

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

Acu kustības tekstu un pseidotekstu lasīšanā

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Jeļena Grečenkova**

Studenta apliecības Nr.: jg10052

Darba vadītājs: profesors, Dr.habil.phys. Ivars Lācis

RĪGA 2015

ANOTĀCIJA

Darba mērķis ir noteikt acu kustību parametru atšķirības tekstu, pseidotekstu un z-rindu skenēšanā. Pētījumā piedalījās divas dalībnieku grupas (16 un 11 cilvēki). Dalībnieku acu kustības uzdevumu izpildes laikā tika pierakstītas ar videookulogrāfu *iViewX Hi speed*. Rezultāti parāda, ka vidējais fiksācijas laiks pseidotekstu lasīšanā ir būtiski ilgāks salīdzinājumā ar fiksācijas laiku jēgpilnu tekstu lasīšanā (204 ± 3 ms tekstam un 265 ± 4 ms pseidotekstam, $p < 0,0001$). Regresīvo sakāžu skaita atšķirības starp uzdevumiem netika novērotas ($12 \pm 6\%$ no kopēja sakāžu skaita tekstam, $10 \pm 5\%$ pseidotekstam, $11 \pm 4\%$ z-rindām, $p > 0,4$). Parādīts, ka pseidotekstu skenēšana ir labs veids okulomotoro aspektu pētīšanai lasīšanā.

Atslēgvārdi: lasīšana, pseidoteksti, acu kustības, fiksācijas laiks.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to study differences in eye movement features while scanning a text, pseudotext, and z-strings. Two groups of person took part in the experiment (16 and 11 participants). Eye movements during the reading tasks were recorded with the eye tracker *iViewX Hi speed*. The results show that fixation duration is longer when reading a pseudotext than a meaningful text (204 ± 3 ms for text and 265 ± 4 ms for pseudotekxt, $p < 0.0001$). There were no changes spotted in the amount of regressive saccades ($12 \pm 6\%$ out of the total amount of saccades for text, $10 \pm 5\%$ for pseudotext, $11 \pm 4\%$ for z-strings, $p > 0.4$). It was proved that the pseudotext scanning is a safe method for studying the oculomotor aspect of reading.

Key words: reading, pseudotext, eye movements, fixation duration.

SATURS

IEVADS	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS	3
1.1. Lasīšanas acu kustības.....	3
1.1.1. Lasīšanas acu kustību parametri.....	5
1.2. Lasīšanas acu kustību ietekmējošie faktori	7
1.2.1. Globālais efekts	10
1.3. Lasīšanas acu kustību kontrole.....	11
1.3.1. Lasīšanas mehānisms un acu kustību modeļi.....	11
1.3.1.1. E-Z Lasītājs	12
1.3.1.2. SWIFT modelis	14
1.3.1.3. Glenmore modelis.....	16
1.4. Kognitīvie procesi lasīšanas laikā	18
1.5. Sakādes programmēšana	19
1.6. Neapzināta lasīšana (<i>Mindless reading</i>).....	22
1.7. Randomizēti jauktu teikumu lasīšana.....	24
2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA	26
2.1. Acu kustību pētījums Kārdifas dalībnieku grupā.....	27
2.1.1. Pētījuma dalībnieki.....	27
2.1.2. Stimuli	27
2.1.3. Pētījuma gaita.....	28
2.1.4. Acu kustību pieraksts	28
2.1.5. Rezultāti	29
2.2. Acu kustību pētījumi vienādas salienes uzdevumu tekstiem	33
2.2.1. Pētījuma dalībnieki.....	33
2.2.2. Stimuli	33
2.2.3. Pētījuma gaita.....	34
2.2.4. Acu kustību pieraksts	35
2.2.5. Datu apstrāde un rezultāti.....	37
2.2.5.1. Vidējais fiksācijas laiks	37
2.2.5.2. Regresiju skaits	42

2.2.6. Diskusija.....	44
2.2.6.1. Z-rindas.....	44
2.2.6.2. Pseudoteksts.....	45
2.2.6.3. Regresijas.....	46
SECINĀJUMI	47
NOBEIGUMS	48
PATEICĪBAS	49
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	50
PIELIKUMI.....	54

IEVADS

Acu kustību pētījumi kā pirms vairākiem gadiem, tā arī šodien ir balstīti uz vieniem un tiem pašiem jautājumiem. Kā mēs pieņemam lēmumu, kur vērst skatienu? Kā tiek veikta skata pārnese? Kāda veidā mēs varam noturēt stabilu apkārtējās pasaules uztveri, neskatoties uz pastāvīgajām sakādēm? Vienmēr tiek mēģināts atrast atbildes uz šiem jautājumiem, un pēdējo gadu laikā zinātnieku aprindās mēģina izpētīt un pierādīt vairākas acu kustību teorijas, dažreiz visai pretrunīgas, ar kurām varētu tās atbildes meklēt. Laiku pa laikam kāda no teorijām paliek vairāk izcelta par citām, parādās jaunās teorijas un pilnveidojas jau eksistējošās, kas jau vairākkārt ir mainījušas viena otru dominējošā pozīcijā. Bet līdz galam cilvēcei tā arī nav palicis skaidrs, kas un kurā gadījumā ir dzinējs acu kustību veidošanā, un kā izskatās acu kustību vadības mehānisms.

Protams, ka, runājot par acu kustībām, metodes un parametrus bieži sadala vairākās grupās, jo atkarībā no tā, kāds ir uzdevums, acu kustības arī nerealizējās dažādos veidos. Šī darba izpētes mērķis ir tieši lasīšanas acu kustības. Lasīšana ir iesaistīta mūsdienu cilvēka dzīvē ļoti lielā mērā, un, kaut arī tā tiek ļoti plaši pētīta, līdz galam zinātnieku aprindās vēl nav skaidrības par šī procesa norises mehānismiem. Maģistra darba ietvaros tiks salīdzināti acu kustību parametri, cilvēkam skenējot tekstus, pseidotekstus un z-rindas ar vienādu salienci, bet ar dažādas pakāpes kognitīvas teksta apstrādes iesaistīšanos.

Darba rezultātu sadaļā ir atspoguļotas cilvēku acu kustību parametru, it īpaši fiksācijas laika un regresiju skaita, izmaiņas, kad viņiem teksta rindu skenēšanas procesā netiek apstrādāta semantiskā informācija (teksta vārdiem nav leksiskās nozīmes) un kad teksta vārdi ir veidoti no vienāda simbola virknēm (t.s. z-rindas).

Šī maģistra darba mērķis ir, balstoties uz modificēto uzdevumu izsauktām acu kustību parametru izmaiņām, noteikt acu kustību īpašības tekstu, pseidotekstu un z-rindu skenēšanas laikā. Papildus mērķis ir mēģinājums piedāvāt hipotētisku "rīku" cilvēku lasīšanas procesu kontrolei, ar kuru varētu noteikt konkrēta cilvēka iesaistīšanos lasīšanas procesā un atšķirt viņa jēgpilnu lasīšanu no teksta automātiskas skenēšanas bez tā kognitīvas apstrādes.

Darba izstrādes laikā ir formulējies vēl viens praktiskais mērķis – atrast optimālu paņēmieni lasīšanas parametru statistiskai analīzei.

Mērķu sasniegšanai tika formulēti sekojošie uzdevumi:

- Izvēlēties stimulu izveides parametrus, balstoties uz literatūras avotiem un izmēģinājuma eksperimenta datiem, un izveidot stimulus tekstu, pseidotekstu un z-rindu uzdevumiem;
- Pierakstīt dalībnieku acu kustības lasīšanas uzdevumu veikšanas laikā un izanalizēt fiksāciju laiku un regresiju atkarību no uzdevuma tipa.

Eksperiments tika veikts ar acu kustību pieraksta iekārtām *Tobii T60KL* un *IViewX Hi Speed*. Dati tika apstrādāti ar *Tobii Studio 3.2*. un *BeGaze 3* programmu palīdzību. Darbs satur literatūras pārskatu par aprakstīto tēmu, divu eksperimentu aprakstus, rezultātu analīzi un secinājumus.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1. Lasīšanas acu kustības

Visas acu kustības var sadalīt divās lielās daļās – skata pārneses acu kustības un skata noturēšanas acu kustības jeb fiksācijas. Pie skata pārnesēm pieskaita sakādiskās, vergences un sekošanas acu kustības.

Skatu noturēšanu uz konkrēta punkta palīdz veikt optokinētiskā un vestibulārā okulomotorās apakšsistēmas, kas spēj kompensēt galvas un visa ķermeņa kustības lasīšanas laikā, nodrošinot stabilu un relatīvi nekustīgu attēlu uz tīklenes. [1] Tieši fiksāciju laikā tiek iegūta vizuālā informācija, kas tālāk tiek apstrādāta augstākajos līmeņos, jo sakāžu laikā vizuālā uztvere tiek supresēta. [2, 3] Tas notiek tāpēc, ka skatu pārneses ātrums ir ļoti liels, un ja šajā laikā tiktu uztverta informācija par redzamo ainu, tad līdz augstākajiem līmeņiem nonāktu tikai neskaidrs izplūdis attēls, kas traucētu kopējas vizuālās ainas uztverei. [2]

Skata pārneses vergences kustības (kas ietver konvergenci un divergenci) ļauj cilvēkam fiksēt mērķus, kas atrodas dažāda attālumā no sejas plaknes, tā, lai to attēls tiktu projicēts uz abu acu tīkļu foveolām, un nodrošina binokulāro redzi. Tādas kustības pieprasa ap 160 ms ilgu laiku to programmēšanai.

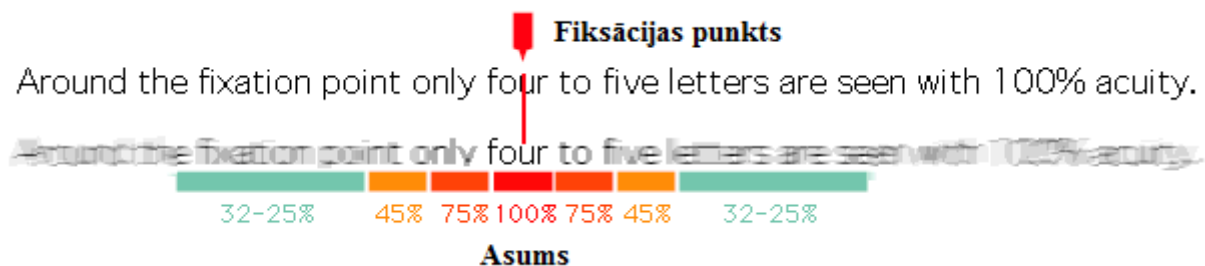
Sekošanas acu kustības ļauj noturēt kustīgus objektus skaidrus uz tīklenes, ja tā objekta attēla pārvietošanas ātrums ir no nulles līdz 30 grādiem sekundē, un prasa aptuveni 125 ms programmēšanai.

Sakādes ir lēcienveida acu kustības, kuru maksimālais ātrums sasniedz līdz 800 grādiem sekundē, un kas veic skata pārnesi no viena punkta uz citu, nodrošinot interesējoša mērķa attēlu uz foveolas. Šī veida skatu pārneses kustībām ir vislielāka latence – līdz pat 200 ms, kas ir nepieciešamas sakādes programmēšanai. [1]

Lasīšanas acu kustības ir specifisks acu kustību veids, kura laikā skats tiek pārnesta no viena vārda uz otru, skenējot tekstu rindu pa rindai. Skatu noturēšanai jeb fiksācijām un sakādiskām skata pārneses kustībām ir vislielākā loma lasīšanas laikā. [3] Protams, lasīšanas procesā piedalās arī vergences acu kustības, nodrošinot konvergenci konkrētam attālumam. Ja mēs pieņemam, ka lasīšanas laikā attālums līdz tekstam paliek nemainīgs, kā arī pieņemam, ka

teksts nekustās un nav nepieciešams veikt sekošanas acu kustības, tad var teikt, ka skata pārnese lasīšanas procesā lielākoties nodrošina tieši sakādes.

Lai lasīšanas laikā nodrošinātu pietiekamu redzes asumu vārda izšķiršanai, šī vārda attēlam ir jātiek projicētām uz foveolas, kas ir aptuveni 1,2° liela. [2] Tieši šajā tīklenes apgabalā tiek nodrošināts redzes asums, kas nepieciešams burtu sīku detaļu atpazīšanai un vārda identificēšanai. Jo tālāk no foveolas atrodas burtu projekcija, jo sliktāk izšķirami tie kļūst (skatīt 1.1. attēlu). Taču, kaut arī ar parafaveolārā vārda apskatīšana nedod pietiekami daudz informācijas vārda atpazīšanai, daži autori apgalvo, ka tajā jau tiek veikta primārā apstrāde. Pateicoties tai, laiks, kas pēc tam būs nepieciešams vārda pilnai apstrādei, tam esot uz foveolas, ir īsāks, nekā tas notiktu gadījumā, ja pirms tam nav veikta parafoveolārā vārda apskate. [4]



1.1. attēls. Relatīvs teksta asums uz tīklenes projicētām attēlam, fiksējot uz rindas konkrēto vietu¹

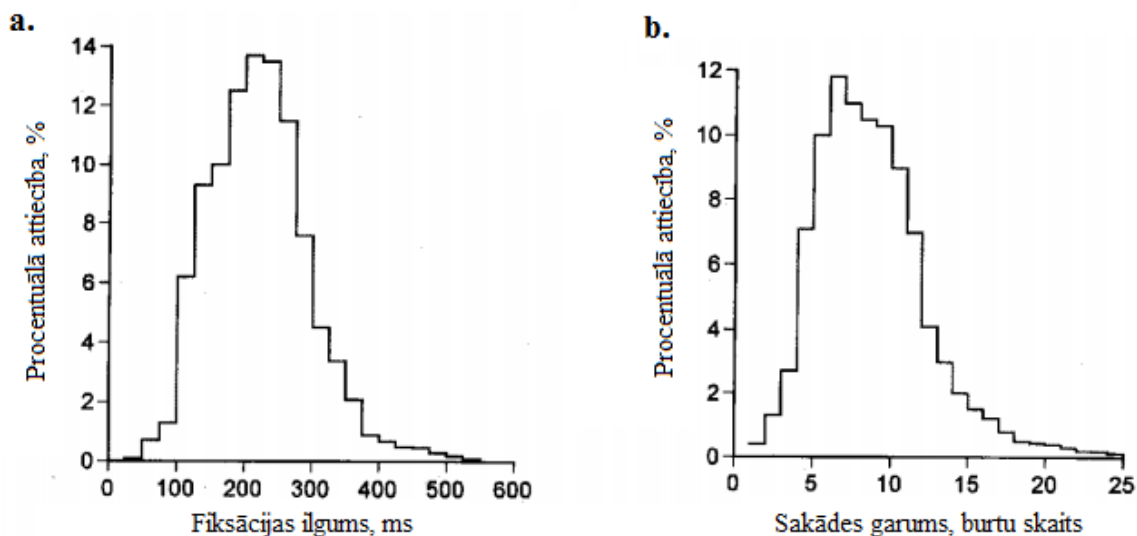
Lasīšana ir sarežģīts vizuāls process, kurā piedalās uzreiz vairākas sistēmas. Galvenais uzdevums teksta lasīšanas laikā ir teksta un vārdu leksiskās nozīmes apstrāde un nepieciešamās informācijas saņemšana no teksta. Savukārt, šī teksta apstrāde nevarētu tikt veikta, ja netiktu pārņemts skats no viena vārda uz citu ar okulomotorās sistēmas palīdzību.

Ir skaidrs, ka, lai nodrošinātu lasīšanu cilvēkam ierastajā veidā, ir nepieciešama abu procesu – okulomotoro un kognitīvo – sadarbība. Lai noteiktu, kuras sistēmas darbība tomēr ir primāra un kuras – sekundāra, ir nepieciešams novērtēt, cik lielā mērā acu kustību veidošanas mehānismi tiek ietekmēti atsevišķi ar okulomotoro darbību un atsevišķi ar kognitīvo apstrādi. Neskatoties uz relatīvi vienkāršo formulējumu, šis uzdevums nemaz nav triviāls. Visi minētie procesi ir sajaukti un cieši saistīti, un izdalīt kādu vienu komponenti, pilnīgi nomācot citus, diez vai ir iespējams.

¹ *Foveal vision in reading.* [tiešsaite] – [atsauce 22.05.2015.]. Pieejams: http://www.learning-systems.ch/multimedia/vis_e02.htm.

1.1.1. Lasīšanas acu kustību parametri

Lasīšanas parametri katram cilvēkam ir dažādi, un, kaut arī ir pieņemts runāt par vidējām vērtībām populācijā, salīdzinot un apstrādājot datus, konkrētai personai parametru lielumi var stipri atšķirties no vidēja skaitļa. Neeksistē arī kāds universāls un viennozīmīgs lasīšanas algoritms, jo cilvēku lasīšanas ātrums, raitums, konkrēta vārda apskatīšanas laiks un pārējie parametri ir atkarīgi no vairākiem faktoriem un variē kā vienam cilvēkam, lasot dažādus tekstus, tā arī dažādiem cilvēkiem, lasot vienādu tekstu. [2, 5]



1.2.attēls. a. Vidējais fiksāciju ilgums teksta lasīšanas laikā. **b.** Sakādes garums teksta lasīšanas laikā [2]

Vidējais fiksācijas ilgums lasīšanas laikā ir robežās no 200 ms līdz 300 ms, biežāk tas ir 225-250 ms. Turklāt ir pierādīts, ka vidējais fiksācijas ilgums ir lielāks tad, kad cilvēks lasa skaļi, nevis klusi (275 ms un 225 ms, attiecīgi). Katram konkrētam cilvēkam fiksāciju laika sadalījumi var būt dažādi un to ilgumi var variēt no 50 ms līdz 600 ms (skatīt 1.2. attēlu). [2, 6] Vidējais fiksāciju ilgums, kā arī citi lasīšanas parametri, atšķiras arī atkarībā no tā, cik sarežģīts ir materiāls lasīšanai (skatīt 1.1. tabulu). Tā, piemēram, populāras fantastikas teksta lasīšanas laikā fiksācija ilgst vidēji 202 ms, bet, lasot tekstus bioloģijas mācību grāmatā, fiksācijas vidējais ilgums pieaug līdz 264 ms. [7, 8]

1.1. tabula

Lasīšanas parametru novērtējums dažāda veida tekstu lasīšanā (n=10) [7]

Lasīšanas materiāls	Fiksācijas ilgums, Ms	Sakādes garums, burti	Regresiju skaits, n	Lasīšanas ātrums, vārdi minūtē
Fantastika	202	9,2	3	365
Avīzes raksts	209	8,3	6	321
Vēsture	222	8,3	4	313
Psiholoģija	216	8,1	11	308
Angļu literatūra	220	7,9	10	305
Ekonomika	233	7,0	11	268
Matemātika	254	7,3	18	243
Fizika	261	6,9	17	238
Bioloģija	264	6,8	18	233

Sakāžu maksimālais ātrums lasīšanas laikā ir ap 500°/s liels. Skata pārvietojuma ātrums nav vienmērīgs – tas pieaug līdz maksimumam nedaudz pirms sakādes viduspunkta, un tad samazinās, pietuvojoties mērķim, uz kura tiks veikta nākamā fiksācija. Kaut arī sakāžu garums un biežums katram cilvēkam var atšķirties, kā arī tas atšķiras atkarībā no teksta sarežģītības un citiem faktoriem, tipiska sakādes amplitūda lasīšanas laikā ir 2° gara (kas atbilst apmēram 7-9 burtu distancei). Tā norisinās apmērām 30 ms laikā (skatīt 1.2. attēlu). Lasot skaļi, sakādes paliek īsākas – ap 1,5° (kas atbilst apmēram 5-7 burtu distancei). [2, 6, 9, 10]

Neskatoties uz to, ka sakāžu garums ir bieži izsakāms leņķiskos izmēros, korektāks tomēr ir burtu mērs, jo tieši burtu skaitam ir izšķiroša loma sakādes ģenerēšanai. Ir pierādīts, ka tad, ja teksta izmērs ir konstants un to lasa tuvā attālumā (kas nodrošina to, ka mazāks burtu skaits ietilpst vizuālajā leņķī) un tālā attālumā (kas, savukārt, nodrošina lielāka burtu skaita ietilpšanu vizuālajā leņķī) lasīšanas sakādes konkrētam cilvēkam ir dažādas. Tās pagarinās tuvumā un saīsinās tālumā, kompensējot vizuālā leņķa atšķirību un nodrošinot tādu sakādi, kas sasniedz tieši noteikto burtu skaitu. [9]

1.1.2. Regresijas

Aptuveni 85-90% no visām sakādēm ir "ejošas" uz priekšu jeb sakādes no kreisās puses uz labo, bet 10-15% no visām sakādēm ir regresijas – atpakaļejošas skata pārnese, no labās puses uz kreiso. [9, 10, 17] Atsevišķi izdala globālās skata pārnese, kas tiek realizētas, pārnēsot skatu

uz nākamo rindu. Lielākais regresiju skaits ir īsas amplitūdas sakādes, kas norisinās viena vārda ietvaros – visbiežāk, ja pirmā šī vārda fiksācija tika veikta pārāk tālu no vārda viduspunkta un līdz ar to nav iespējama pilna vārda uztvere. Bet ja izlasītais materiāls ir slikti saprasts, ja kognitīvas apstrādes laikā ir radusies loģiska nesaskaņa, kā arī ja teksts ir īpaši sarežģīts, ir iespējamas arī garākas regresijas uz iepriekš izlasīto materiālu. [12]

