



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea: Design de Produs şi Mediu

Ing. Alexandra-Maria LAZĂR

Cercetări teoretice şi experimentale privind monitorizarea funcţiei vizuale

Theoretical and experimental research on visual function monitoring

REZUMAT

Conducător ştiinţific:

Prof.dr.ing. Mihaela Ioana BARITZ

BRAŞOV, 2025

CUPRINS

INTRODUCERE	4
1. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII, IPOTEZE ȘI PROBLEMATIZARE	9
1.1. PROBLEMATIZARE	9
1.2. SCOPUL.....	9
1.3. OBIECTIVE	9
1.4. CONCLUZII	11
2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR ÎN DOMENIUL-STRUCTURILOR SISTEMULUI VIZUAL.....	12
2.1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR PRIN PRISMA ANALIZEI SCIENTOMETRICE.....	12
3. FUNDAMENTAREA TEORETICĂ.....	16
3.1. MODELUL MATEMATIC.....	16
3.2. MODELUL GEOMETRIC	16
3.3. MODELUL OPTIC	17
3.4. MODELUL MECANIC.....	17
3.5. MODELUL DE MIȘCARE	18
3.6. CONTRIBUȚII LA MODELAREA ȘI SIMULAREA OPTICĂ ȘI BIOMECHANICĂ A SISTEMULUI VIZUAL UMAN.....	18
4. VARIANTE DE SISTEME DE URMĂRIRE A PRIVIRII	21
4.1. ECHIPAMENT DE MONITORIZARE A ACTIVITĂȚII CEREBRALE.....	21
4.2. MIJLOACE DE EVALUARE COGNITIVĂ – TESTUL DE ATENȚIE “D2”, TESTUL STROOP ȘI TESTUL T.O.V.A.....	22
5. METODOLOGIA, INSTRUMENTELE, MATERIALELE CERCETĂRII	23
5.1. OBIECTIVELE CERCETĂRII EXPERIMENTALE.....	23
5.2. IPOTEZELE CERCETĂRII	23
5.3. METODOLOGIA EXPERIMENTALĂ	24
6. DEZVOLTAREA CERCETĂRII EXPERIMENTALE	26
6.1. IMPLEMENTAREA ȘI CALBRAREA SISTEMULUI DE EYE-TRACKING	26
6.2. IMPLEMENTAREA MODULULUI EXPERIMENTAL DE URMĂRIRE VIZUALĂ	27
6.3. STIMULAREA EMOȚIONALĂ ÎN MEDIU CONTROLAT	28
6.4. EVALUAREA ATENȚIEI PRIN TESTE COGNITIVE STANDARDIZATE	29
6.5. ÎNREGISTRAREA SIMULTANĂ EEG ȘI EYE-TRACKING	30
6.6. EVALUAREA POST-EXPERIMENTALĂ	31
6.7. DEZVOLTAREA INSTRUMENTELOR SOFTWARE PENTRU ANALIZA SACCADELOR	32
7. REZULTATE ȘI DISCUȚII.....	35
7.1. REZULTATELE OBTINUTE PRIN SISTEMUL EXPERIMENTAL DE CALBRARE ȘI DE URMĂRIRE A MIȘCĂRIILOR OCULARE.....	35
7.2. REZULTATELE ETAPEI DE STIMULARE VIZUALĂ ȘI PROCESARE VIDEO	35
7.3. ANALIZA CINEMATICĂ MIȘCĂRIILOR OCULARE SUB STIMULARE CROMATICĂ	36
7.4. REZULTATELE ETAPEI DE EVALUARE A ATENȚIEI PRIN TESTE COGNITIVE STANDARDIZATE.....	37
7.5. REZULTATELE MĂSURĂTORILOR EEG PE BAZA INDICATORILOR DE ATENȚIE ȘI MEDITATIE	41
7.6. REZULTATELE ETAPEI DE EVALUARE POST-EXPERIMENTALĂ.....	43
7.7. ANALIZA AUTOMATĂ A SACCADELOR BINOCULARE.....	43
7.8. SIMULAREA EFECTULUI SACCADELOR ASUPRA DIRECȚIEI PRIVIRII ÎN RAPORT CU STAREA EMOȚIONALĂ	45
8. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE, DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	48
8.1. CONCLUZII	48

8.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE	50
8.3. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	51
BIBLIOGRAFIE	52
LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE PE TEMA TEZEI DE DOCTORAT ȘI ÎN TIMPUL STAGIULUI DOCTORAL.....	55

INTRODUCERE

Vederea reprezintă simțul dominant [1] în viața umană, jucând un rol esențial în percepție, orientare și interacțiunea cu mediul. Deficiențele de vedere afectează semnificativ calitatea vieții și pot conduce la probleme de siguranță, în special în rândul populației vârstnice [2]. Progresele tehnologice recente în domeniul monitorizării vizuale [3] – în special dezvoltarea sistemelor de eye-tracking și integrarea acestora cu analiza EEG și testele cognitive – deschid noi perspective în evaluarea obiectivă a funcției vizuale și a răspunsurilor psihofiziologice asociate.

Prezenta teză de doctorat, intitulată *„Cercetări teoretice și experimentale privind monitorizarea funcției vizuale”*, elaborată în cadrul domeniului **Inginerie Mecanică**, are o puternică componentă interdisciplinară cu elemente de: optică, biomecanică, psihologie cognitivă și neuroinginerie.

Lucrarea propune o abordare integrată, care combină analiza mișcărilor oculare, expunerea la stimuli vizuali colorați și interpretarea reacțiilor cerebrale pentru a înțelege modul în care sistemul vizual răspunde în condiții de stimulare emoțională controlată. Prin metodologia propusă și instrumentele dezvoltate, se aduc contribuții originale în proiectarea sistemelor de analiză vizuală adaptivă și în definirea unor parametri biomecanici relevanți pentru starea vizuală și emoțională a utilizatorului.

Lucrarea integrează o serie de contribuții teoretice și experimentale, dezvoltate progresiv, în conformitate cu obiectivele formulate. Acestea sunt prezentate în mod sistematic în cadrul fiecărui capitol, după cum urmează:

Primul capitol are rolul de a defini cadrul general al cercetării, prin prezentarea scopului lucrării, a obiectivelor generale și specifice, precum și a ipotezelor de lucru. Sunt formulate întrebările de cercetare care ghidează demersul științific, fiind conturată problematica actuală legată de monitorizarea funcției vizuale. Totodată, se argumentează necesitatea și relevanța unei abordări interdisciplinare, care să îmbine metode din ingineria mecanică, analiza biomecanică, psihologia cognitivă și neuroștiințele, pentru o evaluare complexă și integrată a sistemului vizual uman.

Capitolul 2 oferă o fundamentare teoretică solidă pentru tema cercetării, printr-o analiză științifică complexă a literaturii de specialitate. Prima parte este dedicată unei analize scientometrice realizate cu ajutorul bazei de date Web of Science, utilizând instrumentul VOSviewer. Rezultatele indică o creștere constantă a interesului pentru tehnologiile de *eye-tracking*, aplicate în studierea percepției vizuale, emoțiilor și cogniției. Hărțile semantice generate confirmă caracterul interdisciplinar al domeniului, aflat la intersecția dintre neuroștiințe, psihologie cognitivă, inteligență artificială și medicină.

Totodată, analiza relevă o lipsă de cercetări aplicate în contexte clinice integrate, ceea ce susține direcția originală a tezei și necesitatea dezvoltării unor metodologii adaptate aplicării practice. Această abordare oferă o bază solidă pentru definirea contribuțiilor proprii și identificarea direcțiilor viitoare de cercetare.

Partea a doua a capitolului prezintă structura și funcționalitatea sistemului vizual uman, analizând concepte precum câmpul vizual, acuitatea vizuală și percepția cromatică. Este subliniată influența luminii colorate asupra performanței vizuale și a răspunsurilor cognitive.

Sunt detaliate principalele disfuncții oculare – miopie, hipermetropie, astigmatism, prezbiopie – și metodele moderne de corectare, cu accent pe ortokeratologie ca alternativă non-invazivă. Se evidențiază importanța diagnosticării precoce și a intervențiilor personalizate pentru menținerea sănătății vizuale.

În final, este abordat rolul antrenamentului vizual la copii, ca strategie de prevenție și optimizare a dezvoltării vizuale. Capitolul susține nevoia unei abordări holistice, care să integreze perspectivele clinice, tehnologice și educaționale în sprijinul sănătății vizuale.

Capitolul 3 este dedicat dezvoltării de modele matematice și simulări biomecanice care descriu comportamentul ocular, cu accent pe două direcții majore: calitatea imaginii retiniene afectate de defecte optice și modelarea mișcărilor oculare, respectiv a variațiilor pupilare, în funcție de stimuli externi și stări interne.

Sunt incluse modele optice consacrate, precum cele ale lui Gullstrand, Emsley și Navarro, utilizate pentru descrierea componentelor optice ale ochiului, precum și modelul statistic al ochiului normal. Din perspectiva biomecanică, sunt analizate modele rigide, musculare, elastice (FEM), integrate neuro-musculo-biomecanice, alături de modelul Komogortsev, destinat simulării mișcărilor sacadice. De asemenea, sunt abordate tipologii de mișcări oculare precum sacadele, fixațiile, urmărirea lină, convergența și reflexul vestibulo-ocular. Modelele optice sunt implementate în OSLO și MATLAB pentru a simula degradarea imaginii retiniene, prin analiza funcției MTF, a aberațiilor și a diferitelor metode de corecție optică. În paralel, simulările MATLAB reproduc mișcările oculare tridimensionale folosind unghiurile Euler (yaw, pitch, roll), permițând vizualizarea traiectoriilor și urmărirea țintelor în mișcare.

Diametrul pupilar este modelat pe baza unor funcții empirice, corelate cu stările emoționale (activ, neutru, calm), utilizând date EEG pentru generarea de curbe oscilatorii cu semnificație neurofiziologică. Un model compozit este propus pentru a integra parametri precum viteza și traiectoria mișcărilor, erorile de refracție și nivelul emoțional, oferind o imagine unificată asupra funcției vizuale.

Modelul Komogortsev este implementat pentru a descrie dinamic forțele, inerția și amortizarea implicate în generarea sacadelor, prin ecuații diferențiale care simulează traiectorii oculare realiste.

Capitolul se încheie cu analiza interacțiunii dintre culoarea stimulilor, starea emoțională și comportamentul oculomotor, prin ecuații matematice care leagă caracteristicile vizuale de răspunsurile fiziologice ale ochiului, precum și o diagramă cauzală care sintetizează relațiile de influență dintre aceste variabile.

Capitolul 4 evidențiază caracterul interdisciplinar al tehnologiilor de eye-tracking, prin analiza principalelor domenii de aplicare – de la medicină și cercetare științifică, la marketing, educație, sport, UX/UI, ergonomie, industrie auto și militară. Este inclusă și o analiză comparativă a echipamentelor de eye-tracking, clasificându-le în funcție de precizie, mobilitate, aplicații și cost, de la soluții profesionale de top (Tobii, HMD, camere retiniene) la opțiuni portabile și accesibile (MyGaze, webcam, NeuroSky).

Capitolul tratează de asemenea și integrarea monitorizării activității cerebrale prin casca EEG NeuroSky, precum și mijloacele de evaluare cognitivă utilizate (testul D2, Stroop și T.O.V.A.), evidențiind beneficiile combinării acestor metode pentru analiza complexă a atenției, emoției și procesării vizuale.

Concluziile subliniază versatilitatea acestor tehnologii, capacitatea de adaptare la diferite contexte aplicative și rolul lor esențial în dezvoltarea de soluții inovatoare în cercetare și practică.

Capitolul 5 descrie metodologia utilizată în cadrul cercetării, având ca obiectiv investigarea modului în care culoarea stimulilor vizuali influențează răspunsurile oculare și activitatea cerebrală. Ipotezele formulate au vizat corelațiile dintre culoarea stimulilor, reacțiile oculomotorii și nivelul de activare cognitivă.

Studiul s-a desfășurat pe un lot de 8 participanți, în condiții experimentale controlate, utilizând echipamente accesibile precum cameră web, LED-uri RGB pentru stimulare vizuală și casca EEG NeuroSky pentru monitorizarea activității cerebrale.

Au fost aplicate teste cognitive validate (D2, Stroop și TOVA) pentru evaluarea atenției și a proceselor executive. În paralel, a fost dezvoltată o platformă experimentală în MATLAB, care a permis generarea și controlul stimulilor colorați, înregistrarea răspunsurilor și corelarea acestora cu datele EEG. Deși funcțională, această platformă MATLAB are caracter exploratoriu și nu este încă validată științific.

Capitolul 6 detaliază desfășurarea etapelor experimentale, având ca obiectiv analiza răspunsurilor vizuale, cognitive și emoționale. S-au implementat aplicații și scripturi în MATLAB și LabVIEW pentru urmărirea oculară, stimulare vizuală controlată, prelucrarea datelor EEG și administrarea testelor cognitive (D2, Stroop, T.O.V.A.).

Sistemele dezvoltate au permis monitorizarea în timp real a poziției pupilare, detecția sacadelor binoculare și analiza răspunsurilor la stimuli cromatici. S-a integrat un model analitic ce corelează parametrii sacadici cu stările emoționale, simulând comportamentul ocular în funcție de gradul de activare afectivă.

Etapa finală a inclus aplicarea unui chestionar subiectiv, iar rezultatele au fost corelate cu datele înregistrate pentru a evalua impactul stimulării vizuale colorate asupra atenției și controlului emoțional.

Capitolul 7 prezintă rezultatele obținute în urma aplicării protocoalelor experimentale dezvoltate pentru investigarea comportamentului vizual și a răspunsurilor neurocognitive. Au fost analizate datele colectate prin sistemele de eye-tracking și EEG, corelate cu performanțele în teste cognitive standardizate și răspunsurile subiective obținute post-experiment.

Sistemul de urmărire a privirii, calibrat și testat anterior, a permis evaluarea traiectoriilor oculare în condiții variate de culoare a fundalului (alb, albastru, verde, roșu) și de mișcare a stimulului (liniară, zigzag, sinusoidală). Analiza cinematică a evidențiat diferențe individuale și variații legate de contextul cromatic, în special în ceea ce privește stabilitatea traiectoriei și amplitudinea mișcărilor.

Performanțele cognitive au fost măsurate prin teste D2, Stroop și T.O.V.A., implementate în MATLAB. Acestea au oferit o perspectivă complementară asupra nivelului de atenție, control inhibitor și rezistență la stres cognitiv. Valorile EEG (atenție și meditație) au fost extrase automat din înregistrările video ale interfeței NeuroSky, corelate temporal cu fiecare sarcină.

Analiza saccadelor binoculare s-a realizat automat, pentru fiecare subiect și fiecare condiție experimentală, iar rezultatele sunt prezentate sintetic, cu detalii extinse în anexe. De asemenea, a fost simulată influența stărilor emoționale asupra direcției privirii, folosind un model dezvoltat în MATLAB, fără a integra modelele matematice teoretice din Capitolul 3. Rezultatele sprijină ideea că parametrii vizuali – în special culoarea – pot influența răspunsurile vizuale și cognitive, fiind observate diferențe semnificative între condițiile de stimulare. Analizele realizate demonstrează utilitatea platformei experimentale propuse și contribuie la o înțelegere mai detaliată a interacțiunii dintre stimularea vizuală și mecanismele de atenție și control ocular.

Capitolul 8 sintetizează concluziile cercetării privind monitorizarea funcției vizuale și a comportamentului oculomotor în condiții controlate. Studiul a evidențiat influența semnificativă a stimulilor vizuali colorați asupra atenției și stării emoționale, demonstrând aplicabilitatea tehnologiilor de eye-tracking în ingineria biomedicală și psihologia experimentală.

Au fost formulate contribuții originale legate de dezvoltarea unui model experimental flexibil, integrarea simulărilor opto-biomecanice, analiza sinergiei oculare și corelarea datelor EEG cu performanța cognitivă. Cercetarea a propus metode inovatoare pentru evaluarea vizuală și a pus bazele unor sisteme inteligente de monitorizare psiho-fiziologică.

Direcțiile viitoare vizează extinderea sistemului către formate portabile, integrarea evaluărilor în contexte clinice și adaptarea testelor pentru populații variate, în vederea dezvoltării unor standarde interdisciplinare robuste pentru analiza funcției vizuale.

1. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII, IPOTEZE ȘI PROBLEMATIZARE

Pornind de la analiza literaturii de specialitate și a contextului actual al cercetărilor din domeniul funcției vizuale, s-a conturat necesitatea unei abordări integrate a monitorizării mișcărilor oculare în raport cu stimuli vizuali și emoționali. Deficiențele vizuale și problemele legate de funcția oculară reprezintă provocări semnificative pentru sănătatea publică la nivel global, afectând calitatea vieții și performanța în diverse activități cotidiene. Deși tehnologiile de urmărire ocular (eye-tracking) au evoluat considerabil în ultimii ani, există încă numeroase aspecte insuficient explorate privind interacțiunea dintre stimuli emoționali și comportamentul vizual, precum și modelarea virtuală a acestor procese.

Prezentul capitol stabilește direcții fundamentale ale cercetării, pornind de la identificarea lacunelor existente în literatura de specialitate și culminând cu formularea obiectivelor specifice și a ipotezelor care ghidează demersul științific. Structurarea clară a scopului și obiectivelor permite orientarea metodologiei de cercetare către rezultate concrete și măsurabile, asigurând astfel coerența și relevanța științifică a întregului demers investigativ.

1.1. Problematizare

În ciuda evoluției considerabile a tehnologiilor de eye-tracking (urmărire oculară), numeroase studii sunt focalizate cu precădere asupra monitorizării funcției vizuale în contextul unor afecțiuni neurologice, precum boala Alzheimer sau Parkinson. Astfel apare o nișă insuficient explorată privind monitorizarea și modularea răspunsurilor oculare și cerebrale în raport cu stimuli vizuali. În această cercetare se realizează o analiză exploratorie pentru a găsi răspunsurile la aceste nevoi, integrând o abordare care investighează interacțiunea dintre percepția vizuală, răspunsurile oculare, stimuli externi și răspunsurile psiho-senzoriale.

1.2. Scopul

Principalul scop al acestei lucrări este acela de a dezvolta și confirma un model teoretic și experimental pentru analiza mișcărilor oculare în raport cu stimuli vizuali, contribuind astfel la îmbunătățirea metodelor de monitorizare a funcției vizuale și la extinderea aplicabilității tehnologiilor de eye-tracking în studiul comportamentului uman dincolo de domeniul patologiilor neurologice.

1.3. Obiective

În cadrul acestei lucrări de doctorat, cercetarea este orientată spre înțelegerea aprofundată a mecanismelor funcționale și comportamentale ale sistemului vizual uman, în contextul monitorizării și al analizei experimentale. Având în vedere complexitatea interdisciplinară a

domeniului — ce reunește elemente din optică, biomecanică, psihomotricitate și științe cognitive — obiectivele formulate reflectă o abordare integrativă, atât teoretică, cât și aplicativă.

Obiectivele generale (notate de la 1 - 6) și specifice (OS) urmăresc să structureze coerent etapele cercetării, de la analiza literaturii de specialitate și evaluarea echipamentelor utilizate, până la propunerea de modele, metode și soluții experimentale cu aplicabilitate directă în evaluarea comportamentului vizual. Fiecare obiectiv este corelat cu o direcție de cercetare clară, cu scopul de a aduce contribuții relevante la dezvoltarea cunoașterii în domeniul sistemelor vizuale și al tehnologiilor asociate.

