МЕЃУНАРОДЕН СЛАВЈАНСКИ УНИВЕРЗИТЕТ

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

МАГИСТЕРСКА РАБОТА

БИОСЕНЗОРСКА ТЕХНОЛОГИЈА ЗА АНАЛИЗА НА ПРОЦЕСОТ НА ДИШЕЊЕ И ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЧОВЕКОВОТО ОДНЕСУВАЊЕ

Ментор:
проф. д-р Сашо Манасов

Изработил:
Дејвид Димитриов

Јуни, 2024
Св. Николе

С О Д Р Ж И Н А

ВОВЕД

1. Истражување на процес на дишење ---------- 4
2. Истражување на човековото одлучување ---------- 34
3. Разбирање на когнитивно оптоварување ---------- 41
4. Кои се разлики помеѓу EEG, MRI и FMRI ---------- 60
5. Реализирање на практично истражување ---------- 68
6. Анализа на резултати од биосензорско следење на очи ---------- 68
7. Споредување на поединечни вредности на испитаници ---------- 81

Заклучни согледувања ---------- 92

Користена литература ---------- 93

ВОВЕД

Нема сомнение дека оценувањето на **преференциите** на потрошувачите и обезбедување убедлива комуникација се **клучни елементи во маркетингот**. Иако традиционалната само-евалуација (анкетирање) и прашалници може да бидат алатки за да се добие увид во ставовите и свесноста на испитаниците, тие може да бидат **ограничени во фаќање емотивни одговори**, непристрасни од самосвеста и социјалната посакуваност. **Биосензорите** нудат начин **да ја пополнат таа празнина**.

Голем дел од човековото однесување е водено од несвесни процеси. Деценициски 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. Ваков софтвер интегрира и синхронизира повеќе **БИОМЕТРИСКИ СЕНЗОРИ** кои овозможуваат различен увид на човечки **психофизиолошки** појави.

Оттука, придонесот на невролошките методи стана значаен за знаењето за човековото однесување во маркетинг опсегот. 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 новите производи на 90%. Ова дава индиции дека традиционалните маркетинг студии спроведени пред лансирањето на производите не даваат сигурни, валидни и генерализирани резултати.

Посвесниот ум одредува како нашето однесување се спроведува, а само мал дел од тоа е достапен од традиционалните методологии. Според некои истражувачи, до 90% од нашите активности се водени од потсвеста. Останатите 10% се испитуваат со традиционални методи. Современите пристапи имаат за цел да ја истражат скриената и незабележлива територија на потсвеста, со мерење на сигурни излези (reliable outputs) кои даваат подлабоки сознанија: КАКО и ЗА ШТО размислува човекот.

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 Brian Knutson ја нарекува „**невропрогноза**“ („neuroforecasting”).

1. Истражување на процесот на дишење

Основата на процесот на дишење ја поставил Antoine-Laurent de Lavosier уште во 1784 година. Тој ги утврди некои од првите научни својства на дишењето. Поточно, тој откри дека дишењето е слично на согорувањето - процес кој троши кислород и испушта топлина. Едно од неговите најинтересни откритија се

однесува на тоа како дишењето се менува со однесувањето. Без да го знае тоа, Лавозие го означи почетокот на истражувањето за дишење меѓу научниците за човечкото однесување.

Дишењето е клучен метод во истражување на човековото однесување кое дава увид во физиолошките и психолошки состојби. Промени во стапка на дишење, длабочина и модели може да укаже на стрес, возбуда или емоционални одговори. Мониторинг на дишењето им помага на истражувачите да разберат како реагираат поединци на различни стимули, придонесувајќи за подлабоко разбирање на човековото однесување. Денес се користи дишењето како метод во многу области на човековата истражување на однесувањето, вклучително и истражување на емоции, когнитивна наука, клинички апликации и истражување на физичка активност. Често се испитува заедно со сензори кои го следат срцевиот ритам (ECG), спроводливост на кожата (електродермална активност, EDA) и мозочна активност (EEG) за да го зголеми увидот во емоциите, однесување и когнитивните состојби. Понекогаш сигналите за дишење се неопходни за точно толкување на податоци собрани од други сензори.

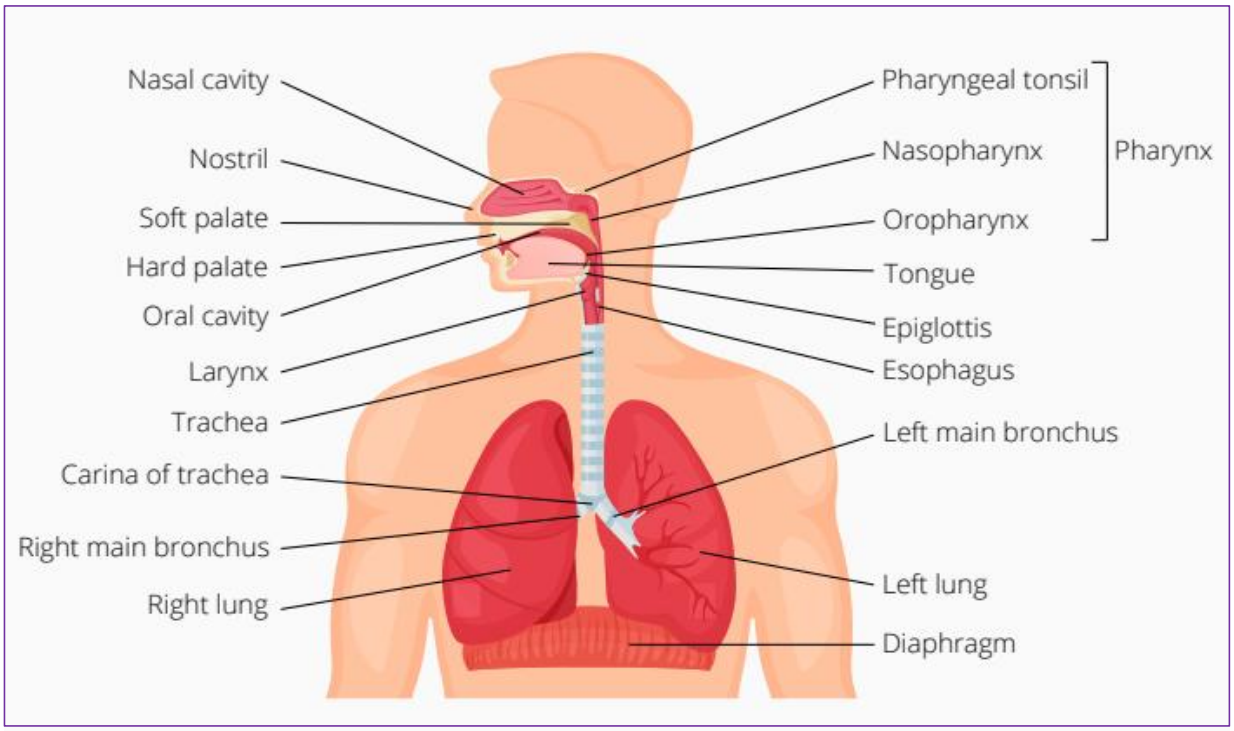
На пример, кога луѓето земаат длабоко здив, тоа ќе доведе до силен EDA одговор иако може да не е поврзан на афективната компонента на ослободување на пот (Azad et al., 2018). Преку оваа перспектива, дишењето обезбедува не само увид во емоционална, бихејвиорална и когнитивна состојба на личноста, но и им помага на истражувачите во прецизно толкување на нивните биосензорски податоци.

Иако истражувањата за дишење имаат објавено барем од крајот од 17 век, сè уште трае и напредува во модерното време. Некои од неодамнешни подобрувања вклучуваат развивање на технологија за носење на сензори, и веб-камера-мониторинг што нуди континуирано, неинвазивно следење. Понатаму, интеграција на вештачки интелигенција (ВИ) и машинско учење придонесува за тековен развој на персонализирана медицина и здравство.

Биологија на дишењето

Како дишеме

Анатомијата служи како основа за разбирање на сложеноста на човечкиот респираторен систем и механизми кои управуваат со основниот процес на дишење. Човечкиот респираторен систем се состои од неколку основни компоненти кои беспрекорно работат заедно за да ја олеснат размената на кислород и јаглерод диоксид, клучна за одржување на животот.



Носна празнина и фаринкс: Патувањето на вдишениот воздух започнува во носната празнина и фаринксот, каде што воздухот се филтрира, навлажнува и се загрева пред да патува подлабоко во респираторниот систем.

Трахеја и бронхијално дрво: трахеа, или душник, се дели на бронхијално дрво, што води до белите дробови. Овие дишни патишта се обложени со цилии и

слуз за да ги заробат и ги исфрлаат штетните честички, заштитувајќи ги деликатните алвеоли во белите дробови.

Алвеоли и размена на гасови: На најниско ниво на респираторниот систем, алвеолите се одговорни за клучната размена на кислород и јаглерод диоксид со крвотокот. Овој процес е од суштинско значење за обезбедување на кислород до клетките на телото и отстранување на отпадниот јаглерод диоксид.

Механизмите на дишење се оркестрирани со сложена интеракција на Физиолошки процеси:

- **Вдишување и издишување**: Дишењето е динамичен процес кое вклучува контракција и релаксација на респираторните мускули. За време на вдишувањето, дијафрагмата контрахира и градната празнина се шири, вовлекувајќи воздух во белите дробови. Издишувањето е пасивен процес на исфрлање на воздухот како што мускулите се релаксираат.
- **Респираторни мускули**: Дијафрагмата и меѓуребрените мускули се основни актери во оваа изведба. Тие работат хармонично да се промени волуменот и притисокот во рамките на градната празнина, дозволувајќи му на воздухот да тече внатре и надвор.
- **Контрола од страна на нервниот систем**: Дишењето е сложено регулирано со автономниот нервен систем, со центри во мозочното стебло за континуирано следење на нивоа на кислород и јаглерод диоксид во крвта. Овие центри ја прилагодуваат брзината и длабочината на дишењето за да се задоволат телесните менување на барањата.

На крајот, различни фактори влијаат на ефикасноста на дишењето:

- **Нивоа на кислород и јаглерод диоксид**: Потребата на телото за кислород и отстранување на јаглерод диоксид е цврсто регулирана. Ако нивото на кислород падне или се зголеми нивото на јаглерод диоксид, телото реагира на обновување на рамнотежа.
- **Усогласеност на белите дробови и еластичност**: Белодробното ткиво мора да биде усогласено, способно да се истегнуваа и проширува, и да

биде еластично, способно да се врати во првобитна положба. Промените во овие својства можат да влијаат на функцијата на белите дробови.

- **Волумен на белите дробови**: Волуменот на белите дробови, како што се витални капацитет и прилив на волумен, влијае на количината на кислород и јаглерод диоксид кој патува преку белите дробови. Ова обезбедува основни информации за белите дробови поврзани со нивното здравје и функција.

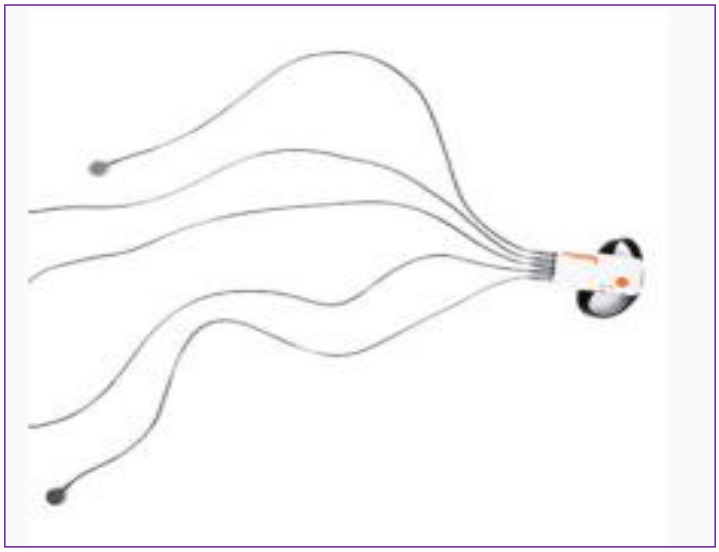
Разбирање на анатомијата, механизмите и факторите кои влијаат на дишењето е од витално значење за здравствените работници, како и за сите заинтересирани за одржување добро респираторно здравје, а исто така и за оние кои можеби сакаат да разберат како овие механизмите се во интеракција со однесувањето и когницијата. Ова основно знаење служи како порта за разбирање на сложеноста на човечкиот респираторен систем.

Напредокот во технологијата, исто така, доведе до развој на уреди за носење и далечински мониторинг, кои почесто се користат во истражувањето на човековото однесување:

Појаси за дишење (Respiration belts): Еден од популарни начини за континуирано мерење на дишењето е преку појас за дишење кој користи пиезоелектрични сензори или респираторна индуктивна плетизмографија. Појасот содржи интегриран сензор кој ги мери промените на поместувањето на градниот кош (тораксот) или абдоменот. Појасот обично се става околу градите и го доловува движењето во торакалниот кафез (лентата на градниот кош е поставена под или над градите). Сепак, појасот може да се постави и околу стомакот за подобро да се до-лови абдоминалната екстензија и падот. Кое сместување е најдобро зависи од нашата конкретна студија. Неколку хардверски провајдери нудат ленти за гради, вклучувајќи ги Biopac и Biosignals Plux. Појасите за дишење имаат тенденција да нудат највисок квалитет на сигналот во контролирани лабораториски поставки.



ECG Сензори и сензори фотоплетизмографија (PPG): ECG и PPG сензорите обично се користат за мерење на срцевиот ритам и пулсот на една личност, но бидејќи однесувањето на дишењето влијае на двата од овие сигнали, можно е да се извлечат и податоци за дишењето од нив (Ali et al., 2021). На пример, PPG сензорите, често поставени околу рачниот зглоб или на прстот на една личност, го следат волуменот на крвта преку оптичко светло. Додека дишеме, нашите PPG бранови се модулираат, на пример со менување на амплитудата на брановата форма, а истражувачите користеа различни алгоритми за да ги искористат овие промени за да ја пресметаат нашата стапка на дишење. Во споредба со ремените за дишење, ECG и PPG сензорите се поотпорни на артефакти на движење, а нивниот дизајн е често подобро оптимизиран за движење. Така, сензори базирани на PPG често се подобар избор во амбулантски услови. Многу модерни уреди за носење користат PPG за испитување на дишењето (Balban et al., 2023).



Сензори акцелерометри: Акцелерометрите го доловуваат движењето и тие можат да се користат за мерење на движењето на градниот кафез (градите) и абдоменот за време на дишењето (Ali et al., 2021). Знаеме дека за време на инспирацијата, градите се шират и абдоменот се крева, додека издишувањето е во крелација со контракција на градниот кош и пад на абдоменот.



Акцелерометрите може да се користат за мерење на овие шеми на движење, кои, по обработката на сигналот, може да се користат за да се изведе активност на дишење. Додека акцелерометрите често се значително поприфатливи од ремените за дишење и сензорите базирани на PPG, тие исто

така имаат ограничувања. Примарниот предизвик е прецизно извлекување на информации за дишење од податоци за забрзување, што бара софистицирана обработка на сигналот и алгоритми. Може да биде неопходна интеграција со други сензори или валидација со стандардни методи за мерење на дишењето за да се обезбеди точност и доверливост во истражувачките студии.

Анализа на дишење базирана на камера: Постојат три различни начини на кои камерите може да се користат за анализа на дишењето: базирана на термографија, базирана на PPG и базирана на движење (Wang et al., 2022). Анализа на дишење базирана на термографија вклучува употреба на термална камера која може да сними суптилни температурни промени на ноздрите и устата. Камерите базирани на PPG можат да изведат дишење врз основа на промени во волуменот на крвта. Анализата на камерата базирана на движење користи редовни камери за да го сними движењето на градите и/или стомакот предизвикано од дишењето. Камера базирана на движење може да биде едноставна RGB камера - која е и прифатлива и помалку чувствителна од гореспоменатите методи на промени во околината (на пример, услови на осветлување). Анализа на дишење базирана на камера се користи во различни полиња на истражување, вклучително и **откривање на апнеја** (apnea) (Romano et al., 2021) и **откривање на акутен стрес** (Cho et al., 2019).



Апликации во истражување на човековото однесување

Што може да каже здивот за однесувањето

Разбирањето на човековото однесување и неговите основни физиолошки механизми е сложено и повеќедимензионално поле на истражување. Проучувањето на дишењето, особено неговите модели и физиологија, се покажа како непроценливо во расветлување на различни аспекти на човековото однесување и неговите физиолошки корелации.

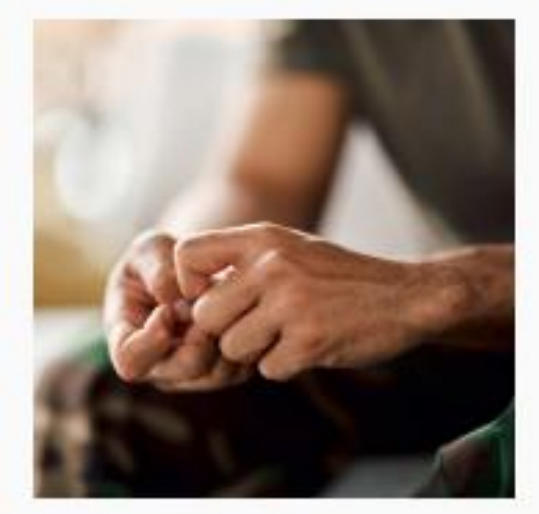
Стрес и емоционални одговори:

Дишење и физиологија на стрес: Стресот е сеприсутен аспект на модерниот живот и неговото влијание врз емоционалната благосостојба е значајно. Истражувачите откриле дека стресот предизвикува специфични промени во шемите на дишење. Зголемените нивоа на стрес може да предизвикаат побрзо и поплитко дишење, што често доведува до зголемен пулс и зголемени физиолошки реакции (Tipton et al., 2017; Widjaja et al., 2013). Следењето на дишењето во контекст на физиологија на стрес им овозможува на истражувачите да добијат увид во одговорот на телото на стресни ситуации и да развијат интервенции засновани на до-кази. **Длабоко дишење** и **респираторен биофидбек** е поле кое се појавува за кое е докажано дека им помага на луѓето со панични нарушувања, како и на оние кои се борат со физички состојби како хипертензија (покачен крвен притисок) (Nicolo et al., 2020).



Респираторни модели за време на анксиозност

Анксиозност е уште еден емоционален одговор кој силно влијае на дишењето. Истражувањата покажаа дека индивидуи кои доживуваат анксиозност може да покажат неправилни или брзи шеми на дишење (Suess et al., 1980).



Како и кај физиологијата на стресот, разбирањето на овие модели им помага на истражувачите да ги истражат физиолошките механизми кои лежат во основата на анксиозноста и да развијат интервенции за управување и ублажување на симптомите. Развојот на **паметна облека**, како што се кошули со вградени биосензори, овозможува сосема нов начин на проценка на еколошки валидно респираторно однесување кај луѓето кои се борат со анксиозност и други ментални болести.

Респирација и терапевтски интервенции

Респирацијата исто така се користи за да се процени ефикасноста на терапевтската интервенција. Интересна истражувачка линија користеше дишење, меѓу други биосензори, за да се осврне на тоа како одредени мириси можат да помогнат во намалување на стресот и анксиозноста. Две студии покажаа дека одредени ароми или овошни мириси се ефикасни во намалувањето на стресот и анксиозноста кај пациентите за време на медицинските интервенции (Santang et al., 2023; Hashemina et al., 2014). Во двата случаи, мирисите ја намалија стапката на дишење ,што укажува на намалени нивоа на стрес и анксиозност.



Когнитивно и ментално оптоварување

Дишење и когнитивно оптоварување

Когнитивните барања на менталните задачи можат да влијаат на дишењето. Високо ментално оптоварување може да доведе до промени во шемите на дишење (Nicolo et al., 2020; Grassmann et al., 2016). Поточно, фреквенцијата на дишење се зголемува со тежината на задачата, на пример за време на ментална аритметика, работна меморија или задачи за инхибиција. Оваа позитивна врска важи и за време на вежбањето: додавањето на когнитивна задача на физичка вежба уште повеќе ја зголемува фреквенцијата на дишењето. Студија за дишење во контекст на когнитивен обем на работа обезбедува вредни информации за тоа

како мозокот и телото комуницираат за време на задачите кои бараат значителен ментален напор.

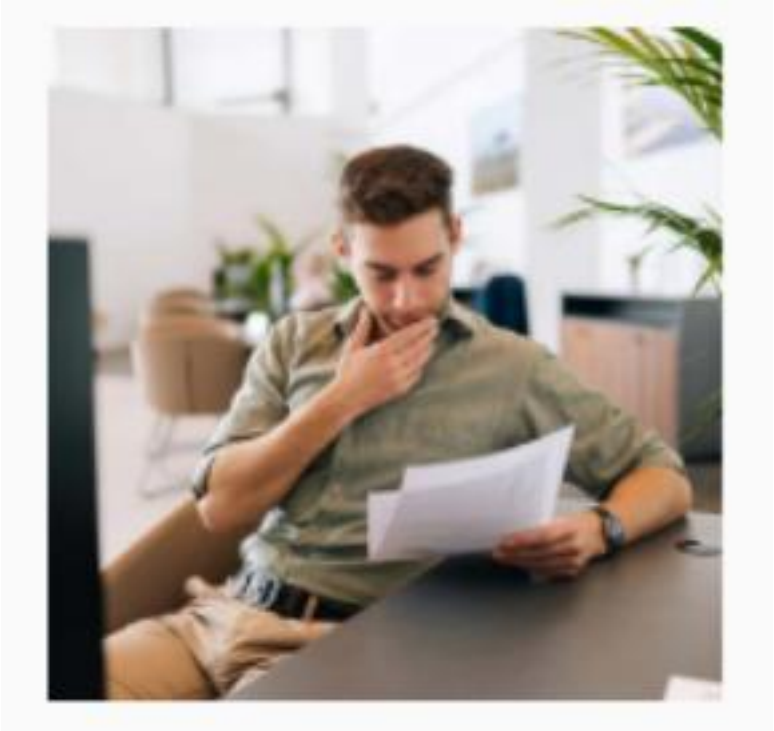
Поспаност и замор при возење

Дишењето служи како клучен физиолошки параметар за проценка на поспаност и замор, особено во контекст на безбедност при возење. Кога поединци прогресивно стануваат поспани или уморни, нивните респираторни шеми покажуваат забележливи промени кои можат да бидат инструментални во предвидувањето на нивното ниво на будност. На пример, за време на подолги периоди на возење, намалувањето на стапката на дишење и поплитко дишење може да укаже на поспаност (Ebrahimian et al., 2022; Kim and Shin, 2019; Kiashari et al., 2018). Следењето на овие суптилни промени во дишењето обезбедува непроценлива алатка за развој на системи за откривање на замор во возила. Интегрирани во паметните авто-мобили, ваквите системи можат да ги предупредат возачите за нивната намалена будност, помагајќи да се спречат несреќи предизвикани од пропусти во внимание предизвикани од замор. Користејќи го дишењето како биомаркер, овие технологии придонесуваат за подобрена безбедност на патиштата со решавање на **критичното прашање на поспаноста** на возачот, водечки фактор во несреќите.



Модели на дишење при донесување одлуки

Донесувањето одлуки е сложен когнитивен процес под влијание на различни фактори, вклучително и емоционални и физиолошки реакции. Истражувањето за шеми на дишење за време на донесувањето одлуки откри дека **практики со длабоко дишење** значително ги подобруваат нивните способности за донесување де-ловни одлуки (De Couck et al., 2019). Ова поле на студии може да помогне да се разбере како физиолошките одговори придонесуваат за процесите на донесување одлуки.



Социјална интеракција и комуникација

Респираторна синхронизација во разговор

Човечките интеракции вклучуваат суптилен, но сепак витален аспект: **респираторна синхронизација**. Хорските пејачи и нивниот диригент го синхронизираат своето дишење за време на изведбите, што може да има важни импликации за изведбата (Muller и Lindenberg, 2011). Слично на тоа, паровите го синхронизираат своето дишење за време на моменти на емпатија, а оваа физиолошка синхронија може да придонесе за аналгетските ефекти на интерперсоналниот допир (Goldstein et al., 2017). Овој тип на истражување ни помага подобро да разбереме како социјалните интеракции влијаат и го

подобруваат нашето однесување, вклучувајќи ја ефективноста на комуникацијата и социјалната поддршка.

Невербална комуникација преку дишење:

Надвор од синхронизација, нијансите на дишењето исто така играат улога во невербалната комуникација. Промените во шемите на дишење, како што се **воздивнување** или **задржувањето на здивот**, може да пренесат емоции или реакции кои можеби не се експлицитно изразени преку зборови (Рамирез, 2014). Истражувањето на овие невербални аспекти на дишењето го подобрува нашето разбирање за човековите социјални интеракции.



Физичка активност и вежбање

Интензитет на дишење и вежбање

Поврзаноста помеѓу дишењето и физичката активност е добро документирана.



Како што се зголемува интензитетот на вежбањето, стапката на дишење и длабочината често го следат примерот за да се задоволат зголемените потреби за кислород (Nicolo и сор., 2017). Истражувачите испитуваат како дишењето се прилагодува за време на вежбањето, помагајќи во проценката на физичките перформанси и развојот на режими за тренирање, но сепак дишењето често се занемарува од тренерите и други професионалци фокусирани на подобрување на перформансите (Nicolo et al., 2020).

Шеми на дишење за време на физички задачи

Покрај вежбањето, секојдневните физички задачи предизвикуваат и карактеристични шеми на дишење. Проучувањето на овие обрасци дава увид за тоа како дишењето поддржува и се прилагодува на различни активности, од кревање предмети до качување по скали и придонесува за нашето разбирање за одговорот на телото на физички барања.



Заклучок

Накратко, проучувањето на дишењето во контекст на истражување на човековото однесување е богато и повеќеслојно поле, кое нуди прозорец во сложените конекции помеѓу физиолошките одговори и различните аспекти на човечкото искуство, од емоционални и когнитивни процеси до социјална интеракција, физичка активност, и повеќе. Истражувачите продолжуваат да ги

откриваат длабоките начини на кои дишењето го рефлектира и влијае на човечкото однесување.

Обработка на сигнали

Податоци за дишењето

Разбирање на резултатите

Обработка на сигнал на податоци за дишење од луѓето е од суштинско значење за подобрување на квалитетот на сигналот. Помага во филтрирање на бучава, артефакти и пречки, обезбедувајќи точни и сигурни податоци за дијагностички и мониторинг цели. Овие висококвалитетни податоци се клучни за истражувачите прецизно да ги разберат нивните податоци и за здравствените работници да донесуваат релевантни одлуки и да обезбедат ефикасна грижа. Истражувачите ги обработуваат податоците за дишењето користејќи неколку вообичаени техники. **Прво**, тие често користат дигитално филтрирање за отстранување на бучава и артефакти, обезбедувајќи чистота на респираторниот сигнал. Сегментација на сигналот е од клучно значење, бидејќи вклучува идентификување на индивидуални вдишувања и нивни карактеристики. Анализа на временскиот домен ги квантифицира параметрите како што се респираторна стапка и **варијабилност**, додека методите во доменот на фреквенција, како што е анализа на Фурие, ги открива компонентите на фреквенцијата во сигналот. Понапредни пристапи, како брановидни трансформации, проценуваат информациите за времето и фреквенцијата истовремено. Истражувачите исто така користат алгоритми за машинско учење за да ги класифицираат и предвидат респираторните шеми и аномалии. Комбинирајќи ги овие техники, тие добиваат вредни сознанија за респираторните модели и човечкото однесување. Во iMotions, сигналот за дишење се обработува со **Bandpass Butterworth** филтер. Слично кога филтрираме за прилагодување на радиото за да добиеме појасен сигнал. Во овој случај, ги отстранува несаканите фреквенции од сигналите за дишење и има опција за додавање друг филтер за отстранување на одредени пречки. R notebook на iMotions потоа бара врвови во сигналот за дишење, што укажува на **целосен здив** (full breath).



По обработката на сигналот, ќе можеме да го визуелизираме обработениот сигнал за откривање здив и необработен сигнал за реприза. Откриените врвови за дишење претставуваат места каде што амплитудите се над однапред дефиниран праг. На откриените врвови им се доделува вредност “**1**“. На сигналите кои се под дефинираниот праг им се доделува вредност “**0**“.

Сите метрики се сумирани во картичка (tab) на сигнали и вклучува:

- **број на циклуси на дишење** (the respiration cycle count);
- **стапка на дишење** (respiration rate) (циклус/мин);
- **просечно времетраење на циклус на дишење** (average respiration cycle duration) (сек.).