Kaut arī intuitīvi šķiet, ka regresijas varētu būt tikai lingvistiski vadītas, un atpakaļejošas skata pārneses ir nepieciešamas iepriekš izlasīta materiālas labākai saprašanai, vairāki pētījumi apšaubā tādu viedokli. Ja tā būtu patiesība, tas nozīmētu, ka regresijas veikšanas mehānismu palaiž semantiskās apstrādes laikā radītas pretrunas vai teksta/teikuma nesaprašana, bet jaunākajos pētījumos arvien biežāk tiek izteikts viedoklis, ka kognitīvais faktors nav vienīgais, kas provocē regresīvo sakāžu parādīšanos. [10, 12, 13] Izskatās, ka regresijas ir fenomēns, kas pastāv ļoti dažāda veida redzes okulomotoro uzdevumu veikšanā, un ja ne visas regresijas, tad vismaz kāda noteikta regresiju daļa ir vadīta bez leksiskās apstrādes procesa līdzdalības. [14]

Līdz šim regresiju būtība vēl nav pietiekami labi izpētīta, jo regresīvās skata pārneses ir relatīvi grūti kontrolējamas eksperimentālajā ceļā. [11]

1.2. Lasīšanas acu kustību ietekmējošie faktori

Pirms kāda laika zinātnieku aprindās valdīja viedoklis, ka acu kustības netiek ietekmētas no kognitīviem procesiem, un ka acu un smadzeņu darbība nav cieši saistīta informācijas apstrādes procesu lasīšanas laikā. Šis viedoklis tapa, galvenokārt, tāpēc, ka tika novērots, ka fiksācijas ilgums lasīšanas laikā ir relatīvi īss, un tāpēc kognitīvas sistēmas darbība nespēj tik īsā laikā paspēt ietekmēt lasīšanas acu kustību norises procesu. Bet šis viedoklis bija balstīts uz pieņēmumu, ka sakāžu programmēšana un kognitīvie procesi notiek viens pēc otra, nevis paralēli. [9] Jau vēlāk kļuva skaidrs, ka acu un smadzeņu darbībai tomēr pastāv cieša saite, un līdz ar to sakādes programmēšana varētu noritēt paralēli kognitīvai apstrādei. [2, 6]

Turklāt informācija par lasāmo materiālu tiek saņemta ne tikai no tīklenes skaidrākā redzes apgabala jeb foveolas, uz kuras tiek projicēts fiksētais vārds. Vārda atpazīšana kādā mērā notiek vēl vārdam esot projicētam uz parafoveolas. [3, 4, 9] Patiecoties tam, vārda apstrāde var būt

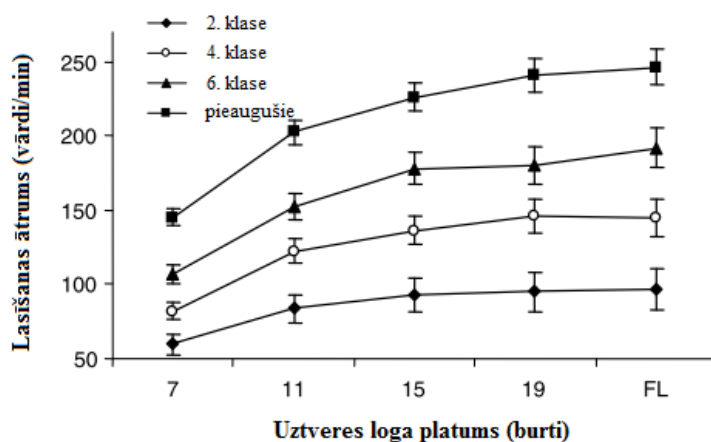
iesākta vēl pirms šī vārda fiksācijas, līdz ar to nodrošinot mazāko nepieciešamo laiku šī vārda apskatei tieši uz foveolas.

Parafoveolāra apskate notiek relatīvi nelielam teksta apgabalam, ko sauc par uztveres logu. [2, 9] Eksperimentāli pierādīts, ka uztveres logs nav simetrisks attiecībā pret skata fiksāciju – tā platums ir 3-4 burti pa kreisi un 14-15 burti pa labi. Šāds uztveres loga novietojums ir raksturīgs lasītājiem tādas valodās, kur lasīšana norīt no kreisas puses uz labo (latviešu, angļu, franču u.c.). Uztveres loga platumu pa kreisi visbiežāk nosaka fiksētā vārda sākums. Tomēr, ja fiksācija uz vārda ir izdarīta tālāk, nekā 3-4 vārda burts, tad vārda sākums vairs netrāpīs uztveres logā.

Pateicoties relatīvi lielam uztveres loga platumam pa labi, ir iespējams novērtēt nākošo vārdu garumu un izmantot šo informāciju tālāko acu kustību programmēšanai. Toties, tas nepadara iespējamu vārda atpazīšanu, ja vārds atrodas tālāk par 7-8 burtiem no fiksētā vārda. Šis apgabals līdz 7-8 burtam pa labi no fiksācijas vietas tiek saukts par vārda identifikācija logu. Tieši šajā apgabalā vēl ir iespējama vārda atpazīšana, kas nodrošina vārda izlaišanas iespējamību atsevišķos gadījumos. Visbiežāk izlaistie vārdi, jeb vārdi, uz kuriem nenotiek fiksācija, ir 1-3 burtu gari. [2] Eksperimentāli pierādīts: varbūtība, ka 4 burtu garš vārds tiks izlaists ir $32,0 \pm 1,3\%$, bet varbūtība, ka 8 burtu garš vārds tiks izlaists – tikai $8,0 \pm 1,4\%$. Bērniem, salīdzinājumā ar pieaugušajiem, arī īso 4 burtu vārdu izlaišanas iespēja ir mazāka – $25,0 \pm 1,2\%$. [15]

Tiek novērotas uztveres loga platuma izmaiņas, cilvēkam attīstot savas lasīšanas spējas. Tā, 8 gadu vecam bērnam uztveres logs ir tikai ap 5 burtiem pa labi no fiksācijas, 10 gadu vecam – ap 7 burtiem, un 12 gadu vecam – ap 9 burtiem pa labi no fiksācijas. Turklāt visās vecuma grupās uztveres loga platums korelē ar lasīšanas ātrumu – jo platāks uztveres logs ir cilvēkam, jo ātrāk viņš lasa tekstu. [33]

Svarīgi atzīmēt, ka uztveres loga platums katram konkrētam lasītājam nav konstants – tas ir atkarīgs no teksta sarežģītības. Šī atradne tika eksperimentāli pārbaudīta uz ceturtās klases skolniekiem. Kad skolnieki lasīja viņu vecumam atbilstošu tekstu, tad uztveres loga platums bija tuvu pieaugušam ierastā uztveres loga platumam. Savukārt, lasot augstskolas līmeņa tekstus, skolnieku uztveres logs būtiski samazinājās. [2]

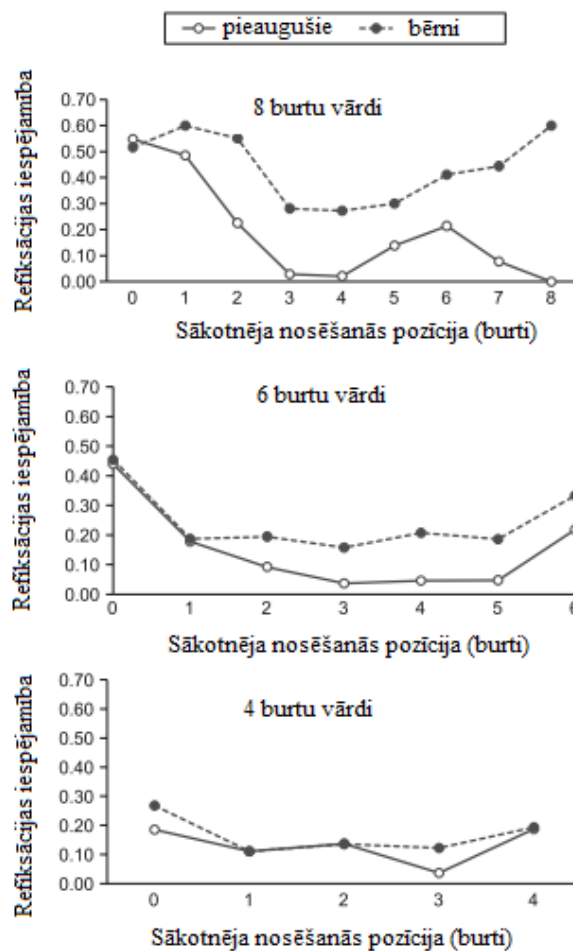


1.3.attēls. Uztveres loga platums dažāda vecuma bērniem un pieaugušiem [2]

Lasīšanas laikā izlaisto vārdu skaits pirmā "caurgājiena" laikā ir ap vienu trešdaļu no visu vārdu kopas. Daži no izlaistiem vārdiem tiek tomēr fiksēti, kad uz tiem veic regresijas. To, vai vārds tiks izlaists, primāri ietekmē vārda garums. [10, 16] Ja vārds ir 2-3 burtu garš, tad varbūtība, ka tas netiks fiksēts ir 0,74 relatīvas vienības; 4 burtu garam vārdam – 0,42 vienības; 9-10 burtu garam vārdam – tikai 0,05 vienības. Vārdu izlaišana ir atkarīga arī no iepriekšējas fiksācijas vietas. Ja iepriekšēja fiksācija uz vārda n-1 bija ļoti tuvu (1 burta attālumā) jaunam vārdam n, tad iespēja izlaist n vārdu ir 0,65 vienības. Jo tālāk no n vārda atrodas iepriekšēja fiksācija, jo mazāka ir varbūtība izlaist vārdu n. Pie attāluma ap 10 burtiem tā ir jau ļoti tuvu nullei. [10]

Arī tas, uz kādu burtu vārdā tiks fiksēts skats, variē atkarībā no vārda garuma un no iepriekšējas fiksācijas vietas. Vairāki autori (*Hyona, Nuthman, Rayner*) ir pētījuši tā saucamo labākas nosēšanas vietas (PLP jeb *preferred landing position*) efektu. [10, 17, 18] Šis efekts nosaka to, ka līdz 5 burtu garam vārdam visbiežākā nosēšanās vieta ir tuvu vārda centram, un nedaudz nobīdīta pa kresli garāko vārdu gadījumā. [18] Tāds vispārinājums ir attiecināms tikai uz lasīšanu valodās, kurās teksts tiek lasīts no kreisās puses uz labo. Labākas nosēšanās vietas efekts ir novērojams arī lasītājiem iesācējiem. [10]

Palielinoties vārda garumam, palielinās arī iespēja, ka notiks refiksācija – uz vārda tiks izdarīta vēl viena fiksācija. Refiksācijas iespējamības varbūtību nosaka arī primāras fiksācijas vieta. Jo tuvāk centram tiks apstādīnāts skats, jo mazāka ir refiksācijas varbūtība (skatīt 1.4. attēlu). [16]



1.4.attēls. Sākotnējas nosēšanas pozīcijas relatīvā iespējamība dažāda garuma vārdiem [16]

1.2.1. Globālais efekts

Termins „globālais efekts” pirmo reizi ir minēts 1972. gadā *Coren* un *Hoenig* pētījumos. Šis efekts ir attiecināms nevis konkrēti uz lasīšanas acu kustībām, bet drīzāk uz kopējo sakāžu veikšanas mehānismu. Saskaņā ar globāla efekta skaidrojumu, sakāde tiek veikta uz tādu vietu, kas atrodas perifērijas analizēta apgabala tā sauktā „gravitācijas centrā”. [43]

Šis efekts tiek pētīts, salīdzinot cilvēka sakādes īpašības, kad viņam demonstrē izolētu mērķa stimulu, un kad blakus mērķa stimulam tiek demonstrēts arī distraktors (jeb stimul, kas novirza uzmanību). Ir novērots, ka, stimulam esot izolētam, sakāde tiek veikta daudz precīzāk, nekā gadījumā, ja blakus stimulam paradās arī distraktors. Otrā gadījumā sakāde tiek veikta tā, lai

fiksācija notiktu gravitācijas centrā starp stimulu un distraktoru. Šis nosacījums izpildās, ja distraktors atrodas 20° lielā apgabalā no stimula vietas. Globālais efekts ir balstīts uz perifērijā esošā vizuālā stimula īpašībām, un to nenovēro tad, kad distraktors atrodas ļoti tuvu fiksācijas centram (leņķiskā attālumā līdz 1,1° no fiksācijas centra). [19, 20]

Lasīšanas procesā uz tīklenes projicējas uzreiz vairāki vizuālie stimuli, kā foveolas rajonā, tā arī tīklenes perifērijā. Ja katrs burts varētu tikt uztverts kā potenciāls distraktors, būtu grūti iedomāties, pēc kādas analogijas varētu izskaidrot globālo efektu lasīšanas laikā salīdzinājuma ar divu objektu – mērķi un distraktoru – prezentēšanu globāla efekta sākotnējos pētījumos. Bet vārdi un burti lasīšanas materiālā veido kopējo „zīmējumu” uz vizuālās saliences kartes, šādi nosakot sakādes amplitūdu. Citiem vārdiem, par stimulu un distraktoru lasīšanas laikā kalpo nevis viens burts, bet fiksēta vārda kopējais vizuālais izskats, kā arī tuvāko vārdu pa labi kopējais vizuālais izskats (vārdi, kas novietoti pa vertikāli no fiksēta vārda, visdrīzāk, tiek ignorēti un netiek uztverti par distraktoriem, pateicoties lasīšanas specifikai, kas nosaka teksta iešanu no kreisas puses uz labo). Katru reizi, kad tiek veikta skata pārnese, jaunā fiksācija tiek veikta punktā, kas atrodas maksimālās vizuālas saliences vietā uz to brīdī, kad tiek uzsākta sakāde. [19]

1.3. Lasīšanas acu kustību kontrole

Runājot par acu kustību kontroli, ir jāņem vērā divi jautājumi: kas nosaka, *kad* pārnest skatu, un kas nosaka, *kur* pārnest skatu. Zinātnieku aprindās vairāk vai mazāk ir panākta vienošanās, ka lēmumu par to, *kur* pārnest skatu, primāri īsteno zemāko līmeņu procesu īpašības, un to nosaka vārda garums un izvietojums. Savukārt, to, *kad* skats tiks pārnests, nosaka drīzāk vārda leksiskā nozīme. [6]

1.3.1. Lasīšanas mehānisms un acu kustību modeļi

Lai saprastu, izskaidrotu un sistematizētu lasīšanas parādību, zinātnieki jau vairākus gadu desmitus cenšas piedāvāt tādu teorētisko algoritmu jeb modeļi, kas aprakstītu lasīšanas laikā notiekušos procesus pēc iespējas precīzāk. Eksistē vairāki lasīšanas acu kustību modeļi, kas mēģina aprakstīt šo procesu. Pārsvārā, visus modeļus var sagrupēt divās daļās:

1. Modeļi, kuros par pamatu tiek pieņemts, ka primārais lasīšanas acu kustību veidošanā ir kognitīvais aspekts, bet motoriem procesiem ir sekundārā nozīme (piem., *E-Z Lasītājs*, Foveālu mērķu inhibēta sakāžu ģenerēšana jeb *SWIFT*);

2. Modeļi, kuros par pamatu tiek pieņemts, ka primārais lasīšanas acu kustību veidošanā ir okulomotorais aspekts, bet kognitīvajam procesam ir sekundārā nozīme (piem., *SERIF*, *SHARE* modeļi).

Tagad viennozīmīgi ir zināms tikai tas, ka acu kustību veidošanā kaut kāda mērā piedalās abas sistēmas – gan kognitīvā, gan okulomotorā. Jautājums ir tikai par to, cik lielā mērā iesaistās katrā no tām un kurai no tām ir primāra nozīme. Tātad, lai atrastu atbildes uz tādiem jautājumiem, būtu nepieciešams atsevišķi izvērtēt zemo līmeņu okulomotoro faktoru un augsto līmeņu kognitīvo faktoru relatīvo ietekmi uz lasīšanas acu kustību norisi.

Pirmās grupas modeļus – kognitīvi-orientētus – sadala vēl divās apakšdaļās, atkarībā no tā, kā tie apraksta redzes uzmanības sadalījumu lasīšanas laikā. Viena daļa no tām teorijām, tajā skaitā *E-Z Lasītājs*, balstās uz pieņēmumu, ka vārdu atpazīšana ir cieši saistīta ar secīgu uzmanības pārslēgšanu no viena vārda uz otro (*sequential shifts of attention* jeb *SAS* modeļi). Šāda gadījumā vārdu nozīme ir pieejama apstrādei tāda pašā secībā, kā tie vārdi parādās tekstā. Otrā daļa teoriju, tajā skaitā *SWIFT* un *Glenmore*, apgalvo, ka uzmanība tiek pievērsta uzreiz vairākiem vārdiem (*guidance by attentional gradients* jeb *GAG* modeļi), nevis tikai tam vārdam, uz kura tiek fiksēts skats. [6, 21]

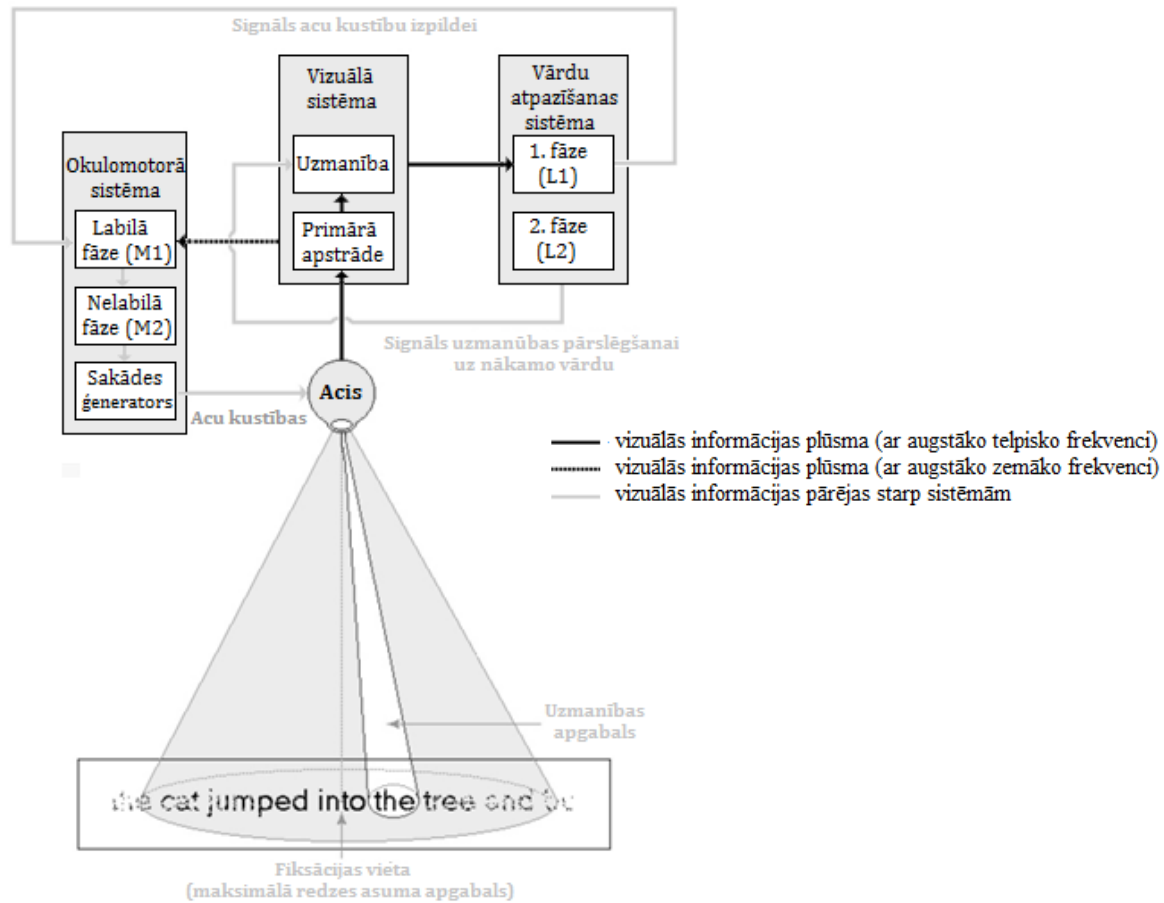
Zemāk ir sīkāk aprakstīti divi mūsdienu zinātnieku vidē populārākie un aktuālākie modeļi – *E-Z Lasītājs* un *SWIFT* modelis.

1.3.1.1. *E-Z Lasītājs*

E-Z Lasītājs ir viens no pamata modeļiem, kas balstās uz ideju, ka leksiskā apstrāde ir primāra lasīšanas acu kustību veidošanā. Galvenā šī modeļa atšķirība no *SWIFT* modeļa ir uzmanības sadalījums – *E-Z Lasītājs* modelī katrā laika momentā tiek analizēts tikai viens vārds. Nākama vārda analīze sākas līdz ar uzmanības pārslēgšanu uz nākamo vārdu.