O1. Analiza stadiului actual al cercetărilor în domeniul monitorizării și analizei evoluției sistemului vizual.

OS1.1. Evidențierea rolului și a relevanței analizei sistemului vizual uman, cu accent pe aplicațiile actuale și potențiale.

OS1.2. Identificarea principalelor direcții de cercetare prin analiza scientometrică a literaturii de specialitate.

O2. Dezvoltarea și implementarea aspectelor teoretice (optice, biomecanice și psihomotorii) în evidențierea comportamentului sistemului vizual uman prin monitorizare și eye-tracking.

OS2.1. Conceperea și extinderea aspectelor teoretice prin modelare digitală în domeniul opto-mecanic.

OS2.2. Contribuții la dezvoltarea aplicațiilor de analiză a comportamentului sistemului vizual sub influența unor stimuli specifici.

OS2.3. Corelarea aspectelor de motricitate oculară cu valențe emoționale.

O3. Studiul comparativ și ierarhizarea echipamentelor utilizate în analiza sistemului vizual uman.

OS3.1. Identificarea, clasificarea și evaluarea comparativă a echipamentelor de monitorizare a sistemului vizual uman, în funcție de performanță și aplicabilitate.

O4. Contribuții originale la dezvoltarea experimentală a metodologiilor și echipamentelor utilizate pentru monitorizarea sistemului vizual uman.

OS4.1. Conceperea și dezvoltarea metodologiei de cercetare experimentală.

OS4.2. Achiziția, prelucrarea și interpretarea datelor experimentale, asigurând compatibilitatea și integritatea acestora.

OS4.3. Conceperea și dezvoltarea unor mecanisme robuste și validate de corelare a efectelor stimulării sistemului vizual uman cu răspunsurile obiective și subiective.

O5. Dezvoltarea unor modalități unitare de cuantificare a datelor obținute experimental.

OS5.1. Elaborarea și implementarea ecuațiilor empirice pentru evaluări specifice în analiza sistemului vizual.

OS5.2. Cuantificarea nivelului de sinergie în biomecanica oculară umană, cu scopul de a înțelege complexitatea mișcărilor oculare.

O6. Dezvoltarea cercetărilor interdisciplinare pentru analiza sistemului vizual uman.

OS6.1. Conceperea și implementarea de cercetări teoretice și experimentale pentru dezvoltarea sistemelor opto-biomecanice.

1.4. Concluzii

Obiectivele prezentei teze de doctorat reflectă o abordare sistematică, progresivă și interdisciplinară în cercetarea sistemului vizual uman. Structurate în șase obiective principale, fiecare cu obiective specifice detaliate, acestea trasează un parcurs logic: de la fundamentarea teoretică și analiza aprofundată a literaturii, până la implementarea experimentală și standardizarea metodologiilor.

Această structură asigură o cercetare comprehensivă, integrând armonios aspecte optice, biomecanice și psiho-motorii. Accentul pus pe cuantificare, standardizare și corelare între date obiective și răspunsuri subiective subliniază rigoarea științifică și relevanța aplicativă. Caracterul interdisciplinar al tezei – la intersecția dintre optică, biomecanică, neuroștiințe și tehnologie – reflectă complexitatea domeniului și necesitatea unei abordări holistice pentru înțelegerea și monitorizarea comportamentului vizual în contexte variate.

Realizarea acestor obiective va contribui la avansarea cunoștințelor prin dezvoltarea de noi metodologii de cercetare, instrumente de analiză și soluții inovatoare, oferind un cadru metodologic și aplicativ solid. Aceste contribuții au potențial de extindere atât în cercetarea fundamentală, cât și în aplicații practice din medicină, inginerie biomedicală, psihologie sau alte domenii conexe. În ansamblu, obiectivele fundamentează direcția demersurilor de investigare, analiză și dezvoltare ale tezei.

2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL STRUCTURILOR SISTEMULUI VIZUAL

2.1. Stadiul actual al cercetărilor prin prisma analizei scientometrice

Analiza scientometrică reprezintă o metodă esențială de evaluare și cuantificare a publicațiilor științifice, bazată pe indicatori cantitativi precum numărul de lucrări, autori, instituții implicate și alte caracteristici relevante ale activității de cercetare. Prin intermediul acestei abordări, pot fi examinate tendințele din diverse domenii, evidențiate contribuțiile cercetătorilor și instituțiilor, analizat impactul lucrărilor academice și generate statistici sau grafice reprezentative. De asemenea, analiza scientometrică permite identificarea zonelor tematice mai puțin abordate sau a direcțiilor insuficient dezvoltate în cercetare, oferind un suport valoros pentru orientarea studiilor viitoare. În cadrul prezentei teze, această metodă este utilizată pentru a evidenția tendințele globale în cercetarea monitorizării funcției vizuale, cu accent pe tehnologiile de eye-tracking, analiza mișcărilor oculare și corelațiile lor cu procesele cognitive și emoționale. Astfel, analiza scientometrică contribuie atât la justificarea alegerii temei de cercetare, cât și la identificarea lacunelor existente în literatura de specialitate.

Metodologie

Pentru realizarea analizei scientometrice, au fost utilizate următoarele resurse și metode:

Baza de date: Web of Science™ Core Collection

Interval de timp: 2002–2024

Cuvinte-cheie: *eye tracking, emotions, eye movement, gaze*

Instrument de analiză: VOSviewer [4] (versiunea online)

Formatul datelor: Export text din Web of Science [5], importat în VOSviewer pentru generarea rețelelor semantice și a hărților de co-citare.

Rezultate generale

Căutarea a generat un total de **183 de articole științifice** relevante, distribuite pe o perioadă de 22 de ani. Se observă o creștere constantă a interesului pentru tematica analizată, în special în ultimul deceniu, în contextul dezvoltării tehnologiilor de urmărire oculară și al aplicabilității acestora în neuroștiințe, psihologie și medicină.

Analiza autorilor și distribuția geografică

Din totalul articolelor, doar **20 de autori** formează un nucleu de cercetare interconectat, ceea ce indică o comunitate științifică emergentă, dar specializată. Cercetările au fost desfășurate în principal în următoarele țări: **SUA, Germania, Anglia, Canada, Franța, China, Suedia, Japonia, Coreea de Sud, Italia**, dar și în țări mai puțin reprezentate precum **Monaco, Malaezia, Irlanda de Nord**.

Analiza rețelelor de cuvinte-cheie

Rețeaua semantică generată de VOSviewer a evidențiat conexiuni semnificative între termenii analizați. De exemplu:

- ↳ „Eye tracking” (urmărirea ochilor) este asociat cu termeni precum *atenție vizuală, emoție, percepție, stimuli, anxietate socială, autism*.
- ↳ „Gaze” (direcția privirii) este conectat cu *comunicare, cogniție socială, schizofrenie, prejudecăți*.
- ↳ „Eye movement” (mișcări oculare) are o rețea semantică mai restrânsă, dar relevantă, incluzând *emoții, atenție, tulburări de spectru autist, amenințare*.

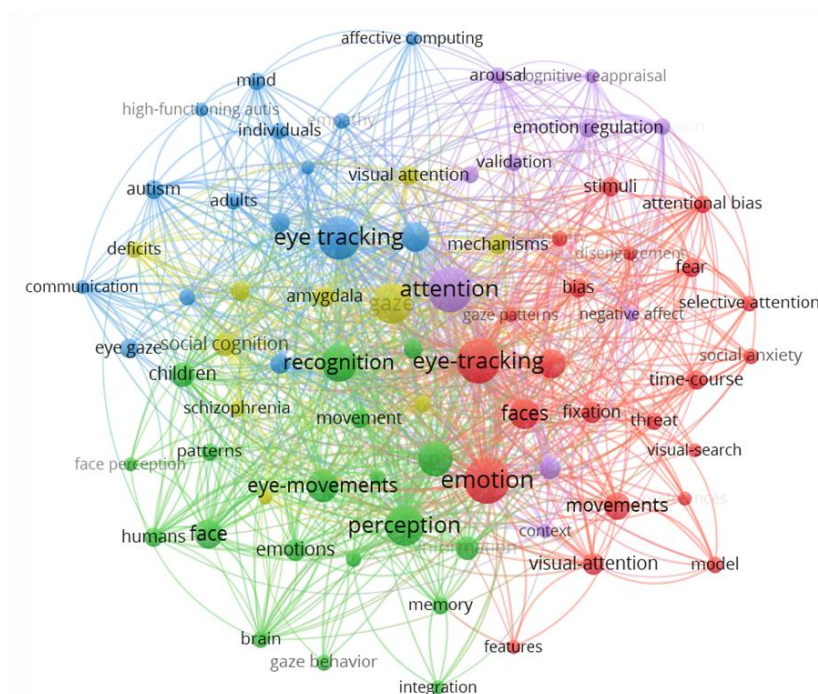


Figura 1 – Harta rețelei de cercetare în domeniul eye-trackingului și cogniției sociale: clustere tematice și direcții emergente

Figura 1 reprezintă o **vizualizare de rețea** generată cu VOSviewer, în care:

- ↳ **Nodurile** corespund termenilor-cheie extrași din articolele științifice.
- ↳ **Dimensiunea nodurilor** reflectă frecvența apariției termenilor.
- ↳ **Culoarea** indică apartenența la un cluster tematic.
- ↳ **Legăturile (edge-urile)** semnalează co-apariția termenilor în același context științific.

Figura 2 prezintă o **hartă de rețea semantică** generată cu VOSviewer, având ca nod central termenul „gaze”. Aceasta ilustrează modul în care conceptul de „gaze” (privire) este

Prezența termenilor **threat**, **fear**, **anxiety**, **autism** indică o orientare clară spre psihopatologie și cogniție afectivă.

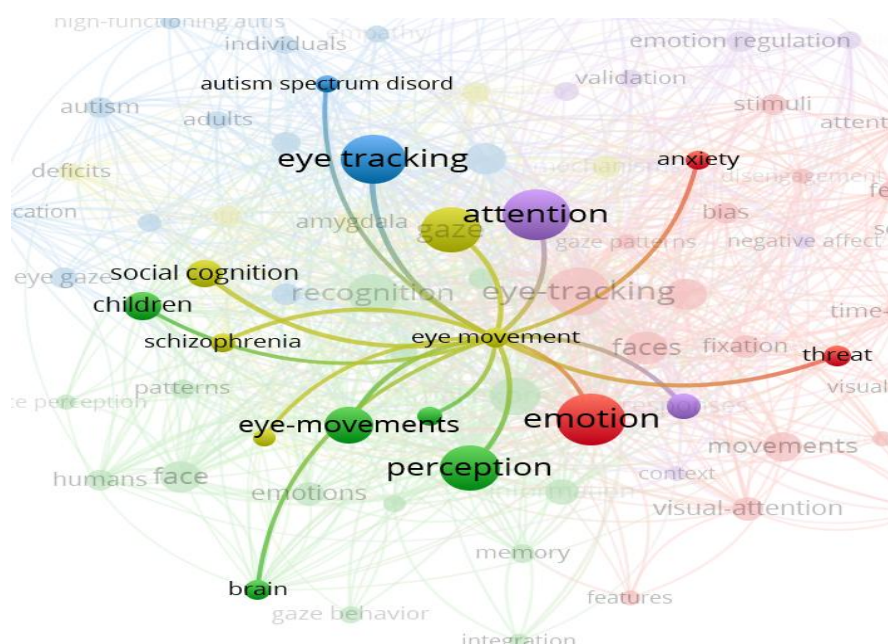


Figura 3 - Corelațiile semantice pentru „eye movement”

Relevanța pentru tema tezei

Figura 3 confirmă faptul că termenul „eye movement” este esențial în cercetările care vizează interacțiunea dintre percepție, emoție și tulburări cognitive. Deși mai restrânsă decât rețelele pentru „eye tracking” sau „gaze”, această rețea semantică este mai focalizată și mai profundă, ceea ce o face extrem de relevantă pentru o teză care urmărește monitorizarea funcției vizuale în contexte clinice și afective.

Corelarea cu literatura utilizată în teză

O parte semnificativă a surselor bibliografice utilizate în prezenta teză se regăsește în rețeaua de articole analizate scientometric. Acest fapt confirmă alinierea cercetării doctorale la direcțiile actuale de interes științific și validează selecția bibliografică.

Concluzii

Analiza scientometrică demonstrează că domeniul monitorizării funcției vizuale prin tehnologii precum eye-tracking este în plină dezvoltare, cu aplicații interdisciplinare în neuroștiințe, psihologie cognitivă, inteligență artificială și medicină. Totodată, se remarcă o lipsă de cercetări aplicate în contexte clinice integrate, ceea ce justifică direcția originală a prezentei teze. Această analiză oferă o bază solidă pentru definirea contribuției proprii și pentru identificarea unor direcții viitoare de cercetare.

3. FUNDAMENTAREA TEORETICĂ

Înțelegerea funcționării sistemului vizual uman necesită o abordare multidimensională, în care modelele teoretice – matematice, geometrice, optice, biomecanice sau neuronale – joacă un rol central. Aceste modele permit nu doar explorarea mecanismelor fiziologice și cognitive ale vederii, ci și dezvoltarea de soluții tehnologice avansate, utile în optică, oftalmologie, inteligență artificială și interfețe om-mașină. Prin integrarea datelor anatomice, biometrice și dinamice, cercetătorii pot simula cu precizie comportamentul vizual și pot contribui la optimizarea performanței sistemelor optice și a dispozitivelor medicale. Astfel, modelele teoretice devin instrumente indispensabile atât pentru cercetarea fundamentală, cât și pentru aplicații practice în știința și ingineria vederii.

3.1. Modelul matematic

Dezvoltarea diferitelor tipuri de modele ale ochilor și sistemelor vizuale umane presupune construirea unui model ideal, cât mai apropiat de sistemul real, pentru a minimiza inexactitățile [6]. Totuși, o simulare perfectă este improbabilă din cauza unor limitări, cum ar fi complexitatea ridicată a anatomiei oculare, restricțiile tehnologiei actuale în calcularea ecuațiilor de modelare extrem de complexe și dificultatea de a obține o soluție unică [6]. Pentru a simplifica aceste obstacole, modelele matematice sunt adesea însoțite de diverse ipoteze, cum ar fi cea propusă de [6], care sugerează lucrul într-un plan bidimensional. Studiile analizate evidențiază complexitatea modelării ochiului uman și a sistemului vizual, precum și necesitatea echilibrului între acuratețe și fezabilitate computațională. Deși modelele tridimensionale oferă o mai bună reprezentare a realității anatomice și permit o analiză detaliată a proceselor termice sau optice, rezultatele indică faptul că, în anumite condiții, modelele bidimensionale pot oferi estimări suficient de precise, cu un efort computațional redus. În plus, cercetările asupra profilului indicelui de refracție al cristalinului și asupra mecanismelor neuronale implicate în mișcările oculare subliniază importanța integrării datelor experimentale și a modelării matematice pentru înțelegerea funcțiilor vizuale și pentru optimizarea aplicațiilor clinice și tehnologice în oftalmologie. Astfel, dezvoltarea și validarea continuă a modelelor matematice multifactoriale rămâne esențială pentru progresul în cercetarea și aplicarea practică a științei vederii.

3.2. Modelul geometric

Modelarea geometrică a ochiului uman, cu accent pe forma și curburile corneei, oferă perspective importante asupra modului în care imaginea pupilei este percepută și distorsionată. Studiul bazat pe simulări matematice [7] demonstrează că geometria corneeană contribuie semnificativ la efectul de mărire și la poziționarea aparentă a imaginii pupilei, fără a influența însă semnificativ forma eliptică observată în unele cazuri. Astigmatismul corneean are un impact minor asupra formei imaginii, iar dispersia indusă

de corneea limitează precizia cu care imaginea pupilei poate fi redată, indiferent de calitatea sistemului optic. Integrarea modelelor matematice cu simulatoare 3D realiste, precum cel propus de Adamo-Villani și colaboratorii [8], evidențiază potențialul interdisciplinar al cercetării în acest domeniu, cu aplicații relevante în educație, realitate virtuală și interacțiune om-computer. Totuși, pentru o reprezentare cât mai fidelă a comportamentului ocular uman, este necesară îmbunătățirea sincronizării mișcărilor oculare cu expresiile faciale și integrarea cunoștințelor din domenii variate precum biomecanica, inteligența artificială și științele cognitive.

3.3. Modelul optic

Modelele optice ale ochiului uman reprezintă instrumente esențiale în înțelegerea funcționării sistemului vizual și în dezvoltarea tehnologiilor moderne din optică, oftalmologie și neuroștiință. Corneea și cristalinul, componentele centrale ale acestui sistem, contribuie major la refracția luminii și la formarea imaginii pe retină, iar modelarea lor precisă permite evaluarea performanței vizuale și optimizarea intervențiilor terapeutice. Studiile recente evidențiază caracterul aplanatic al ochiului, subliniind compensarea reciprocă a aberațiilor corneene și cristalinene și adaptabilitatea remarcabilă a sistemului optic uman. Modele precum cel al lui Gullstrand [9], cu o structură detaliată și parametri refractivi preciși, sau cel redus al lui Emsley [9], [10], [11], utilizat frecvent în practica clinică pentru simplitate și eficiență, au pus bazele opticii fiziologice moderne. În contrast, modelul lui Navarro [12], introduce o descriere mai realistă și mai complexă, integrând variații de asfericitate, dispersie cromatică, forma retinei și alți parametri anatomici esențiali.

Evoluția acestor modele reflectă o tendință clară de trecere de la reprezentări simplificate la simulări avansate, capabile să redea cu fidelitate comportamentul optic ocular în condiții reale. Deși fiecare model are limitele sale, în ansamblu, ele oferă un cadru conceptual și aplicativ valoros pentru diagnostic, cercetare și designul personalizat al soluțiilor vizuale. În concluzie, modelarea optică rămâne un domeniu dinamic, aflat la intersecția dintre știință, tehnologie și medicină, esențial pentru progresul continuu în înțelegerea și îmbunătățirea funcției vizuale umane.

3.4. Modelul mecanic

Modelarea mecanică a mișcărilor globilor oculari oferă o perspectivă riguroasă asupra dinamicii oculare, tratând ochiul ca un corp rigid cu punct fix [13], supus legilor mecanicii clasice. Utilizarea unghiurilor lui Euler permite descrierea completă a rotațiilor oculare în cele trei planuri fundamentale (orizontal, vertical și torsiune), iar ecuațiile lui Euler și ale momentului cinetic oferă cadrul matematic necesar pentru analiza forțelor și momentelor implicate.

Această abordare evidențiază complexitatea biomecanică a sistemului vizual și rolul esențial al musculaturii extraoculare în controlul precis al poziției ochiului. Integrarea

parametrilor de inerție și a reacțiunilor din articulația sferică permite simularea realistă a mișcărilor oculare și prezicerea comportamentului acestora în condiții variate.

Deși integrarea completă a sistemului de ecuații este posibilă doar în anumite cazuri particulare (Euler–Poinsot, Lagrange–Poisson, Kovalevskaja), modelul mecanic rămâne un instrument valoros pentru înțelegerea dinamicii oculare și pentru aplicarea acesteia în domenii precum robotica vizuală, neuroștiințele și protetica oculară. În plus, corelarea unghiurilor de rotație oculară cu valorile reale ale mișcărilor umane contribuie la validarea practică a acestui model în studiul funcției vizuale.

