

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

SAKĀDISKO ACU KUSTĪBU PARAMETRI LASĪŠANĀ UN LĪDZĪGOS UZDEVUMOS

BAKALaura DARBS

Darba autors: Ilze Laicāne

Stud. Apl. il08203

Darba vadītājs: Profesors, Dr.habil.fiz. Ivars Lācis

RĪGA 2011

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbs uzrakstīts latviešu valodā, datorsalikumā uz 41 lapa. Tas satur 18 attēlus, 3 tabulas, 21 atsauci uz literatūras avotiem.

Darba mērķis: izpētīt un salīdzināt acu kustību raksturlielumus, lasot tekstus, skenējot punktu kopas.

Darba uzdevumi:

- apgūt iekārtu un metodiku acu kustību pierakstiem;
- iemācīties izmantot BeGaze programmēšanas iespējas;
- izpētīt sakarības starp sakādes maksimālajiem ātrumiem un amplitūdām 3 dažādos uzdevumos un pārbaudīt, vai un ar kādu precizitāti izpildās Main Sequence;
- salīdzināt sakādisko acu kustību raksturlielumus lasīšanā un skenējot dažādas punktu kopas;
- noteikt nobīdes starp sākuma un beigu pozīciju pirms un pēc distraktora parādīšanās lasāmajā tekstā un skenējot punktu kopas.

Eksperimentā piedalījās: 6 dalībnieki – 2 vīrieši un 4 sievietes- vecumā no 21-41 gadam, ar labu redzi tuvumā ar vai bez korekcijas.

Metode: Eksperimenta dalībniekiem uz datora ekrāna tika demonstrēts teksts vai secīgu punktu kopas. Periodiski perifērijā tika demonstrēti distraktori. Tika pierakstītas acu kustības un fiksācijas. Dati pierakstīti ar iViewX iekārtas un programmatūras palīdzību un apstrādāti BeGaze, Microsoft Excel un Origin programmās.

Rezultāti: Noteikti sakāžu galveno sakarību slīpuma koeficienti 3 dažādos uzdevumos. Koeficienti mainījās robežās no 0.61 līdz 0.89 ar standartkļūdu, kas ir mazāka par 0.4. Skata virziena novirze pirms un pēc distraktora visos uzdevumos bija robežās no 2 līdz 171 pikselim. Secīgo sakāžu amplitūdu sadalījums punktu uzdevumā ir līdzīgs lasīšanas uzdevuma sadalījumam.

Pirmo reizi eksperimentāli, izmantojot sakāžu amplitūdu sadalījumus, pierādīts, ka cilvēki skenē vienkāršas punktu kopas līdzīgi lasīšanai. Sešu eksperimentu dalībnieku izlasei indivīdu vidējo sakāžu amplitūdas atšķiras no stimulu leņķiskā attāluma robežās no -0.18 līdz +0.76 grādiem ar sadalījumu maksimālo standartnovirzi 1.19 grādi. Izvirzīta hipotēze, ka lasīšanai līdzīgos skata pārneses uzdevumos, kur nav nepieciešama teksta semantiskās un leksiskās informācijas apstrāde, cilvēka sakādisko acu kustību programma darbojas līdzīgi lasīšanai.

Atslēgas vārdi: skata virziens, lasīšanas raksturlielumi, sakāžu galvenā sakarība, distraktori, sakāžu amplitūda

ABSTRACT

Bachelor thesis are written in Latvian on 41 pages. It contains 18 figures, 3 tables and 21 references.

The aim of the work is to compare eye movement parameters in reading and scanning sets of dots.

The tasks of the work are:

- to study the methods of recoding eye movements and analysing them in BeGaze;
- to study the sequence between the peak velocity and amplitudes of the saccades in 3 different tasks and to find out how precise is the Main sequence;
- to compare saccadic eye movement parameters in reading and scanning sets of dots;
- to find the offset between the starting and ending positions of the gaze after looking at the distractor while reading a text or scanning sets of dots.

Participants: 2 male and 4 female aging between 21-24 years with good vision (weather corrected or not).

Experimental methods: texts for reading or distributed point groups were demonstrated on computer screen. Distractors up to angles of 20 degrees were demonstrated in periphery. Gaze positions of right eye were collected and amplitudes of saccades together with fixation times extracted. Data collection was realised with iView X hard- and software and elaborated with BeGaze, Microsoft Excel and Origin software.

Results: The main sequences of saccades with slopes were obtained in 3 different tasks. Slopes were detected between 0.61 and 0.89 with SE less than 4%. Differences between gaze position before and after distractor exposition vary between 2 and 170 pixels.

For the first time with the help of distribution of saccade amplitudes it has been experimentally proven that people scan point groups similarly to reading. For the 6 participants of the experiment the difference between the angular size of the stimulus and the average amplitudes varied between -0.18 and +0.76. with maximal SD of 1.19 degrees. A hypothesis has been proposed, that in similar tasks to reading, that require gaze shifts but that don't include semantic and lexical analysis of the text, the programme of human saccadic eye movement works similarly to reading.

Keywords: gaze; reading parameters; main sequence of saccades, distractor, amplitude of saccades.

SATURS

IEVADS	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS	2
1.1. Sakādes „palaišanas” mehānismi.....	2
1.2. Sakāžu galvenā sakarība	5
1.3. Acu kustības lasot tekstus.....	8
1.4. Uzmanība.....	10
1.5. Redzes uzmanība	12
2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA	14
2.1. Aparatūra un tās raksturlielumi	14
2.2. Eksperimenta dalībnieki un metode.	15
2.3. Galvenā sakarība lasot tekstu un skenējot punktu kopas.....	18
2.4. Sakāžu amplitūdu sadalījumi.....	24
2.5. Papildus uzdevumu veikšanas ietekme uz lasīšanas raksturlielumiem.	31
2.6. Secinājumi	34
2.7. Nobeigums.....	35
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	36

IEVADS

Lai gūtu informāciju par apkārtējo pasauli un to izpētītu, cilvēki izmanto savus maņu orgānus. Tie spēj sniegt ne tikai sensoro informāciju, bet arī palīdz izziņas procesos, lai noskaidrotu dažādu informāciju par apkārtējo vidi. No visiem sensorajiem receptoriem 70% atrodas tieši acīs. Tas nozīmē, ka ar redzes sistēmu tiek iegūts visvairāk informācijas par apkārt notiekošajiem procesiem.

Lasīšana ir sarežģīts izziņas process, kura īstenošanā piedalās dažādas smadzeņu struktūras. Lasīšana notiek, veicot straujas acu kustības no vārda uz vārdu, kuras sauc par sakādēm. Lasīšanas procesa izpildi un sakāžu ģenerēšanu ietekmē vizuālās sistēmas darbība, uzmanības un atmiņas procesi, okulomotorās sistēmas darbība un izpratne par tekstu.

Tā kā lasīšana ir viens no svarīgākajiem informācijas ieguves veidiem, ir būtiski izpētīt, kas ietekmē šī automātiskā procesa veidošanos. Šīs metodes gan var būt tieši saistītas ar smadzeņu funkciju pētīšanu, izmantojot magnētisko rezonansi, redzes izsauktos potenciālus vai citas tiešas smadzeņu darbības izpētes metodes, gan būt saistītas ar pašu lasīšanas prasmju izpēti. Lasīšanas prasmes ir iespējams pētīt, izmantojot sakāžu raksturlielumus: amplitūdu, maksimālo ātrumu, latenci, kā arī fiksāciju ilgumus. Šos raksturlielumus ir iespējams noteikt, izmantojot acu kustību pieraksta aparatūru.

Šī darba mērķis ir izpētīt, vai aizstājot lasīšanas uzdevumu ar tādiem skata skenēšanas uzdevumiem, kur nav nepieciešama teksta leksikas apstrāde, ir iespējams pētīt lasīšanai līdzīgās sakādiskās acu kustības un skata virziena novirzi atgriežoties no distraktora.

Darba uzdevumi ir:

- apgūt metodiku acu kustību pierakstiem; iemācīties izmantot BeGaze
- izpētīt sakarības starp sakādes maksimālajiem ātrumiem un amplitūdām 3 dažādos uzdevumos un pārbaudīt, vai un ar kādu precizitāti izpildās Main Sequence;
- Salīdzināt sakādisko acu kustību raksturlielumus lasīšanā un skenējot dažādas punktu kopas;
- Noteikt nobīdes starp sākuma un beigu pozīciju pirms un pēc distraktora parādīšanās lasāmajā tekstā un skenējot punktu kopas.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1. Sakādes „palaišanas” mehānismi.

Okulomotorā sistēma vizuālo, audio un vestibulāro stimulu ietekmē reaģē ar piecu veidu acu kustībām. Tās ietver: ātrās acu kustības - sakādes, lēnas sekošanas kustības, vestibulāri okulārās kustības, jeb vestibulāri okulāro refleksu, optokinētiskās acu kustības un vergences kustības. Katru no šo kustību veidiem kontrolē atšķirīga neirālā sistēma, taču visām tām ir kopīgi ceļi uz acs muskuļiem. [1]

Sakādes ir straujas, voluntāras acu kustības, ar kuru palīdzību skata virziens tiek pārņemts no viena fiksācijas punkta uz otru. Ar sakādēm tiek panākta interesi piesaistošā objekta optiskā attēla novietošana uz foveolas- fovejas centrālās daļas, kurā atrodas tikai vāļītes, kas nodrošina vislielāko redzes asumu. [2] Foveolā telpisko detaļu un krāsu izšķirtspēja ir daudz lielāka. Ja ir nepieciešama detalizēta informācija no dažādiem telpas punktiem, to ir iespējams iegūt tikai pagriežot acis un novietojot attēlu uz foveolas. [3] Foveolas galvenais uzdevums ir nodrošināt, lai cilvēks attēlu redz skaidri. Savukārt, tīklenes perifērija ļauj uztvert citus uzmanību piesaistošus objektus, uz kuriem cilvēks var vērst savu skatienu. Līdzko ir uztverts interesi piesaistošs objekta attēls perifērijā, okulomotorā sistēma dod komandu veikt sakādi noteiktā objekta virzienā [1]

Tāpēc, ka sakādes ir ballistiskas kustības (liela ātruma kustības, kuru darbībai nepieciešama saskaņota muskuļu agonistu un antagonistu darbība). Ja tā ir sākusies, tās trajektoriju nav iespējams mainīt. Tad, kad pēc sakādes acs nefiksē uz iepriekš noteikto mērķa objektu, tiek veikta vēl viena vai vairākas koriģējošās sakādes. [3]

Sakādiskās acu kustības ir konjugētas: acu kustības abām acīm ir vienā virzienā un ar vienādām amplitūdām. To ilgums atkarībā no amplitūdas parasti ir 20-100ms un latences periods ir 150-300ms. Latences periods ir laika intervāls, kurā acs centrālā nervu sistēma nosaka, vai ir nepieciešams veikt sakādi un aprēķina, kā un cik daudz ir jāpagriež acs ābols, lai objektu varētu apskatīt skaidri. [1].

Primārajā redzes garozā (V1, 17. Brodmana lauks) vizuālā stimula atrašanās vieta telpā tiek noteikta pēc aktivitātes sadalījuma uz smadzeņu garozas virsmas: noteikti apgabali uz smadzeņu garozas atbilst noteiktiem apgabaliem uz tīklenes. Acs motoneironi atrodas trešā, ceturtnā un sestā kraniālā (galvas smadzeņu) nerva sastāvā un liek ekstraokulārajiem acs muskuļiem pavirzīt aci attiecībā pret galvas pozīciju. [2] Kontroles sistēma koordinē alfa motoneironu aktivitāti šajos kraniālajos kodolos, un premotorie tīkli, savstarpēji savienojot smadzeņu garozas apgabalus un smadzeņu stumbru, izpilda uzdevumu, dodot komandu *n*.

abducens, *n. trochlearis* un *n. Oculomotorius* kodoliem, kas atrodas smadzeņu stumbrā vidussmadzenēs un smadzeņu tiltā. *N. Abducens* ir sestais galvas smadzeņu nervs, kas inervē acs ārējo taisno muskuli, *n. Trochlearis* ir ceturtais galvas smadzeņu nervs, kas inervē acs augšējo slīpo muskuli, un *n. Oculomotorius* ir trešais galvas smadzeņu nervs, kas inervē augšējo, apakšējo, iekšējo taisno muskuli un apakšējo slīpo muskuli. *N. Abducens* iziet no smadzeņu tilta, savukārt, *n. Oculomotorius* un *n. Trochlearis* iziet no vidussmadzenēm.

Sakāžu kontroles sistēma lieto saņemto sensoro informāciju no dažādiem avotiem. Piemēram, tīklene informē, vai objekts ir kustīgs vai nekustīgs, vestibulārie kodoli ziņo par galvas noliekumu un rotāciju pa Y un Z asīm un impulsi no acs muskuļu proprioreceptoriem nodrošina informāciju par tā brīža acs ābola novietojumu attiecībā pret acs orbītu. Visa šī sensorā informācija tiek apstrādāta smadzenēs un pārvērsta motorā signālā, kas palīdz noteikt nepieciešamo ekstraokulāro muskuļu aktivitāti. [4]

Tātad sakāžu veidošanā ir iesaistīti vairāki smadzeņu reģioni. Vistuvāk sakāžu izpildei acs muskuļu līmenī ir tieši horizontālais un vertikālais sakāžu ģenerators (vertical and horizontal saccadic burst generators (*SBG*)): divi nervu centri retikulārajā formācijā (smadzeņu stumbrā), kas tieši iedarbojas uz acs motoneironiem: *n. oculomotorius*, *n. trochlearis* un *n. abducens*. Šo centru funkcija ir pēc augstāku smadzeņu struktūru ziņošanas par neprecīzu acu novietojumu formēt komandas noteikta amplitūdas sakāžu veidošanai. Retikulārā formācija saņem informāciju par nepieciešamo acs pozīciju, tā brīža pozīciju, attēla attālumu līdz foveolai un galvas pozīciju. [5] Retikulāro formāciju, kas ir blīvs nervu centru un nervu šūnu tīklveida sakopojums galvas smadzeņu stumbra centrālajā daļā, no visām pusēm ieskauj sensorie ceļi, kuri nodod retikulārajai formācijai daļu no informācijas no aferentajiem nervu impulsiem. Tāpēc jebkurš impulss paaugstina retikulārās formācijas aktivitātes līmeni, kas, savukārt, aktivizē lielo pusložu garozu. [6] Galvenie sakāžu komandu devēji vertikālajam un horizontālajam sakāžu ģeneratoram ir laterālā intraperietālā rievā (*LIP*), augšējais paugurs (superior colliculus (*SC*)) un priekšējais redzes lauks (frontal eye field (*FED*)), kas atrodas premotorajā garozā smadzeņu priekšējās garozas sastāvā. [5]

Priekšējais redzes lauks ir galvenokārt iesaistīts sakāžu uzsākšanā, tas nodrošina horizontālo un slīpo konjugēto acu kustību veikšanu, stimulējot retikulāro formāciju smadzeņu stumbrā vidussmadzenēs, kā arī stimulējot augšējo pauguru, kas vēlāk arī dod komandu retikulārajai formācijai. Sakāžu veikšanā ir iesaistīta arī muskuļu motorā zona un paura daiva, kas ir saistīta ar priekšējo redzes lauku un arī tieši ar retikulāro formāciju. [7]

Augšējais paugurs saistāv no vairākām kārtām. Ārējās kārtas ir saistītas ar vispārēju vizuālās informācijas apstrādi, redzes uzmanības un kustības uztveri. Vidējie priekšējā paugura slāņi ir nozīmīgi sakādisko acu kustību veikšanā. [8]

Augšējais paugurs saņem gan projicētu vienkāršu vizuālo, audio un somomotoro informāciju, gan arī daudz sarežģītākus izziņas signālus, kurus veido cilvēka uzmanība, motivācija un konteksts. Augšējais paugurs nosaka visa ķermeņa orientāciju: tas nekontrolē acu novietojumu attiecībā pret galvu, bet gan visa skata virzienu. Tādējādi tas aktivizē ne tikai vertikālo un horizontālo sakāžu ģeneratoru, bet arī, piemēram, kakla muskuļus.