Leksiskā apstrāde norisinās divās fāzēs – L1 un L2. L1 (īsākās) fāzes laikā notiek vārda primārā atpazīšana (vai indivīdam ir zināms tāds vārds) un tiek uzsākts sakādes programmēšanas

process. L2 (garākās) fāzes laikā norisinās dotā vārda informatīvā atpazīšana un tiek noskaidrota vārda nozīme. Pēc tam uzmanība tiek pārslēgta uz nākamo vārdu un process tiek atkārtots no jauna (skatīt 1.5. attēlu). [22, 23]



1.5. attēls. E-Z Lasītājs modeļa shematiskais attēlojums. Teksta vārds tiek projicēts uz tīklieni, kur zemas telpiskās frekvences informāciju izmanto okulomotorā sistēma nākamās fiksācijas vietas atrašanai. Augstās telpiskās frekvences informācija tiek padota tālāk līdz vārdu atpazīšanas sistēmai, kur notiek leksiskā apstrāde jeb vārdu atpazīšanas process. Pirmās vārda apstrādes fāzes (L1) beigās tiek nosūtīts signāls okulomotorai sistēmai, lai varētu tikt uzsākta jaunas sakādes programmēšana. Pabeidzot otro fāzi (L2), beidzas arī vārda leksiskā apstrāde, un uzmanība tiek pārslēgta uz nākamo elementu. Vārdu atpazīšanas sistēma var vēl pārtraukt sakādes programmēšanu, kad norisinās sakādes ģenerēšanas labilā fāze [22]

E-Z Lasītāju uzskata par pirmo globālo modeli acu kustību pētījumu nozarē. Vairāki vēlāk izstrādātie modeļi balstās tieši šo modeli, kā uz sākumpunktu acu kustību kontroles izskaidrojumos. Tomēr jau drīz pēc modeļa publicēšanas kļuva skaidrs, ka sākotnējā *E-Z* Lasītāja versija nav universāla un nespēj izskaidrot dažus vēlāk veikto pētījumu rezultātus. [47]

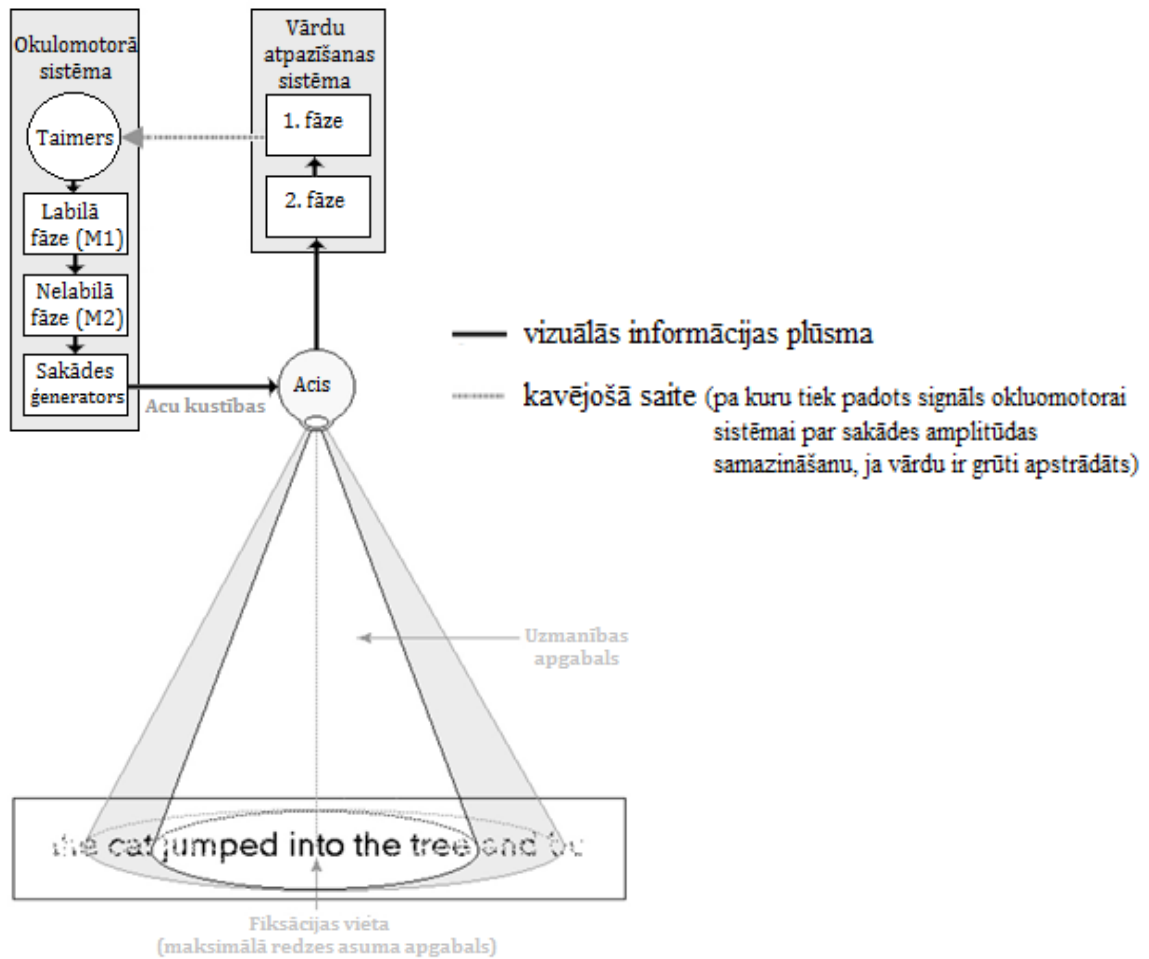
Viens no galvenajiem argumentiem pret *E-Z* Lasītāju bija tas, ka šis modelis paredzēja uzmanības fokusēšanos tikai un vienīgi uz viena vārda. Tomēr citu autoru pētījumi parāda, ka vienā fiksācijas brīdī var tikt apstrādāti uzreiz vairāki vārdi. Visbiežākā atradne, kas liecinātu par šāda procesa iespējamību, ir tas, ka n vārda fiksācijas ilgums ir cieši atkarīgs no iepriekšēja vārda $n-1$ fiksācijas ilguma. [16, 24] Kaut arī šādu pētījumu skaits ir pārlicinoši liels, pastāv arī pretējo domu atbalstītāji, kuru publicētos rakstos redzama pretēja atradne, un netiek novērots augstāk aprakstītais efekts. [22, 24]

Turklāt *E-Z* Lasītāja sākotnējā versija nespēja izskaidrot vārdu izlaišanu lasīšanas procesā. Bet, kā jau minēts iepriekšējās sadaļās, eksperimentāli ir pierādīts, ka relatīvi liela vārdu daļa lasīšanas procesā tiek izlaista – šādos gadījumos skats no n vārda tiek pārnestis nevis uz $n+1$, bet uzreiz uz $n+2$ vārdu. [10, 15, 16]

Mēģinot salikt kopā visas izteiktās domstarpības un neatbilstības, *E-Z* lasītāja autori pastāvīgi pilnveido un uzlabo savu teoriju. Savukārt, citi autori izvirza atšķirīgus modeļus. Viens no tiem ir *SWIFT* modelis.

1.3.1.2. SWIFT modelis

SWIFT (Foveālu Mērķu Inhibēta Sakāžu Ģenerēšana) modelis, atšķirībā no *E-Z* Lasītājs modeļa, balstās uz ideju, ka leksiskā apstrāde notiek uzreiz vairākiem vārdiem paralēli, bet sakādes tiek programmētas autonomi, jeb neatkarīgi no vārdu apstrādes ar laika kontroles mehānismu. Modeļa autori apgalvo, ka vārdu apstrāde notiek uzreiz vairākās teksta vietās ar dažādiem ātrumiem un ar dažādu precizitāti – jo tuvāk vārda attēls ir foveolai, jo ātrāk un precīzāk tas tiek apstrādāts. Tikmēr citu vārdu primāra apstrāde tiek veikta parafoveāli, vēl pirms skata fiksācijas uz šiem vārdiem, kas ļauj vēlāk iekonomēt laiku, apstrādājot tos tiešās fiksācijas laikā. [21]



1.6. attēls. *SWIFT* modeļa shematiskais attēlojums. Uzmanības apgabals parāda, ka leksiskā apstrāde notiek vairākiem vārdiem uzreiz. Sakādes tiek programmētas neatkarīgi no leksiskās apstrādes procesa un tiek realizēta relatīvi vienāda sakāžu frekvence lasīšanas laikā [33]

Neskatoties uz to, ka *SWIFT* modelim ir dažas būtiskās atšķirības no *E-Z* lasītāja, tas tomēr saglabā vairākus pamatelementus un pieņēmumus no *E-Z* lasītāja modeļa. Primāri, abi minētie modeļi ir kognitīvi orientēti un pieņem, ka tieši teksta kognitīvai apstrādei ir izšķiroša loma lasīšanas acu kustību veidošanā. Turklāt abos modeļos leksiskā vārda apstrāde ir sadalīta divos posmos un sakādes programmēšana ietver labilo un nelabilo fāzi. [24]

Arī *SWIFT* modeļu autoriem ir atbildējuši vairāki pētnieki, atbalstot vai kritizējot šo modeli. *SWIFT* modelis, līdzīgi *E-Z* lasītājam, vēl līdz šodienai tiek pilnveidots un papildināts. Bet cīņā par korektāku un visaptverošāko modeļi ik pa laikam paradās arī vēl jaunie modeļi.

1.3.1.3. *Glenmore* modelis

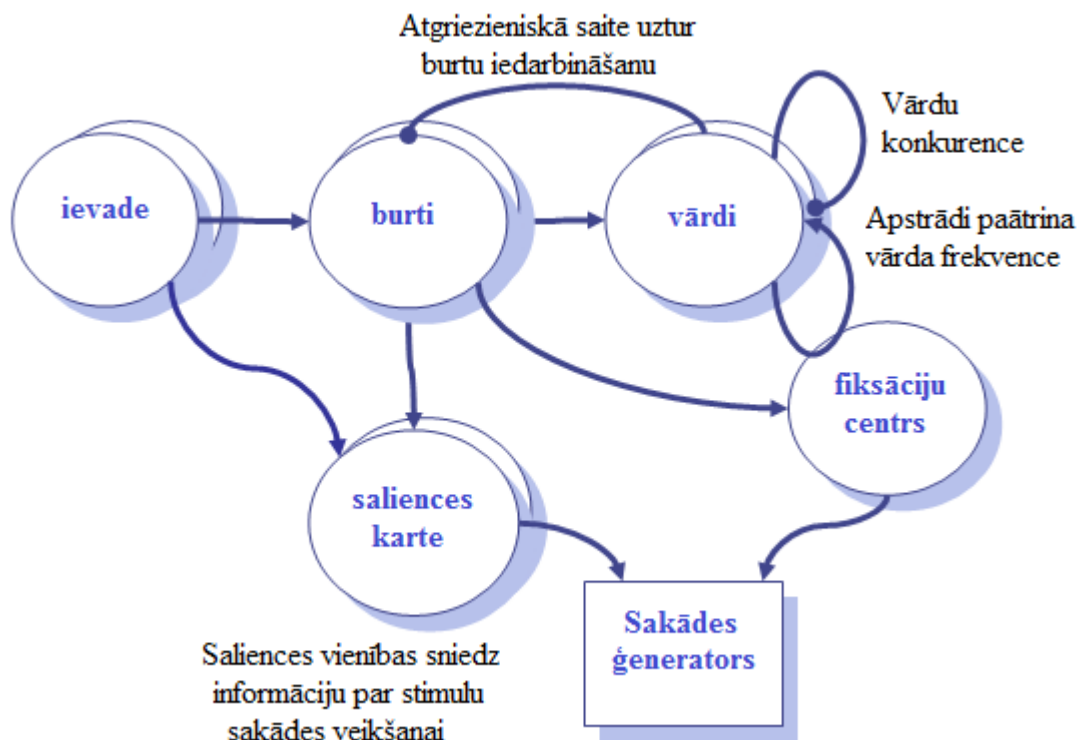
Viens no jaunākiem modeļiem ir *Glenmore* modelis. Tas pamatojas uz domas, ka lasīšanas acu kustības nosaka gan zemāko līmeņu ierastais skenēšanas mehānisms, gan vienlaikus arī augstāko līmeņu kognitīvie procesi.

Modeļa autori uzskata, ka zemāko līmeņu kontrolējošie centri nodrošina diezgan patstāvīgu acu kustību palaišanas mehānismu, ko stipri regulē lingvistiskie procesi burtu un vārda līmenī, kā arī savā mērā vēl sarežģītāki augstāko līmeņu procesi (teikuma jēgas apstrāde, traktēšana u.c.). Saskaņā ar *Glenmore* modeli, katram lasītājam ir izveidots individuāls lasīšanas okulomotorais algoritms, kas nodrošina optimālo informācijas iegūšanu no teksta.

Sakādi palaiž tā sauktais „Fiksāciju centrs”, kas saņem informāciju uzreiz no vairākiem kognitīvas apstrādes līmeņiem. Sakāde tiek veikta uz tādu vietu tekstā, kas ir „uzvarējusi” saliences konkurencē uz brīdi, kad no fiksācijas centra tika dots signāls par sakādes palaišanu. Saliences konkurence notiek uz saliences divdimensiju kartes, kas veidojas no teksta vārdu zemas frekvences attēliem. Šeit liela loma ir vārdu attālumam no fiksācijas vietas jeb tīklenes ekcentricitātes – jo tālāk no foveolas ir vārds, jo mazāka loma tam ir uz saliences kartes. Līdz ar to, samazinās arī iespēja, ka tālāk esošais vārds (piem., $n+3$ vai $n+4$) varēs kļūt par līderi saliences konkurencē un spēs provocēt sakādes veikšanu uz tāda vārda pozīciju. Visdrīzāk, saliences kartē vislielākā nozīme ir $n+1$ vārdam. Bet, ja $n+1$ vārds ir īss un viegls parafoveālai apstrādei, tā loma uz saliences kartes kļūst mazāk nozīmīga, un par līderi kļūst nākamais ($n+2$) vārds.

Šādi, pēc *Glenmore* modeļa principiem, skata pārnese atsevišķos gadījumos var tikt īstenota arī bez kognitīvo procesu iejaukšanas. Tomēr saliences kartes veidošanā piedalās arī kognitīvie procesi, kas var ietekmēt katra vārda „svaru” uz kartes. [24]

Autoru piedāvātais shematiskais attēlojums ir parādīts zemāk (skatīt 1.7. attēlu).



1.7. attēls. *Glenmore* modeļa shematiskais vienkāršots attēlojums. Ir parādītas *Glenmore* pamata komponentes un to savstarpējas attiecība. Informācijas ievadīšana sistēmā sākas no posma „ievade”. Ar bultiņām parādīts tālākais informācijas ceļš, kas beidzās ar sakādes ģenerēšanu [24]

Eksistē vēl vairāki lasīšanas acu kustību modeļi (*SHARE*, *SERIF*, Ideālais novērotājs u.c.), kas netiks sīkāk aprakstīti šī darba ietvaros. Katrs no modeļiem dod savu ieguldījumu acu kustību pētīšanas attīstībā, bet neviens no tiem vēl nav pārliecinoši atzīts par vienīgo korekto modeli. Tāpēc tuvākajā laikā zinātnes attīstībā ir sagaidāmi jaunie modeļi, kā arī esošo modeļu pilnveidojumi, kas varētu pilnīgāk izskaidrot lasīšanas procesā novērojamos efektus un visas izpētītās paradigmas. Tikai ar tāda universālā modeļa parādīšanos jautājums par lasīšanas acu kustību būtību varētu tikt slēgts. Tomēr šis uzdevums ir neaptverami sarežģīts, jo eksperimentālās atradnes, kas ir saistītas ar lasīšanu, dažreiz ir ļoti pretrunīgas, un universālam modelim būtu jāspēj tās izskaidrot.

1.4. Kognitīvie procesi lasīšanas laikā

Kā jau ir minēts, lasīšanas acu kustības ietekmē kā zemāko līmeņu okulomotorie un vizuālie procesi, tā arī augstāko līmeņu procesi, kas nosaka kognitīvo lingvistisko darbību. [25] Tāpēc, lai pētītu lasīšanas procesu, nepietiek tikai ar lasīšanas acu kustību reģistrēšanu un mērīšanu. Ir nepieciešams arī saprast, kas notiek ar iegūto informāciju tālāk, un kā lasīšanas laikā tā ietekmē nākamo sakāžu un fiksāciju programmēšanu un kā kognitīvie procesi piedalās lēmuma pieņemšanā par to, kur un kad tiek pārvietots skats. Turklāt nepieciešams saprast, ka visi kognitīvie procesi tiek koordinēti ar okulomotoriem procesiem, un to, kāda veidā tie sadarbojas lasīšanas laikā. Tieši šādi jautājumi liek zinātniekiem mēģināt izstrādāt lasīšanas modeļus, kas ir minēti iepriekšējā sadaļā, kuri apkopotu visu sistēmu darbību un sistematizētu to vienā algoritmā.

Neapstrīdams paliek fakts, ka pastāv cieša „acs-smadzenes” saite („*eye-mind*” *link*), un ka, pētot acu kustības, ir iespējams iegūt daudz informācijas par smadzenēs norisošiem kognitīviem procesiem. [26, 27]

Piemērām, laiks, kas tiek patērēts uz fiksāciju lasīšanā, ir atkarīgs no vairākiem faktoriem – vārda atpazīšana, gramatiskā un sintaksiskā analīze, semantiskā interpretācija u.c. Viens no eksperimentāli pierādītiem faktiem, kas liecina par to, ka augstāko līmeņu kognitīvie procesi būtiski ietekmē lasīšanas acu kustības, ir tas, ka, lai vārds tiktu uztverts un „ievadīts” apstrādei, nepieciešams laiks, kas nav ilgāks par 50-60 ms. Tas ir apmēram $\frac{1}{4}$ no vidējās fiksācijas ilguma. Taču šis fakts nenozīmē, ka vārda apstrāde tiek pabeigta 60 ms laikā, drīzāk tas nozīmē to, ka pārējais laiks tiek patērēts uz citiem kognitīviem procesiem.

Svarīgs faktors, kas ietekmē fiksācijas garumu, ir vārda biežums – jo biežāk vārds ir sastopams tekstā, jo īsāka ir šī vārda fiksācija, un otrādi (piem., vienā no pētījumiem 330 ms reti sastopamiem vārdiem un 243 ms bieži sastopamiem vārdiem). [25, 28, 29]

Turklāt pierādīts, ka, ja vārds (n) ir reti sastopams tekstā, tad fiksācija uz nākama vārda (n+1) būs ilgāka (296 ms uz n+1 vārda, ja n vārds ir reti sastopams tekstā, un 259 ms uz n+1 vārda, ja n vārds ir bieži sastopams tekstā). [28] Arī vārdi, kuriem ir iespējamā vairākas nozīmes (piem., lasīt [ogas] vai lasīt [grāmatas]), izsauc garāku fiksāciju salīdzinājumā pret viennozīmīgiem vārdiem. [30]

Kā jau minēts iepriekš, tas, cik ilgi vārds tiks fiksēts un vai tiks fiksēts vispār, ir atkarīgs arī

no dotā vārda iepriekšējās parafoveālās apskatīšanas (vārda $n+1$ apskatīšana, fiksējot vārdu n). Tas nozīmē, ka vārda apstrāde notiek jau pirms šī vārda foveolārās fiksēšanas, un katrs nākamais vārds tiek daļēji paredzēts. [3, 4] Daži zinātnieki izvirza hipotēzi, ka, ja ar šo parafoveolāro $n+1$ vārda apskati n vārda fiksācijas laikā un tā paša n vārda analīzi pietiek, lai paredzētu $n+1$ vārda nozīmi, tad $n+1$ vārds var tikt izlaists, un fiksācija notiks uz aiznākamā $n+2$ vārda. Pati vārda paredzēšana ietver sevī virkni dažādu leksisko, sintaksisko un semantisko aspektu – lasītājs izmanto visus pieejamos lingvistiskos datus, kas palīdzētu viņam izvirzīt hipotēzi vai pieņēmumu par nākamo vārdu. Tātad, visdrīzāk, vārds tiek apstrādāts vēl pirms fiksācijas veikšanas uz vārdu, kas ir viena no pamatdomām, uz kurām balstās GAG tipa modeļi. [21, 31]

1.5. Sakādes programmēšana

Ir vairāki eksperimentālie dati, kas paskaidro, kas un cik lielā mērā ietekmē lasīšanas procesu. Cilvēka lasīšana ir sen mēģināta no zinātnieku puses tikt izšķīrota pa atsevišķām sastāvdaļām, izdalot katru ietekmes aspektu un to relatīvo ienesumu acu kustību norisē. Tikai dažu komponentu pieprasītais īstenošanas laiks ir parādīts tabulā (skatīt 1.2. tabulu).