Метрика на дишење и како да се интерпретира

Откако ќе заврши обработката на сигналот, iMotions обезбедува три излезни метрики:

- Број на респираторни циклуси;
- Стапка на дишење (циклус/мин);
- Просечно времетраење на циклусот на дишење (сек.).

Број на респираторни циклуси: го одразува бројот на циклуси во рамки на прикажан стимул за секој испитаник. Оваа метрика е корисна ако сме заинтересирани да знаеме колку циклуси на дишење доживеало едно лице за време на стимул без нормализирање за времетраењето (duration of time).

Просечно времетраење на циклусот на дишење: се однесува на просечно време кое секое дишење го одзема за време на одреден стимул. Секое просечно времетраење на циклусот на дишење се мери во секунди. Времетраењето на циклусот на дишење е непроценлива метрика за неколку полиња на истражување, вклучувајќи:

- развој на интервенции за анксиозност/стрес;
- проценки и третмани за апнеја при спиење;
- истражување за вежбање (физичка активност).

Стапка на дишење: е нормализиран број на вдишувања што едно лице ги зема за време на стимулот и се мери како број на циклуси во минута (циклус/мин). Стапката на дишење, исто така наречена **фреквенција на дишење** е една од најпознатите добро проучени и најважни метрики кога се поврзуваат респираторно однесување и емоционални/бихејвиорални состојби. Од сите индикатори за дишење, стапката на дишење е една од најчувствителните на емоционални стресори (Nicolo et al, 2020). Стапката на дишење, во споредба со волуменот на нашиот здив, е директно регулирана од различни делови на нашиот мозок, вклучувајќи ги областите вклучени во **моторна контрола**, **емоции** и **когнитивна обработка**. Всушност, стапката на дишење обично се зголемува пропорционално со емоционалниот стрес или когнитивното оптоварување што го доживува лицето, правејќи ја стапката на дишење вредна мерка за човечкото искуство (Nicolo et al., 2020; Ma et al., 2017; Grassman et al., 2016).

Нормални стапки на дишење

За да се интерпретираат податоците за дишењето, корисно е да се споредат со нормите. За возрасен во мирување, стапката на дишење варира од 12-20 вдишувања во минута. При максимален напор, стапката на дишење обично достигнува 50 вдишувања во минута. Кај спортисти, максималната стапка на

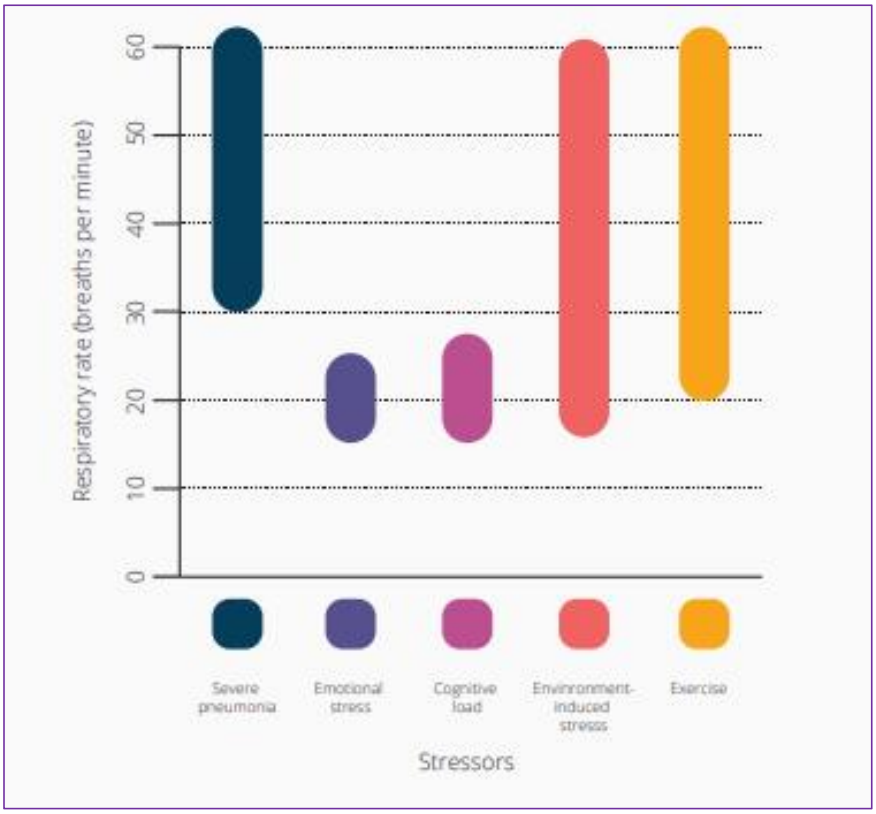
дишење може да достигне 60 вдишувања во минута. Кај деца, стапката на дишење е поголема и продолжува да се намалува сè додека не наполнат 18 години. Најсилно опаѓање се случува во првите две години од животот каде што стапката на дишење се намалува од средна од 44 вдишувања/минута до 26 вдишувања/мин до возраст од две години. Според CDC, следната табела ја одразува стапката на дишење на де-тето во текот на неговиот развој.

Age	Respiratory rate (per minute)
1 month	40-60
6 months	25-40
1-3 years	22-30
4-6 years	20-24
7-9 years	18-24
10-13 years	16-22
14-18 years	14-22
>18 years	12-20



Комплексност на толкување на податоци за дишењето

Додека податоците за дишењето можат да дадат моќен увид во емоционалната, физичката и состојбата во однесувањето на поединецот, важно е секогаш да се земе предвид контекстот во кој се мерат резултатите (Nicolo и сор., 2020). На пример, опсегот на промени во стапката на дишење поврзани со **емоционален стрес** и **когнитивно оптоварување** се многу преклопени и без да се знае контекстот на стимулите, речиси е невозможно да се заклучи која состојба на однесување може да се доживее. Се разбира, комбинирање на студија со други сензори како што се сензори за отчукувања на срце и електроенцефалограм (EEG) му дава на истражувачот многу поголемо разбирање.



Слика. Стапка на дишење при различни стресори

Друг пример е тешкотија да се одвои високата стапка на дишење поради интензивните физички вежби, во споредба со тешка пневмонија или стрес предизвикан од околината. Повторно, познавањето на контекстот (дали личноста е болна, дали се движи наоколу и вежба или е во област со големи шанси за

стрес од око-лината) ќе биде критично за финални толкувања. Сензори како што се акцелерометри, следење на очи, говорни сензори и сензорите за електродермална активност (EDA) се клучни во правење точна интерпретација на податоци за дишењето.

Најдобри практики за респираторно истражување

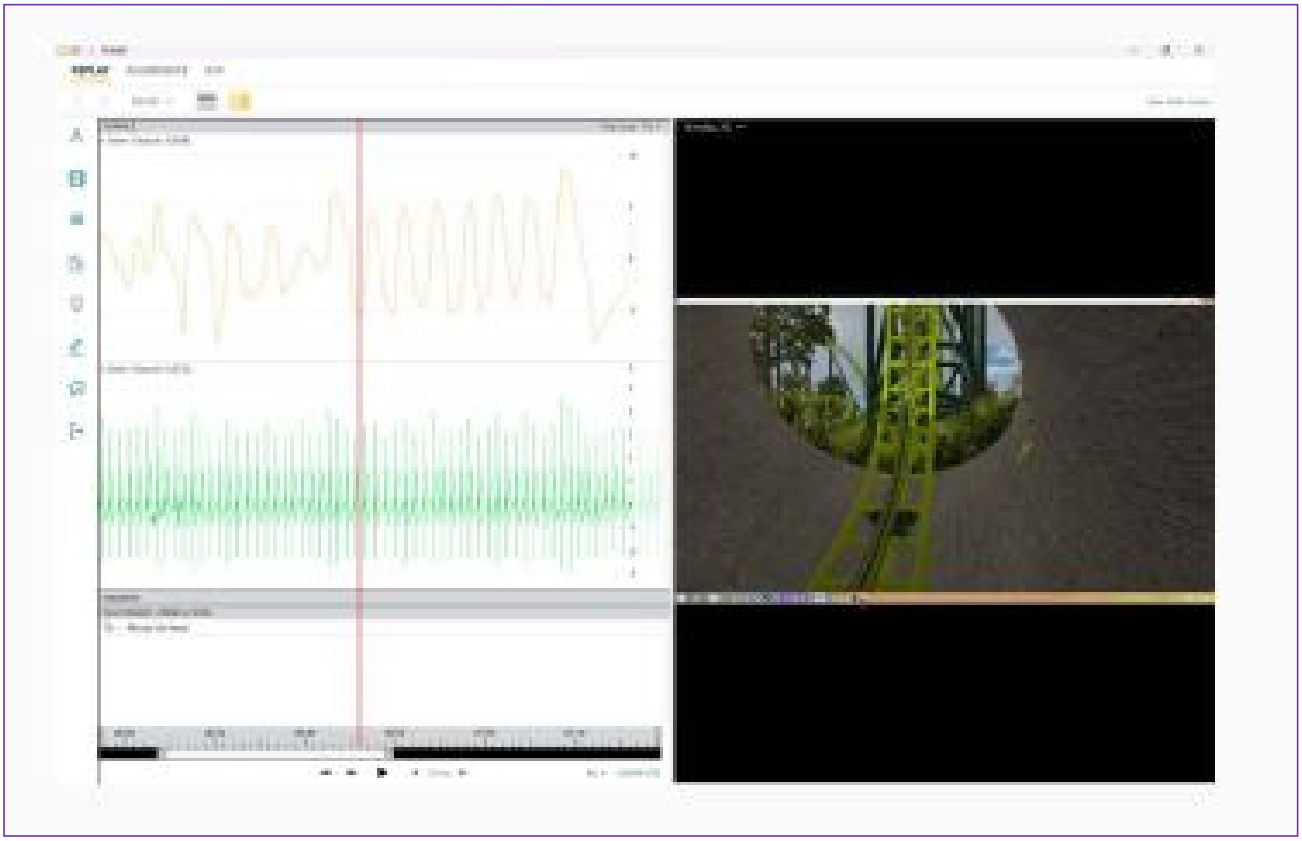
Квалитетот на нашите податоци за дишење ќе зависи од нашиот експериментален дизајн и хардверот што го користиме. Некои сензори се создадени да бидат поотпорни на движење, додека други имаат поголема прецизност, но поголема чувствителност на артефакти на движење.

Софтвер и хардвер

- **Хардвер** што ни е потребен: со технолошкиот развој, сензорите за дишење доаѓаат во многу неинвазивни форми кои бараат минимална непријатност за учесникот. Овие сензори може да варираат од ремени, преку нараквици до бесконтактни видео снимки. Специфичниот сензор што ќе го избереме за нашата студија ќе одреди каков дополнителен хардвер можеби ќе ни треба.
- **Софтвер** што ни треба: некои сензори за дишење доаѓаат со сопствен софтвер за започнување/завршување на снимање, функции за повторување и во некои случаи способности за анализа на податоци. Ако софтверот вклучува анализа на податоци, тогаш важно е да се земе предвид како тие вршат обработка на сигналот и пресметување на метрика за дишење. Како се обработуваат податоците многу влијае на нашите конечни резултати. Освен тоа, треба да размислиме дали сакаме да ги синхронизираме нашите податоци за дишење со сигнали од други сензори.

Експериментален дизајн

Сензорите за дишење се разновидни и можат да се користат во и надвор од лабораторија. Сепак, сепак треба да размислиме како дизајнот на нашата студија може да влијае на нашите податоци.



Поставување на сензор

Ако одлучиме да купиме ремен за дишење, тогаш ќе треба да размислиме каде да го поставиме. Појасот за дишење обично се поставува околу градите за да ги следи и мери движењата на градите на лицето за време на дишењето. Овој тип на појас може да се користи за:

- следење на стапка на дишење (breathing rate) и шеми на дишење;
- за проценка на напор;
- длабочина на дишење.

Алтернативно, појасот за дишење може да се постави околу стомакот за да се следи **абдоминално дишење**, што често се користи во одредени клинички или истражувачки поставувања за да се проценат моделите на дишење или за цели на биофидбек. Изборот дали да се постави појасот околу градите или стомакот зависи од специфичните цели на мониторингот или мерењето и од контекстот во

кој се користи. И градите и абдоминалните појаси имаат своја примена, а изборот треба да се базира на специфичните потреби на дадена ситуација.

Зборување за време на снимање на дишење

Во повеќе случаи, најдобро е да се минимизира говорот за време на снимање на дишење за да се обезбедат точни и конзистентни податоци. Говорењето може да внесе варијабилност и артефакти во снимените шеми на дишење, што го отежнува анализирањето и интерпретацијата на податоците. Сепак, може да има ситуации кога зборување е неопходно или неизбежно за време на снимање на дишење. Во тие случаи, соодветно е да се има начин да се препознаат говорните настани, на пример со снимање на гласот, а потоа да се исклучат периоди на дишење кои се преклопуваат со говорот или, алтернативно, да се анализираат одделно.



Стоење наспроти седење

Собирањето сигнали за дишење во седечка или стоечка положба може да доведе до малку поинакви податоци поради влијанието на држењето на телото врз механиката на дишење. Постуралната промена може да влијае и на поставувањето на сензорот, а со тоа и на конечниот излез на податоци.

Еве неколку клучни разлики што треба да се земат предвид кога се собираат сигнали за дишење во овие позиции:

- **Зафаќање на дијафрагмата**: Кога седат, луѓето често ја зафаќаат дијафрагмата повеќе отколку кога стојат. Ова може да влијае на длабочината и шемата на дишење. Во стоечка положба, дијафрагмата можеби ќе треба да работи малку понапорно за да го поддржи дишењето.
- **Проширување на градниот кош**: Кога седиме, градниот кош може да се прошири поинаку во споредба со стоењето, што може да влијае на движењата на ѕидот на градниот кош за време на дишењето. Оваа варијација во проширувањето на градниот кош може да влијае на сигналот за дишење.
- **Постурални промени**: стоењето и седењето вклучуваат различни постурални промени во телото, што може да влијае на усогласување на градниот кош и дијафрагмата. Овие постурални разлики можат да влијаат на тоа како воздухот се движи во и надвор од белите дробови.
- **Артефакти на движење**: стоењето обично вклучува повеќе движење на телото отколку седењето, така што собирањето сигнали за дишење додека стоиме може да внесе повеќе артефакти од движење во податоците, што може да ја направи анализата попредизвиклива.
- **Удобност и релаксација**: Поединци може да се чувствуваат поудобно и опуштено во една положба во однос на друга, што може да влијае на нивните модели на дишење. Овој фактор на удобност може да влијае на собраните податоци за дишење.

Во истражувања или клинички услови, од суштинско значење е да се земат предвид специфичните цели на собирање сигнали за дишење и да се избере позиција што е најсоодветна за студијата или проценката. Во некои случаи, истражувачите може да соберат податоци и во седечка и во стоечка положба за да ги откријат овие разлики и да добијат посеопфатно разбирање за шемите на дишење на поединецот. Изборот на позиција треба да се усогласи со истражувањето или клиничката проценка што се спроведува, а на конечната одлука треба да и претходат пилот- тестови.

Заклучок

Во суштина, дишењето се издвојува како клучна метрика во истражување на човековото однесување, обезбедувајќи длабоки сознанија и за физиолошки и за психолошки состојби. Неговото значење станува очигледно во неговата улога во:

- стрес;
- емоционални одговори;
- когнитивно оптоварување;
- различни димензии на однесување.

Основното знаење за дишењето отвора пат кон разбирање на човековото респираторно здравје, а современата технологија ги засилува можностите за истражување.

Спектарот на мерни техники, кои се движат од традиционална спирометрија до напредни уреди за носење и анализа базирана на бесконтактна камера, нуди разновидност во експерименталниот дизајн. Истражување за дишење стана сензор во првите редови, прифатен и од академици и од индустријата, за снимање на различни човечки однесувања. Академиците и компаниите користат метрика за дишење за **да го откријат и предвидат здравствениот статус и когнитивните состој-би на поединци**. Соработувајќи со други биосензори и користејќи вештачка интелигенција (ВИ), дишењето игра клучна улога во обликувањето на идниот пејзаж на истражување на човековото однесување.

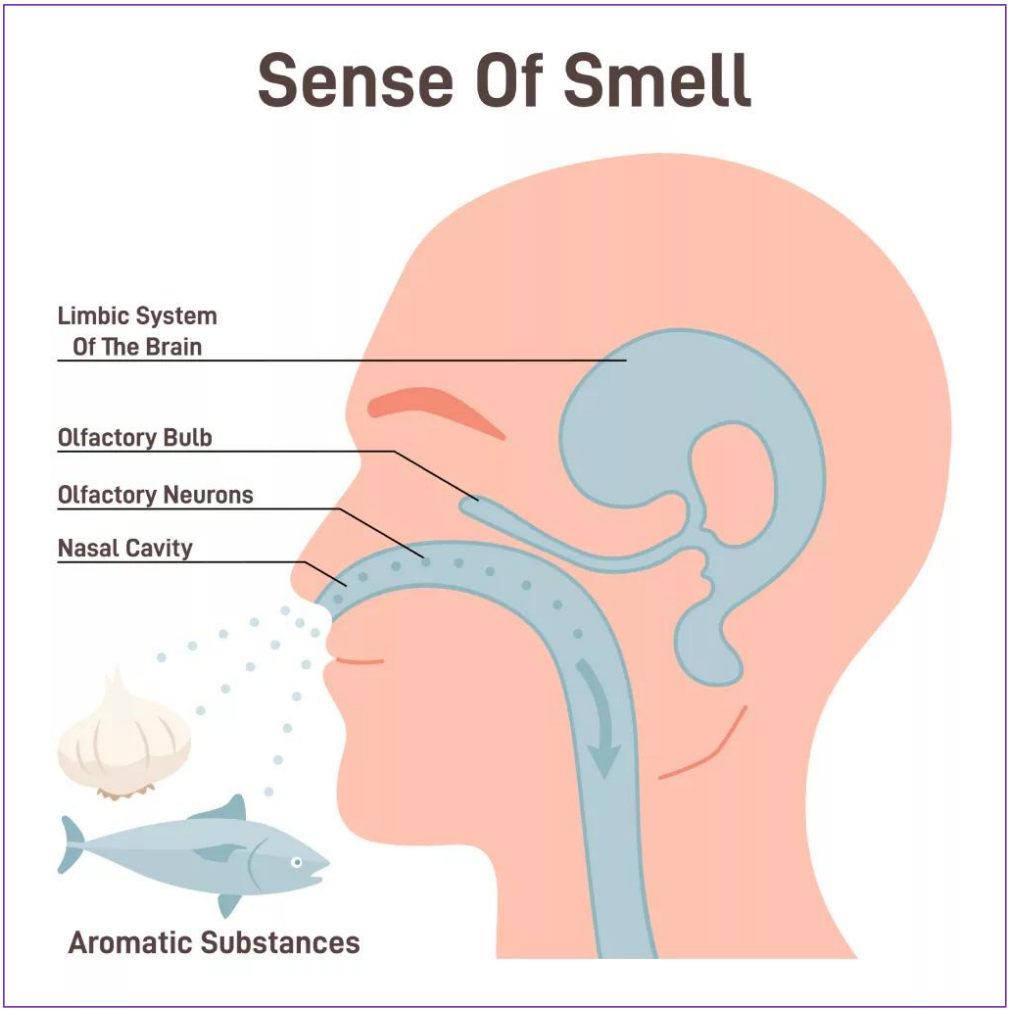
Како дишењето влијае на мозокот

Какво е влијанието на дишењето врз когницијата и емоциите?

Како дишењето игра клучна улога во формирањето на меморијата, управувањето со когнитивното оптоварување и емоционалната регулација?

Дишеме околу 500 милиони пати во животот. Околу 23 милиони се случија во првата година од нашиот живот. До моментот кога сме достигнале 18 години, сме поминале околу 200 милиони. Дишењето многу се забавува како што стареме (за среќа).

Респирација е процес на дишење (Respiration is the process of breathing). Ова е физиолошката дефиниција, но може да се дефинира и биохемиски - и двете на крајот укажуваат на процес во кој клетките користат кислород за да добијат енергија.



Како што посочуваат Feldman and Negro (2016) во нивниот главен труд во врска со дишењето "**Дишењето опстојува од раѓање до смрт**" – што значи, тоа е прилично важно. Меѓутоа, оваа важност се протега надвор од самото преживување, бидејќи дишењето помага во регулирањето на нивото на PH во крвта, ја регулира темпера-турата (барем кај цицачите кои не се примати), а исто така е поврзано со многу од нашите внатрешни когнитивни процеси. Мислиме и дишеме, дишеме и размислуваме. Откривањето на овие асоцијации обезбедува уреден и главно нов пат до разбирање на когницијата и однесувањето.

Точните механизми на дишењето како дејство во мозокот вклучуваат прилично сложена интеракција на сигнали во мозочното стебло и миризливите области на мозокот - последното каде протокот на воздух се среќава со сивата материја. Од миризливите сензорни неврони, до миризливата сијалица, до олфакторниот кортекс, а потоа и неокортексот – циклусот продолжува. Мозочното стебло, исто така, веројатно (во науката ништо не е сигурно) наметнува одреден ред на целиот процес сега и повторно. Сепак, ова не е крајот на тоа.

Само во последните неколку години (поточно од 2014 година, а прво само кај глувци) истражувачите ја поврзаа респираторната активност со процесите на мозокот надвор од гореспоменатите миризливи области. Овие студии даваат основа за разбирање како дишењето може директно да се поврзе со однесувања кои не се поврзани со дишењето. Теренот е сè уште во зародиш. Пионерските можности за истражување ретко се толку јасни за да се видат.

Истражувањето кое ги испитува општите односи помеѓу дишењето и емоциите или когнитивното оптоварување има подолга историја, но сепак овие полиња се сè уште релативно нови (во голема мера се појавуваат кон крајот на 1990-тите). Подолу, ќе поминеме низ некои од истражувањата кои ги испитуваат врските помеѓу дишењето и меморијата, когнитивното оптоварување и емоциите.

Дишење и меморија

Меморијата е комплицирана работа. На многу начини, изненадувачки е што постои каква било форма на врска помеѓу дишењето и потсетувањето - до неодамнешните студии, немаше причина да се размислува за каква било директна врска помеѓу областите поврзани со дишењето и создавањето на меморијата.

Една од првите студии што го испитува дишењето, меморијата и мозокот е од Zelano и други, во 2016 година. Учесниците беа изложени на брзи фотографии од лица кои изразуваат или страв или изненадување. Тие откриле дека вдишувањето особено преку нос е поврзано со побрзо откривање на страшни лица отколку при издишување. Тие, исто така, им презентираа на учесниците низа слики од секојдневни предмети, откривајќи дека учесниците почесто се сеќаваат

на предмети кога вдишувале во исто време кога првпат ги виделе сликите. Значи, **ако имаме нешто важно да запомниме – треба да земеме длабок здив**.

Сепак, вистинскиот трик на студијата беше да се поврзе активноста на мозокот со респираторните циклуси, покажувајќи дека активноста на мозокот била зголемена за време на инспирацијата (дишење) и била присутна во области надвор од миризливите региони - особено во областите на мозокот поврзани со лимбиката, вклучително и амигдалата и хипокампусот (првиот поврзан со одговорот на стравот, вториот со формирањето на меморијата).



Додека студијата на Zelano гледаше во многу кратки моменти во времето, истражувањето на Arshamian го испитуваше влијанието на здивот во текот на цел час. На учесниците им беа претставени 12 мириси, беа замолени да ги запаметат, а потоа беа опремени со штипки за нос или селотејп за да се осигураат дека дишат исклучиво преку нос или уста еден час. Потоа им беше претставена поставка од 24 мириси и побараа да идентификуваат кои од нив се познати. Резултатите покажаа подобри перформанси за оние кои дишат од носот - иако не е јасно дали ова важи за немиризливата меморија, засега носот го води патот за подобро сеќавање.

Дишење и когнитивно оптоварување

Размислувањето може да бара - не е изненадување што тоа може да се одрази со дишењето. Мозокот бара повеќе ресурси кога когнитивното оптоварување е големо и внесувањето на кислород (и отстранувањето на јаглерод диоксид) е дел од тој процес. Истражувањата покажаа дека ментално тешките моменти резултираат со добивање на повеќе кислород преку побрзо дишење.

Интересно е што мерката позната како „плимски волумен“ (“tidal volume”) - количината на воздух земен за време на еден здив - се чини дека не е поврзана со количина на когнитивно оптоварување. Мерката „минутна вентилација“ - количина на воздух земена за повеќе од една минута - е сепак поврзана со когнитивното оптоварување, но се чини дека не е особено чувствителна на тешкотијата на задачата. Сето ова значи, кога ќе се собере, е дека фреквенцијата на здивот се чини дека е најдобриот метод со кој се мери когнитивното оптоварување - но се чини дека длабочината на тие вдишувања не е важна.

Конечно, за оние кои се чувствуваат како воздивнуваат кога се соочуваат со тежок математички проблем, можеме да знаеме дека не сме сами - мерка позната како „**стапка на воздивнување**“ (прилично само објаснување) е откриено дека е “зголемена како одговор на ментална аритметика“. Сегашното објаснување е дека ова се појавува како начин да се спротивстави на непредвидливо дишење – стапката на дишење е на работ на опасност и треба да се ресетира. Едноставниот совет да „се земе длабок здив“ тогаш има научна основа (а исто така и повремената потреба за воздивнување кога се презентира математиката).

Додека авторите го смислиле експериментот за да може разумно да се претпостави дека воздивнувањето произлегува само од когнитивното оптоварување, може да има уште една причина за воздивнување како одговор на математиката - која ја создава емоцијата .

Дишење и емоции

Врските помеѓу емоциите и дишењето се истражени барем од почетокот на 20 век - прво во студија која исто така произлезе од една од првите студии кои ги разгледуваа изразите на лицето и емоциите (тие наведуваат дека “оживеаните

чувства се изразуваат јасно во респираторните мускули како што тоа го прават во мускулите на лицето“).

Истражувачите во тоа време предвидоа дека “бидејќи секоја емоција има карактеристичен израз, може да очекуваме да најдеме соодветни промени во репираторниот апарат“. Иако тоа се покажа во голема мерка точно во рамките на нивната студија, методите немаат строгост и контрола што се очекува од науката денес. Истражувањето еволуираше оттогаш.

Како што истакнуваат Homma and Masaoka во нивната студија од 2008 година: “Емоциите вклучуваат физиолошки промени во целото тело“ - и тоа неизбежно го вклучува и дишењето. Сега е познато дека промените во емоционалната возбуда најмногу се резултат на промени во автономниот систем, а овие промени влијаат многу:

- отчукувања на срцето;
- температурата;
- протокот на крв;
- потењето (електродермална активност);
- големината на зеницата;
- дишењето и многу повеќе.

Дишењето претставува уште еден пат за прецизно откривање на порастот и падот на емоциите и пат кој е веројатно попрецизен од експлицитниот опис. Како што наведуваат WU и соработниците, „бидејќи физиолошките промени изразени со емоциите не се доброволно контролирани, тие може да обезбедат попрецизен одраз на вистинските емоционални искуства што луѓето може да ги имаат“.



Иако е јасно дека дишењето може да обезбеди информации за емоционалната состојба на поединецот, помалку е јасно дали може да обезбеди информации за тоа во која емоционална состојба се наоѓа. Можеби знаеме дека некој е емотивно возбуден, но не мора валентноста (дали емоцијата е позитивна или негативна). Сепак, постојат некои истражувања кои укажуваат во оваа насока.

На пример, истражувањата покажаа дека поплитко и побрзо дишење е поврзано со негативни емоции, додека позитивните емоции се поврзани со зголемена варијабилност на вдишувањата, како и намалено времетраење на дишењето и намалување на количеството вдишан воздух. Истражувањето исто така покажа дека чувството на гадење може да доведе до потиснување на здивот, за што се шпекулира дека е обид на телото да избегне вдишување на нешто штетно.

Сепак, поврзувањето на вдишувањата со емоциите е сложена задача – емоциите ретко се статични и изолирани. Дополнително комплицирајќи ги работите, познато е дека не само што емоциите можат да влијаат на дишењето, туку и дека дишењето може да влијае на емоциите. Потребни се повеќе истражувања, како и секогаш.

Како што изјавија Џерат и Бевериџ во 2020 година: „Идните случувања во мерењето и психофизиолошкото разбирање на моделот на дишење во

комбинација со други параметри како што се HRV, кардиореспираторна синхронизација и спроводливоста на кожата, може да овозможат биометриските системи за следење еден ден точно да предвидат афективна состојба, па дури и афективни нарушувања како што е анксиозноста“. Јасно е дека дишењето - најверојатно во соработка со други биосензори , ќе помогне да се разработи разбирањето на емоциите до нови длабочини на детали.

