени во комерцијалното истражување за:

- Ефикасност на бренд при пакување и дизајн на производи, вклучувајќи веб-страници и софтверски интерфејси со цел да се идентификуваат блокади на патиштата и да се подобрат работните текови засновани врз когнитивно-афективни процеси.

d) Рекламирање, трејлери (кратка презентација на филм, серија, емисија) и медиумско тестирање.

ТВ рекламите би требало да ги натераат потенцијалните купувачи да купуваат производ или услуга. Следењето на EEG активноста на испитаниците кои гледаат реклами или трејлери (кратка презентација на филмови, серии, емисии) (trailers) и анализата на податоците засновани на нивната фреквентна содржина, може да даде нефилтриран, непристрасен увид во когнитивно-афективните состојби на публиката. Слично на тоа, материјал прикажан преку Интернет и видеа за упатства може да се проценат во однос на мерења за ангажман и обем на работа, што ни овозможува да отфрлиме материјал што е тешко да се следи[36].

EEG и мултисензорски истражувања

Во споредба со други техники за сликање на мозокот, EEG е нескапа, неинвазивна и целосно пасивна техника на снимање. Податоците за EEG имаат одлична резолуција, односно може да реализира стотици до илјадници снимки на електрична активност низ

[35] Berka et al., "**Real-time analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset"**, 2014, International Journal of Human-Computer Interaction.
[36] Luck, "**An introduction to the event-related potential technique"**, 2014, Cambridge, MA.

повеќе електроди во рамките на една секунда. Ова го прави EEG идеална алатка за истражување, за проучување на точно време на обработка на внимание, когнитивност и емоција. Во прилог на парадигмите поврзани со настанот, кои се фокусираат на активност на EEG активирана од сензорни стимули или делови на телесно движење, техниките за анализа на EEG засновани на фреквенција ни овозможуваат да погледнеме во осцилаторната активност на специфични опсези на фреквенции поврзани со когнитивно-афективни состојби, ангажман и мотивација[37].

Додека EEG сама веќе обезбедува неверојатно богата количина увид во когнитивни, афективни основи и основи на внимание на човековото однесување, за да добиеме целосна слика можеме да размислиме за додавање други сензори.

Следење на очи

ТВ реклами, видео игри, филмови, веб-страници, уреди, како и партнери за социјална интеракција во приватниот живот и на работното место - ние не можевме да обработиме ништо од овие без наша визија. Човечкиот мозок е подесен за визуелен влез и контрола на движењата на очите. Затоа, има непосредна смисла да се соберат информации за позицијата на погледот и проширувањето на зени-цата од следењето на очите заедно со EEG[38]. Ако презентираме визуелни стимули на екран, секогаш треба да собираме податоци за следење на очите за да би-деме апсолутно сигурни:

- **Каде** испитаниците го насочуваат погледот.
- **Како** тоа влијае на когнитивната обработка.
- Второ, следењето на дилатацијата на зеницата може да даде вреден увид во возбудувањето и нивото на стрес кај испитаникот. Бидејќи дилатацијата на зеницата е автономен процес, не може да се контролира свесно. Додека дилатацијата на зеницата се случува на многу побавна временска скала во споредба со EEG, комбинираните EEG снимања и следење на очите ни

[37] Buzsaki Anastassiou & Koch, "**The origin of extracellular fields and currents-EEG, ECoG, LFP and spikes"**, 2012, Nature Reviews, Neuroscience.

[38] Berka et al., "**Real-time analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset"**, 2014, International Journal of Human-Computer Interaction.

овозможуваат да го следиме ангажманот и мотивацијата на испитаниците, како и нивото на возбуда за време на средба со емотивни или когнитивно предизвикувачки стимули.



Електрокардиографија и фотоплетисмографија

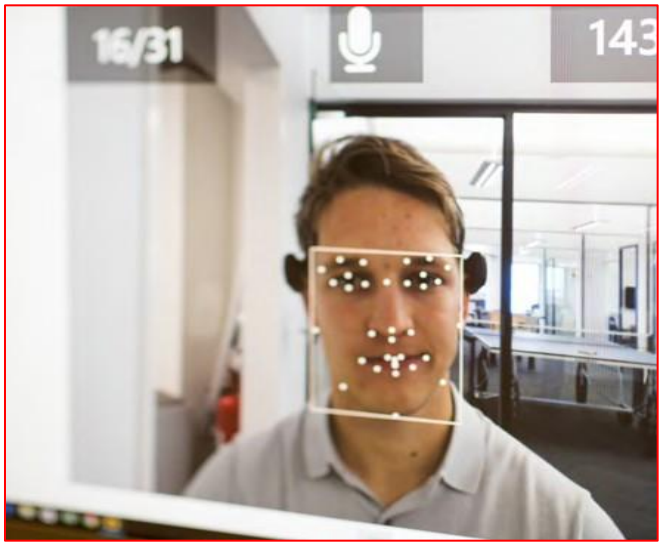
Следењето на срцевата активност со ECG електроди прикачени на градите или оптички сензори за отчукување на срцето прикачени на врвовите на прстите, ни овозможуваат да ја следиме:

- физичката состојба на испитаниците,
- нивото на вознемиреност и стрес (возбуда) и
- како промените во физиолошката состојба се однесуваат на нивните постапки и одлуки.

Бидејќи отчукувањата на срцето можат да предизвикаат силни артефакти во EEG податоците, комбинирањето на ECG/PPG и EEG има смисла за подобрено слабеење на артефактот и процедури за деконтаминација на сигналот. Дополнително, следењето на физичката исцрпеност на испитаниците со ECG сензори за време на проценка на EEG, може да обезбеди дополнителни објасну-вања за варијациите во когнитивните состојби, што не е можно само врз основа на EEG.

Анализа на израз на лице

EEG ги следи когнитивните состојби поврзани со ангажман и мотивација. Сепак, само од EEG не можеме да процениме дали испитаниците навистина го изразуваат својот позитивен став во обсервација наоднесувањето. Ова е причината зошто секогаш треба да размислиме за додавање на следење на лицето и анализа на изразување, на списокот на корисни сензори за следна студија за EEG. Анализата на изразот на лицето е неинтрузивен метод за проценка на положбата и ориентацијата на главата (идеален за идентификација на артефакт од нишање и движења на главата), движења на единица на акција (како кревање на веѓите или отворање на устата) и за мерење на глобални изрази на лицето на основни емоции (радост, лутина, изненадување и сл.), сите од користење веб камера поставена пред испитаникот. Податоците за лицето се исклучително корисни за да се потврдат мерилата за ангажман, обем на работа или поспаност базирани на EEG[39].



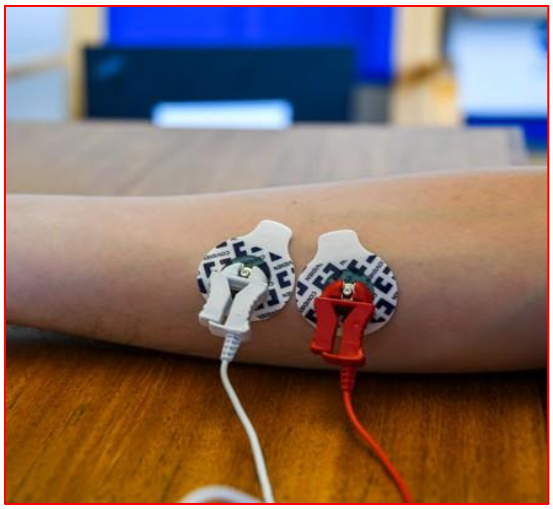
Електромиографски сензори (EMG)

Електромиографските сензори ја следат електричната енергија генерирана од движењата на телото. EMG сензорите може да се користат за следење на мускулните одговори на лице, раце или прсти како одговор на секаков вид стимулансен материјал. Дури

[39] Buzsaki Anastassiou & Koch, "**The origin of extracellular fields and currents-EEG, ECoG, LFP and spikes"**, 2012, Nature Reviews, Neuroscience.