Augšējā paugura aktivitāti nosaka arī kavējošie faktori, ko izstrādā Bazālie gangliji, kas ir zemgarozas nervu centri. Kamēr smadzeņu garozas lauki veido vairākas motorās komandas, kas sūta informāciju tieši uz augšējo pauguru, šī informācija projicējas arī bazālajos ganglijos, kuru uzdevums ir izšķirot, kuras komandas izpildīt, vairāk tās nekavējot.

Bez šīm struktūrām, sakāžu ģenerēšanā ir iesaistītas arī citas smadzeņu garozas daļas. Šīs daļas iedarbojas uz augšējo pauguru, nodrošinot selektīvu skata mērķu izvēli, atkarībā no cilvēka motivācijas, emocionālā stāvokļa, darbības atmiņas un citiem faktoriem. [5]

Sakādes dod smadzenēm īsu un detalizētu informāciju par apkārtējo pasauli, un šīs informācijas sniegšanas mērķi var būt dažādi: sākot no vispārīgas informācijas līdz pat daudz smalkākiem uzdevumiem, kā objektu uztveršana un atpazīšana. [9]

Sakāžu iedalījums:

- gribai pakļautās sakādes;
- priekšlaicīgās sakādes;
- atmiņas vadītās sakādes;
- antisakādes;
- komandas sakādes;
- reflektorās sakādes;
- ātrās sakādes;
- spontānās sakādes;
- ātrās fāzes, vai ekspress sakādes. [2,5]

Cilvēkam veicot acu kustības, uztvertais attēls tik un tā paliek ass, pateicoties vairākiem procesiem, tai skaitā sakādiskajai supresijai. Sakādes laikā smadzenes daļēji izslēdz saņemto vizuālo informāciju un tas samazina miglaino attēlu sajūtu, ka apkārtējā pasaule ir kustībā. [4]

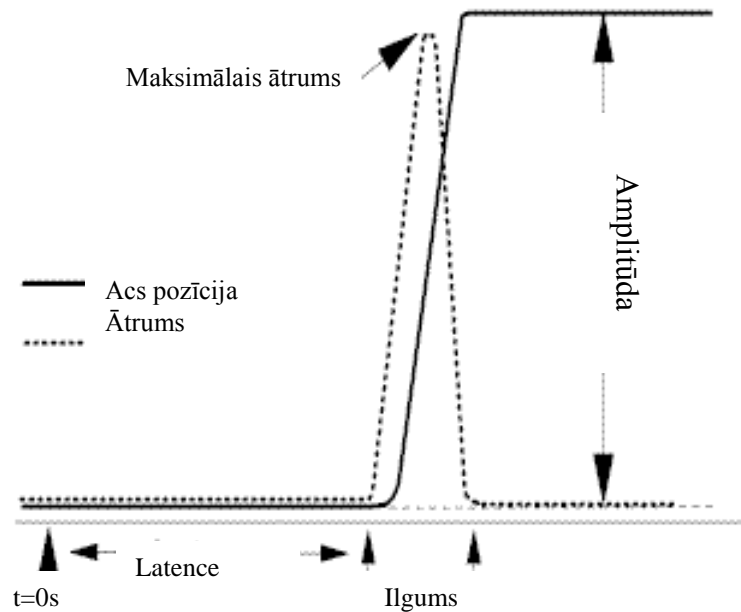
2009. gadā Donatas Jonakitis, Heiner Deubel un Claudio de'Sperati [10] veica pētījumu „Time gaps in mental imagenari introduced by competing saccadic tasks” (2009), kas parādīja, ka līdzīgi kā sakādiskajai supresijai, sakāžu veikšanas laikā tiek daļēji traucēti citi prāta procesi. Eksperimenta dalībnieki veica sekošanas acu kustības skatoties uz kustīgu stimulu, un stimulam nozūdot, bija nepieciešams noteikt, kur pēc noteikta laika tas atkal parādīsies. Eksperimenta dalībnieki veica vairākas sakādiskās acu kustības uz priekšu,

cenšoties paredzēt, kur atkal uzradīsies stimuls, it kā iekšēji cenšoties turpināt sekot neredzamajam stimulam. Otrajā eksperimenta daļā dalībniekiem tika dots konkurējošs blakus uzdevums, kur bija nepieciešams pavērst skatu uz pēkšņi parādījušos distraktoru un pēc tam atgriezties tur, kur, viņuprāt, turpinātos stimula kustība sekošanas uzdevumā, kad stimuls pēc nozušanas atkal parādītos. Pētījuma rezultāti parādīja, ka cilvēki pēc distraktora izraisītas sakādes nespēj precīzi noteikt, kur tieši turpināsies stimula kustība. Dažādi iepriekš veiktie pētījumi aprakstījuši „kognitīvo supresiju”, kas nosaka, ka sakādisko acu kustību veikšanā tiek supresēti prāta procesi, kā rezultātā cilvēks vairs nespēj precīzi izvērtēt, kur turpināsies stimula kustība. Šajā pētījumā nespēja precīzi atgriezties tika skaidrota ar to, ka uzdevumi pievērsties distraktoram un turpināt sekot iepriekšējā stimula iespējamajai parādīšanās vietai konkurē savā starpā par uzmanības resursiem, un tāpēc cilvēks nespēj tik precīzi pievērsties katram uzdevumam. [10]

1.2. Sakāžu galvenā sakarība

Sakāžu svarīgākie raksturlielumi ir: amplitūda, maksimālais ātrums un ilgums. Amplitūda (*Amplitude*) ir sakādes raksturlielums, ko mēra grādos vai loka minūtēs. Šāda mērvienība ir izdevīga, jo nav atkarīga no tā cik tālu no novērotāja atrodas interesi raisošais stimuls. Amplitūda arī parāda, cik sakāde ir bijusi precīza salīdzinājumā ar mērķa atrašanās vietu. [3]

Pēc precizitātes sakādes tiek iedalītas normometriskās un dismetriskās. Normometriskās sakādes ir precīzas un novieto skatu tieši precīzi paredzētajā fiksācijas punktā. Savukārt dismetriskās (neprecīzās) sakādes tiek iedalītas divās daļās: hipometriskās sakādes, kad sakādes amplitūdas lielums ir pārāk mazs, un hipermetriskās, kad sakāde ir pārāk liela attiecībā pret paredzēto mērķa leņķisko pozīciju. [5] Sakādes maksimālais ātrums (*peak velocity*) ir lielākais momentānais ātrums, kas tiek sasniegts acs kustības laikā. Parasti tas tiek mērīts grādos sekundē un var sasniegt pat 800 grādu vienā sekundē. Sakādes ilgums ir visai kustībai nepieciešamais laiks. Tas tiek mērīts milisekundēs un atkarībā no amplitūdas var sasniegt pat 100 ms. [10] 1. attēls parāda, kā mainās maksimālais ātrums un amplitūda sakādes veikšanas laikā.



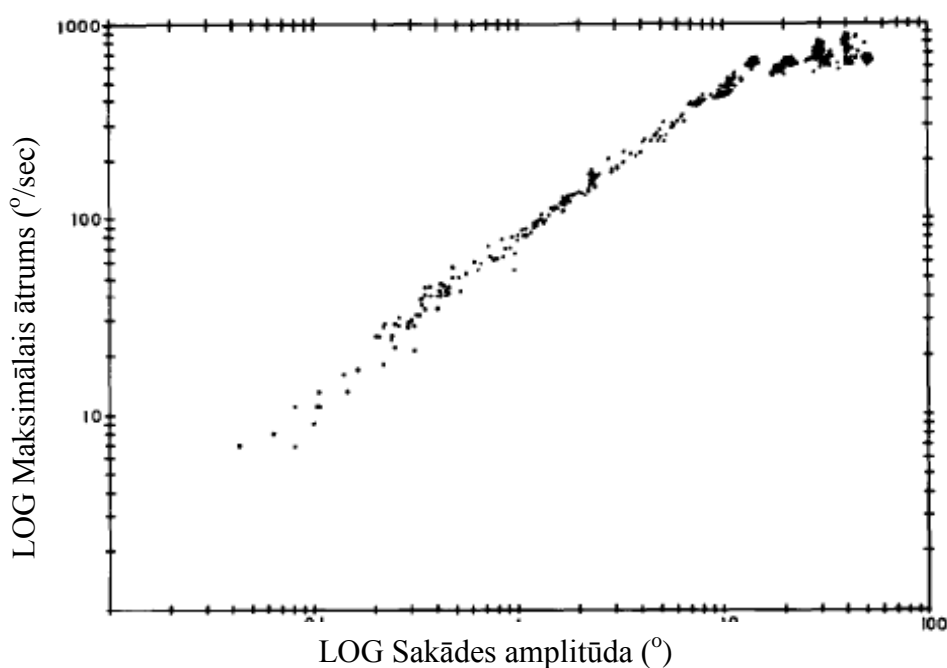
2.1. attēls. Sakādisko acs kustību raksturlielumi. The University of Liverpool
<http://www.liv.ac.uk/~pcknox/teaching/Eymovs/params.htm> [10]

Sakādes īpašības uzskatāmi var raksturot ar funkcionālām sakarībām starp tās amplitūdu, ātrumu un ilgumu. Jo garāka ir sakāde, jo lielāks būs tās maksimālais ātrums un ilgums. Saistību starp sakāžu amplitūdu un maksimālo ātrumu raksturo sakāžu galvenā attiecība *main sequence* attiecība. Sakādēm, kas ir mazākas par 20° , attiecība starp amplitūdu un maksimālo ātrumu (*peak velocity*) dubultlogaritmiskā mērogā ir lineāra. [2] Tātad maksimālā ātruma atkarība no sakādes lieluma ir pakāpes funkcija. Ir arī pētījumi, kuri norāda, ka sakarība starp maksimālo ātrumu un sakādes amplitūdu ir eksponenciāla.

Terry Bahill savā darbā „Main sequence. A tool for studying human eye movements” rakstījis, ka sakarība starp sakāžu maksimālo ātrumu un amplitūdām norāda uz to, ka fizioloģiskā sistēma rada gan lielas, gan mikro-sakādes, kā arī gan gribai pakļautas sakādes, gan optokinētiskā nistagma ātrās fāzes. Tā arī nosaka, kādas ir ekstraokulārās sistēmas normas un tādējādi pacientam ar nestandarta izmēra sakādēm ir jāmeklē defekts sakāžu kontroles mehānismā.

Sakāžu galvenās sakarības izpildīšanās tiek skaidrota ar to, ka līdz 20° , sakādes lielumam pieaugot, palielinās arī kontroles signāla pulsa ilgums, iesaistīto neironu skaits un to pulsācijas frekvence. Pēc šī punkta sasniegšanas gandrīz visi neironi darbojas maksimāli. Tāpēc, pieaugot sakāžu amplitūdai, mainīties var tikai kontroles pulsa signāla ilgums un tāpēc funkcija kļūst mazāk stāva. Tipiska maksimālā sakādes ātruma atkarība no amplitūdas

parādīta Zīm. 2.1. Sakādēm, kuru amplitūda ir mazāka par 15-20°, maksimālais ātrums tiek sasniegts vienlaicīgi ar kontroles mehānisma dotā signāla pulsa beigām un pārsvarā šis ātrums tiek sasniegts aptuveni sakādes laika vidū. Kontroles signāla ilgums ir mazāks par pašas sakādes ilgumu, lai ātrumam būtu pietiekoši daudz laika līdz sakādes beigām nokristies līdz 0. Lielām sakādēm pulsa ilgums parasti ir tikpat liels vai lielāks kā puse no sakādes ilguma, taču tas tik un tā ir mazāks par pašu sakādes ilgumu un ātrums spēj nokristies līdz 0 līdz ar sakādes beigām. [11]



2.2 attēls. Sakādes maksimālā ātruma atkarība no amplitūdas dubultlogaritmiskajā skalā. A. Terry Bahill, Michael R. Clark, Lawrence Stark. „Main Sequence”, A Tool for Studying Human Eye Movements”

Sakāžu trajektorijas forma un galvenā sakarība atļauj nodrošināt labāko iespējamo redzamību apstākļos, kad ir motorie trokšņi, jo tieši nodrošina saistību starp acu kustības ilgumu un sakādes mērķa punktu. Tātad sakāžu neirālā shēma attīstījusies, lai nodrošinātu vislabāko saistību starp sakādes ilgumu un precizitāti. Mērķis ir atrast optimālo sakādes trajektoriju, ar kādu acu pievēršana objektam, kurš ir uztverts uz tīklenes noteiktā attālumā no fovejas, būtu vismazāk darbietilpīga.

Ja attēls uz tīklenes veidojas tā, ka ir nepieciešama maza sakāde, lai attēlu novietotu uz foveolas, var veikt nelielu un lēnu sakādi, lai uzlabotu attēla skaidrību un nodrošinātu redzamību sakādes laikā. Savukārt lielāku sakāžu izpildīšanā ir svarīgi veikt acu kustību pēc iespējas ātrāk ar optimālāko sakāžu trajektoriju, uz īsu mirkli pazaudējot attēlu kustības laikā, taču strauji sasniedzot acs mērķa pozīciju. [12]

Fizioloģiski visbiežāk notiekošās sakādes ir līdz 15-20° lielas. Lasīšanas uzdevumos sakādes parasti ir nedaudz mazākas pārceļot skatu uz jaunas rindiņas sākumu, bet ievērojami mazākas paša lasīšanas procesa laikā pārceļot skatu starp vārdiem (1,5° – 2,5°) [11]

Lai gan amplitūda ir ļoti svarīga, lai noteiktu sakāžu dinamiku, tā tomēr nav vienīgais faktors. Sakāžu raksturs ir atkarīgs arī no tādiem faktoriem kā sakādes virziens (centrbēdzes vai centrtrieces, temporāli vai nazāli), no tā, kas izraisa mērķa pozīcijas noteikšanu (vizuāls, audio stimuluss vai atmiņa par noteikto fiksācijas mērķa virzienu), kā arī no tā, cik daudz uzmanības cilvēks pievērš fiksācijas objektam. [13] Piemēram, sakādes ir lēnākas tad, kad indivīds atgriežas iegaumētā pozīcijā, lai apskatītu noteiktu vizuālo stimulu, vai veicot antisakādi (pretējā virzienā vizuālajam stimulam) un veicot sakādes tumsā. Savukārt, sakādēm ir lielāks ātrums, ja tās tiek veiktas saistībā ar kādu noteiktu uzdevumu, un ja sakādes vērstas uz centru nevis uz perifēriju. [2]

1.3. Acu kustības lasot tekstus

Lasīšana ir sarežģīta prasme, kas ietver dažādu informācijas apstrādes procesu saskaņotu darbību. Lasīšanas procesā acis veic horizontālas sakādes un fiksē vidēji ik pēc 6-9 simboliem. Sakāžu ilgums parasti ir 20-50ms robežās. Fiksācija ir laiks, kad acis paliek nekustīgā pozīcijā (parasti 200-250ms) tad, kad tiek apstrādāta informācija. Informācija tiek apstrādāta līdzīgi kā skatoties tādu datora prezentāciju, kurā aptuveni katras 0.25 sekundes tiek demonstrēts neliels teksta fragments. Taču ir jāņem vērā, ka sakāžu kā arī fiksācijas ilgums ir mainīgi lielumi un tie ir atkarīgi no indivīda. Dažas sakādes var būt tikai viena simbola „garumā”, savukārt citas sakādes var būt pat pārlēcieni ar 15-20 simbolus lielu amplitūdu. Šīs lielās sakādes parasti ir regresijas jeb acu kustības atpakaļ uz jau iepriekš izlasītu teksta vietu. Fiksācijas ilgumu atšķirības bieži vien ir saistītas ar to, cik sarežģīts ir lasāmais teksts.