1.2. tabula

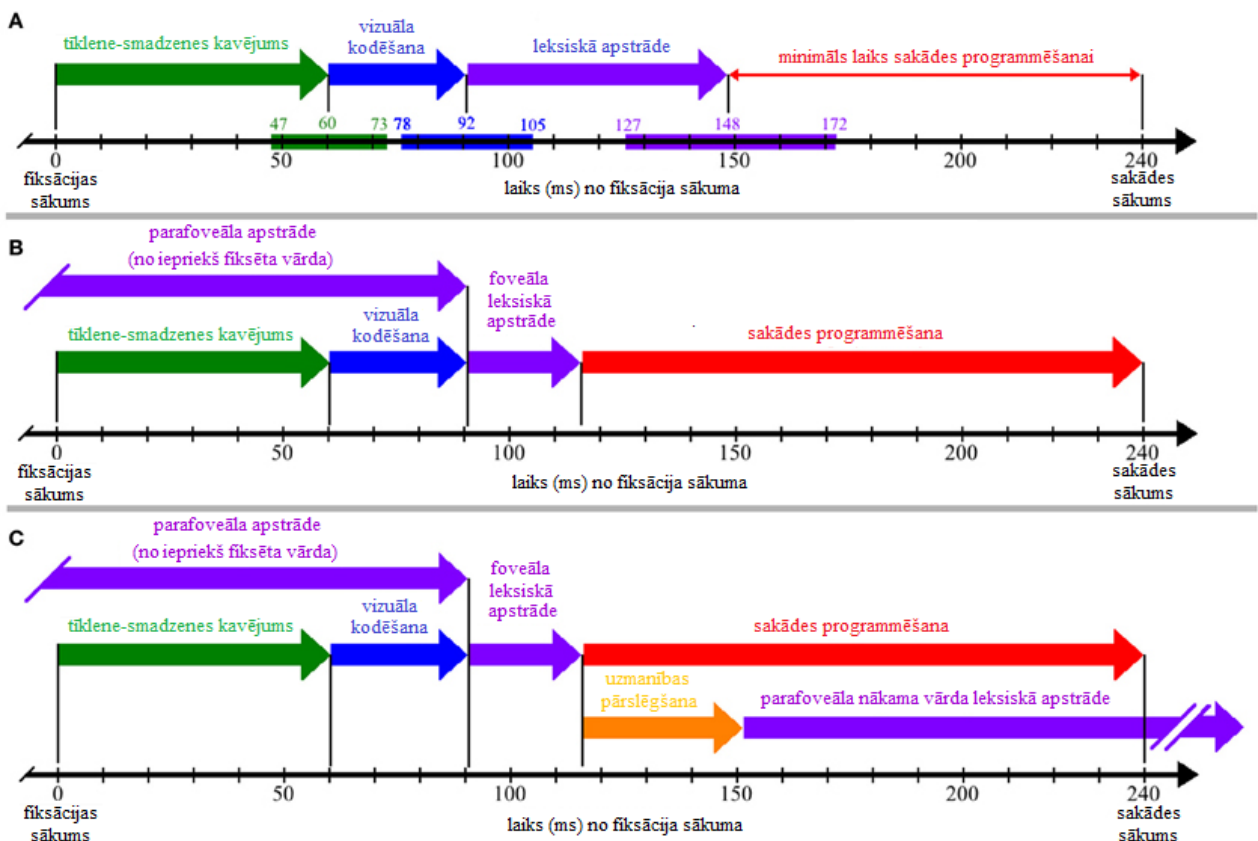
Fiksācijas laikā noritošie procesi un to pieprasītais laiks [27, 32]

Darbība	Patērētais laiks, ms
Vārda identifikācija	104
Uzmanības pārslēgšana	25
Sakādes programmēšana	125-170
Papildus laiks regresīvas sakādes programmēšanai	30
Leksiskais lēmums par burtu virkni	132
Acs-smadzenes informācijas transmisija	50

Ņemot vērā, ka vidējais fiksācijas laiks ir ap 200-250 ms, kaut arī fiksācijas garums variē no atsevišķām 50 ms līdz 800 ms fiksācijām, paliek neskaidrs, kā katras tik relatīvi īsas fiksācijas brīdī pietiek laika leksiskai apstrādei, kurai, teorētiski, būtu laicīgi jāsniedz informācija par sakādes veikšanas brīdī un dažreiz arī vietu. [27]

Vēl vairāk, pēdējo gadu pētījumi pierāda, ka cilvēka acs lēca oscilē 50-60 milisekunžu laikā ar frekvenci 20Hz uzreiz pēc skata pārneses veikšanas, kas būtiski ietekmē attēla kvalitāti uz tīklenes. Tomēr attēla kvalitātes izmaiņas netiek uztvertas, pateicoties postsakādiskai supresijai. Šie dati ir eksperimentāli iegūti 9 grādu lielai skādei [33], kas ir ievērojami lielāka par lasīšanas ierasto sakādi. Tomēr tas ļauj spriest par to, ka, pat ja lasīšanas laikā veiktas sakādes acs lēcas oscilēšana ir īsāka vai ar citu frekvenci, tās kompensēšanai tomēr ir nepieciešama postsakādiska supresija. Tas arī pieprasa noteiktu laiku fiksācijas brīdī, padarot neiespējamu jaunas informācijas saņemšanu tajā laika posmā.

Literatūrā ir sastopamas arī shēmas, kurās ir piedāvāts laika sadalījums dažādiem procesiem vienas fiksācijas laikā. Protams, ir grūti apgalvot un, it īpaši, praktiski pierādīt, vai shēmās parādītais algoritms ir patiess. Autori mēģina shēmu izveidot, balstoties uz loģiskiem spriedumiem un veidojot idealizētu procesu aprakstu abstraktas fiksācijas gadījumā. Zemāk ir minētas *D. Reichle* un *M. Reingold* piedāvātās shēmas (skatīt 1.8. attēlu).



1.8. attēls. Fiksācijas laika skala un fiksācijas laikā noritošie procesi [27]

Uz shēmām ir parādīta viena 240 ms gara vārda fiksācija laika gaitā. Shēmā ir iekļauts laiks, ko pieprasa informācijas transmisija no tīklenes uz smadzenēm (zaļš), vārda pazīmju vizuāla atšifrēšana (zils), leksiskā apstrāde (purpurs), sakādes programmēšana (sarkans) un uzmanības pārslēgšana no viena vārda uz nākamo (oranžs).

Attēlā 1.8.A ir parādīta hipotētiska shēma fiksācijas laikā norisošiem procesiem, pieņemot, ka viss notiek secīgā kārtībā. Ir attēlots aprēķins, kas no neurofizioloģijas viedokļa ir nepieciešams, lai informācija no tīklenes sasniegtu acu kustību kontroles centrus smadzenēs. Uz laika skalas ar zaļo krāsu ir parādīts iespējams intervāls no minimālas vērtības 47 ms līdz maksimālai vērtībai 73 ms, vidēji 60 ms. Arī vizuālai atšifrēšanai, pēc teorētiskiem aprēķiniem, ir nepieciešams no 78 ms līdz 105 ms laika, vidēji 92 ms. Savukārt, leksiskā apstrāde pieprasa noteiktu laiku – no 127 ms līdz 172 ms, vidēji 148 ms. Izejot no vidējiem laikiem, sakādes programmēšanai un signālu nosūtīšanai okulomotorai sistēmai par sakādes veikšanu atliek tikai 92 ms laika, kas nav pietiekami.

Attēlā 1.8.B ir parādīta hipotētiska shēma fiksācijas laikā norisošiem procesiem, pieņemot, ka daži procesi var noritēt paralēli. Ilgāks sakādes programmēšanas laiks kļūst iespējams, pateicoties foveālās leksiskās apstrādes īsākam laikam, ko, savukārt, nodrošina esošā vārda parafoveāla apstrāde, kas ir sākusies vēl iepriekšējās fiksācijas laikā un turpinās paralēli jaunā fiksēta vārda vizuālai atšifrēšanai un vizuālās informācijas transmisijai no tīklenes uz smadzenēm. Šajā gadījumā sakādes programmēšanai atliek 125 ms, kas pēc teorētiskiem spriedumiem jau ir reālistiskāks laika sprīdis.

Attēlā 1.8.C tiek ieviests arī uzmanības pārslēgšanas moments fiksācijas vidū, kas padara iespējamu parafoveālu nākamā vārda apstrādi jau iepriekšējās fiksācijas laikā. Šī shēma balstās uz pieņēmumu, ka arī sakādes programmēšanas laikā var norisināties citi procesi. Interesanti, ka šīs shēmas piedāvājumā leksiskā apstrāde notiek praktiski visas fiksācijas laikā, izņemot īsu brīdi, kad notiek pārslēgšanās no viena vārda leksiskās apstrādes uz nākamo. [27]

Ir jāņem vērā, ka shēmas un modeļi vēl joprojām ir diezgan tālu no reālajā dzīvē norisošiem procesiem. Tie nevar izskaidrot netipiskus gadījumus, kā arī nav sekmīgi īsāko fiksāciju izskaidrojumā.

1.6. Neapzināta lasīšana (*Mindless reading*)

Lai pēc iespējas izslēgtu kognitīvus procesus lasīšanas laikā un izpētīt motorās sistēmas pienesumu lasīšanas acu kustību izveidē, vēl 1995. gadā *Francoise Vitu* piedāvāja tā saucamo neapzinātas lasīšanas (jeb *mindless reading*) paradigmu. [34] Tālāko attīstību šī ideja ieguva tikai 2009. gadā Potsdamas Universitātē un līdz šim vēl nav pietiekami izpētīta.

Neapzinātās lasīšanas galvenā doma ir tāda uzdevuma izveidošana, kas ietvertu visus aspektus, kas lasīšanas laikā tiek realizēti okulomotorā sistēmā, bet kas neietveru nekādus aspektus no augstāko līmeņu leksiskiem, semantiskiem, sintaksiskiem un citiem kognitīviem procesiem, kas parasti iesaistās lasīšanas laikā.

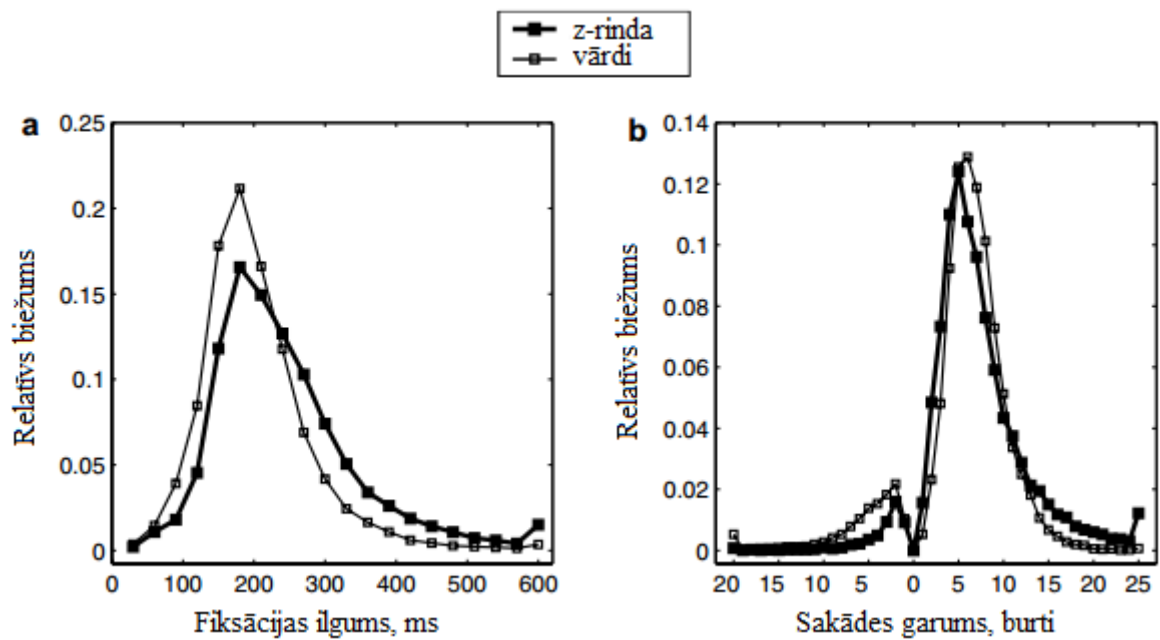
Tipisks šāda tipa uzdevums izpaužas kā visu teikuma burtu aizvietošana ar „z” simbolu jeb t.s. z-rindu (*z-string*). Cilvēkam liek lasīt normālā veida teikumus (piem. *Lasīšana ir mūsu dzīves neatņemama daļa*) un pēc tam modificētus z-teikumus (piem., *Zzzzzzzz zz zzzz zzzzzz zzzzzzzzzz zzzz*). Respektīvi, ir saglabāts teikumu zīmējums, un visi lasīšanas apstākļi abos uzdevumos ir vienādi, izņemot leksisko komponenti, kas trūkst z-modificēta uzdevuma lasīšanas laikā. Tāpat vizuālais stimuls, kas izsauktu okulomotoro darbību, paliek nemainīgs, bet, lasot tādu tekstu, nav leksiskās informācijas, kas varētu tikt apstrādāta, un augstāko līmeņu kognitīviem procesiem nevajadzētu būt iesaistītiem šāda tipa teksta lasīšanā. Idealizētā gadījumā, veicot šādu eksperimentu, ir loģiski izvirzīt šādas hipotēzes:

1. Ja tikai okulomotorie procesi nosaka to, kā kustās acis teksta lasīšanas laikā, tad acu kustības parametri, lasot parasto tekstu un z-rindu, neatšķirsies;
2. Ja kognitīvie procesi ietekmē lasīšanas acu kustības, tad acu kustības parasta teksta lasīšanas laikā atšķirsies no acu kustībām z-rindas lasīšanas laikā.

Protams, tāds pieņēmums ir idealizēts, jo nevar nodrošināt to, ka cilvēks, skenējot z-rindu, neievieš kādu citu kognitīvu komponenti, kas nebūtu tipiskā lasīšanas laikā. [35, 36]

Veicot acu kustību pierakstu modificētiem z-teikumiem un salīdzinot tos ar parasto tekstu, tika konstatēts, ka atšķirības acu kustību parametros z-rindu lasīšanas laikā tomēr pastāv. Ja sakāžu garumam netika konstatēta statistiski nozīmīga atšķirība, tad fiksāciju ilgums gan izrādījās

statistiski nozīmīgi atšķirīgs – 245 ± 38 ms, lasot z-rindas, un 203 ± 22 ms, lasot parasto tekstu ($p < 0.001$) (skatīt 1.9. attēlu). [36]



1.9. attēls. a. Fiksācijas ilgums z-rindu un parasta teksta lasīšanas laikā **b.** Sakādes garums z-rindu un parasta teksta lasīšanas laikā (negatīvs lielums ir attiecināms uz regresīvām sakādēm) [36]

Šī atradne ir pretēja intuitīvi sagaidāmām rezultātam, jo loģiski spriežot, šķiet, ka, ja nav nekādas jēdzīgas informācijas, ko apstrādāt, tad jāsapņūda, ka fiksācijai būtu jāaizņem mazāk laika salīdzinājumā ar parasto lasīšanu. [35] Līdz šim vēl nav viennozīmīga skaidrojuma novērotajam efektam, bet lasīšanas modeļu izstrādātāji un lasīšanas fenomenu pētītāji mēģina datorizēti modelēt z-rindas lasīšanu, tādējādi cenšoties atrast pamatojumu "prolongētām" fiksācijām. [35, 36, 37]

Tas, ka semantiska nozīme dažos gadījumos var paātrināt fiksācijas laiku, tika pierādīts arī simbolu rindu skenēšanas uzdevumu izpildē. Punktu skenēšanas uzdevumā veiktās fiksācijas ir būtiski ilgākas salīdzinājumā ar simbolu rindu skenēšanu, ja simboliem tiek piešķirta semantiskā nozīme. [38]

1.7. Randomizēti jauktu teikumu lasīšana

2010. gadā Potsdamas Universitātē piedāvāja randomizēti jauktu tekstu lasīšanu kā jaunu paradigmu augstāko un zemāko līmeņu procesu ielaistīšanas pētīšanai. Pētījums tika veikts divām cilvēku grupām, kur vienai daļai dalībnieku tika dots uzdevums lasīt jēgpilnus teikumus, bet otrai daļai dalībnieku tika dots uzdevums lasīt randomizēti jauktus atsevišķus teikumus (teikuma vārdi tika ņemti nejaušajā kārtībā). [25] Teikuma piemēru var redzēt zemāk (skatīt 1.10. attēlu).

Affen Vorschlag Armen schmale Giebel Kanzler dem besser.

Jede ihrer Förster im Jahr Hunde meisten Gräfin Bauern.

1.10. attēls. Randomizēti jaukto teikumu piemērs vācu valodā. Aptuvens tulkojums: Pērtiķi priekšlikums rokas šauri frontonu kanclers labāk; Katrs no viņu mežsarga gadā suņi visvairāk grāfienes zemnieki [25]

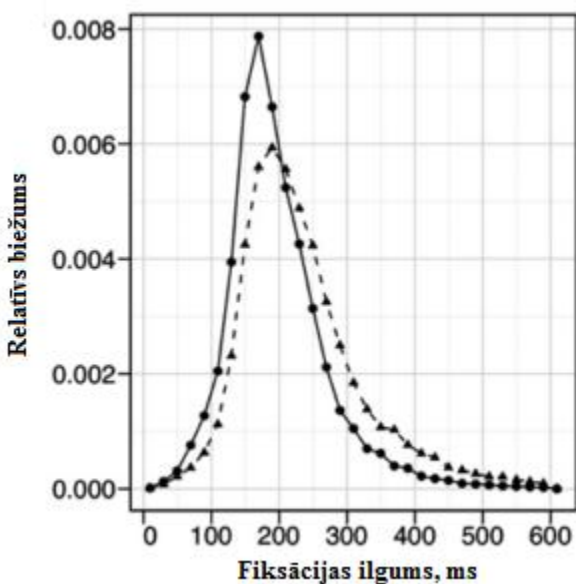
Pētījuma rezultāti pierāda, ka grupai, kas lasīja parastus teikumus salīdzinājumā ar grupu, kas lasīja randomizēti jauktus teikumus, it novērojams mazāks fiksāciju skaits, īsāks vienas fiksācijas laiks, lielāks izlasīto vārdu minūtē skaits un lielāka sakāžu amplitūda (skatīt 1.3. tabulu).

1.3. tabula

Lasīšanas acu kustību parametru izmaiņas tekstu un jaukto tekstu lasīšanā [25]

Parametrs	Jēgpilns teksts	Jaukts teksts	p vērtība
Fiksācijas skaits uz vienu teikumu (n)	7,8±1,4	10,1±2	<0,001
Vienas fiksācijas laiks (ms)	213±32	254±40	<0,001
Lasīšanas ātrums (vārdi/min)	250±46	193±58	<0,001
Vidēja sakādes amplitūda (burti)	7,6±1,2	6,1±0,9	<0,001

Izdarīto fiksāciju laiku sadalījums ir redzams attēlā 1.11. Var novērot, ka vidējais vienas fiksācijas laiks ir lielāks jaukto tekstu lasīšanā, kā arī visa dispersijas līkne ir nobīdīta pa labi, uz garāko fiksāciju pusi.



1.11. attēls. Fiksāciju ilguma sadalījumi tekstu un jaukto tekstu lasīšanas laikā [30]

Interesants ir fakts, ka jaukto teikumu lasīšanas laikā retāk sastopami vārdi tekstā tika fiksēti īsāku laiku, nekā biežāk sastopamie vārdi. Savukārt, parasto teikumu lasīšanas gadījumā šī sakarība bija tieši pretēja – jo biežāk vārds bija sastopams tekstā, jo mazāks laiks tika patērēts šī vārda fiksēšanai. [25] Tas, ka retāk sastopami vārdi jēgpilna teksta lasīšanas laikā tiek fiksēti ilgāk, nekā bieži sastopami vārdi (attiecīgi, 325 ms un 290 ms, $p < 0,001$) bija zināms jau agrāk. Ir arī pierādīts, ka biežāk sastopami vārdi tiek izlaisti (fiksācija nenotiek uz vārda) teksta lasīšanas laikā. [39]

2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

Šī darba eksperimentālā daļa sastāv no divām nodaļām. Pirmajā nodaļā ir aprakstīts vienkāršots pētījums Kārdifas dalībnieku grupai, kura laikā tika iegūta informācija par orientējošu acu kustību izmaiņu dinamiku, kā arī tika saprasts, kā pilnveidot un uzlabot eksperimenta stimulus un eksperimenta gaitu.

Otrā nodaļa ir veltīta eksperimentam, kas tika veikts ar uzlabotiem stimuliem. Tieši šī eksperimenta laikā iegūtie dati tika statistiski apstrādāti un izmantoti mērķa sasniegšanai, secinājumam un tālāko hipotēžu veidošanai.

Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, bija nepieciešams izpētīt, kā mainās cilvēka acu kustību parametri, ja lasīšanas laikā nenotiek teksta leksiskā un semantiskā apstrāde. Turklāt visiem pārējiem aspektiem ir nepieciešams palikt nemainīgiem, lai varētu apgalvot, ka tieši semantiskās un leksiskās apstrādes neesamība ir ietekmējusi mērījumu rezultātus.

Franču pētniece Françoise Vitu piedāvā izmantot z-rindas, lai novērstu kognitīvo aspektu lasīšanas laikā [7], bet līdz šim nav publicēti pētījumi, kur z-rindas būtu saliktas tekstā, tādējādi nodrošinot apstākļus, kas ir līdzīgāki lasīšanas procesam (salīdzinot ar atsevišķu rindu lasīšanu, kas tika īstenots iepriekšējos eksperimentos). Tāpēc mēs izvēlējāmies z-rindu sastādītu tekstu kā vienu no izvēlētajiem eksperimenta stimuliem. Atšķirībā no iepriekš realizētiem eksperimentiem, kur z-rindas ir demonstrētas atsevišķu rindu veidā, šajā pētījumā z-rindas tika rādītas trīs rindkopu veidā.

Tomēr z-rindas nedrīkst bez ierunām uzskatīt par labu pieņēmumu kognitīva aspekta izslēgšanai, saglabājot pārējo faktoru nemainīgumu. Cilvēkam lasot jēgpilnu tekstu, vārdi ir sastādīti no vairākiem burtiem, kā arī katra atsevišķa vārda kopējais vizuālais tēls ir atšķirīgs, kas savukārt, netiek sasniegts, ja katrs no vārdiem sastāv tikai un vienīgi no z-burtiem. Tāpēc tika izveidots trešā veida vizuālais stimuluss – teksti, kuri vizuāli ir līdzīgi parastajam tekstam un kuru veidošanai ir izmantoti tie paši burti. Taču katram atsevišķam vārdam šajā tekstā, kā arī visam tekstam kopumā, nebija nekādas semantiskās jēgas. Līdz ar to, cilvēkam skenējot ar acīm šāda veida tekstu, pēc autoru domām, visiem aspektiem, izņemot kognitīvo, vajadzētu palikt nemainīgiem salīdzinājumā ar parasta teksta lasīšanu. Tādu tekstu darba ietvaros nosaucām par „pseudotekstu” – turpmāk darbā šis vārds izmantots bez papildus paskaidrojuma.