и суптилните модели на активирање поврзани со свесно контролирани движења на рацете / прстите (зачудувачки рефлекс) може да се проценат со EMG. Собирањето синхронизирани податоци за **EEG** и **EMG** е релевантно за секој што е заинтересиран за тоа:

- Како мозокот ги обработува и контролира движењата на екстремитетите, но и
- Како се спречуваат движењата и се инхибираат (закочуваат дејства.)



Одговор на галванска реакција (GSR/EDA)

Одговор на галванска кожа (GSR - Galvanic skin response) или електродермична активност (EDA - electrodermal activity) ја рефлектира количината на секреција на пот од потните жлезди во нашата кожа. Зголеменото потење резултира со поголема спроводливост на кожата. Кога сме изложени на емоционална содржина, се потиме емоционално. Снимањата на GSR заедно со EEG се исклучително моќни како спроводливоста на кожата се контролира потсвесно, односно со подлабоки и постари мозочни структури отколку когнитивте процеси што ги следи EEG[40]. Затоа, додавањето на GSR нуди огромен увид во нефилтрирана, не-пристрасна емоционална возбуда на испитаник.

[40] Buzsaki Anastassiou & Koch, "**The origin of extracellular fields and currents-EEG, ECoG, LFP and spikes"**, 2012, Nature Reviews, Neuroscience.



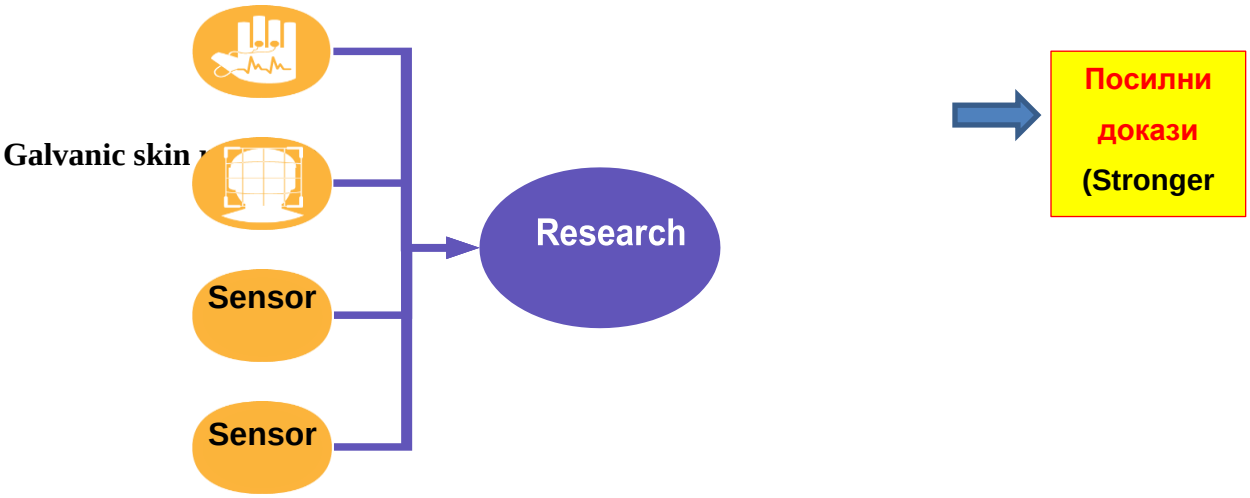
Моќта на мултисензорско (биосензорско) истражување

Придобивки од истражување со повеќе биосензори:

- Изразот на лице (facial expression) обезбедува голем увид во видот на емоционални одговори изразени од испитаници.
- Галванска реакција на кожа (galvanic skin response) навистина рефлектира несвесна контрола.
- Ова се должи на фактот дека постојат индивидуални разлики во начинот на кој испитаниците изразуваат емоционални реакции преку движења на мускулите на лицето.
- Друг факт е дека изразите на лицето можат и ќе бидат потиснати од група испитаници, додека одговорите на GSR не можат да бидат контролирани од свесниот ум.

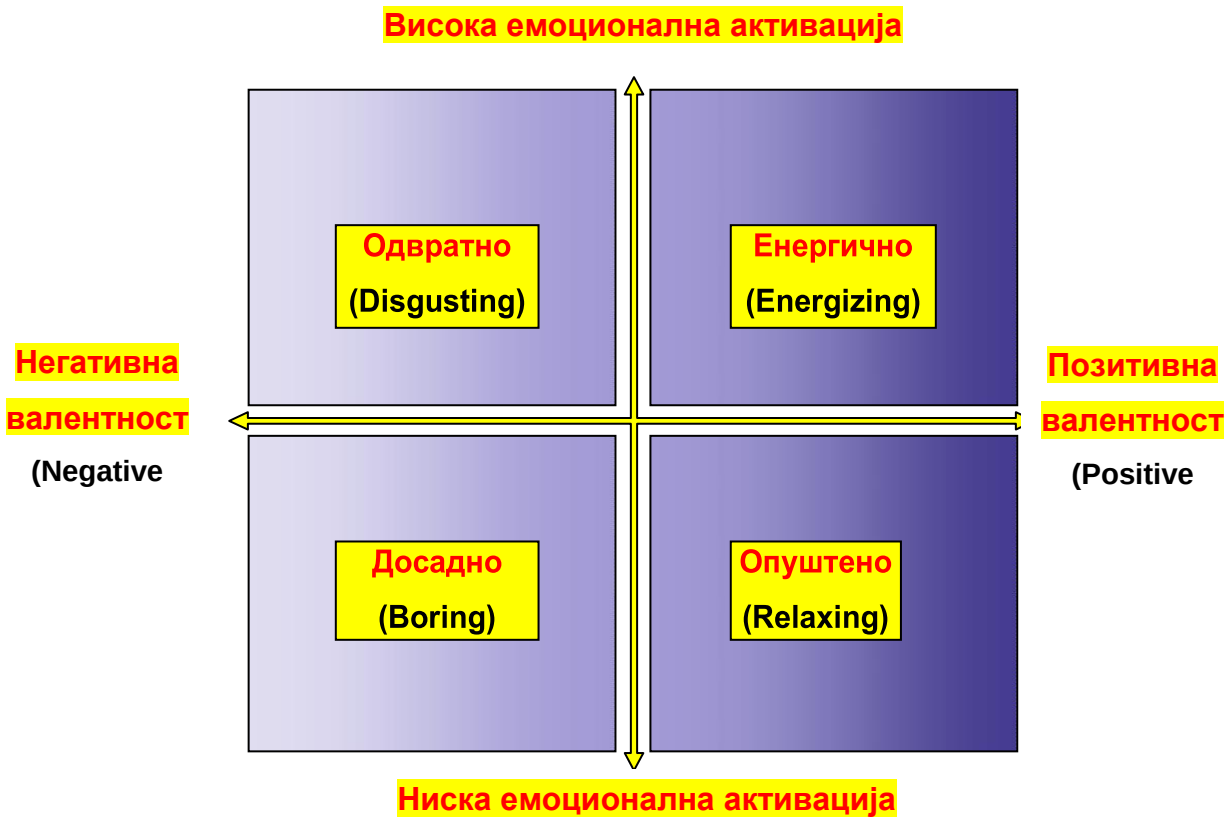
Затоа, користењето на мултимодален дизајн на истражување едноставно додава поголема моќ на истражувачкиот дизајн и посилни докази што ги поткрепуваат резултатите.

Facial expression analysis



Подлабоки согледувања во емоционални реакции

Вообичаен начин за прикажување на резултати од GSR заедно со изрази на лице е во 2-димензионален обем. Пример за ова е претставено долу. Ова се должи на фактот дека изразите на лицето се одлична мерка за емоционалната валентност додека GSR обезбедува увид во емоционалната возбуда. Користењето на GSR со изрази на лицето овозможува да се класифицираат емоционалните реакции на сензорните влезови во различни категории засновани на емоционална ва-лентност и возбуда. Пример е енергично, релаксирачко, досадно или одвратно. Ова е многу признат начин за користење на биофизиолошките модалитети во рамки на сензорски истражувања.