Tā kā redzes asums ir vislielākais foveolā, tad izšķirt individuālus burtus ir iespējams tikai šajā mazajā tīklenes apgabalā. Cilvēkam šādi fiksējot atsevišķi uz katru vārdu ir iespējams to atsevišķi apstrādāt. [14] Acīm virzoties uz priekšu, teksta vizuālie parametri tiek

pārveidoti ortogrāfiskā un fonoloģiskā formātā, kuri tālāk tiek izmantoti, lai varētu saprast teksta nozīmi. [15]

Vienots viedoklis par to, kas tieši kontrolē acu kustības lasot un liek cilvēkam pārlekt uz nākamo vārdu vēl nav izstrādāts. Viens no visbiežāk lietotajiem lasīšanas modeļiem ir E-Z lasīšanas modelis („E-Z” Reader model (Reichle, Pollatsek, Fisher & Rayner, 1998), kas uzskata, ka visu acu kustību veikšanai lasīšanā ir obligāta secīga leksiskā teksta apstrāde. [16] Šis lasīšanas modelis norāda, ka lasīšanas laikā notiekošie izziņas procesi smadzenēs ietekmē acu kustības.

E-Z lasīšanas modelī fiksāciju novietojumu nosaka vizuālo, okulomotoro un lingvistisko faktoru kombinācija, savukārt to ilgumu nosaka galvenokārt lingvistiskā datu apstrāde. Modelis nosaka, ka pastāv pieci galvenie procesi, kas nosaka kad un kādā virzienā virzīt acis: atpazīstamības pārbaude, nepieciešamās leksiskās informācijas noteikšana, sakādes programmēšanas labilā un stabilā daļa un pašas sakādes veikšana.

Atpazīstamības pārbaude attiecas uz sākotnējo leksikas pieejamības noteikšanu, savukārt nepieciešamās leksikas noteikšana attiecas uz vēlāku posmu, kad tiek apstiprināta atpazītā leksika. Ja acis ir vērstas uz noteiktu vārdu, tad nākamā vārda apstrāde parafoveālajā apgabalā var sākties tikai tad, kad iepriekšējais vārds ir saturiski apstrādāts. Labilā un nelabilā sakādiskās programmēšanas daļa attiecas uz nepieciešamajām motorajām komandām, lai pārvietotu acis noteiktajā virzienā.

Okulomotorie lasīšanas modeļi nosaka, ka valodas apstrādei nav galvenā nozīme acu lasīšanas kustību veidošanā. Šo modeļu galvenais princips ir tāds, ka lasīšanas kustības nosaka teksta vizuālās īpašības (piemēram, vārda garums). Un fiksāciju galvenos novietojumus nosaka okulomotorās un redzes funkciju īpašības (piemēram, redzes asums un sakādisko kustību īpatnības). Fiksācijas ilgums ir atkarīgs no fiksācijas novietojuma.

Stratēģijas- taktikas modelis (O’Regan, 1990, 1992; O’Regan & Lévy-Schoen, 1987) pamatojas uz diviem galvenajiem novērojumiem: cilvēki galvenokārt fiksē vārda punktā, kas ir pa kreisi no centra (optimālajā skata pozīcijā) un ka refiksācijas ir novērojamas krietni retāk, ja fiksācijas punkts ir tieši šajā optimālajā skata punktā. Tātad cilvēks veic sakādes no punkta uz punktu, cenšoties iegūt šo optimālo skata pozīciju. Tā kā sakāžu novietojumu nosaka vizuālie teksta parametri (piemēram, vārda garums), šis modelis nosaka, ka lingvistisko parametru mainīšana ietekmē tikai fiksāciju ilgumu un nav saistīta ar refiksācijām. [15]

Glenmore modelis norāda, ka ir iespējams uztvertos vārdus apstrādāt paralēli, un ka noteiktā fiksācijas punktā ir nelīdzena konkurence starp uztvertajiem vārdiem. Šis modelis nepieprasa, ka nākamā fiksācija tiek veikta tikai pēc vārda atpazīšanas, bet norāda, ka lēmumu veikt acu kustības nosaka viss lingvistiskais process. Pie tam pavadītais laiks fiksācijas centrā

nosaka, kādai jābūt nākamajai sakādei, lai tā būtu saistīta ar notiekošo datu apstrādi valodas un vārda līmenī. Otrs galvenais modeļa parametrs ir tāds, ka tiek lietotas „*bottom-up*” vizuālās pazīmes un „*top-down*” leksiskās teksta pazīmes. Šos faktoros kombinējot tiek izveidota komanda izvēlēties kādu vārdu par sakādes mērķi.

Ir pieejami arī citi izstrādātie lasīšanas modeļi: minimālās kontroles modelis (Suppes' (1990, 1994), vārda mērķēšanas modelis (McConkie et al., 1988, 1989, 1991; Radach & McConkie, 1998), apstrādes modeļi, Reader modelis (Carpenter & Just, 1983; Just & Carpenter, 1980, 1987; Thibadeau, Just, & Carpenter, 1982), uzmanības maiņas modelis (Reilly, 1993), Mr. Chips modelis ((Legge, Klitz, & Tjan, 1997; Klitz, Legge, & Tjan, 2000) un citi lasīšanas modeļi.

Taču galvenais jautājums ir nevis par to, vai acu kustības lasot nosaka leksikas vai motorie faktori, bet gan par to, cik lielā mērā katrs no šiem faktoriem ir iesaistīts un kā tie savstarpēji sadarbojas. [16]

Ir parādīts arī, ka laboratorijā veiktās sakādes ir mazāk precīzas nekā ikdienas situācijās, un biežāk tiek veiktas koriģējošās sakādes. Tātad cilvēka sakāžu galvenā sakarība īsti neietver sevī koriģējošās sakādes. [12]

1.4. Uzmanība

Uzmanība ir mūsu spēja izcelt kādu uztverto informāciju vai pieredzi, samazinot citu notikumu vai informācijas nozīmi, bet nezaudējot vispārējo kontekstu. [17] Uzmanība nodrošina selektīvu uztvertās informācijas apstrādi, jo smadzenēm ir ierobežotas spējas apstrādāt lielu informācijas daudzumu vienlaicīgi. [18]

William James savā darbā „Principles of Psychology” norādījis uz divām ļoti svarīgām uzmanības sastāvdaļām: mērķa izvēlēšanos un koncentrēšanos. Lai cilvēks netiktu pārslogots ar pārāk lielu informācijas daudzumu, ir ļoti svarīgi lai uztvere būtu selektīva. Un lai nebūtu jāapstrādā pārāk daudz informācijas, katram informācijas avotam tiek veltīts mazāk laika, nesvarīgā informācija tiek ignorēta vai arī tiek pilnībā bloķēta kādas sensorās sistēmas līmenī.

Ir izstrādātas vairākas teorijas, kas skaidro, kā cilvēks izvēlas informāciju apstrādei, kad tās daudzums ir pārāk liels. Šīs teorijas tiek sauktas par „pudeles kakla teorijām” (*bottleneck theories*), un tiek pieņemts, ka ir kaut kāds noteikts informācijas daudzuma līmenis, kuru cilvēks vairs nevar apstrādāt. Tad kad līdz tam nonākam, tiek sasniegts pudeles kakls, kas darbojas kā limitējošā stadija.

Filtrācijas modelis (Broadbent, 1958) nosaka, ka informācija tiek izdalīta pirms tiek noteikts tās raksturs: cilvēks vispirms nolemj pievērsties vai nepievērsties informācijas avotam, un tikai pēc tam nosaka informācijas saturu.

Treismana uzmanības modelis (Treisman, 1960) norāda, ka pārējie informācijas avoti netiek pilnībā izslēgti, bet gan tiek uztverti zemākā līmenī. Cilvēks vairāk pievēršas informācijai, kas sasniedz noteiktu sliekšni: vairāk tiek uztverti tie avoti, kas cilvēkam šķiet pazīstami vai arī ir noteiktā periodā sagaidāmi.

Vācu-Normandiešu izvēles modelis (J. Deutsch & D. Deutsch (1963), Norman (1968)) nosaka, ka „pudeles kakls” tiek sasniegts pēc informācijas satura noteikšanas. Formāli tiek uztverta visa informācija, taču tikai pēc tam nosaka, kam tieši pievērst vairāk uzmanības, un pārējā nenozīmīgā informācija tiek aizmirsta. Tas, vai uztvertā informācija sasniegs atmiņu ir atkarīgs no informācijas nozīmes un no tā, cik cilvēks ir modrs.

Uzmanības kapacitātes teorijas nosaka, ka pievērstās uzmanības daudzums ir atkarīgs no tā, cik ļoti cilvēks koncentrējas uz dažādām aktivitātēm. Šīs teorijas norāda, ka uzmanībai ir ierobežots kapacitātes lielums, un, ja cilvēks vēlas pievērsties vairāk kā vienai darbībai, ikviens no šiem uzdevumiem tiek veikts mazāk efektīvi. Kahneman savā darbā „Attention and Effort” (1973) norādīja, ka kapacitātes teorija pieņem, ka cilvēkam ir noteiktas spējas veikt garīgu darbu un šis modelis nosaka arī, ka cilvēks ir var kontrolēt, cik daudz viņš pievērsīsies noteiktam uzdevumam.

Johnston un Henz (1978) teorija apkopojā abu šīs abas galvenās idejas un noteica, ka cilvēks var pats izvēlēties, vai atdalīt informāciju pirms tās uztveršanas vai tomēr uzzināt, kāds ir informācijas raksturs un tad pievērst atsevišķo uzmanību. Taču informācijas rakstura uztveršana prasa lielāku prāta kapacitāti.

Apskatot kapacitātes teorijas tiek runāts arī par automātisko datu pārveidi, kas novērojama tad, ja uzdevuma izpildei nepieciešamā informācijas apstrāde ir neliela. Ja uzdevums neprasa lielu apstrādi, tam nevajadzētu ietekmēt citus uzdevumus. Posner un Snyder (1975) izvirzīja kritērijus, kas noteica, kad tiek veikta automātiskā apstrāde. Prasme ir automātiska, ja tā (1) notiek bez nolūka; (2) netiek iesaistīta apziņa un (3) neiedarbojas uz citām prāta aktivitātēm. Viena no šādām prasmēm ir lasīšana. Cilvēks vispirms iemācās atpazīt burtus un to pazīmes līdz šis process jau notiek automātiski un paliek kapacitāte, lai veiktu jau nākamo uzdevumu un savienotu burtus vārdā. Ar laiku biežāk lasītie vārdi jau tiek uztverti kā vienība. Un ja ir nepieciešama mazāka kapacitāte atpazīt kādu noteiktu vārdu, lasītājam jau paliek vieglāk uztvert visu teikumu kopumā. [19]

Tiešā uzmanība tiek aktivēta četros veidos. Eksogēnais faktors ir saistīts ar notikumiem vidē, kas spēj pievērst cilvēka uzmanību, savukārt endogēnie faktori ir

novērojami, kad iekšējie procesi nosaka, kur un kādam stimulam vērst uzmanību. Nepieciešamību pievērsties noteiktam stimulam var noteikt objekta atrašanās vieta, paša objekta vai kādu tā īpašību nozīme.

Uzmanības vēršana uz stimulu eksogēno faktoru ietekmē notiek, ja apkārtējā vidē ir novērojams kāds pēkšņs vizuāls notikums, kas spēj ietekmēt sakādisko acu kustību programmēšanu. Endogēnie stimuli nosaka, ka cilvēks apzināti pievērs uzmanību noteiktam apgabalam telpā, noteiktiem objektiem vai arī noteiktām objekta iezīmēm, kuras cenšas izdalīt no apkārtējās vides. [20]

1.5. Redzes uzmanība

Acu kustības un redzes uzmanība palīdz apstrādāt uztverto vizuālo informāciju par apkārtējo vidi. Uzmanība spēj samazināt uztverto informācijas daudzumu par fonu un nodrošina, ka sekošanas vai sakādiskās acu kustības tiek programmētas, lai apskatītu tikai noteiktus vizuālos stimulus un nezaudētu arī vispārēju informāciju par apkārtējo vidi. Acu kustības un redzes uzmanība nosaka, kura informācija, kas ir uztverta, ir svarīga un kuru ir nepieciešams apstrādāt. [17]

Uzmanības kontroles sistēma spēj ietekmēt garozas neironu uzbudināmību, tādējādi nosakot, vai uztvertie signāli ir jāapstrādā vai jāignorē. Izmantojot pozitronu emisijas tomogrāfijas (PET) un magnētiskās rezonanses (fMRI) mērīšanas metodes tika noteikts, ka smadzeņu reģioni, kas ir saistīti ar redzes selektīvo uzmanību ir talāma aizmugurējā daļā esošie pulvinārie kodoli (starpsmadzenēs), bazālie gangliji (kodoli smadzeņu garozas baltajā vielā), insulārā garoza (starp deniņu un paura daivu), priekšējā smadzeņu garoza, priekšējā paura garozas daļa un daļēji arī deniņu daiva. Priekšējā un deniņu garoza, kā arī parietālie kodoli ir iesaistīti uzmanības virzīšanai un arī gribai pakļautajai uzmanības pārslēgšanai. Tas norāda, ka uzmanības pārslēgšanu vizuālā stimula meklēšanas uzdevumā kontrolē tā pati neirālā shēma, kas kontrolē gribai pakļautās acu kustības.

Pulvinārie kodoli tiek aktivizēti, kad nepieciešams izvērtēt, kam pievērst uzmanību. Šajos kodolos atrodas arī neironi, kas atbild par priekšmeta krāsas, kustības un orientācijas noteikšanu. Tajā ir arī apakšvienības, kur ir retinotopiska redzes lauka karte, kā arī saistība ar pieres, pakauša, paura un deniņu daivu garozām. [4]

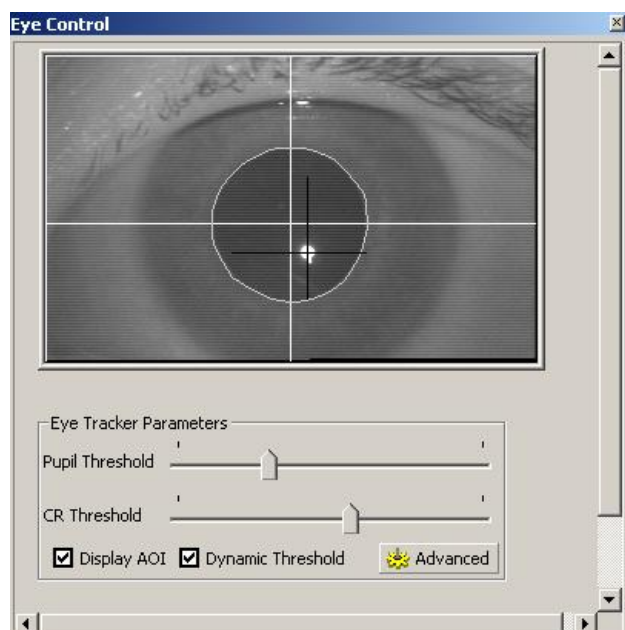
Redzes uzmanībai piemīt selektivitāte: uzmanība spēj noteikt, kuru informācijas daļu apstrādāt un kuru- nē. Selektīvā uzmanība, kas nosaka, kura informācija ir svarīga ir iespējama, izmantojot iedzimto vai dzīvē iegūto pieredzi par to, kas ir svarīgs.