3.5. Modelul de mișcare

Modelul de mișcare al ochiului uman oferă o înțelegere esențială a modului în care sistemul vizual reglează orientarea și focalizarea privirii, în funcție de contextul senzorial și motor. Variația tipurilor de mișcări oculare – de la sacade rapide și urmăriri line [14], până la vergență [14], [15], [16], și reflexul vestibulo-ocular – reflectă complexitatea coordonării neuromusculare implicate în menținerea unei percepții vizuale clare și stabile. Diferențele dintre vederea monoculară și binoculară subliniază importanța interacțiunii dintre ambii ochi pentru percepția adâncimii și fuziunea imaginii.

Rolul celor șase mușchi extraoculari [17], [18], alături de axe specifice de rotație și poziții de repaus sau activitate, contribuie la definirea unui cadru biomecanic detaliat al funcției oculare. În acest context, mișcările oculare nu doar reflectă procesele vizuale, ci servesc și ca indicatori relevanți pentru evaluarea integrității sistemului neuromotor și pentru aplicații în eye-tracking, neuroștiințe și oftalmologie clinică. Astfel, modelul de mișcare oculară devine un instrument indispensabil în studiul și simularea comportamentului vizual uman.

3.6. Contribuții la modelarea și simularea optică și biomecanică a sistemului vizual uman

Integrarea modelelor optice și biomecanice în analiza sistemului vizual uman oferă o perspectivă complexă și coerentă asupra modului în care structura și funcționarea ochiului influențează percepția vizuală. Modelarea optică realizată în OSLOEdu [19], permite simularea precisă a formării imaginii retiniene în prezența viciilor de refracție, cum ar fi miopia, și evidențiază impactul acestora asupra calității vizuale prin reprezentări grafice (MTF, PSF, front de undă, aberrații cromatice și geometrice).

Rezultatele arată că ochiul miopic necorectat produce imagini retiniene neclare, difuze, cu pierderi semnificative de contrast și acuitate. Prin comparație, modelele simulate cu lentile corectoare (ochelari sau lentile de contact) indică o îmbunătățire clară a imaginii finale, dar și diferențe între tipurile de corecție. Astfel, lentilele de contact oferă o compensare mai bună a aberrațiilor geometrice în timpul mișcărilor complexe, ceea ce susține necesitatea unei adaptări optime și personalizate a corecției optice în funcție de individ.

Pe de altă parte, modelarea mișcărilor oculare în MATLAB a permis simularea rotației globilor oculari, a traiectoriilor în timp real și a influenței vederii binoculare. Folosind un model cinematic bazat pe unghiurile Euler și parametrii biomecanici (moment de inerție, amortizare, forțe musculare), au fost redată mișcările sacadice și de urmărire, precum și variațiile oculomotorii asociate stărilor emoționale.

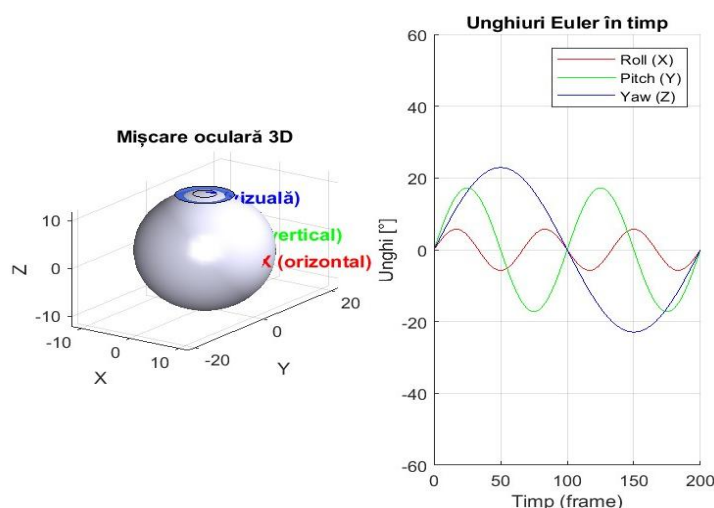


Figura 1 - Modelarea mișcării oculare cu generarea variației în timp a unghiurilor Euler

De exemplu, valorile diametrului pupilar și frecvența clipirii s-au corelat direct cu stimulii vizuali colorați și cu nivelul de activare emoțională (calm, neutru, stres/activ).

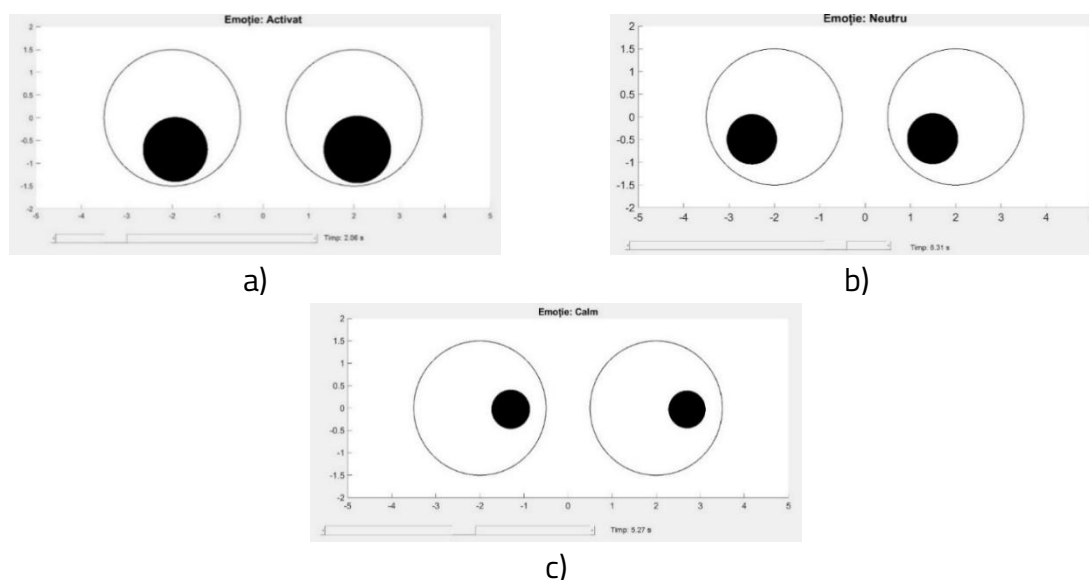


Figura 5 - Simularea variației diametrelor pupilare în funcție de starea emoțională: a) stare emoțională activată, b) stare emoțională neutră, c) stare emoțională calmă

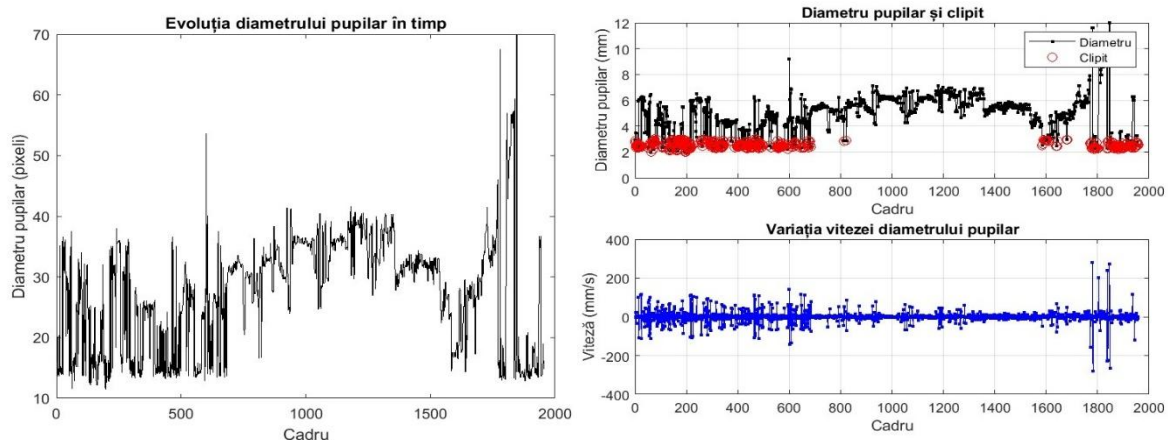
Simulările MATLAB au fost completate de o aplicație interactivă de analiză a relațiilor între parametrii vizuali (fixare, sacade, dilatare pupilară) și caracteristicile stimulului (culoare,

contrast, intensitate emoțională). Aceasta a permis generarea unor modele liniare simplificate ce descriu relații semnificative între factori senzoriali și comportamente oculare observabile.

Prin urmare, această abordare interdisciplinară — combinând optica, biomecanica, analiza numerică și psihofiziologia — a demonstrat o metodologie robustă și aplicabilă în studiul funcției vizuale. Contribuțiile acestei secțiuni validează potențialul simulărilor avansate pentru îmbunătățirea dispozitivelor de corecție vizuală, a interfețelor vizuale uman-mașină, precum și pentru înțelegerea proceselor vizuale în context cognitiv și emoțional.



a)



a)

Figura 2 - Evoluția reală a diametrului pupilar la un subiect aflat sub influența radiației de culoare roșie (variația vitezei și a diametrului pupilar, procesul de clipire)

4. VARIANTE DE SISTEME DE URMĂRIRE A PRIVIRII

4.1. Echipament de monitorizare a activității cerebrale

În cadrul acestei cercetări, monitorizarea funcției vizuale a fost realizată printr-o abordare integrată, care combină tehnologia de urmărire a privirii (*eye-tracking*) cu înregistrarea activității cerebrale (*electroencefalografie* – *EEG*). Această metodă multimodală permite analiza simultană a mișcărilor oculare și a activității neuronale, oferind o perspectivă complexă asupra modului în care interacționează percepția vizuală cu procesele cognitive. Pentru monitorizarea EEG s-a utilizat casca **NeuroSky MindWave** [20], un dispozitiv portabil, neinvaziv, ușor de aplicat și adecvat pentru studii exploratorii. Aceasta captează activitatea electrică frontală printr-un senzor poziționat pe frunte și un electrod de referință montat pe ureche, permițând înregistrarea în timp real a unor indici cognitivi precum **atenția, nivelul de relaxare sau starea de concentrare**.



Figura 4 – Poziționarea corectă a căștii NeuroSky pe capul subiecților din eșantion

Dispozitivul EEG utilizat se remarcă prin **mobilitate crescută, cost redus și integrare facilă în contexte educaționale sau experimente simple**, fiind adecvat pentru cercetări axate pe **reacții cognitive rapide** ori **evaluări funcționale generale**. Pentru a contextualiza tehnologia folosită, Tabelul 9 din teză prezintă o sinteză comparativă a principalelor caracteristici tehnice ale echipamentelor implicate în cercetare, incluzând **frecvența de eșantionare, latența, precizia, domeniul de aplicare, tipologia** sistemelor de eye-tracking (desktop, ochelari, HMD-uri VR), precum și posibile surse de eroare. Această analiză facilitează înțelegerea avantajelor și limitărilor echipamentelor utilizate. Prin integrarea

datelor EEG și eye-tracking, a fost posibilă analizarea relației dintre direcția privirii și starea cognitivă a participantului în timp real. Această corelare a oferit informații valoroase despre:

- menținerea atenției pe stimuli vizuali,
- reacțiile la schimbările de culoare, poziție sau luminanță,
- fluctuațiile stării cognitive în funcție de sarcină.

Această metodă combinată oferă un cadru solid pentru interpretarea simultană a comportamentului vizual și a proceselor cognitive, permițând nu doar măsurarea performanțelor, ci și înțelegerea mecanismelor interne implicate în procesul de percepție, decizie și adaptare vizuală.

4.2. Mijloace de evaluare cognitivă – testul de atenție “D2”, testul Stroop și testul T.O.V.A.

Aplicarea testelor D2 [21], [22], [23], Stroop [24], [25], [26], [27] și T.O.V.A. [28], validate și frecvent utilizate în neuropsihologie, a permis evaluarea obiectivă a atenției selective, controlului inhibitor și vigilenței susținute. Testul D2 a măsurat capacitatea de concentrare și selecție vizuală, Stroop a evidențiat flexibilitatea cognitivă și inhibiția răspunsului automat, iar T.O.V.A. a oferit date standardizate privind atenția susținută și impulsivitatea. Pentru a simplifica procesul de testare și interpretare, au fost dezvoltate în MATLAB scripturi dedicate fiecărui test, facilitând integrarea acestora cu datele EEG și eye-tracking și contribuind la o înțelegere mai completă a funcției vizuale în context cognitiv.

p--- p- ---d- p---- p-- -p-- --p-- -d d---- p- --p- ---d -d --p- -p

Figura 3 – Exemplu al testului de atenție D2

5. METODOLOGIA, INSTRUMENTELE, MATERIALELE CERCETĂRII

5.1. Obiectivele cercetării experimentale

Această cercetare experimentală urmărește investigarea modului în care stimulii multisenzoriali (vizuali - intensitate luminoasă, culoare), combinați cu inducerea unor stări emoționale, influențează mișcările oculare și activitatea cerebrală. Scopul principal este analiza corelațiilor dintre răspunsurile biomecanice ale ochilor, reacțiile cognitive și emoționale, și semnalele EEG, în contextul unor sarcini de urmărire vizuală. Prin această analiză se urmărește dezvoltarea unui model care să poată fi implementat în diferite aplicații legate de interacțiunea om-calculator, analize comportamentale, ergonomie sau optometrie.

5.2. Ipotezele cercetării

Pornind de la aceste principii generale și de la analiza bibliografică și de la cercetările preliminare, se formulează următoarele ipoteze:

- ↳ Modelele teoretice geometrice și mecanice ale globilor oculari pot prezice cu acuratețe comportamentul oculomotor în condiții de stimulare emoțională.
- ↳ Modelele geometrice virtuale ale ochiului bazate pe parametri extrași din urmărirea traiectoriilor vizuale prezic mișcările oculare în condiții similare.
- ↳ Există diferențe între răspunsurile oculare generate de modelul virtual și cele observate în comportamentul real al ochiului uman la urmărirea acelorași traiectorii vizuale.
- ↳ Stimulii emoționali bazați pe lumină colorată induc tipare de mișcare oculară diferite comparativ cu stimulii neutri, manifestate prin modificări ale timpului de fixare, ale amplitudinii sacadelor și viteza acestora.
- ↳ Există o relație semnificativă între tiparele de mișcare oculară și valorile undelor cerebrale asociate cu atenția și concentrarea, măsurate cu casca NeuroSky, în diverse condiții de stimulare.
- ↳ Undele cerebrale specifice măsurate cu casca NeuroSky în timpul executării testelor de atenție cognitivă (D2, Stroop și T.O.V.A) prezintă corelații distincte cu diverși parametri ai performanței cognitive.
- ↳ Există o relație predictivă între valorile undelor cerebrale înregistrate de casca NeuroSky și eficiența procesării informației vizuale măsurată prin testele D2, Stroop și T.O.V.A.

5.3. Metodologia experimentală

Metodologia cercetării a fost construită pe un protocol experimental riguros, desfășurat în mediu controlat, cu participarea unui eșantion de voluntari sănătoși. Componentele hardware și software au fost integrate într-un sistem complex de achiziție și procesare a datelor oculare, EEG și cognitive, cu implementări MATLAB și LabVIEW personalizate.

Sistemul tehnic a integrat mai multe echipamente: o cameră web pentru înregistrarea mișcărilor oculare, un panou cu LED-uri RGB pentru stimulare vizuală, casca EEG NeuroSky pentru monitorizarea activității cerebrale, precum și aplicații MATLAB și LabVIEW dezvoltate pentru controlul și procesarea datelor. Calibrarea sistemului de eye-tracking a fost realizată cu LED-uri statice și dinamice, iar algoritmul a fost conceput pentru a detecta pupila cu precizie, inclusiv prin corectarea erorilor și validarea pozițiilor de fixare.

Protocolul experimental a inclus patru etape principale: urmărirea vizuală a unui stimul aflat în mișcare (pe traiectorii liniare, sinusoidale și în zigzag), stimulare cromatică a fundalului pentru inducerea de răspunsuri emoționale, aplicarea testelor cognitive standardizate (D2, Stroop și T.O.V.A.) cu înregistrare EEG și eye-tracking sincron, precum și evaluarea post-experimentală subiectivă, prin chestionar.

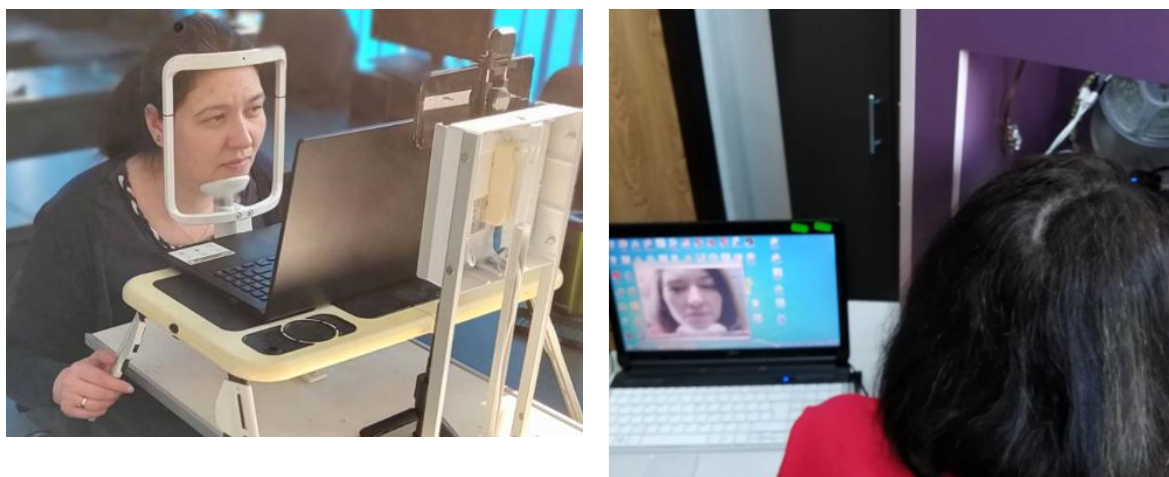


Figura 5 – Poziționarea participanților în zonele de testare ale spațiului experimental

Testele cognitive au fost implementate și digitalizate în MATLAB, permițând o aplicare automatizată și o integrare facilă cu datele EEG și de eye-tracking. Această abordare a asigurat standardizarea procedurilor și a redus variabilitatea asociată evaluării clasice.

În ansamblu, metodologia a permis obținerea unui set complex de date neurovizuale și comportamentale, utile pentru analiza integrativă a relației dintre atenție, emoție, răspuns ocular și activitate cerebrală în contexte multisenzoriale.

Pe lângă înregistrarea mișcărilor oculare și a activității cerebrale, a fost dezvoltată o aplicație în MATLAB pentru simularea efectelor emoțiilor asupra mișcărilor oculare, cu scopul de a valida prin modelare computațională datele obținute experimental. Aplicația a

permis compararea între datele reale și modelele teoretice generate, prin relații analitice care cuantifică influența luminii colorate asupra răspunsurilor oculo-motorii.