Висока емоционална активација
Одвратно
(Disgusting)
Енергично
(Energizing)
Негативна
валентност
(Negative
Позитивна
валентност
(Positive
Досадно
(Boring)
Опуштено
(Relaxing)
Ниска емоционална активација

Прилог**. Истражувачки проект**

Презентација на реализиран научно-истражувачки проект: **“Споредување на безалкохолни пијалоци“.**

- Број на испитаници: **40**
- Тест материјал: **6** безалкохолни пијалоци
- Користена опрема: **Анализа на израз на лице** и **Анкета**.

Цел на студијата:

Целта на оваа студија била да се потврди употребата на препознавање емоции во студии за споредба на безалкохолни пијалоци. Сите испитаници пробале **6** безалкохолни пијалоци и се користел уред за автоматско препознавање на лице за мерење на изрази на лице додека пиеле безалкохолни пијалоци.

Очекувани резултати: Да се споредат **6** безалкохолни пијалоци и **да се открие кој од нив предизвикал најпозитивни емоционални** реакции.



Drink 1 **Drink 2** **Drink 3** **Drink 4** **Drink 5** **Drink 6**

Цели **(Background & Objectives)**

- Испитаникот е заинтересиран да користи израз на лице за да го процени вкусот на **6** безалкохолни пијалоци.
- **Целта на истражувањето** е:

- Да се идентификуваат дијагностички согледувања преку емоционални реакции кон вкусот на 6 безалкохолни пијалоци и
- Да се поттврди користењето на изрази на лице за тест за дегустација.

Одговорени прашања

a) Кој од 6-те безалкохолни пијалоци со својот вкус предизвикува најповолен сет на реакции на лицето?

b) Кој од 6-те безалкохолни пијалоци со својот вкус има највисоко анкетиран допаѓачки резултат?

c) Како биометриската анализа ги надополнува традиционалните методи на истражување?

Тестирани безалкохолни пијалоци

Шест (6) безалкохолни пијалоци.

Методологија

Спецификации на испитаници

- **Големина на примерок**: **N=40**
- **Возраст**: Помеѓу **18** и **55** години.
- **Критериуми**: **50%** жени и **50%** мажи. Редовни потрошувачи на безалкохолни пијалоци (најмалку еднаш месечно). Без формални диети, без формална диетална храна. Не – одбивачи на напитоци без шеќер и со шеќер, нема бременост.

Собирање податоци

- **Два** (2) дена собирање податоци.

Мерења

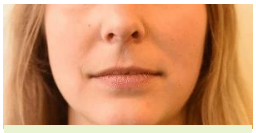
Комбинирање на повеќе мерења:

a) Изрази на лице (FACIAL EXPRESSIONS): Мерење на позитивни и негативни емоционални одговори на различните безалкохолни пијалоци.

b) Анкетирање (SURVEY): Мерење на допаѓање преку анкетирање и намера за купување на секој безалкохолен пијалок.

Емоционални изрази на лице (Emotional Facial Expression)

Валентност во ранг од -100 до +100 (Valence ranges from -100 to 100), а сите други резултати се движат од **0** до **100**.



Joy

Joy is mostly based on smile and raise in the cheeks. This is classified as a positive emotional reaction that can be related to the liking of a drink.



Disgust

Disgust is a negative emotion and is used in this study as an indication of disliking.

Disgust is based on nose wrinkling, lowering the lip corners and releasing the lower lip.



Brow Furrow

Brow Furrow is used in this study as an indication of confusion and/or frustration.

This is classified as a negative emotional reaction that can be related to disliking.



Expressiveness

An overall score that indicates the amount of emotional activation recorded with facial expressions. A score of 0 here indicates no emotional activation. Emotional expressiveness is calculated as a weighted sum sum of Brow raise, Brow furrow, Nose wrinkle, Lip corner depressor, Chin raise, Lip pucker, Lip press, Mouth open, Lip suck and Smile.

- **Радост (Joy)**: Радоста најмногу се заснова на насмевка и подигнување во образите. Ова е класифицирано како позитивна емоционална реакција што **може да биде поврзана со допаѓање на пијалок**.
- **Одвратност (Disgust)**: Одвратноста е негативна емоција и се користи во оваа студија како **индикација дека не се допаѓа**. Одвратноста се заснова на брчки во носот, намалување на аглите на усните и ослободување на долната усна.
- **Бразда на веѓа (Brow Furrow)**: Brow Furrow се користи во оваа студија како индикација за **конфузија и / или фрустрација**. Ова е класифицирано како негативна емоционална реакција што може да биде поврзана со **не ми се допаѓа**.
- **Експресивност (Expressiveness)**: Вкупен резултат што укажува на количината на емоционална активација снимена со изрази на лице. Оценка **0** значи дека **не покажува никакво емотивно активирање** (indicates no emotional activation). **Емоционалната експресивност** (Emotional expressiveness) се пресметува како **измерена збирна сума** на **подигнување на веѓи** (Brow raise), **бразда на веѓи** (Brow furrow), **брчки на нос** (Nose wrinkle), **депресатор на агол на усни** (Lip corner depressor), **подигање на брада** (Chin raise), **собирање на усни** (Lip pucker), **притискање на усни** (Lip press), **отворање на уста** (Mouth open), **цицање на усни** (Lip suck) и **насмевка** (Smile).
- **Валентност (Valence)**: Севкупна мерка за позитивна или негативна природа на израз на лице на снимена личност. Валентни резултати од **-100** до **+100**. Фактори кои го зголемуваат **позитивниот резултат на валентност** (the positive valence score) вклучуваат: **Насмевка** (Smile), **подигнување на образи** (Cheek Raise). Факторите што го зголемуваат **негативниот** резултат на валентност вклучуваат: **Внатрешно подигнување на веѓи** (Inner Brow Raise), **бразда на веѓа** (Brow Furrow), **Брчки на нос** (Nose Wrinkle), **зголемување на горни усни** (Upper Lip Raise), **Депресор на агол на усни** (Lip Corner Depressor), **подигање на брада** (Chin Raise), **притискање на усни** (Lip Press) и **вшмукување/цицање на усни** (Lip Suck).

Поставување на тест (Test Setup)

Дизајн на студија

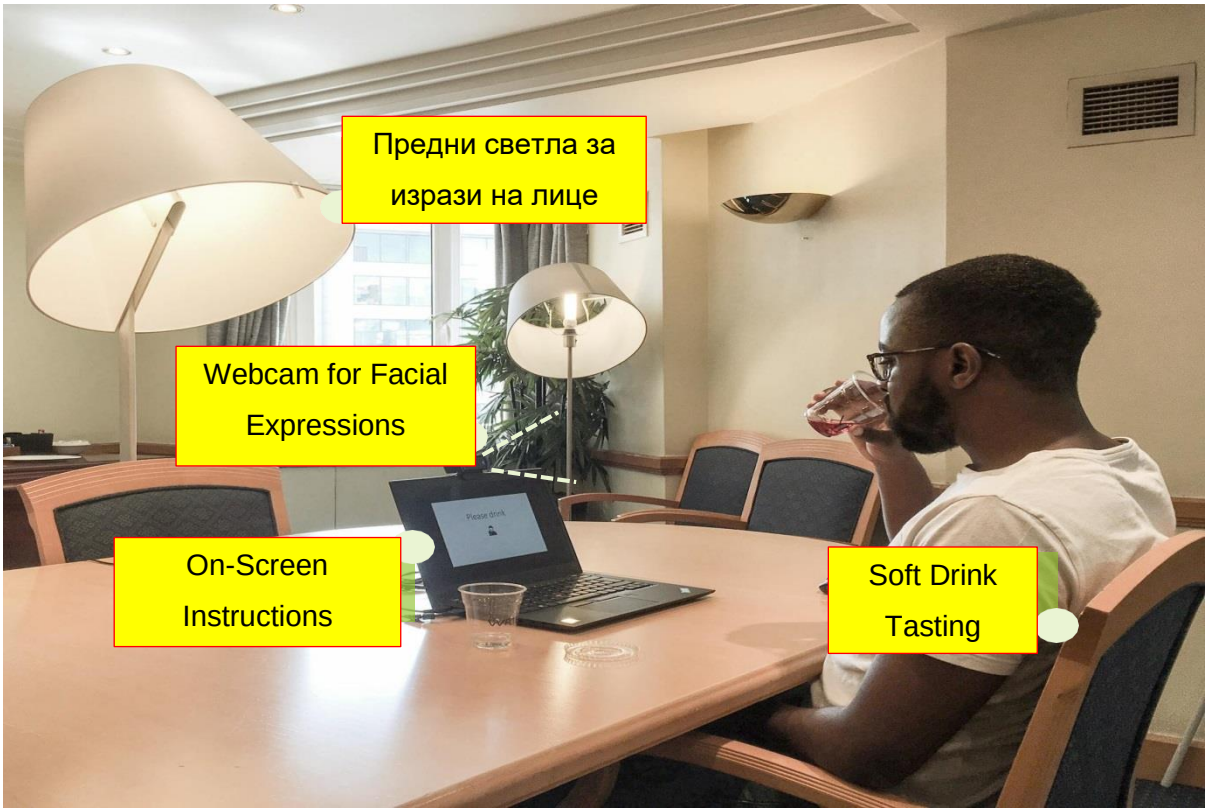
a) Од испитаниците беше побарано да го земат тест безалкохолниот пијалок и да се подготват да ја пијат содржината. Секој безалкохолен пијалок се сервира во порции од **20 ml** во чаши кои се покриени со капаци за да се зачува аромата.