Telpiskā uzmanība nosaka stimulu, kuram pievēršties atkarībā no tā telpiskā novietojuma. Tiek izvēlēts reģions, kuram pievērst uzmanību, lai varētu turpināties izziņas process. Telpiskā uzmanība ir cieši saistīta ar sākotnējo datu apstrādi pirms vēl stimul ir atpazīts. Uzmanība tiek vērsta uz stimula novietojumu telpā un tikai tad stimul ir atpazīts, pastiprinot uztveri vai izceļot kādas šī stimula īpašības. [21]

2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1. Aparatūra un tās raksturlielumi

Acu kustību noteikšanai tika izmantota iekārta iView X. Tā ir bezkontakta ierīce, kas nosaka acu kustības un automātiski kompensē nelielas galvas kustības, uztverot arī radzenes refleksu. 2.1. attēls parāda, kā tiek noteikts zīlītes un radzenes reflekss un to savstarpējais novietojums. Baltais krustiņš norāda, kur ir zīlītes centrs, savukārt melnais krustiņš norāda, kur ir radzenes reflekss.



2.1. attēls Acs iView X operatora monitora logā ar zīlītes un radzenes refleksu

Acu kustību pierakstīšanu veic cilvēkam sēžot krēslā un skatoties uz šķidro kristālu monitoru (1280x1024px) 60 centimetru attālumā, kur tiek demonstrēti stimuli. Eksperimenta dalībnieks ievieto galvu acu kustību pieraksta iekārtā un skatās uz stimulu caur caurspīdīgu spoguļi, kurš atstaro infrasarkanos starus, kas pēc atstarošanās no acs nonāk atpakaļ ātrdarbīgā videokamerā.

Operatora datorā ir iView X datorprogramma, kas veic kalibrēšanu un datu pierakstu. Dati tiek pierakstīti *idf formātā. Skata pozīcija tiek noteikta ik pēc 4 milisekundēm kā acs orbitālā pozīcija, ko nosaka pēc zīlītes refleksa, kas ir zīlītes centrs. Taču, lai individuāli noteiktu acs skata pozīciju, ir nepieciešams veikt kalibrāciju: iView X sistēma nosaka ģeometrisko atbilstību starp acs pozīciju, ko uztver kamera un skata punktu telpā.

Kalibrācijas laikā cilvēkam tiek rādīti dažādi attēli ar mērķiem noteiktās koordinātēs. Eksperimenta dalībniekam ir jāskatās uz šiem mērķiem, un sistēma nosaka acs pozīciju.

Izmantojot šos atskaites punktus, sistēma nosaka, kura skata pozīcija atbilst noteiktam punktam kalibrācijas apgabalā. Tāpēc precizitāte eksperimentā ir tieši saistīta ar kalibrācijas veiksmīgu norisi.

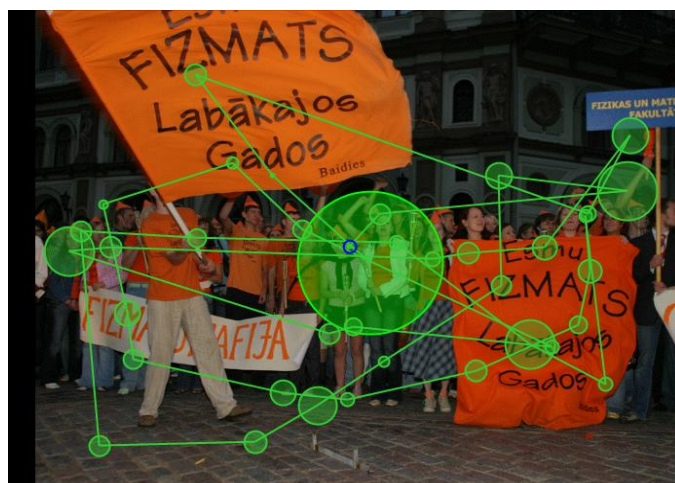
Ar programmas BeGaze 1.2 palīdzību tiek apstrādāti *idf formāta dati, sniedzot informāciju par horizontālās un vertikālās skata pozīcijas un zīlītes diametra izmaiņām laikā. Programma ļauj arī atsevišķi apskatīt eksperimenta laikā veiktās sakādes, fiksācijas un mirkšķināšanas uzrāda to raksturlielumus, kā arī novērtēt, kur tieši ekrāna displejā eksperimenta dalībnieks bija skatījies.

BeGaze iestatījumos, apskatot eksperimentālos datus, ir iespēja ievadīt stimulu monitora izmērus, attālumu no acs līdz monitora plaknei, kā arī paredzēt noteikt minimālo fiksācijas laiku un sliedzīgu vērtību sakādes ātrumam. BeGaze programma ļauj arī atsevišķi *text formātā iegūt datus par veiktajām fiksācijām un sakādēm, ko tālāk var importēt Microsoft Excel vai Origin programmā, kur veikt tālāko datu apstrādi.

2.2. Eksperimenta dalībnieki un metode.

Eksperimentos brīvprātīgi piedalījās 6 dalībnieki- 4 sievietes un 2 vīrieši vecumā no 21 līdz 41 gadiem bez redzes problēmām. Visi dalībnieki pirms acu kustību pierakstīšanas tika informēti par uzdevuma būtību. Pilna ierakstu sesija vienam dalībniekam prasīja laiku līdz divdesmit minūtēm.

Katram eksperimenta dalībniekam tika rādīti 4 stimuli un tika ierakstītas sakādiskās acu kustības katrā no šiem uzdevumiem. 1. uzdevums bija brīvu sakāžu veikšana, apskatot zemāk demonstrēto attēlu.



2.2. attēls. Fotogrāfija, kas tika demonstrēta eksperimenta dalībniekiem ar 6. eksperimenta dalībnieka fiksācijām un sakādēm.

Lai izpētītu sakādiskās acu kustības lasīšanā un līdzīgos uzdevumos ar internetā pieejamo bezmaksas programmu UnFreez 2.1, tika izveidotas 3 *gif animācijas. Kadra ilgums bija 0.75 sekundes. Tā izpildes laikā uz demonstrāciju monitora dažādās pozīcijās parādījās papildus sakādi stimulējoši distraktori 20 grādos liela telpas leņķa robežās. Lai izslēgtu paredzēšanu un minēšanu laiks starp diviem distraktoriem tika mainīts no 2,25 līdz 4,5 sekundēm. Papildus uzdevumi tika iecerēti, lai izpētītu, kā cilvēks, kas lasa, spēj veikt blakus uzdevumu, un pēc tam turpināt lasīt iesākto tekstu, vai skenēt punktus. Eksperimenta dalībnieki tika instruēti pievērsties distraktoram un pēc tam turpināt iesākto lasīšanas vai secīgo sakāžu uzdevumu.

*Gif formāta animācijas tika izveidotas. Tāds bija arī laiks, cik ilgi tika demonstrēts distraktors. Starplaiki starp distraktoriem, kad eksperimenta dalībnieks veica secīgās sakādes lasīšanā vai līdzīgajā uzdevumā, tika izveidoti robežās no 2.25- 4.5 sekundēm. Šie intervāli tika izveidoti dažādi, lai eksperimenta dalībnieks negaidītu stimulu pēc noteikta laika posma un kā galveno tomēr uzskatītu lasīšanas vai līdzīgo uzdevumu.

2.3. attēlā var redzēt, kāds izskatījās lasīšanas teksts, kad eksperimenta dalībniekam bija parādījies distraktors. Kā lasīšanas teksts tika izvēlēta Imanta Ziedoņa „Baltā pasaka”. Distraktors tika izveidots pietiekoši liels un košs, lai eksperimenta dalībniekam būtu pēc iespējas vieglāk to uztvert.

Vakar uzkrita pirmais sniegš. Nu viss ir balts. Tik balts, ka nekā nevar atšķirt. Balta vistiņa izdēja baltu olu un pazaudēja to sniegā. Baltais gailis dziedāja baltu dziesmu, tā ieskrēja pažobelē, piesala tur un palika karājoties kā balta lāstekka. Baltajai vāverei piedzima balti vāverēni, ieleca baltajos koku zaros, un vāvere nevar vairs tos atrast. Visi koki — balti, eju pa mežu, nevaru saprast, kur koks, kur baltā diena.

Dūmi no skursteņiem kāpj balti, un tintes pudelē tinte kļuvusi balta — nezinu, vai jūs redzēsiet, kas te uzrakstīts. Ēdam tikai baltu maizi un dzeram baltu kafiju. šorīt tīrīju zābakus — zābaksmērs arī balts.

Gauja balta — iemetu spiningu, izvilku baltu līdaku, uzšķērdu līdaku — vēderā tai balts pīlēns (norijusi rīļa), iespraudu pīlēnam astē šito zīmīti, palaidu, lai lido. Ja saņemsiet, pabarojiet, apgrieziet spārniņiem galus, lai neaizlaižas, un katru vakaru sildiet šim vēderu ar baltu termoforu.

Kad izdēs zelta oliņu, tad man atrakstiet!

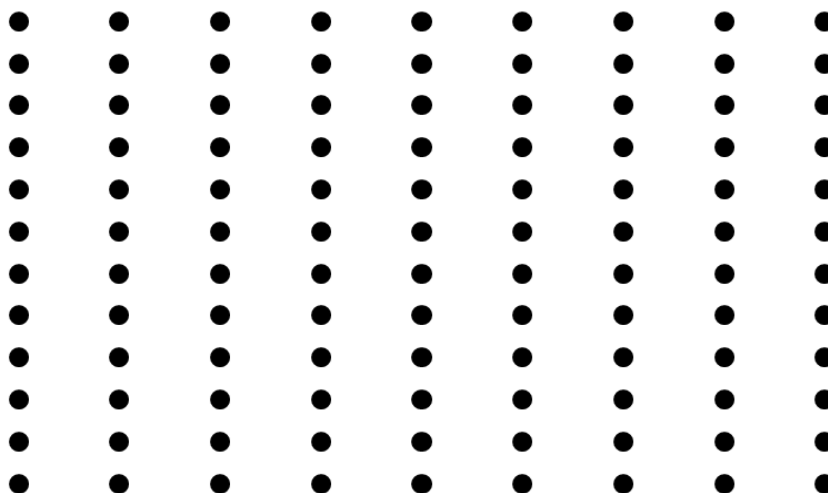


2.3. attēls. Eksperimenta dalībniekam demonstrētais lasīšanas teksts ar distraktoru

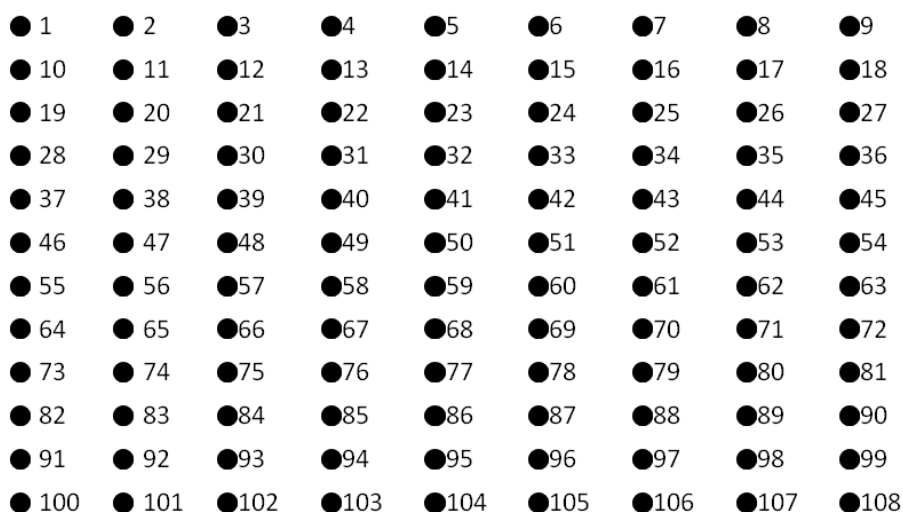
Lasīšanai līdzīgie uzdevumi arī tika izveidoti ar UnFreez 2.1 *gif animatoru līdzīgi kā lasīšanas teksts, vienīgi teksta vietā tika demonstrēti punkti noteiktā attālumā viens no otra. Tā kā vidējais sakāžu lielums lasīšanā cilvēkiem parasti ir aptuveni 2 centimetri, tad attālums starp punktiem arī tika izveidots tāda paša lieluma, kas atbilst 1.9° lielai sakādes amplitūdai.

Vienam no eksperimenta dalībniekiem vidējais sakādes amplitūdas lielums lasīšanā bija 2.5 cm, tāpēc viņam tika izveidoti atsevišķi stimuli, kas atbilda aptuveni 2.4° . Punktu izmēri bija 0.5cm vai aptuveni 0.5° (aptuveni $\frac{1}{2}$ no foveolas diametra).

2.4 un 2.5 attēli parāda, kādi izskatījās lasīšanai līdzīgie uzdevumi, kad bija parādījušies distraktori.



2.3. attēls Eksperimenta dalībniekam demonstrētais lasīšanai līdzīgais teksts ar punktiņiem un distraktoru



2.4. attēls Eksperimenta dalībniekam demonstrētais lasīšanai līdzīgais teksts ar marķētajiem punktiņiem un distraktoru

Pēc datu savākšanas bija nepieciešams tos rediģēt un atlasīt tikai secīgās lasīšanas un punktu aplūkošanas sakādes, kā arī tikai tās fiksācijas, kas bijušas pirms un pēc distraktora parādīšanās.

2.3. Galvenā sakarība lasot tekstu un skenējot punktu kopas

Sakādisko acu kustību pieraksti ir viena no metodēm, kas palīdz acu kustību un smadzeņu darbības traucējumu izpētē. Izpētot sakādisko acu kustību raksturlielumus: latenci, amplitūdu, maksimālo un vidējo ātrumu, precizitāti, ilgumu un citus raksturlielumus ir iespējams spriest par traucējumiem kādā no sakādisko kustību kontroles sistēmas elementiem, novērot pacienta uzmanības un koncentrēšanās spējas, kā arī pētīt atmiņu un citus apziņas procesus.

Lasīšana ir ļoti sarežģīts process, un vēl nav pilnībā izpētīts, kas tad tieši ir tas, kas liek cilvēkam veikt sakādi uz nākamo vārdu vai atgriezties atpakaļ pie jau iepriekš lasīta teksta. Tāpēc ir ļoti svarīgi noskaidrot lasīšanas sakāžu veikšanas mehāniku, lai spētu pārbaudīt cilvēka redzes funkcijas un iespējami noskaidrot problēmu cēloņus.

Literatūras apskatā aprakstītie lasīšanas modeļi viens no otra ir ļoti atšķirīgi, un šīs atšķirības nosaka, cik svarīgi ir dažādi faktori lasīšanas pētījumos. Tie galvenokārt tiek iedalīti divās grupās, no kurām viena nosaka, ka semantiskā vārda apstrāde ir galvenais virzītājs, savukārt, otrā grupa nosaka, ka sakādiskās acu kustības uz priekšu lasīšanas modeļos nosaka tieši paša vārda vizuālās īpašības. Šī pētījuma veikšanā lasīšanas modeļiem ir ļoti liela nozīme. Tieši tie nosaka, vai lasīšanas aizstāšana ar daudz vienkāršāku uzdevumu, kura izpildei nav nepieciešama vārda semantikas analīze, ir piemērota, lai pētītu ar lasīšanu saistītas parādības.