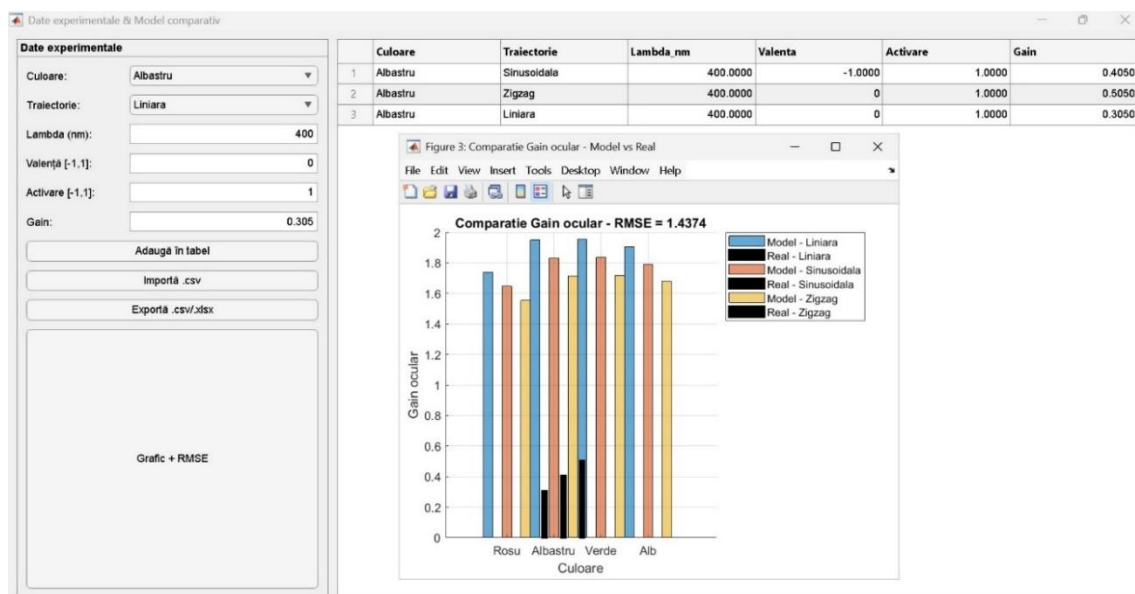


Figura 6 - Aplicația CGO (CGO=comparație gain ocular) pentru analiza datelor experimentale

Pentru a asigura validitatea rezultatelor, experimentul a fost desfășurat sub control strict al variabilelor: iluminare, distanță, temperatură, ordine aleatorie a stimulilor, durate fixe și standardizare a instrucțiunilor. Calibrarea individuală a sistemului de eye-tracking și verificarea conectivității EEG au fost realizate pentru fiecare participant, iar sincronizarea sistemelor s-a bazat pe markeri comuni de timp.

Această abordare multimodală, combinată cu controlul atent al variabilelor și simularea computațională, a oferit o bază solidă pentru analiza integrată a funcției vizuale, a proceselor cognitive și a influenței emoțiilor.

6. DEZVOLTAREA CERCETĂRII EXPERIMENTALE

Acest capitol este dedicat prezentării etapelor experimentale și a instrumentelor tehnice utilizate pentru investigarea integrată a funcției vizuale în relație cu stările cognitive și emoționale. Cercetarea a combinat tehnologii de eye-tracking, EEG și teste cognitive standardizate într-un protocol experimental, desfășurat în mediu controlat, având ca obiectiv general evaluarea răspunsurilor bio-mecanice la stimuli vizuali colorați, corelate cu performanțele oculomotorii și parametrii cognitivi.

Urmărirea mișcărilor oculare a fost utilizată ca metodă de înregistrare a comportamentului real și subiectiv al participanților, oferind perspective relevante pentru domenii precum optica, biomecanica și analiza psiho-motorie. În acest context, au fost implementate diverse sisteme de monitorizare și interpretare a datelor, menite să sprijine investigarea obiectivelor specifice ale cercetării.

Procesarea datelor a fost structurată pe mai multe module: analiza mișcărilor oculare cu software-ul **cvMob**, extragerea valorilor EEG din videoclipuri folosind **scripturi MATLAB**, precum și interpretarea performanțelor cognitive prin teste automatizate **D2**, **Stroop** și **T.O.V.A.**, toate reproduse în **MATLAB** pentru o testare rapidă și cu rezultate ușor cuantificabile.

Secțiunile următoare descriu detaliat fiecare componentă, urmărind logica desfășurării cercetării, cu accent pe coerența metodologică și relevanța rezultatelor obținute, în scopul investigării comportamentului vizual și a demersurilor de evaluare și interpretare a acestora.

6.1. Implementarea și calibrarea sistemului de eye-tracking

Sistemul de eye-tracking a fost calibrat și testat printr-o aplicație proprie în **MATLAB**, cu detectare binoculară a poziției privirii. Precizia a fost asigurată prin standardizarea distanței față de ecran și menținerea constantă a condițiilor de iluminare. Urmărirea oculară a fost evaluată ulterior prin comparație cu traiectoriile generate în **LabVIEW**, reprezentând tipare clasice de mișcare vizuală (liniară, sinusoidală, zigzag).

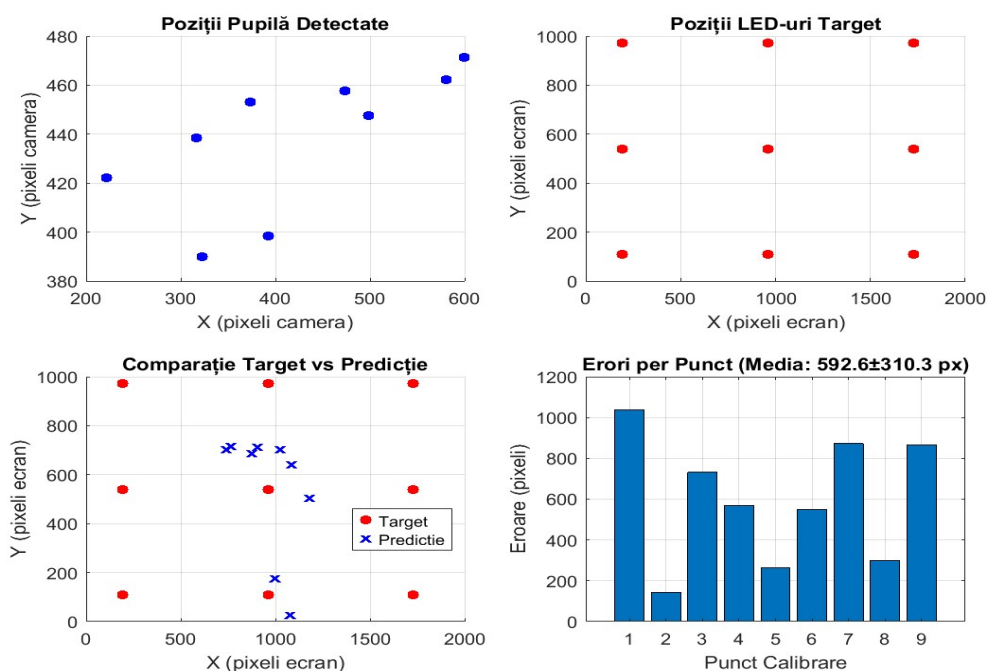
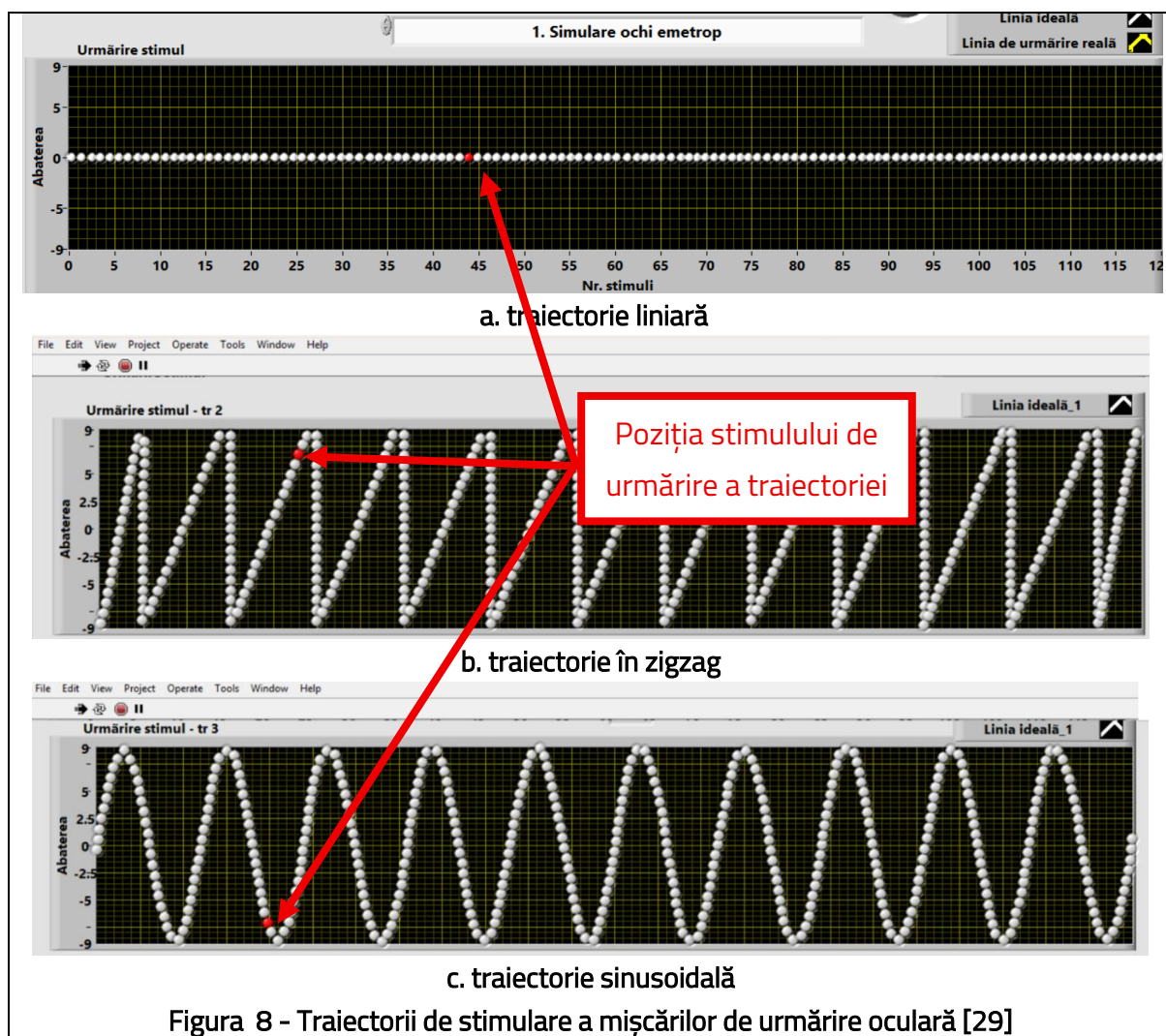


Figura 7 – Imagine reprezentativă din procesul de calibrare

6.2. Implementarea modului experimental de urmărire vizuală

Integrarea experimentului a necesitat dezvoltarea unui sistem integrat de stimulare vizuală, construit în mediul de programare LabVIEW. Aplicația dezvoltată în LabVIEW reprezintă un generator de stimuli vizuali experimentali care servește drept „referință” pentru testarea mișcărilor oculare. Această aplicație a fost concepută pe baza rezultatelor cercetărilor experimentale din literatura de specialitate și a fost utilizată pentru generarea de traiectorii standard de mișcare oculară – liniară, sinusoidală, zigzag – frecvent folosite în evaluarea sistemului oculomotor.

Fluxul de lucru constă în generarea, prin aplicația LabVIEW, a unor stimuli vizuali cu traiectorii controlate (mișcare liniară, zigzag sau sinusoidală), pe care participanții trebuie să-i urmărească vizual. Mișcările oculare sunt înregistrate prin camere video, sincronizate cu sistemul de eye-tracking și EEG.



6.3. Stimularea emoțională în mediu controlat

Pentru această etapă, participanții sunt testați într-un stand special amenajat care include o bandă LED RGB controlată și o tabletă cu aplicația de stimulare. Camera în infraroșu monitorizează mișcările oculare, iar datele sunt înregistrate simultan prin sistemele EEG și eye-tracking. Stimuli colorați (roșu, verde, albastru, alb) modifică fundalul vizual, permițând investigarea răspunsurilor afective și vizuale. Configurația este ilustrată schematic în figura de mai jos:

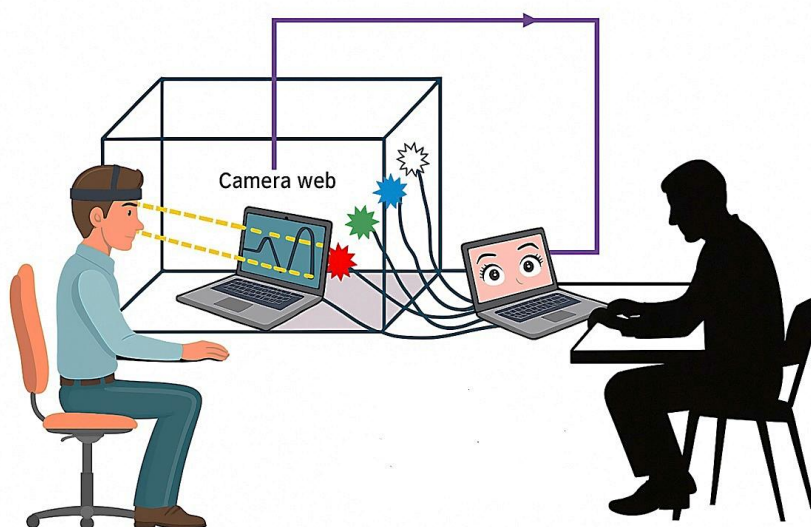
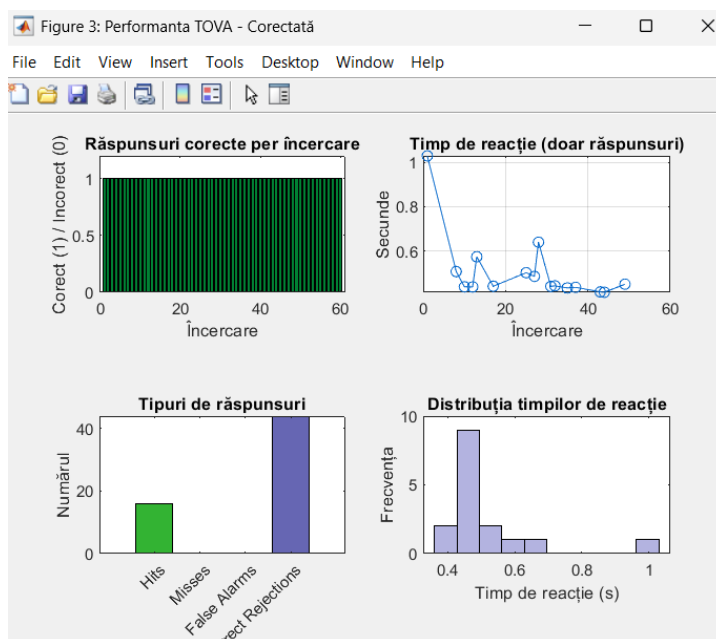


Figura 9 – Reprezentarea schematică a standului experimental

6.4. Evaluarea atenției prin teste cognitive standardizate

În urma expunerii la stimuli, participanții au parcurs o serie de teste cognitive validate, dezvoltate sub forma unor aplicații interactive în MATLAB, fiecare fiind sincronizată în timp real cu înregistrările EEG. Această abordare integrativă a permis obținerea unor indicatori obiectivi privind atenția, concentrarea și viteza de reacție, completate de parametri EEG relevanți pentru evaluarea stării mentale a subiecților.

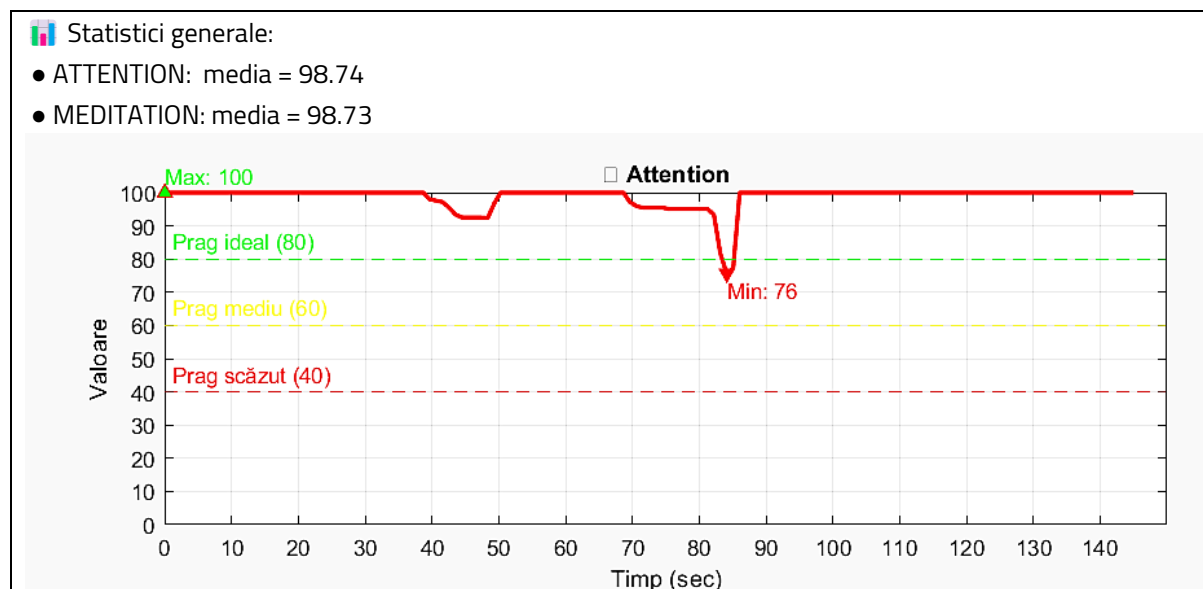


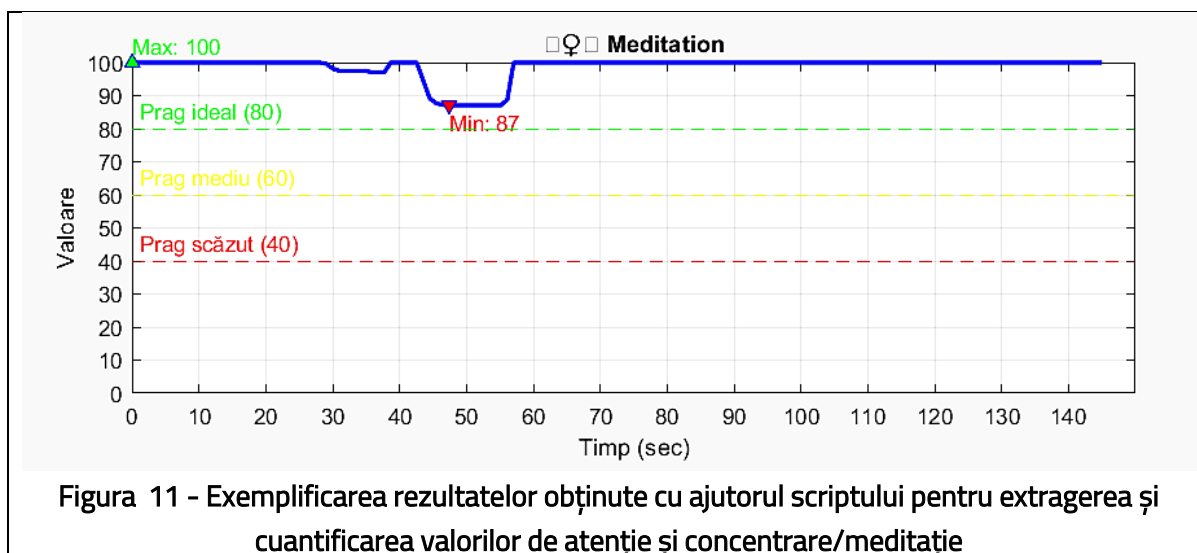
4 Figura 10 - Exemplificarea rezultatelor obținute la testul T.O.V.A. pentru unul dintre participanți (S2)

6.5. Înregistrarea simultană EEG și eye-tracking

Concomitent cu desfășurarea testelor cognitive, casca EEG NeuroSky continuă să înregistreze valorile de atenție și meditație, permitând corelarea performanțelor cognitive cu indicatorii comportamentali în timp real. Pentru extragerea și cuantificarea acestor date, a fost dezvoltat un script MATLAB specializat care procesează înregistrările video ale interfeței EEG și convertește informațiile vizuale ale indicatorilor analogici în date numerice utilizabile pentru analize statistice.