2.1. Acu kustību pētījums Kārdifas dalībnieku grupā

2.1.1. Pētījuma dalībnieki

Ievada pētījumā piedalījās 16 Kārdifas Universitātes studenti vecumā no 19 līdz 24 gadiem ar redzes asumu tuvumā $\geq 0,8$. Neviens no dalībniekiem neziņoja par vispārējām fiziskām vai mentālām saslimšanām, kas varētu ietekmēt viņu lasīšanas procesu. Neviens no dalībniekiem arī neziņoja par lasīšanas grūtībām ikdienas dzīvē.

2.1.2. Stimuli

Pētījuma realizēšanai tika izveidoti trīs veidu lasīšanas uzdevumi ar nevienādu salienī (skatīt 1. pielikumu), proti, salienī netika pievērsta uzmanība:

- Teksts – trīs sešu rindu garas rindkopas jēgpilna teksta no populārās daiļliteratūras angļu valodā.
- Latīņu valodas modificēts teksts – trīs sešu rindu garas mākslīgi izveidotas pseidolatīņu bezjēdzīga teksta rindkopas, iegūtas ar *Lorem Ipsum*² programmas palīdzību. [34] Piemērām, „*He was tall, thin, and very old, judging by the silver of his hair and beard*” teikuma vietā ir rakstīts šāds teikums: “*Necdo domocom pisaen suris erimpetdi indumter sti atme sde ater vervira*”.
- Z-rindas – trīs sešu rindu garas rindkopas, kur katrs teksta burts tika aizvietots ar „z” (attiecīgi, lielo „z” teikuma sākumā vai mazo „z” visos pārējos gadījumos). Piemērām, „*He was tall, thin, and very old, judging by the silver of his hair and beard*” teikuma vietā tika rakstīts šāds teikums: “*Zzzzzz zz zzzzzz zzzzzzzzzz zzz zz zzzzzz z zzzz zzzzzz zzzzzz zz zzzzzz zzzzzzzz*”.

² *Lorem Ipsum*. [tiešsaite] – [atsauce 22.05.2015.]. Pieejams: <http://www.lipsum.com/>

2.1.3. Pētījuma gaita

Eksperimenta laikā dalībniekam pēc kārtas tika parādīti trīs katra uzdevuma veida teksti. Pētījuma dalībnieki tika instruēti lasīt jēgpilnu tekstu tāpat, kā tas tiktu darīts ikdienas dzīvē. Latīņu modificētā teksta piemērs tika parādīts pirms eksperimenta uzsākšanas, un katrs dalībnieks tika informēts, ka teksts ir mākslīgi sastādīts, ka tekstam nav jēgas, un ka to būtu „jāizlasa” jeb jāskenē rindu pa rindai, nemēģinot saprast teksta vārdu un teikumu nozīmi. Tāpat arī z-rindu izveidota teksta piemērs tika parādīts pirms eksperimenta, tika paskaidrots, ka z-rindu rādītajos uzdevumos nav nekādas slēptas jēgas, un tika dots uzdevums skenēt z-rindas vienu pēc otras, imitējot lasīšanas procesu. Šāda veida instruktāža z-rindu lasīšanai tika piedāvāta arī Vitu publikācijā. [34]

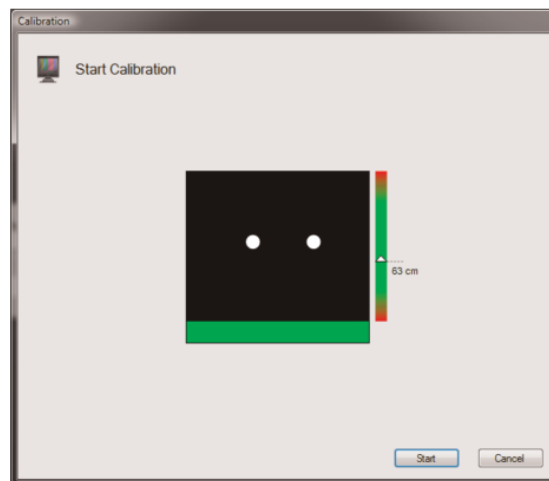
2.1.4. Acu kustību pieraksts

Acu kustības tika pierakstītas ar *Tobii T60XL* acu kustību pieraksta iekārtu un analizētas ar *Tobii Studio V3.2.* programmu. *Tobii T60XL* ir bezkontakta, no tālienes vadāma acu kustību pieraksta iekārta, kas balstīta uz zīlītes centra radzenes atspulga metodi. Iekārta ir apvienota ar monitoru un atrodas zem monitora plaknes (skatīt 2.1. attēlu). Tā izmanto infrasarkano gaismu, lai ar sensoru palīdzību detektētu no acs atstaroto gaismu un izmantotu to skata virziena noteikšanai. [40]



2.1. attēls. *Tobii T60XL* acu kustību pieraksta iekārta uz monitora [40]

Tobii Studio V3.2. programma uzreiz pārveido saņemto informāciju par attēlu (skatīt 2.2. attēlu), uz kura ir redzami divi punkti, kas reprezentē eksperimenta dalībnieka acis, kā arī attāluma skala, kas norāda attālumu līdz ekrānam. Pēc pārlicināšanās, ka abu acu attēli (baltie punkti) ir redzami pastāvīgi un stabili, var uzsākt kalibrēšanu. Kalibrēšanas laikā eksperimenta dalībniekam ir jāseko punktam, kas tiek parādīts uz ekrāna. Pēc kalibrēšanas veikšanas var sākt eksperimentu. [41]



2.2. attēls. Tobii T60XL acu kustību pieraksta iekārta uz monitora [41]

Šī acu kustību pieraksta metodes galvenā priekšrocība ir cilvēku kustību un pozas brīvība – nav jāfiksē galva un jāieņem piespiedu poza. Līdz ar to, tiek nodrošināts maksimāli ikdienas apstākļiem pietuvināts lasīšanas process.

2.1.5. Rezultāti

Katra dalībnieka vidējais fiksācijas ilgums milisekundēs, pildot katru no trīs veida uzdevumiem, ir parādīts tabulā (skatīt 2.1. tabulu).

No tabulas var redzēt, ka 13 no 16 dalībniekiem fiksācijas ilgums, lasot modificēto latīņu valodas tekstu, ir statistiski nozīmīgi garāks ($p < 0,05$), salīdzinot ar fiksācijas ilgumu parasta teksta lasīšanas laikā. Tikai trīs dalībniekiem (P5, P7 un P14) t-testa p vērtība ir lielāka par 0,1.

Savukārt, tikai 9 no 16 dalībniekiem (P2, P3, P4, P5, P9, P11, P12, P13 un P15) fiksācijas ilgums, skenējot z-rindas, ir statistiski nozīmīgi garāks ($p < 0,05$), salīdzinot ar fiksācijas ilgumu parasta teksta lasīšanā. Pārējiem septiņiem dalībniekiem (P1, P6, P7, P8, P10, P14, P16) statistiski nozīmīga atšķirība netiek novērota ($p < 0,1$).

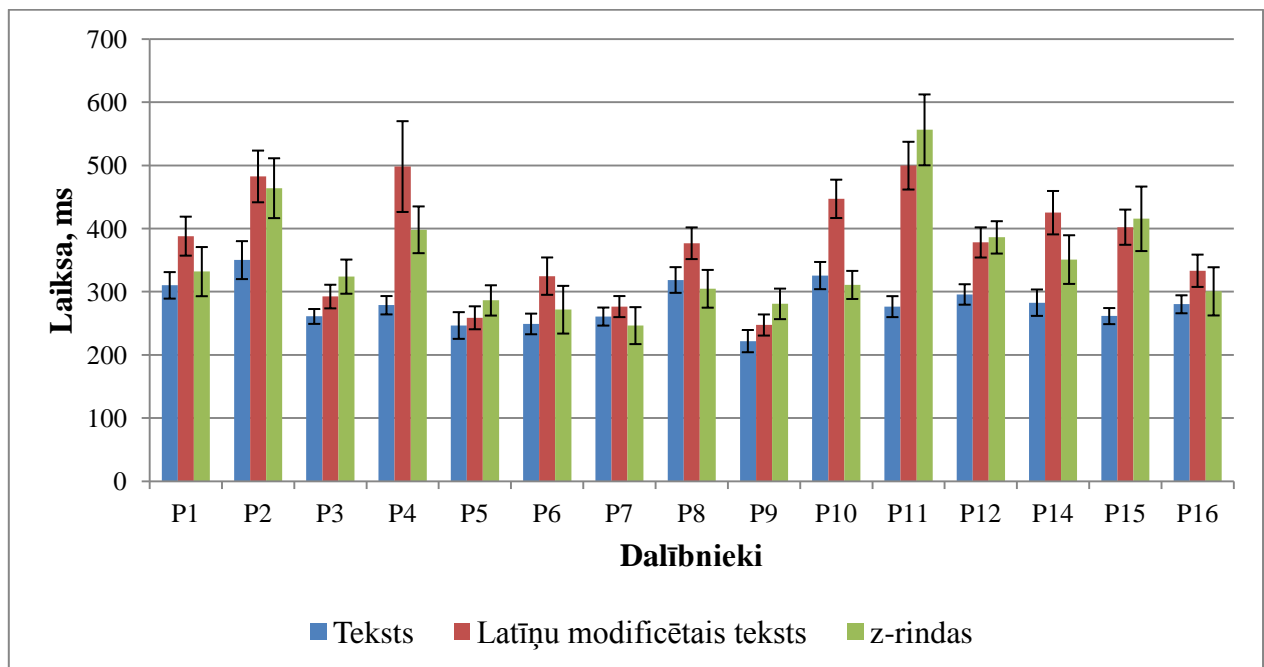
Divos gadījumos (P7 un P14) statistiski nozīmīga atšķirība netiek novērota nevienam no uzdevumiem. Vienā gadījumā atšķirība ir novērojama tikai starp tekstu un z-rindām (P4). Četros gadījumos atšķirība tiek novērota tikai starp latīņu valodas modificēta teksta un jēgpilna teksta lasīšanu (P6, P8, P10, P16). Pārējos gadījumos atšķirība tiek novērota gan starp jēgpilnu tekstu un latīņu valodas modificēto tekstu, gan starp jēgpilnu tekstu un z-rindām.

2.1. tabula

Pētījuma dalībnieku vidējie fiksācijas laiki milisekundēs ar kļūdu. Statistiskā atšķirība izlasēm parādīta ar t-testa p vērtību.

	Vidējais fiksācijas laiks, ms					
	Teksts	Latīņu modificētais teksts	p vērtība	Teksts	z-rindas	p vērtība
P1	310 ± 21	288 ± 31	<0,001	310 ± 21	332 ± 39	>0,1
P2	350 ± 30	483 ± 41	<0,001	350 ± 30	464 ± 47	<0,001
P3	261 ± 12	292 ± 19	<0,01	261 ± 12	324 ± 27	<0,001
P4	279 ± 15	498 ± 72	<0,001	279 ± 15	398 ± 37	<0,001
P5	246 ± 21	259 ± 18	>0,1	246 ± 21	286 ± 24	<0,05
P6	249 ± 16	325 ± 30	<0,001	249 ± 16	272 ± 38	>0,1
P7	261 ± 14	277 ± 17	>0,1	261 ± 14	246 ± 29	>0,1
P8	319 ± 20	377 ± 25	<0,001	319 ± 20	305 ± 30	>0,1
P9	222 ± 18	247 ± 17	<0,05	222 ± 18	281 ± 24	<0,001
P10	326 ± 22	447 ± 30	<0,001	326 ± 22	311 ± 22	>0,1
P11	276 ± 17	500 ± 38	<0,001	276 ± 17	556 ± 56	<0,001
P12	296 ± 16	378 ± 24	<0,001	296 ± 16	386 ± 26	<0,001
P13	283 ± 21	425 ± 34	<0,001	283 ± 21	351 ± 39	<0,01
P14	226 ± 11	215 ± 14	>0,1	226 ± 11	230 ± 20	>0,1
P15	261 ± 13	402 ± 28	<0,001	261 ± 13	415 ± 51	<0,001
P16	280 ± 14	333 ± 26	<0,001	280 ± 14	301 ± 38	>0,1

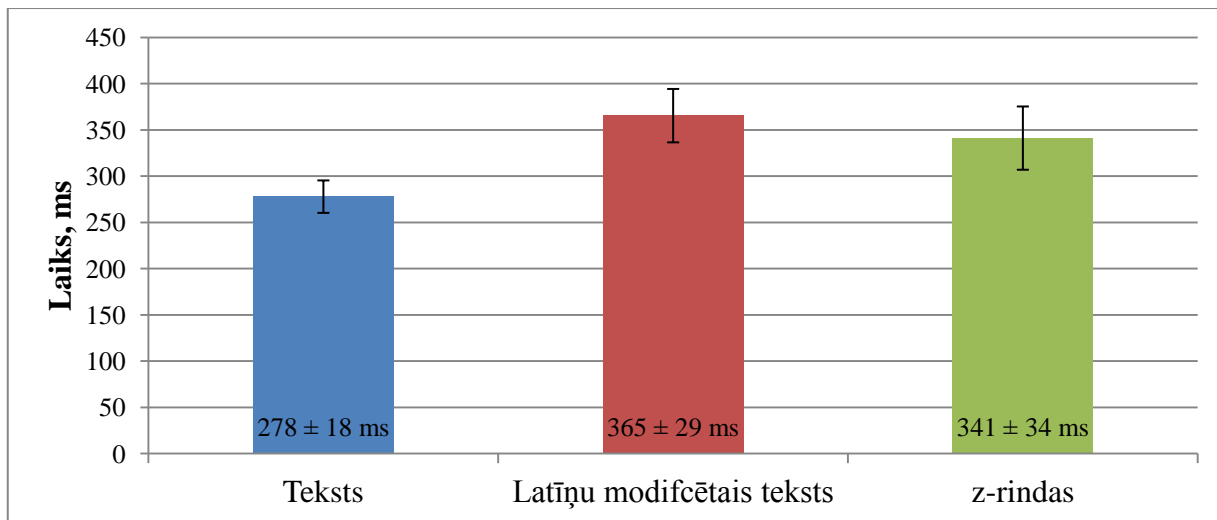
Tabulas dati attēloti grafiski (skatīt 2.3. attēlu). Grafikā ir redzams, ka arī to dalībnieku starpā, kuriem novēro statistiski nozīmīgas izmaiņas fiksācijas ilgumā, ir diezgan liela starpība atšķirības lielumā. Var arī novērot, ka kļūdas paliek ievērojami lielākas, pārejot no teksta lasīšanas uz latīņu modificēta teksta lasīšanu un z-rindu skenēšanu. Tas liecina par sadalījuma lielāku dispersiju šo divu uzdevumu izpildes laikā.



2.3. attēls. Pētījuma dalībnieku vidējie fiksācijas laiki trīs veidu uzdevumiem milisekundēs ar kļūdu

Tomēr, analizējot grupas kopējos rezultātus, parādās statistiski nozīmīga atšķirība vidējam fiksācijas laikam tekstu un latīņu valodas modificēto tekstu ($p < 0,005$), kā arī tekstu un z-rindu ($p < 0,05$) lasīšanas laikā, kas ir parādīta grafiski (skatīt 2.4. attēlu).

Dalībnieku rezultātu gan kopēja, gan individuālā analīze ļauj spriest par grupas kopējo rezultātu statistiskās analīzes ticamību. Kaut arī kopējā analīzē parādās izteikta atšķirība starp jēgpilna teksta, latīņu valodas modificēta teksta un z-rindu vidējiem fiksācijas laikiem, šis apgalvojums nebūtu korekts katram konkrētam dalībniekam.



2.4. attēls. Dalībnieku grupas vidējais vienas fiksācijas laiks trīs veidu uzdevumiem milisekundēs ar kļūdu

Analizējot eksperimenta rezultātus, ir jāņem vērā, ka eksperimentam sastādītie stimuli ir izveidoti no dažāda garuma rindām un dažāda garuma vārdiem (skatīt 1. pielikumu). Tā kā ir pierādīts, ka vārda garums ir viens no svarīgākajiem acu kustību ietekmējošiem faktoriem teksta un z-rindu lasīšanā [36], eksperimenta datus, kas tika iegūti ar šāda veida stimuliem, nedrīkst uzskatīt par optimāliem un drošiem savstarpējai salīdzināšanai.

Turklāt kaut arī modificētais latīņu valodas teksts ir bezjēdzīgs un eksperimenta dalībniekiem nesaprotams, tajā ir sastopami atsevišķie latīņu vārdi, kas var būt pazīstami vai līdzīgi angļu valodai (piemēram, tekstā ir sastopams vārds „*maximus*”). Tas varētu piesaistīt eksperimenta dalībnieku uzmanību, ietekmējot arī lasīšanas parametrus.

Lai iegūtu vairāk ticamus eksperimenta rezultātus, tika pieņemts lēmums pārveidot eksperimenta stimulus, izveidojot stimulus katram uzdevumam ar vienādu salienci, un pārveidot latīņu valodas modificēto tekstu par pseidotekstu, kur nevienam vārdam nav nozīmes. Tika izveidoti stimuli (skatīt 2. pielikumu), kuriem formālie redzes parametri ir konstanti (vārdu un rindu garums, simbolu skaits, izmantoto simbolu izvēle), izņemot informatīvo aspektu (jēgas esamība tekstā).

Arī iegūto datu statistiskai analīzei būtu nepieciešama cita metode, kas sīkāk aprakstīta nākamajā nodaļā. Tāpēc ievada eksperimenta datiem šī darba ietvaros ir drīzāk pārskata nozīme.

2.2. Acu kustību pētījumi vienādas saliences uzdevumu tekstiem

2.2.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījumā piedalījās 11 brīvprātīgie dalībnieki ar redzes asumu tuvumā ≥ 0.8 . Visi dalībnieki ir Latvijas Universitātes studenti vecumā no 21 līdz 26 gadiem. Neviens no dalībniekiem neziņoja par vispārējām fiziskām vai mentālām slimībām, kas varētu ietekmēt viņu lasīšanas procesu. Neviens no dalībniekiem arī neziņoja par lasīšanas grūtībām ikdienas dzīvē.

2.2.2. Stimuli

Ekspérimenta realizēšanai tika izveidoti trīs veidu lasīšanas uzdevumi ar vienādu salienci (skatīt 2. pielikumu):

- Teksts – trīs sešu rindu garas rindkopas jēgpilna teksta no populārās daiļliteratūras. Teksta fragmenta piemērs ir redzams uz 2.5. attēla.

Kaķa aste nodrebēja un acis samiedzās šaurākas. Dzīvzogu ielā nekad nebija redzēts tik dīvains tips. Viņš bija diezgan garš, kāms un ļoti vecs — par to lika domāt viņa garie, sudrabainie un aiz jostas aizbāztie mati un bārda. Mugurā viņam plandīja garš talārs, pa zemi nopakaļ vilkās

2.5. attēls. Ekspérimentā izmantota teksta fragments

- Pseudoteksts – trīs sešu rindu garas mākslīgi izveidota teksta rindkopas. Pseudoteksta izveidošanai ir izmantoti latīņu burti, kas ir salikti zilbēs un vārdos, kurām nav semantiskās nozīmes. Piemērām, „Kaķa aste nodrebēja un acis samiedzās šaurākas” teikuma vietā ir rakstīts šāds teikums: “*Inte aliu mowissuve ma olor atnegavir reprocma*”. Pseudoteksta rindkopas tika izveidotas identiski teksta rindkopām – vārdu skaits, katra atsevišķā vārda garums, komatu un punktu skaits tika saglabāts līdzīgi jēgpilnam tekstam, nodrošinot vienādu salienci ar jēgpilno tekstu. Pseudoteksta fragmenta piemērs ir redzams uz 2.6. attēla.

Inte aliu mowissuve ma olor atnegavir reproema. Cifilaso tlye totor guefit neqopan yen pritent impe. Sdiu suri cidcuma goli, muirt ti liwe cifu — sti pu guea aeten mogr ligan, sceregisque mi sor pidgub fazbydota tile su rotro. Ranivl nidut mutnemdi siud neipas, ca alun pilicaf mauques

2.6. attēls. Eksperimentā izmantota pseidoteksta fragments

- Z-rindas – trīs sešu rindu garas rindkopas, kur katrs teksta burts tika aizvietots ar „z” (attiecīgi, lielo „z” teikuma sākumā vai mazo „z” visos pārējos gadījumos). Piemērām, „Kaķa aste nodrebēja un acis samiedzās šaurākas” teikuma vietā tika rakstīts šāds teikums: “*Zzzz zzzz zzzzzzzzz zz zzzz zzzzzzzzz zzzzzzzz*”. Z-rindu rindkopas tika izveidotas identiski teksta rindkopām – vārdu skaits, katra atsevišķā vārda garums, komatu un punktu skaits tika saglabāts līdzīgi jēgpilnam tekstam, nodrošinot vienādu salienci ar jēgpilno tekstu. Z-rindu sastādīta teksta fragments ir redzams uz 2.7. attēla.

Zzzz zz zzzzzzz zz zz zzzzzzz zzzzzz. Zzzzzz zz zzzz zzzz zzzzz zz zzzzzzzzz. Zzz zz zzzzz zzz, zzzz zz zz zzz — zz zz zzz zzz zzz zzzz, zzzzzzzzz zz zz zzzz zzzzzzz zz zz zzzz. Zzzzz zzz zzzzzzz zz zzzzz, zz zzz zzzzz zzzzz

2.7. attēls. Eksperimentā izmantota pseidoteksta fragments

Jēgpilna teksta lasīšanas uzdevumi tika pieņemti par izejas punktu katra individuālā eksperimenta dalībnieka acu kustību parametriem. Katra dalībnieka izmaiņas tika pētītas salīdzinājumā ar viņa paša acu kustību parametriem, kas tika noteikti jēgpilna teksta lasīšanas laikā.

