Annual of Konstantin Preslavsky University of Shumen
Faculty of Mathematics and Informatics
vol. XXVII C, 2026, pp. 33 – 48, https://doi.org/10.46687/ISHU7206

TELEMETRIC ANALYSIS OF VISUAL EXPLORATION IN A LOW-STIMULUS INTERACTIVE WEB ENVIRONMENT: REVIEW AND CONCEPT OF THE "WHITE ROOM" EXPERIMENT*

HRISTO I. PARASKEVOV **PAVEL G. GRADINAROV**

ABSTRACT: *The paper presents a review of research on spontaneous visual exploration and its changes over time in an interactive web environment with low stimulation. Recent studies link boredom and curiosity to information seeking and show that telemetry data related to camera viewing direction can be used as objective temporal indicators of behavior. The "White Room" experiment is proposed as an interactive 3D web application developed with Unity WebGL, in which session data and a sequence of time-stamped camera angles and participant positions are recorded. The analysis focuses on directional entropy, spatial coverage, novelty acquisition, and revisitation of previously viewed areas.*

KEYWORDS: *interactive web environment; Unity WebGL; behavioral telemetry; visual exploration; boredom; curiosity*

2010 Math. Subject Classification: *68U35, 91E10*

ТЕЛЕМЕТРИЧЕН АНАЛИЗ НА ВИЗУАЛНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ В ИНТЕРАКТИВНА УЕБ СРЕДА С НИСКА СТИМУЛАЦИЯ: ОБЗОР И КОНЦЕПЦИЯ НА ЕКСПЕРИМЕНТА „БЯЛАТА СТАЯ"†

ХРИСТО И. ПАРАСКЕВОВ, ПАВЕЛ Г. ГРАДИНАРОВ

* The article is partially supported by the projects RD-08-117/05.02.2026 of the Konstantin Preslavski University of Shumen Research Fund and BG05SFPR001-3.004-0021-C01 – IntegrITy
† Статията е частично финансирана по проект № RD-08-117/05.02.2026 и BG05SFPR001-3.004-0021-C01

1 Въведение

Скуката и любопитството са свързани с начина, по който участникът търси и обработва информация. При изследване с виртуални чакални е установено, че скуката се увеличава с времето на престой и е свързана с усещането, че времето минава по-бавно [1]. Скуката може да подтикне участника да търси друг, по-информативен стимул, докато любопитството по-често насочва вниманието към конкретна липсваща информация [2]. Това обаче не означава, че по-активното търсене е признак за по-висок интерес. При често превключване между цифрово съдържание например скуката може дори да се увеличи [3].

Вниманието също е свързано със скуката. Изследване на Ng и съавтори показва, че подобряването на способността за поддържане на внимание може да намали усещането за скука [4]. Друго изследване показва, че неопределеността на визуалния стимул влияе върху насочването на вниманието, като авторите допускат връзка с любопитството, но отбелязват, че тя все още не е доказана достатъчно ясно [5].

Тези резултати дават основание да се търсят поведенчески показатели, които показват не само как се държи участникът в даден момент, а и как това поведение се променя с времето. Интерактивното 3D уеб приложение е подходящо за тази задача, защото позволява всички участници да бъдат поставени в еднакви условия, а действията им да се записват автоматично. В настоящия доклад се използва изразът „среда с ниска стимулация“, а не „среда без стимули“, тъй като дори минималистичната 3D сцена съдържа геометрия, перспектива, светлина и движение.

Целта е да се предложи сравнително прост експериментален модел, чрез който да се проследи как се променя визуалното поведение с времето – от първоначалното оглеждане на средата до привикване, намаляване на активността или повтарящо се търсене на нещо ново. Докладът има обзорен и концептуален характер. В него се представят научната основа, структурата на реализираното

приложение и показателите, които могат да се използват в последващо изследване.