Scriptul de procesare permite specificarea intervalului temporal de analiză din înregistrarea video și efectuează o calibrare prin selectarea zonelor corespunzătoare indicatorilor de atenție și meditație. Prin tehnici de procesare a imaginii în spațiul de culoare HSV, algoritmul detectează poziția indicatorilor și calculează valorile numerice pe scala 0-100 folosind transformări trigonometrice ale unghiului radial. Pentru fiecare secundă a testelor administrate, sistemul extrage valorile instantanee de atenție și meditație, calculează mediile pentru întregul interval și generează reprezentări grafice temporale cu praguri de referință pentru interpretarea experimentală. Rezultatele sunt exportate în formate CSV și TXT pentru integrarea în analize statistice comprehensive și corelarea cu performanțele cognitive obținute la testele D2, Stroop și T.O.V.A.





Rezultatele individuale complete pentru fiecare dintre cei 8 participanți la studiu, incluzând performanțele detaliate la testele D2, Stroop și TOVA, precum și valorile de atenție și meditație extrase din înregistrările EEG, sunt prezentate în teză în cadrul capitolului nr. 7 (de rezultate). Fiecare fișă individuală conține datele brute exportate în format CSV, graficele de performanță generate automat de scripturile MATLAB și scorurile calculate pentru fiecare test administrat. Aceste documente permit verificarea și replicarea analizelor efectuate, oferind transparență metodologică și acces complet la datele primare colectate în cadrul cercetării.

6.6. Evaluarea post-experimentală

La încheierea sesiunii experimentale, participanții au completat un chestionar standardizat de evaluare subiectivă intitulat "Impactul culorilor asupra stărilor emoționale", conceput specific pentru această cercetare, cu ajutorul aplicației Google Forms. Instrumentul este structurat în patru secțiuni distincte care evaluează comprehensiv experiența participanților în raport cu stimularea cromatică utilizată.

Section 1 of 4

Impactul culorilor asupra stărilor emoționale

B *I* U [↗](#) [✕](#)

Vă mulțumesc pentru participarea la studiul privind "Cercetări teoretice și experimentale privind monitorizarea funcției vizuale". Prin acest scurt chestionar doresc să înțeleg mai bine cum a fost pentru dvs. această experiență.

Vă rog să evaluați cum v-ați simțit în momentul în care fundalul s-a schimbat în fiecare culoare menționată. Pentru fiecare întrebare, acordați un punctaj de la 1 la 5, unde:

- 1 = Deloc / Pentru niciuna
- 2 = Puțin / Rar
- 3 = Moderat / Uneori
- 4 = Mult / Adesea
- 5 = Foarte mult / Întotdeauna

Răspunsurile sunt confidențiale și vor fi utilizate exclusiv în scopul științific al cercetării la care ați luat parte în mod voluntar. Inițialele sunt colectate doar pentru corelare internă și nu permit identificarea completă a participanților de către terțe părți.

Figura 12 – Interfața principală a chestionarului de evaluare

6.7 Dezvoltarea instrumentelor software pentru analiza saccadelor

6.7.1. Implementarea algoritmului de detecție și analiză a saccadelor binoculare

Pentru implementarea algoritmului de detecție și analiză a saccadelor binoculare am dezvoltat un algoritm în MATLAB. Acesta este organizat modular și cuprinde mai multe etape: achiziția și preprocesarea datelor (inclusiv generarea vectorului temporal), calculul vitezei instantanee a privirii, detecția saccadelor bazată pe praguri de viteză și durată, precum și extragerea parametrilor saccadici pentru fiecare ochi. Detecția se face în două faze: inițial sunt identificate segmentele de mișcare oculară rapidă, apoi acestea sunt validate pe baza duratei minime acceptabile, pentru a elimina artefactele și zgomotul de fond.

Pentru fiecare ochi (OS și OD), sunt calculați trei parametri esențiali: frecvența saccadelor (Hz), amplitudinea medie (cm) și durata medie (ms). Aceste valori permit evaluarea detaliată a comportamentului oculomotor. În plus, sunt calculate automat diferențele absolute între ochi pentru aceiași parametri, ceea ce permite evaluarea asimetriei binoculare – un posibil indicator al unor disfuncții neurologice.

Parametrii algoritmului (pragul de viteză, durata minimă, frecvența de eșantionare) au fost optimizați pentru a asigura echilibrul între sensibilitate și specificitate. Sistemul este capabil să proceseze volume mari de date și să genereze automat rapoarte detaliate care includ valorile parametrilor calculați, diferențele binoculare și configurația tehnică. Aceste rapoarte sunt exportate în mai multe formate (CSV, PNG, JPG, DOCX), denumite sistematic, și pot fi integrate ușor în protocoale de cercetare sau diagnostic.

Testările experimentale au validat funcționalitatea sistemului, demonstrând capacitatea de procesare automată și extragere coerentă a indicatorilor sacadici. Astfel, algoritmul oferă o soluție completă și adaptabilă pentru analiza cantitativă a mișcărilor oculare, cu aplicații potențiale în evaluarea tulburărilor neurologice, în special acolo unde se suspectează asimetrii oculomotorii.

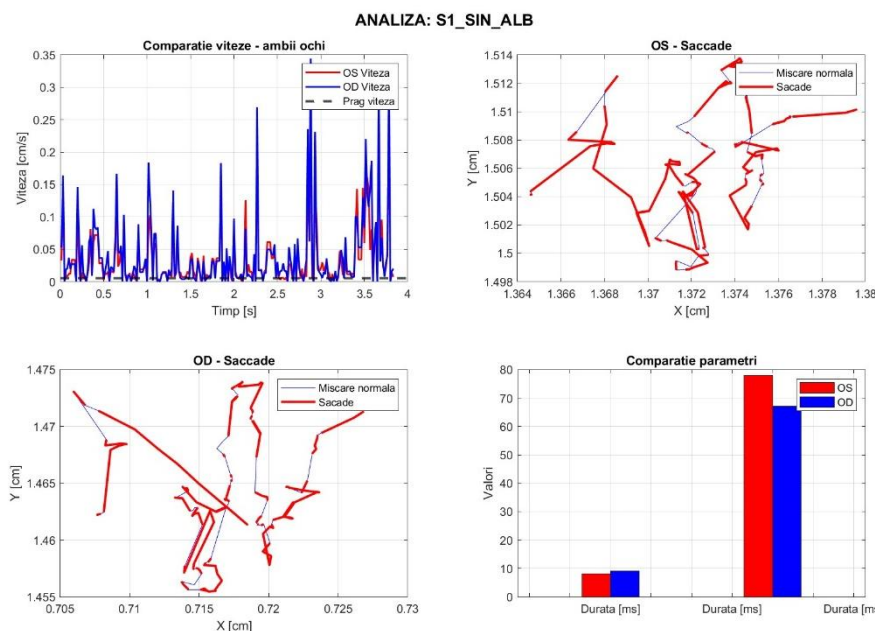


Figura 13 – Analiza variației sacadelor și a vitezei mișcărilor oculare - evaluare binoculară

6.7.2. Modelarea comportamentului sacadic în contextul stărilor emoționale

Acest subcapitol explorează modul în care comportamentul sacadic este influențat de stările emoționale ale subiectului. Astfel am dezvoltat un model analitic în MATLAB care corelează parametrii sacadelor – amplitudine, durată, frecvență și vectorul direcției privirii – cu un indice al activării emoționale (E). Modelarea are la bază un proces stochastic de tip Poisson, care reflectă caracterul aleator al apariției sacadelor în funcție de intensitatea emoțională.

Modelul simulează trei scenarii distincte: calm ($E = 0.1$), intermediar ($E = 0.5$) și stres ($E = 0.9$), fiecare cu caracteristici sacadice diferite. În starea de calm, sacadele sunt mai rare și mai ample; în stres, acestea devin mai frecvente și mai scurte, reflectând o fragmentare a privirii. Sistemul reprezintă grafic traiectoriile privirii și monitorizează în timp real un set de parametri: nivelul emoțional, unghiul și vectorul direcției privirii, precum și prezența sau absența sacadelor.

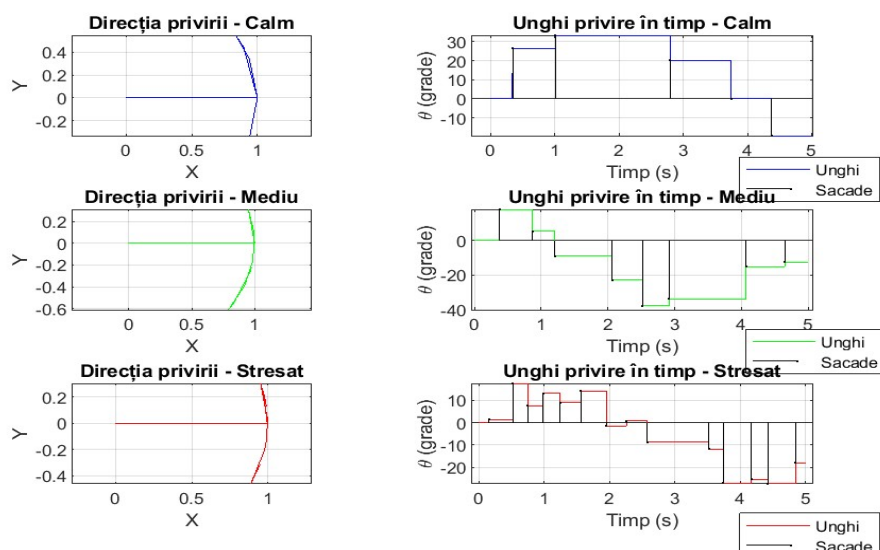


Figura 14 - Variația sacadelor în funcție de starea emoțională

Folosirea procesului Poisson este justificată prin distribuția aleatorie a sacadelor și prin lipsa unei periodicități regulate. Frecvențele sacadelor diferă semnificativ între stările emoționale, variind de la aproximativ 2/s în calm până la 6/s în stres. Această variabilitate permite utilizarea modelului pentru estimarea indirectă a stării emoționale pe baza comportamentului ocular.

Modelul propus poate deveni un instrument valoros pentru cercetare și aplicații clinice, oferind o abordare non-invazivă în detecția stărilor psihologice sau tulburărilor neurologice precum ADHD sau Parkinson. Capacitatea de a simula și analiza automat aceste fenomene deschide direcții pentru dezvoltarea de tehnologii de biofeedback, evaluare cognitivă sau interfețe adaptive în realitate virtuală și neuroștiințe aplicate.

7. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Acest capitol prezintă rezultatele obținute în urma aplicării metodologiei de cercetare și a procesului de implementare detaliate în capitolele precedente. Datele colectate prin tehnologia de eye-tracking sunt analizate și interpretate în raport cu obiectivele stabilite. Rezultatele sunt organizate pe baza criteriilor specifice, cum ar fi tipurile de sarcini, categoriile de participanți, parametrii oculomotori măsurați, oferind răspunsuri la întrebările de cercetare formulate inițial. Pentru fiecare set de date, se prezintă analize specific și adecvate, urmată de interpretarea rezultatelor în contextul obiectivelor propuse.

7.1. Rezultatele obținute prin sistemul experimental de calibrare și de urmărire a mișcărilor oculare

Prin utilizarea sistemului MATLAB pentru urmărirea mișcărilor oculare, au fost colectate date de la 8 subiecți în condiții controlate. Sistemul a folosit stimuli vizuali constând în puncte luminoase roșii afișate într-o matrice 3x3, fiecare timp de 3 secunde, cu pauze de 0.5 secunde. Camera web a permis detectarea în timp real a poziției pupilei, iar datele au fost procesate pentru a obține o reprezentare completă a traseului privirii.

Rezultatele sunt prezentate grafic și includ: pozițiile estimate ale pupilei, coordonatele LED-urilor target, comparații între punctele de calibrare și cele măsurate, precum și erorile asociate. Aceste elemente reflectă precizia sistemului în captarea și analizarea comportamentului ocular, validând funcționalitatea algoritmilor dezvoltați. În urma analizării tuturor rezultatelor obținute, s-a constatat o bună corelare între predicțiile sistemului și pozițiile reale ale stimulilor, confirmând eficiența calibrării vizuale automate.

7.2. Rezultatele etapei de stimulare vizuală și procesare video

În această etapă, participanții au fost expuși la stimuli mobili generați în LabVIEW, cu trei tipuri de traiectorii: liniară, dinți de fierăstrău și sinusoidală. Datele înregistrate au fost procesate cu ajutorul platformelor cvMob, Excel și MATLAB, permițând analiza precisă a răspunsului oculomotor pentru fiecare ochi.

Deși aplicația LabVIEW oferă și posibilitatea simulării unor disfuncții oculomotorii, generând traiectorii ideale și deviații caracteristice utile în analiza comportamentului ocular în contexte patologice, în cadrul prezentei teze a fost utilizată exclusiv opțiunea corespunzătoare ochiului emetrop.

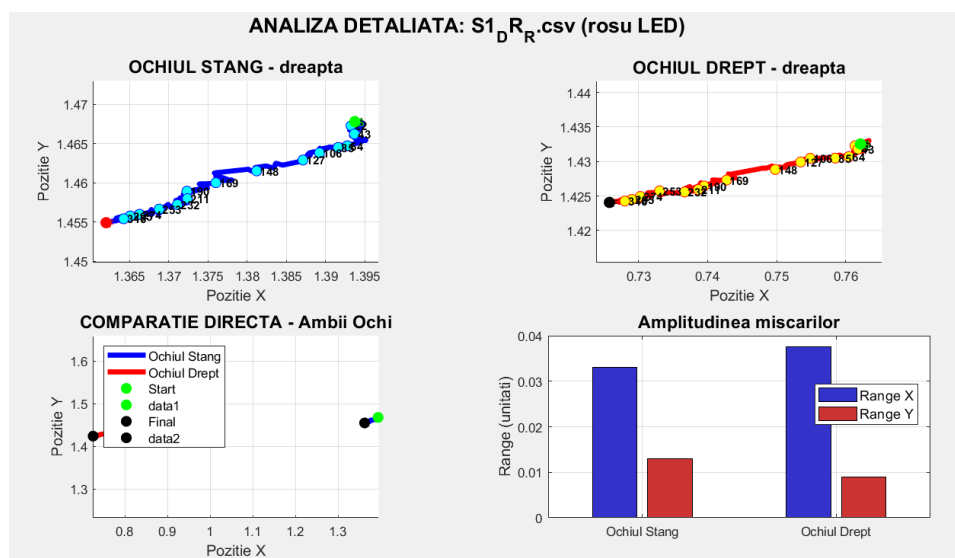
S-a observat că traiectoria liniară a fost cel mai ușor de urmărit, în timp ce traiectoriile neregulate au evidențiat variații individuale mai mari.

Datele obținute (poziție, abatere, viteză, accelerație) constituie baza analizelor comparative și interpretărilor ulterioare privind performanța și coordonarea sistemului oculomotor.

7.3. Analiza cinematică mișcărilor oculare sub stimulare cromatică

Această secțiune sintetizează efectele stimulilor cromatici asupra comportamentului oculomotor. Participanții au fost expuși la fundaluri colorate (verde, albastru, alb și roșu), în condiții controlate, folosind un sistem experimental cu LED-uri RGB și aplicații MATLAB–LabVIEW dedicate analizei direcției privirii, amplitudinii și vitezei sacadelor, precum și disparității binoculare.

Rezultatele evidențiază diferențe semnificative între ochi și între condițiile cromatice. În cazul fundalului verde, subiecții au prezentat o urmărire stabilă, dar cu oscilații ușor mai pronunțate decât pe fundalul neutru. Fundalul roșu a generat cele mai mari variații și amplitudini sacadice. Analiza temporală (a subiectului 1) arată o degradare progresivă a controlului mișcărilor oculare sub influența culorii roșii, cu fluctuații frecvente și disparitate binoculară crescută.



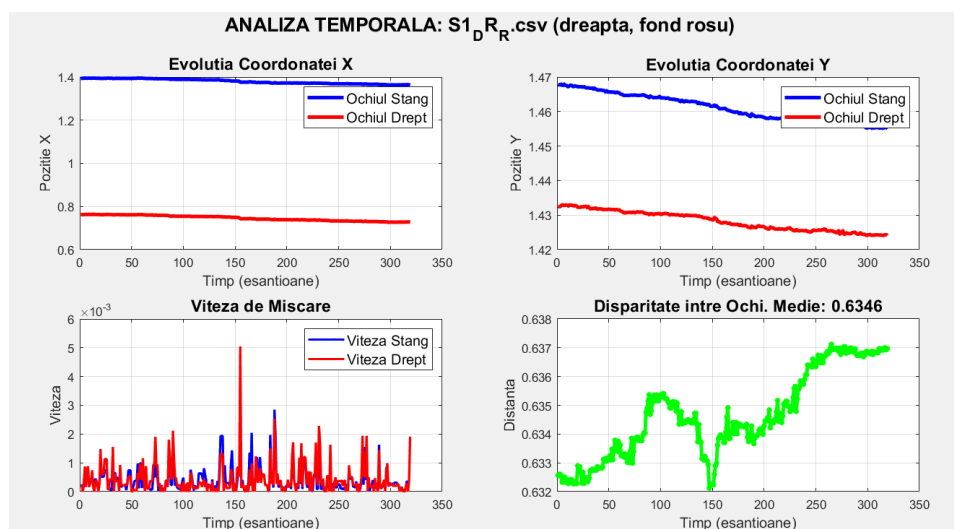


Figura 15 – Rezultatele stimulării cromatice: S1_DR_R (subiectul 1, traiectorie liniară, culoarea fundalului roșu)

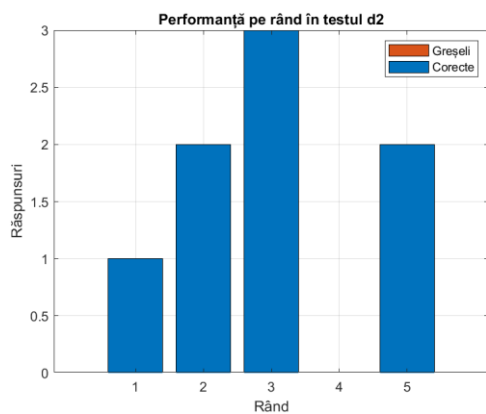
Stimularea cromatică influențează astfel semnificativ parametrii oculomotori, iar rezultatele susțin ipoteza că fundalul roșu perturbă cel mai mult stabilitatea și coordonarea vizuală, comparativ cu celelalte culori testate.

Rapoartele analizelor detaliate, corespunzătoare fiecărui subiect și fiecărei traiectorii (liniară, sinusoidală și în zigzag), pe fiecare dintre fundalurile colorate utilizate (alb, albastru, verde și roșu), se regăsesc în teza - anexele 7 - 14 .