b) Од испитаниците е побарано да го отстранат капакот, да го испијат сокот и да ја спуштат чашата, додека гледаа во компјутерскиот монитор. Ова треба да обезбеди дека лицата на испитаниците се јасни и видливи за детектирање на лицето. Изразите на лицето се анализирани 5 секунди, почнувајќи од првата видео рамка каде што уредот за изрази на лице може да го открие лицето. **Ова е најчест начин за анализа на изрази на лице во студии за дегустација**.

c) По пиењето, од испитаниците е побарано да ја оценат можноста за набавка (да го купат) на безалкохолен пијалок на скала од **1 до 7**.

d) По оценувањето на тестот за безалкохолен пијалок, на испитаниците им е наложено да пијат малку вода за да ја неутрализираат аромата од пијалокот. Од нив е побарано да почекаат уште **15** секунди, пред да се подготват за следниот пијалок.

Времетраење на тест по испитаник: **20** минути (**5** минути за добредојде и **15** мин. тестирање). Безалкохолните пијалоци се дегустирани по случаен распоред меѓу испитаниците.



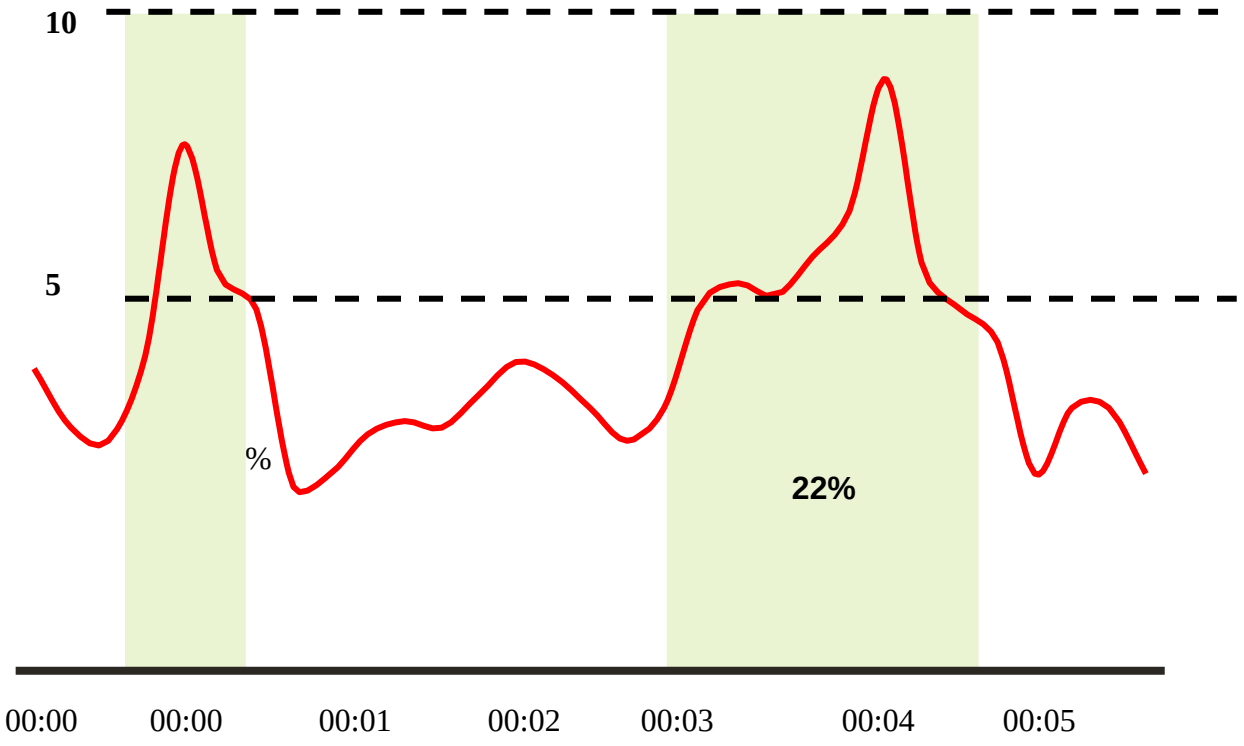
Анализа на изрази на лице (Facial Expressions Analysis)

Во оваа студија се користи уред за препознавање и фаќање изрази на лице на Affectiva Affdex. Овој уред пресметува "**резултат на веројатност**" од **0** до **100**, што дефинира веројатност дека рачен **FACS** кодер ќе маркира како присутен основен израз на лице.

Во оваа студија се користи анализа на праг што одредува **%** од времето кога испитаниците изразуваат даден израз на лицето. Во оваа студија се користи праг од **5**, па оттука, кога резултатот на веројатноста за израз на лицето е поголем од **5**, се дефинира изразот на лицето како присутен.

Конечниот резултат што се користи за анализа го дефинира **%** на време (заробени **5** секунди) што испитаниците изразуваат било какви изрази на лицето.

Пример за “радост“ (“Joy”)



Слика: Во овој пример субјектот изразува радост **31%** од времето

Примарни резултати (Primary Results)

Пијалокот 4 генерално покажува повеќе позитивни емоционални реакции отколку водата.

Ова покажува дека:

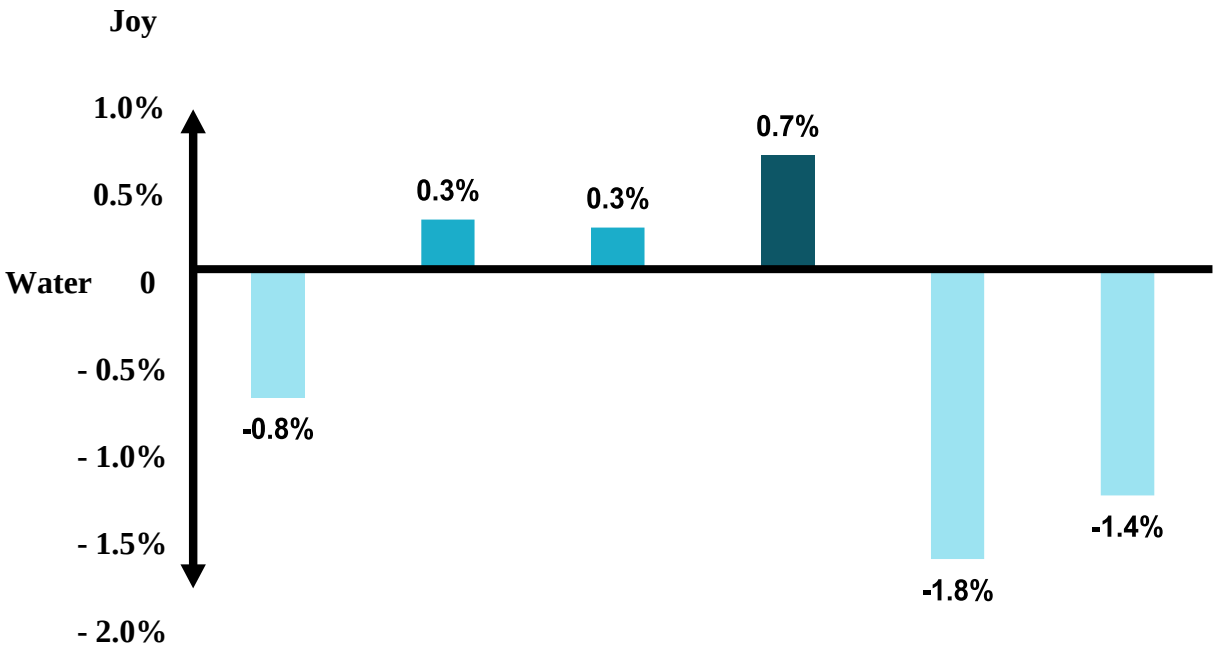
- **Пијалокот 4** има најголема **позитивна** валентност, а по него **Пијалокот 3**.
- **Пијалокот 1** и **Пијалокот 2** имаат **најнегативна** валентност.