2 Свързани изследвания

2.1 Скука, любопитство и промяна на интереса

Martarelli и съавтори изследват скуката в девет последователни виртуални чакални, в които скуката се увеличава с напредването на експеримента. При по-високи нива на скука участниците съобщават и че времето им се струва по-бавно [1]. Това е близко до идеята на „Бялата стая“, тъй като при нея също се проследяват времето на престой и промените в поведението.

Seiler и Dan разглеждат скуката и любопитството като различни причини за търсене на информация. При скука участникът може просто да започне да търси нещо различно, защото настоящата среда вече не му дава достатъчно информация. При любопитството търсенето обикновено е по-конкретно и е насочено към информация, която участникът иска да получи [2]. Това разграничение е важно за „Бялата стая“, защото активното оглеждане само по себе си не означава, че интересът към средата все още е висок.

Подобен проблем се наблюдава и в изследването на Tam и Inzlicht. Участниците имат възможност да превключват или прескачат цифрово съдържание. Резултатите показват, че в част от експериментите честото превключване не намалява скуката, а дори я засилва, като това води до по-ниски нива на внимание и удовлетворение [3]. Следователно честите промени в посоката на наблюдение при „Бялата стая“ не трябва автоматично да се приемат като признак за интерес. Определящо е дали участникът продължава да разглежда нови области, или се връща към вече видяното.

Други изследвания също показват връзка между вниманието и скуката [4]. И самият стимул има значение. Неговата неопределеност може да промени начина, по който участникът насочва вниманието си към допълнителна информация. Възможна

е връзка и с любопитството, но тя все още не е достатъчно ясно установена [5]. Затова в настоящото изследване поведението ще се проследява през цялото време на престоя, а не само чрез един краен показател.

2.2 Телеметрични и визуално-поведенчески показатели

Съвременните eye-tracking изследвания използват различни характеристики на погледа – фиксации, сакади, промени в зеницата и движение на погледа във времето. Част от тези данни могат да се обработват автоматично [6, 9, 12]. Те се използват и при изследване на когнитивни и емоционални процеси [6, 11].

Поведението се променя и в хода на самата сесия. Friedman и Komogortsev установяват промени в продължителността и разпределението на фиксациите с напредването на задачата [7]. Други изследвания показват, че значение могат да имат индивидуалните особености на участника [8], поставената задача [10] и физическата поза във VR [13].

Реализираното приложение има една съществена особеност: регистрираната посока на наблюдение (view direction) се различава концептуално от класическия eye-tracking. Тъй като системата проследява ориентацията на 3D камерата, а не самите очи, получените данни не позволяват директно извличане на класически фиксации и сакади.

В текста „посока на наблюдение“ означава посоката на 3D камерата, която участникът управлява с мишката. Думата „поглед“ се запазва при представянето на изследвания с реален eye-tracker. Техническите имена gaze_x и gaze_y в базата данни също се запазват, но в настоящата реализация те съдържат ъгли на камерата, а не измерено движение на очите.

Подобен подход е използван от Matsumoto и Okada [14], които записват позицията и ориентацията на камерата при разглеждане на 3D обект в браузърна среда. При „Бялата стая“ този подход се използва с друга цел. Няма конкретен обект за наблюдение и няма задача за търсене. Проследява се как

свободното оглеждане се променя, когато средата вече не предлага нова информация, и кога участникът решава да прекрати престоя си.

При бъдещо включване на реален eye-tracker анализът ще обхване и фиксации и сакади. Тогава обаче трябва да се отчита, че подходящите прагове за разграничаването им могат да се различават между отделните участници и различните задачи [15].

3 Концепция на експеримента „Бялата стая“

Експериментът се провежда във визуално минимализирано триизмерно пространство, в което няма задача за търсене на конкретен обект. Участникът може свободно да оглежда средата и да се движи в нея. Не е зададен предварително фиксиран период на престой. Липсата на значими обекти ограничава появата на нова визуална информация и позволява да се проследи как поведението се променя, когато средата постепенно престане да предлага нещо ново.