Заклучок

Додека горните примери даваат преглед на неодамнешно истражување кое го испитува дишењето, полето сè уште е релативно неистражено. Има уште многу терен за покривање и откривање. Комбинирањето на мерењата на дишењето со други биосензори може да обезбеди рационализиран пат до трианглирачки одговори и да разбереме како нашиот здив обликува **како се однесуваме** и обратно.

Она што е јасно е дека дишењето е тесно поврзано со когнитивните и емоционалните процеси, што го прави уреден, неинвазивен метод што може длабоко да копа во човечкото однесување.

2. Истражување на човековото однесување: Зошто сите ние реагираме на различни начини?

Зошто луѓето покажуваат различни емоционални одговори?

Сложена интеракција на психолошки, невролошки и еколошки фактори кои влијаат на нашите различни емоционални реакции - од особини на личноста и генетски состав до животни искуства и културни позадини (што стои зад нашите уникатни емоционални пејсажи?)

Главниот предизвик за истражување на човечкото однесување е да се обиде да направи точна наука од нешто што по дефиниција е неточно, имено човечките емоции, и поконкретно, како луѓето ги прикажуваат емоциите. Иако постојат некои параметри за реакција кои се главно конзистентни кај поголемиот дел од глобалната популација, како на пример кога да се покаже страв, среќа, тага итн, нивото на кое ги прикажуваме емоциите може, и најверојатно ќе варира од

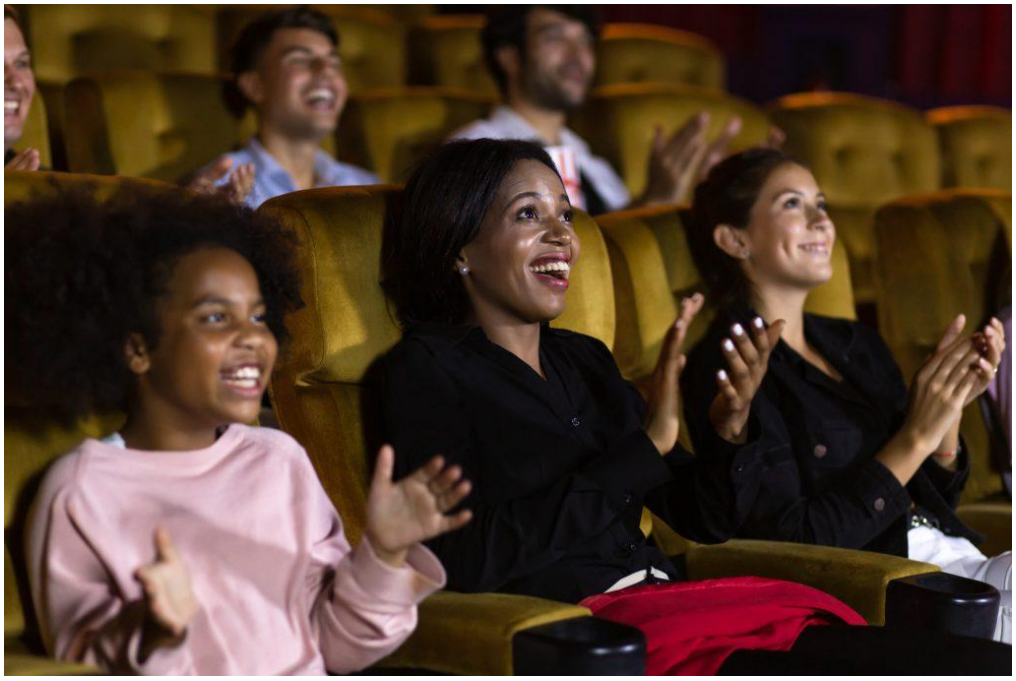
личност до личност. Но зошто е тоа така? Во оваа поглавје ќе се обидам да објаснам зошто некои луѓе реагираат првенствено на негативни емоции, додека други реагираат речиси исклучиво на позитивни емоции.

Истражувањето на човечкото однесување, како што многумина од нас знаат, функционира на тој начин што наоѓа заедничка основа и заеднички именители во податоците собрани од испитаниците. Овие споредливи параметри потоа можат да бидат основа за хипотеза или наод во кое било дадено поле, било да е тоа комерцијално или академско. Сепак, важното нешто што треба да се забележи овде е дека овие наоди се однесуваат на популации, а не на поединци и поединците може многу да се разликуваат од популацијата.

Постојат неколку различни причини зошто луѓето може многу различно да реагираат на ситуации или стимули кои предизвикуваат емоции, а причините можат да бидат многу различни и можат да бидат и внатрешни и надворешни. Вековната рамнотежа на природата/негувањето, исто така, игра во ова прашање, од луѓето кои се засегнати од тоа каде и како се воспитани, како и од збирот на нивните искуства.

Ова е причината зошто луѓето не реагираат исто;

Ајде да замислиме дека глобално разновидна група од 20 луѓе добиле задача да гледаат видео кое има за цел да предизвика силни емоции. Како што ќе знаат луѓето кои направиле доволно анализа на податоци; најверојатно ќе има 20 различни емотивни реакции на тоа видео. Некои ќе бидат речиси идентични едни со други, додека некои ќе бидат одвоени. Сите тие се валидни податоци, но зошто се различни?



Различните емоционални реакции меѓу луѓето на истите стимули може да се припишат на интеракцијата на психолошките, невролошките и еколошките фактори единствени кај секој поединец. Овие разлики нагласуваат колку навистина можат да бидат нијансирани човечките емоции и нивните основни механизми. За да се разбере зошто луѓето имаат различни емоционални реакции, важно е да се разгледаат клучните фактори како што се индивидуалните разлики во личноста, животните искуства, генетскиот состав, културната позадина и моменталниот контекст во кој се доживува емоцијата.

Психолошки фактори: Карактеристики на личноста

Голема петторка и емотивно искуство: Големите пет особини на личноста: **отвореност**, **совесност**, **екстравертност**, **согласност** и **невротичност** (open-ness to experience, conscientiousness, extraversion, agreeableness, and neuroticism) - можат да влијаат на тоа како поединците ги перцепираат и реагираат на ситуациите. Истражувањето на Lucas and Fujita (2000) за личноста и субјективната благосостојба, сугерира дека особините како невротичност и екстравертност се силно поврзани со емоционалните реакции и целокупната среќа. Екстравертите, на пример, имаат тенденција да искусуваат

позитивни емоции почесто,веројатно поради нивната предиспозиција за социјално ангажирање и барање новости (Lucas and Fujita, 2000).



Слика. Пет големи карактеристики на личноста

Што е модел на особини на личноста - „Големите пет“?

Моделот на особини на личноста „Големите пет“, познат и како модел со пет фактори, опишува пет широки димензии што се користат за опишување на човечката личност. Овие димензии се:

- **Отвореност** (креативност и љубопитност);
- **Совесност** (организација и доверливост);
- **Екстравертност** (дружељубивост и ентузијазам);
- **Договорност** - согласност (сочувство и соработка);
- **Невротичност** (емоционална нестабилност и анксиозност).

Овој модел сугерира дека овие пет особини ја претставуваат основната структура на личноста, со индивидуални разлики во овие особини кои влијаат на однесувањето, мислите и емоциите. Тоа е широко прифатено во психолошкото истражување за проценка и проучување на личноста (иако не без критика).

Личност и регулација на емоции: Според прашалникот за регулирање на емоции на Gross and John (ERQ - Emotion Regulation Questionnaire), поединци со различни особини на личноста претпочитаат различни стратегии за регулирање на емоциите, што може да влијае на нивните емоционални реакции. На пример, индивидуи со висока невротичност може да се наклонат кон rumination, стратегија поврзана со негативни емоционални исходи, додека оние со висока екстраверзија може да фаворизираат поадаптивни стратегии како когнитивно преоценување (Gross and John, 2003).

Невролошки фактори: генетика и структура на мозокот

Генетски влијанија врз емоциите: Истражување од Canli и сор. (2002) покажува дека генетските варијации, особено оние кои влијаат на **генот за транспортер на серотонин** (5-HTTLPR), се поврзани со разлики во емоционалниот одговор на негативните стимули. Поединците со една варијанта на овој ген покажаа посилни одговори на амигдалата на негативните емоционални стимули, нагласувајќи ја генетската основа за емоционална чувствителност (Canli et al., 2002).

Структура на мозокот и емоционална реактивност: Дополнителни докази доаѓаат од студии кои ја испитуваат улогата на амигдалата во емоционалната обработка. На пример, работата на Hariri и сор. (2002) покажува дека индивидуи со поголеми или **пореактивни амигдали** имаат тенденција да покажуваат посилни емоционални реакции на негативни стимули. Ова сугерира дека структурните и функционалните разлики во мозочните региони одговорни за обработка на емоции може значително да влијаат на емоционалните одговори (Hariri и сор., 2002).

Невротрансмитерски системи и емоции: Надвор од структурните разлики, варијациите во невротрансмитерските системи, особено оние кои вклучуваат **серотонин** и **допамин**, играат клучна улога во емоционалната регулација и нарушувањата на расположението. Истражувањето во фармакогеномијата покажа како генетските разлики кои влијаат на овие невротрансмитерски системи може да ги предиспонираат поединците за депресија и анксиозност, влијаејќи на нивните емоционални реакции на различни ситуации (Serretti & Mandelli, 2008).

Еколошки и контекстуални фактори: Надворешни влијанија

Животни искуства

Минати трауми и емоционална реактивност: Истражувањата покажаа дека изложеност на трауматски настани може да доведе до зголемена емоционална реактивност. Студија на Ozer, Best, Lipsey и Weiss (2003) покажа дека изложеност на трауматски настани значително ја зголемува веројатноста за емоционална вознемиреност. Оваа зголемена реактивност може да се припише на промени во мозокот, како што е **зголемен одговор на амигдалата**, кој е вклучен во стравот и емоционалната обработка (Shin и сор., 2006).



Успеси и самоконцепт: успешните искуства можат да ја подобрат самодовербата и да влијаат на емоционалните одговори на идните предизвици. Според теоријата на самоопределување (Ryan & Deci, 2000), достигнувањата кои ги исполнуваат основните психолошки потреби (компетентност, автономија и

поврзаност) ја подобруваат благосостојбата и позитивните емоции кон себе и кон надворешните стимули.

Социјални интеракции и емоционален развој: Квалитетот на социјалните интеракции, особено во раниот живот, игра клучна улога во емоционалниот развој. Теоријата за приврзаност на Bowlby (Bowlby, 1969) сугерира дека сигурнат приврзаност во детството доведуваат до поздрава емоционална регулација во зрелоста, додека несигурната приврзаност може да резултираат со тешкотии во управувањето со емоциите.

Културна позадина

Културни норми и емоционално изразување: Matsumoto (1990) тврди дека културата влијае на тоа кои емоции и како се изразуваат. На пример, во колективистичките општества се цени одржувањето на социјалната хармонија, што често води до потиснување на негативните емоции. Спротивно на тоа, индивидуалистичките култури може да промовираат изразување на личните емоции како средство за самоизразување и автентичност.

Културни димензии и регулација на емоциите: Културните димензии на Hofstede, особено индивидуализмот наспроти колективизмот, се поврзани со разлики во стратегии за регулирање на емоциите. Markus and Kitayama (1991) тврдат дека индивидуите во колективистичките култури имаат поголема веројатност да користат потиснување на емоциите за да избегнат нарушување на групната хармонија, додека оние во индивидуалистичките култури може да имаат приоритет на изразување на емоции како форма на индивидуален идентитет.

Тековен контекст и состојба

Ефект на конгруентност на расположението: Ефектот на усогласеност на расположението сугерира дека **моменталното расположение** на поединецот влијае на перцепцијата и меморијата на емоционалните информации. Луѓето имаат поголема веројатност да запомнат информации што се во склад со нивната моментална состојба на расположение (Bower, 1981), што исто така може да влијае на нивните емоционални реакции на нови стимули.

Физичко здравје и емоционална чувствителност: Физичкото здравје може значително да влијае на емоционалната реактивност. Студија на Watson и Penne-baker (1989) покажа дека индивидуите со полошо физичко здравје пријавиле повисоки нивоа на емоционална вознемиреност, што укажува на **двонасочна врска помеѓу здравјето и емоциите**.

Нивоа на стрес и емоционални одговори: Врската помеѓу нивоа на стрес и емоционални одговори е добро документирана. Трансакцискиот модел на стрес и справување на Lazarus and Folkman (1984) сугерира дека поединци ги проценуваат потенцијалните стресори во нивната околина, а овие проценки влијаат на нивните емоционални и физиолошки одговори. Високиот стрес може да доведе до повеќе негативни емоционални реакции на стимули поради **исцрпување на когнитивните ресурси потребни за регулација на емоциите**.

Како да се анализираат податоци за однесувањето

Кога се проучува човековото однесување, препознавањето на уникатната природа на податоците пред анализата е од клучно значење. Овие податоци се специфична слика од однесувањето и реакциите на избраната група, што претставува таписерија од квалитативни информации единствени за таа група. Суштината на анализата на тој вид на податоци не лежи во барање апсолутни вистини, туку во идентификување на обрасци и трендови кои сугерираат поширок сознанија за колективните однесувања или ставови.

Цел на анализа на податоци е да се утврди дали забележаните трендови во рамките на базата на податоци се доволно значајни за да поддржат хипотези или да дадат значајни заклучоци. Овој процес вклучува фокусирано испитување на нови обрасци, барајќи методолошки пристап кој ги балансира емпириските докази со теоретското разбирање.

На крајот на краиштата, анализата на квалитативните податоци за однесувањето е за откривање на значајни трендови кои нудат увид во човековото однесување, барајќи и методолошка прецизност и вештина за толкување. Овој вид процес на анализа на податоци ја нагласува важноста од разбирање на

квалитативната природа на податоците и аналитичките цели за идентификување значајни трендови во нив.

3. Разбирање на когнитивно оптоварување – обем на работа: Што е тоа што влијае на нас?

Значајно е да се истражува концептот на когнитивно истражување, истражувајќи ги неговите сложености и значење во нашите животи.

- Истражување на когнитивен обем на работа: дефиниција, влијание и техники за мерење.
- Неговото значење во различни области и стратегии за ефикасно управување со него за подобрување на продуктивноста и благосостојбата.

Когнитивниот обем на работа се однесува на ментален напор и ресурси потребни за извршување на одредена задача или активност. Тоа е мерка за тоа колку бара одредена когнитивна задача за мозокот на една личност. Разбирањето на когнитивниот обем на работа е од суштинско значење бидејќи игра значајна улога во нашиот секојдневен живот, влијаејќи на нашето ментално здравје, продуктивност и целокупната благосостојба.

Дефинирање на когнитивен обем на работа

За целосно разбирање на когнитивен обем на работа, важно е да се дефинира што значи тоа. Когнитивен обем на работа може едноставно да се опише како **количина на ментален напор или ресурси потребни за успешно завршување на одредена задача**. Тој опфаќа различни когнитивни процеси како што се:

- внимание;
- меморија„
- решавање проблеми;
- одлучување;
- перцепција.

Колку е понапорна задачата, толку е поголем обемот на работа што е потребен за ефикасно извршување.

Кога станува збор за когнитивен обем на работа, не се работи само за количина на ментален напор, туку и за видот на задачи вклучени кои играат улога во обемот на работа. Различни задачи може да бараат различни нивоа на когнитивно оптоварување во зависност од нивната сложеност, новост и блискост. На пример, решавањето сложена математичка равенка може да бара голем когнитивен обем на работа поради потребата од интензивна концентрација и вештини за решавање проблеми. Од друга страна, извршувањето на рутинска задача што станала автоматска и позната може да бара помалку когнитивен обем на работа бидејќи со текот на времето станува сè поненапорно.



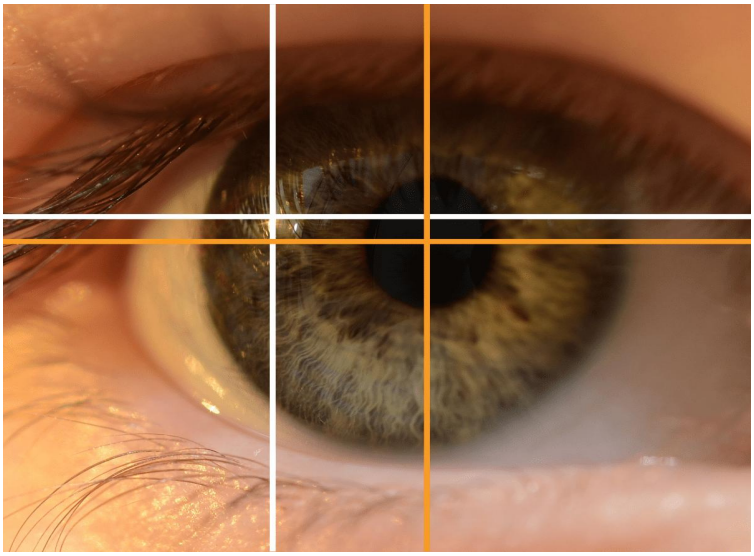
Наука која стои зад когнитивен обем на работа

Когнитивниот обем на работа е сложен концепт кој привлече значително внимание од истражувачи на когнитивна психологија и неврологија. Научниците користат различни методологии, вклучително и техники на невровизуелизација како што се функционална магнетна резонанца (fMRI - functional magnetic resonance imaging), електроенцефалографија (EEG - electroencephalography), па

дури и движења на очи за да ги проучат емоционалните корелации на когнитивниот обем на работа.

Со испитување на моделите на мозочна активност, истражувачите можат да добијат увид во тоа како различни когнитивни процеси комуницираат и како тие придонесуваат за целокупниот обем на работа.

Едно интересно откритие во областа на истражување на когнитивно оптоварување е концептот на „теорија на когнитивно оптоварување“. Оваа теорија сугерира дека различни типови на когнитивно оптоварување можат да влијаат на перформансите. Тие вклучуваат:



- внатрешно когнитивно оптоварување;
- надворешно когнитивно оптоварување;
- германско когнитивно оптоварување.

Внатрешното когнитивно оптоварување се однесува на инхерентната тешкотија на самата задача, додека надворешното когнитивно оптоварување се однесува на дополнителен ментален напор потребен поради лошиот наставен дизајн или надворешните одвлекувања.

Германското когнитивно оптоварување, од друга страна, се однесува на ментален напор потребен за обработка и интегрирање на нови информации во постоечки структури на знаење. Ова на пример би можело да биде обид да научиме нов стил на свирење на инструмент со кој веќе сме искусни.



Слика. Наочари (биосензорски) за следење на очи во динамична средина

Клучни компоненти на когнитивен обем на работа

Когнитивниот обем на работа се состои од неколку клучни компоненти кои придонесуваат за негово влијание врз поединци. Овие компоненти вклучуваат:

- тежина на задачата;
- барања за работна меморија;
- временски притисок;
- когнитивно оптоварување.

Тежина на задачата се однесува на сложеноста на задачата која се работи, додека барањата за работна меморија се однесуваат на количината на информации што едно лице треба да ги задржи и манипулира во својата работна меморија. Временскиот притисок се однесува на итноста во која задачата треба да се заврши, додека когнитивното оптоварување се однесува на менталните ресурси потребни за обработка и разбирање на информациите.

Тежината на задачата може многу да варира во зависност од природата на задачата. Некои задачи може да бараат едноставно потсетување на информации, додека други може да вклучуваат сложено решавање на проблеми или донесување одлуки. Нивото на барања за работна меморија, исто така, игра клучна улога во когнитивниот обем на работа. **Работна меморија е когнитивен**

систем одговорен за привремено задржување и манипулирање со информации. Задачите кои бараат од поединците да чуваат и обработуваат голема количина на информации во нивната работна меморија може да доведат до поголем когнитивен обем на работа.

Временскиот притисок е уште еден важен фактор што може да влијае на когнитивниот обем на работа. Кога поединците се под временски ограничувања, тие може да доживеат зголемен стрес и притисок брзо да ја завршат задачата. Ова може да доведе до поголем когнитивен обем на работа додека тие се обидуваат да обработат информации и брзо да донесуваат одлуки. Дополнително, когнитивното оптоварување, како што беше споменато претходно, се однесува на менталните ресурси потребни за обработка и разбирање на информациите. Задачите кои ба-раат од поединци да обработуваат сложени или непознати информации може да резултираат со поголемо когнитивно оптоварување.

Когнитивниот обем на работа е повеќеслоен концепт кој опфаќа различни когнитивни процеси и фактори. Разбирањето на науката за когнитивниот обем на работа и неговите клучни компоненти може да обезбеди вредни увиди за тоа како поединците перцепираат, обработуваат и реагираат на различни задачи. Со оглед на сложеноста, барањата на работната меморија, временскиот притисок и когнитивното оптоварување, истражувачите и практичарите можат подобро да дизајни-раат задачи и средини кои ги оптимизираат когнитивните перформанси и го минимизираат когнитивното преоптоварување.

Како да се измери когнитивниот обем на работа

Софтверскиот пакет iMotions има неколку опции со кои може да се измери когнитивниот обем на работа. Преку:

- EEG (електроенцефалографија);
- ECG (електрокардиографија);
- анализа на израз на лице;
- следење на очи;
- GSR/EDA (електродермална активност), меѓу другите, когнитивниот обем на работа може холистички да се мери со висок степен на точност.

Неколку R-Notebook-и со отворен код на iMotions се имплементирани за да се автоматизираат низа најпопуларни анализи, како и сложени анализи меѓу модалитетите, што значително го олеснува оптоварувањето на анализата на податоците. Најкористените алатки за мерење на когнитивен обем на работа во iMotions се следните:

Електрокардијална активност (Electrocardiac activity), особено отчукувања на срце (HR - heart rate) добиени од ECG сигнали, служи како сигурен показател, покажувајќи позитивна корелација со зголемените барања за одредени задачи. iMotions ECG R- Notebooks овозможуваат беспрекорно пресметување на HR метрики, олеснувајќи ја длабинската анализа.

Стапка на трепкање (Blink rate), чувствител на визуелен обем на работа, се појавува како вредна алатка во когнитивното оценување. iMotions интегрира R-Notebook за откривање трепкање, користејќи податоци за следење на очи и израз на лице за ефикасно пресметување. Оваа алатка се покажува особено корисна во сценарија како што се задачи за контрола на летање или симулирани летови, каде визуелната побарувачка значително влијае на стапката на трепкање.

Активност на мозокот (Brain activity), мерена преку фреквенции на EEG, ну-ди увид во когнитивните варијации на обемот на работа. iMotions EEG R-Notebooks обезбедуваат флексибилност во обработката на податоци за моќност од популарните ленти на EEG, вклучувајќи делта, тета, алфа, бета и гама бранови. Овие сознанија се клучни за разбирање на когнитивните барања за време на задачи како што се тестови за меморија или мултитаскинг.

Стапка на дишење (Respiration rate), што укажува на метаболички потреби, е во корелација со когнитивното оптоварување, особено во задачи како симулирана контрола на летање. R- Notebooks за обработка на дишење на iMotions овозможуваат пресметување од необработени сигнали за дишење, нудејќи метрика како **стапка на здив** (breath rate) и **времетраење за сеопфатна проценка на когнитивен обем на работа** (duration for a comprehensive assessment of cognitive workload).

Значајно е да се нагласи дека факторите на животната средина, вклучувајќи ја светлината, квалитетот на воздухот и температурата, можат да влијаат на овие

когнитивни мерки за оптоварување. Интеграција на овие разновидни методологии во iMotions, заедно со транспарентни и флексибилни R- Notebooks, им овозможува на истражувачите да спроведат сеопфатни когнитивни проценки на обемот на работа. Внимателно разгледување на дизајнот на студијата, квалитетот на податоците и обработката на сигналот обезбедуваат значајни и интерпретабилни резултати во потрага за ефективно разбирање и квантифицирање на когнитивниот обем на работа.

Влијанието на когнитивното оптоварување на менталното здравје

Когнитивниот обем на работа има големо влијание врз нашето ментално здравје, влијаејќи на нивото на стрес, исцрпеноста и целокупната благосостојба. Кога когнитивниот обем на работа станува прекумерен или огромен, тоа може да доведе до негативни последици за менталното здравје на поединци.

Когнитивен обем на работа и стрес

Прекумерно когнитивно оптоварување може да доведе до хроничен стрес, кој има штетни ефекти и врз нашето физичко и ментално здравје. Кога поединци постојано се соочуваат со тешки задачи кои ги надминуваат нивните когнитивни капацитети, тие може да доживеат зголемено ниво на стрес.

За многумина познато сценарио е студентот да жонглира со повеќе задачи, испити и воннаставни активности и колку тоа може да биде стресно. Когнитивните барања за управување со тежок обем на работа може да направат да се чувствуваат преоптоварени и под стрес. Овој хроничен стрес може да се манифестира како анксиозност, замор, тешкотии во концентрација и други симптоми поврзани со нарушувања поврзани со стресот.

Истражувањата покажаа дека продолжена изложеност на висок когнитивен обем на работа може да ја наруши нашата способност да го регулираме стресот. Ова значи дека на поединци кои постојано се соочуваат со огромни когнитивни барања може да им биде сè поголем предизвик да се справат со стресни фактори во нивниот секојдневен живот.

Когнитивно оптоварување и исцрпеност

Исцрпеност е состојба на хронична и ментална исцрпеност предизвикана од продолжена изложеност на високи нивоа на стрес. Високото когнитивно оптоварување може да придонесе за исцрпеност, бидејќи поединците може постојано да се чувствуваат преоптоварени и неспособни да се справат со барањата што им се поставуваат.

Пример, професионалец кој работи во брзо и напорно опкружување. Когнитивните барања на неговата работа, како што се мултитаскинг, решавање проблеми и одлучување, можат да го доведат до неговите граници. Со текот на времето, ова може да доведе до состојба на исцрпеност, каде што тие доживуваат:

- емоционална исцрпеност;
- намалена мотивација;
- намалено чувство за постигнување.

Исцрпеноста не само што влијае на менталното здравје на поединецот, туку има и значајни последици во други области од неговиот живот. Тоа може да влијае на перформансите на работата што доведува до:

- намалена продуктивност:
- зголемено отсуство од работа;
- незадоволство од работата.

Дополнително, исцрпеноста може да се прелее во личните односи, што влијае на севкупниот квалитет на животот.

Препознавањето на влијанието на когнитивниот обем на работа врз менталното здравје е од клучно значење за поединци, работодавачи и креатори на политики. Со разбирање на поврзаноста помеѓу когнитивните барања и менталната благосостојба, може да се преземат чекори за да се ублажат негативните ефекти и да се промовира поздрав баланс помеѓу работата и животот.

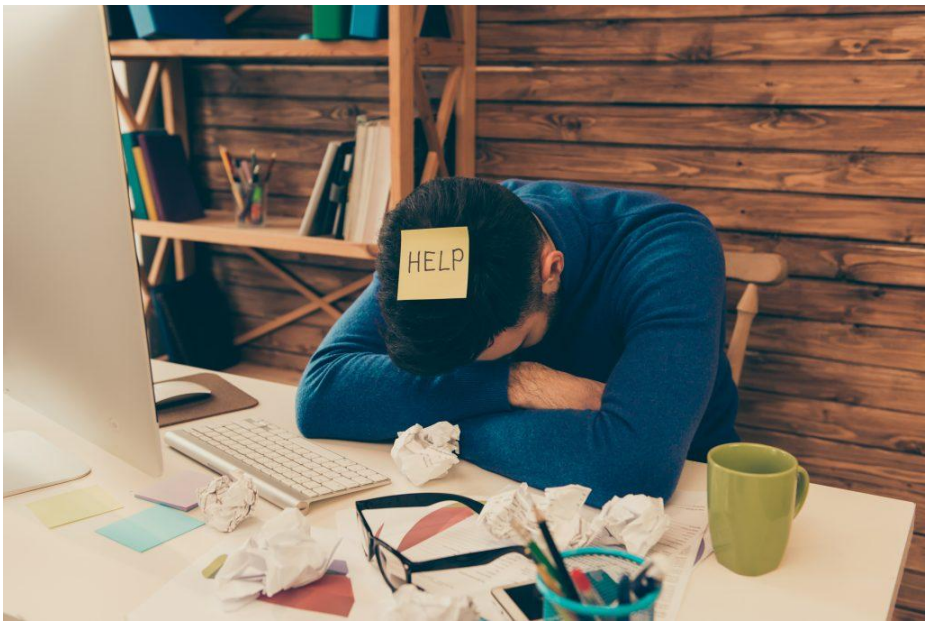
Когнитивно оптоварување во различни средини

Когнитивното оптоварување не е ограничено на одредени поставки, туку може да варира во различни средини како што се работното место и образованието. Разбирањето на влијанието на когнитивниот обем на работа во

овие поставки е од суштинско значење за оптимизирање на перформансите и благосостојбата.