Емоционална валентност (Emotional Valence)

Пијалокот 5 и **Пијалокот** 6 **покажуваат повеќе одвратност од радост**.

Овие резултати покажуваат дека **субјектите изразуваат повеќе одвратност отколку радост** кога пробаат **Пијалок 5** и **Пијалок 6**. **Пијалок 4**, **Пијалок 3** и **Пијалок 2 покажуваат поголема радост отколку одвратност**.

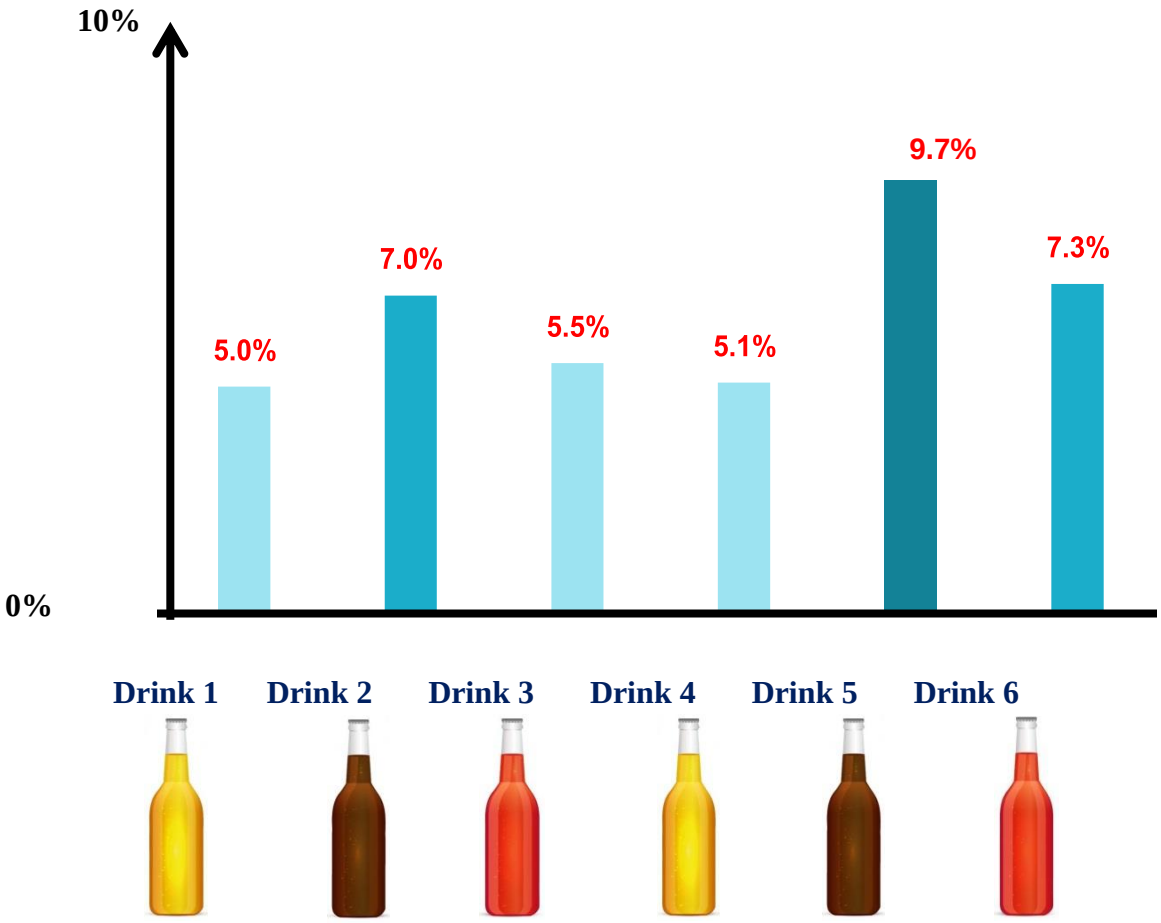
Радост и одвратност (Joy and Disgust)



Пијалокот **5 покажува најголемо количество конфузија и / или фрустрација**.

Субјектите на тестот покажаа најмалку знаци на **конфузија / фрустрација** кога пробаа **Пијалок 4**, **Пијалок 3** и **Пијалок 1**. Ова може да се должи на фактот дека испитаниците **се нај запознаени (блиски) со овие пијалоци**.

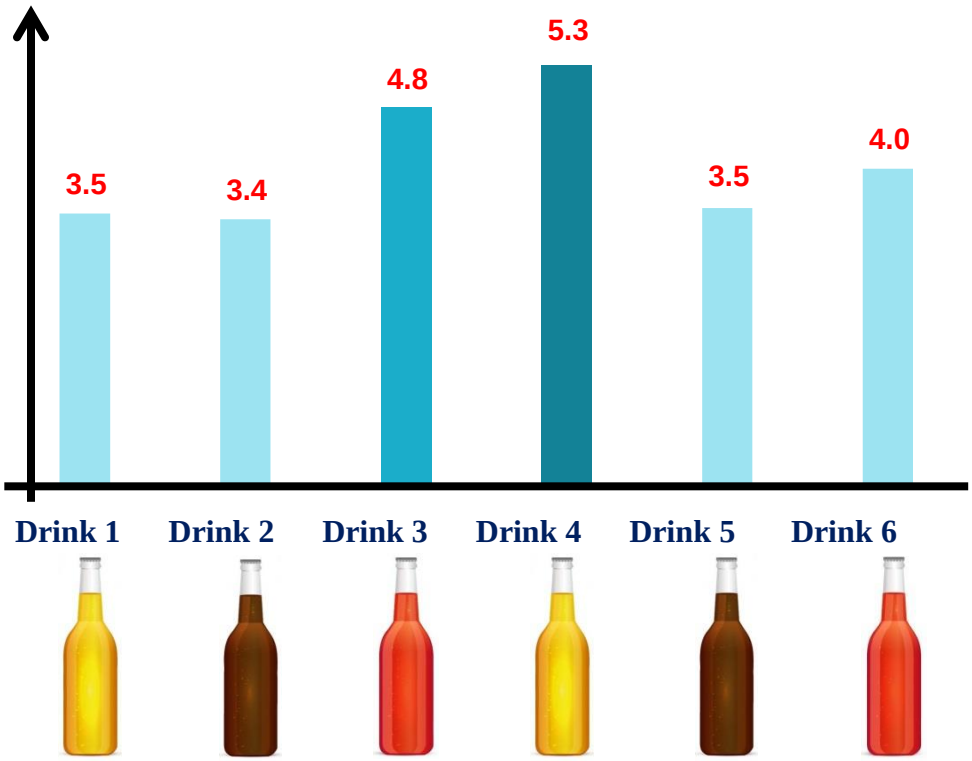
Конфузија или фрустрација (Confusion or Frustration)



Пијалокот 5 и Пијалокот 6 имаат **најголемо количество емоционална експресивност**.