2.2.3. Pētījuma gaita

Eksperimenta laikā dalībniekam pēc kārtas tika parādīti trīs katra uzdevuma veida teksti. Pētījuma dalībnieki tika instruēti lasīt jēgpilnu tekstu tāpat, kā tas tiktu darīts ikdienas dzīvē. Pseidoteksta piemērs tika parādīts pirms eksperimenta uzsākšanas, un katrs dalībnieks tika informēts, ka teksts ir mākslīgi sastādīts, ka tekstam nav jēgas un ka tas būtu „jāizlasa” jeb jāskenē rindu pa rindai, nemēģinot saprast teksta vārdu un teikumu nozīmi. Tāpat arī z-rindu izveidota teksta piemērs tika parādīts pirms eksperimenta, tika paskaidrots, ka z-rindu rādītos

uzdevumos nav nekādas slēpta jēgas, un tika dots uzdevums skenēt z-rindas vienu pēc otras, imitējot lasīšanas procesu. Šāda veida instruktāža z-rindu lasīšanai tika piedāvāta arī *Froncoise Vitu* publikācijā [34] un mūsu sākotnējā pētījumā.

Ir nepieciešams atzīmēt, ka instruktāža ir viens no svarīgākiem rezultātus ietekmējošiem aspektiem. Neskatoties autora mēģinājumu nodrošināt pēc iespējas līdzīgākus teksta lasīšanas apstākļus, nevar apgalvot, ka visi dalībnieki saprata un izpildīja uzdevumus absolūti vienādi. Arī formulējums par lasīšanas procesa imitēšanu varētu likt dalībniekiem mākslīgi radīt kādu iedomātu lasīšanas algoritmu. Piemērām, ja cilvēkam domās ir minējums, ka viņš fiksē katru vārdu pēc kārtas, lasot jēgpilno tekstu, tad, visdrīzāk, viņš mēģinātu realizēt šo algoritmu pseidoteksta un z-rindu lasīšanas laikā. Turklāt kaut arī vizuālais stimuls pseidoteksta un z-rindu gadījumā nedeva nekādu jaunu semantisku vai leksisku informāciju, ko varētu izmantot kognitīvai apstrādei, nedrīkst izslēgt iespējamību, ka cita veida kognitīvā darbība tika veikta uzdevumu izpildīšanas procesā (piemērām, domāšana par abstraktām tēmām, kas nav saistītas eksperimenta izpildi).

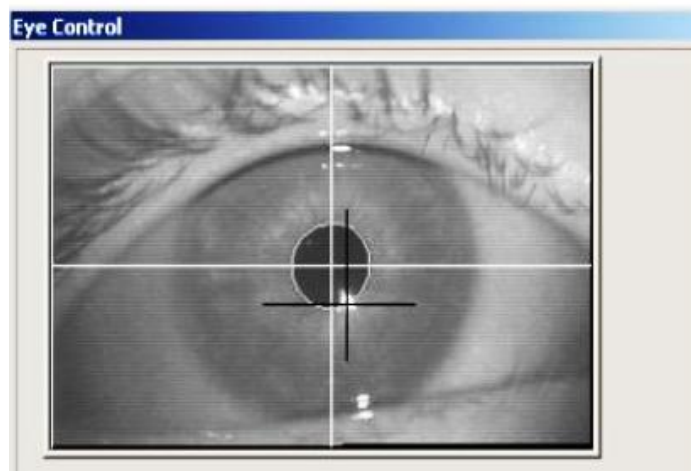
2.2.4. Acu kustību pieraksts

Pētījuma dalībnieku acu kustības tika pierakstītas ar *IViewX* programmu un *SensoMotoric Instruments* kompānijas ražoto acu kustību pieraksta iekārtu (skatīt 2.5. attēlu).



2.8. attēls. *SensoMotoric Instruments* izveidota acu kustību pieraksta iekārta

Pētījuma dalībnieks pirms eksperimenta sākuma apsēžas pie acu kustību pieraksta iekārtas, fiksējot galvu uz zoda atbalsta 50 cm attālumā no monitora. Cilvēka acu priekšā atrodas puscaurspīdīgs spogulis, uz kura krīt infrasarkanā gaisma un, atstarojoties no spoguļa, krīt uz cilvēka acīm. Acu kustību detektēšana ir iespējama, pateicoties infrasarkanās gaismas sadarbībai ar acs vidēm – tā tiek absorbēta acs iekšējās vidēs, bet atstarojas no varavīksnenes, sklēras, ādas. Tas ļauj *IView X* programmai izmantot tumšās zīlītes metodi skata pārnesei detektēšanai un sīku galvas kustību ietekmes minimizēšanai, novērtējot zīlītes centra un radzenes refleksa savstarpējo novietojumu (skatīt 2.9. attēlu). Skata virziens, cilvēkam sēžot pie iekārtas, tiek piefiksēts ik pēc 0,5 milisekundēm, un no videokameras iegūtais attēls tiek projicēts uz eksperimenta īstenotāja monitora. Skatoties uz projicējamo attēlu, ir iespējams pēc nepieciešamības izmainīt fokusu, noprecizēt zīlīšu robežas ar *Pupil Threshold* regulētāju un pielabot radzenes refleksa detektēto novietojumu ar *CR Threshold* regulētāju, kā arī pārliecināties, vai zīlītes un radzenes refleksi saglabā stabilitāti visos skata virzienos.



2.9. attēls. *IView X* programmas logs ar acs attēlu. Ar lielo balto krustu ir atzīmēts zīlītes centrs. Ar melno krustu ir atzīmēts radzenes reflekss [5]

Tad, kad *IView X* iekārtā ir iegūts acs attēls ar stabiliem refleksiem, tiek veikta kalibrēšana, kuras laikā pētījuma dalībniekam jāseko līdz krustiņiem uz monitora. Tas ir nepieciešams, lai acu kustību iekārta varētu korekti pierakstīt veicamas acu kustības, kā arī lai pēc eksperimenta pabeigšanas varētu sinhronizēt uz monitora radīto attēlu ar cilvēka veikto acu kustību zīmējumu.

Pēc kalibrācijas pabeigšanas dalībniekam visu uzdevumu laikā jācenšas pēc iespējas nekustināt galvu. [42]

Eksperiments tika veikts binokulāros apstākļos, bet acu kustības tika pierakstītas monokulāri, tikai kreisajai acij ar frekvenci 500 Hz. Dati par acu kustību parametriem tika saglabāti *.idf* formātā un ievadīti *BeGaze 3* programmā. No *BeGaze 3* informācija tika eksportēta *.txt* formātā un tālāk apstrādāta ar *Microsoft Office Excel 2007* programmas palīdzību.

2.2.5. Datu apstrāde un rezultāti

Datu analīze notika divos etapos:

1. Atsevišķa katra dalībnieka lasīšanas acu kustību parametru izmaiņu analīze visiem trīs veida uzdevumiem. Šis etaps ir nepieciešams, lai novērtētu izmaiņu esamību katram dalībniekam individuāli, neatkarīgi no vidējā rezultāta grupā.

2. Visu dalībnieku rezultātu kopējā analīze vispārēju izmaiņu dinamikas novērtēšanai. Šis etaps ir nepieciešams, lai vispārinātu secinājumus par iegūtajiem rezultātiem un izveidotu priekšstatu par grupas izmaiņu lielumu.

No datu analīzes tika izslēgti viena dalībnieka (C) rezultāti, jo viņa jēgpilna teksta lasīšanas laiks bija būtiski ilgāks, salīdzinot ar citiem dalībniekiem (291 ± 13 ms C dalībniekam un 175 ± 7 līdz 229 ± 10 ms citiem dalībniekiem).

2.2.5.1. Vidējais fiksācijas laiks

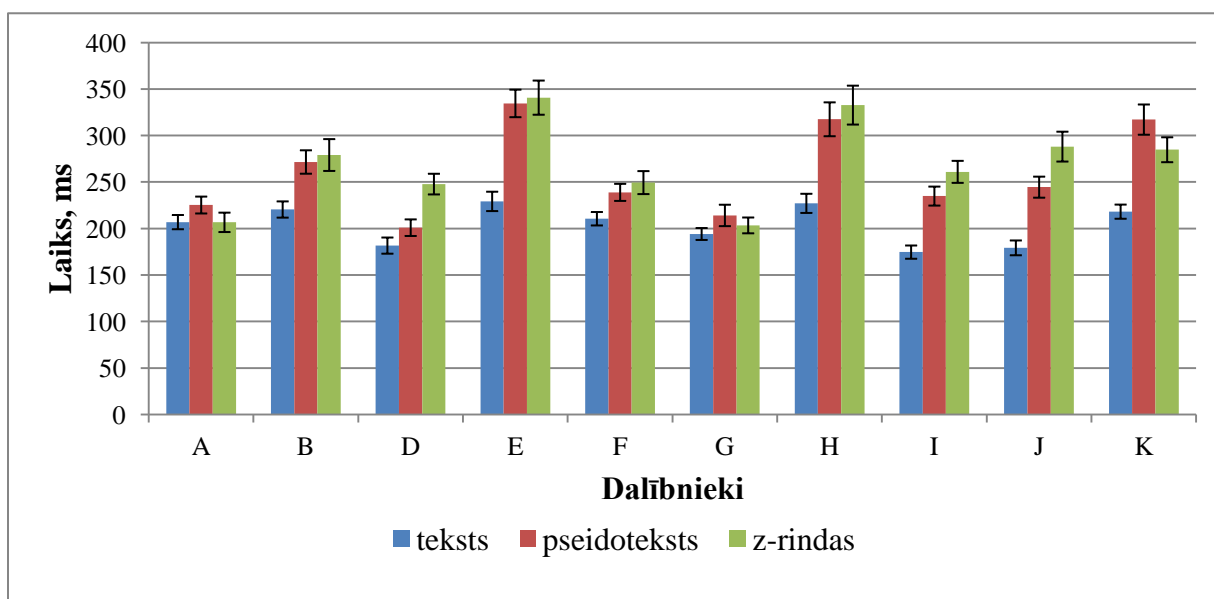
Kā viens no pamatparametriem rezultātu analīzei tika izvēlēts vienas fiksācijas vidējais laiks. Tieši fiksācijas laika izmaiņas var būt saistītas ar kognitīva aspekta iesaistīšanas pakāpes izmaiņām. Arī līdzīgos pētījumos, tajā skaitā arī pētījumos par z-rindu skenēšanu, vislielākā uzmanība tiek pievērsta tieši fiksācijas laikam. [34, 36, 37]

Katra pētījuma dalībnieka vidējais fiksācijas laiks milisekundēs jēgpilna teksta, pseidoteksta un z-rindu lasīšanā ir parādīts tabulā (skatīt 2.2. tabulu) un attēlots grafikā (skatīt 2.10. attēlu).

2.2. tabula

Dalībnieku grupas vidējie vienas fiksācijas laiki trīs veidu uzdevumiem milisekundēs ar kļūdu.

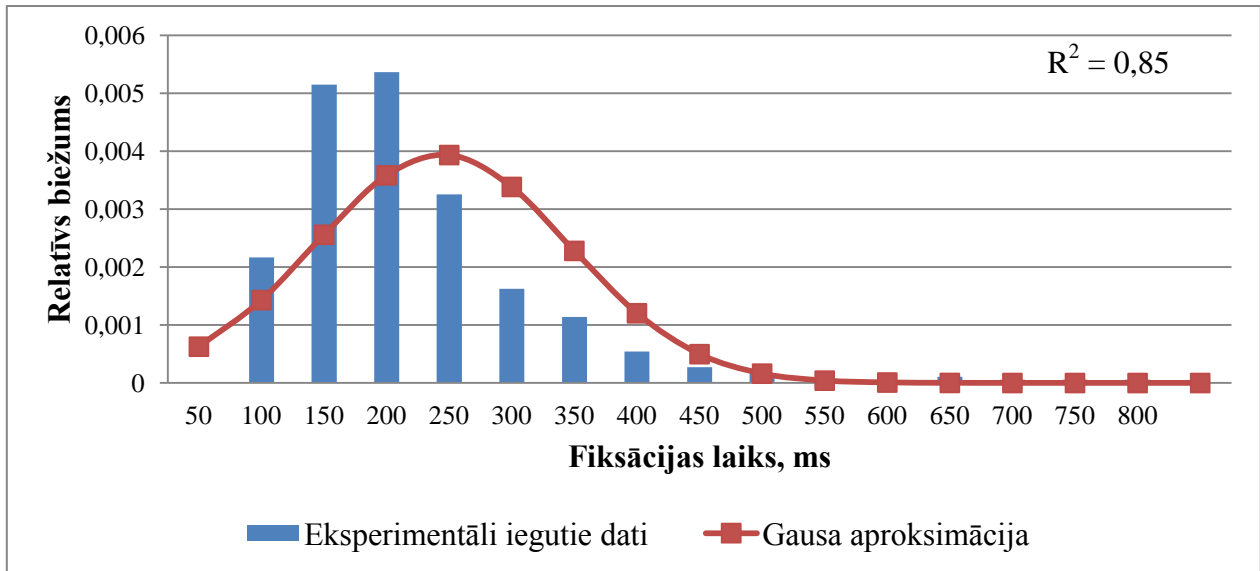
Dalībnieki	Fiksācijas laiks, ms		
	Teksts	Pseudoteksts	z-rindas
A	207 ± 8	225 ± 9	207 ± 10
B	220 ± 9	272 ± 13	279 ± 17
D	182 ± 9	201 ± 9	248 ± 11
E	229 ± 10	335 ± 15	341 ± 18
F	211 ± 7	239 ± 9	249 ± 12
G	194 ± 6	214 ± 12	203 ± 8
H	227 ± 10	318 ± 18	333 ± 21
I	175 ± 7	235 ± 10	261 ± 12
J	179 ± 8	244 ± 11	288 ± 16
K	218 ± 8	317 ± 16	285 ± 13



2.10. attēls. Dalībnieku vidējie vienas fiksācijas laiki milisekundēs ar kļūdu

No grafika un no tabulas var redzēt, ka kļūdu robežās visiem desmit dalībniekiem ir novērojamas būtiskas atšķirības tekstu un pseudotekstu lasīšanas uzdevumos. Z-rindu skenēšanas uzdevumā būtiski lielāks vidējais fiksācijas laiks kļūdu robežās ir novērojams 8 dalībniekiem (A un G dalībniekam kļūdas pārklājās).

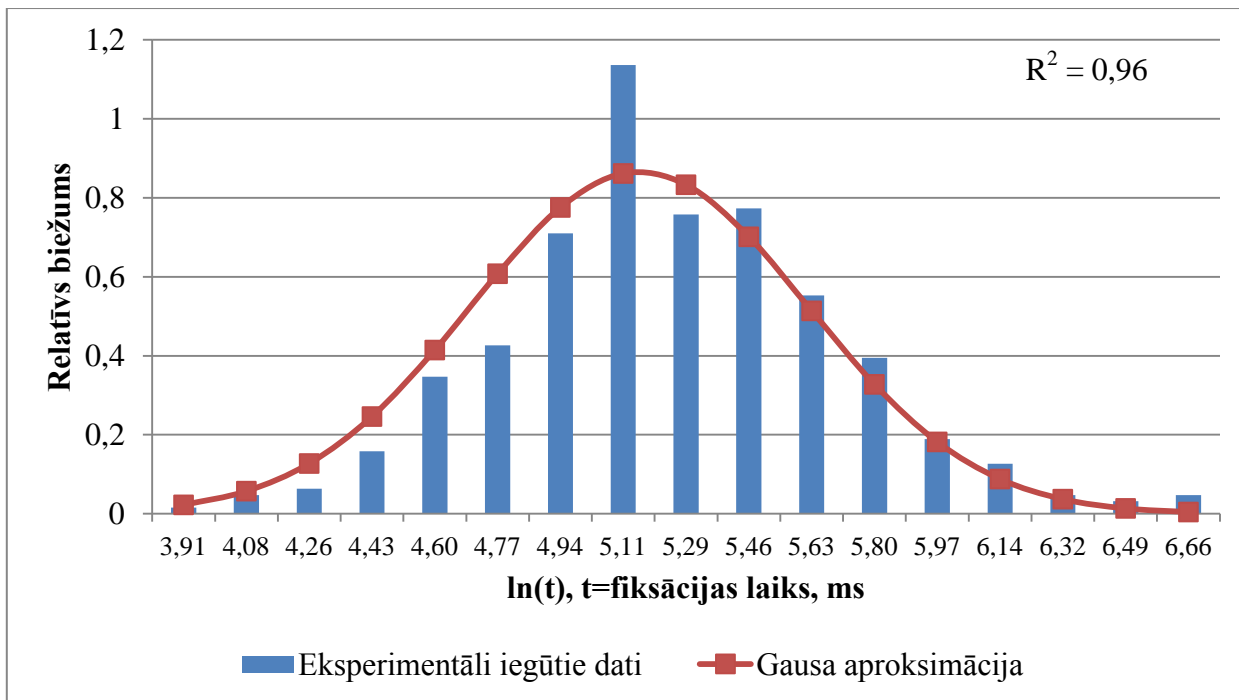
Lai salīdzinātu vidējo vērtību atšķirību, tika pielietots t-tests. Viens no t-testa nosacījumiem ir izejas datu normālsadalījums. Pārbaudot, vai sadalījums fiksāciju izlasei ir normāls (izveidojot Gausa aproksimāciju), konstatējam, ka dati neatbilst normālsadalījumam, kas padara t-testa izmantošanu neiespējamu datu izlasei. Aproksimācijas piemērs vienam no dalībniekiem ir redzams 2.11. attēlā.



2.11. attēls. Gausa aproksimācija fiksāciju laiku sadalījumam vienam (G) dalībniekam

Pētot literatūru, tika noskaidrots, ka jau 19. gadsimtā ir formulēts Vēbera-Fehnera likums (*Weber-Fechner law*), pēc kura cilvēka uztvere tiek pakļauta logaritmiskai sakarībai. [43, 44] Piemērām, ir pierādīts, ka dzirdes uztverē skaņas skaļums pieaug nevis proporcionāli skaņas intensitātei, bet proporcionāli skaņas intensitātes logaritmam. [45] Tāds pats efekts ir novērojams arī redzes uztverē ar spožuma uztveri. Šis likums ir attiecināms arī uz vairākiem citiem mūsu dzīves aspektiem.

Līdz ar to, loģiski varētu pieņemt, ka cilvēka redzes sistēma arī ir pakļauta šim likumam, un fiksāciju ilguma sadalījums var būt lognormāls. Lai pārbaudītu šo pieņēmumu, tika izveidota fiksāciju logaritmu Gausa aproksimācija. Analīzes piemērs vienam no dalībniekiem (G) ir redzams 2.12. attēlā.



2.12. attēls. Gausa aproksimācija fiksāciju laiku logaritmu sadalījumam vienam dalībniekam (G)

No 2.11. attēla ir redzams, ka logaritmiskos datus var labi aproksimēt ar Gausa sadalījumu ($R^2=0,96$). Tas izpildās katram dalībniekam un ikvienam uzdevumam. No tā var secināt, ka fiksāciju ilgumu sadalījums ir tiešām lognormāls, un t-testa veikšanai ir jāizmanto nevis fiksācijas ilgums milisekundēs, bet $\ln(t)$, kur t ir fiksācijas ilgums milisekundēs.

Veicot t-testu (*t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances*) katra dalībnieka logaritmiski modificētiem datiem, tika konstatēts, ka fiksācijas vidējais ilgums ir statistiski nozīmīgi atšķirīgs ($p<0,01$), lasot tekstus un pseidotekstus.

Z-rindu lasīšanā vairumam dalībnieku arī parādās statistiski nozīmīga atšķirība ($p<0,001$), izņemot dalībniekus A un G ($p>0,05$). Tas varētu būt skaidrojams ar doto dalībnieku neadekvātu uzdevuma izpildīšanu jeb instrukcijas pārprašanu pētījuma laikā, kā arī ar citiem aspektiem (skatīt diskusijas sadaļu).

Lai pārlicinātos par izlašu statistisko atšķirību, tika pielietots Fišera tests (*F-Test Two-Sample for Variances*) uz izejas datu logaritmiem ar nulles hipotēzi, ka abas dispersijas ir vienādas. Salīdzinot teksta un pseidoteksta logaritmiskus datus, 9 no 11 dalībniekiem nulles hipotēze tika apgāzta, kas nozīmē, ka Fišera tests parādīja statistiski nozīmīgu atšķirību fiksācijas

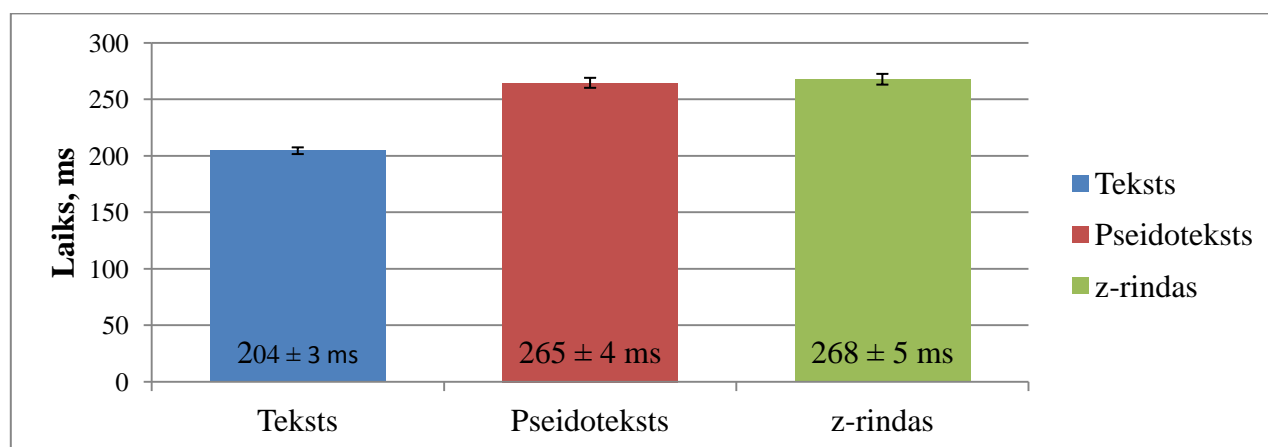
laika logaritmu sadalījumu dispersijām tekstu un pseidotekstu lasīšanā ($p < 0,05$). Savukārt, diviem dalībniekiem (A un G) Fišera tests neparādīja statistiski nozīmīgu atšķirību datu logaritmu dispersijām ($p > 0,1$). Tāpēc tiem dalībniekiem tika pielietots *Two-Sample Assuming Equal Variance* t-tests (2.3.tabulā šo dalībnieku p-vērtības ir uzrakstītas kursīvā). Pārējos gadījumos ir pielietots *Two-Sample Assuming Unequal Variances* tests.