Когнитивно оптоварување на работно место

Во професионален амбиент, когнитивниот обем на работа може значително да влијае на перформансите и благосостојбата на вработените. Работите кои вклучуваат сложено решавање на проблеми, мултитаскинг или одлучување често бараат висок когнитивен обем на работа. На пример, софтверските инженери кои работат на сложени проекти за кодирање може да доживеат значителен когнитивен обем на работа додека се движат низ сложени алгоритми и решаваат грешки.



Сепак, важно е да се напомене дека прекумерниот обем на работа и постојаниот притисок може да имаат штетни ефекти врз вработените. Кога поединци се преоптоварени со когнитивни барања,

- нивната продуктивност може да се намали;
- одлучувањето може да се наруши;
- нивото на стрес може да се зголеми.

Ова на крајот може да доведе до исцрпеност и зголемен обрт на вработените.

За да се ублажат негативните ефекти од когнитивниот обем на работа на работното место, организациите можат да имплементираат стратегии како што се:

- балансирање на обемот на работа;
- обезбедување соодветни ресурси;
- поддршка и промовирање здрава рамнотежа помеѓу работата и животот.



Со обезбедување дека вработените ги имаат потребните алатки и поддршка за ефикасно управување со нивниот когнитивен обем на работа, организациите можат да ја подобрат продуктивноста и целокупната благосостојба.

Когнитивно оптоварување во образование

Во областа на образованието, когнитивниот обем на работа игра клучна улога во учењето и академските достигнувања на учениците. Студентите често се соочуваат со голем когнитивен обем на работа кога учат нови концепти, решаваат проблеми или учат за испити. На пример, кога проучуваат сложени математички равенки, студентите треба да ги ангажираат своите когнитивни способности за да ги разберат и ефикасно да ги применат принципите.

Наставниците исто така играат витална улога во управувањето со когнитивниот обем на работа во училница. Тие треба да бидат свесни за когнитивните граници на нивните ученици и да дизајнираат искуства за учење кои

го оптимизираат когнитивниот обем на работа за да ги подобрат резултатите од учењето. Со обезбедување на соодветни предизвици и скелиња, воспитувачите можат да им помогнат на учениците да ги развијат своите когнитивни способности, притоа спречувајќи ги огромните когнитивни барања кои можат да го попречат учењето.

Покрај тоа, технологијата го револуционизираше образовниот пејзаж, воведувајќи нови начини за управување со когнитивниот обем на работа. Платформите за онлајн учење, на пример, можат да обезбедат лични искуства за учење кои се прилагодуваат на когнитивните капацитети на индивидуалните студенти. Овие платформи можат динамички да го приспособат нивото на тежина на задачите, осигурувајќи дека учениците се соодветно предизвикани без да бидат преоптоварени.

Исто така, важно е да се препознае дека когнитивниот обем на работа може да варира кај учениците врз основа на фактори како што се претходно знаење, стилови на учење и индивидуални разлики. Затоа, едукаторите треба да усвојат флексибилни наставни пристапи кои се грижат за различни когнитивни потреби, дозволувајќи им на учениците да се вклучат со материјалот со сопствено темпо и ниво на когнитивна побарувачка.

Како заклучок, когнитивниот обем на работа е значаен фактор и на работното место и во образованието. Разбирањето на влијанието на когнитивните барања и спроведувањето стратегии за ефикасно управување со обемот на работа може да доведе до подобрување на перформансите, благосостојбата и резултатите од учењето. Со оптимизирање на когнитивниот обем на работа, поединците и организациите можат да напредуваат во нивните соодветни средини.

Стратегии за управување со когнитивен обем на работа

За ефикасно управување со менталниот обем на работа, поединците треба да користат различни стратегии и техники за да го намалат товарот на нивните ментални ресурси.

Техники за намалување на когнитивен обем на работа

Една ефективна техника е:

- приоритизирање на задачите;
- управување со времето.

Со приоритизирање на задачите врз основа на **важност** и **итност**, поединци можат поефикасно да ги распределат своите когнитивни ресурси. Разложувањето на сложените задачи на помали, подзадачи што може да се управуваат, исто така, може да помогне да се намали когнитивниот обем на работа со тоа што ќе им овозможи на поединците да се фокусираат на еден аспект во исто време. Дополнително, користењето на надворешни помагала како што се календари, списоци со задачи и дигитални алатки може да ја зголеми продуктивноста и да го намали когнитивното оптоварување.



Алатки и ресурси за управување со когнитивен обем на работа

Различни алатки и ресурси се достапни за да им помогнат на поединци ефикасно да управуваат со нивниот когнитивен обем на работа. Апликации за управување со времето, програмите за когнитивни тренинзи и техниките за

намалување на стресот, како што се медитација и внимание, сите можат да придонесат за оптимизирање на обемот на работа. Дополнително, барање поддршка од колеги, ментори или професионалци за ментално здравје може да обезбеди вредни увиди и стратегии за управување со предизвици поврзани со обем на работа.

Иднина на истражување на когнитивен обем на работа

Истражувањето за когнитивниот обем на работа е поле во развој, со потенцијални импликации за различни индустрии и домени.

Нови трендови во студии за когнитивно оптоварување

Напредокот во технологијата, како што се уреди за носење и физиолошки сензори, нудат нови начини за проучување на когнитивниот обем на работа во реално време. Истражувачите сé повеќе ги интегрираат овие технологии во нивните студии за да добијат подлабоко разбирање за тоа како когнитивното оптоварување влијае на поединци во различни контексти. Дополнително, интердисциплинарни соработки помеѓу психологија, неврологија и истражување на човечките фактори ги поместуваат границите на истражувањето на когнитивното оптоварување.

Потенцијални импликации на идни истражувања

Идните истражувања за когнитивен обем на работа имаат потенцијал да го поттикнат развојот на интервенции и интервенции за оптимизирање на когнитивните перформанси и благосостојба. Со разбирање како когнитивното оптоварување влијае на способноста на поединци да учат и да се справат со стрес, истражувачите можат да развијат стратегии и алатки за:

- подобрување на продуктивноста;
- намалување на нивото на стрес;
- промовирање на целокупна благосостојба.

Разбирањето на когнитивниот обем на работа и неговото влијание врз нашиот секојдневен живот е од клучно значење за одржување на менталното здравје, продуктивноста и благосостојбата. Со:

- дефинирање на когнитивниот обем на работа;
- истражување на неговите компоненти ;
- испитување на неговите ефекти во различни средини, можеме да развиеме стратегии за ефикасно управување со обемот на работа.

Иднината на истражувањето на когнитивниот обем на работа има ветувачки импликации за подобрување на когнитивните перформанси и благосостојба во различни домени.

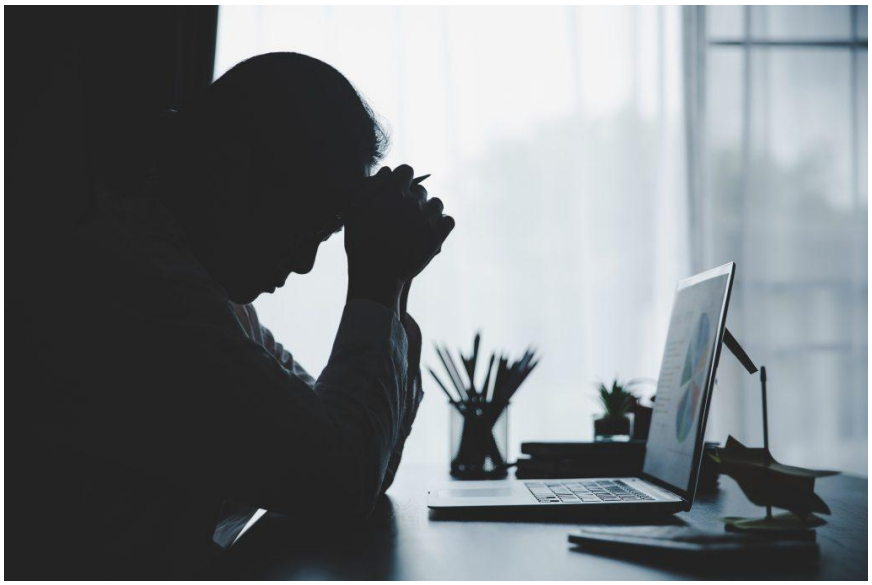
Како биосензорите можат да се користат за решавање и подобрување на менталната благосостојба на работа?

Се проценува дека возрасните поминуваат една третина од својот живот на работа, што е ист процент од нашиот живот што го поминуваме во спиење. За жал, работата е исто така трета водечка причина за стрес кај вработените во САД. Така, работата не ги исполнува само часовите од нашиот живот, туку влијае и на нашата ментална благосостојба.



Луѓето со ментални болести, како што е депресијата, имаат трипати поголема веројатност да страдаат од хронични болести, што потенцијално ќе доведе до инвалидитет или долгорочни медицински отсуства.

Не само што менталните болести и стресот го намалуваат квалитетот на животот и продуктивноста на работата на една личност, туку и ги чини компаниите милијарди долари секоја година. Овие бројки нè оставаат со релевантно прашање за тоа како можеме да ја подобриме благосостојбата на работа.

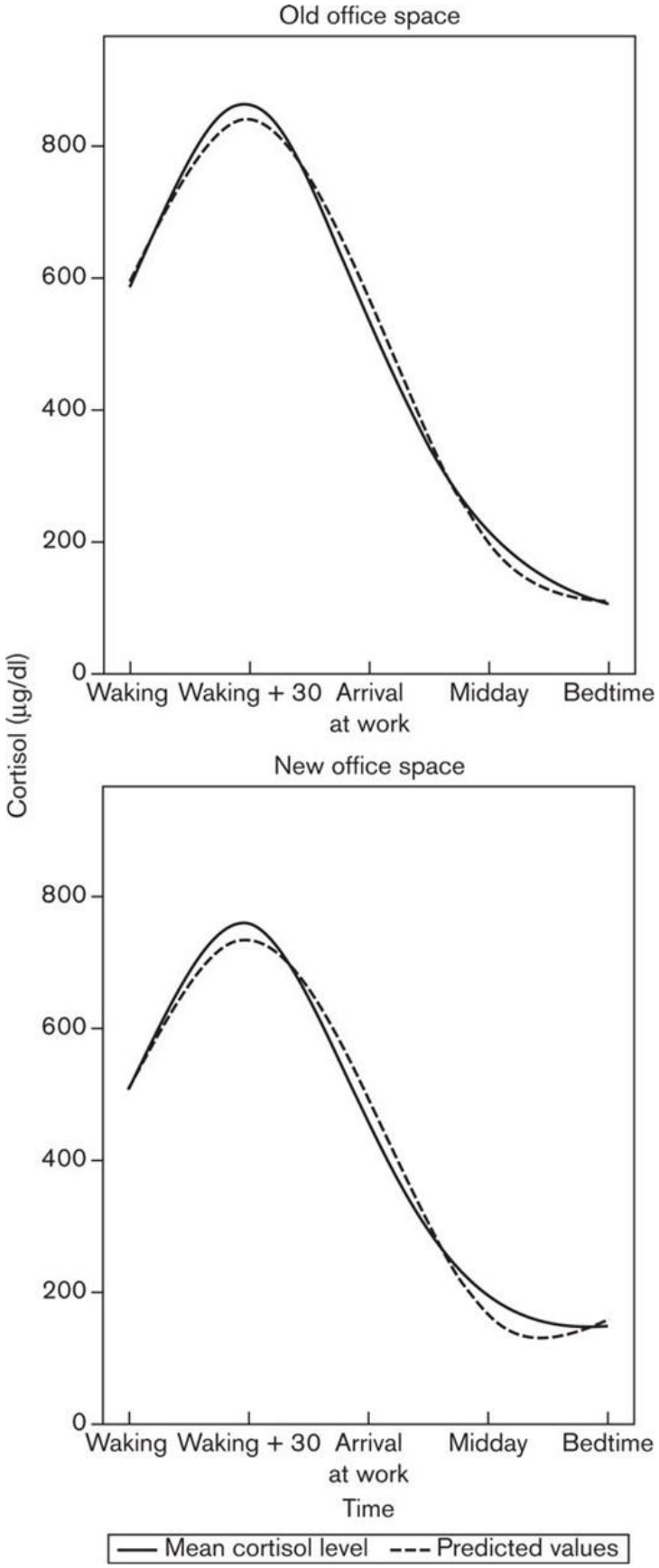


За среќа, повеќе истражувања почнаа да усовршуваат зошто, кога и како работата предизвикува стрес. Сепак, најголемиот дел од истражувањата направени досега се потпираа на анкети и интервјуа за да се решат нивоата на стрес на вработените во текот на нивниот работен ден. Потпирањето само на анкети и интервјуа има неколку недостатоци, вклучувајќи **пристрасност** и **субјективност**. Во последната деценија, биосензорите почнаа да навлегуваат во полето на професионалните истражувања, овозможувајќи им на научниците да ги следат и квантифицираат нивоате на стрес на вработените во реално време.

Биосензорите овозможуваат најдобри практики за канцелариски дизајн

Со враќање во канцеларија по пандемијата COVID-19, сега е особено релевантно време да се истражи како распоредот на канцеларии влијае на нивото

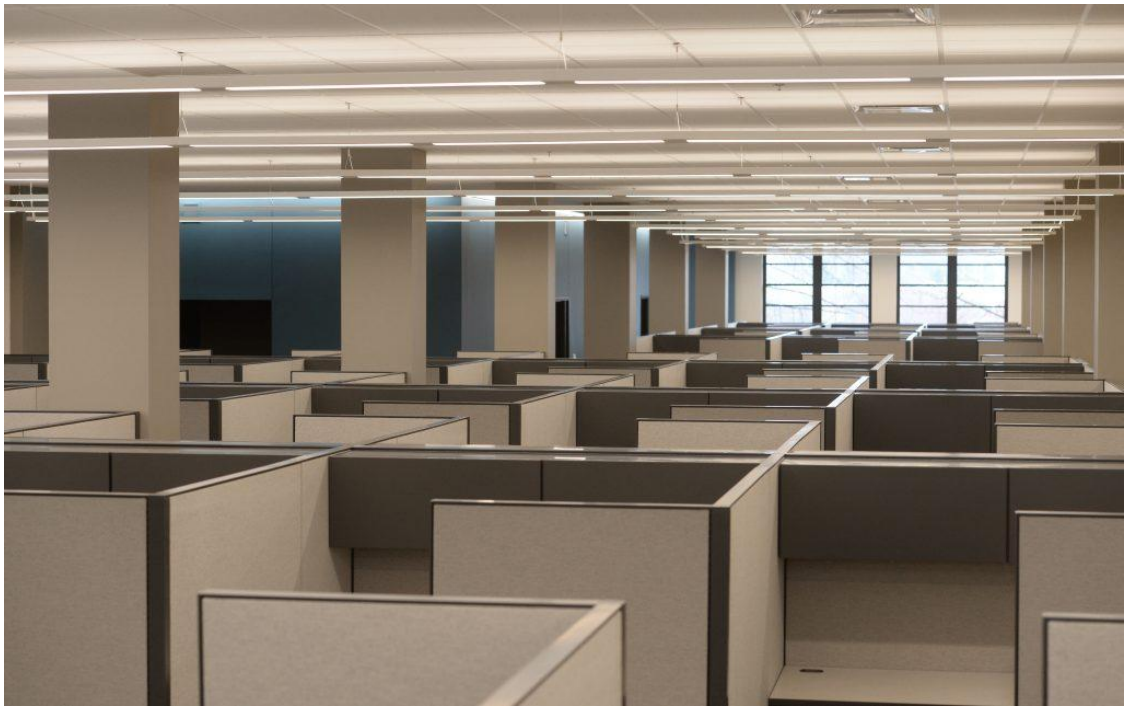
на стрес и продуктивноста на луѓето. Една студија објави дека промената на распоредот во канцеларија за да има подобра природна светлина и квалитет на воздух е во корелација со подобрена **варијабилност на отчукувања на срце** и намалени нивоа на кортизол.


Old office space
800
600
400
200
0
Waking
Waking + 30
Arrival at work
Midday
Bedtime
Cortisol (µg/dl)
New office space
800
600
400
200
0
Waking
Waking + 30
Arrival at work
Midday
Bedtime
Time
Mean cortisol level
Predicted values

Друга студија покажа дека подолги разговори, мерени преку телефонска апликација за анализа на глас, се во корелација со повисоки нивоа на самопријавен стрес на работа. Овој резултат ги потврдува претходните истражувања кои го поврзуваат распоредот во канцеларии попријателски со чести разговори, како што се дизајни на отворена канцеларија, со поголем стрес на работа (кој би помислил дека кабините од 90-тите помогнаа да ја одржиме нашата ментална благосостојба!) Општо земено, отворени канцеларии и централно контролирана климатизација негативно влијаат на благосостојбата на работа, но потребни се повеќе истражувања со користење на биосензори за да се идентификуваат специфични потреби за одредени типови на компании и тимови.

Биосензорите идентификуваат кои работни задачи имаат поголема веројатност да предизвикаат стрес

Во секој даден ден, вработените се справуваат со различни задачи кои можат да предизвикаат повеќе или помалку стрес. Имајќи предвид дека високиот стрес кај вработениот ја намалува неговата работна продуктивност и квалитетот на нивната работа исто така. Затоа, има финансиска смисла компаниите да преиспитаат како работните задачи се дизајнирани да управуваат со нивото на стрес на вработените.



Се разбира, постојат одредени задачи кои не можат да се отстранат, а во тој случај, главната цел е да се открие во кое време во денот може најефективно да се справите со стресната задача (на пример: дали тоа е на почетокот, средината или крајот на работниот ден). Овој тип на истражување може да информира каде се потребни интервенции на работното место за да се подобри менталната благосостојба на вработените, како и продуктивноста на компанијата.



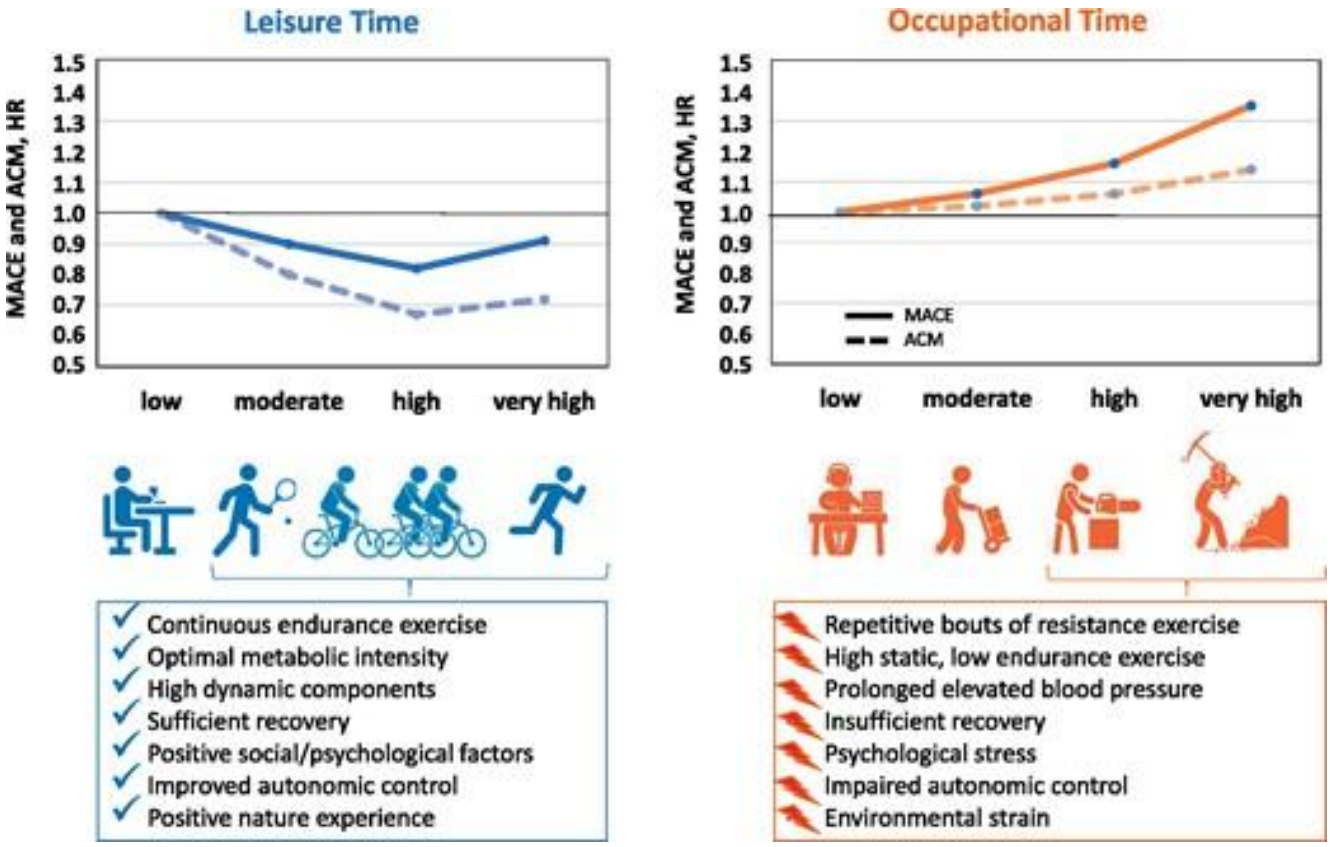
Слика. Подобрувањето на работното место не само што води до благосостојба на вработените, туку води и до зголемување на продуктивноста на компанијата

За жал, има голем недостиг на истражувања во оваа област, но прелиминарни студии укажуваат на придобивки од користење сензори за отчукувања на срце, како што е ECG, за откривање на стрес за време на работниот ден на наставниците и лекарите за итни случаи. Студијата за доказ за концепт користеше мултимодален биометриски пристап за следење на физичкиот и менталниот стрес во те-кот на работниот ден на градежни работници. Комбинирање на податоци од отчукувања на срце, температура на кожа, стапка на дишење и спроводливост на кожа со машинско учење, им овозможи на истражувачите прецизно да детектираат физички и ментален стрес со 94,7% точност. Интересно е да се разгледа како биосензорите би можеле да ги користат компаниите за следење на нивото на стрес во реално време и, како одговор, да понудат непосредна поддршка. Се разбира, потребно е прво истражување за да се разјасни како најдобро можеме да ја процениме менталната благосостојба на работното место на сигурен и објективен начин.

Менталната благосостојба на работа не е еднаква на менталната благосостојба надвор од работата

Примамливо е да се мисли дека обилните количини на студии за благосостојба направени во клинички услови може да се преведат на благосостојба на работа. Ова, сепак, не е случај. На пример,

- додека поголем број чекори во неработниот живот на луѓето корелира со подобро здравје, поголем број чекори на работа корелира со полоши здравствени состојби.



Многу фактори влијаат на овие несовпаѓања, вклучително и видот на работата, но ја нагласува потребата да се реши менталната (и физичката) благосостојба конкретно во работните услови. Борбата против стресот предизвикан од работата бара научно потврдени методи кои започнуваат со собирање податоци во реално време, квантитативно и објективно. Да замислиме кога нашата работа ќе почне да ја поддржува и подига нашата ментална благосостојба наместо да предизвикува болест. Ова ќе биде промена на играта и

за вработените и за финансискиот раст, достигнувањата и долгорочното здравје на компаниите.

4. Кои се разлики помеѓу EEG, MRI и fMRI

Разбирањето на човечката мисла и однесување може да има многу пристапи, но за навистина да разбереме како функционира мозокот, треба да погледнеме внатре во него. Ова не мора да биде толку страшно како што звучи, бидејќи многу методи за сликање на мозокот денес се целосно неинвазивни.

Најчести техники за снимање на мозокот се: EEG и (f) MRI. За да видиме како тие функционираат и како се споредуваат, треба да ги погледаме предностите и недостатоците на секоја од нив.

Што е EEG?

EEG (електроенцефалографија) ја мери електричната активност на нашиот мозок преку електроди кои се поставени на скалпот. Тоа ни кажува, од мерењата на површината, колку е активен мозокот.

Ова може да биде корисно за брзо одредување како мозочната активност може да се промени како одговор на стимули, а исто така може да биде корисно за мерење на абнормална активност, како на пример со епилепсија.



Како функционира EEG?

Мозокот е електричен систем - сите наши мисли (свесни или други) се генерираат преку мрежа на неврони, кои испраќаат сигнали еден до друг со

помош на електрични струи. Колку повеќе електрични сигнали, толку повеќе невронска комуникација, што одговара на поголема активност на мозокот.

Електродите на слушалките за EEG не можат да ги детектираат промените во поединечни неврони, туку наместо тоа ги детектираат електричните промени на илјадници неврони кои сигнализираат во исто време.

Сигналот од електродите потоа се испраќа до засилувач, кој (тука нема изненадувања) го засилува сигналот. Компјутерот потоа го прима овој сигнал и може да генерира различни мапи на мозочната активност, со **брза временска резолуција**.

Недостаток на EEG е **просторната резолуција** - бидејќи електродите ја мерат електричната активност на површината на мозокот, тешко е да се знае дали сигналот е произведен во близина на површината (во кортексот) или од подлабок регион.

Постојат пресметки кои можат да се применат со кои се обидуваат да го зао-биколат ова ограничување (на пример, но тоа останува предизвик за истражувањето на EEG.

Што е MRI (magnetic resonance imaging)?

MRI (магнетна резонанца) дава мапа на мозокот - како тој изгледа во одреден момент во времето.

Оваа структурна информација може да биде корисна за одредување како се споредуваат големини на одредени области на мозокот кај луѓето, или дали има нешто ненормално во одреден мозок (тумор на пример).

Како функционира MRI?

MRI е сложена методологија за снимање. Како што сугерира името, магнетите се централни за магнетната резонанца, но прилично посилни - приближно 1.000 до 3.000 пати посилни од просечен магнет.

Магнетното поле од MRI е во **интеракција** со протоните во нашите атоми на **водород** (се разбира, прилично е погодно што човекот е 70% составен од вода - има многу атоми на водород на кои магнетот може да влијае).

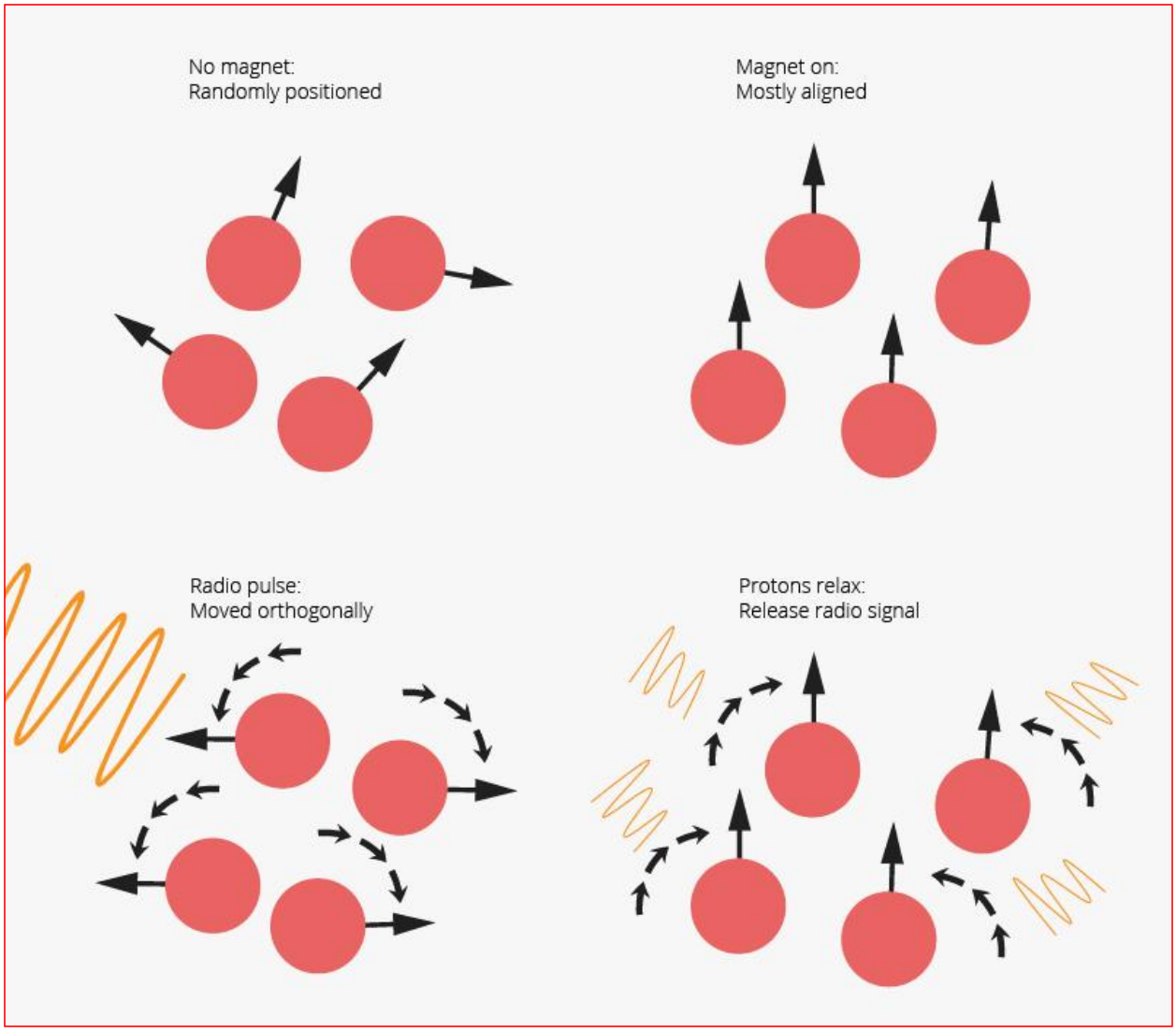


Обично, овие протони се свртени во случајни насоки, но магнетното поле прави значителен дел од нив да се усогласат во иста насока. Значи, лежиме во машина за MRI, а протоните во атомите на водород (кои се во водата во нашето тело) главно покажуваат ист начин.