Гледајќи ги претходните резултати, емоционалната експресивност на овие два безалкохолни пијалоци се чини дека е главно водена од негативни емоции, како што се одвратност и конфузија / фрустрација.

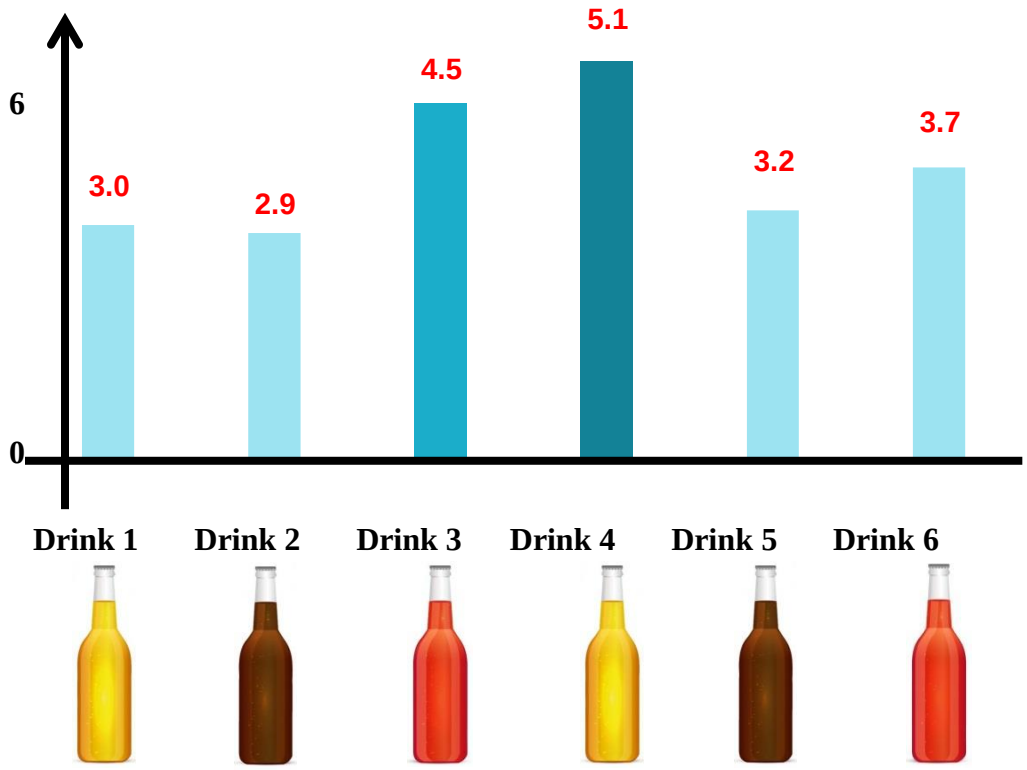
Анкетирање (допаѓање) (Survey (Liking))



Испитаниците на тестот покажаа дека **Пијалокот 4** и **Пијалокот 3** се оние што најверојатно би ги купиле.

Овие резултати **се скоро идентични со оние со допаѓање преку анкетирање**.

Анкетирање (намера за купување) (Survey (Purchase Intent))



Преглед и рангирање на резултатите

	Drink 1	Drink 2	Drink 3	Drink 4	Drink 5	Drink 6
Валентност (Valence)	**1**	**2**	**5**	**6**	**4**	**3**
Радост и одвратност (Joy and Disgust)	**3**	**5**	**4**	**6**	**1**	**2**

Конфузија/фрустрација (Confusion / Frustration)	**6**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**
Допаѓање(Liking)	**2**	**1**	**5**	**6**	**3**	**4**
Намера за купување (Purchase intent)	**2**	**1**	**5**	**6**	**3**	**4**

Вкупен резултат (Total Score)	**14**	**12**	**23**	**29**	**12**	**15**

Во табелата се прикажани резултати од сите мерења рангирани со **1** до **6** поени, каде што **6** го покажува најповолниот сет на одговори на изразите на лица и највисоко допаѓање, а **1** е оној што има помали перформанси врз основа на **изразената емоција на лицата** и **анкетираното допаѓање**. Овие точки се сумирани за да се најдат пијалоци кои се покажале најдобро според сите мерења. Треба да се има на ум дека конфузијата / фрустрацијата е обратна во рангирањето, така што повисокиот резултат има помали поени.

1 – **Пијалок со најлоши перформанси**

6 – **Пијалок со најдобри перформанси**

Изрази на лице наспроти резултати од анкетирање

Изрази на лице (Facial Expressions)

	Drink 1	**Drink 2**	**Drink 3**	**Drink 4**	**Drink 5**	**Drink 6**
Валентност (Valence)	**1**	**2**	**5**	**6**	**4**	**3**
Радост и одвратност (Joy and Disgust)	**3**	**5**	**4**	**6**	**1**	**2**
Конфузија/фрустрација (Confusion / Frustration)	**6**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**
Вкупен резултат (Total Score)	**10**	**10**	**13**	**17**	**6**	**7**

Анкетирање (Self Report - Survey)

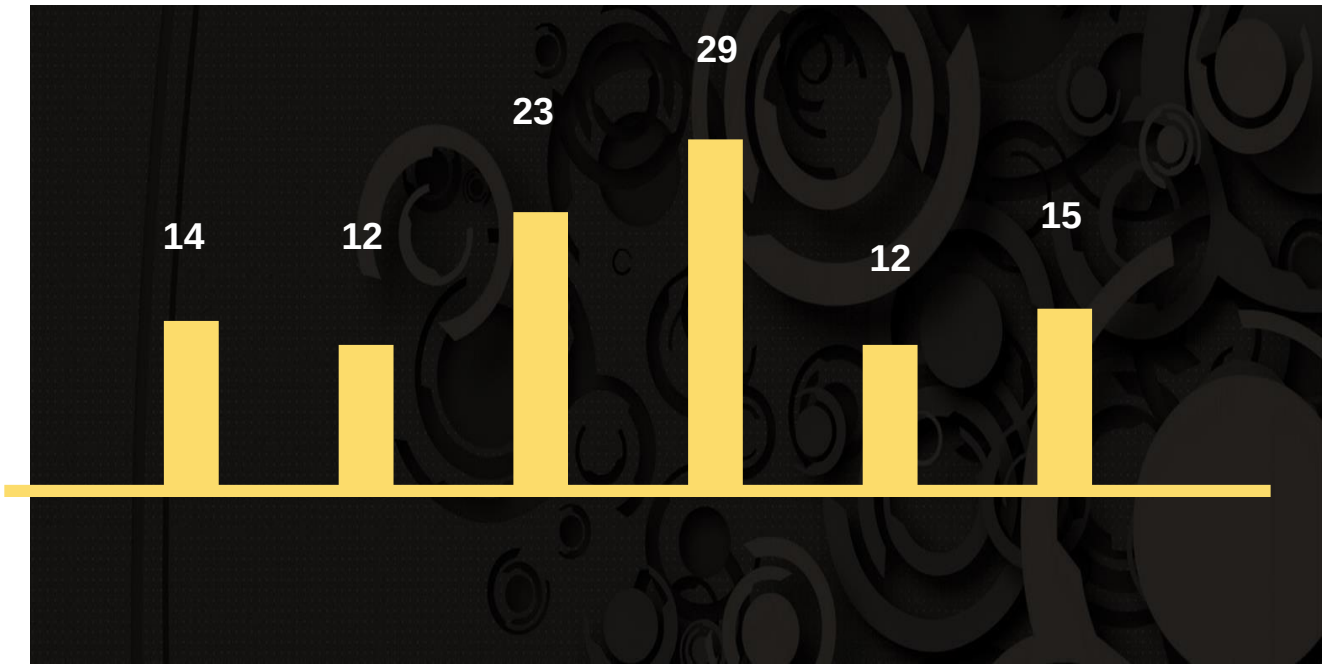
	Drink 1	**Drink 2**	**Drink 3**	**Drink 4**	**Drink 5**	**Drink 6**
Допаѓање(Liking)	**2**	**1**	**5**	**6**	**3**	**4**
Намера за купување (Purchase intent)	**2**	**1**	**5**	**6**	**3**	**4**
Вкупен резултат (Total Score)	**4**	**2**	**10**	**12**	**6**	**8**

Извршно резиме

a) Пијалокот **3** и пијалокот **4 предизвикуваат најповолен сет на одговори на лице** и **највисоко анкетирано допаѓање**.
b) Пиењето од пијалокот **5** и пијалокот **2** најмалку им се допаѓа на испитаниците од **6**-те безалкохолни пијалоци, **засновани на емоционални одговори и анкетирање**.
c) **Изрази на лице** (Facial expressions), како што се **емоционална валентност** (emotional valence), **одвратност** (disgust) и **бразда на веѓи** (brow furrow), **можат да бидат моќни предиктори за емоционалната реакција на безалкохолните пијалоци**.