Pētījumā izveidotie lasīšanai līdzīgie uzdevumi, palīdz noteikt, vai ir iespējams izpētīt cilvēka lasīšanas raksturu ar stimuliem, kuru skenēšana šķiet vienkāršāka nekā jēgpilna lasīšana. Likās interesanti noskaidrot, vai tieši neveicot lasīšanu ir iespējams samazināt uzdevuma izpildei nepieciešamo cilvēka prāta kapacitāti. un izpētīt arī, kas ir galvenais nosakot acu kustības lasot: vai tā ir semantiskā teksta apstrāde vai tieši teksta vizuālās īpašības.

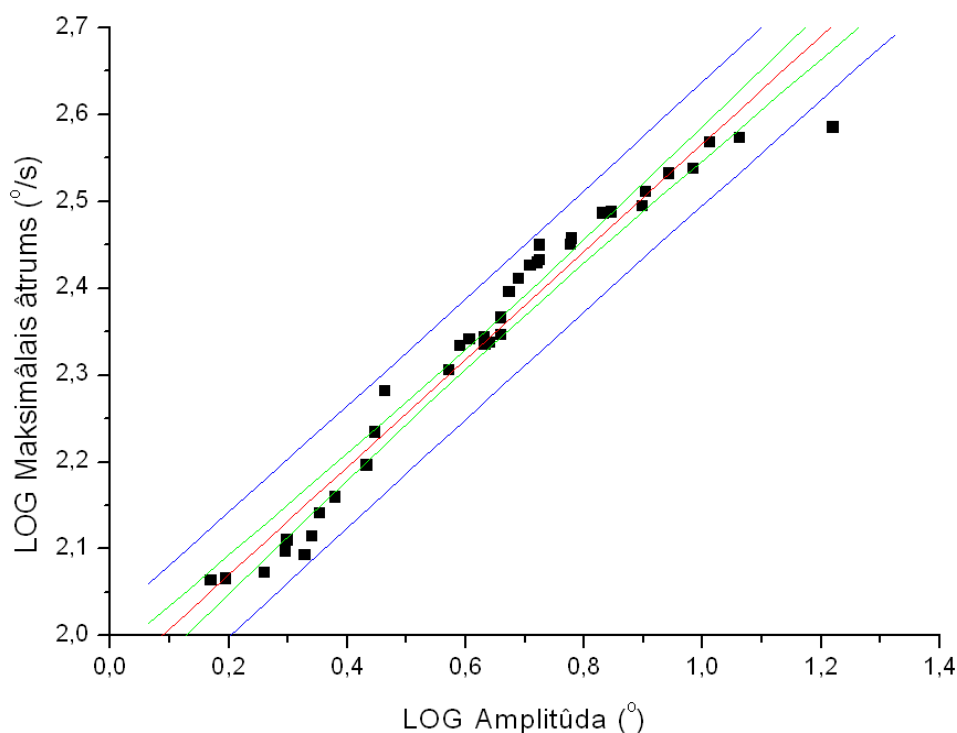
Terry Bahill (1975) aprakstītā *Main sequence* sakarība norāda, ka, pieaugot sakādes amplitūdas lielumam, pieaug arī tās maksimālais ātrums, un dubult-logaritmiskajā skalā attiecība starp šiem lielumiem tiecas būt lineāra. Šī sakarība tika pārbaudīta arī eksperimentā iegūtajiem datiem, katram cilvēkam atsevišķi salīdzinot iegūtās galvenās sakarības taisnes slīpuma koeficientus, tādējādi nosakot, kurus uzdevumus cilvēks veic ar „ātrākām”, un kurus ar „lēnākām” sakādēm. Tā kā šie lielumi katram cilvēkam ir ļoti individuāli, tad subjekti

netika salīdzināti savā starpā, bet gan tika atsevišķi salīdzināti katram subjektam iegūto mērījumu rezultāti dažādos uzdevumos.

Eksportētie BeGaze dati tika ievadīti datu apstrādes programmā Origin. Tika atsevišķi izdalītas attēla aplūkošanas sakāžu, lasīšanas secīgo sakāžu, punktu un marķēto punktu secīgo sakāžu amplitūdas un maksimālie ātrumi. Tad tika izveidots grafiks, kas parādīja maksimālā ātruma atkarību no amplitūdas dubultlogaritmiskajā skalā.

Lai novāktu trokšņus, kas radušies mērījuma laikā, tika izmantota blakus vienādošanas (*adjacent averaging*) datu gludināšanas funkcija. Katriem pieciem pēc kārtas esošiem datiem tika aprēķināta vidējā vērtība. Šāda gludināšanas metode samazina trokšņus, nesamazinot punktu skaitu grafikā.

2.6. Attēls parāda, kāda ir maksimālā ātruma atkarība no sakādes amplitūdas dubultlogaritmiskajā skalā jeb galvenā sakarība brīvai attēla skenēšanai, kur ir veiktas dažādu izmēru sakādes eksperimenta dalībniekam NR 6.. Šo datu lineārās regresijas taisnes slīpuma koeficients ir $0,62 \pm 0,02$. Korelācija ir 99%, kas atbilst stiprai korelācijai.

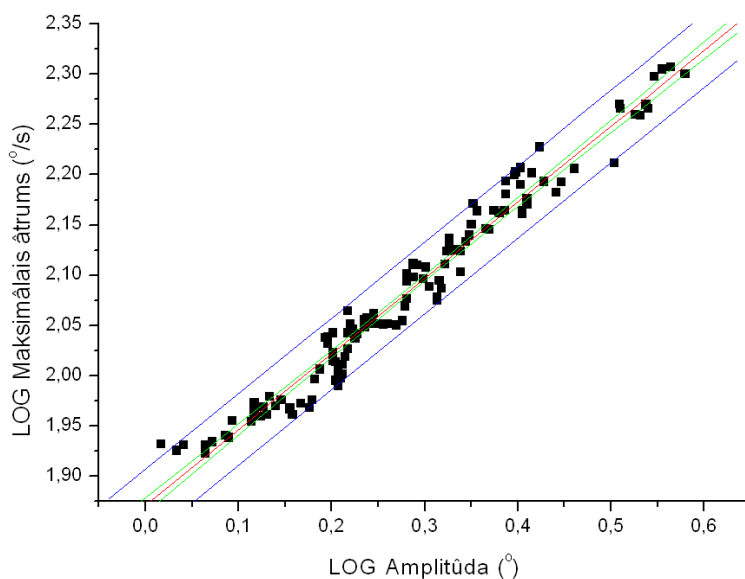


2.6. attēls. Maksimālā ātruma atkarība no amplitūdas dabultlogaritmiskā mērogā (galvenā sakarība) attēla aplūkošanas uzdevumā, dalībnieks NR.6

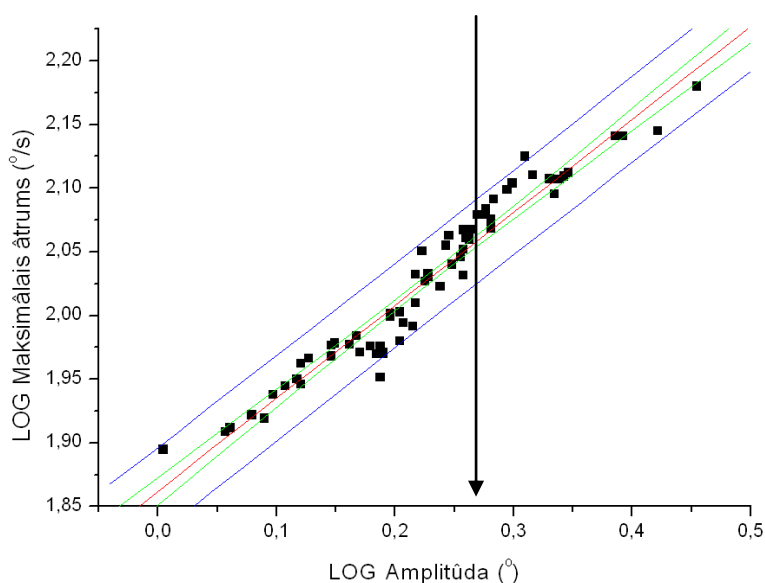
Lai salīdzinātu sakādisko acu kustību raksturu lasīšanas un līdzīgajos uzdevumos, arī šo uzdevumu gludinātajiem datiem tika atrastas lineārās regresijas sakarības, to slīpuma

koeficienti. Visi dati tika gan salīdzināti savā starpā, gan pētītas kopējās tendences uzdevumiem, kam nepieciešama dažāda informācijas apstrāde.

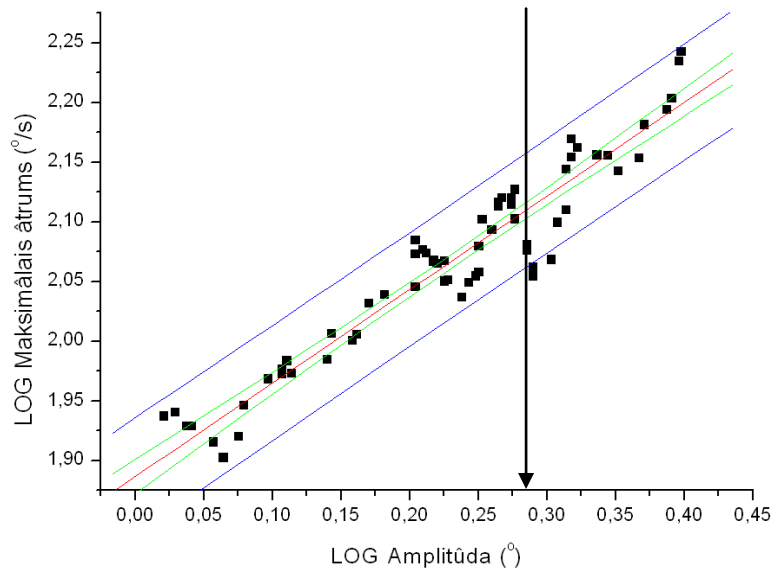
Attēli 2.7, 2.8 un 2.9 secīgi parāda lasīšanas, punktu un marķēto punktu sakāžu galvenās sakarības dalībniekam NR. 6. Tās arī tika salīdzinātas savā starpā, kā arī tika pētīta galveno sakarību taisņu slīpuma koeficientu tendences dažādiem cilvēkiem vieniem un tiem pašiem uzdevumiem. Eksperimenta dalībnieka Z lasīšanas uzdevuma slīpuma koeficients bija $0,75 \pm 0,01$, punktu uzdevumā slīpuma koeficients bija $0,73 \pm 0,02$ un marķēto punktu uzdevumā slīpuma koeficients bija $0,78 \pm 0,03$. Korelācijas koeficients visām trim sekojošajām lineārajām regresijām ir lielāks par 90%.



2.7. attēls. Maksimālā ātruma atkarība no amplitūdas dubultlogaritmiskā mērogā (galvenā sakarība) lasīšanas uzdevumā, dalībnieks NR.6



2.8. attēls. Maksimālā ātruma atkarība no amplitūdas dubultlogaritmiskā mērogā (galvenā sakarība) punktu uzdevumā, dalībnieks NR.6



2.9. attēls. Maksimālā ātruma atkarība no amplitūdas dubultlogaritmiskā mērogā (galvenā sakarība) marķēto punktu uzdevumā, dalībnieks NR. 6

Ja salīdzina slīpuma koeficientus, tad var redzēt, ka gan lasīšanas, gan punktu, gan marķēto punktu uzdevumā tie bija ļoti līdzīgi un mazliet atšķīrās no attēla aplūkošanas sakādēm.

Taču kopumā apkopojot datus, var secināt, ka sakāžu veikšana tiešām katram cilvēkam ir ļoti individuāla un atkarīga no dzīves laikā gūtās pieredzes un programmas, ko smadzenes ir veidojušas noteikta izmēra sakādēm. Atšķīrās arī datu tendences dažādiem eksperimenta dalībniekiem, salīdzinot vienādu uzdevumu rezultātus: t.i., nebija novērojams, ka kādā uzdevumā visiem subjektiem būtu mazāks taisnes slīpuma koeficients nekā citā uzdevumā. (1. Tabula)

1. tabula. Slīpuma koeficienti, standartklūda un regresijas koeficients.

Eksperimenta dalībnieks	Uzdevums	Slīpuma koeficients	Standartklūda	Korelācijas koeficients
1	Attēla aplūkošana	0,70	0,03	0,99
	Punkti	0,66	0,03	0,97
	Marķētie punkti	0,66	0,01	0,98
	Teksts	0,61	0,01	0,99
2	Attēla aplūkošana	0,73	0,02	0,99
	Punkti	0,70	0,02	0,97
	Marķētie punkti	0,82	0,02	0,98
	Teksts	0,67	0,02	0,94
3	Attēla aplūkošana	0,69	0,04	0,98
	Punkti	0,63	0,02	0,94
	Marķētie punkti	0,62	0,02	0,95
	Teksts	0,78	0,01	0,99
4	Attēla aplūkošana	0,68	0,02	0,99
	Punkti	0,73	0,01	0,99
	Marķētie punkti	0,83	0,02	0,98
	Teksts	0,89	0,01	0,99
5	Attēla aplūkošana	0,70	0,02	0,99
	Punkti	0,71	0,02	0,98
	Marķētie punkti	0,70	0,02	0,98
	Teksts	0,70	0,02	0,98
6	Attēla aplūkošana	0,62	0,02	0,98
	Punkti	0,73	0,02	0,97
	Marķētie punkti	0,78	0,03	0,96
	Teksts	0,75	0,01	0,98

Trīs eksperimenta dalībniekiem marķēto punktu un lasīšanas uzdevumos bija novērojamas līdzīgas slīpuma koeficienta vērtības, kas nozīmē, ka tiem sakāžu raksturlielumi bija diezgan līdzīgi. Pārējiem eksperimenta dalībniekiem šie lielumi savā starpā atšķīrās, un atšķirībām varētu būt dažādi cēloņi.

Viens no iespējamiem kļūdu cēloņiem galveno sakarību slīpuma koeficienta noteikšanā lasīšanā un punktu ir tāds, ka lasīšanā un līdzīgos uzdevumos sakāžu amplitūdu diapazons bija mazāks nekā sakāžu amplitūdu diapazons, skenējot attēlu vai apskatot apkārtējo vidi. Mazāks šis diapazons ir tāpēc, ka lasīšanai nav nepieciešamas lielas sakādes, savukārt veicot citus uzdevumus, sakādes var būt pat 10-20° lielas. Apskatot attēla skenēšanas sakāžu amplitūdu lielumus, sanāk, ka lasīšanas un līdzīgo uzdevumu sakādes ir tikai daļa no visām šīm sakādēm, un tāpēc iespējamā kļūda, veicot lineāro regresiju ir lielāka.

Lineārās regresijas slīpumu koeficientu atšķirības ir skaidrojamas arī ar to, ka katrs cilvēks atšķirīgi uztver uzdoto uzdevumu un piešķir tam dažādu nozīmi. Ja cilvēkam šķiet, ka lasīšanas uzdevumā galvenais ir saprast teksta semantisko nozīmi, tad ātrums tieši šī uzdevuma sakādēm būs lēnāks, kā tas ir manāms pirmajam un otrajam eksperimenta dalībniekam 1. tabulā. Savukārt, ja svarīgi šķietis izsekot visiem punktiem tieši kādā no punktu

uzdevumiem, tad slīpuma koeficients šai lineārās regresijas līknei būs mazāks, jo sakāžu ātrums būs mazāks, piemēram, 3.eksperimenta dalībniekam. Varam piebilst, ka visiem datiem standartklūdas nebija lielākas par 0.038 un visiem datiem korelācija bija pozitīva un lielāka par 0,95.