За следниот чекор, се емитува **радио пулс** (исто како обичен радиосигнал, само многу побрз). Ова, исто така, комуницира со протоните, суштински вртејќи ги на страна. Но, бидејќи радио фреквенцијата се случува само за момент, протоните се релаксираат назад во нивната подредена состојба претходно.

Ова е клучниот дел - додека протоните се релаксираат, се ослободува енергија што може да се открие со сензори во машината за MRI. Преку некои пресметки, компјутерот може да одреди како изгледало ткивото, во зависност од оваа енергија што се ослободува, и да ни покаже слика од ткивото.

Се разбира, MRI ни покажува само статична слика на мозокот - анатомска слика, а не на вистинска активност на мозокот. Па, како можеме да добиеме слика за активноста на мозокот? Ова е местото каде што доаѓа **fMRI**.



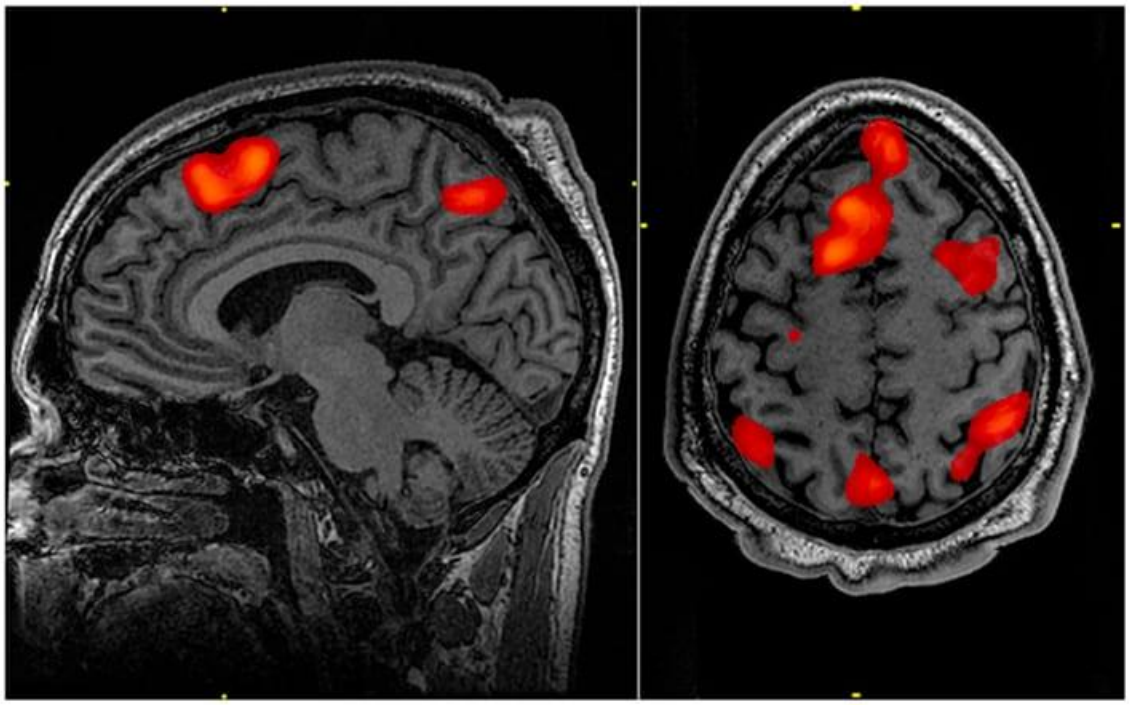
Што е fMRI?

Ако сакам да ја движам десната рака, треба да се случат неколку работи. Одреден дел од мојот мозок ќе ја зголеми својата активност за да испрати порака за завршување на оваа акција, а таа област на мозокот ќе добие уште малку повеќе крв богата со кислород.

За fMRI, се случуваат истите работи како и со MRI - се мери енергијата што се емитува од релаксација на протоните - но пресметките наместо тоа се насочени кон одредување на тоа како се менува количината на протокот на крв заситен со кислород.

Ако има повеќе оксигенирана крв во еден дел од мозокот во споредба со другите, тогаш шансите се дека оваа област на мозокот е поактивна. Ова е познато како одговор зависен од нивото на оксигенација на крвта (инаку познат како BOLD - Blood-Oxygenation Level Dependent).

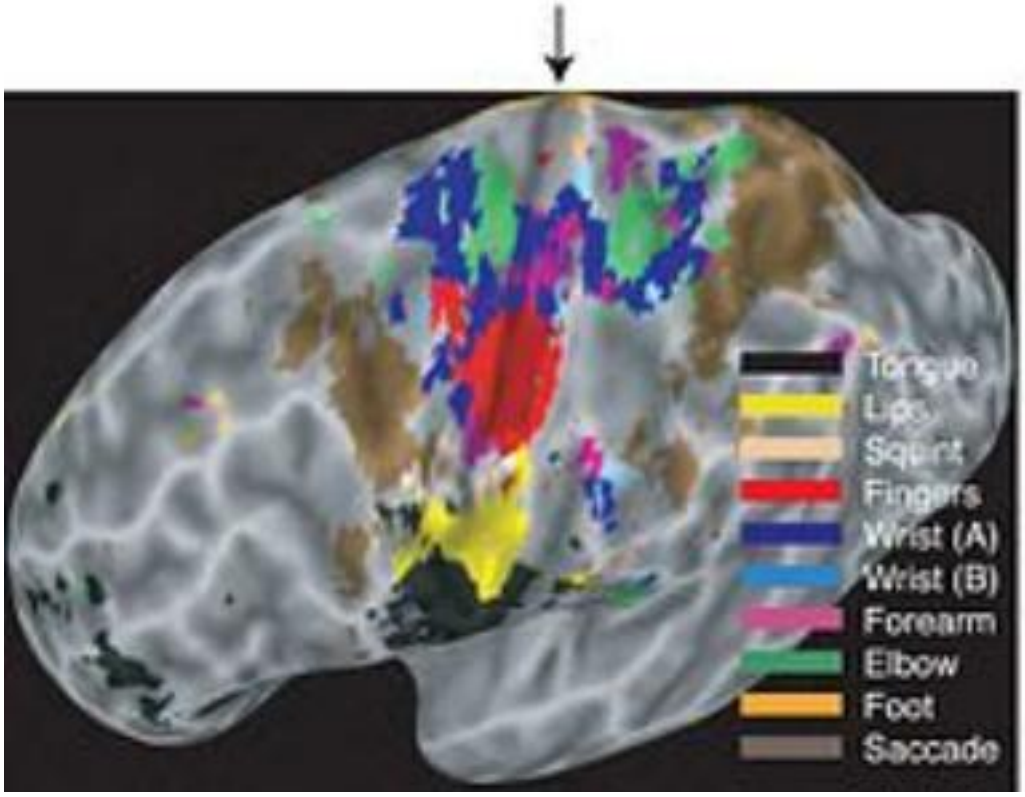
Ова се податоците што ги гледаме со fMRI, често визуелизирани преку MRI слика.



Еден недостаток на fMRI е **временската резолуција**. Бидејќи се потребни неколку секунди за да се промени протокот на крв, а вистинското снимање е ограничено од пресметковни фактори, собирањето податоци се забавува.

Ова често значи дека учесниците се изложени на дразби повеќе пати, и различни временски точки на нивниот одговор на мозокот се евидентираат секој пат (на пример, одговорот се снима при почетокот на стимулите првиот пат, 10 ms по почетокот на стимулот вториот пат, и така натаму).

Ова секако може да ја поткопа точноста на снимање на нов одговор, но обезбедува целосен опсег на одговори на мозокот.



Слика. Мапа на човечкото тело во човечкиот мозок

Како сите тие се споредуваат?

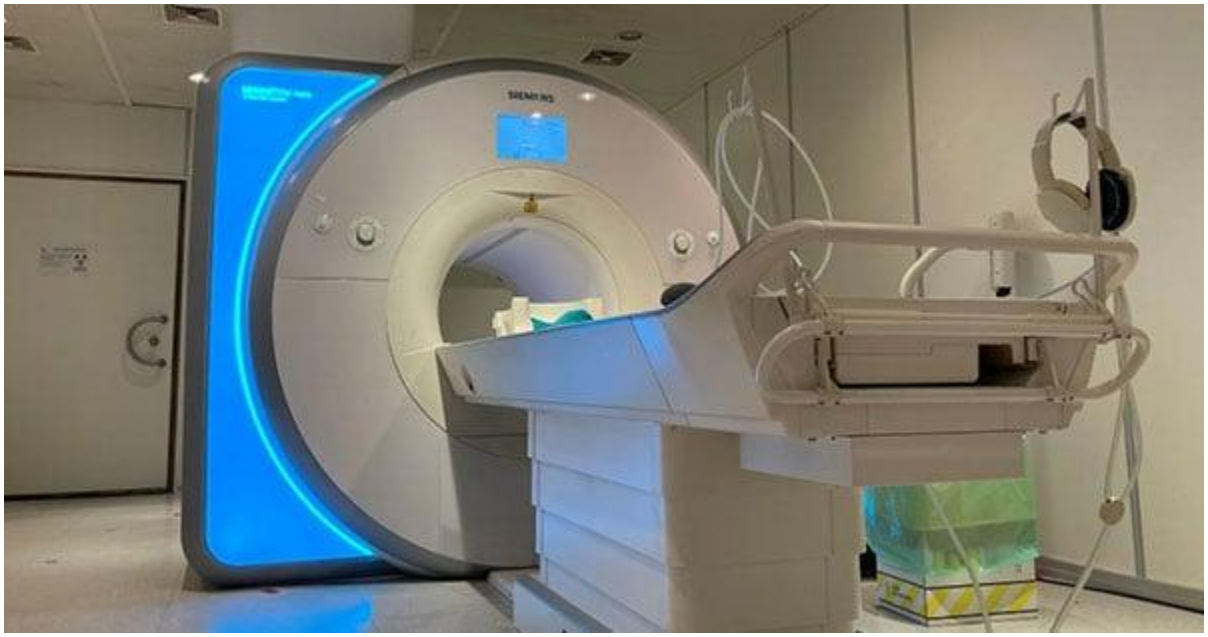
Постојат неколку разлики во тоа како се обезбедуваат информации за сликање на мозокот од секоја технологија.

Исто така, треба да се земат предвид дополнителни работи – цена на чинење на машина за магнетна резонанца е значително повисока од EEG (и за купување и за одржување), а потребното ниво на обука е многу пообемно.

Работење на терен со MRI / fMRI исто така не е можно, бидејќи не постои начин да се направи таква машина навистина преносliва.

Поставувањето експеримент со EEG исто така може да се направи без премногу мака - понекогаш лесно како ставање слушалки и проверка на квалитетот на податоците. Метриката што се пресметува автоматски може исто така да обезбеди брзи увиди за човечкото однесување со EEG.

Додека качувањето во машина за магнетна резонанца може да се заврши доволно лесно, одлучувањето за кој радио пулс да се испорача или анализа на податоците е задача која бара високо ниво на знаење и експертиза.



Кој уред да се избере?

Како и секогаш, ова зависи од нашето истражување. Ако повеќе се занимаваме со **структурни** и **функционални** детали, тогаш MRI или fMRI би можеле да бидат нашиот избор доколку сме во можност да направиме значителна потребна инвестиција.

За побрзи, достапни сознанија за функцијата на мозокот, со голема временска резолуција, методот на избор е EEG.

Предностите и недостатоците на секој од презентирани видови е прикажан во табелата подолу.

EEG vs. MRI vs. fMRI

The main differences

IMOTIONS

Each imaging methodology has distinct advantages and disadvantages, some of which are summarized below.

	EEG	MRI	fMRI
Temporal resolution	High	Low	Low
Spatial resolution	Low	High	High
Measures brain activity?	Directly	Only structure	Indirectly (BOLD response)
Level of expertise needed	Some training	Extensive training	Extensive training
Cost	Accessible to many researchers	Requires extensive funding	Requires extensive funding
Portability	Both fully portable and semi-portable devices available	Not portable	Not portable

5. Реализација на практично истражување

Ова истражување за мојата магистерска работа го реализирав во лабораторијата за биосензорски истражувања (невромаркетинг и невропсихологија) на Меѓународниот Славјански универзитет во Св. Николе, во период од 20.03.2024 до 20.04.2024 година. Користев биосензорски систем за следење на очи и за анализа на израз на лице.

Применив лабораториска екранска опсервација на однапред подготвен визуелен стимул од страна на одреден број на испитаници. Покрај биосензорско мерење на потсвесни реакции користев и анкетно истражување со заокружување на одреден избор отпечатен на хартија.

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

Екрански стимул: избор на дестинација за одмор (од понудени 4 опции).



Слика 1. Топлинска мапа, испитаник 1

На слика 1 е прикажана топлинска мапа на испитаник 1 при следење на екрански стимул во траење од 10 секунди. Се забележува дека овој испитаник најголем интерес покажал за Избор 1 (зимско скијање) – го фокусирал вниманието,а за другите дестинации покажал многу помал интерес. Оваа топлинска мапа покажува дека овој испитаник нека дилеми каде сака да го помине својот одмор – туристичка дестинација.

На слика 2 е прикажана топлинска мапа на испитаник 3. И овој испитаник има дестинација која ја преферира – го фокусирал неговото внимание на првиот избор (зимски спортови). Другите избори воопшто не го интересираат.

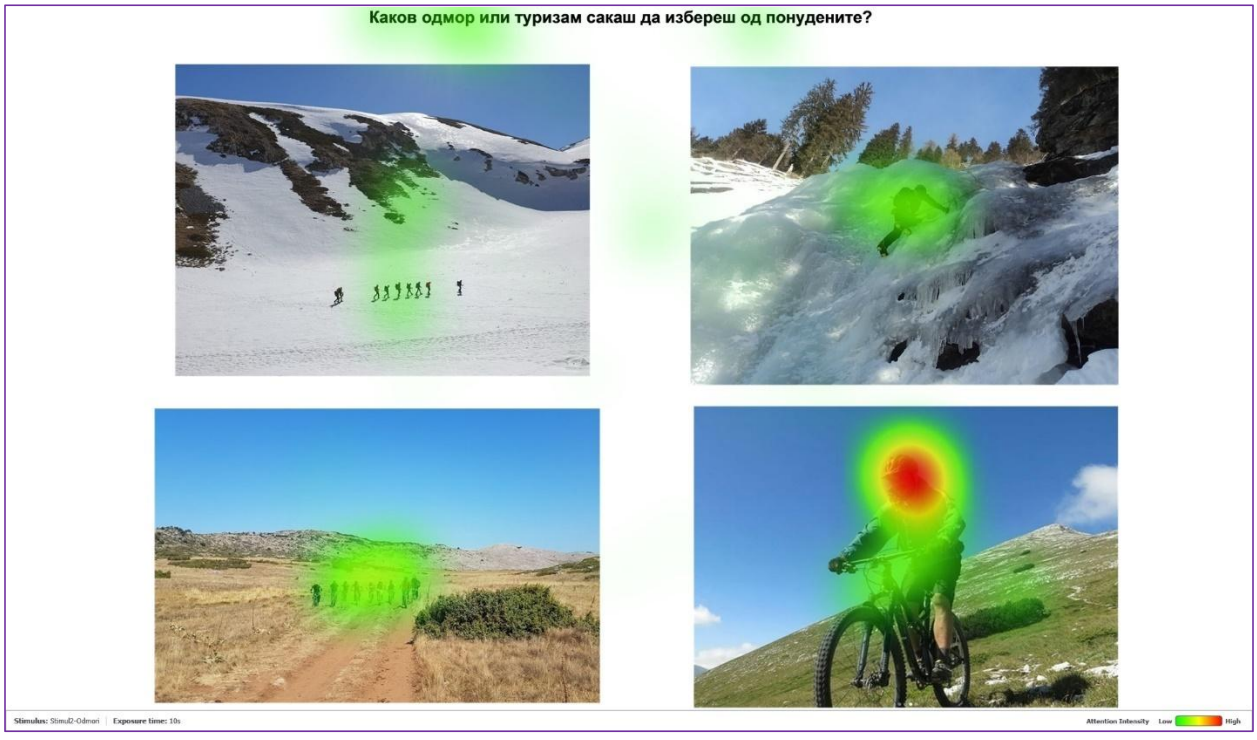


Слика 2. Топлинска мапа, испитаник 3

На слика 3 е прикажана топлинска мапа при следење на екрански стимул од испитаник 5. Овој испитаник покажал најголем интерес за третиот избор (возење велосипед) – повеќе преферира возење велосипед од зимски спортови. Неговиот избор е конкретен и одлучен – нема никаква дилема каде сака да го помине својот одмор. Исто така покажал помал интерес и за возење велосипед во планински услови (екстремен спорт).



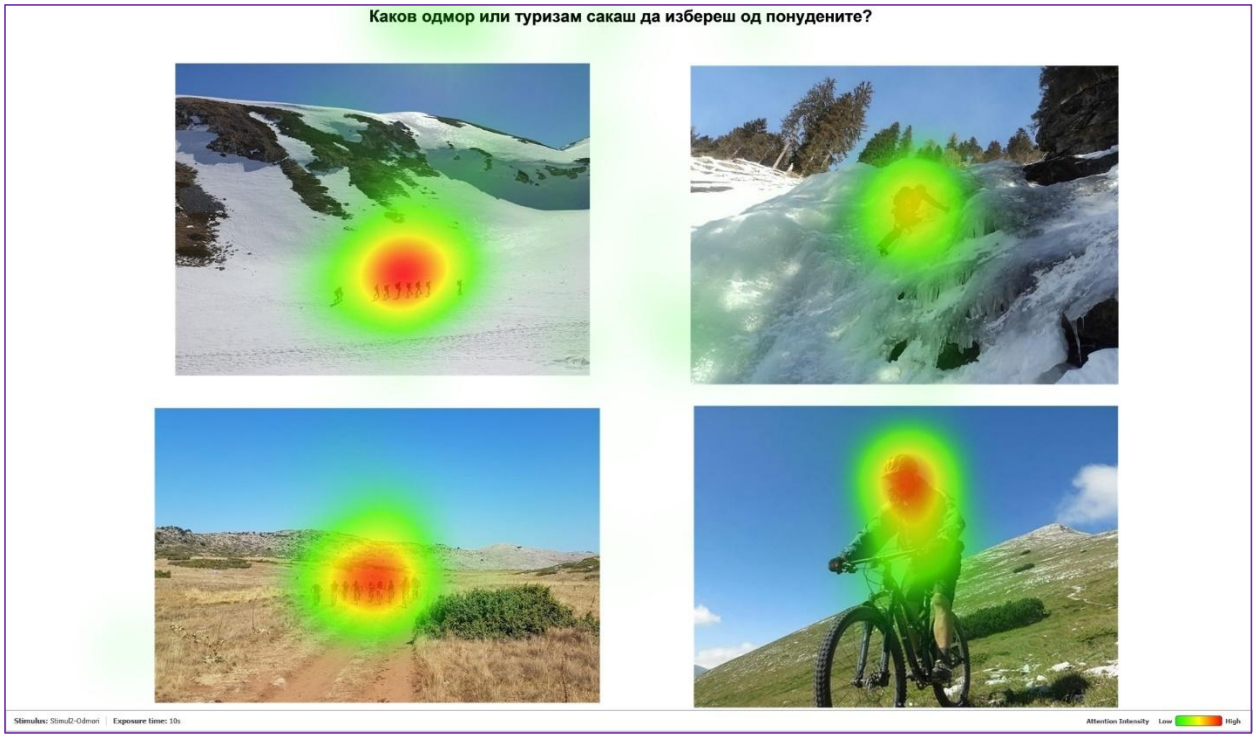
Слика 3. Топлинска мапа, испитаник 5



Слика 4. Топлинска мапа, испитаник 7

На слика 4 е даден визуелен приказ (експортиран излез од биосензорско мерење) на испитаник 7. Овој испитаник преферира екстремни спортови (возење велосипед во нерамни планински патеки). За овој избор покажал најголемо ниво на интерес (фокусирано внимание), а за останатите опции значително помал интерес.

а) Топлински мапи (Heat maps) – Attention maps: Збирни анализи

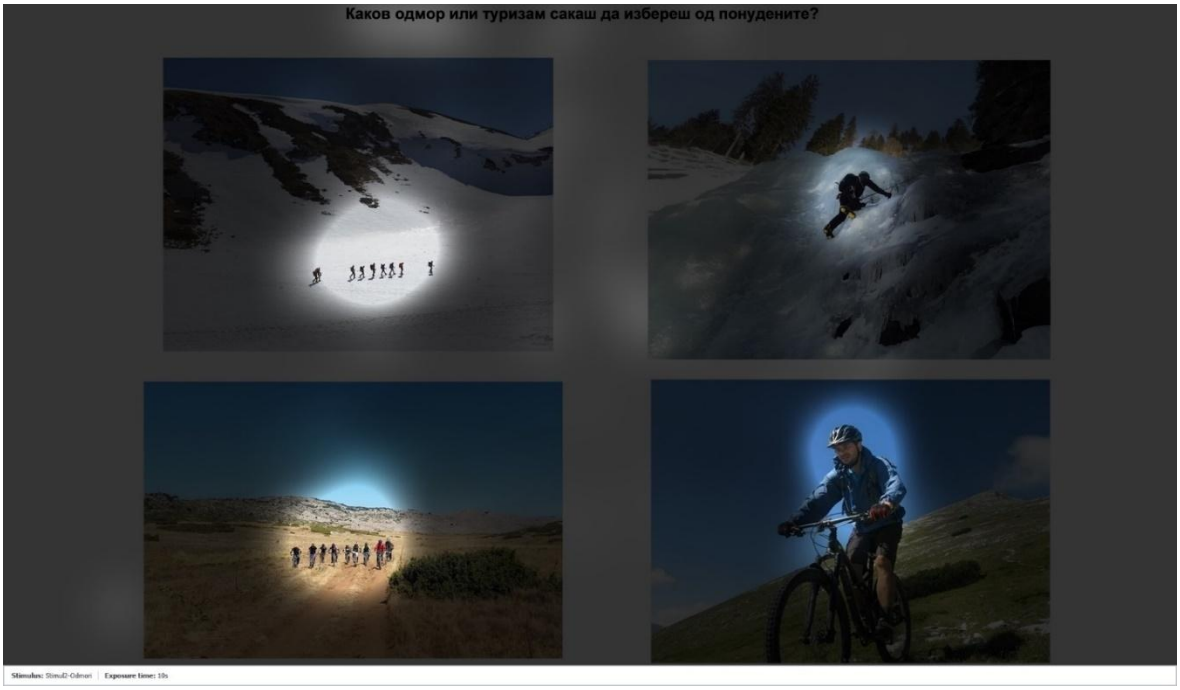


Слика 5. Топлинска мапа, збирна (од сите испитаници)

На слика 5 е прикажана збирна топлинска мапа од сите испитаници заедно. Визуелниот приказ покажува на кои дестинации покажале најголем интерес и на кои детали од секоја поединечна слика го фокусирале нивното внимание. Збирно испитаниците покажале интерес за сите туристички локации (од скијање, возење велосипед во планински услови, до екстремни спортови).

На слика 6 е прикажана збирна топлинска мапа каде осветленоста е индикатор каде испитаниците го фокусирале нивното внимание (покажале соодветно ниво на интерес).

На слика 7 е прикажана збирна топлинска мапа каде површината на сенката е индикатор каде испитаниците го фокусирале своето внимание (покажале соодветно ниво на интерес).



Слика 6. Топлинска мапа (spotlight), збирна (од сите испитаници)



Слика 7. Топлинска мапа (shadow), збирна (од сите испитаници)

b) Низи на фиксации (Fixation sequences)

Низа на фиксации покажуваат КАДЕ испитаниците го фиксирале погледот и КОГА тоа го направиле (точно време при следење на екрански стимул во вкупно траење од 10 секунди).

На слика 8 е прикажана низа на фиксации за испитаник 1. Се забележува дека погледот најмногу го насочил на дестинација скијање (зимски спортови). Погледнувал и на другите понудени опции, но веднаш се враќал на омилената опција.



Слика 8: Низа на фиксации на испитаник **1**

Дилатација на зениците на очите покажува ниво на интерес и ниво на возбуда кога испитаникот гледа одреден детал од стимулот. Во зависност од вредноста (големината) на зеницата може да се одреди каде испитаникот покажува најголем интерес. Кај овој испитаник, дилатацијата на зеницата на левото и десното око, е во одредени граници. Вредностите на дилатацијата на зеницата раскажуваат како испитаникот се чувствува кога гледа одредени сегменти од стимулот. Во овој случај дилатацијата на зениците ги има следните максимални и минимални вредности (опсег на отворени зеници):

Right pupil: min 2.6463, max 2.9557

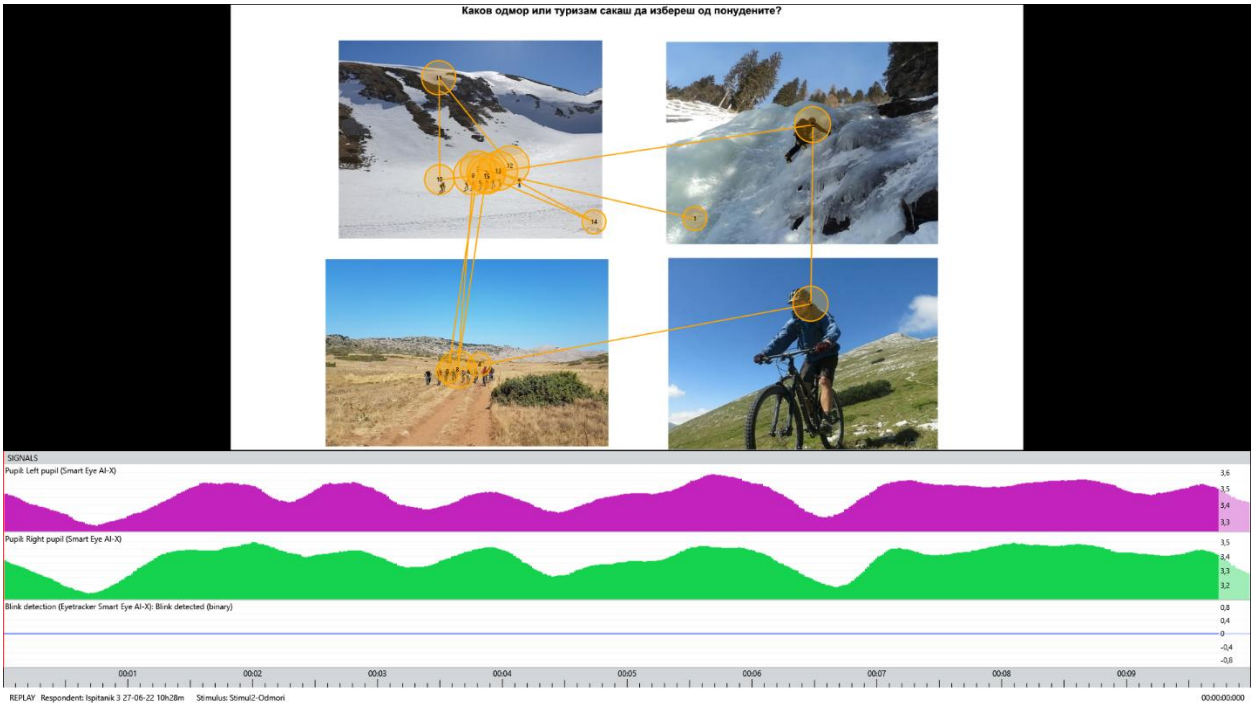
Left pupil: min 2.6064, max 2.9069

Вредностите на зениците континуирано се прикажуваат за време на целиот период на опсервација на стимулот (10 секунди).