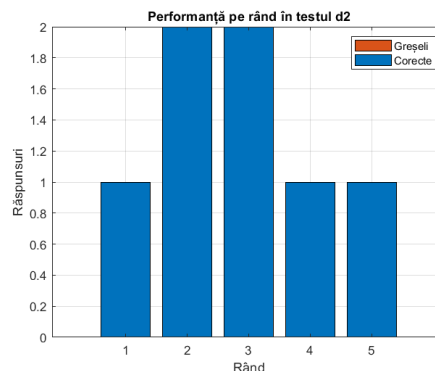
7.4. Rezultatele etapei de evaluare a atenției prin teste cognitive standardizate

Evaluarea performanțelor cognitive a fost realizată în condiții controlate, folosind testele D2, T.O.V.A. și Stroop, implementate cu ajutorul scripturilor MATLAB. Pe durata testării, activitatea EEG a fost monitorizată în timp real, oferind o perspectivă integrată asupra atenției susținute și controlului cognitiv. Datele obținute au permis identificarea diferențelor interindividuale privind capacitatea de concentrare, viteza de reacție și inhibiția cognitivă.

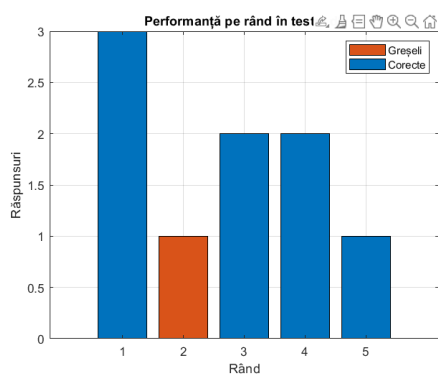
Analiza testului D2 a evidențiat diferențe semnificative între participanți în ceea ce privește atenția selectivă și consistența răspunsurilor. **Subiecții 1, 4 și 6** s-au remarcat prin **performanțe ridicate și adaptare eficientă**, în timp ce **subiecții 2, 3 și 5** au avut rezultate **moderate, cu variații în controlul erorilor**. **Subiecții 7 și 8** au obținut cele mai scăzute scoruri, prezentând **dificultăți în menținerea vigilenței cognitive** pe durata testului.



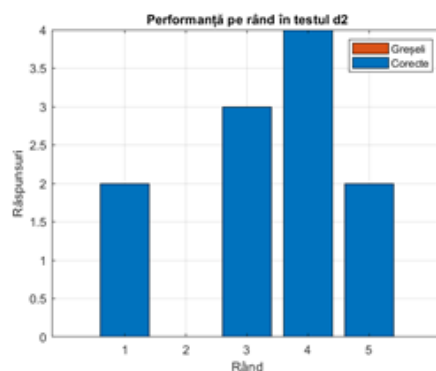
Sub.1



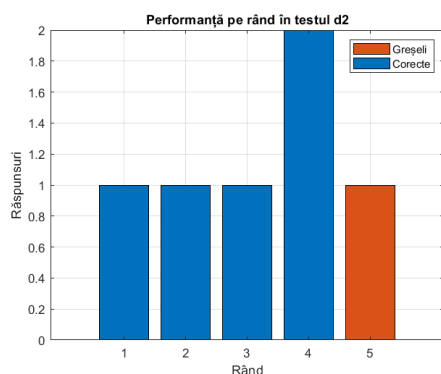
Sub.2



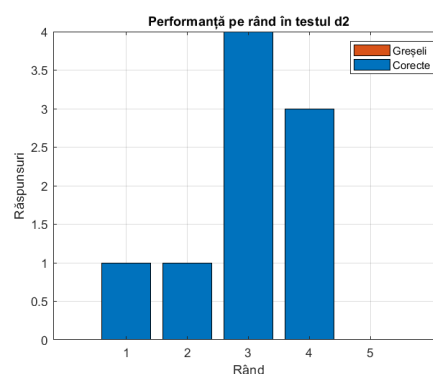
Sub.3



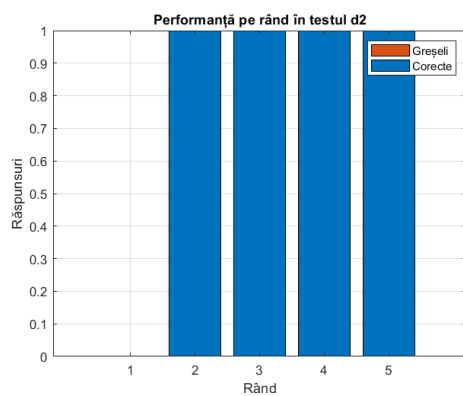
Sub.4



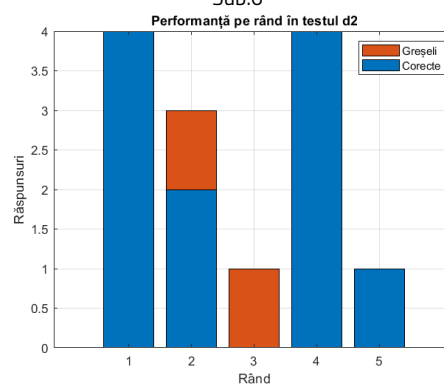
Sub.5



Sub.6



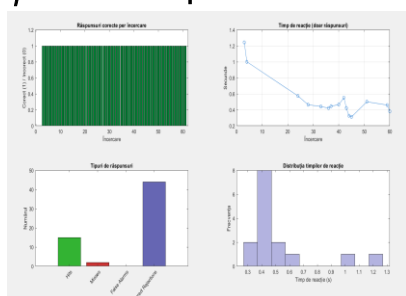
Sub.7



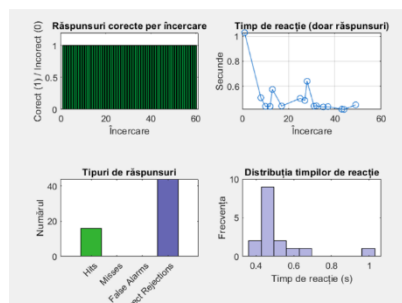
Sub.8

Figura 16 – Rezultatele testelor de atenție D2

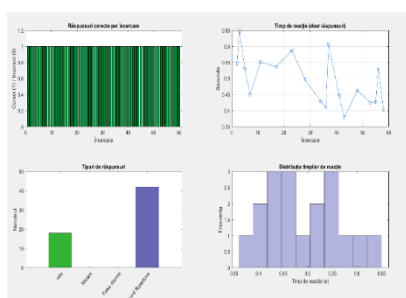
Rezultatele testului T.O.V.A. au confirmat profilurile cognitive identificate anterior, punând accent pe **capacitatea de atenție susținută** și control inhibitor. Majoritatea participanților au menținut o acuratețe ridicată, dar au existat diferențe clare în dinamica timpilor de reacție. **Subiecții 1, 2 și 8** au demonstrat **adaptare progresivă și eficiență cognitivă**, în timp ce subiecții **3, 4 și 5** au prezentat **oscilații și erori**, indicând o instabilitate în procesarea informației vizuale rapide.



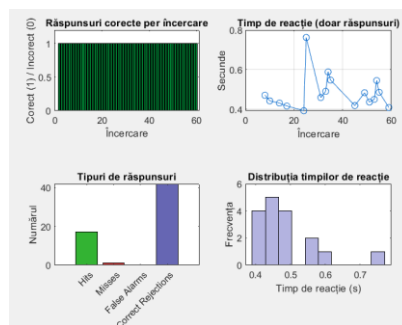
Sub.1



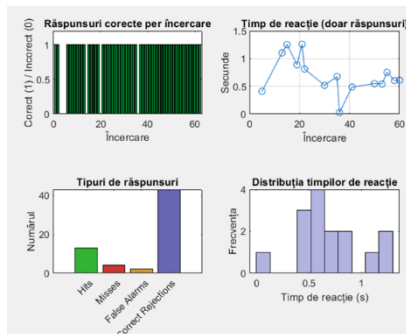
Sub.2



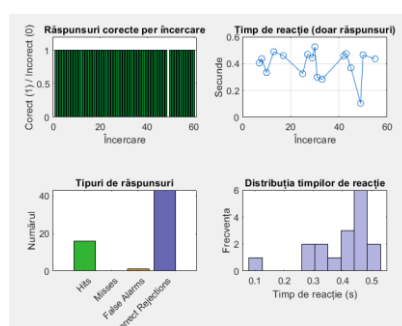
Sub.3



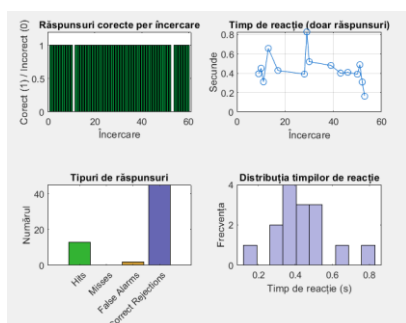
Sub.4



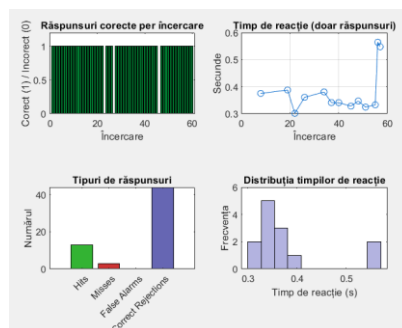
Sub.5



Sub.6



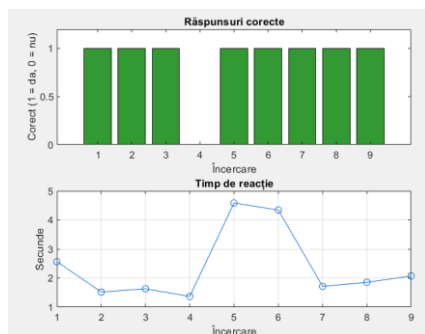
Sub.7



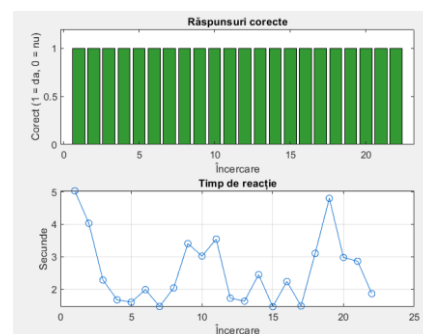
Sub.8

Figura 17 – Rezultatele testelor T.O.V.A.

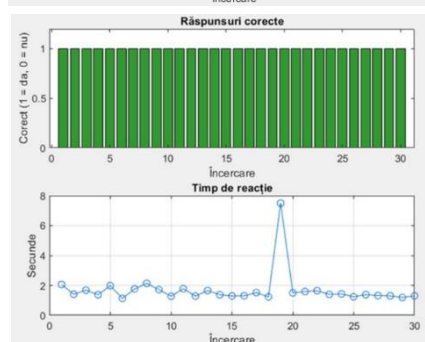
Testul **Stroop** a relevat **nivelul de control cognitiv în fața conflictelor** mentale. Cei mai mulți participanți au obținut scoruri excelente, reușind să inhide reacțiile automate și să gestioneze corect sarcina. Singura excepție notabilă a fost **subiectul 5**, care nu a reușit să mențină precizia sub presiunea conflictului cognitiv, sugerând **dificultăți în gestionarea atenției în condiții stresante**.



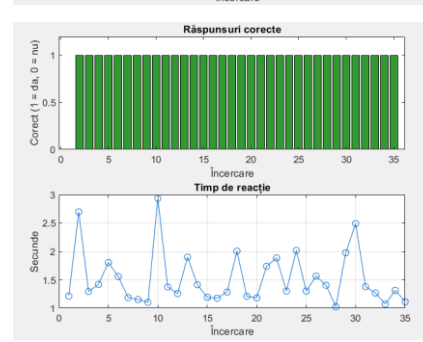
Sub.1



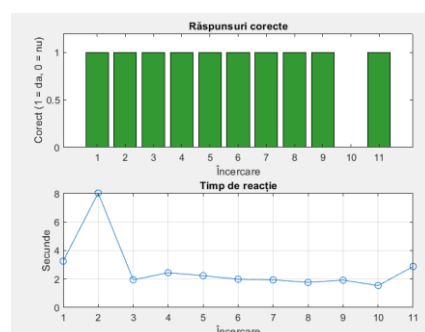
Sub.2



Sub.3



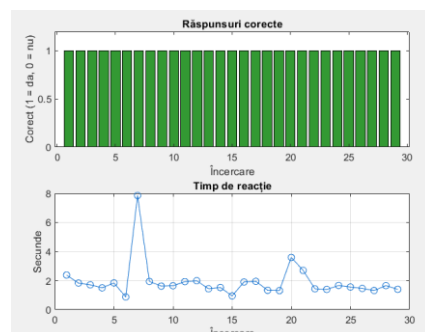
Sub.4



Sub.5



Sub.6



Sub.7



Sub.8

Figura 18 – Rezultatele testelor Stroop

Corelarea între cele trei teste a confirmat că participanții cu performanțe ridicate la D2 (subiecții 1, 4, 6) au avut rezultate similare și la T.O.V.A. și Stroop, conturând profiluri cognitive stabile. Subiectul 7 a menținut o abordare coerentă, dar a avut oscilații de performanță, în timp ce subiectul 5 a înregistrat dificultăți la toate testele, indicând posibile deficite în atenția susținută și controlul inhibitor.

7.5. Rezultatele măsurătorilor EEG pe baza indicatorilor de atenție și meditație

Analiza înregistrărilor EEG realizate cu NeuroSky a oferit o perspectivă valoroasă asupra activării cognitive în timpul testării. Valorile medii ale indicatorilor de atenție și meditație, analizate în paralel cu performanțele la testele D2, T.O.V.A. și Stroop, au evidențiat profiluri distincte ale sistemului vizuo-motor pentru fiecare participant.

Subiectul 1 a prezentat o activare echilibrată între atenție și meditație, cu valori stabile în jurul a 83, sugerând o coordonare eficientă între concentrare activă și relaxare cognitivă. Performanțele la cele trei teste au fost constante și precise, cu un timp mediu de reacție de 2,40 secunde.

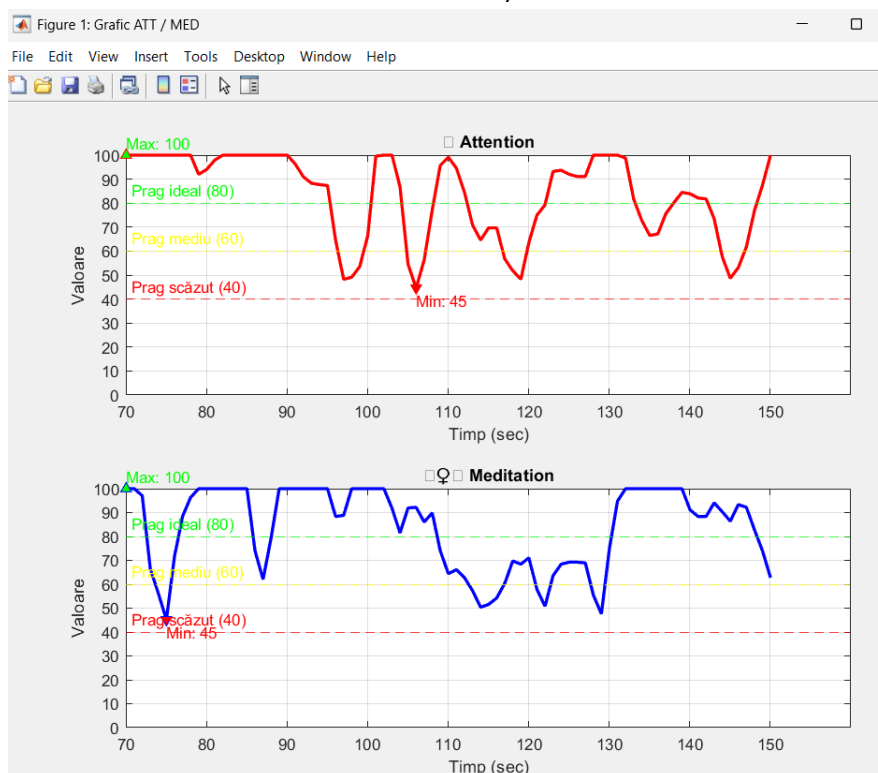


Statistici generale:

- ATTENTION: media = 83.38
- MEDITATION: media = 83.48

a)

b)



c)



5 Rezultatele subiectului 1: a) fotografia subiectului; b) valorile medii ale atenției și meditației; c) extragerea și cuantificarea valorilor de atenție și concentrare/meditație sub formă grafică; d) variații ale interfeței aplicației Neuro Sky în timpul desfășurării experimentelor

Subiectul 2 a înregistrat cele mai mari valori pentru ambii indicatori (aproape 99), cu o stabilitate excepțională, ceea ce a fost reflectat în rezultate comportamentale perfecte, inclusiv la T.O.V.A. și Stroop, unde acuratețea a fost de 100%.

Subiectul 3 a prezentat o activare predominant cognitivă, cu o meditație mai scăzută, dar menținând un echilibru eficient între concentrare și adaptabilitate. Testele confirmă un profil vizuo-motor foarte bun, cu o medie de reacție de 1,70 secunde la Stroop.

Subiectul 4 a avut o meditație dominantă față de atenție, sugerând o stare de calm alert. Deși au existat oscilații, sistemul a demonstrat reziliență și stabilitate. Performanțele cognitive au fost ridicate, în special în Stroop și T.O.V.A.

Subiectul 5 a menținut un echilibru între atenție și meditație, cu o ușoară predominanță a activării cognitive. Performanțele sale au fost bune, cu precizie crescută și timp mediu de reacție de 2,72 secunde în Stroop.

Subiectul 6 a avut una dintre cele mai ridicate activări cognitive (atenție aproape 100), indicând o utilizare intensă a resurselor mentale. Meditația a variat mai mult, dar procesarea vizuală s-a menținut optimă pe toată durata testării.

Subiectul 7 a înregistrat o activare cognitivă susținută și adaptare progresivă, cu o meditație stabilă. Datele EEG și performanțele excelente la testele cognitive confirmă eficiența coordonării vizuo-motorii și flexibilitatea mentală.

Subiectul 8 a prezentat un profil activ și bine echilibrat, cu o atenție ridicată și o meditație în creștere spre finalul testului. Performanțele au fost excelente în toate cele trei probe, cu acuratețe maximă în Stroop și viteză crescută de reacție.

În ansamblu, analiza EEG corelează fidel activarea cognitivă cu performanțele comportamentale observate, demonstrând relevanța indicatorilor de atenție și meditație în interpretarea funcționării sistemului vizuo-motor în condiții cognitive variate.

7.6. Rezultatele etapei de evaluare post-experimentală

La finalizarea sesiunii experimentale, toți participanții au completat chestionarul standardizat de evaluare subiectivă intitulat *"Impactul culorilor asupra stărilor emoționale"*, implementat prin intermediul platformei Google Forms. Această etapă finală a permis obținerea feedbackului direct de la subiecți privind percepțiile și experiențele lor în timpul desfășurării protocolului experimental.

7.7. Analiza automată a saccadelor binoculare

Implementarea instrumentului MATLAB pentru analiza automată a saccadelor binoculare permite procesarea sistematică a datelor experimentale obținute de la 8 subiecți, pe 3 tipuri de traiectorii (liniară, sinusoidală, zigzag) și 4 variante de culoare a fundalului (alb, albastru, verde, roșu), rezultând un total de 96 de analize individuale. Algoritmul validează capacitatea de a procesa în mod coerent întregul set de date și de a furniza, pentru fiecare combinație experimentală, **parametrii esențiali ai comportamentului saccadic — frecvența, amplitudinea și durata medie — alături de indicatorii de asimetrie binoculară.**

Rezultatele obținute prin analiza automată a saccadelor binoculare reflectă complexitatea răspunsurilor individuale, evidențiind atât trăsături comune ale comportamentului oculomotor, cât și variații semnificative între subiecți. Analiza comparativă sugerează existența unor tendințe distincte la nivel individual, cu diferențe în modul de organizare a saccadelor și în distribuția acestora pe durata sarcinii vizuale.