Main sequence kā rādītāju par cilvēka sakādisko acu kustību mehānismu darbību var vislabāk izmantot, ja sakādisko kustību amplitūdu diapazons ir bijis liels un daudz precīzāk ir bijis iespējams caur punktiem izvilkt lineārās regresijas taisni. Šajā eksperimentā, kā jau bija sagaidāms, sakādisko acu kustību ātrumi dažādiem cilvēkiem ir atšķirīgi, taču to atšķirības nebija pārāk lielas: attēlu aplūkošanas galvenās sakarības slīpuma koeficienti bija no 0.62 līdz 0.7. Tas nozīmē, ka sakādisko kustību veikšana ir individuāls process, taču lielu noviržu gadījumā, ja, piemēram, slīpuma koeficients būtu 0.3 vai 1.2, varētu spriest par lasīšanas vai apkārtējās vides aplūkošanas problēmu cēloņiem.

Lasīšanas uzdevumos veiktās sakādiskās acu kustības ir dažāda lieluma, jo attālumi starp vārdiem un to izmēri arī ir ļoti dažādi. Taču, veicot sakādiskās kustības uz priekšu no punkta uz punkti, visām sakādēm būtu jābūt vienāda izmēra, jo attālumi starp punktiem bija fiksēta lieluma.

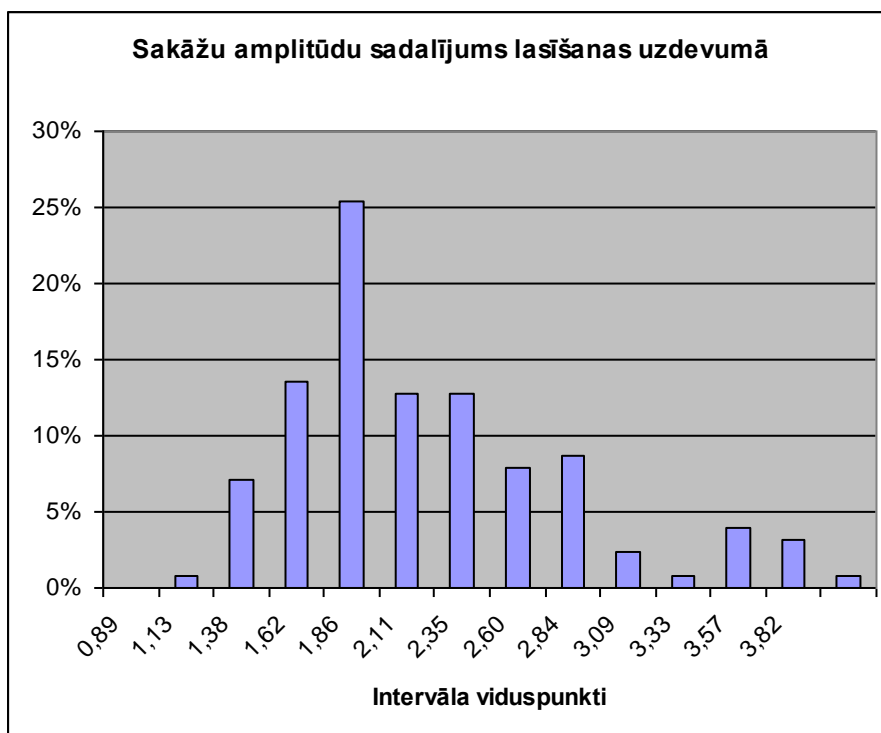
Visi attālumi no punkta līdz punktam bija fiksēti un bija 2 cm pieciem eksperimenta dalībniekiem un 2.5cm vienam eksperimenta dalībniekam. Tas nozīmē, ka leņķiskie attālumi starp punktiem bija attiecīgi 1.9° un 2.4° . Tātad, uzdevumos, kuros dalībniekiem bija jāseko no punta uz punktu, visām sakādēm būtu jābūt aptuveni vienādām un šādā leņķiskā lielumā, savukārt, lasīšanas uzdevumu sakādes var būt dažāda izmēra, jo ir nepieciešams novietot uz foveolas dažāda izmēra vārdus.

Eksperimenta rezultāti parādīja, ka arī punktu un marķēto punktu uzdevumos sakādes bija dažāda izmēra. To varam redzēt apskatot galvenās sakarības datus. 2.8 un 2.9. attēlā melnā bultā, kas uz skalas ir aptuveni pretim 0.28, norāda, kur grafikā būtu jākoncentrējas sakāžu amplitūdām tad, ja skenējot punktu kartes sakāde tiktu veikta tieši uz punktiem. Ir vērojama datu izkliede, kas norāda uz to, ka cilvēks ir veicis nevis viena izmēra sakādiskās acu kustības no punkta uz punktu vai no marķētā punkta uz punktu, bet gan dažāda izmēra sakādes, līdzīgi kā lasīšanas procesā.

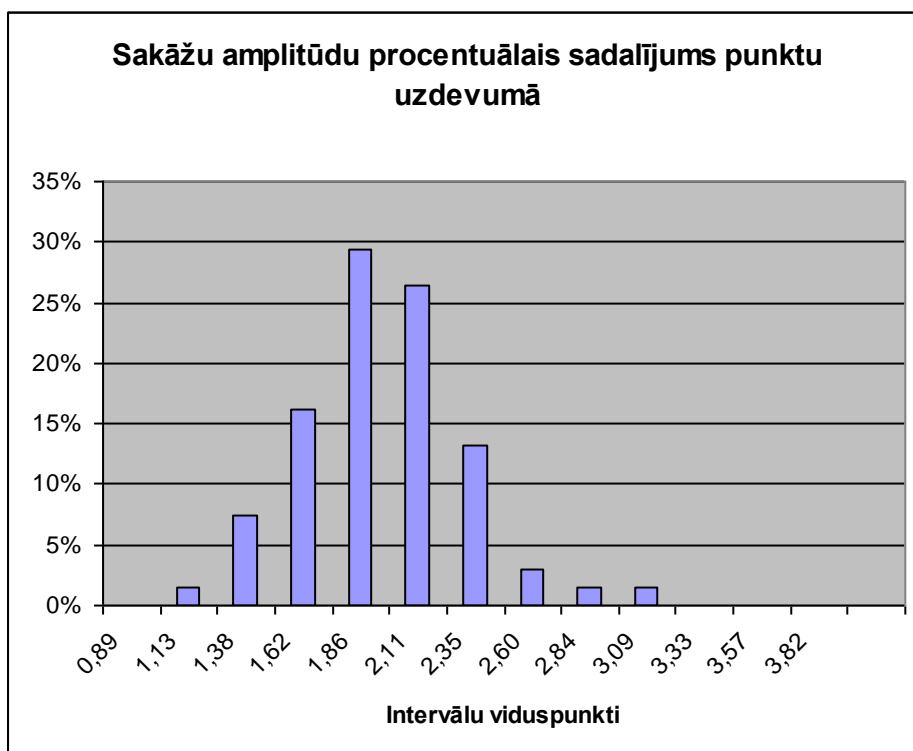
Šāds sakādisko kustību amplitūdu sadalījums radīja interesi papētīt precīzāk šo sadalījumu un meklēt tam skaidrojumus.

2.4. Sakāžu amplitūdu sadalījumi

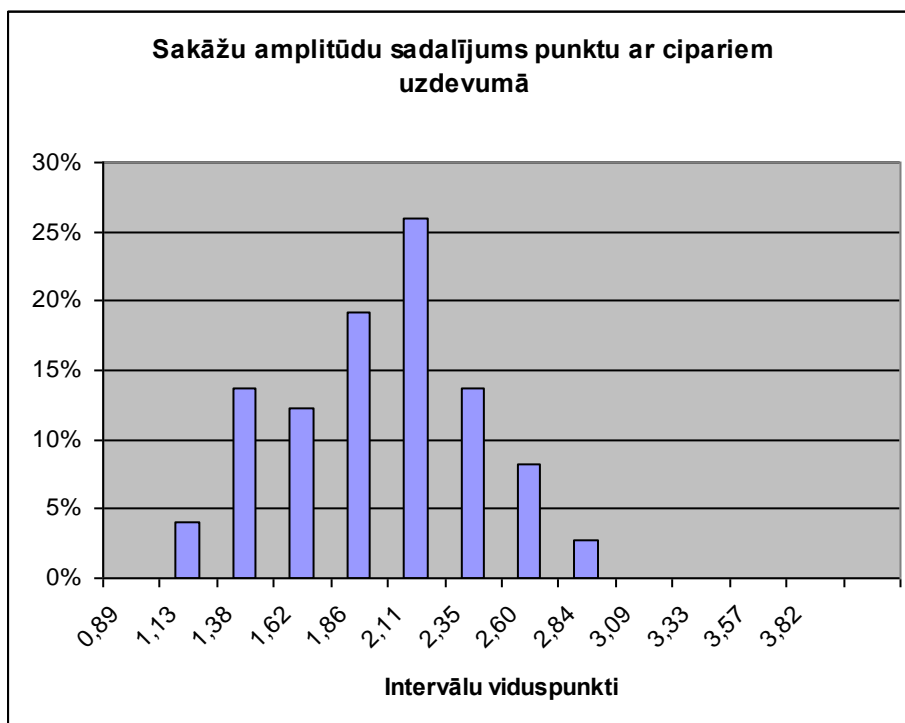
Lai kārtīgāk izpētītu datu izkliedi lasīšanas un līdzīgos uzdevumos, tika apkopoti dati par sakāžu amplitūdu lielumiem punktu, marķēto punktu un lasīšanas uzdevumos. Tā kā lasīšana ir individuāls process un katram tā raksturlielumi ir atšķirīgi, tad mērījumu rezultāti tika salīdzināti katram eksperimenta dalībniekam atsevišķi, salīdzinot datu izkliedi starp dažādiem uzdevumiem. Viens no uzskatāmākajiem sadalījuma novērtēšanas veidiem ir histogrammas, un, izmantojot Breksa un Sterdža formulas, var noteikt optimālāko histogrammas intervālu datu sadalījumam. Šajā pētījumā histogrammas intervāli tika noteikti katram eksperimenta dalībniekam atsevišķi, ņemot vērā viņa sakāžu amplitūdu diapazonu katrā uzdevumā un paņemot vidējo vērtību no katra uzdevuma optimālākā histogrammas soļa. 2.10, 2.11, un 2.12. attēli parāda, kāds ir sakāžu sadalījums vienam no eksperimenta dalībniekiem lasīšanas, punktu un marķēto punktu uzdevumos.



2.10. attēls. Procentuāls sakāžu amplitūdu sadalījums ar intervālu viduspunktiem lasīšanas uzdevumā, dalībnieks NR. 6



2.11. attēls. Procentuāls sakāžu amplitūdu sadalījums ar intervālu viduspunktiem punktu uzdevumā, dalībnieks NR.6



2.12. attēls. Procentuāls sakāžu amplitūdu sadalījums ar intervālu viduspunktiem marķēto punktu uzdevumā, dalībnieks NR. 6

Līdzīgi, kā novērtējot galvenās sakarības grafikus, arī šeit vērojama liela datu izkliede punktu un marķēto punktu uzdevumā, kas norāda, ka sakādes bija nevis konkrēta izmēra, kāds tika noteikts, veidojot stimulus un nosakot attālumu starp punktiem 1.9° vai 2.4° , bet gan dažāda lieluma. Šī datu izkliede visā visumā ir līdzīga lasīšanas sakāžu sadalījumam. Salīdzinot pārējo eksperimenta dalībnieku sakāžu amplitūdu, sadalījumi vizuāli ir līdzīgi, un visos rezultātos parādās sakāžu amplitūdu izkliede.

Šādu neprecīzu sakāžu veidošanos var skaidrot ar to, ka, iespējams, cilvēkam liekot pildīt šādu lasīšanai līdzīgu uzdevumu, un acīm sākot šo secīgo sakāžu veikšanu, smadzenes atpazīst to kā lasīšanas programmu, un turpmākās sakādes tiek veiktas līdzīgi, kā tas būtu bijis, lasot kādu tekstu. Cilvēks ieslēdz smadzenēs „lasīšanas programmu”- dzīves laikā lasīšanas process ir kļuvis par automātisku darbību, kura tiek veikta bez papildus lēmuma pieņemšanas veikt nākamo sakādisko acs kustību. Šādā punktu un marķēto punktu uzdevumā cilvēks ieslēdz šo programmu un it kā lasa informāciju. Šī programma tiek ieslēgta, jo smadzenes saņem aferento informāciju par vizuālā stimula īpašībām, kas nosaka, ka jāveic secīgas sakādes aptuveni 2° lielas. Smadzenēm šāda komanda šķiet pazīstama un tiek piedāvāts lietot jau automātisko programmu, kura neprasīs speciālu katras atsevišķas sakādes programmēšanu, bet gan ļaus procesam notikt automātiski.

Apskatot visas amplitūdu sadalījuma histogrammas, var novērot, ka visbiežāk eksperimenta dalībnieki veikuši sakādiskās acu kustības, kas ir starp 2° un 3° . Lasīšanas uzdevumā tas ir skaidrojams ar to, ka, fiksējot uz vārda sākuma daļu un pārejot no viena vārda un otru, šādas sakādiskās kustības nākas veikt, ņemot vērā katra vārda garumu. Tā kā tekstā ir noteikti vārdu garumi, kas ir visbiežāk sastopami, tad arī šādas amplitūdas kustības ir visbiežāk novērojamas.

Lai gan punktu un marķēto punktu uzdevumā cilvēki ieslēdz savu lasīšanas programmu, viņiem tik un tā trūkst vārdu, uz kuriem fiksēt savu uzmanību. Tāpēc cilvēki sāk lietot dzīves laikā visbiežāk lietotās sakāžu amplitūdas, kas ir apmēram 2° - 3° .

Lasīšanas teksta sakāžu amplitūdu sadalījums ir arī ļoti atkarīgs no paša teksta sarežģītības pakāpes. Dažādiem tekstiem ir dažādi vārdu garumi. Tāpēc arī lasīšanas teksta grafikā ir redzamas garās sakādes, ko cilvēks ir veicis lasot garākus vārdus.

Vizuāli novērtējot un salīdzinot uzdevumu rezultātus savā starpā, var secināt, ka visiem eksperimenta dalībniekiem kopīgas iezīmes ir tādas, ka punktu un marķēto punktu uzdevumos, kur sakādēm vajadzētu būt puslīdz vienāda izmēra, tām tomēr ir diezgan liela izkliede, kā arī to, ka vairumā gadījumu tikai lasīšanas uzdevumos ir garās sakādes. Lai salīdzinātu sakāžu amplitūdas dažādos uzdevumos, tika izpildīts t-tests un Fišera tests. Šie testi palīdzēja noteikt, vai vienam cilvēkam dažādos uzdevumos rezultāti ir statistiski būtiski

atšķirīgi. Fišera un t-tests neparādīja viennozīmīgus rezultātus: dažiem eksperimenta dalībniekiem atšķirība bija būtiska, savukārt citiem- nē.

Taču testu rezultāti nemaz nebija sagaidāmi identiski, jo uzdevumi arī bija atšķirīgi viens no otra. Katrā no uzdevumiem bija savs „dzinējspēks”, kas noteica, kad veikt nākamo sakādi un kāds būs tās izmērs. Tas bija atkarīgs no dzīves laikā iemācītās lasīšanas programmas un arī no tā, kā noteiktajā brīdī eksperimenta dalībnieks uztvēra katru uzdevumu. Bet, lai arī dati nebija pilnīgi vienādi, kopējā iezīme, ka sakādes bija dažāda izmēra un to sadalījums punktu un marķēto punktu uzdevumā bija līdzīgi lasīšanas uzdevumam, tomēr saglabājās.