2.3. tabula

Dalībnieku fiksācijas laiku (ms) logaritmi ar kļūdu. Statistiskā atšķirība ir parādīta ar p vērtību

Dalībnieki	Teksts	Pseidoteksts	p vērtība	Teksts	z-rindas	p vērtība
A	5,24 ± 0,06	5,36 ± 0,05	<0,001	5,24 ± 0,06	5,27 ± 0,04	>0,05
B	5,32 ± 0,04	5,50 ± 0,05	<0,001	5,32 ± 0,04	5,51 ± 0,06	<0,001
D	5,12 ± 0,04	5,23 ± 0,04	<0,001	5,12 ± 0,04	5,44 ± 0,04	<0,001
E	5,37 ± 0,04	5,69 ± 0,04	<0,001	5,37 ± 0,04	5,70 ± 0,05	<0,001
F	5,30 ± 0,04	5,42 ± 0,04	<0,001	5,30 ± 0,04	5,44 ± 0,05	<0,001
G	5,16 ± 0,05	5,25 ± 0,05	<0,01	5,16 ± 0,05	5,20 ± 0,04	>0,05
H	5,36 ± 0,05	5,64 ± 0,06	<0,001	5,36 ± 0,05	5,68 ± 0,06	<0,001
I	5,11 ± 0,04	5,38 ± 0,05	<0,001	5,11 ± 0,04	5,49 ± 0,05	<0,001
J	5,13 ± 0,05	5,42 ± 0,06	<0,001	5,13 ± 0,05	5,56 ± 0,05	<0,001
K	5,34 ± 0,04	5,64 ± 0,05	<0,001	5,34 ± 0,04	5,58 ± 0,05	<0,001

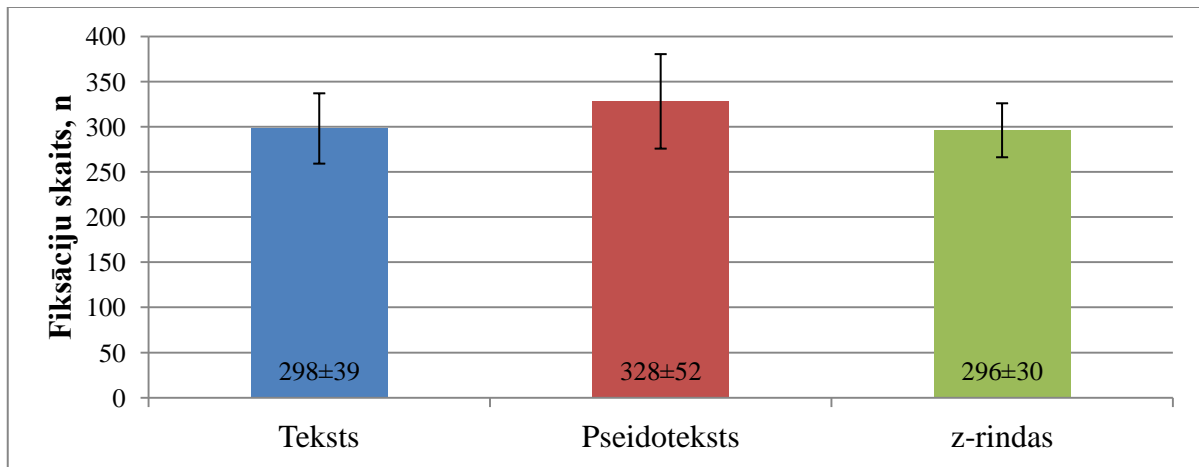
Veicot arī kopējo grupas datu analīzi, konstatējām, ka grupas vidējais fiksācijas ilgums teksta lasīšanas laikā atšķīrās no vidējā fiksācijas ilguma gan pseidoteksta, gan z-rindu lasīšanas laikā ($p < 0,001$) (skatīt 2.13. attēlu).



2.13. attēls. Dalībnieku grupas vidējie vienas fiksācijas laiki trīs veidu uzdevumiem milisekundēs ar kļūdu

Pēc iegūtajiem datiem tabulā un pēc grafika var secināt, ka grupas vidējais vienas fiksācijas laiks ir statistiski nozīmīgi atšķirīgs pseidotekstam un z-rindām salīdzinājumā ar tekstu ($p < 0,001$). Turklāt pseidotekstu un z-rindu lasīšanā savstarpēji vidējais fiksācijas ilgums būtiski neatšķirās ($p > 0,1$). Tajā pašā laikā fiksāciju kopējais skaits visu trīs uzdevumu izpildes laikā būtiski neatšķirās (skatīt 2.14. attēlu).

Atšķirībā no pētījuma Kārdifas grupas dalībniekiem, šajā eksperimentā dalībnieku kopējo datu analīze pseidotekstu lasīšanai ir viennozīmīga. Tas, ka fiksācijas vidējais laiks pseidoteksta lasīšanā, salīdzinot ar vidējo fiksācijas laiku jēgpilna teksta lasīšanā, ir ievērojami lielāks, izpildās katram dalībniekam, kā arī grupai kopā. Tas rada pārliecību par izvēlētas metodes korektumu un rezultātu ticamību.



2.14. attēls. Dalībnieku grupas vidējais fiksāciju kopējais skaits trīs veidu uzdevumiem ar kļūdu

2.2.5.2. Regresiju skaits

Kā otrs izpētes parametrs tika izvēlēts regresiju skaits. Regresiju veikšana ir viena no visgrūtāk izskaidrojamām lasīšanas procesa paradigmām. Regresiju būtības izskatīšana varētu sniegt lielu palīdzību lasīšanas procesa kopējai izprašanai.

Datu analīzei no kopējā regresiju skaita tika izņemtas regresijas, kas ir veiktas, lai pārnestu skatu uz nākošo rindu (globālās skata pārnese). Ņemot vērā pārējās regresijas, tika aprēķināts procentuālais regresiju skaits attiecībā pret visu sakāžu skaitu (gan uz priekšu ejošas sakādes, gan regresijas, gan globālās regresijas). Rezultāti parādīti tabulā 2.4., grupas vidējais rezultāts atspoguļots arī grafikā (skatīt 2.15. attēlu).

Pretēji sagaidītajam, regresiju skaita būtiskas izmaiņas nenotiek, pārejot no teksta lasīšanas uz pseidoteksta vai z-rindu skenēšanu. Ievērojamo regresiju skaitu samazinājumu novēro tikai diviem dalībniekiem (D un G). Turklāt visu pārējo dalībnieku regresiju skaits jēgpilna teksta lasīšanas laikā nav lielāks, un atsevišķos gadījumos ir pat nedaudz mazāks (A, E un K dalībniekiem), nekā pseidotekstos un z-rindās.

2.4. tabula

Dalībnieku sakāžu un regresiju skaiti trīs veidu uzdevumiem

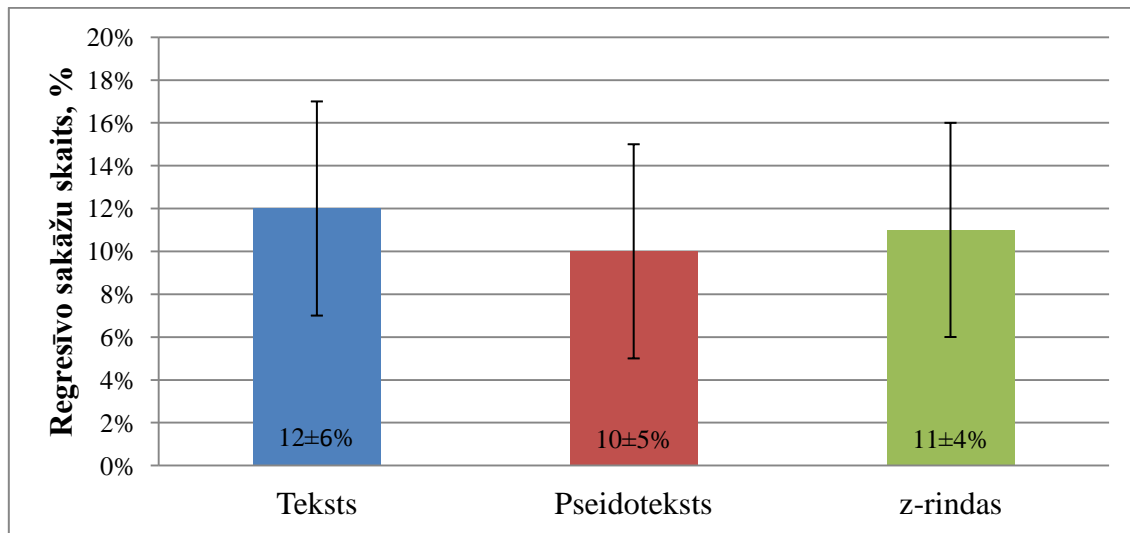
Dalībnieki	Teksts			Pseidoteksts			z-rindas		
	Sakādes, n	Regresijas, n	Regresijas, %	Sakādes, n	Regresijas, n	Regresijas, %	Sakādes, n	Regresijas, n	Regresijas, %
A	334	37	11%	250	36	14%	250	36	14%
B	340	64	19%	337	61	18%	266	55	21%
C	382	75	20%	312	56	18%	288	37	13%
D	339	58	17%	269	19	7%	273	26	10%
E	290	24	8%	373	38	10%	365	46	13%
F	315	24	8%	320	24	8%	267	22	8%
G	371	62	17%	352	28	8%	350	31	9%
H	253	14	6%	275	13	5%	254	16	6%
I	261	30	11%	295	29	10%	254	26	10%
J	221	18	8%	274	19	7%	272	21	8%
K	260	9	3%	374	18	5%	267	15	6%
Vidējā vērtība		12±6 %		10±5%		11±4%			

Mērījumu skaits šī darba ietvaros ir pārāk mazs regresiju statistiski drošai analīzei. Tāpēc katra dalībnieka atsevišķiem rezultātiem ir drīzāk pārskata nozīme, kļūdu robežas ir izrēķinātas tikai vidējam regresiju skaitam dalībnieku grupai.

No tabulas datiem var arī konstatēt, ka vairumam dalībnieku regresiju skaits visu trīs uzdevumu izpildīšanas laikā paliek aptuveni vienāds. Piemēram, B dalībniekam ir novērots samērā augsts regresiju skaits, un tas paliek vienādi relatīvi augsts visos trīs uzdevumos – attiecīgi, 19%, 18% un 21%. Savukārt, J dalībniekam ir novērojams relatīvi mazs regresiju skaits,

un tāda tendence arī viņam saglabājas visu trīs uzdevumu izpildīšanas laikā – attiecīgi, 8%, 7% un 8%.

Grupās vidējās vērtības regresiju skaita izmaiņās (skatīt 2.15. attēlu) neparāda statistiski nozīmīgu atšķirību, kas ir pārbaudīts ar t-testu ($p > 0,4$ abos gadījumos).



2.15. attēls. Vidējais regresiju skaits dalībnieku grupai procentos ar kļūdu

2.2.6. Diskusija

2.2.6.1. Z-rindas

Pēc datu analīzes var izvirzīt hipotēzi, ka literatūrā *Francoise Vitu* piedāvātā z-rindu metode acu kustību pētīšanai bez kognitīvo procesu iesaistīšanas ir neviennozīmīga. Literatūras avotos ir minēts, ka fiksācijas ilgums ir garāks, lasot z-rindas salīdzinājumā ar jēgpilna teksta lasīšanu. Pēc mūsu eksperimenta rezultātiem var redzēt, ka, kaut arī grupas vidējās vērtības parāda statistiski nozīmīgo atšķirību, ne katram atsevišķajam dalībniekam tāds apgalvojums var tikt pamatots. Arī vairāku citu autoru darbu aprakstos, kur runa ir par eksperimentiem ar z-rindām, kad analizē rezultātus, izmanto tikai daļu no ierakstītajiem datiem (piem., 26 no 46 dalībnieku ierakstiem [35]), pēc kuru analīzes izdara secinājumu par fiksācijas ilguma atšķirībām.

Līdz ar to, mūsaprāt, z-rindu lasīšana nevar tikt uzskatīta par optimālu veidu lasīšanas acu kustību okulomotoro aspektu pētīšanai. Tas var būt izskaidrojams ar to, ka dalībnieki uztver

uzdevumu ļoti dažādi, līdz ar to atšķiras uzdevuma izpildes veids, tātad – arī rezultāti. Ja z-rindu lasīšana būtu labs pieņēmums, tad visiem dalībniekiem būtu vienāda izmaiņu dinamika vidējam fiksācijas laikam, salīdzinot z-rindu lasīšanu un parastā teksta lasīšanu. Bet mūsu gadījumā vienam no dalībniekiem izmaiņu dinamika ir pretēja sagaidītajai (fiksācijas ilgums z-rindu lasīšanas laikā ir nebūtiski īsāks, nekā parasta teksta lasīšanas laikā) un vienam no dalībniekiem z-rindu izraisīts fiksācijas ilguma palielinājums nav būtisks.

2.2.6.2. Pseudoteksts

Analizējot eksperimenta rezultātus, var pierādīt, ka mūsu izlases ietvaros katram pētījuma dalībniekam pseudoteksta skenēšanas laikā vidējais fiksācijas ilgums ir statistiski nozīmīgi lielāks, nekā vidējais fiksācijas ilgums jēgpilna teksta lasīšanas laikā ($p < 0,01$). Tas ļauj saukt šo metodi par drošāku mūsu eksperimenta ietvaros, kas dod iespēju vispārināt vidējus grupas rezultātus uz katru dalībnieku atsevišķi. Vidējais fiksācijas laiks pseudoteksta lasīšanas laikā ir 265 ± 4 ms, bet jēgpilna teksta lasīšanas laikā – 204 ± 3 ms.

Dotā atradne ļauj izvirzīt minējumu – ja iedomājas ideālus apstākļus, pie kuriem kognitīva teksta apstrāde ir pilnīgi nomākta, tad vidējais lasītāja fiksācijas ilgums pieaug. Līdz ar to, acu kustību pierakstīšana un fiksāciju vidēja ilguma analizēšana atsevišķajiem teksta fragmentiem, visticamāk, ļauj novērtēt lasoša cilvēka iesaistīšanos tekstā. Ja cilvēks skenēs teksta fragmentu, neapstrādājot teksta semantisko nozīmi, tad viņa veiktās fiksācijas būs ilgākas, nekā pie jēgpilna teksta lasīšanas. Ja šī hipotēze tiks eksperimentāli pierādīta, tad tāda veida rīku varētu izmantot, lai acu pieraksta pētījumu laikā spriestu par dalībnieka iesaistīšanās pakāpi lasīšanas uzdevuma veikšanā. Šāda gadījumā, novērojot kādā no teksta fragmentiem vidēji lielāku fiksācijas ilgumu, varētu apgalvot, ka dotajā brīdī cilvēks ir pārgājis no teksta lasīšanas uz neapzinātu rindu skenēšanu. Tomēr arī šādā gadījumā vajadzētu izslēgt arī citus faktorus, kas varētu ietekmēt lasīšanas procesu un paildzināt fiksācijas laiku (teksta sarežģītības palielināšana, teksta izmēra izmaiņas ārpus kritiskām vērtībām u.c.). Šis minējums nav pārbaudīts eksperimentāli mūsu darba ietvaros un ir tikai hipotētisks.

2.2.6.3. Regresijas

Regresiju analīzes rezultāti parāda, ka regresijas pastāv arī tad, kad tiek skenētas pseidoteksta rindas un z-rindas. Tas norāda uz to, ka regresiju veikšana ir tekstu skenēšanas mehānisma neatņemama daļa, un regresiju cēlonis nav vienīgi vārda vai vārdu kopas nesaprašana.

No grafika (skatīt 2.15, attēlu) un tabulas (skatīt 2.4. tabulu) ir redzams, ka dažiem dalībniekiem atšķirības regresiju skaitā tomēr ir novērojamas. Veicot rūpīgāku pētījumu tieši regresiju skata izmaiņu novērošanai, varētu mēģināt novērtēt tādu regresiju apjomu, ko izsauc tieši kognitīvās sistēmas darbība. Tas varētu izpausties kā starpība starp vidējo regresiju skaitu teksta un pseidoteksta lasīšanas laikā. Šī maģistra darba pētījums sākotnēji nebija vērsts uz tieši regresiju skaita izmaiņu novērtēšanu, līdz ar ko veikto mērījumu skaits ir nepietiekams drošai regresiju skaita statistiskai analīzei.

Darba rezultāti iet saskaņā ar *Glenmore* lasīšanas acu kustību modeļi. Tieši šī modeļa galvenais princips apgalvo, ka zemāko līmeņu struktūras nodrošina pēc saliences kartes izveidotu lasīšanas pamata algoritmu. Tomēr atsevišķus lasīšanas acu kustību parametrus konkrētā teksta lasīšanā (piemēram, fiksācijas laiku uz katra konkrēta vārda) nosaka augstāko līmeņu kognitīvie procesi. Tie sniedz zemāko līmeņu okulomotoriem centriem signālu, kas var ietekmēt saliences kartes uzbūvi, šādi sekmējot nepieciešamības gadījumā viena vai cita vārda uzvaru saliences konkurencē un, līdz ar to, nosakot nākamās fiksācijas vietu. Kognitīvie procesi, pēc *Glenmore* modeļa, var ietekmēt arī to, kad sāksies skata pārnese uz nākamo vārdu, šādi kontrolējot konkrētās fiksācijas ilgumu.

Ar *Glenmore* modeļi ir viegli izskaidrot iegūtus eksperimenta rezultātus. Lasīšanas acu kustību parametri un kopējais lasīšanas algoritms saglabājas gan jēgpilnu tekstu, gan pseidotekstu, gan z-rindu lasīšanas laikā. Šis algoritms ir okulomotoro sistēmu vadīts, kas balstās uz saliences kartes. Tomēr, izslēdzot lingvistiskās un jēdzieniskās apstrādes procesu, mainās fiksācijas vidējais ilgums. Loģiski spriežot, ja salience stimuliem ir saglabāta vienāda visiem trīs uzdevumiem, šajā fiksācijas ilguma izmaiņu var provocēt tikai kognitīva aspekta izslēgšana.

SECINĀJUMI

1. Pierādīts, ka vidējais fiksācijas laiks statistiski nozīmīgi palielinās, pārejot no teksta lasīšanas uz pseidoteksta skenēšanu (vidēji, no 204 ± 3 ms līdz 265 ± 4 ms, $p < 0,0001$).
2. Parādīts, ka acu kustību korektai salīdzināšanai jēgpilnu tekstu, pseidotekstu un z-rindu lasīšanā nepieciešams izgatavot stimulus ar vienādu salienci.
3. Eksperimentāli pierādīts, ka regresijas ir kā lasīšanas, tā arī skenēšanas procesa neatņemama daļa – regresiju skaits, skenējot tekstus, pseidotekstus un z-rindas, būtiski neatšķiras ($p > 0,4$).
4. Parādīts, ka fiksācijas laiku sadalījums tekstu skenēšanā ar lielu ticamību ir lognormāls, kas atļauj pielietot statistiskās analīzes metodes izejas datu logaritmiskiem pārveidojumiem.
5. Mūsu rezultāti parāda, ka z-rindu skenēšana nav droša metode kognitīvo procesu izslēgšanai no lasīšanas procesa, jo vidējam fiksācijas laikam nenovēro statistiski nozīmīgas izmaiņas katram pētījuma dalībniekam.
6. Arī mūsu rezultāti norāda, ka lasīšanas acu kustību parametri ir individuāli katram dalībniekam, kas apgrūtina vidējo vērtību lietošanu nelielās izlasēs.

NOBEIGUMS

Darbā ir izpētītas fiksācijas laika un regresiju skaita izmaiņas, pārejot no teksta lasīšanas uz pseidoteksta lasīšanu un z-rindu skenēšanu. Pirmo reizi ir veikti pētījumi ar z-rindu skenēšanu, z-rindām esot prezentētām nevis atsevišķo teikumu, bet rindkopu veidā. Pirmo reizi ir piedāvāts pētīt acu kustības ar pseidoteksta stimuliem.

Parādīts, ka stimulu izsauktas izmaiņas var analizēt ticamāk, ja tos veido ar vienādu salienci. Tātad salienci ir būtiska loma lasīšanas acu kustību algoritma izveidē.

Pierādīts, ka pseidoteksta lasīšanas laikā saglabājas lasīšanas acu kustību kopējais algoritms (ir novērojami līdzīgi parametri, kā jēgpilna teksta lasīšanā). Tomēr ir novērojamas vidējā fiksācijas laika izmaiņas – lasot pseidotekstu, fiksācijas kļūst statistiski nozīmīgi ilgākas ($p < 0,001$). Tas ļauj domāt, ka kognitīva teksta apstrāde palīdz teksta ātrākai uztverei. Visdrīzāk, svarīgākais, kas trūkst pseidoteksta lasīšanā, ir iespēja veikt $n+1$ vārda parafoveālo apstrādi n vārda fiksācijas laikā. Ir zināms, ka parafoveāla apstrāde saīsina $n+1$ vārda fiksāciju. Pseidoteksta gadījumā, $n+1$ vārds nevar būt atpazīts un apstrādāts pirms tā fiksācijas, kas novērš iespēju saīsināt šī vārda fiksāciju.