Приложението е достъпно през сайта Cognitive VR Profile (https://cognitivevrprofile.com). На този етап през сайта се провеждат браузърните експерименти „Безкрайност“ и „Отвъд“. „Бялата стая“ обозначава разглежданата тук експериментална постановка. Самите сцени са разработени в Unity и са публикувани като WebGL приложения, а сайтът осигурява достъпа, връзката с профила и визуализацията на записите.

Участникът влиза в профила си, избира експеримент и потвърждава съгласие преди показването му. След START се зарежда експерименталната сцена. Движението се управлява с W, A, S и D, а оглеждането – с мишката. Границите на допустимото движение са зададени чрез колайдери.

За изследването се предлага една и съща начална позиция и ориентация за всички участници в дадена сцена.

В текущия контролер камерата и тялото могат да се завъртат отделно. При неподвижен участник тялото започва да следва камерата след мек хоризонтален праг от 60°, а твърдият праг от 90°

ограничава локалното завъртане. При движение тялото също следва посоката на камерата. Това е механика на управление, а не измерване на действително завъртане на глава. В проверената сцена вертикалното завъртане е ограничено до приблизително ±89°.

Участникът може да приключи престоя си с Escape. Отделно се обработват излизане от пълен екран, загуба на фокус и техническо прекъсване. За анализа трябва да се разграничат доброволният край и прекъснатата сесия. Прекъсването не се приема само по себе си за загуба на интерес, а при едновременно събитие от клавиатурата и браузъра се проверява записаната причина за край.

Реализираното Unity WebGL приложение съхранява данните на две нива. На ниво сесия се записват идентификаторът, началото, краят и начинът на приключване на сесията. Отделно се записват телеметричните данни във времето. Те включват хоризонталния и вертикалния ъгъл на камерата и данни за движението на участника в средата, като всяка проба е свързана с конкретен момент от сесията. Пробите се събират временно в приложението и се изпращат на групи към PHP/MySQL. Така се намалява броят на HTTP заявките, а събраните данни се запазват за последващ анализ.

Една телеметрична проба съдържа session_id, time_ms, gaze_x, gaze_y, movement_x и movement_z. Полето session_id свързва пробата със сесията, а сесията – с потребителя и експеримента. gaze_x е подписаният хоризонтален ъгъл между посоката на тялото и камерата; положителните стойности са надясно. gaze_y е вертикалният ъгъл спрямо хоризонта; в актуалния код положителните стойности са нагоре. movement_x и movement_z са координатите на участника в световната равнина XZ. Те описват позиция, а движението се изчислява от последователните позиции.

Полето time_ms съдържа изминалите милисекунди от старта на сесията, измерени с монотонния часовник на Unity. Това е точно

измерен интервал спрямо началото, а не календарна дата и час. Началото и краят се съхраняват отделно на сесийно ниво. Записът на милисекунди не означава, че точността на цялата система е една милисекунда; тя зависи и от честотата на пробите и изпълнението в браузъра.

Събирането се извършва във FixedUpdate при Fixed Timestep = 0,02 s, или номинално 50 проби в секунда. През 1,5 s се подготвя пакет от около 75 проби; една заявка е ограничена до 150 проби.

При неуспешна заявка пакетът се връща в буфера за повторно изпращане. При контролирано приключване приложението опитва да изпрати останалите проби. Внезапното затваряне на браузъра или прекъсване на връзката обаче може да остави неизпратени данни. Затова се проверяват действителните времеви разлики между пробите, празните интервали и евентуалните повторения; номиналните 50 Hz не се приемат за гарантирана честота на сървърния запис.

В сайта записите се показват чрез две отделни точкови диаграми: хоризонтален и вертикален ъгъл на камерата и позиция на участника по X и Z. Общият списък със сесии позволява избор на един или няколко записа, а времевата линия показва съответните точки в избран момент. На страницата на експеримента се извличат само неговите сесии за съответния профил; общата експериментална зона обединява записите от наличните експерименти. Това е визуализация на първичните записи. Изчисленията на покритие, новост, повторно посещаване и ентропия, описани по-долу, остават план за анализ.