Procesarea automată confirmă funcționalitatea completă a instrumentului dezvoltat și susține aplicabilitatea sa în evaluarea experimentală a funcției oculomotorii binoculare, oferind suport pentru interpretările cantitative ce vor fi prezentate în continuare.

Analizând rezultatele pentru traiectoria sinusoidală pe fundal roșu, se observă o diversitate comportamentală remarcabilă între subiecți, care reflectă adaptarea individuală la complexitatea acestui tip de urmărire vizuală. Traiectoria sinusoidală solicită în mod constant sistemul oculomotor prin schimbările continue de direcție, generând modele de răspuns distincte la fiecare participant.

Subiecții S3 și S6 prezintă evenimente de viteză concentrate temporal, cu vârfuri intense ce depășesc semnificativ pragul de detecție, sugerând o strategie de urmărire prin salturi rapide între punctele cheie ale traiectoriei. Acești subiecți par să adopte o abordare predictivă, anticipând schimbările de direcție și executând mișcări saccadice ample pentru re poziționarea rapidă a privirii.

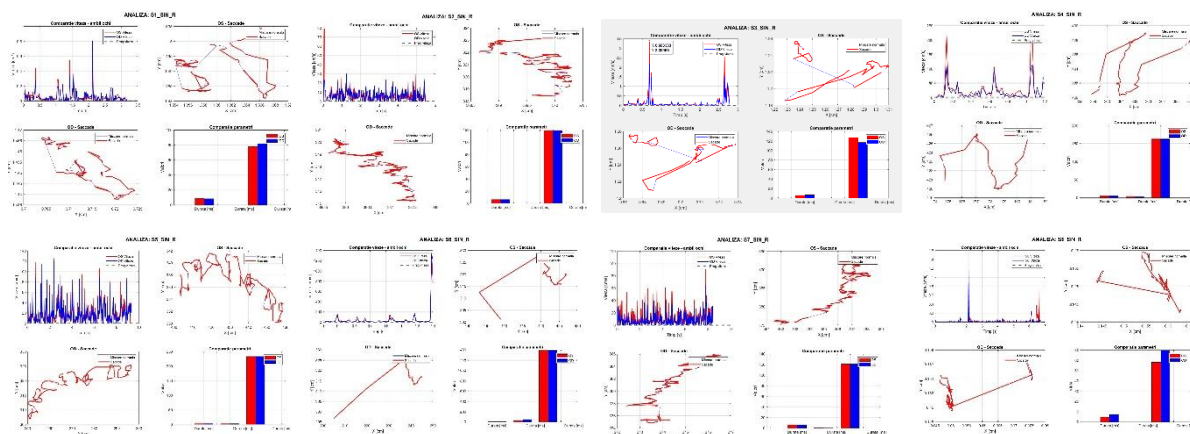


Figura 19 – Rezultatele analizei automate a sacadelor binoculare pentru traiectoria sinusoidală, pe fundal de culoare roșie

În contrast, **subiecții S1, S2, S4, S5 și S7** demonstrează un comportament exploratoriu continuu, cu multiple evenimente saccadice distribuite uniform pe durata sarcinii vizuale. Traiectoriile acestor subiecți prezintă modele complexe cu zone de căutare și ajustări fine, indicând o urmărire mai detaliată a formei sinusoidale prin monitorizarea continuă a variațiilor de direcție.

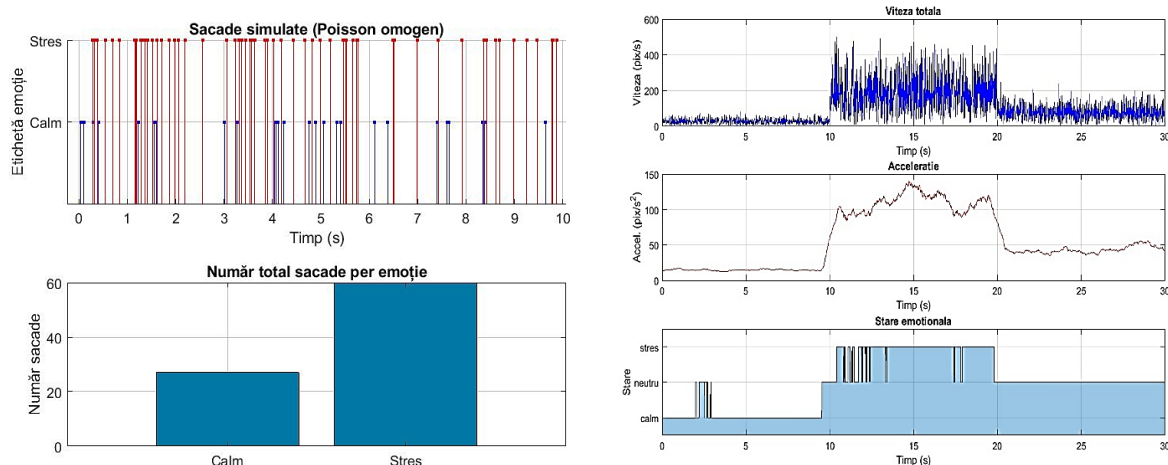
Subiectul S8 se remarcă prin amplitudinea extrem de redusă a mișcărilor, cu coordonate concentrate într-un spațiu foarte limitat, posibil indicând o dificultate de adaptare la complexitatea traiectoriei sau o strategie de urmărire predominant centrală cu mișcări oculare minimale.

Fundalul roșu pare să influențeze performanța saccadică prin efectul său asupra contrastului vizual și percepției temporale a mișcării. Această culoare de fundal poate modifica sensibilitatea sistemului vizual la detectarea schimbărilor direcționale ale traiectoriei sinusoidale, contribuind la diversitatea strategiilor de urmărire observate între subiecți.

Asimetriile binoculare prezintă variații semnificative între subiecți, cu diferențe de durată medie între ochiul stâng și drept cuprinse între 10-50 ms, ceea ce poate reflecta diferențe în procesarea vizuală sau coordonarea oculomotorie specifice traiectoriilor complexe. Această variabilitate confirmă importanța evaluării individuale a funcției binoculare în contextul sarcinilor vizuale dinamice și subliniază capacitatea instrumentului dezvoltat de a detecta și cuantifica aceste diferențe subtile între subiecți.

7.8. Simularea efectului sacadelor asupra direcției privirii în raport cu starea emoțională

Implementarea scriptului dezvoltat în mediul MATLAB permite efectuarea analizelor comparative între stări emoționale distincte. Potrivit exemplului următor, comparația se realizează între starea de calm constant (cu parametrul emoțional $e = 0,1$) și starea de stres constant ($e = 0,9$), demonstrând capacitatea modelului de a diferenția comportamentele oculare specifice.



6 - Graficul variației sacadelor în raport cu starea emoțională

Simularea implementată utilizează procesul Poisson omogen pentru generarea sacadelor, aplicând rate diferențiate $\lambda = f(e)$ specifice fiecărei stări emoționale. Rezultatele se vizualizează prin grafice temporale și histograme comparative care demonstrează variațiile comportamentului ocular în funcție de starea emoțională.

Aplicația dezvoltată procesează date experimentale reale colectate de la subiecții din eșantion prin intermediul software-ului cvMob (software de analiză a mișcării biomecanice din secvențe video care oferă analiză cinematică bidimensională). Această procesare generează seturi complete de date, incluzând pozițiile X și Y (în pixeli sau milimetri) ale markerilor virtuali aplicați pe zona oculară din secvențele video înregistrate în procedura experimentală, precum și datele temporale corespunzătoare (în secunde). Integrarea acestor date permite evaluarea cantitativă a efectului stărilor emoționale asupra parametrilor mișcării oculare în condiții experimentale controlate.

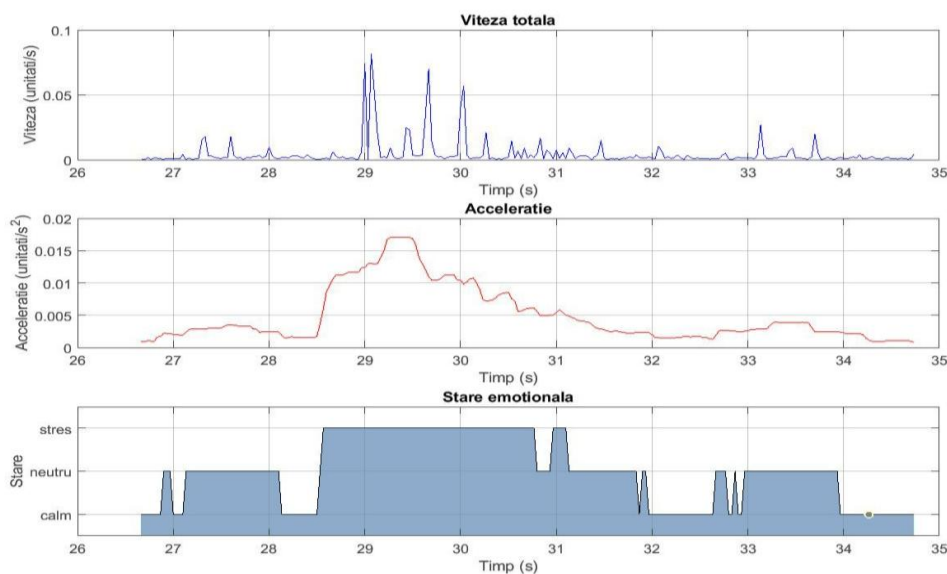


Figura 20 - Analiza parametrilor cinematici reali ai mișcării oculare (viteză, accelerație) în funcție de starea emoțională

Aplicația AEMO (Analiza Emoțiilor din Mișcarea Oculară) dezvoltată în cadrul cercetării demonstrează capacități eficiente de procesare și analiză a datelor experimentale. Sistemul procesează fișierele CSV exportate din cvMob, care conțin coloanele Time, X și Y, calculând automat viteza și accelerația mișcării oculare și estimând starea emoțională instantanee prin clasificarea în categoriile „calm”, „neutru” și „stres” pe baza pragurilor dinamice preconfigurate.

Aplicația implementează un sistem robust de detecție, care în cazul în care pragurile configurate nu permit identificarea tuturor stărilor emoționale (din cauza valorilor prea restrictive sau în afara intervalelor de referință), activează automat un mecanism de fallback bazat pe analiza temporală (aplicația folosește o metodă alternativă de clasificare a stărilor emoționale care se bazează pe timpul/durata în care apar anumite comportamente, nu pe amplitudinile sau valorile instantanee). Rezultatele procesării se vizualizează prin trei grafice distincte pentru viteză, accelerație și starea emoțională, iar datele calculate se salvează în format CSV pentru analize ulterioare și integrarea în baze de date experimentale.

Pentru optimizarea performanței analitice, aplicația integrează parametrii stimulilor vizuali colorați utilizați în cercetarea propriu zisă: lungimea de undă, luminozitatea și durata expunerii. Includerea acestor parametri în procesare se bazează pe evidențele din literatura de specialitate care confirmă influența determinantă a caracteristicilor luminii colorate asupra comportamentului ocular în condiții de stimulare vizuală controlată.

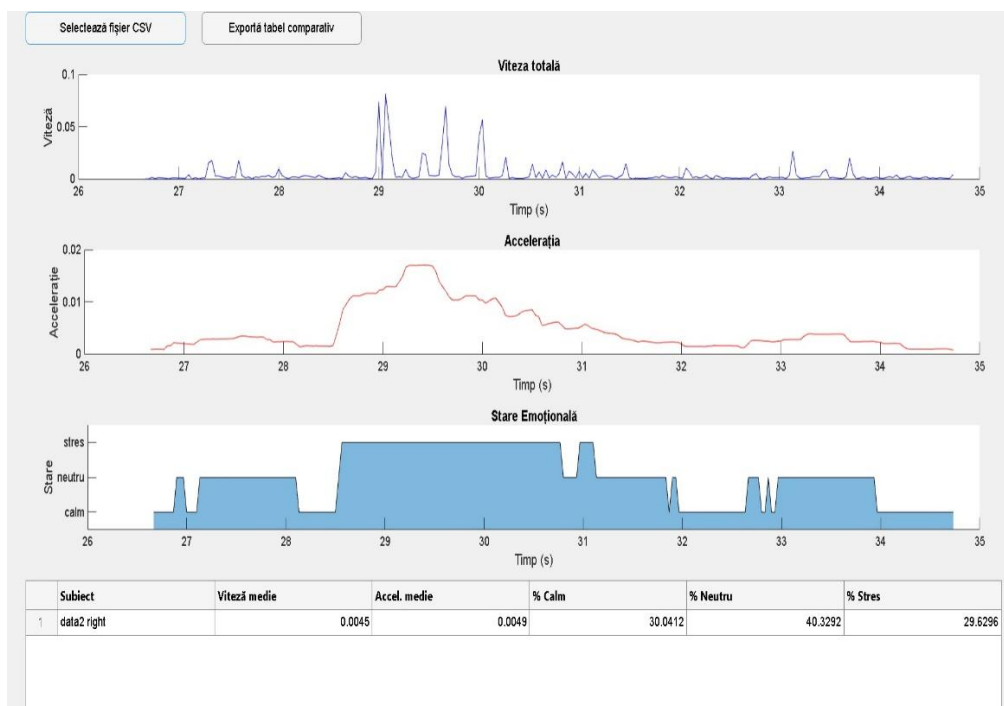


Figura 21 - Interfața aplicației AEMO dezvoltată în cadrul cercetării experimentale

Rezultatele analizei demonstrează potențialul metodei pentru identificarea precisă a stărilor emoționale în momente temporale cheie și pentru cuantificarea impactului stimulilor colorați asupra proceselor de atenție, concentrare și anxietate. Baza de date generată, conținând parametrii comportamentali înregistrați de la subiecții participanți, constituie un instrument valoros pentru specialiștii în optometria ocupațională în procesele de diagnostic, evaluare și optimizare a performanței vizuale și cognitive în medii de lucru cu stimulare vizuală specifică.

8. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE, DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

În raport cu obiectivele propuse și metodologia aplicată, cercetarea desfășurată oferă o serie de constatări preliminare ce susțin relevanța investigației asupra funcției vizuale și a comportamentului oculomotor în condiții controlate. Aceste rezultate reflectă potențialul aplicativ al instrumentelor dezvoltate, precum și fezabilitatea integrării acestora în protocoale de testare viitoare, standardizate. Concluziile formulate în continuare sintetizează contribuțiile aduse de această etapă exploratorie, evidențiind direcțiile posibile de extindere și consolidare a cercetării într-un cadru multidisciplinar.

8.1. Concluzii

✎ Cercetarea demonstrează că **monitorizarea mișcărilor oculare** constituie o metodă obiectivă și non-invazivă pentru evaluarea răspunsurilor emoționale induse de stimuli colorați, oferind perspective importante asupra interacțiunii dintre percepția vizuală și procesele afective. Rezultatele evidențiază **capacitatea culorilor de a genera modificări rapide și diferențiate ale atenției vizuale și stării emoționale, confirmând relevanța acestei abordări în domeniul psihologiei experimentale.**

Din perspectiva ingineriei biomedicale, integrarea tehnologiilor de eye-tracking în sisteme biomecanice avansate deschide noi direcții pentru dezvoltarea interfețelor om-mașină adaptive și pentru optimizarea designului ergonomic. Principiile identificate pot fi aplicate în ingineria mecanică pentru crearea de sisteme de control bazate pe urmărirea privirii, precum și în dezvoltarea de dispozitive medicale care monitorizează starea emoțională a pacienților prin analiza comportamentului ocular.

Metodologia dezvoltată contribuie la înțelegerea mecanismelor neurobiologice care guvernează răspunsurile la stimuli vizuali, oferind baze teoretice solide pentru implementarea în sisteme biomecatronice destinate aplicațiilor terapeutice și de reabilitare cognitivă.

✎ Studiul relevă existența unor **tipare distinctive în răspunsurile oculomotoare asociate cu diferite categorii cromatice**, demonstrând că culorile calde generează modificări comportamentale și atenționali distincte față de culorile reci. Identificarea acestor profile specifice de răspuns oferă o bază empirică pentru dezvoltarea de algoritmi de recunoaștere emoțională în sisteme biomedicale inteligente.

Diferențierea clară între efectele culorilor asupra stărilor de excitație și relaxare constituie un fundament solid pentru implementarea în sisteme biomecanice adaptive, care pot

modula automat parametrii de funcționare în funcție de starea emoțională detectată prin monitorizarea oculară. Aceste descoperiri facilitează integrarea principiilor psihofizice în designul de interfețe om-mașină pentru aplicații în ingineria de reabilitare și asistență medicală.

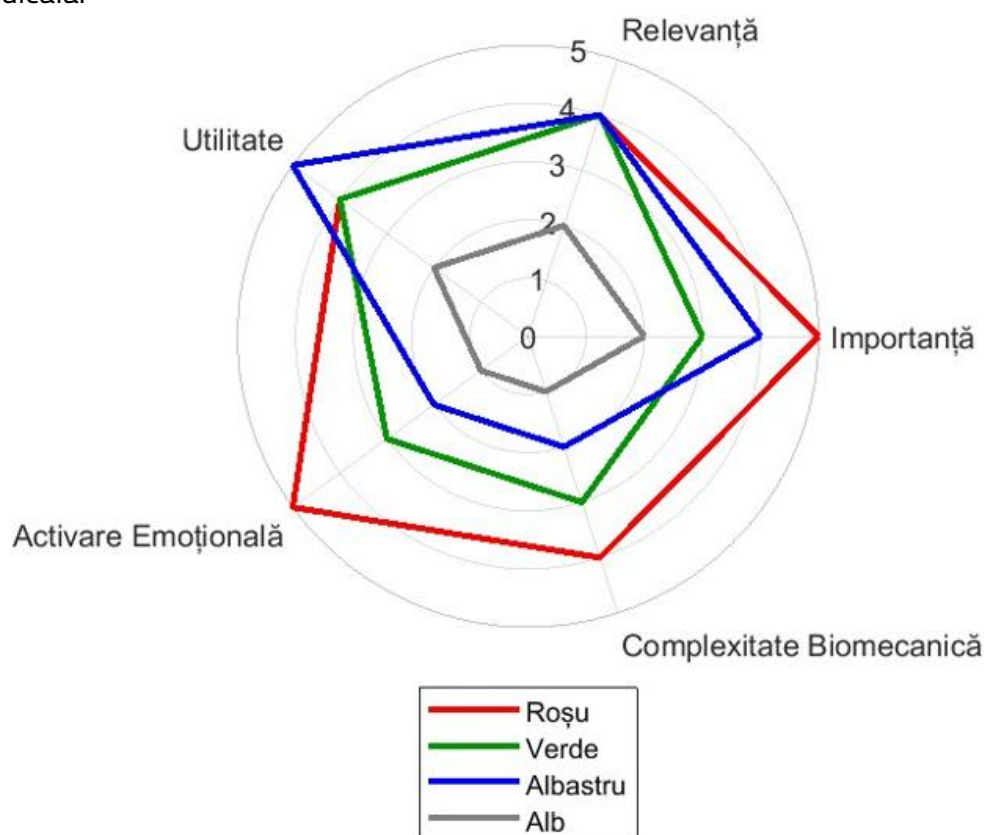


Figura 22– Influența luminii colorate asupra sistemului vizual și emoțional

Corelația identificată între proprietățile cromatice și durata fixărilor oculare oferă ingineriei biomedicale instrumente precise pentru dezvoltarea de dispozitive de diagnostic non-invaziv și sisteme de monitorizare continuă a stării psihoemoționale în medii clinice și industriale.