2. tabula parāda eksperimenta dalībnieku sakāžu amplitūdu vidējās vērtības un standartnovirzes dažādos uzdevumos. Tikai 1. eksperimenta dalībniekam ar 95% statistisko varbūtību atšķirības starp vidējām vērtībām, salīdzinot visus uzdevumus savā starpā nebija būtiskas. Pārējiem eksperimenta dalībniekiem atšķirības starp vidējām vērtībām, veicot t-testu, galvenokārt bija būtiskas.

2. Tabula. Sakādisko acu kustību amplitūdu vidējās vērtības un standartnovirzes dažādos uzdevumos.

Eksperimenta dalībnieks	Amplitūdas	Punkti, grādi	Marķētie punkti, grādi	Lasīšana, grādi
1	Vidējā vērtība	2,31	2,58	2,21
	Standartnovirze	0,60	1,27	1,62
2	Vidējā vērtība	2,66	2,21	2,11
	Standartnovirze	0,81	0,41	0,71
3	Vidējā vērtība	2,15	2,27	2,88
	Standartnovirze	0,69	0,69	1,41
4	Vidējā vērtība	2,29	2,51	1,55
	Standartnovirze	0,65	0,67	0,35
5	Vidējā vērtība	2,94	2,34	2,44
	Standartnovirze	1,19	0,56	1,46
6	Vidējā vērtība	1,72	1,71	1,97
	Standartnovirze	0,36	0,40	0,63

Tabula parāda, ka sakādes ir individuālas arī pēc to vidējiem lielumiem lasīšanas uzdevumos, un to lielumi savā starpā arī atšķirās vienam cilvēkam dažādos uzdevumos. Nebija manāma arī kopēja tendence, ka vienā uzdevumā vidējās sakādes lielums būtu mazāks vai lielāks.

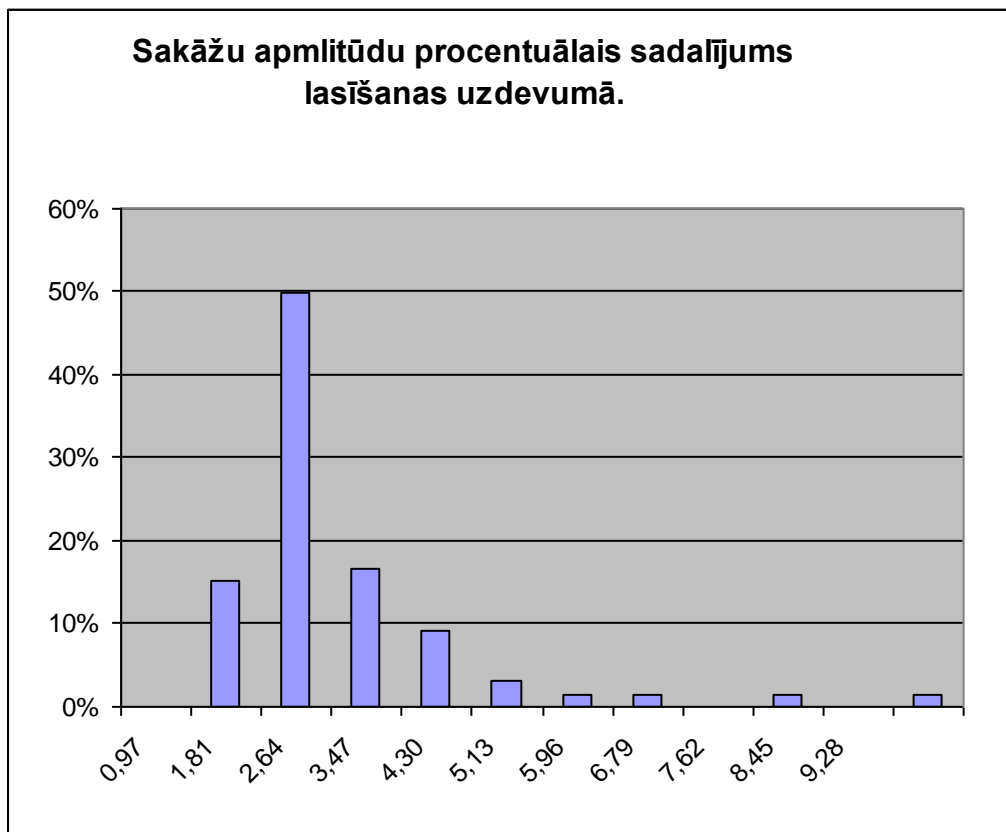
Tabula norāda arī, ka vidējās sakāžu amplitūdu vērtības punktu un marķēto punktu uzdevumos nesakrīt ar attālumu, kas bija starp punktiem grādos. 1., 2., 3., 4., un 6. eksperimenta dalībniekiem attālumi starp punktiem bija 1.9° lieli un 5. eksperimenta dalībniekam 2.4° lieli. Atšķirības un histogrammas norāda, ka cilvēks, veicot šos lasīšanai līdzīgus uzdevumus ar punktiem un marķētajiem punktiem, nav veicis sakādiskās acu

kustības, pārlecot precīzi no viena punkta uz otru. Sakādes bija dažāda izmēra, kas norāda, ka programma, kas veica sakādiskās acu kustības, bija līdzīga lasīšanas sakādisko acu kustību programmai, kuras galvenais uzdevums bija izpildīt sakādes mehānismu, nevis veikt precīzus vienādu amplitūdu lielus skata pārlēcienus.

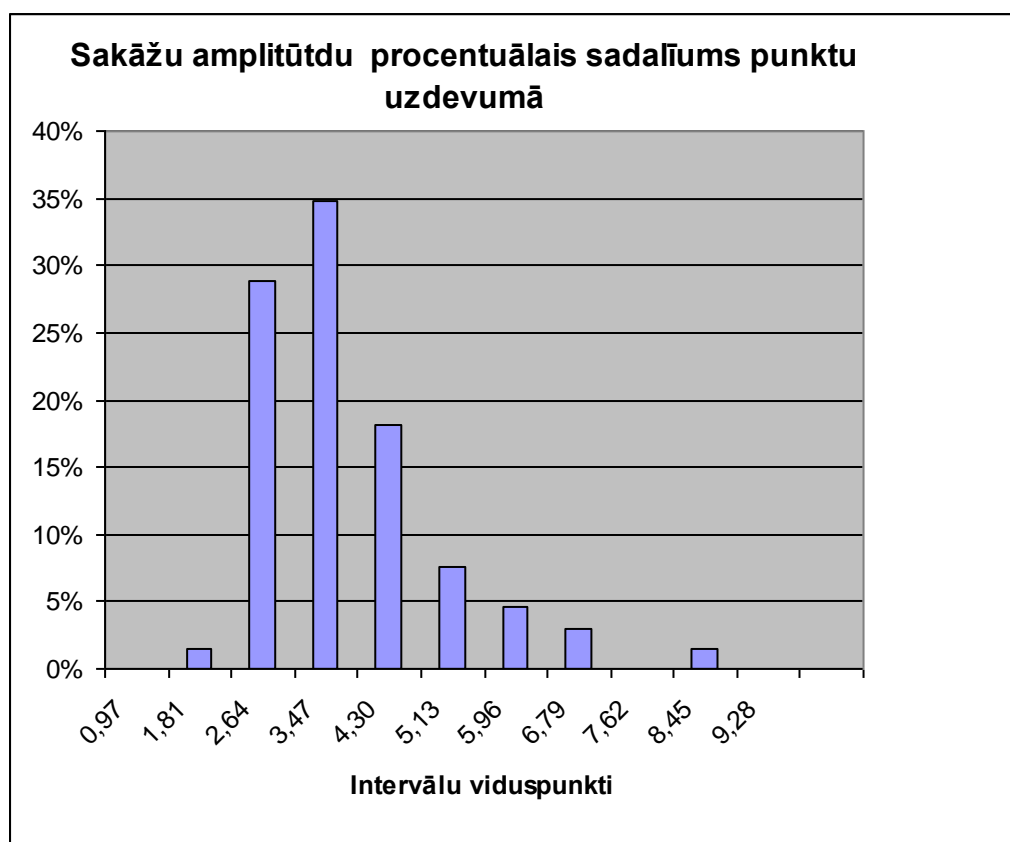
Breksa un Sterdžesa formulas noteica, kādam būtu jābūt histogrammas solim, ņemot vērā, kādas ir bijušas konkrētā uzdevuma sakādes. Aprēķinot vidējo vērtību katra eksperimenta dalībnieka visiem uzdevumiem, tika noteikts vienots histogrammas solis, kāds tika izmantots iegūto datu salīdzināšanai. Četriem no sešiem eksperimenta dalībniekiem šie soļi savā starpā īpaši neatšķīrās, un to starpības bija robežās no 0.06° - 0.2° . Taču 1. un 5. Eksperimenta dalībniekiem atšķirība starp šiem soļiem bija pat 0.8° . Šādas atšķirības veidojās, jo eksperimenta dalībnieki bija veikuši arī garās sakādes, kas bija līdz pat 9.5° lielas: t.i. nākamā fiksācija tekstā bija līdz pat par 9cm tālāk. Tas varētu norādīt uz to, ka šie eksperimenta dalībnieki atšķirīgi uztvēra uzdoto uzdevumu un nelasīja tekstu rūpīgi, kā arī neveica sakādes no punktiņa uz punktiņu pietiekoši rūpīgi un precīzi.

Apskatot šo eksperimenta dalībnieku galvenās sakarības datus un salīdzinot tos ar pārējo eksperimenta dalībnieku datiem, var redzēt, ka 1. un 5. eksperimenta dalībniekam dati īpaši neizcēlās un lineārās regresijas slīpuma koeficienti nebija ievērojami lielāki. Tas nozīmē, ka sakādes netika veiktas daudz ātrāk, un eksperimenta dalībnieki nebija „steigušies” uz priekšu, lai ātrāk pabeigtu uzdevumu.

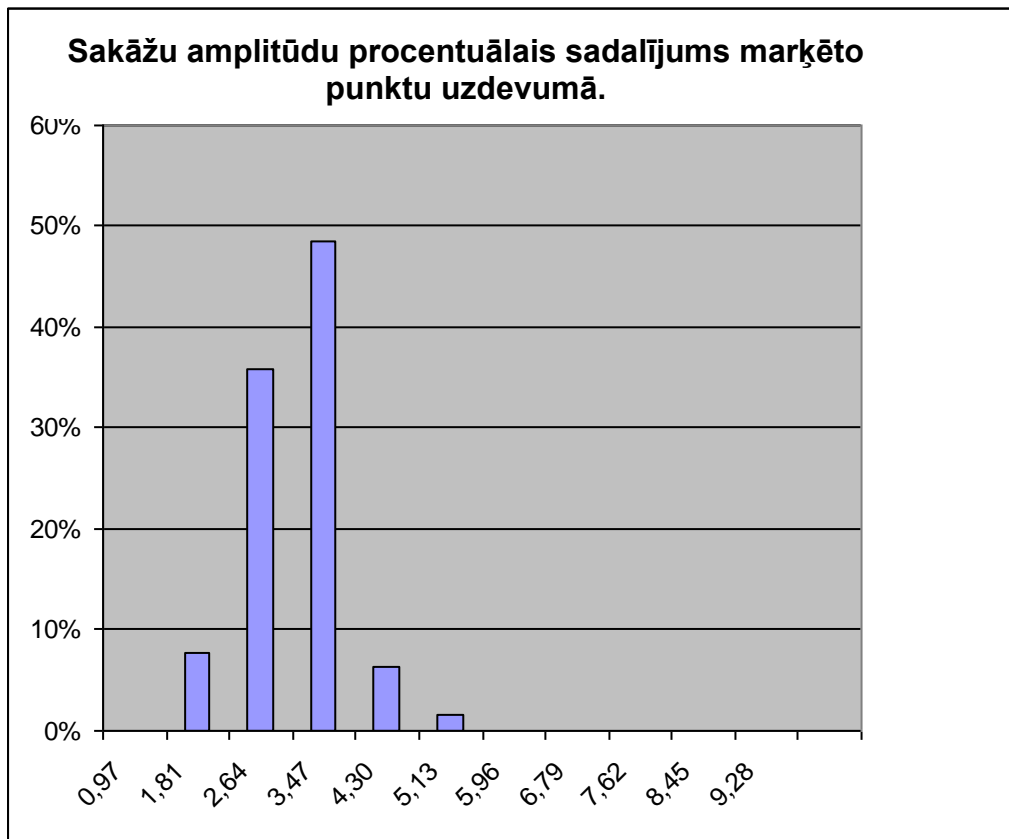
Garās sakādes varētu būt skaidrojamas ar eksperimenta dalībnieku koncentrēšanās spējām un sakāžu programmēšanas procesiem smadzenēs. 2.13., 2.14. un 2.15. attēli parāda, ka garo sakāžu daudzums bija neliels salīdzinājumā ar pārējām sakādēm, kas, savukārt norāda, ka šāda veida garās sakādes bija iespējami gadījuma procesi, taču tik un tā būtu nepieciešams izpētīt, kas veicina cilvēkus šādos uzdevumos veikt garās sakādes: sakāžu kontroles vai izpildes sistēma.



2.13. attēls. Procentuāls sakāžu amplitūdu sadalījums ar intervālu viduspunktiem lasīšanas uzdevumā 5. eksperimenta dalībniekam



2.14. attēls. Procentuāls sakāžu amplitūdu sadalījums ar intervālu viduspunktiem punktu uzdevumā 5. eksperimenta dalībniekam



2.15. attēls. Procentuāls sakāžu amplitūdu sadalījums ar intervālu viduspunktiem punktu ar cipariem uzdevumā 5. eksperimenta dalībniekam

Arī 5. eksperimenta dalībniekam, kuram vienīgajam atstarpes starp punktiem punktu un punktu ar cipariem uzdevumā bija 2.5 cm jeb 2.4° var novērot, ka sakādes netika veiktas precīzi no punkta uz punktu. Tās bija dažāda lieluma, un lielākā daļa sakāžu amplitūdu nemaz nesakrita ar leņķisko attālumu starp punktiem. Tas vēlreiz norāda, ka šādā lasīšanai līdzīgā uzdevumā cilvēks izmanto kādu lasīšanai līdzīgu sakāžu veidošanas programmu.

Kopumā salīdzinot datus starp dažādiem eksperimenta dalībniekiem, iegūtie sakāžu amplitūdu sadalījumi bija ļoti atšķirīgi, kas vēlreiz norāda, cik sakādiskā sistēma ir komplicēta un individuāla. Savukārt, salīdzinot datus katram eksperimenta dalībniekam no dažādiem uzdevumiem, var secināt, ka punktu un marķēto punktu sakādisko acu kustību amplitūdu sadalījums ir līdzīgs lasīšanas acu kustību sadalījumam, kas norāda, ka abiem uzdevumiem sakāžu ģenerēšana notiek ļoti līdzīgi.

2.5. Papildus uzdevumu veikšanas ietekme uz lasīšanas raksturlielumiem.

Lasīšanas pētījumos ir svarīgi ne tikai izpētīt cilvēka spēju veikt piemērotas sakādes un fiksēt skatu noteiktā punktā, lai spētu uztvert un apstrādāt iegūto informāciju, bet arī pētīt dažādus blakus uzdevumus. Blakus uzdevumu pētījumu rezultāti norāda uz cilvēka spēju vērst savu uzmanību gan uz blakus esošajiem stimuliem, gan uz lasīšanas tekstu un spēju koncentrēties un atcerēties noteiktu skata virzienu. Šādi blakus uzdevumu pētījumi palīdz noteikt, kādas ir cilvēka spējas veikt dažādus citus uzdevumus, kamēr viņš lasa. Tādējādi šī situācija tiek vairāk piemērota ikdienai, kad lasīšanas procesu var pārtraukt dažādi distraktori vai nepieciešamība veikt kādu paralēlu uzdevumu.