На слика 9 е прикажана низа од фиксации на испитаник 3. И овој испитаник покажува најголема фокусираност на скијање (како и испитаник 1). Но кај овој испитаник зениците на очите имаат повисоки максимални и минимални вредности. Ова покажува дека тој има поголема заинтересираност и поголема возбуда.

Right pupil: min 3.1958, max 3.7122

Left pupil: min 3.2749, max 3.7489



Слика 9: Низа на фиксации на испитаник **3**

На слика 10, испитаник 7 покажал најголем интерес за планински велосипедизам (таму ги насочил своите фиксации – поглед на очите). За ова дестинација по-кажал голема заинтересираност и возбуда кои се рефлектираат во дилатацијата на зениците (широко отворени зеници) кои ги имаат следните максимални и минимални вредности:

Right pupil: min 3.1438, max 3.4937

Left pupil: min 3.2788, max 3.5860



Слика 10: Низа на фиксации на испитаник **7**



Слика 11: Низа на фиксации на испитаник **8**

На слика 11 е прикажана низа од фиксации на испитаник 8. И овој испитаник како и испитаник 7 (слика 10) покажал најголем интерес за планински велосипедизам. Но кај овој испитаник вредностите на зениците се значајно помали (помала заинтересираност и возбуда). Проширувањето на зениците е право пропорционално на нивото на возбуда и заинтересираност.

Од промената на големината на зеницата, може да се изведат и други важни атрибути, значајни за човековото однесување (со користење и на други биосензорски системи како: електроенцефалографија, електродермална активност, електрокардиографија, анализа на говор и дишење):

- Емоционална возбуда (emotional arousal): Количество на емоционална ангажираност, поврзана со емоционална интелигенција.
- Когнитивен обем на работа – ментално оптоварување (cognitive workload): Какво ментално оданочување е стимулот.

Проширување на зеница се прикажува за секој испитаник одделно, и за секој стимул одделно. Проширувањето на зеницата всушност го мери дијаметарот на зеницата на левото и десното око посебно.

c) **Области на интерес** (Areas of interest): **Поединечни** анализи

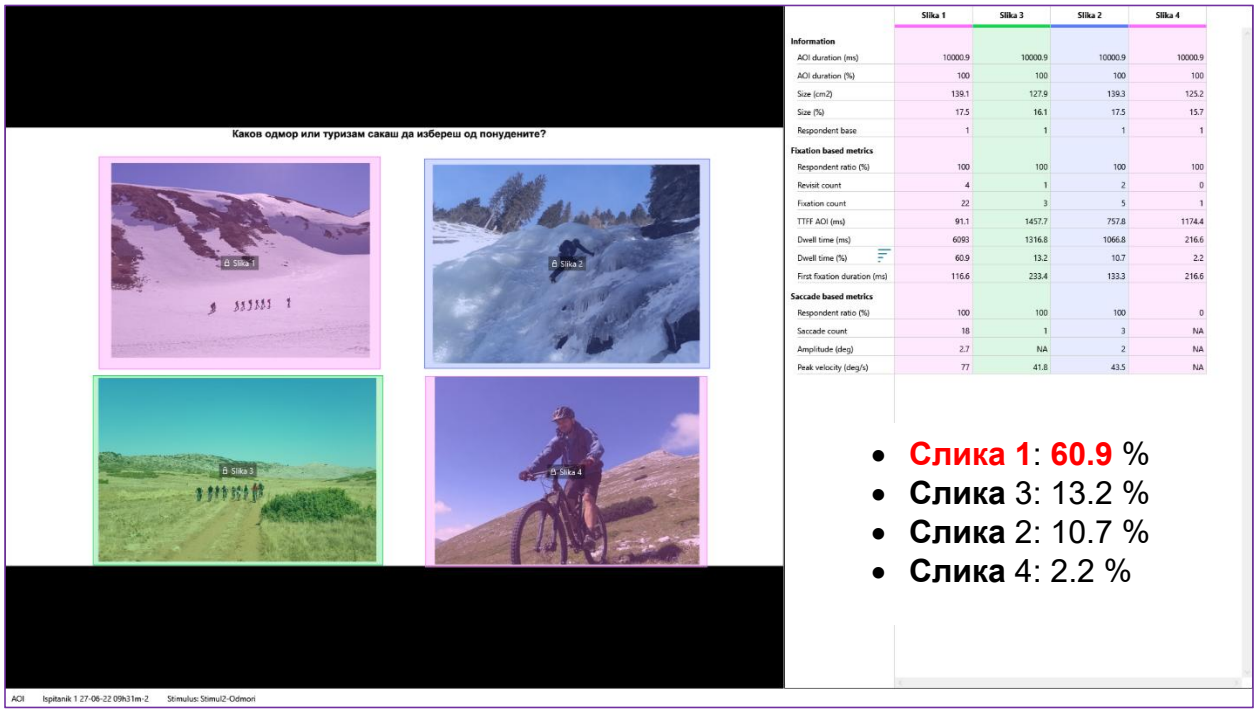
Области на интерес (бафер области) овозможуваат да се изведат (измерат) повеќе метрики кои овозможуваат да се прават проценки на перформансите на две или повеќе специфични области на даден стимул. Се користи за споредување и други математички и статистички анализи на иста сцена (даваат карактеристики на визуелното внимание).

На слика 12 е прикажана област на интерес на испитаник 1. Во креирани четири бафер зони се прикажани поголем број на метрики:

- Потрошено време (%) за следење на стимулот - Dwell time (%)
- Потрошено време во милисекунди - Dwell time (ms)
- Број на фиксации - Fixation count
- Број на повторни посети - Revisit count

- Време на почеток на прва фиксација - TTFF AOI (ms)
- Времетраење на прва фиксација - First fixation duration (ms)
- Процент на испитаници кои посетиле дадена бафер зона - Respondent ratio (%)
- Број на сакади - Saccade count
- Амплитуда - Amplitude (deg)
- Врвна брзина - Peak veloxity (deg/s).

Пример: Потрошено време (Dwell time (%)).



Слика 12. Област на интерес, испитаник 1

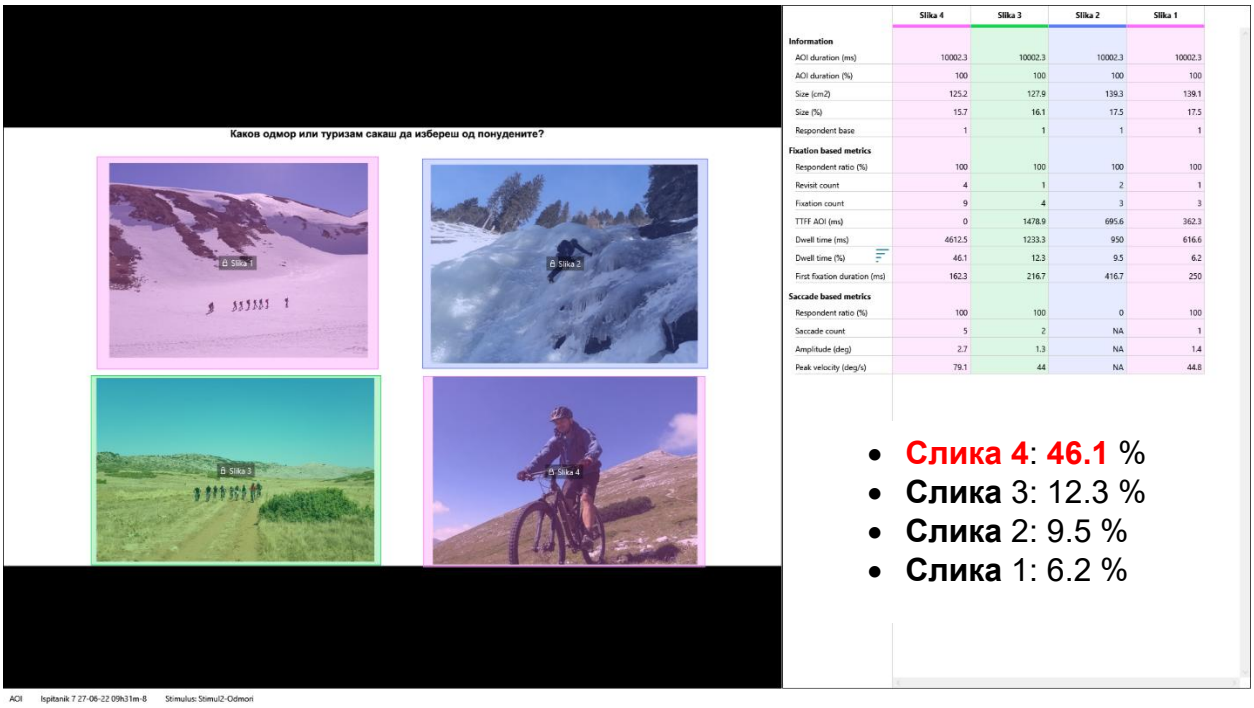
Една важна метрика е **Dwell time (%)**. Оваа метрика покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-туристичка дестинација (опфатен со соодветна бафер- површина).

Се забележува дека најголем процент има за **дестинација 1 (зимско скијање)** (**60.9%**). За останатите видови храна е следниот процент:

- **Слика 1: 64.3 %**

- **Слика 3: 13.2 %**
- **Слика 2: 10.7 %**
- **Слика 4: 2.2 %**

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



	Slika 4	Slika 3	Slika 2	Slika 1
Information				
AOI duration (ms)	10002.3	10002.3	10002.3	10002.3
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	125.2	127.9	139.3	139.1
Size (%)	15.7	16.1	17.5	17.5
Respondent base	1	1	1	1
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Revisit count	4	1	2	1
Fixation count	9	4	3	3
TTFF AOI (ms)	0	1478.9	695.6	362.3
Dwell time (ms)	4612.5	1233.3	950	616.6
Dwell time (%)	46.1	12.3	9.5	6.2
First fixation duration (ms)	162.3	216.7	416.7	250
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	0	100
Saccade count	5	2	NA	1
Amplitude (deg)	2.7	1.3	NA	1.4
Peak velocity (deg/s)	79.1	44	NA	44.8

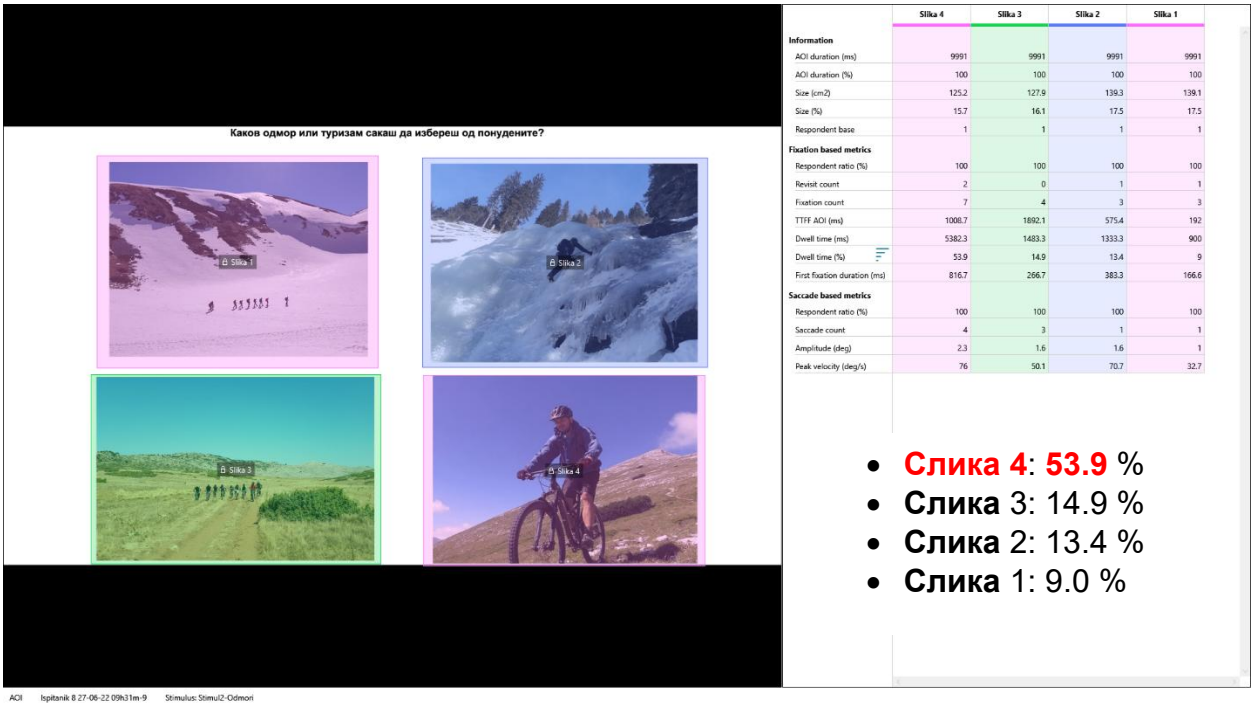
Слика 13. Област на интерес, испитаник 7

На слика 13 е прикажана област на интерес на испитаник 7. **Dwell time (%)** метриката покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-туристичка дестинација.

Се забележува дека најголем процент има за **дестинација 4 (возење велосипед во планина)** (**46.1%**). За останатите дестинации се добива следниот процент:

- **Слика 4: 46.1 %**
- **Слика 3: 12.3 %**
- **Слика 2: 9.5 %**
- **Слика 1: 6.2 %**

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



Слика 14. Област на интерес, испитаник 8

На слика 14 е прикажана област на интерес на испитаник 8. **Dwell time (%)** метриката покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаникот потрошил за следење на одреден производ-туристичка дестинација.

Се забележува дека најголем процент има за **дестинација 4 (возење велосипед во планина)** (**53.9%**). За останатите дестинации се добива следниот процент:

- **Слика 4: 46.1 %**
- **Слика 3: 14.9 %**
- **Слика 2: 13.4 %**
- **Слика 1: 9.0 %**

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

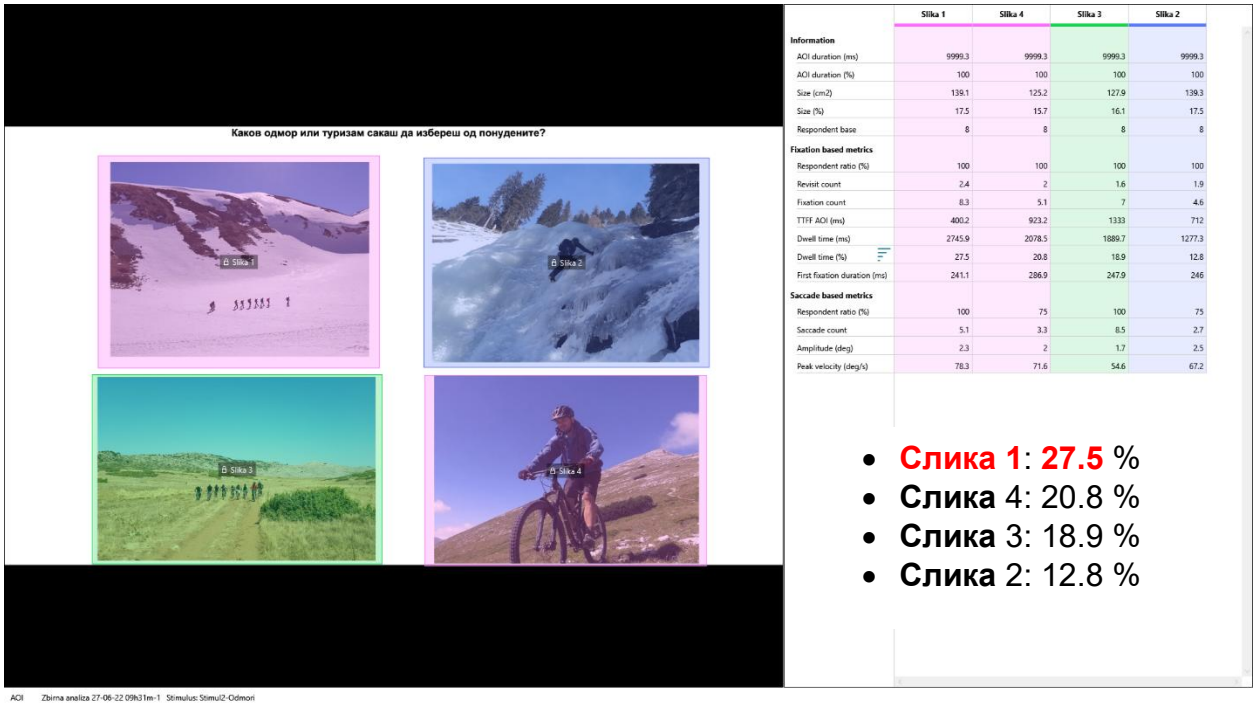
е) Области на интерес (Areas of interest): **збирни** анализи

На слика 15 е прикажана збирна област на интерес на сите испитаници заедно. **Dwell time (%)** метриката покажува колкав процент од времето на набљудување на стимулот испитаниците потрошиле за следење на одреден производ-туристичка дестинација.

Се забележува дека најголем процент има за **дестинација 1 (спортови на снег)** (**27.5%**). За останатите дестинации се добива следниот процент:

- **Слика 1: 27.5 %**
- **Слика 4: 20.8 %**
- **Слика 3: 18.9 %**
- **Слика 2: 12.8 %**

Најголем процент од испитаниците ја избрале слика 1 за најпосакувана туристичка дестинација. Нешто помал процент има за дестинациите 4 и 3, а најмал процент за дестинацијата 2. И на анкетниот прашалник најголем процент се изјасниле за дестинација 1.



Слика 15. Област на интерес, збирна анализа (од сите испитаници)

1. Споредување на поединечни вредности за сите испитаници

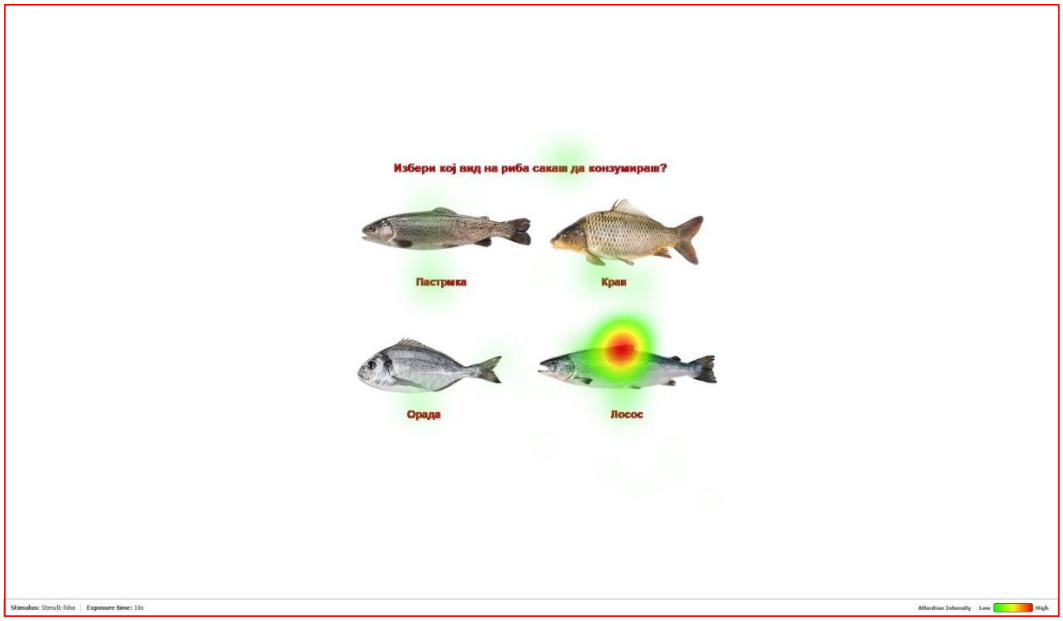
Стимул			
Испитаник	**Анкетен прашалник**	**Биометриско мерење со Eye Tracker**	**Дискрепанца (2-3)**
Испитаник **1**	**Слика 1**	**Слика 1**	**нема**
Испитаник **2**	**Слика 1**	**Слика 4**	**Има: 1/4**
Испитаник **3**	**Слика 1**	**Слика 1**	**нема**
Испитаник **4**	**Слика 3**	**Слика 1**	**Има: 3/1**
Испитаник **5**	**Слика 3**	**Слика 3**	**нема**
Испитаник **6**	**Слика 1**	**Слика 1**	**нема**
Испитаник **7**	**Слика 4**	**Слика 4**	**нема**
Испитаник **8**	**Слика 4**	**Слика 4**	**нема**
Збирни резултати	**Слика 1: 4/8 (50.0%) Слика 2: 0/8 (0.0%) Слика 3: 2/8 (25.0%) Слика 4: 2/8 (25.0%)**	**Слика 1: 27.5% Слика 4: 20.8% Слика 3: 18.9% Слика 2: 12.8%**	

Кај испитаник 2 има дискрепанца (отстапување) во двата методи на истражување. На Анкетниот прашалник тој ја заокружил слика 1 (зимски спортови), а на биосензорско мерење покажал најголем интерес за велосипедизам во планински услови.

Кај испитаник 4 има дискрепанца (отстапување) во двата методи на истражување. На Анкетниот прашалник тој ја заокружил слика 3 (возење велосипед), а на биосензорско мерење покажал најголем интерес за зимски спортови.

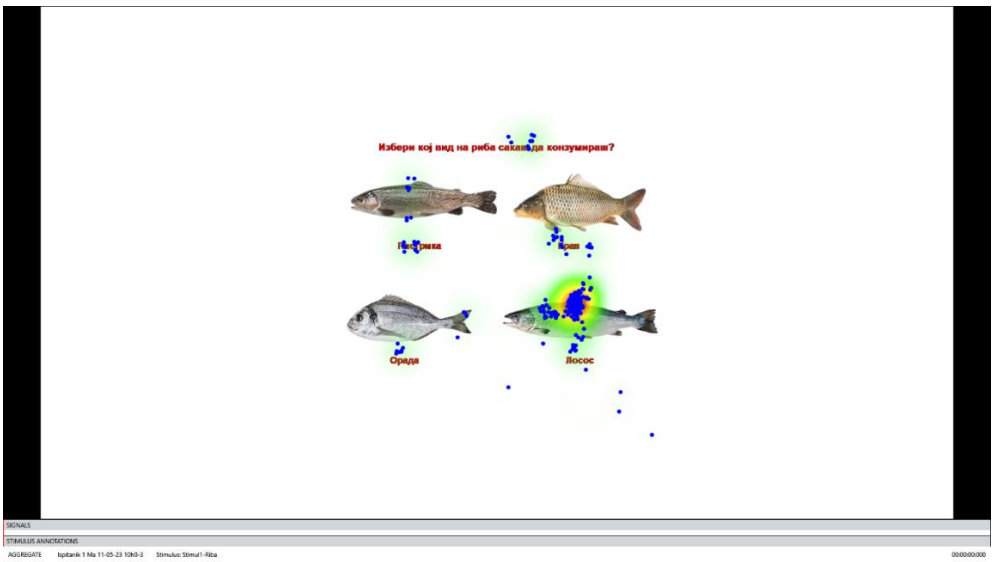
Второ истражување со биосензор за следење на очи

На слика 1 е прикажана топлинска мапа на испитаник 1. Биосензорско следење на очи е реализирано со следење на екрански стимул – Избор на риба за конзумирање. Овој испитаник има конкретен свој избор - риба лосос.



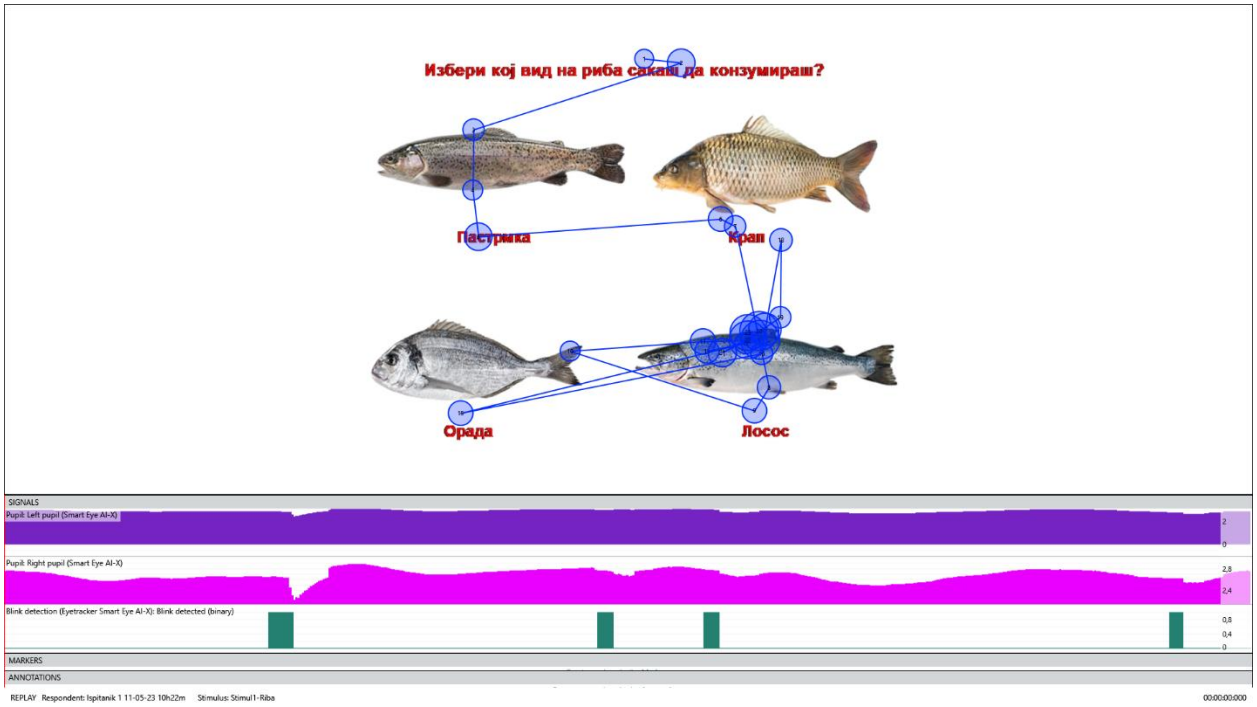
Слика 1: Топлинска мапа (Heat map) на Испитаник 1

На слика 2 е прикажана топлинска мапа со прикажани точки на фиксација (грозд – сини точки) на испитаник 1.



Слика 2: Топлинска мапа со точки на фиксација на испитаник 1

Слика 3 дава визуелен приказ на низа на фиксации: редослед на движење на погледот на испитаникот и колку време го задржал погледот на одреден детал од стимулот. Исто така е покажана дилатација на зениците и фреквенцијата на трепкање за време на период на набљудување на стимулот. Дилатацијата на зеницата е пропорционална на нивото на возбуда на испитаникот, а висока фреквенција на трепкање покажува намалено ниво на концентрација, поспаност.