↳ Analiza multiparametrică a indicatorilor oculari - durata fixărilor, frecvența sacadelor și dilatarea pupilei - demonstrează existența **unui sistem complex de răspunsuri fiziologice corelate cu intensitatea stărilor emoționale induse.**

↳ Rezultatele cercetării demonstrează **potențialul translational al metodologiei dezvoltate, oferind aplicabilitate directă în domenii interdisciplinare precum psihologia cognitivă, neuromarketingul și designul de interfețe adaptive.**

↳ Recunoașterea aspectelor metodologice ce necesită optimizare.

↳ Intensitatea răspunsului emoțional, evaluată prin măsurători ale undelor cerebrale, confirmă magnitudinea modificărilor în comportamentul ocular (timpul de fixare,

dilatarea pupilară, frecvența sacadelor) ca răspuns la stimuli vizuali și auditivi cu încărcătură emoțională.

- ↳ Performanța la testele standardizate de atenție cognitivă (D2, Stroop și T.O.V.A.) corelează semnificativ cu tiparele de activitate cerebrală înregistrate prin intermediul căștii NeuroSky.
- ↳ Integrarea datelor obținute din testele de atenție cognitivă cu măsurătorile electroencefalografice de la casca NeuroSky permite dezvoltarea unui model care caracterizează obiectiv nivelurile de atenție și concentrare în procesarea vizuală.

8.2. Contribuții originale

Prezenta lucrare de doctorat aduce o serie de contribuții originale în domeniul analizei sistemelor vizuale umane și al tehnologiilor de urmărire oculară, rezultate din cercetarea experimentală desfășurată și din analiza contextuală a domeniului bio-mecanic. Aceste contribuții vizează dezvoltarea metodologică, inovația tehnologică și fundamentarea teoretică, oferind perspective noi asupra integrării stimulilor multisenzoriali în evaluarea funcțiilor vizuale și cognitive.

Contribuțiile identificate sunt următoarele:

- ↳ Identificarea și fundamentarea importanței domeniului de studii asupra sistemului vizual uman prin analiza comparativă a practicilor europene în optometrie și evaluarea sistemelor vizuale.
- ↳ Enunțarea principiilor pentru a dezvolta și confirma un model teoretic și experimental pentru analiza mișcărilor oculare.
- ↳ Identificarea principalelor direcții de cercetare prin analiza scientometrică a literaturii de specialitate.
- ↳ Propunerea unui model teoretic opto-biomecanic bazat pe softuri de modelare specifice
- ↳ Propunerea unui model experimental – bazat pe elemente flexibile și interconectate.
- ↳ Evidențierea rolului și a relevanței analizei asupra sistemului vizual uman
- ↳ Contribuții la conceperea și extinderea aspectelor teoretice prin modelare digitală în domeniul opto-mecanic.
- ↳ Contribuții la dezvoltarea aplicațiilor de analiză a biomecanicii sistemului vizual.
- ↳ Analiza critică și criterială a echipamentelor de monitorizare a comportamentului vizual uman.
- ↳ Dezvoltarea unui sistem flexibil, deschis pentru achiziția, prelucrarea și interpretarea datelor experimentale, asigurând compatibilitatea și integritatea acestora.
- ↳ Conceperea și aplicarea unor mecanisme robuste și validate de corelare a

efectelor stimulării sistemului vizual uman cu răspunsurile obiective și subiective (prin modelări de date experimentale).

- ↳ Realizarea cuantificării nivelului de sinergie în biomecanica oculară umană
- ↳ Elaborarea și implementarea ecuațiilor empirice pentru evaluări specifice în monitorizarea și analiza sistemului vizual.

8.3. Direcții viitoare de cercetare

Rezultatele cercetării desfășurate oferă puncte de plecare relevante pentru extinderea și aprofundarea investigațiilor asupra funcției vizuale. În contextul evoluției tehnologiilor de monitorizare vizuală și al creșterii interesului pentru integrarea acestor date în aplicații medicale și inginerești, se conturează un cadru propice pentru abordări interdisciplinare. În special, conexiunile dintre psihologia experimentală, neuroștiințe, ingineria mecanică, ingineria biomedicală și sistemele biomecanice deschid noi perspective în ceea ce privește dezvoltarea de instrumente avansate pentru analiza comportamentului vizual. Explorarea acestor direcții poate contribui la consolidarea unor metodologii obiective și aplicabile atât în cercetare, cât și în practică clinică sau educațională.

↳ O primă direcție viitoare de cercetare, reieșită din rezultatele cercetării exploratorii, s-a identificat a fi posibilitatea de utilizare a unor echipamente de achiziție date compatibile, deschise și integrate, devenind un sistem portabil.

↳ O a doua direcție de cercetare vizează dezvoltarea unei metodologii integrate de evaluare a funcției vizuale, care să combine datele obținute prin simulări controlate (inclusiv în condiții patologice) cu analiza cantitativă a mișcărilor oculare, în vederea monitorizării continue și obiective a comportamentului oculomotor.

↳ A treia direcție viitoare de cercetare se concentrează asupra extinderii aplicației în analiza comportamentului vizual la diferite categorii de participanți, cu scopul de a surprinde evoluția funcției vizuale în raport cu variabile precum vârsta, istoricul clinic, prezența unor afecțiuni oculomotorii sau particularități neuro-motorii.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] World Health Organization, *World report on vision*. Geneva: World Health Organization, 2019. Accessed: Jul. 27, 2024. [Online]. Available: <https://iris.who.int/handle/10665/328717>
- [2] "Report on visual impairment and road safety among older road users." Accessed: Oct. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.college-optometrists.org/category-landing-pages/driving/visual-impairment-road-safety>
- [3] A. Pathipati and J. Tsai, "Eye Care Industry Analysis," *J Acad Ophthalmol*, vol. 10, no. 01, pp. e5–e11, Jan. 2018, doi: 10.1055/s-0037-1620237.
- [4] "VOsviewer Online." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://app.vosviewer.com>
- [5] "Document Search - Web of Science Core Collection." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>
- [6] Eddie-Yin-Kwee Ng, Ean-Hin Ooi, U. Rajendra Archarya, "A comparative study between the two-dimensional and three-dimensional human eye models," *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 48, no. 5–6, pp. 712–720, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.mcm.2007.11.011.
- [7] D. H. Szczęśna and H. T. Kasprzak, "The modelling of the influence of a corneal geometry on the pupil image of the human eye," *Optik*, vol. 117, no. 7, pp. 341–347, Jul. 2006, doi: 10.1016/j.ijleo.2005.11.001.
- [8] N. Adamo, "3D Simulator Of Ocular Motion And Expression," Aug. 2007, doi: 10.5281/ZENODO.1332607.
- [9] A. Rayamajhi, M. Helmer, M. Hetz, and C. Neumann, "The human eye: From Gullstrand's eye model to ray tracing today," *Lux junior 2021: 15. Internationales Forum für den lichttechnischen Nachwuchs, 04. – 06. Juni 2021, Ilmenau: Tagungsband*, pp. 201–209, 2021, doi: 10.22032/dbt.49329.
- [10] H. H. Emsley, "Criteria for the Design of Wide Vision Spectacle Lenses," *Clinical and Experimental Optometry*, vol. 36, no. 10, pp. 441–447, Oct. 1953, doi: 10.1111/j.1444-0938.1953.tb06377.x.
- [11] H. H. Emsley, "Some notes on space perception," *Proc. Phys. Soc.*, vol. 56, no. 5, pp. 293–304, Sep. 1944, doi: 10.1088/0959-5309/56/5/301.
- [12] Agustin Santiago-Alvarado and Angel S. Cruz-Félix, "Mimicking the crystalline lens of the human eye." Accessed: Dec. 03, 2024. [Online]. Available: <https://spie.org/news/5923-mimicking-the-crystalline-lens-of-the-human-eye>

- [13] I. C. Roșca and I. Șerban, "Mișcarea de rotație cu punct fix," in *Fundamente de biomecanică*, 2015th ed., in Inginerie medicală. , Brașov: Editura Universității din Brașov, 2015, pp. 28–30, 141–144.
- [14] K. Rayner, "Eye movements in reading and information processing: 20 years of research," *Psychological Bulletin*, vol. 124, no. 3, pp. 372–422, 1998, doi: 10.1037/0033-2909.124.3.372.
- [15] J. D. Enderle, "Models of Horizontal Eye Movements, Part I: Early Models of Saccades and Smooth Pursuit," in *BIOMEDICAL ENGINEERING*, Morgan & Claypool Publishers, 2010, p. 149.
- [16] L. R. Young and D. Sheena, "Survey of eye movement recording methods," *Behavior Research Methods & Instrumentation*, vol. 7, no. 5, pp. 397–429, Sep. 1975, doi: 10.3758/BF03201553.
- [17] Cernea P., *Tratat de oftalmologie*. București: Editura Medicală, 2002.
- [18] M. I. Baritz, *Optica fiziologica : indrumar de lucrari de laborator [Resursa electronica]*. Brașov: Editura Universității Transilvania din Brașov, 2018.
- [19] "OSLO EDU FREE Download | Lambda Research Corporation." Accessed: Jun. 06, 2025. [Online]. Available: <https://lambdares.com/oslo-edu-download>
- [20] NeuroSky, Inc, "EEG Algorithm Descriptions." Feb. 22, 2016.
- [21] R. Brickenkamp, "Test d2: aufmerksamkeits-belastungs-test," 1962.
- [22] R. Brickenkam and E. Zillmer, "d2-Test of Attention (1st US edition ed.).(D. Emmans, Trans.)," *Cambridge/Toronto: Oxford/Bern/Göttingen: Hogrefe*, 1998.
- [23] "Does the d2 Test of Attention only assess sustained attention? Evidence of working memory processes involved: Applied Neuropsychology: Adult: Vol 31 , No 4 - Get Access." Accessed: May 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23279095.2021.2023152?scroll=top&needAccess=true>
- [24] K. Clauss, J. Y. Gorday, and J. R. Bardeen, "Eye tracking evidence of threat-related attentional bias in anxiety- and fear-related disorders: A systematic review and meta-analysis," *Clinical Psychology Review*, vol. 93, p. 102142, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.cpr.2022.102142.
- [25] A. Diamond, "Executive Functions," *Annual Review of Psychology*, vol. 64, no. Volume 64, 2013, pp. 135–168, Jan. 2013, doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- [26] R. Salo, T. E. Nordahl, G. P. Galloway, C. D. Moore, C. Waters, and M. H. Leamon, "Drug abstinence and cognitive control in methamphetamine-dependent individuals," *Journal of Substance Abuse Treatment*, vol. 37, no. 3, pp. 292–297, Oct. 2009, doi: 10.1016/j.jsat.2009.03.004.
- [27] "► Stroop Effect Test - Take The Stroop Test Online." Accessed: Jun. 05, 2025. [Online]. Available: <https://psycho-tests.com/test/stroop-test>

- [28] "How the T.O.V.A. works," The TOVA Company. Accessed: May 12, 2025. [Online]. Available: <https://tovatest.com/how-tova-works/>
- [29] **A. M. Lazar** *et al.*, "Conceptual Model of an Eye Movement Simulation Procedure for Motor Dysfunction Prediction," in *9th International Conference on Advancements of Medicine and Health Care Through Technology*, S. Vlad and N. M. Roman, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 13–22. doi: 10.1007/978-3-031-95671-3_2.

LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE PE TEMA TEZEI DE DOCTORAT ȘI ÎN TIMPUL STAGIULUI DOCTORAL

În cadrul parcursului doctoral, activitatea de cercetare științifică s-a concretizat prin elaborarea și publicarea unui număr de 19 lucrări științifice, dintre care 11 în calitate de primul autor și 8 în calitate de co-autor. Aceste publicații au fost structurate în două categorii principale: lucrări direct relevante pentru tema tezei de doctorat, care abordează aspecte specifice domeniului de cercetare, și lucrări conexe elaborate în perioada doctorală, care contribuie la formarea interdisciplinară și la dezvoltarea competențelor de cercetare. Lucrările au fost publicate în reviste indexate în bazele de date internaționale Web of Science și Scopus, precum și în volumele unor conferințe științifice de prestigiu, demonstrând recunoașterea internațională a rezultatelor cercetării.

Articole în calitate de primul autor - relevante pentru tema tezei de doctorat

1. **A. M. Lazar et al.**, "Conceptual Model of an Eye Movement Simulation Procedure for Motor Dysfunction Prediction," in *9th International Conference on Advancements of Medicine and Health Care Through Technology*, S. Vlad and N. M. Roman, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2025, pp. 13–22. doi: 10.1007/978-3-031-95671-3_2. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-95671-3_2
2. **Lăză, A.**, Bodi, G., Baritz, M., Repanovici, A., Barbu, D., *DESIGN OF AN EYE MOVEMENT ANALYSIS METHODOLOGY FOR THE IDENTIFICATION OF VISUAL STRESS DUE TO EMOTIONAL CAUSES*. ISSN:1221-5872, Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering Vol. 65, Issue Special III, November, 2022 <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000953026700026> – BDI
3. **Lazar, A. M.**, & Baritz, M. I. (2020). *Some Considerations on the Composite Structure of the Human Eye*. Macromolecular Symposia, 389(1), 1900103. doi:10.1002/masy.201900103 <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000534200700041> – ISI
4. **Lăză, A. M.**; Baritz, M. I. (2022) *Correlation of Eye Movements with the Level of Visual Memory*. The International Scientific Conference eLearning and Software for Education; Bucharest, Vol. 1, (2022). DOI:10.12753/2066-026X-22-010 <https://www.proquest.com/docview/3165914613/D5C6C22BEC2D4C48PQ/1?source-type=Conference%20Papers%20&%20Proceedings> – BDI

5. **Lazăr, A. M.** (2020). *THE INFLUENCE OF EMOTIONS ON THE ACQUISITION LEVEL OF SENSORY INFORMATION*. In Conference proceedings of » eLearning and Software for Education «(eLSE) (Vol. 16, No. 03, pp. 242-247). Carol I National Defence University Publishing House <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85096568241&origin=resultslist&sort=plf-f> - **BDI**
6. **Lazăr, A. M.**, Baritz, M. I., & Repanovici, A. (2021). *Analysis of the eyeball model through the prism of the laws of Newtonian mechanics*, In 11th International Conference on Information Science and Information Literacy Proceeding (pp. 341-346). ISBN: 978-83-958150-6-5, Sciendo. <https://doi.org/10.2478/9788395815065-039>
https://scholar.google.com/scholar?hl=ro&as_sdt=0%2C5&q=Analysis+of+the+eye+ball+model+through+the+prism+of+the+laws+of+Newtonian+mechanics&btnG=
7. **Lazar, A. M.**, & Baritz, M. I. (2020). *DEVELOPMENT OF EYE TRACKING PROCEDURES USED FOR THE ANALYSIS OF VISUAL BEHAVIOR-STATE OF ART*. The 8th International Conference on Advanced Composite Materials Engineering. The 3rd International Conference on Experimental Mechanics in Engineering Brasov <http://aspekt.unitbv.ro/jspui/handle/123456789/2523>
8. **Lazăr, A. M.**, & Baritz, M. I. (2018). *Studies and research on human behavioral changes induced by the environment* (<http://193.254.231.99:8080/jspui/handle/123456789/2301>)

Articole în calitate de primul autor - lucrări conexe elaborate în perioada doctorală

1. **Lazăr (Căteanu), A.M**, Repanovici A, Baritz M.I, Scutariu MM, Tătaru AI, Pantea I. *Postural Risks in Dental Practice: An Assessment of Musculoskeletal Health*. Sensors. 2024; 24(19):6240. <https://doi.org/10.3390/s24196240>
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001332778300001-> ISI
2. **Lazăr (Căteanu), A. M.**, Repanovici, A., Popa, D., Ionas, D. G., & Dobrescu, A. I. (2024). *Ethical Principles in AI Use for Assessment: Exploring Students' Perspectives on Ethical Principles in Academic Publishing*. Education Sciences, 14(11), 1239. <https://doi.org/10.3390/educsci14111239>
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001364348500001> – ISI
3. **Lazar, A.M.** (2020). *Aspects Regarding Perception of Wearing Eyeglasses Frames Made of Composite Materials and/or Contact Lenses*. Macromolecular Symposia, 389(1), 1900095–. doi:10.1002/masy.201900095

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000534200700033> -
ISI

Articole în calitate de co-autor

1. Apostoaie, M.G.; Baritz, M.; Repanovici, A.; Barbu, D.M.; **Lazăr, A.M.**; Bodi, G. *Visual Aid Systems from Smart City to Improve the Life of People with Low Vision*. Sustainability 2023, 15, 6852. <https://doi.org/10.3390/su15086852>
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000983092100001> – ISI

2. Bodi, G, **Lazăr, A.**, Baritz, M., Barbu, D., Repanovici, A. *CONTACT LENS FOR ORTHOKERATOLOGY – SOLUTION FOR ENSURING VISUAL COMFORT*. ISSN:1221-5872 Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering Vol. 65, Issue Special III, November, 2022 [https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000953026700008\(overlay:export/ris\)](https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000953026700008(overlay:export/ris)) - BDI

3. M. G. Apostoaie, M. I. Baritz, B. Braun, A. Repanovici, **A. Lazăr** and G. Bodi, "Simulation of Comfort Behavior During the Gait Cycle of People with Low Vision", 2024 E-Health and Bioengineering Conference (EHB), IASI, Romania, 2024, pp. 1-4, doi: 10.1109/EHB64556.2024.10805621 <https://ieeexplore.ieee.org/document/10805621> - ISI

4. C. Lungu, L. Cristea, M. I. Baritz, B. C. Braun, A. I. Tataru and **A. M. Lazar**, "Ophthalmic Lenses Assessment for Ultraviolet Radiation Protection," 2024 E-Health and Bioengineering Conference (EHB), IASI, Romania, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/EHB64556.2024.10805733 <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001413708800061> – ISI

5. Baritz, M. I., & **Lazar, A. M.** (2021). *Analysis of Oscillatory Eye Movements as a Nystagmus, Manifested in the Visual System*. In Acoustics and Vibration of Mechanical Structures—AVMS 2019: Proceedings of the 15th AVMS, Timisoara, Romania, May 30–31, 2019 (pp. 235–241). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54136-1_22
(https://scholar.google.com/scholar?hl=ro&as_sdt=0%2C5&q=Analysis+of+Oscillatory+Eye+Movements+as+a+Nystagmus%2C+Manifested+in+the+Visual+System&btnG= - BDI

6. M. I. Baritz and **A. M. Lazar**, "Methodology for Monitoring the Behavior of the Visual System," 2019 E-Health and Bioengineering Conference (EHB), Iasi, Romania, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/EHB47216.2019.8969931 <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000558648300063> – ISI

7. Baritz, M.I., Apostoaie, M.G., **Lazar, A.M.** (2020). *Portable Campimeter to Evaluate Visual Field Modifications of Subjects with Low Vision State*. In: Tiginyanu, I., Sontea, V., Railean, S. (eds) 4th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2019. IFMBE Proceedings, vol 77. pp 793–797, Springer,

Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_141
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000552314200141> – ISI

8. Baritz, M.I., **Lazar, A.M.**, Apostoaie, M.G. (2020). *Bio-behavioral Aspects of Patients with Ocular Problems with Implications for Optometric Comfort*. In: Tiginyanu, I., Sontea, V., Railean, S. (eds) 4th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2019. IFMBE Proceedings, vol 77, pp 447–451, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_81
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000552314200081> – ISI