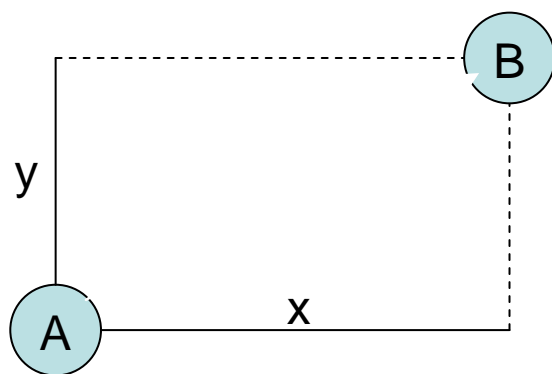
Šajā pētījumā tika izveidoti lasīšanas un lasīšanai līdzīgie uzdevumi, kad pacientam ir nepieciešams pārtraukt veicamo uzdevumu, pievērsties kādam citam stimulam vizuālajā sistēmā un atgriezties iepriekš aplūkotajā vietā, lai turpinātu jau iepriekš uzsākto uzdevumu. Salīdzinot šo dažādo uzdevumu rezultātus, katram cilvēkam atsevišķi tika izvērtēta neprecizitāte, ar kādu cilvēks atgriežas iepriekšējā fiksācijas punktā, lai turpinātu lasīšanas vai līdzīgo uzdevumu.

Novēršot uzmanību no pamatuzdevuma un apskatot distraktoru, cilvēki norādīja, ka esot grūtības turpināt veikt lasīšanas uzdevumu vai punktu apskatīšanu no iepriekš fiksētās vietas. Tas bija arī novērojams, apskatot fiksāciju koordinātes pirms un pēc uzmanības novēršanas.

Pēc datu apstrādes programmas BeGaze datiem, par skata fiksācijas punktu datora ekrānā pa x un y koordinātēm pikseļos pirms un pēc uzmanības novēršanas, tika noteikta, cik pikseļus liela bijusi neprecizitāte, atgriežoties iepriekšējās fiksācijas punktā.

Kā vēl viens rādītājs par fiksācijas precizitāti ir tās dispersija pa x un y asīm. Programma BeGaze sniedz informāciju ne tikai par katras fiksācijas koordinātēm datora ekrānā, bet arī par katras šīs koordinātes dispersiju. Aplūkojot šos datus, bija iespējams novērot, ka dispersijas rādītāji bija diezgan lieli. Nereti tie sasniedz pat 70 pikseļus. Tā kā 1 pikselis ir aptuveni 0,027cm, tad dispersija bija 1,89cm. Šādi dispersijas rādītāji liek domāt, ka, atgriežoties iepriekšējā fiksācijas vietā, cilvēks neveic vienu noteiktu fiksāciju, pēc kuras seko nākamā koriģējošā fiksācija, bet gan vairākas sīkas fiksācijas un sakādes ap punktu, kur šķietami bija nepieciešams atgriezties.

Zinot fiksācijas punkta koordinātes pirms un pēc uzmanības novēršanas uz distraktoru, ir iespējams noteikt, cik liela ir bijusi atgriešanās neprecizitāte. Attēls 2.16. norāda, kā nosaka atgriešanās neprecizitāti Δ . Attālums starp fiksācijas punktu pirms (punkts A) un pēc (punkts B) distraktora apskatīšanas tiek aprēķināts pēc Pitagora teorijas.



2.16 attēls Atgriešanās neprecizitāte iepriekšējā fiksācijas vietā pēc distraktora apskatīšanas

Tā kā sakāžu ģenerēšanas, uzmanības un atmiņas process katram cilvēkam ir ļoti individuāli, tad mērījumi netiek salīdzināti savā starpā starp dažādiem eksperimenta dalībniekiem. Salīdzināti tiek katra eksperimenta dalībnieka spējas atgriezties iepriekšējā fiksācijas vietā dažādos uzdevumos: lasīšanas, punktu un marķēto punktu uzdevumos.

Lai savā starpā salīdzinātu katra cilvēka spēju atgriezties precīzi iepriekšējā fiksācijas punktā dažādos uzdevumos, datorprogrammā Microsoft Excel tika veikts t- tests 2 izlasēm ar vienādām dispersijām. Veicot šo testu, tiek izvirzīta hipotēze, ka vidējās vērtības salīdzinot 2 izlases, ir vienādas. Ja izdodas apgāzt šo hipotēzi, tad ar 95% varbūtību var apgalvot, ka izlases ir dažādas, savukārt, ja hipotēzi neizdodas apgāzt, tad atšķirību starp hipotēzēm nevar pierādīt, un tas nozīmē, ka izlases ir vienādas vai mazliet atšķirīgas.

Katram eksperimenta dalībniekam tika veikti t-testi, lai salīdzinātu spēju precīzi atgriezties iepriekšējā fiksācijas vietā punktu un marķēto punktu uzdevumā, marķēto punktu un lasīšanas uzdevumā un punktu un lasīšanas uzdevumā. Kopā tika veikti 18 t-testi, no kuriem 17 uzrādīja rezultātu, ka ar 95% statistisko ticamību nevar pateikt, ka vidējās vērtības ir dažādas- tāpat atšķirību starp vidējām vērtībām nav vai tās ir ļoti nelielas. Tas, savukārt, norāda, ka šajā eksperimentā lasīšanas vai līdzīgā uzdevuma raksturs nebija noteicošais atgriešanās precizitātē. 3. Tabula parāda vidējās novirzes no sākotnējām fiksācijas koordinātēm, cilvēkam atgriežoties iepriekšējā fiksācijā pēc distraktora apskatīšanas.

Trešā eksperimenta dalībnieka t-testa rezultāts, salīdzinot marķēto punktu un lasīšanas atgriešanās precizitāti, bija vienīgais rezultāts, kurš parādīja, ka vidējās vērtības ar 95% statistisko ticamību nav vienādas, un, tāpat, atgriešanās precizitāte šim eksperimenta dalībniekam, bija ievērojami atšķirīga.

3. tabula. Attālums starp fiksāciju koordinātēm pirms un pēc pievēršanās distraktoram

Eksperimenta dalībnieks	Vidējā novirze lasīšanas uzdevumā (px)	Vidējā novirze punktu uzdevumā (px)	Vidējā novirze marķēto punktu uzdevumā (px)
1	63,7	70,4	171,0
2	56,5	103,2	84,0
3	135,7	66,8	47,0
4	69,6	107,0	50,9
5	136,2	108,6	62,3
6	57,0	52,1	53,6

Salīdzinot atgriešanās precizitāti, var vēl reizi secināt, ka lasīšana ir individuāla prasme, un, salīdzinot vienāda uzdevuma datus dažādiem eksperimenta dalībniekiem, var novērot, ka nav manāma kāda kopēja tendence viena uzdevuma novirzēm būt lielākām vai mazākām.

Kopumā aplūkojot spēju veikt blakus uzdevumu lasīšanas vai līdzīgā uzdevumā, kas šajā pētījuma bija spēja pievērsties distraktoram un pēc tam atgriezties iepriekšējā fiksācijas vietā, var secināt, ka pamatuzdevuma raksturs- t.i., teksta saturiskā nozīme- nav galvenais faktors, kas nosaka precīzu atgriešanos iepriekšējā skata pozīcijā. To nosaka cilvēka individuālie parametri: sakāžu programmēšanas sistēma, vispārējais garīgais stāvoklis, uzmanība, kā arī distraktora īpašības: atrašanās vieta, krāsa u.c.

2.6.Secinājumi

1. Pirmo reizi eksperimentāli, izmantojot sakāžu amplitūdu sadalījumus, pierādīts, ka cilvēki skenē vienkāršas punktu kopas līdzīgi lasīšanai. Sešu eksperimentu dalībnieku izlasei indivīdu vidējo sakāžu amplitūdas atšķiras no stimulu leņķiskā attāluma robežās no -0,18 līdz +0,76 grādiem ar sadalījumu maksimālo standartnovirzi 1.19 grādi. Izvirzīta hipotēze, ka lasīšanai līdzīgos skata pārneses uzdevumos, kur nav nepieciešama teksta semantiskās un leksiskās informācijas apstrāde, cilvēka sakādisko acu kustību programma darbojas līdzīgi lasīšanai.
2. Konstatēts, ka skenējamo punktu marķēšana būtiski neizmaina sakāžu amplitūdu vidējās vērtības un to sadalījumu īpašības (piemēram, eksperimenta dalībnieka NR. 2 vidējā sakādes amplitūda no stimula leņķiskā attāluma atšķīrās par 0.31 grādu un standartnovirze bija 0.41).
3. Parādīts, ka sešiem eksperimenta dalībniekiem sakādēm galvenās sakarības dažādos uzdevumos izpildās ar augstu ticamību. Virziena koeficientu standartklūda nepārsniedz 6%.
4. Parādīts, ka lasīšanas procesu analīzei un novērtēšanai laboratorijas apstākļos ir iespējams izmantot galvenās sakarības slīpuma koeficienta vērtību.
5. Noteikts, ka pārtraucot lasīšanu vai punktu kopas skenēšanu ar distraktoriem perifērijā, atgriešanās iepriekšējā fiksācijas vietā ir neprecīza (vidējā nobīde grupā no 2 līdz 171 pikseļiem) un nav atkarīga no tā, vai stimulam ir vai nav piešķirama semantiska vai leksiska nozīme.

2.7.Nobeigums

Šī pētījuma rezultāti ir interesanti ne tikai tāpēc, ka ļauj mums iemācīties kaut ko jaunu par mūsu organismu un procesiem tajā, bet arī tāpēc, ka šie nelielie atklājumi dod iemeslu papētīt dažādu acs sakādisko kustību traucējumu iemeslus un ārstēšanas iespējas.

Ja, piemēram, cilvēkam radušies lasīšanas traucējumi, tad iespējams varētu noteikt, vai tie ir saistīti ar sakādisko kustību ģenerēšanu vai ar teksta semantikas un leksikas apstrādi. Mūsu izveidoto punktu kopu demonstrēšana neprasa teksts nozīmes izpratni, un ar to palīdzību ir iespējams novērtēt tikai lasīšanas sakādiskās acu kustības.

Ja veicot punktu skenēšanu, cilvēks ieslēdz lasīšanas programmu, jo viņam tā ir automātiska, tad iespējams, ka regulāri vingrinājumi ar sakādēm no punkta uz punktu, kas viens no otra atrodas tādā attālumā, cik lielu vidēji cilvēks veic lasīšanas sakādi, var mēģināt cilvēkiem ar lasīšanas problēmām padarīt sakāžu ģenerēšanas programmu automātisku un tādējādi attīstīt cilvēka lasīšanas prasmes.

Turpmākajos pētījumos būtu interesanti paskatīties, vai pamainot punktu kopas pret citu veidu stimuliem, burtiem vai īslaicīgiem zibšņiem, kas pārvietojas, mainās arī sakāžu amplitūdu sadalījums.

Nobeigumā vēlētos arī pateikties bakalaura darba vadītājam Profesoram Ivaram Lācim, par pacietību un izpalīdzību, par to, ka deva iespēju patiešām pašai veikt pētījumu un palīdzēja nonākt pie secinājumiem. Paldies Docentam Jānim Dzenim par padomiem! Paldies arī manai ģimenei par atbalstu un pacietību, draugiem par sapratni un uzmundrinājumiem. Atsevišķa pateicība Līgai Zaķei un citiem kursabiedriem- draugiem par šo jauko bakalaura rakstīšanas laiku, kad naktīs, acīm jau veroties ciet no miega, vienmēr CFI sienas tika piepildītas ar smiekliem un dziesmām.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. **John Denis Enderle** The fast Eye Movement Control System. In: *The Biomedical Engineering Handbook Volume 2*, CRC Press, 1999. 166.p.
2. **R. John Leigh, David S. Zee** *The Neurology of Eye Movements Fourth Edition*. New York- Oxford University Press, 2006., 108.lpp
3. **Stephen E. Palmer**, *Vision Science Photons to Phenomenology*, London: A Bradford Book, 1999.520 p.
4. **Nazir Brelvi** *An Introduction to cognitive optometry*, Bloomington: AuthorHouse, 2007, 214. p.
5. **K.J.Ciuffreda, B.Tannen**, *Eye Movement Basics for the Clinician*, New York: Mosby, 1995, 266.p
6. **Jana Frolova** *Depresijas ietekme uz cilvēka psihofizioloģiju* [tiešsaiste]- [atsauce 27.05.2011]. Pieejams:
<http://www.redcrossmedicalcollege.lv/uploads/prezent/Jana%20Frolova.ppt>
7. **John Nolte** *The Human Brain An Introduction to its Functional Anatomy, Sixth Edition*, New York: Mosby, 1993. 530. p.
8. **Zita Markus, Antal Berenyi et. Al.** Spatial and Temporal Visual Properties of the Neurons in the Intermediate Layers of the Superior Colliculus, In: *Neuroscience Letters* Volume 454, Issue 1, 2009, 76-80 p.
9. **Donatas Jonikaitis, Heiner Deubel, Claudio de'Sperati** Time Gaps in Mental Imaginery Introduced by Competing Saccadic Tasks, In: *Vision Research Volume 49*, Nr 17, 2009, 2164-2175 p.
10. The University of Liverpool *The Parameters of Eye Movement* [tiešsaiste]- [atsauce 27.05.2011]. Pieejams: <http://www.liv.ac.uk/~pcknox/teaching/Eymovs/params.htm>.
11. **Bahill AT, Clark MR, Stark L.** , *The Main Sequence, A Tool for Studying Human Eye Movements*, Math Biosci 1975;24:191–204.p.
12. **Christopher M. Harris, Daniel M. Wolpert** ,The main sequence of saccades optimizes speed-accuracy trade-off, *Biol Cybern*, 2006, 1-9.p.
13. **R. H. S. Carpenter** *Vision and Visual Disfunction Volume 8 Eye Movements*, London: Macmillan Press, 1991. 96.p
14. . **Erik D. Reichle, Keith Rayner, Alexander Pollatsek** The E-Z Reader model of eye-movement control in reading: Comparisons to other models, *Behavioral and Brain Sciences*, 2003, Nr. 26, 445–526 p.

15. **Erik D. Reichle** *Comparing the E-Z Reading Model to other Models of Eye Movement Control in Reading* University of Massachusetts Department of Psychology, 3.p.
16. **Ronan G. Reilly, Ralph Radach**, Foundations of an Interactive Activation Model of eye Movement Control In Reading In: J. Hyönä, R. Radach and H. Deubel, Editors, *The mind's eye: Cognition and applied aspects of eye movement research*, Elsevier, Oxford (2003), 429–455 p.
17. **Eileen Kowler** *Attention and Eye Movements*, For: New Encyclopedia of Neuroscience (Volume Editor R. Krauzlis), 2006. Elsevier 1.lpp
18. **Sharon Wood, Richard Cox, Peter Cheng** Attention design-eight issues to consider In: *Computers in Human Behavior* Nr. 22, 2006, 588–602 p.
19. **Stephen K. Reed** *Cognition Fourth Edition*, Sand Diego State University, 1996, 50-71.lpp
20. **John M. Findlay** Saccadic eye movement programming: sensory and attentional factors, In: *Psychological Research*, 2009, Nr:127–135
21. **Shaun P. Vecera, Matthew Rizzo**, Spatial Attention: Normal Processes and their Breakdown, In: *Neurol Clin N Am*, Nr. 21, 2003, 575–607