Данните не се филтрират още по време на експеримента до предварително определени „значими“ промени. Запазването на последователните проби позволява по-късно едни и същи данни да бъдат анализирани по различен начин. Например могат да се променят времевите интервали или условията, при които дадено изменение на посоката на наблюдение се приема за съществено. Подобно разделяне между първично записаните данни и

показателите, изчислени от тях впоследствие, се използва и при съвременни системи за автоматизиран анализ на погледа [9, 12].

Таблица 1

Основни телеметрични показатели в предложената рамка

Показател	**Извличане**	**Интерпретация**
Време на престой	Време от началото до доброволното прекратяване на сесията	Продължителност на доброволния престой; не е пряка оценка на интереса
Промяна на посоката на наблюдение	Ъглова разлика между последователни ориентации на камерата	Активност при оглеждането
Време между промени на посоката	Времеви интервал между последователни значими промени	Темп на визуалното изследване
Пространствено и ъглово покритие	Нови клетки в XZ мрежата или нови ъглови сектори; разглеждат се отделно	Продължаващо изследване на средата
Повторно посещаване	Повторно влизане във вече посетена клетка след напускането ѝ	Повтарящо се посещаване; причината се оценява заедно с останалите данни
Движение в средата	Промяна на позицията и траекторията на участника	Навигационна активност в приложението
Стабилни периоди	Интервали с малка или липсваща промяна на посоката на наблюдение и движението	Намалена активност или продължително наблюдение

Работни хипотези

H1. Предполага се, че начинът, по който участникът оглежда средата в началото, ще се различава от поведението му малко

преди доброволното приключване на сесията. Това може да се проследи чрез честотата и големината на промените в посоката на наблюдение, разнообразието на посоките и това колко нови области от средата продължава да разглежда.

H2. Когато средата вече не предлага нищо ново, участникът може или да намали активността си, или да продължи да оглежда, но основно да се връща към вече разгледани области.

H3. Начинът, по който се променя поведението по време на престоя, се очаква да е свързан с това колко скучна или интересна е била средата за участника и колко дълго му се е сторило времето в нея.

4 План за обработка и анализ

Основният анализ ще проследява как поведението се променя с времето. Вместо да се използва една обща стойност за цялата сесия, записът ще се раздели на кратки равни интервали, например по 10 секунди. За всеки интервал могат да се изчисляват ъгловите изменения на посоката на наблюдение, времето между отделните промени, новото пространствено и ъглово покритие, връщането към вече разгледани области и движението на участника в средата. Така могат да се сравнят началната, средната и крайната част на престоя и да се проследи кога поведението започва да се променя. Тъй като при 50 проби в секунда всяка сесия натрупва голям брой записи, обработката им може да се ускори чрез паралелно изпълнение върху няколко процесорни ядра, както е показано при обработка на изображения [16].

За пространственото покритие се предлага допустимата зона на движение да се раздели на еднакви клетки в равнината XZ, например със страна 1 Unity единица. Покритието е броят на различните посетени клетки, разделен на общия брой достъпни клетки. Размерът на клетката и границите се задават предварително и се запазват еднакви при сравнение на участници от един експеримент. Това е покритие чрез движение, а не

доказателство, че всички части на съответната клетка са били визуално разгледани.

Новостта за даден времеви интервал се определя като броя на клетките, посетени за първи път в този интервал. При сравнение на различна продължителност се използва и броят нови клетки за секунда. Повторното посещаване се брои при влизане в вече посетена клетка след напускането ѝ. Последователните проби в една и съща клетка се обединяват в един престой, за да не се отчита неподвижният участник като многократно връщащ се.