Резиме на вкупна оценка на рангирање

Вкупните резултати сугерираат дека **Пијалок 4** и **Пијалок 3** се оние што се чини дека предизвикуваат најповолен сет на реакции на лице и **најмногу им се допаѓаат** (highest liking), каде што **Пијалок 5** и **Пијалок 2** се оние кои имаат послаби перформанси **врз основа на изразена емоција на лице и анкетирано допаѓање**.



Заклучоци и препораки (Conclusions and Recommendations)

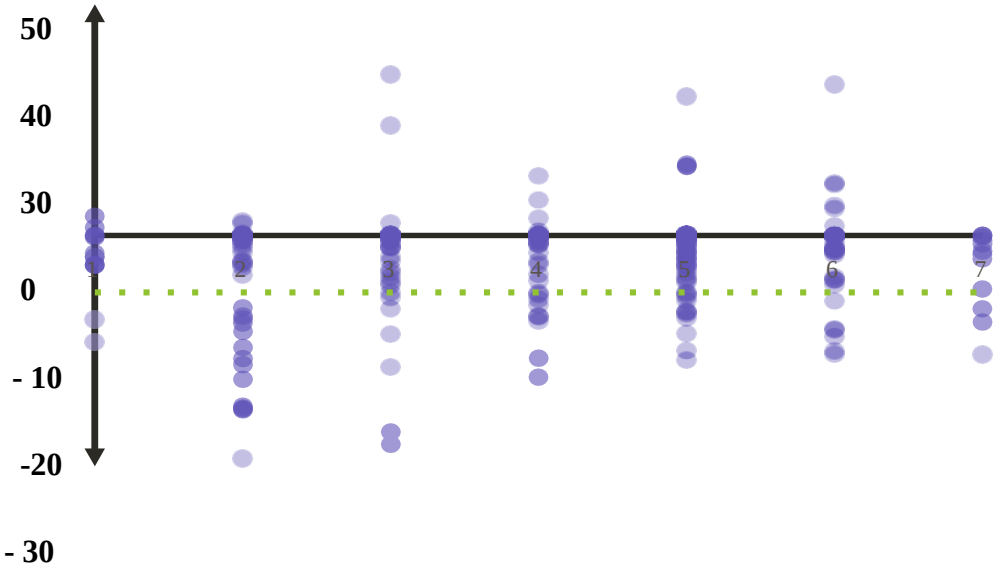
- **Пијалокот 4** и **Пијалокот 3** предизвикуваат најповолен сет на одговори на лице и на анкетирано допаѓање.
- **Пијалокот 5** и **Пијалокот 2** најмалку се допаднале од **6** –те безалкохолни пијалоци засновани на емоционални одговори и анкетирање.
- **Изрази на лице** (Facial expressions), како што се емоционална валентност (emotional valence), одвратност (disgust) и бразда на веѓи (brow furrow), **можат да бидат добро прилагодени за да се предвиди колку добро се сака/не се сака (допаѓа) безалкохолен пијалок**.

Вкупен резултат



1 2 3 4 5 6

Drink 1 Drink 2 Drink 3 Drink 4 Drink 5 Drink 6



ЗАКЛУЧНИ СОГЛЕДУВАЊА

Во последниве години се забележува пораст на способностите на невролозите да ја проучуваат мозочната активност 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 истражување на потрошувачите. Навистина, традиционалните методи за собирање податоци имаат некои ограничувања и се критикуваат затоа што не откриваат точни резултати. Некои студии ја стават стапката на неуспех на нови производи на 90%. Ова дава индиции дека традиционалните маркетинг студии спроведени пред лансирањето на производите не даваат сигурни, валидни и генерализирани резултати.

Со користење на биосензори може да се разбере како умот, мозокот и телото комуницираат. Биосензорите даваат пристап до инаку скриени процеси. Овие реакции се основа на голем дел од нашето донесување одлуки и од нашето резултантно однесување.

Често прашање што се поставува: “Дали биосензорите можат да направат подобра работа за мерење на човековото однесување отколку традиционалните истражувачки методи? Наместо да размислуваме за биосензори како замена за нашите сегашни методи на истражување, треба да ги гледаме биосензорите како додаток на традиционалните методи. Биосензорите можат да додадат дополнителен слој на сеопфатност, дозволувајќи ни да поставуваме нови прашања и да го однесеме нашето истражување чекор понатаму.

Истражување со **биосензор** може да се дефинира како метод за истражување на **потсвесни сигнали** од телото, за откривање на инаку скриени карактеристики поврзани со емоции, внимание, сознание (когницијa) и физиолошка возбуда. Истражување со биосензор користи сензори кои се дизајнирани да мерат и снимаат различни сигнали што ги произведува нашето тело, од изрази на лицето и движења на очите, до срцев ритам (heart rate), мозочни сигнали и многу повеќе. Ние потсвесно ги произведуваме овие сигнали цело време. Кога гледаме стимул, како што е слика или реклама, на пример, нашите очи се фокусираат на разни детали и изразот на лицето може да се промени. Дополнително, електричната активност генерирана низ нашата кожа се прилагодува како одговор, а мозочната активност може да биде променета. Сите овие сигнали раскажуваат длабока

приказна за физиолошкиот одговор на стимулот и може да се измерат со биосензори. Стимул се однесува на сè што доведува до сензорска реакција или однесување во организмот. Секој материјал или предмет прикажан на учесник се смета за стимул. Може да биде слика, видео, мирис, музичко парче, итн.

Традиционалните методи кои долго време се користат за истражување на човековото однесување се фокусираат на пристапот на одговор на прашање (question-answer approach) (било да е тоа со анкети, прашалници или преку едноставно набљудување). Иако овој пристап може да генерира голем увид, на моменти може да недостасуваат квантитативни и објективни податоци потребни за поддршка или побивање на изнесените тврдења. Постојат различни причини зошто пристапот на прашање-одговор има свои недостатоци. Таквите методи се склони кон пристрасност, со испитаници кои не сакаат или не можат да го кажат своето мислење. Дури и кога испитаниците се обидуваат да бидат целосно отворени и искрени, во игра се **потсвесни** пристрасности и разни други фактори кои можат да го променат нивниот одговор. Со обезбедување метод за мерење на потсвесните мисли и чувства на испитаник, овие фактори можат да се квантифицираат, споредуваат и искористат за да се направат заклучоци што можат да ги поддржат или побијат оригиналните хипотези. Секој биосензор обезбедува различен и колаборативен елемент во такво разбирање.

Современите потрошувачи се разликуваат од минатото и, секако, се разликуваат од тоа како ќе бидат идните. На ист начин, сегашниот пазар е фундаментално различен поради големите општествени сили што резултираа со многу нови потрошувачи и можности на компаниите. Овие сили создадоа нови можности и предизвици и значително го променија управувањето со маркетингот, бидејќи компаниите постојано бараат нови начини да се постигне одличен маркетинг. **Учењето за потрошувачите** е клучот за спроведување на концептот за маркетинг и вежбање на маркетинг фантазија (имагинација).

Потрагата да се разбере човечкото однесување е огромен дел од научната студија, од експерименти во психологија до истражувања на потрошувачи и многу подалеку. Додека многу од овие полиња на студии традиционално користат директен пристап на прашање и одговор, вистински напредок е направен со длабински истражувања.