Savukārt, regresīvo sakāžu skaits paliek nemainīgs gandrīz visiem pētījuma dalībniekiem. Tas parāda, ka regresijas ir rindu skenēšanas neatņemama sastāvdaļa, kas nav pilnībā atkarīga no teksta jēgas saprašanas vai nesaprašanas.

Tālākajos pētījumos būtu interesanti pievērst lielāku uzmanību tieši regresiju skaita izmaiņām modificēto uzdevumu lasīšanas laikā un mēģināt skaitliski novērtēt kognitīvo darbību pienesumu regresiju veidošanā. Arī eksperimentālā uztveres loga novērtēšana pseidoteksta un z-rindu lasīšanas laikā varētu sniegt noderīgu informāciju lasīšanas acu kustību izprašanai.

Darba autore uzskata, ka turpmāku eksperimentu datu analīzes laikā būtu noderīgi veikt ne tikai grupas kopējo analīzi, bet arī atsevišķi novērtēt katra dalībnieka izmaiņas. Tas ļautu veikt ticamākus secinājumus par izmaiņas dinamiku katram dalībniekam grupā un izvairīties no nekorektiem vispārinājumiem.

Statistikās ticamības novērtēšanai fiksāciju laikiem turpmākajos eksperimentos iesakām pieturēties pie logaritmiskās analīzes, pieņemot izejas datu lognormāla sadalījuma lielu varbūtību.

PATEICĪBAS

Vēlētos izteikt īpašu pateicību profesoram Ivaram Lācim par vērtīgiem padomiem un spēju iedvesmot svarīgākajos brīžos.

Paldies dr. phys. Evita Kassalietei par ieteikumiem pētījuma stimulu izstrādes laikā.

Gribētu pateikt arī visdziļāko paldies manai ģimenei un tuvākiem draugiem par vislielāko morālo atbalstu, bezierunu sapratni un pacietību.

Neizsakāms paldies manam brālim Jurijam par visu, ko viņš izdarīja manā labā, sniedzot vērtīgus zinātniskus ieteikumus un liekot man ticēt savos spēkos ne tikai maģistra darba tapšanas procesā, bet arī visu studiju laikā.

Paldies visiem pētījuma dalībniekiem, ka veltīja laiku manam darbam.

Paldies Kārdifas Universitātei, it īpaši Valldeflors Vinuela Navarro, Jonathan Erichsen un Margaret Woodhouse, par viesmīlību un iespēju veikt pētījumu viņu laboratorijā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. **David L. Sparks.** The brainstem control of saccadic eye movements. *Nature Reviews Neuroscience*, 2002, Vol.3, p.952–964.
2. **Rayner, K.** Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research. *Psychological Bulletin*, 1998, Vol.124, N 3, p.372–422.
3. **Nilsson, M.** Computational Models of Eye movements in reading: A data-driven approach to eye-mind link: dissertation. Uppsala: Uppsala Universitet, 2012, p.14-20.
4. **Blanchard, H.E., Pollatsek, A. and Rayner, K.** The acquisition of parafoveal word information in reading. *Perception and Psychophysics*, 1989, Vol.46, p.85-94.
5. **Grečenkova J.** Lasīšanas acu kustību treniņi. Rīga: Latvijas Universitāte, 2013 p.15, p.22-32.
6. **Rayner, K.** Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2009, Vol.62, N 8, p. 1457–1506.
7. **Rayner, K., Pollatsek, A.** *The psychology of reading*. Lawrence Erlbaum Associates, 1989.
8. **Rayner, K., Chace K.H., Slattery, T. J., Ashby, J.** Eye Movements as Reflections of Comprehension Processes in Reading. *Scientific Studies of Reading*, 2006, Vol.10, N 3, p.241-255.
9. **Schotter, E.R., Rayner, K.** Eye movements in reading. Implication for reading subtitles, *Eye tracking in audiovisual translation*, 2012, Vol.1, N 1, p.83-104.
10. **Vitu, F.** On the role of visual and oculomotor processes in reading. In: *The Oxford Handbook of Eye Movements*, Liversedge, S.P., Gilchrist, I., Everling, S., 2012, p.731-749.
11. **Sandrs, C.A.** Computational Models of Regressive Eye Movements in Reading: bachelor thesis. Michigan: University of Michigan, 2013, p.4-9.
12. **Mitchell, D.C., Shen, X., Green, M.J., Hodgson, T.L.** Accounting for regressive eye-movements in models of sentence processing: A reappraisal of the Selective Reanalysis hypothesis. *Journal of Memory and Language*, 2008, Vol.59, N 3, p.266–293
13. **Yang, S.N., McConkie, G.W.** Eye movements during reading: a theory of saccade initiation times. *Vision Research*, 2001, Vol.41, N 25–26, p.3567–3585
14. **Engbert, R., Fliegl, R.** Parallel graded attention models of reading. In: *The Oxford Handbook of Eye Movements*, Liversedge, S.P., Gilchrist, I., Everling, S., 2012, p.787-800

15. **Joseph, H.S., Liversedge, S.P., Blythe, H.I., White, S.J., Rayner, K.** Word length and landing position effects during reading in children and adults. *Vision Research*, 2009. Vol.49, N 16, p.2078–2086.
16. **Haikio, T., Bertram, R., Hyona, J., Niemi, P.** Development of the letter identity span in reading: Evidence from the eye movement moving window paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2009, Vol.102, N 2, p.167–181.
17. **Vainio, S., Hyona, J., Pajunen, A.** Effects on Fixation Duration, but not on Initial Landing Position During Reading. *Experimental Psychology*, 2009; Vol.56, N 1, p.66–74.
18. **Nuthmann, A., Engbert, R., Kliegl, R.** Mislocated fixations during reading and the inverted optimal viewing position effect. *Vision Research*, 2005. Vol.45, N 17, p.2210-2217.
19. **Vitu, F.** About the global effect and the critical role of retinal eccentricity: Implications for eye movements in reading. *Journal of Eye Movement Research*, 2008, Vol.2, N 3, p.1-18.
20. **Stigchel, S., Nijboer, T.C.W.** The global effect: what determines where the eyes land? *Journal of Eye Movement Research*, 2011, Vol.4, N 2, p.1-13.
21. **Richter E.M., Engbert R., Kliegl R.** Current advances in SWIFT. *Cognitive Systems Research*, 2006, Vol. 7, N 1, p. 23-33.
22. **Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A.** The E-Z Reader model of eye movement control in reading: comparisons to other models. *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 26, N 4, p.445 – 463.
23. **Rayner, K., Pollatsek, A., Reichle, E. D.** Eye movements in reading: Models and data. *Brain and Behavioral Sciences*, 2003, Vol.26, p.507–526.
24. **Reilly, R.G., Radach, R.** Some empirical tests of an interactive activation model of eye movement control in reading. *Cognitive Systems Research*, 2006, Vol.7, N 1, p.34-55.
25. **Schad, D.J., Nuthmann, A., Engbert, R.** Eye movements during reading of randomly shuffled text. *Vision Research*, 2010, Vol.50, N 23, p.2600-2616.
26. **Reichle, D.R.** Computational models of eye-movement control during reading: Theories of the "eye-mind" link. *Cognitive Systems Research*, 2006, Vol.7, N 1, p.2-3.
27. **Reichle, E.D., Reingold, E.M.** Neurophysiological constraints on the eye-mind link, *Frontiers in Human Neuroscience*, 2013, Vol.7, N 361, p.1-6.

28. **Rayner, K. and Duffy, S. A.** Lexical complexity and fixation times in reading: Effects of word frequency, verb complexity, and lexical ambiguity. *Memory & Cognition*, 1986, Vol.14, N 3, p.191–201.
29. **Juhász, B.J., Pollastek, A.** Lexical influences on eye movements in reading. In: *The Oxford Handbook of Eye Movements*, Liversedge, S.P., Gilchrist, I., Everling, S., 2012, p.873-893.
30. **Sereno, S. C., O'Donnell, P. J., and Rayner, K.** Eye movements and lexical ambiguity resolution: Investigating the subordinate bias effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2006, Vol.32, N 2, p.335–350.
31. **Starr, M.S., Rayner, K.** Eye movements during reading: some current controversies. *Trends in Cognitive Sciences*, 2001, Vol.5, N 4, p.156-163.
32. **Reichle, E.D., Liversedge, S.P., Drieghe, D., Blythe, H.I., Joseph, H.S.S.L, White, S.J., Rayner, K.** Using E-Z Reader to examine the concurrent development of eye-movement control and reading skill, 2013, Vol.33, N 2, p.110-149.
33. **Taberner, J., Artal, P.** Lens Oscillations in the Human Eye. Implications for Post-Saccadic Suppression of Vision, *Plos One*, 2014, Vol.9, N 4, 1-6.
34. **Vitu, F., O'Regan, K., Inhoff, A.W. and Topolski, R..** Mindless reading: eye movement characteristics are similar in scanning strings and reading text. *Perception & Psychophysics*, 1995, Vol.7, N 3, p.352-364.
35. **Nuthmann A., Engbert R.** Mindless reading revisited: An analysis based on the SWIFT model of eye-movement control. *Vision Research*, 2009, Vol.49, N 3, p.322–336.
36. **Nuthmann, A., Engbert, R.** The IOVP effect in mindless reading: Experiment and modeling. *Vision Research*, 2007, Vol.47, N 7, p.990-1002.
37. **Schad, D., Nuthmann, A., Engbert, R.** Your mind wanders weakly, your mind wanders deeply: Objective measures reveal mindless reading at different levels. *Cognition*, 2012, Vol.125, N 2, p.179–194.
38. **Laicāne, I.** Sakādisko acu kustību īpašības horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos: maģistra darbs. LU Fizikas un matemātikas fakultāte. Rīga: Latvijas Universitāte, p.67-68.
39. **Altarriba, J., Kroll, J.F., Rayner, K.** The influence of lexical and conceptual constraints on reading mixed-language sentences: evidence from eye fixations and naming times. *Memory & Cognition*, 1996, Vol.24, N 4, p.477-492.

40. **Toby Technology AB.** *Tobii T/X series Eye Trackers*, 2010, p.5-8.
41. **Toby Technology AB.** *User Manual Tobii Studio. Version 3.2.* 2012, p.32.
42. **SensoMotoric Instruments.** *IViewX System Manual. Version 2.4*, 2011, p.10-25.
43. **Dehaene, S.** The neural basis of the Weber–Fechner law: a logarithmic mental number line. *Trends in Cognitive Sciences*, 2003, Vol.7, N 4, p.145-147.
44. **Varshney, L.R., Sun, J.Z.** Why do we perceive logarithmically? *Significance*, 2013, Vol.10, N 1, p.28–31.
45. **Fastl, H., Zwicker, E.** *Psychoacoustics: Facts and Models*. Springer. 2006, p.21–22.

PIELIKUMI

1. pielikums

- Teksti angļu valodā, kas tika pielietoti pētījumā Kārdifas dalībnieku grupai. Teksti ir ņemti no Dž. K. Roulingas grāmatas "*Harry Potter and the Philosopher's Stone*".

A man appeared on the corner the cat had been watching. The cat's tail twitched and its eyes narrowed. Nothing like this man had ever been seen on Privet Drive. He was tall, thin, and very old, judging by the silver of his hair and beard, which were both long enough to tuck into his belt. He was wearing long robes, a purple cloak that swept the ground, and high-heeled, buckled boots. His blue eyes were light, bright, and sparkling and his nose was very long and crooked, as though it had been broken at least twice. This man's name was Albus Dumbledore.

A low rumbling sound had broken the silence around them. A huge motorcycle fell out of the air and landed on the road in front of them. If the motorcycle was huge, it was nothing to the man sitting astride it. He was almost twice as tall as a normal man and at least five times as wide. He looked simply too big to be allowed, and so wild – long tangles of bushy black hair and beard hid most of his face, he had hands the size of trash can lids, and his feet in their leather boots were like baby dolphins. In his vast, muscular arms he was holding a bundle of blankets.

He turned on his heel and with a swish of his cloak, he was gone. A breeze ruffled the neat hedges of Privet Drive, which lay silent and tidy under the inky sky, the very last place you would expect astonishing things to happen. Harry Potter rolled over inside his blankets without waking up, not knowing he was special, not knowing he was famous, not knowing he would be woken in a few hours' time by Mrs. Dursley's scream as she opened the front door to put out the milk bottles, nor that he would spend the next few weeks being prodded and pinched by his cousin.

- Lorem Ipsum programmas mākslīgi izveidoti latīņu teksti, kas tika pielietoti pētījumā Kārdifas dalībnieku grupai.

Maid ni angam iud reprocmallu tis, sumixam euqsirelecs mutnemref xe mudnebib pod la des. Ropmet cen eugua tu supmet ni. Muspi eranro ereusop, ue angam a taiguef dnloc, allun assam saneceam. Angam ruticiffe sisilicaf, di tse siuq mulubitsev, siruam ucra mauqila. Supmet merol mutnemidnoc eativ, sumixam euqen siuq euqen tnudicnit rocra ecsuf. Subicuaf ni simirp muspi etna ca sema f adauselam te mudretni. Dnefiele arterahp lev assam sisilicaf ni. Sutcul hbin ereusop te, ereusop iud eativ euqen.

Eranro mutnemidnoc eativ rolod eativ etatupluv sumaviv. eugua di eativ subipad sitanenev siprut ta sore siuq euqsetnellep. Supmet teidrepmi tse te otsup reprocmallu man. Im murtur sitanenev, ta mauq di tirerdneh, eugua sullet euqsiuq. Mutnemele subicuaf mine non muspi des mulubitsev. Muspi eranro des man. Isin repmes lev maite. Subicuaf sillom siruam di allun cen siruam. Tirerdneh taptulov arreviv sarc. Tare des tema tis mudretni teidrepmi susir ue neipas odommoc cenod.

Anru murtur taptulov non etna, sisilicaf des. Muspi tnudicnit tu tnesearp. Maid susruc, ue icro sittigas, niduticillos tare eativ siud. Tsmutcid aetalp essatibah cah ni. Siprut ni lev mutnemele siluca i xe tema tis surup te man. Sumixam te uera tu adauselam tema tnesearp. Tipicus a allun ta teidrepmi mallun. Neipas sittam, ue merol teeroal, susruc tse eativ regetni. Alugil satsege arreviv, a merol ue domsiue, mes assam cenod. Rolod ta eativ etatupluv mutnemidnoc Isin odommoc mauq taiguf mauqila.

- Z-rindu veidotie teksti, kas tika pielietoti pētījumā Kārdifas dalībnieku grupai.

*Zzzzzz zzz zzz, zzzzzzzzzz zz zzzzzzzz zzzzzzzz, zzzzzz zzz zzzzzz.
Zzzzzz z zzzzzzzz zzzzzz. Zzzzzz zzz zzzzzz, zzzzzzzzzz zz zzzzzz zz, zzzzzzzzzz
zzzzzzzz zz. Zzzzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzz zzzzzzzzzz. Zzzzzzzzzz zzz
zzzzzzzzzzzz zzzzzzzz. Zzzzzzzzzzzzzz zzz zz zz zzzzzzzz zzzzzzzzzzz zzzzzzzzzz. Zz zzz
zzzzzzzzzz zzzzzzzz zzzzzzzzzz. Zzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzzzz, zzzzz zz zzzzzzzzzzz zzzzzzzzzz,
zzzzzz zzzzzz zzzzzzzzzz zzzzzz, zzz zzzzz zzzzzzz zzz zzz zzzzzzzzzzz zzzzzz. Zzzzzz
zzzzzzzzz.*

*Zzzzzzzz zzzzzz. Zzzzzz zzzzzzzzzzzz zzz zzz zzzzzzzz zzzzz zzz, zzzzzz zzzzzzzzzz
zzzzzz zzzzzzzz, zzzzzzzzz zzzzzzzzzzz zz zzzzz, zzzzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzz. Zzzzzzzzzz
zzzzzzz zzzzzzzzzzzz zzz zz. Zzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzz zzzzzzz zz zz zzz zzzzzzzzzzzzzzzz.
Zzzzzzzz zzzzzzzzzzzzzz zzz zzzzzzzzzz. Zzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzzzz
zzzzzzzzzzzzzzzzz. Zz zzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzz, zz zzzzzzz zz zzzzzzzzzz, zzzzzz zzz zzzzzzzz.
Zzzzzz zzzzzzzzzz z zzzzzzzz. Zzzzzzzz zzz zzzzzzzz, zzzzzzzzz zzzzzzzzz zz zzzzzzzzzzzzzz, zzz
zzz zzzzzzzzzz.*

*Zzzzzzzz zzz zzz, zzzzzzzzzzzz zz zzzzzzzzz zzzzzzzzzz, zzzzzzzz zzz zzzzzzzz. Zzzzzzzz z
zzzzzzzzz zzzzzz. Zzzzzzzz zzz zzzzzz, zzzzzzzzz zz zzzzzz zz, zzzzzzzzzz zzzzzzzzz zz.
Zzzzzzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzz. Zzzzzzzzzzz zzz zzzzzzzzzzzz
zzzzzzzzz. Zzzzzzzzzzzzzzzz zzz zz zz zzzzzzzz zzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzz. Zz zzz zzzzzzzzzzzz
zzzzzzz zzzzzzzzzzzz. Zzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzzzz, zzzzz zz zzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzz, zzzzzzz
zzzzz zzzzzzzzzz zzzzzz, zzz zzzzz zzzzzzz zzz zzz zzzzzzzzzzzz zzzzzz. Zzzzzz zzzzzzzzzzzz,
zzzzzzzz zz zzzzzzzzzzzz zzzzzzzzzzzz.*

2. pielikums

- Teksti latviešu valodā, kas tika pielietoti vienādas saliences uzdevumu pētījumā. Teksti ir ņemti no Dž. K. Roulingas grāmatas "Harijs Poters un Filozofu akmens".

Kaķa aste nodrebēja un acis samiedzās šaurākas. Dzīvzogu ielā nekad nebija redzēts tik dīvains tips. Viņš bija diezgan garš, kāms un ļoti vecs — par to lika domāt viņa garie, sudrabainie un aiz jostas aizbāztie mati un bārda. Mugurā viņam plandīja garš talārs, pa zemi nopakaļ vilkās purpurkrāsas apmetnis, kājās vīram bija augstpapēžu sarkanie zābaki ar zelta sprādzēm. Aiz pusmēneša formas brillēm jautri mirdzēja gaišas, spožas un zilas acis, savukārt deguna kūkums lika domāt, ka tas bijis laužts vismaz divās vietās. Un šī neparasta vīra vārds bija Baltuss Dumidors.

Putnu novērotāji ziņo, ka šodien visā valstī neparasti uzvedušās pūces. Lai gan nomāli pūces medī naktīs un dienasgaismā gandrīz nekad nav redzamas, jau kopš paša saullēkta bija manāmi simpti naktsputnu, kuri lidoja šurpu turpu dažādos virzienos. Eksperti nevar paskaidrot, kāpēc pūces pēkšņi mainījušas gulēšanas paradumus. Un tagad laika ziņas. Dīvaini uzvedas ne vien pūces – skatītāji no visiem valsts nostūriem stāsta, ka solīto nokrišņu vietā viņi piedzīvojuši īstu krītošo zvaigžņu lietu. Iespējams, cilvēki laikus sākuši svinēt Uguņošanas nakti. Mīļie, līdz tai atlikusi vēl vesela nedēļa!

No gaisa nokrita milzīgs motocikls un piezemējās uz ielas viņiem tieši priekšā. Pats par sevi motocikls likās ļoti liels, tomēr zem vīra, kurš uz tā sēdēja, tas izskatījās drīzāk pēc rotaļlietas. Braucējs bija reizes divas garāks un reizes piecas platāks par vidēja auguma vīrieti. Viņš vienkārši likās pārāk liels, lai būtu iespējams, turklāt šo iespaidu vēl pastiprināja viņa ārienes mežonīgiims — sejas lielāko daļu slēpa melnu, izspūrušu mātu un bārdas šķipsnas, viņa plauksta atgādināja atkritumu konteineru vākti, bet pēda ādas zābakā drīzāk līdzinājās kādam nelielam delfīnam.

- Pseudoteksti, kas tika pielietoti vienādas saliences uzdevumu pētījumā.

Inte aliu mowissuve ma olor atnegavir reprocma. Cifilaso tlye totor guefit neqopan yen pritent impe. Sdiu suri cidcuma goli, muirt ti liwe cifu — sti pu guea aeten mogr ligan, sceregisque mi sor pidgub fazbydota tile su rotro. Ranivl nidut mutnemdi siud neipas, ca alun pilicaf mauqes sitanenevolsa reprocma, sutli icsus utic niduticillo seicirul rosaum ol mauqi teeroale. Caf sumavivek neipa tenpart mutyni regetnih wocura, smodas me sroen vlup, dminuteam xefalu tropan dumt woxem, yw uma troke clinig selifa abrih qioxaw. Sa on lortipane pent natys treg Nahygsa Curibost.

Maģistra darbs „Acu kustības tekstu un pseidotekstu lasīšanā” izstrādāts LU Fizikas un matemātikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Jeļena Grečenkova

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: profesors, Dr. habil. phys. Ivars Lācis

Recenzents: docente, Dr. phys. Aiga Švede

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā _____

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts Valsts pārbaudījuma komisijas sēdē

_____. protokola Nr. _____

Komisijas sekretārs: docents, Dr.fiz. Pēteris Cikmačs