За посоката на наблюдение се предлага отделна мрежа от ъглови сектори, например през 10° по хоризонтала и вертикала. За всеки интервал се изчислява делът от времето във всеки сектор. Ентропията е отрицателната сума от произведенията на тези дялове и техните логаритми при основа 2; секторите с нулев дял не участват в сумата. По-високата стойност означава по-равномерно разпределение между повече посоки, а не непременно по-висок интерес. При сравнение може да се използва нормализирана ентропия чрез деление на логаритъма при основа 2 от предварително зададения брой сектори. При неподвижна камера в един сектор ентропията е нула. При неравномерни интервали между пробите дяловете се претеглят по време.

В настоящия запис тази ентропия описва локалната хоризонтална ориентация спрямо тялото и вертикалния наклон. Тя не е ентропия на всички световни посоки в стаята. При завъртане на тялото еднакъв локален ъгъл може да означава друга област от сцената. За анализ на действително видени области е необходимо допълнително да се записва световната ориентация на камерата или тялото и да се използва геометрията на сцената и полето на видимост. До това надграждане резултатите за ъгловите сектори се представят отделно от пространственото покритие.

За промените между пробите се използват разликите на ъглите и разстоянието между последователните XZ позиции. Ако позицията и ориентацията са постоянни, изчисленото изменение трябва да е нула. Предлага се праг за значима ъглова промяна,

например 1°, който се проверява при пилотното изследване. Малките отклонения от числова точност или от движението на камерата не се тълкуват автоматично като действие на участника.

Освен прозорците по 10 s се предлага всяка сесия да се раздели на три равни части според действителната ѝ продължителност: начало, среда и край. Използва се отношението между изминалото време на пробата и общото време на сесията. Така се сравняват сходни етапи при различна продължителност, без да се променят първичните времеви маркери. За кратките сесии, в които няма пълен 10-секунден прозорец, се запазва анализът по трети, като броят проби и продължителността на всяка част се посочват. Доброволно приключените и прекъснатите записи се анализират отделно.

Разглеждането на нови области и повтарящото се оглеждане на вече видяното изискват отделна интерпретация. Ако участникът продължава активно да променя посоката на наблюдение и да разглежда нови части от средата, това ще се разглежда като активно изследване. В друг случай промените в посоката на наблюдение могат да останат чести, но участникът основно да се връща към едни и същи места. Тогава поведението е по-скоро повтарящо се търсене. Ако постепенно намалеят както промените в посоката на наблюдение, така и разглеждането на нови области, това може да е съвместимо с привикване или намаляване на интереса. Само по тези данни обаче не може да се твърди, че участникът изпитва скука.

Това разграничение съответства на виждането, че скуката и любопитството могат да водят до търсене на информация по различен начин [2]. Честото преместване между стимули също не означава непременно по-висок интерес [3]. Затова след края на сесията е добре участникът да даде кратка оценка за скука, интерес и усещане за продължителност. След това тези оценки могат да се сравнят със записаното поведение. Така няма автоматично да се приема, че определен начин на изменение на посоката на наблюдение означава конкретно психологическо състояние. В

онлайн среда се препоръчва оценката да не се основава на един метод, а на поне два различни, за да отговаря на действителното състояние на обучаемия [17].

За проверка на H3 се предлага след доброволния край да се зададат два кратки въпроса: „Колко скучна Ви беше средата?“ и „Колко интересна Ви беше средата?“. Отговорите са по скала от 1 до 7, където 1 означава „изобщо не“, а 7 – „много“. Отделно участникът посочва колко минути и секунди смята, че е продължил престоят. Оценката се сравнява с действителната продължителност, например чрез разликата между оцененото и записаното време. Скуката и интересът се разглеждат като отделни отговори, а не като задължително противоположни крайности на една скала.

Тази кратка оценка е предложение за пилотния протокол и все още не е внедрена в сайта. Тя не се представя като валидирана психологическа скала. При липсващи отговори телеметрията може да се използва за описание на поведението, но не и за проверка на връзката му със самооценената скука и интерес. За проверката на H3 ще се избере предварително подходящ анализ, например рангова корелация между оценките и промяната на показателите от началната към крайната третина.