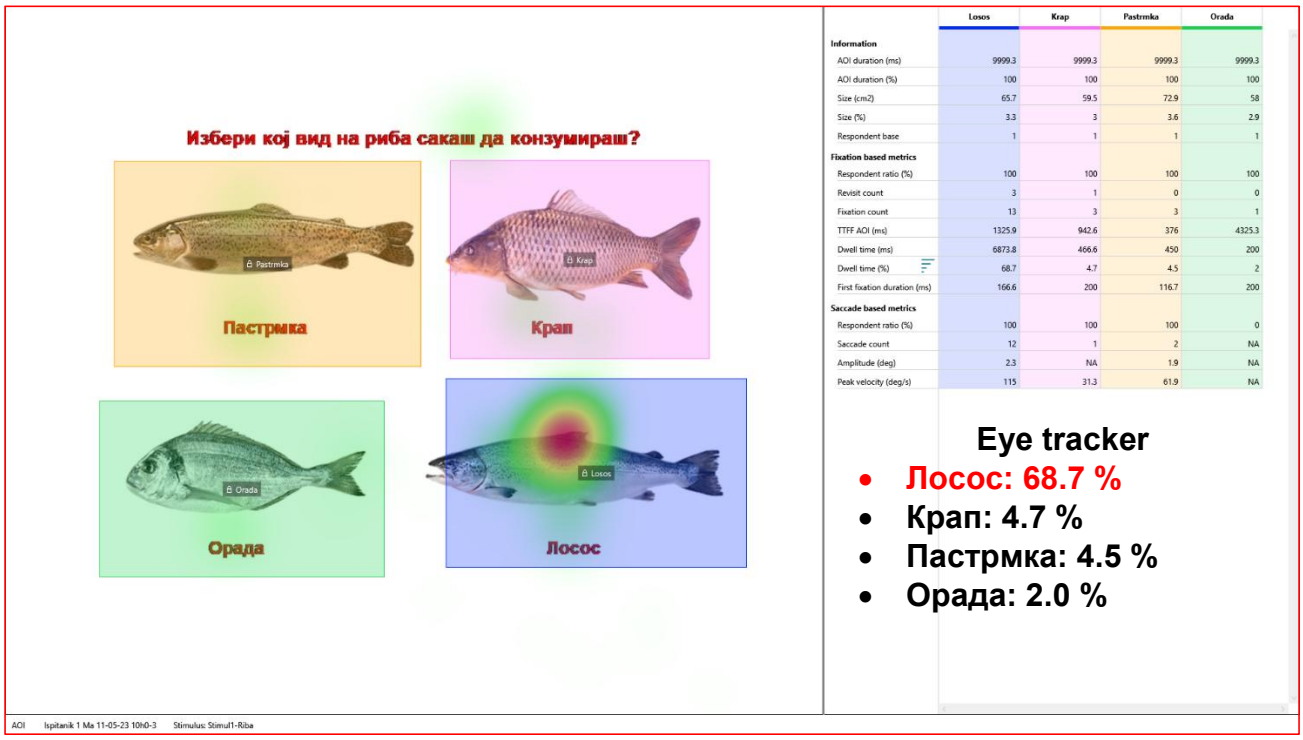


Слика 3: Fixation sequences (низа секвенци) на Испитаник 1

Слика 4 прикажува област на интерес со прикажување повеќе метрики на биосензорско следење на очите. Креирани се бафер зони за 4 набљудувани видови риба и за истите е прикажано вкупното време на опсервација. Најголем процент од времето испитаникот потрошил во следење и набљудување на риба лосос (**68.7%**), а значајно помалку време на останатите видови храна.

- **Лосос: 68.7 %**
- **Крап: 4.7 %**
- **Пастрмка: 4.5 %**

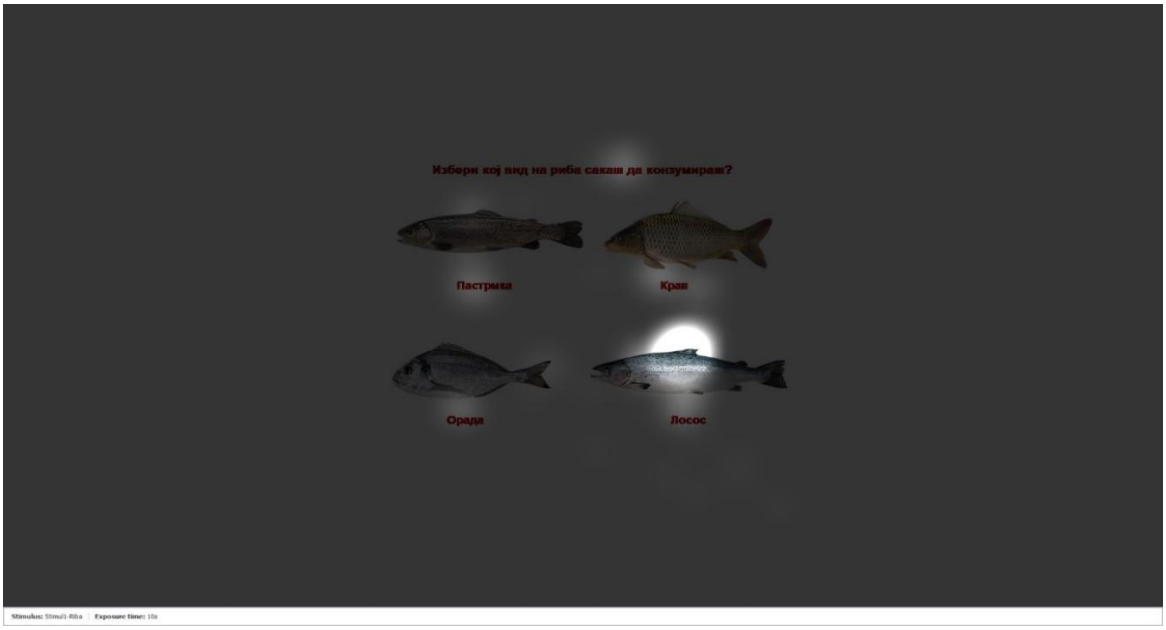
- **Орада: 2.0 %**



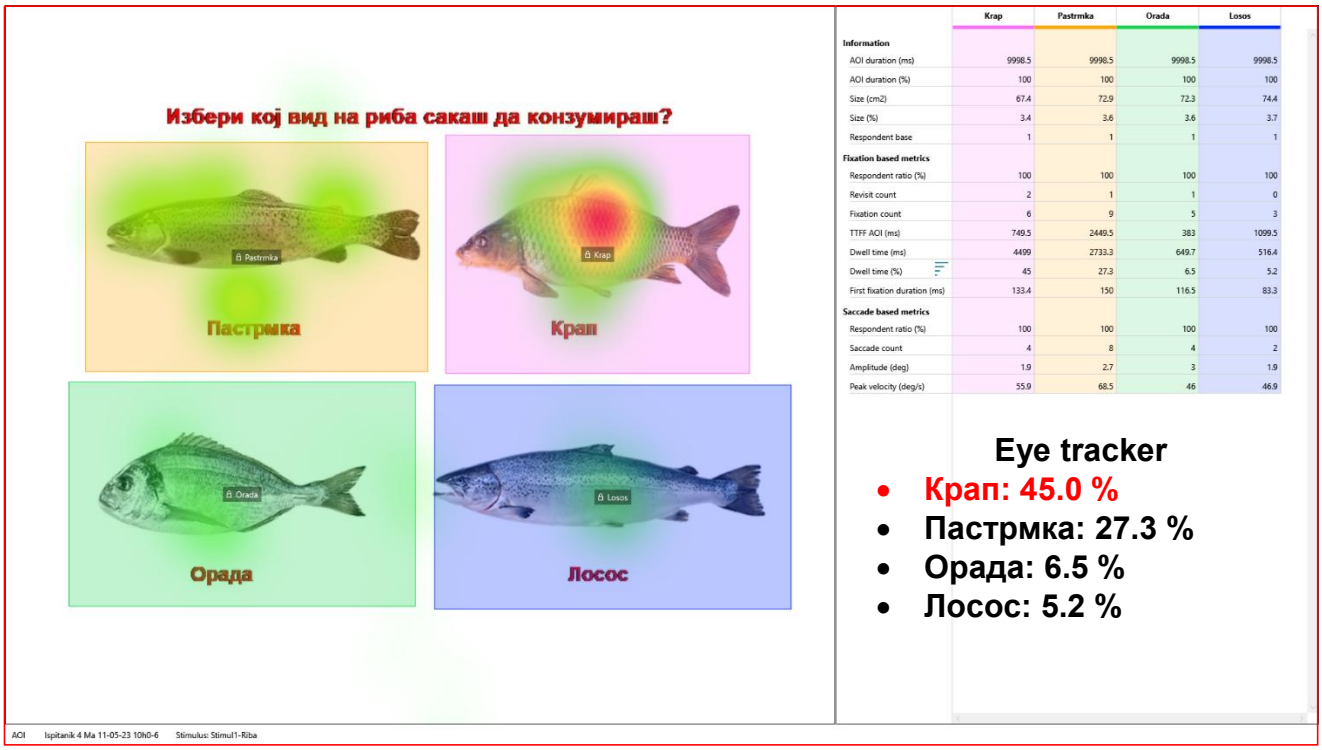
	Losos	Krap	Pastrmka	Orada
Information				
AOI duration (ms)	9999.3	9999.3	9999.3	9999.3
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	65.7	59.5	72.9	58
Size (%)	3.3	3	3.6	2.9
Respondent base	1	1	1	1
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Revisit count	3	1	0	0
Fixation count	13	3	3	1
TTFF AOI (ms)	1325.9	942.6	376	4325.3
Dwell time (ms)	6873.8	466.6	450	200
Dwell time (%)	68.7	4.7	4.5	2
First fixation duration (ms)	166.6	200	116.7	200
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	0
Saccade count	12	1	2	NA
Amplitude (deg)	2.3	NA	1.9	NA
Peak velocity (deg/s)	115	31.3	61.9	NA

Слика 4: Област на интерес - Areas of interest на Испитаник 1

На слика 5 е прикажана топлинска мапа (Spotlight style) каде нивото на осветленост е право-пропорционална на нивото на интерес на испитаник 1 кон понудените видови риба.



Слика 5: Топлинска мапа (Spotlight style), испитаник 1



	Krap	Pastrmka	Orada	Losos
Information				
AOI duration (ms)	9998.5	9998.5	9998.5	9998.5
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	67.4	72.9	72.3	74.4
Size (%)	3.4	3.6	3.6	3.7
Respondent base	1	1	1	1
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Revisit count	2	1	1	0
Fixation count	6	9	5	3
TTFF AOI (ms)	749.5	2449.5	383	1099.5
Dwell time (ms)	4499	2733.3	649.7	516.4
Dwell time (%)	45	27.3	6.5	5.2
First fixation duration (ms)	133.4	150	116.5	83.3
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Saccade count	4	8	4	2
Amplitude (deg)	1.9	2.7	3	1.9
Peak velocity (deg/s)	55.9	68.5	46	46.9

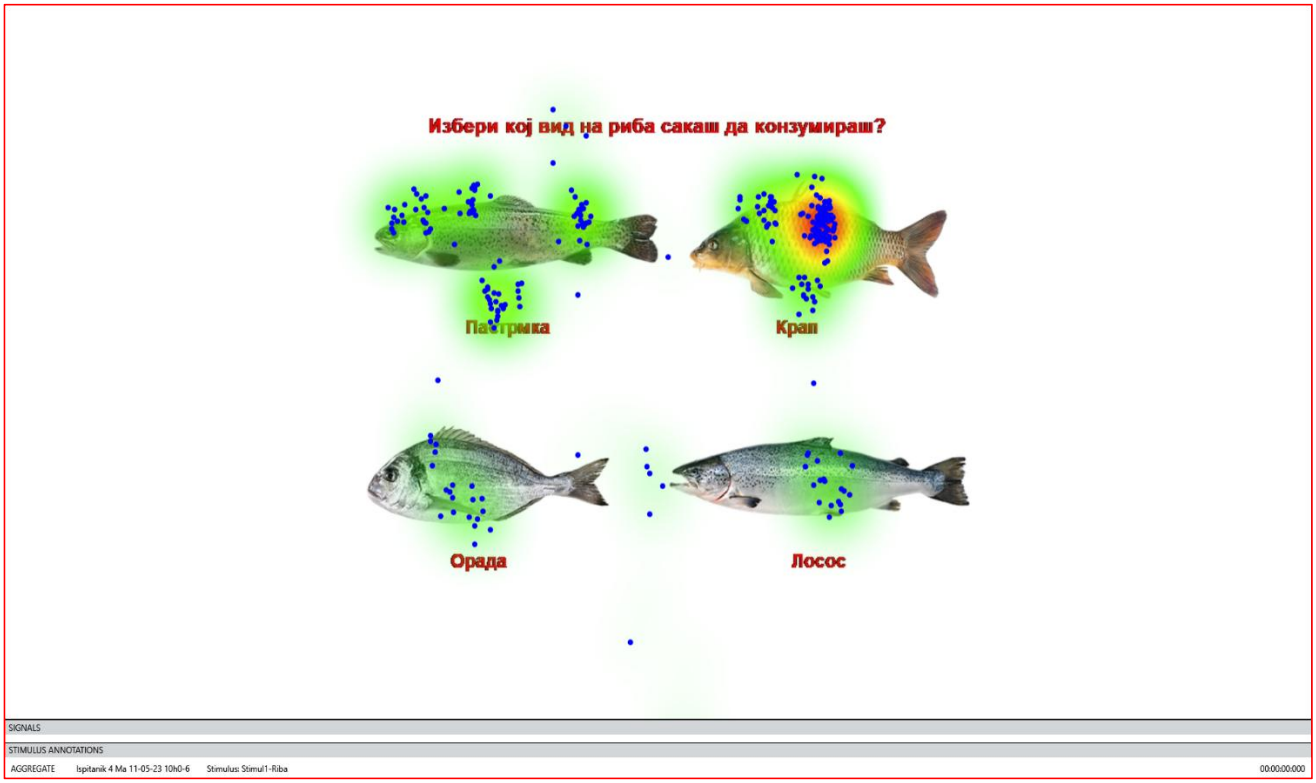
Слика 6: Област на интерес - Areas of interest на Испитаник 4

На слика 6 е прикажана област на интерес (креирани бафер зони) на испитаник 4. Се забележува дека најголем интерес (**45.0 %**) испитаникот покажал за риба крап, помал интерес за пастрмка (**27.3 %**) а за другите видови риба многу мал интерес.

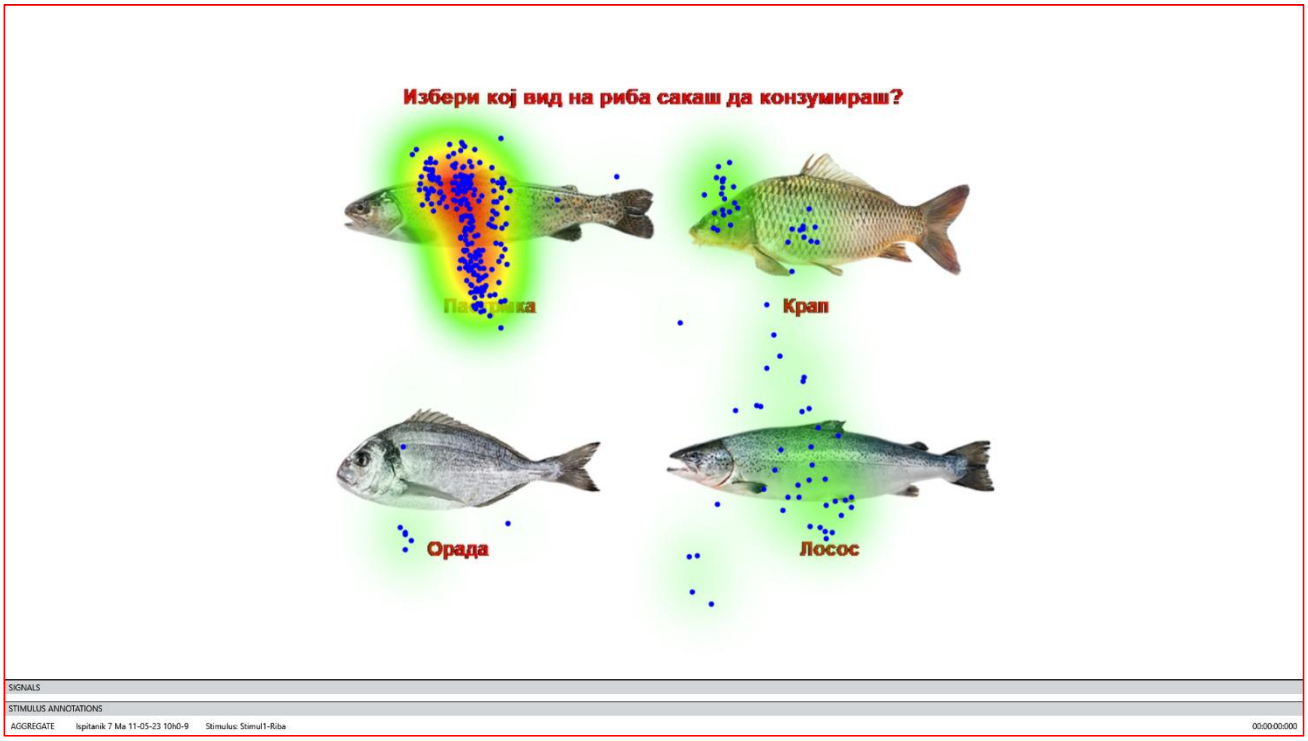
На слика 7 е прикажана топлинска мапа со распоред на точкести фиксации на испитаник 4. Најголема концентрација на точкести фокусирани фиксации има на риба крап, што покажува дека овој испитаник најголем интерес покажува за овој вид на риба.

На слика 8 е прикажан визуелен приказ на топлинска мапа и распоред на фиксации креирани од опсервација на екрански стимул од страна на испитаник 7. Може да се забележи дека овој испитаник најголем интерес покажал за риба пастрмка, а значајно помал интерес за останатите видови риба.

На слика 9 е прикажана област на интерес (креирани бафер зони) на испитаник 7. Се забележува дека најголем интерес (**56.9 %**) испитаникот покажал за риба пастрмка, а за другите видови риба многу мал интерес.



Слика 7: Топлинска мапа со точкести (грозд) фиксации на испитаник 4



Слика 8: Fixation sequences на Испитаник 7

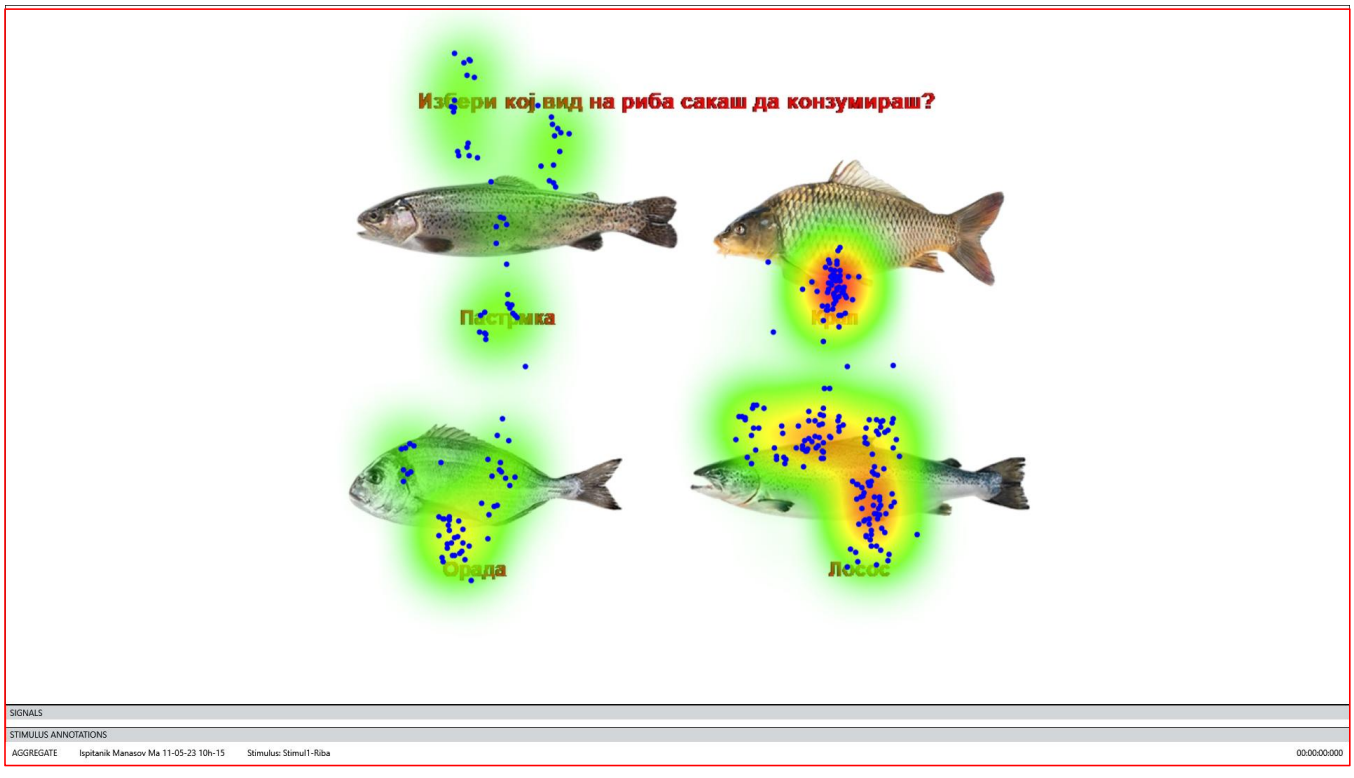


	Pastrmka	Krap	Losos	Orada
Information				
AOI duration (ms)	9991.2	9991.2	9991.2	9991.2
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	77.7	67.4	74.4	72.3
Size (%)	3.9	3.4	3.7	3.6
Respondent base	1	1	1	1
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	0
Revisit count	2	1	2	NA
Fixation count	14	4	5	NA
TTFF AOI (ms)	909.8	543.1	0	NA
Dwell time (ms)	5682	866.6	543.2	NA
Dwell time (%)	56.9	8.7	5.4	NA
First fixation duration (ms)	83.4	100	76.5	NA
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Saccade count	30	3	10	2
Amplitude (deg)	1.7	NA	2.2	NA
Peak velocity (deg/s)	47.7	40.3	58.3	52.2

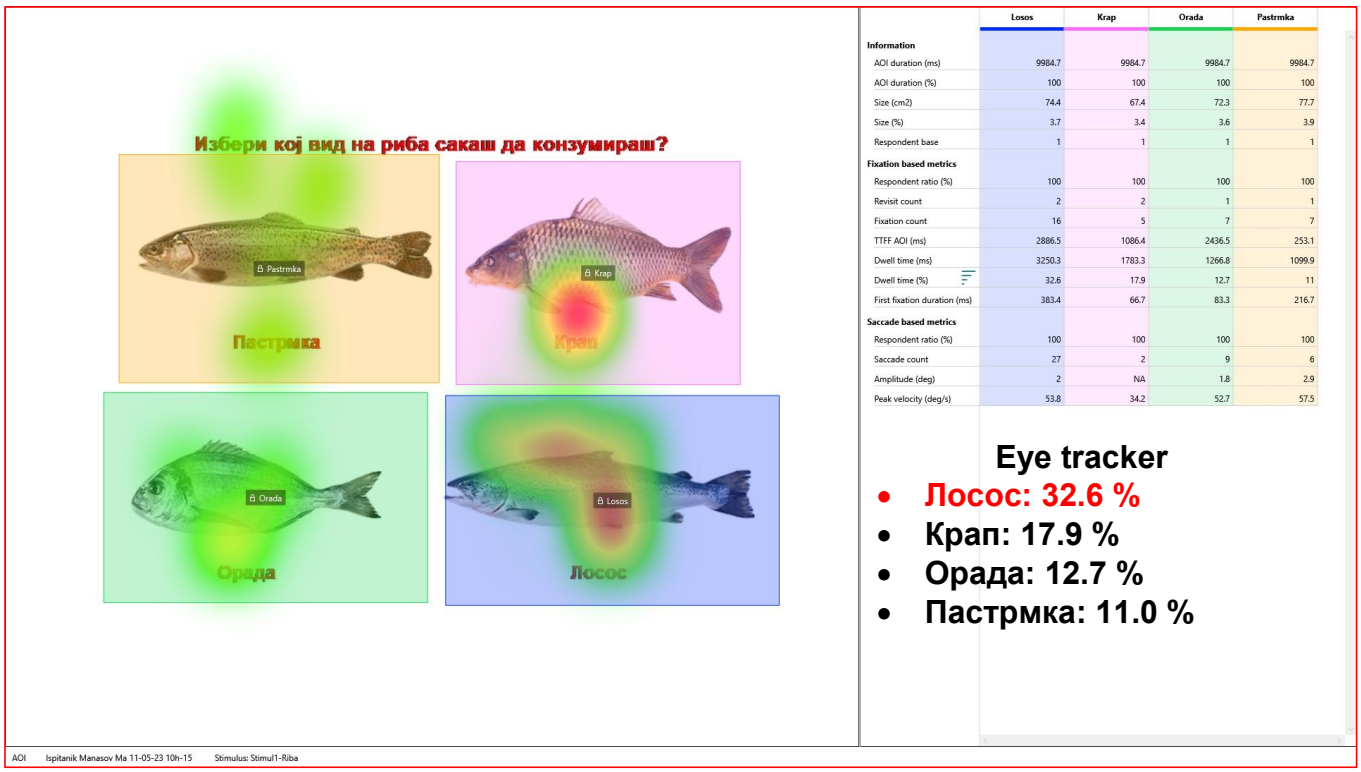
Слика 9: Areas of interest на Испитаник 7

На слика 10 е прикажан визуелен приказ на топлинска мапа и распоред на фиксации креирани од опсервација на екрански стимул од страна на испитаник 14. Може да се забележи дека овој испитаник најголем интерес покажал за риба- лосос, помал интерес за риба крап, а значајно помал интерес за останатите видови риба.

На слика 11 е прикажана област на интерес (креирани бафер зони) на испитаник 14. Се забележува дека најголем интерес (**32.6 %**) испитаникот покажал за риба -лосос, за крап (**17.9 %**), орада (**12.7 %**) и за пастрмка (**11.0 %**).