Оттука, најдобар достапен метод за разбирање на човековото однесување не е единствен пристап, туку комбинација на методи кои ги интегрираат најдобрите делови од секој, обезбедувајќи точен и холистички поглед.

Со користење мерења на процеси во човечкото тело, може објективно да се измери како тие влијаат на однесувањето на човекот. Од ова, можеме да разбереме што предизвикува одредени активности со сигурност да предвидиме кога таа акција ќе се повтори.

Мерењата се непристрасни и доследни, што ги прави робусни индикатори на процесите на однесување. Бидејќи собирањето податоци со биосензор се состои од физиолошки мерења, тие обезбедуваат нефилтриран прозорец за тоа како индивидуата реагира на стимули или настани во неговата околина.

Анкетите и фокус групите се централен дел од истражувањето на човековото однесување со децении и се вредни по тоа што даваат одговори за свесниот процес на размислување на поединецот и причините за неговите постапки. Ова може да биде вредна информација, во зависност од нашето истражувачко прашање.

Со ова стекнавме појасно разбирање за тоа:

- Зошто биосензорите можат да додадат вредност на традиционалните истражувачки методи и
- Како употребата на двата ќе обезбеди сигурни одговори на нашите истражувачки прашања.

Користена литература

1. American Electroencephalographic Society (1994). American Electro- encephalographic Society. Guideline thirteen: Guidelines for standard electrode position nomenclature. Journal of Clinical Neurophysiology, 11, 111–113.
2. Astolfi, De Vico Fallani, Cincotti, et al. (2008). Neural basis for brain responses to TV commercials: a high-resolution EEG study. IEEE Transactions in Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 16(6), 522–531.
3. Badcock, Preece, de Wit et al. (2015). Validation of the Emotiv EPOC EEG system for research quality auditory event-related potentials in children. PeerJ, 3, e907.
4. Berka, Izzetoglu, Bunce et al. (2004). Real-time analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset. International Journal of Human-Computer Interaction, 17(2), 211–227.
5. Berka, Levendowski, Lumicao et al. (2007). EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 78(5), B231–B244.
6. Buzsáki, Anastassiou, & Koch (2012). The origin of extracellular fields and currents - EEG, ECoG, LFP and spikes. Nature Reviews Neuroscience, 13(6), 407–20.
7. Cohen (2011). It's about time. Frontiers in Human Neuroscience, 5(2), 1–15.
8. Cohen (2014). Analyzing neural time series data. Theory and practice. Cambridge, MA: MIT Press.
9. Colrain, Turlington, & Baker (2009). Impact of alcoholism on sleep architecture and EEG power spectra in men and women. Sleep, 32(10), 1341-352.
10. Davidson (2004). What does the prefrontal cortex "do" in affect: Perspectives on frontal EEG asymmetry research. Biological Psychology, 67(1-2), 219–234.
11. de Vico Fallani., Astolfi, Cincotti et al. (2008). Structure of the cortical networks during successful memory encoding in TV commercials. Clinical Neurophysiology, 119(10), 2231–2237.
12. Dimigen, Valsecchi, Sommer, & Kliegl (2009). Human microsaccade-related visual brain responses. The Journal of Neuroscience, 29(39), 12321–31.
13. Gratton, Coles, & Donchin (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 55(4), 468–484.

14. Handy (2005). Event-related potentials: A methods handbook. Cambridge: MIT Press.

15. Harmon-Jones, Gable, & Peterson (2010). The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion -related phenomena: A review and update. Biological Psychiatry, 84, 451–462.

16. Johnson, Popovic, Olmstead et al. (2011). Drowsiness/alertness algorithm development and validation using synchronized EEG and cognitive performance to individualize a generalized model. Biological Psychology, 87(2), 241–250.

17. Jung, & Berger (1979). Fünfzig Jahre EEG. Hans Bergers Entdeckung des Elektroenkephalogramms und seine ersten Befunde 1924–1931. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 227, 279–300.

18. Kahana, Sekuler, Caplan, Kirschen, & Madsen (1999). Human theta oscillations exhibit task dependence during virtual maze navigation. Nature, 399(6738), 781-784.

19. Klimecki, Leiberg, Lamm, & Singer (2012). Functional neural plasticity and associated changes in positive affect after compassion training. Cerebral Cortex, 23(7), 1552-1561.

20. Klimesch (1996). Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. International Journal of Psychophysiology, 24(1-2), 61-100.

21. Lainscsek, Hernandez, Weyhenmeyer, Sejnowski, & Poizner (2013). Non-linear dynamical analysis of EEG time series distinguishes patients with Parkinson's disease from healthy individuals. Frontiers in Neurology, 04-200.

22. Lopes da Silva, Gonçalves, & de Munck (2009). Electroencephalography (EEG). Encyclopedia of Neuroscience, 849-855.

23. Luck (2005). Ten Simple Rules for Designing ERP Experiments. In Handy. Event-Related Potentials: A Methods Handbook. Cambridge, MA: MIT Press.

24. Luck (2014, 2nd edition). An introduction to the event-related potential technique. Cambridge, MA: MIT Press.

25. Mizuhara, Wang, Kobayashi, & Yamaguchi (2004). A long-range cortical network emerging with theta oscillation in a mental task. Neuroreport, 15(8), 1233.

26. Niedermeyer & Lopes da Silva (2012, 6th edition). Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

27. Ohme, Reykowska, Wiener, & Choromanska (2010). Application of frontal EEG

asymmetry to advertising research. Journal of Economic Psychology, 31(5), 785–793.

28. O'Keefe, & Burgess (1999). Theta activity, virtual navigation and the human hippocampus. Trends in Cognitive Sciences, 3(11), 403-406.

29. Onton, Delorme, & Makeig (2005). Frontal midline EEG dynamics during working memory. Neuroimage, 27(2), 341-356.

30. Oostenveld, & Praamstra (2001). The five percent electrode system for high- resolution EEG and ERP measurements. Clinical Neurophysiology, 112(4), 713–719.

31. Pham, & Tran (2012). Emotion recognition using the Emotiv EPOC device. In Lecture Notes in Computer Science, 7667, 394–399.

32. Ramsøy (2015). Introduction to Neuromarketing & Consumer Neuroscience. Rørvig: Neurons Inc ApS.

33. Rana, & Kaina (2014). Functional roles of 10 Hz alpha-band power modulating engagement and disengagement of cortical networks in a complex visual motion task. PLOS One, 9(10), e107715.

34. Saab, Battes, & Grosse-Wentrup (2011). Simultaneous EEG recordings with dry and wet electrodes in motor-imagery. 5th International Brain-Computer Interface Conference (BCI 2011), 312–315.

35. Schack, Klimesch, & Sauseng (2005). Phase synchronization be-tween theta and upper alpha oscillations in a working memory task. Inter-national Journal of Psychophysiology, 57(2), 105-114.

36. Schaffer, Davidson, & Saron (1983). Frontal and parietal electroencephalogram asymmetry in depressed and nondepressed subjects. Biological Psychiatry, 18, 753–762

37. Stevens, Galloway, & Berka (2007). EEG-related changes in cognitive workload, engagement and distraction as students acquire problem solving skills. 11th International Conference on User Modeling (UM 2007), 187–196.

38. Stikic, Johnson, Tan, & Berka (2014). EEG-based classification of positive and negative affective states. Brain-Computer Interfaces, 1(2), 99–112.

39. Vecchiato, Toppi, & Astolfi (2012). The added value of the electrical neuroimaging for the evaluation of marketing stimuli. Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences, 60(3), 1–8.

40. Wang, Nie, & Lu (2011). EEG-based emotion recognition using frequency domain features and support vector machines. Neural Information Processing, 734–743.

41. Yilmaz, Korkmaz, Arslan, Gungor, & Asyali (2014). Like/dislike analysis using EEG: determination of most discriminative channels and frequencies. Computational Methods and Programs in Biomedics, 113(2), 705–713.

42. Zhang, Chen, Bressler; & Ding (2008). Response preparation and inhibition: the role of the cortical sensorimotor beta rhythm. Neuroscience, 156(1), 238–46.