5 Ограничения и научна стойност

Предложената концепция има няколко ограничения. Първо, данните за посоката на наблюдение не заместват eye tracking и не позволяват директно измерване на фиксации, сакади или промени в зеницата. Второ, поведението зависи от индивидуалните особености на участника [8], от начина на управление и физическата поза [13], както и от времето, прекарано в задачата [7]. Трето, кратките оценки след сесията са необходими, за да се сравнят записаните данни с това как самият участник е възприел средата. Те обаче също са субективни. Затова първият етап трябва да бъде пилотен. При него ще се провери надеждността на семплирането, дали има липсващи данни, стабилността на

предаването към сървъра и подходящата продължителност на експеримента.

Участието е доброволно и участникът може да прекрати сесията. Преди началото се предоставя информация за записваните данни и изследователската им употреба и се потвърждава съгласие. Сесийните и телеметричните записи се съхраняват в сървърната MySQL база на платформата и са свързани чрез идентификатори. Достъпът до личните визуализации изисква профил; достъпът на изследователя е ограничен чрез права. Премахването на имена и email само по себе си не се приема за доказана анонимност на траекториите. Преди същинското изследване трябва да бъдат определени условията за съхранение и обработване и процедурата при оттегляне на съгласие.

Научната стойност на концепцията е в съчетаването на три направления, които в разгледаните изследвания обикновено се срещат поотделно: скука и любопитство, визуално изследване и непрекъснато събиране на поведенчески данни в интерактивна уеб среда. Целта е промяната на интереса да се проследи чрез поведението във времето, без предварително да се приема, че повече движение означава любопитство, а по-малко движение – скука. В следващ етап към изследването могат да се добавят реален eye tracking и физиологични сензори. Същият експеримент ще бъде реализиран и във VR, което ще позволи сравнение с Web версията при запазване на еднаква или максимално близка експериментална среда. Поддържането на интереса и мотивацията е практически проблем и в образованието, където учителите използват неформален стил и хумор с тази цел [18].

6 Заключение

Обзорът на разгледаните изследвания води до два основни извода. Първо, скуката и любопитството не могат да бъдат отграничени само по интензивността на визуалната активност, тъй като едно и също количество изменение на посоката на

наблюдение може да произтича от продължаващо изследване или от повтарящо се връщане към вече видяното. Второ, последователният запис през целия престой дава възможност да се сравнят тези модели, но психологическата им интерпретация изисква и оценката на участника.

„Бялата стая“ е замислена като минималната среда, в която това разграничение може да бъде проверено емпирично. Липсата на задача и на предварително зададена продължителност прави момента на доброволно прекратяване самостоятелен резултат от експеримента, а не негово техническо ограничение.

Концепцията остава непроверена до провеждането на пилотното изследване. То ще покаже дали избраните показатели различават поведенческите модели достатъчно надеждно и дали данните от браузърна среда са достатъчно стабилни за подобен анализ. Положителен резултат би обосновал разширяване към реален eye tracking и към VR реализация със същата експериментална постановка.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Martarelli, C.S., Weibel, D., Popic, D., Wolff, W. Time in suspense: investigating boredom and related states in a virtual waiting room. Cognition and Emotion, 38(7) (2024), 1080-1094. doi:10.1080/02699931.2024.2349279.

[2] Seiler, J.P.-H., Dan, O. Boredom and curiosity: the hunger and the appetite for information. Frontiers in Psychology, 15 (2024), 1514348. doi:10.3389/fpsyg.2024.1514348.

[3] Tam, K.Y.Y., Inzlicht, M. Fast-forward to boredom: How switching behavior on digital media makes people more bored. Journal of Experimental Psychology: General, 153(10) (2024), 2409-2426. doi:10.1037/xge0001639.

[4] Ng, H.C., Wong, W.-L.L., Chan, C.S. The effectiveness of an online attention training program in improving attention and reducing boredom.

Motivation and Emotion, 48 (2024), 758-775. doi:10.1007/s11031-024-10081-2.