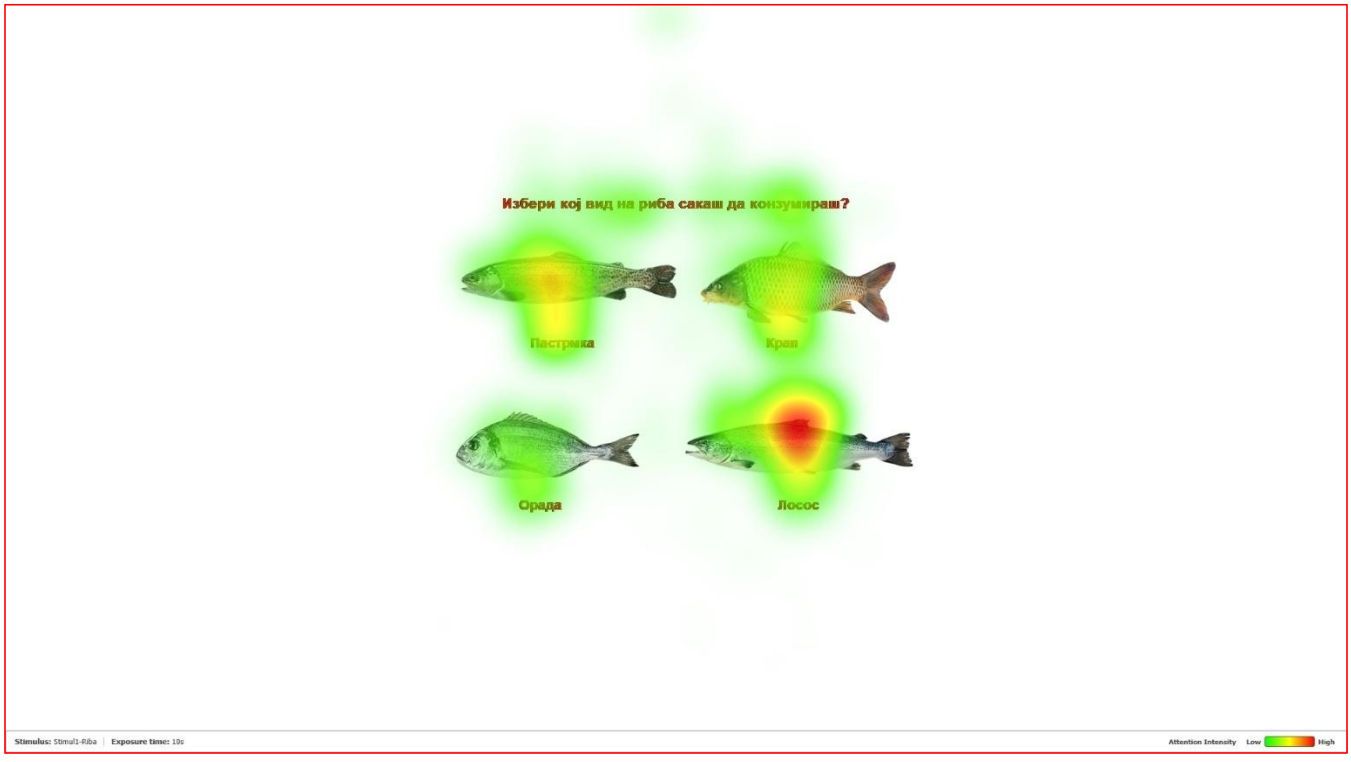
Слика 10: Низи од фиксации - Fixation sequences на Испитаник 14



	Losos	Krap	Orada	Pastrmka
Information				
AOI duration (ms)	9984.7	9984.7	9984.7	9984.7
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	74.4	67.4	72.3	77.7
Size (%)	3.7	3.4	3.6	3.9
Respondent base	1	1	1	1
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Revisit count	2	2	1	1
Fixation count	16	5	7	7
TTFF AOI (ms)	2886.5	1086.4	2436.5	253.1
Dwell time (ms)	3250.3	1783.3	1266.8	1099.9
Dwell time (%)	32.6	17.9	12.7	11
First fixation duration (ms)	383.4	66.7	83.3	216.7
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	100	100	100	100
Saccade count	27	2	9	6
Amplitude (deg)	2	NA	1.8	2.9
Peak velocity (deg/s)	53.8	34.2	52.7	57.5

Слика 11: Област на интерес - Areas of interest на Испитаник 14

Топлински мапи (Heat maps): Збирни анализи

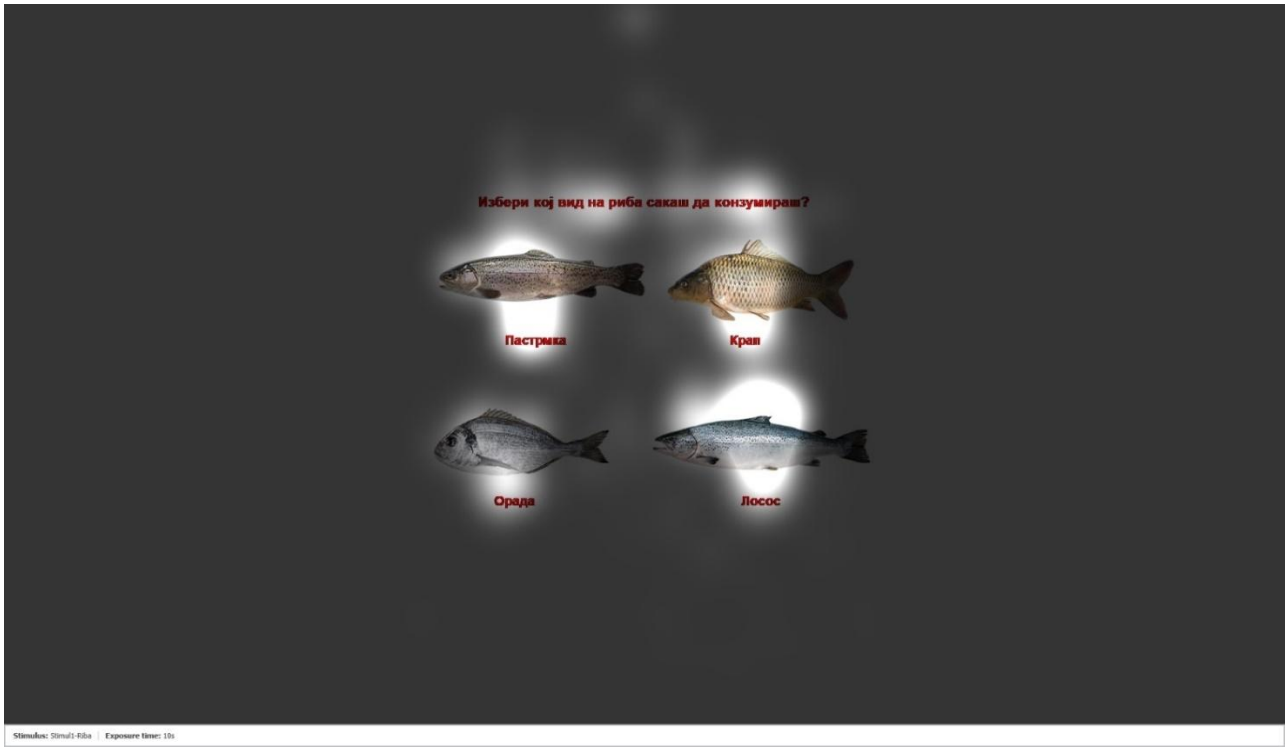


Слика 12: Збирна топлинска мапа (Heat map)

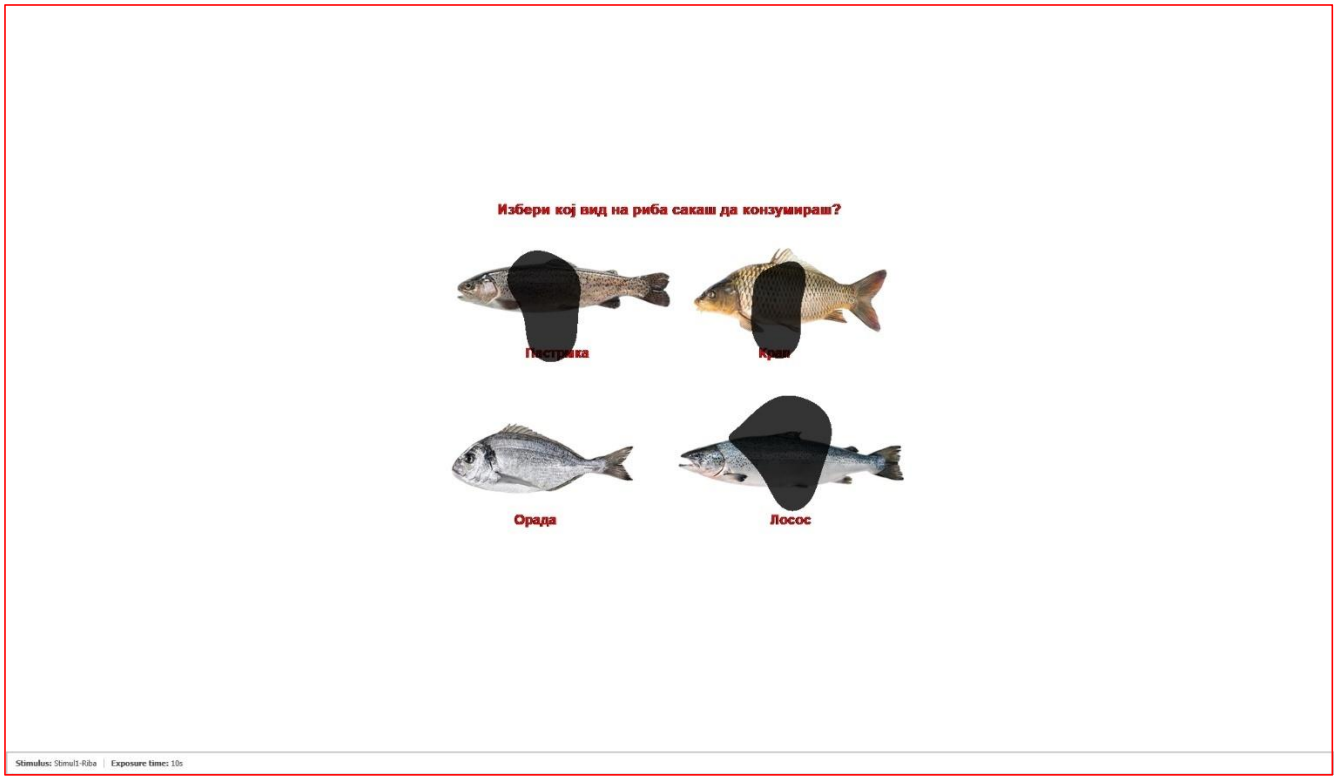
На слика 12, слика 13 и слика 14 се прикажани три вида топлински мапи, збирни, за сите испитаници заедно. Може да се забележи дека најголем интерес испитаниците покажале за риба- лосос.

На слика 15 е прикажана збирна топлинска мапа од сите испитаници и збирни точкести фиксации.

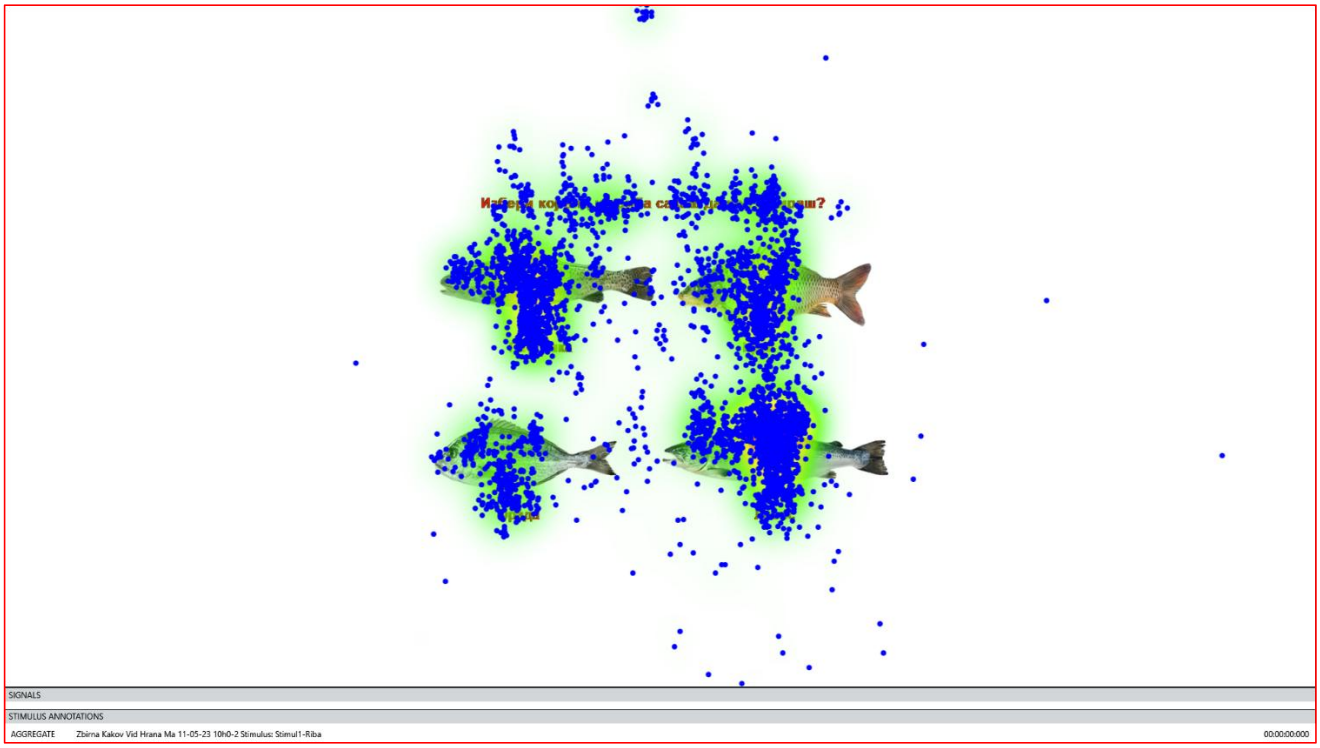
На слика 16 е прикажан визуелен приказ на област на интерес (бафер зони) за сите испитаници заедно. Се забележува дека испитаниците најмногу преферираат лосос (**24.4 %**), а нешто помал процент за останатите видови храна. Најмал интерес покажуваат за орада (**7.6 %**).



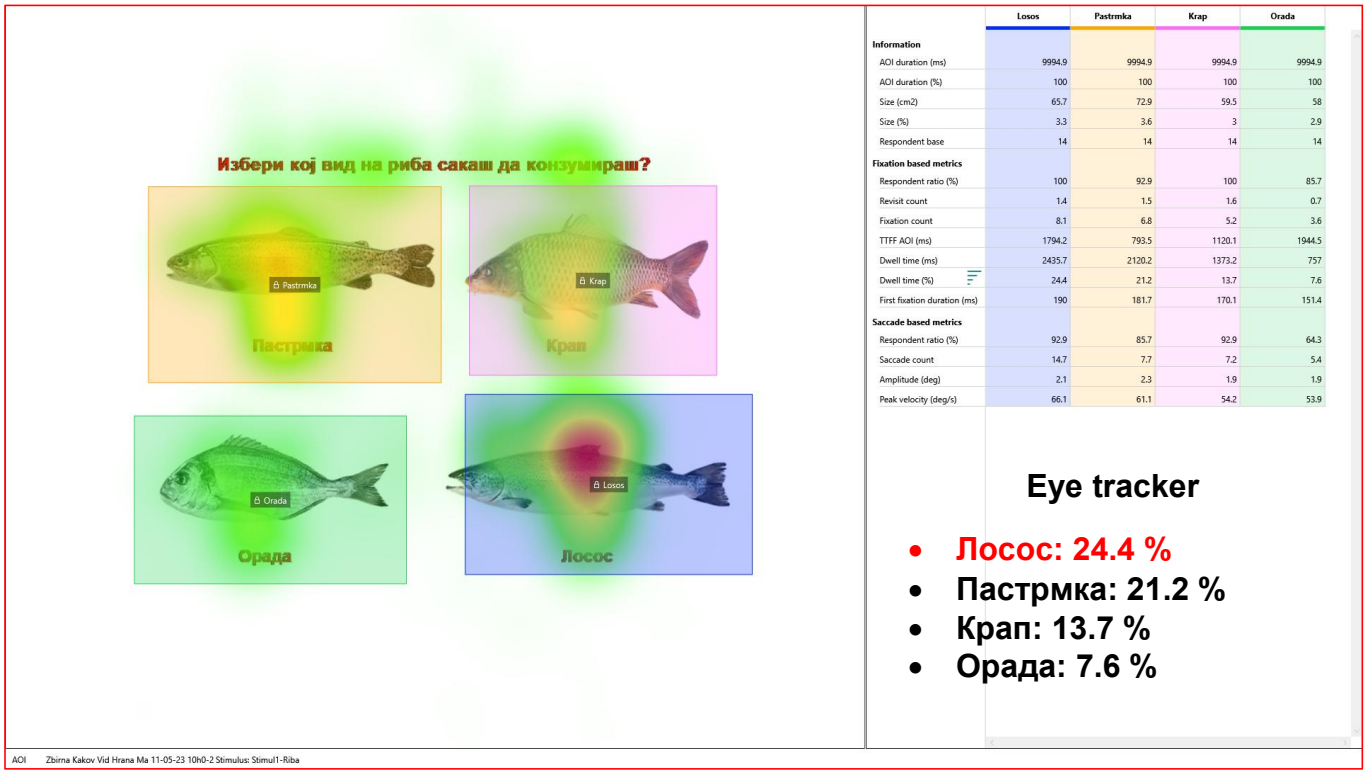
Слика 13: Топлинска мапа (Spotlight style)



Слика 14: Топлинска мапа (Shadow style)



Слика 15: Топлинска мапа со збирни точкести фиксации



	Losos	Pastrmka	Krap	Orada
Information				
AOI duration (ms)	9994.9	9994.9	9994.9	9994.9
AOI duration (%)	100	100	100	100
Size (cm2)	65.7	72.9	59.5	58
Size (%)	3.3	3.6	3	2.9
Respondent base	14	14	14	14
Fixation based metrics				
Respondent ratio (%)	100	92.9	100	85.7
Revisit count	1.4	1.5	1.6	0.7
Fixation count	8.1	6.8	5.2	3.6
TTFF AOI (ms)	1794.2	793.5	1120.1	1944.5
Dwell time (ms)	2435.7	2120.2	1373.2	757
Dwell time (%)	24.4	21.2	13.7	7.6
First fixation duration (ms)	190	181.7	170.1	151.4
Saccade based metrics				
Respondent ratio (%)	92.9	85.7	92.9	64.3
Saccade count	14.7	7.7	7.2	5.4
Amplitude (deg)	2.1	2.3	1.9	1.9
Peak velocity (deg/s)	66.1	61.1	54.2	53.9

Слика 16: Areas of interest, збирно за сите испитаници

Заклучни согледувања

Во областа на образованието, когнитивниот обем на работа игра клучна улога во учењето и академските достигнувања на учениците. Студентите често се соочуваат со голем когнитивен обем на работа кога учат нови концепти, решаваат проблеми или учат за испити. На пример, кога проучуваат сложени математички равенки, студентите треба да ги ангажираат своите когнитивни способности за да ги разберат и ефикасно да ги применат принципите.

Наставниците исто така играат витална улога во управувањето со когнитивниот обем на работа во училница. Тие треба да бидат свесни за когнитивните граници на нивните ученици и да дизајнираат искуства за учење кои го оптимизираат когнитивниот обем на работа за да ги подобрат резултатите од учењето. Со обезбедување на соодветни предизвици и скелиња, воспитувачите можат да им помогнат на учениците да ги развијат своите когнитивни способности,

притоа спречувајќи ги огромните когнитивни барања кои можат да го попречат учењето.

Покрај тоа, технологијата го револуционираше образовниот пејзаж, воведувајќи нови начини за управување со когнитивниот обем на работа. Платформите за онлајн учење, на пример, можат да обезбедат лични искуства за учење кои се прилагодуваат на когнитивните капацитети на индивидуалните студенти. Овие платформи можат динамички да го приспособат нивото на тежина на задачите, осигурувајќи дека учениците се соодветно предизвикани без да бидат преоптоварени.

Исто така, важно е да се препознае дека когнитивниот обем на работа може да варира кај учениците врз основа на фактори како што се претходно знаење, стилови на учење и индивидуални разлики. Затоа, едукаторите треба да усвојат флексибилни наставни пристапи кои се грижат за различни когнитивни потреби, дозволувајќи им на учениците да се вклучат со материјалот со сопствено темпо и ниво на когнитивна побарувачка.

Како заклучок, когнитивниот обем на работа е значаен фактор и на работното место и во образованието. Разбирањето на влијанието на когнитивните барања и спроведувањето стратегии за ефикасно управување со обемот на работа може да доведе до подобрување на перформансите, благосостојбата и резултатите од учењето. Со оптимизирање на когнитивниот обем на работа, поединците и организациите можат да напредуваат во нивните соодветни средини.

Напредокот во технологијата, како што се уреди за носење и физиолошки сензори, нудат нови начини за проучување на когнитивниот обем на работа во реално време. Истражувачите сé повеќе ги интегрираат овие технологии во нивните студии за да добијат подлабоко разбирање за тоа како умственото оптоварување влијае на поединци во различни контексти. Дополнително, интердисциплинарни соработки помеѓу психологија, неврологија и истражување на човечките фактори ги поместуваат границите на истражувањето на умственото оптоварување.

Користена литература

1. Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press. **Google Scholar.**
2. Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis, 58*, 7–19. doi:10.1093/analys/58.1.7. **Article Google Scholar.**
3. Cohen, S., Evans, G. W., Krantz, D. S., & Stokols, D. (1980). Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field. *American Psychologist, 35*, 231–243. doi:10.1037/0003-066X.35.3.231. **Article Google Scholar.**
4. Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences, 24*, 87–114. doi:10.1017/S0140525X01003922. **Article Google Scholar.**
5. Dillenbourg, P., & Traum, D. (1997). *The role of a whiteboard in a distributed cognitive system.* Paper presented at the Swiss workshop on collaborative and distributed systems, Lausanne, Switzerland, May 1st 1997. Retrieved on January, 15, 2014.
   from http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.21.1042&rep=rep1&type=pdf.
6. Doherty-Sneddon, G., & Phelps, F. G. (2005). Gaze aversion: a response to cognitive or social difficulty? *Memory & Cognition, 33*, 727–733. doi:10.3758/BF03195338. **Article Google Scholar .**
7. Doherty-Sneddon, G., Bruce, V., Bonner, L., Longbotham, S., & Doyle, C. (2002). Development of gaze aversion as disengagement from visual information. *Developmental Psychology, 38*, 438–445. doi:10.1037/0012-1649.38.3.438.**Google Scholar.**
8. Dowaliby, F., & Schumer, H. (1973). Teacher-centered versus student-centered mode of college classroom instruction as related to manifest anxiety. *Journal of Educational Psychology, 64*, 125. doi:10.1037/h0034590.
9. Erez, A., & Isen, A. M. (2002). The influence of positive affect on the components of expectancy motivation. *Journal of Applied Psychology, 87*, 1055–1067. doi:10.1037/0021-9010.87.6.1055. **Article Google Scholar.**
10. Evans, G. W. (2006). Child development and the physical environment. *Annual Review of Psychology, 57*, 423–451. doi:10.1146/annurev.psych.57.102904.190057. **Article Google Scholar.**
11. Evans, G. W., & Lepore, S. J. (1993). Nonauditory effects of noise on children: a critical review. *Children's Environments, 10*, 31–51. doi:10.2307/41515250. **Google Scholar.**

12. Evans, G. W., & Stecker, R. (2004). Motivational consequences of environmental stress. *Journal of Environmental Psychology, 24*, 143–165. doi:10.1016/S0272-4944(03)00076-8. **Article Google Scholar.**

13. Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance—the processing efficiency theory. *Cognition & Emotion, 6*, 409–434. doi:10.1080/02699939208409696. **Article Google Scholar.**

14. Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion, 7*, 336–353. doi:10.1037/1528-3542.7.2.336. **Article Google Scholar.**

15. Fraser, K., Huffman, J., Ma, I., Wright, B., McIlwrick, J., & McLaughlin, K. (2011). Death of a manikin: adverse effects on learning and mechanisms. *CHEST Journal, 140*, 1024A–1024A. doi:10.1378/chest.1112887. **Article Google Scholar.**

16. Fraser, K., Ma, I., Teteris, E., Baxter, H., Wright, B., & McLaughlin, K. (2012). Emotion, cognitive load and learning outcomes during simulation training. *Medical Education, 46*, 1055–1062. doi:10.1111/j.1365-2923.2012.04355.x. **Article Google Scholar.**

17. Harmony, T. (2013). The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. *Frontiers in Integrative Neuroscience*.7:83 10.3389/fnint.2013.00083.

18. Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res. Rev.*, 29 (2-3), 169–195.

19. Craig, A., Tran, Y., Wijesuriya, N., Nguyen, H. (2012). Regional brain wave activity changes associated with fatigue. *Psychophysiology* 49:574–582.

20. Klimesch, W. (2012). Alpha-band oscilaltions, attention, and controlled access to stored information. *Trends Cogn Sci*.16(12):606–17. 10.1016/j.tics.2012.10.007.

21. Takahashi, K., Saleh, M., Penn, R. D., Hatsopoulos, N. G. (2011). Propagating waves in human motor cortex. *Front Hum Neurosci*. 5(40):40.

22. Halder, S., Agorastos, D., Veit, R., Hammer, E. M., Lee, S., Varkuti, B., et al. (2011). Neural mechanisms of brain-computer interface control. Neuroimage 55, 1779–1790. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.01.021.

23. Jia, X., Kohn, A. (2011). Gamma Rhythms in the Brain. *PLOS Biology*. 9(4):e1001045 doi: 10.1371/journal.pbio.1001045.

24. Yuval-Greenberg, S., Tomer, O., Keren, A. S., Nelken, I., Deouell, L. Y. (2008). Transient induced gamma-band response in EEG as a manifestation of miniature saccades. *Neuron*. 58: 429–41. doi: 10.1016/j.neuron.2008.03.027.

25. *Campbell, A. W. (1905). Histological Studies on the Localization of Cerebral Function. Cambridge, MA: Cambridge University Press.*

26. Lassek, A.M. (1941). "The pyramidal tract of the monkey". J. Comp. Neurol. **74** (2): 193–202. doi:10.1002/cne.900740202. S2CID 83536088.

27. Jump up to:[a] [b] [c] Vogt C, Vogt O (1919). "Ergebnisse unserer Hirnforschung". Journal für Psychologie und Neurologie. **25**: 277–462.
28. Jump up to:[a] [b] [c] Foerster, O (1936). "The motor cortex of man in the light of Hughlings Jackson's doctrines". Brain. **59** (2): 135–159. doi:10.1093/brain/59.2.135.
29. Brodmann, K (1909). Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. Leipzig: J.A. Barth.
30. Jump up to:[a] [b] [c] Penfield W, Boldrey E (1937). "Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation". Brain. **60** (4): 389–443. doi:10.1093/brain/60.4.389.
31. Jump up to:[a] [b] Penfield, W. (1959). "The interpretive cortex". Science. **129** (3365): 1719–1725. Bibcode:1959Sci...129.1719P. doi:10.1126/science.129.3365.1719. PMID 13668523. S2CID 37140763.
32. Jump up to:[a] [b] Woolsey C, Settlage P, Meyer D, Sencer W, Hamuy T, Travis A (1952). "Pattern of localization in precentral and "supplementary" motor areas and their relation to the concept of a premotor area". Association for Research in Nervous and Mental Disease. New York, NY: Raven Press. **30**: 238–264.
33. Fulton, J (1935). "A note on the definition of the "motor" and "premotor" areas". Brain. **58** (2): 311–316. doi:10.1093/brain/58.2.311.
34. Jump up to:[a] [b] [c] [d] [e] Graziano, M.S.A. (2008). The Intelligent Movement Machine. Oxford, UK: Oxford University Press.
35. Matelli M, Luppino G, Rizzolati G (1985). "Patterns of cytochrome oxidase activity in the frontal agranular cortex of the macaque monkey". Behav. Brain Res. **18** (2): 125–136. doi:10.1016/0166-4328(85)90068-3. PMID 3006721. S2CID 41391502.
36. Preuss T, Stepniewska I, Kaas J (1996). "Movement representation in the dorsal and ventral premotor areas of owl monkeys: a microstimulation study". J. Comp. Neurol. **371** (4): 649–676. doi:10.1002/(SICI)1096-9861(19960805)371:4<649::AID-CNE12>3.0.CO;2-E. PMID 8841916. S2CID 37009687.
37. Hochermann, S., Wise, S.P (1991). "Effects of hand movement path on motor cortical activity in awake, behaving rhesus monkeys". Exp. Brain Res. **83** (2): 285–302. doi:10.1007/bf00231153. PMID 2022240. S2CID 38010957.
38. Cisek, P, Kalaska, J.F (2005). "Neural correlates of reaching decisions in dorsal premotor cortex: specification of multiple direction choices and final selection of action". Neuron. **45** (5): 801–814. doi:10.1016/j.neuron.2005.01.027. PMID 15748854. S2CID 15183276.
39. Churchland MM (5 April 2006). "Neural Variability in Premotor Cortex Provides a Signature of Motor Preparation". Journal of Neuroscience. Society for Neuroscience. **26** (14): 3697–3712. doi:10.1523/jneurosci.3762-05.2006. ISSN 0270-6474. PMC 6674116. PMID 16597724.

40. WEINRICH M, WISE SP, MAURITZ K (1984). "A Neurophysiological Study of the Premotor Cortex in the Rhesus Monkey". Brain. Oxford University Press (OUP). **107** (2): 385–414. doi:10.1093/brain/107.2.385. ISSN 0006-8950. PMID 6722510.

41. Brasted, P.J., Wise, S.P (2004). "Comparison of learning-related neuronal activity in the dorsal premotor cortex and striatum". European Journal of Neuroscience. **19** (3): 721–740. doi:10.1111/j.0953-816X.2003.03181.x. PMID 14984423. S2CID 30681663.

42. Muhammad, R., Wallis, J.D. and Miller, E.K (2006). "A comparison of abstract rules in the prefrontal cortex, premotor cortex, inferior temporal cortex, and striatum". J. Cogn. Neurosci. **18** (6): 974–989. doi:10.1162/jocn.2006.18.6.974. PMID 16839304. S2CID 10212467.

43. Bruce CJ, Goldberg ME, Bushnell MC, Stanton GB (1985). "Primate frontal eye fields. II. Physiological and anatomical correlates of electrically evoked eye movements". J. Neurophysiol. **54** (3): 714–734. doi:10.1152/jn.1985.54.3.714. PMID 4045546.

44. Boussaoud D (1985). "Primate premotor cortex: modulation of preparatory neuronal activity by gaze angle". J. Neurophysiol. **73** (2): 886–890. doi:10.1152/jn.1995.73.2.886. PMID 7760145.

45. Rizzolatti G, Scandolara C, Matelli M, Gentilucci M (1981). "Afferent properties of periarcuate neurons in macaque monkeys. II. Visual responses". Behavioural Brain Research. **2** (2): 147–163. doi:10.1016/0166-4328(81)90053-x. ISSN 0166-4328. PMID 7248055. S2CID 4028658.

46. Fogassi L, Gallese V, Fadiga L, Luppino G, Matelli M, Rizzolatti G (1 July 1996). "Coding of peripersonal space in inferior premotor cortex (area F4)". Journal of Neurophysiology. **76** (1): 141–157. doi:10.1152/jn.1996.76.1.141. ISSN 0022-3077. PMID 8836215.