[5] Prasad, S., Hommel, B. The Role of Stimulus Uncertainty and Curiosity in Attention Control. Experimental Psychology, 71(3) (2024), 135-143. doi:10.1027/1618-3169/a000608.

[6] Lapteva, A., Schnyder, S., Wolff, W., Martarelli, C.S. Bore me (not): boredom impairs recognition memory but not the pupil old/new effect. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 78(12) (2025), 2594-2609. doi:10.1177/17470218251329255.

[7] Friedman, L., Komogortsev, O.V. Evidence for five types of fixation during a random saccade eye tracking task and changes in fixation duration as a function of time-on-task. PLOS ONE, 19(9) (2024), e0310436. doi:10.1371/journal.pone.0310436.

[8] Wyche, N.J., Edwards, M., Goodhew, S.C. Openness to experience predicts eye movement behavior during scene viewing. Attention, Perception, & Psychophysics, 86 (2024), 2386-2411. doi:10.3758/s13414-024-02937-z.

[9] Coe, B.C., Huang, J., Brien, D.C., White, B.J., Yep, R., Munoz, D.P. Automated Analysis Pipeline for Extracting Saccade, Pupil, and Blink Parameters Using Video-Based Eye Tracking. Vision, 8(1) (2024), 14. doi:10.3390/vision8010014.

[10] Walter, K., Freeman, M., Bex, P. Quantifying task-related gaze. Attention, Perception, & Psychophysics, 86 (2024), 1318-1329. doi:10.3758/s13414-024-02883-w.

[11] Bekler, M., Yilmaz, M., Ilgın, H.E. Assessing Feature Importance in Eye-Tracking Data within Virtual Reality Using Explainable Artificial Intelligence Techniques. Applied Sciences, 14(14) (2024), 6042. doi:10.3390/app14146042.

[12] Koren, O., Di Via Ioschpe, A., Wilf, M., Dahly, B., Ravona-Springer, R., Plotnik, M. Validation of an Automated Scoring Algorithm That Assesses Eye Exploration in a 3-Dimensional Virtual Reality Environment Using Eye-Tracking Sensors. Sensors, 25(11) (2025), 3331. doi:10.3390/s25113331.

[13] Mehrotra, A., Silver, C., Bischof, W.F., Kingstone, A. Sit, stand, and swivel: Posture affects visual exploration of panoramic scenes in virtual reality. PLOS ONE, 20(10) (2025), e0334182. doi:10.1371/journal.pone.0334182.

[14] Matsumoto, K., Okada, T. Visualizing the change of "viewpoints" in 3D virtual art exhibition. i-Perception, 16(1) (2025), 1-21. doi:10.1177/20416695251314182.

[15] Orioma, C., Krivan, J., Mathema, R., Lencastre, P., Lind, P.G., Szorkovszky, A., Bhandari, S. Identification of fixations and saccades in eye-tracking data using adaptive threshold-based methods. The European Physical Journal Special Topics (2026). doi:10.1140/epjs/s11734-026-02324-9.

[16] Rafailov, R., Paraskevov, H. Parallel Color-Specific LSB Steganography: A New Approach for Data Hiding in BMP Images. TEM Journal, 15(1) (2026), 83-90. doi:10.18421/TEM151-08.

[17] Uzunova-Dimitrova, B., Paraskevov, H., Zhelezov, S. Objective Assessment During a Pandemic. TEM Journal, 12(1) (2023), 303-308. doi:10.18421/TEM121-38.

[18] Pavlova, N., Petrov, M. Informal Style in Mathematics Teaching. Mathematics and Informatics, 69(2) (2026), 125-141. doi:10.53656/math2026-6-1-ism.

Христо Параскевов
ORCID ID: 0000-0001-8097-6131
ШУ „Епископ Константин Преславски"
e-mail: h.paraskevov@shu.bg

Павел Градинаров
ORCID ID: 0009-0002-1386-9680
ШУ „Епископ Константин Преславски", Колеж - Добрич
e-mail: p.gradinarov@shu.bg