



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FILOZOFSKI FAKULTET
ODSEK ZA PSIHOLOGIJU

**VANFOVEALNO OPAŽANJE
SLOVA: SPECIFIČNOSTI
PREGOMILAVANJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor: prof. dr Sunčica Zdravković

Kandidat: Dušan Vejnović

Novi Sad, 2013. godine

**UNIVERZITET U NOVOM SADU
FILOZOFSKI FAKULTET**

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada: VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Dušan Vejnović
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	dr Sunčica Zdravković, vanredni profesor
Naslov rada: NR	Vanfovealno opažanje slova: specifičnosti pregomilavanja
Jezik publikacije: JP	Srpski (latinica)
Jezik izvoda: JI	srpski / engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	AP Vojvodina
Godina: GO	2013.
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Novi Sad, Dr Zorana Đinđića 2

Fizički opis rada: FO	18 poglavlja / 181 stranica / 21 slika / 14 grafikona / 321 referenca / 23 priloga
--------------------------	---

Naučna oblast: NO	Psihologija
Naučna disciplina: ND	Psihologija opažanja, Opšta psihologija
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Pregomilavanje, opažanje slova, čitanje
UDK	
Čuva se: ČU	Biblioteka odseka za psihologiju, Filozofski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu
Važna napomena: VN	
Izvod: IZ	<p>U ovoj studiji izvedeno je sedam eksperimenata u kojima je ispitivano opažanje slova izvan fovealne zone vizuelnog polja. Cilj ove studije bio je da se ispita pregomilavanje slova i da se uoče specifičnosti u pogledu kojih se proces identifikacije slova - čiji je uspeh u uslovima pregomilavanja neophodan uslov nesmetanog odvijanja procesa čitanja - razlikuje od pregomilavane identifikacije drugih sličnih vrsta objekata. U svim eksperimentima korišten je zadatak prisilnog izbora između dve alternative. Rezultati eksperimenata 1, 5a i 7a pokazuju da vanfovealno opažanje pojedinačnih slova nije nužno uspešnije od opažanja drugih, njima sličnih simbola. Sa druge strane, u eksperimentima 2, 4, 5, 6 i 7b demonstrirano je da pregomilavanje slova može biti umanjeno u odnosu na pregomilavanje drugih simbola. Ishod eksperimenta 3 sugerije da umanjeno pregomilavanje slova jeste specifičnost ove vrste stimulusa, budući da je u njemu pokazano da veće iskustvo vizuelnog sistema sa određenom vrstom objekata ne vodi nužno njihovom sniženom pregomilavanju. Ovi rezultati u skladu su sa pretpostavkama iznetima u studiji Grainger i sar. (2010). Međutim, nalazi eksperimenata 4, 5, 6 i 7b pokazuju da je efekat smanjenog pregomilavanja slova uočljiv jedino ukoliko su slova prikazana u horizontalnim nizovima. Efekat je bio prisutan i u drugim parafovealnim zonama, pored horizontalnog meridijana na kojem se čitanje uobičajeno odvija (eksperimenti 2, 4b, 5b i 6), a takođe i u periferiji vizuelnog polja (eksperiment 7b). Izuzev smanjenog pregomilavanja horizontalnih nizova, opažanje slova nalikovalo je opažanju drugih simbola. Za</p>

	<p>obe grupe objekata identifikacija (bilo izolovana ili pregomilavana) je bila nešto bolja na horizontalnom meridijanu (eksperimenti 1, 4, 6 i 7a), dok bi prisustvo ometača izazivalo pad postignuća (eksperimenti 2, 4, 5b, 6, 7b). Pregomilavanje obe vrste objekata karakterisala je radijalno-tangencijalna anizotropija (eksperimenti 4, 6 i 7b), dok prisustvo unutrašnje-spoljašnje asimetrije (eksperiment 6) nije registrovano. Ishod naše studije u velikoj meri podržava stanovište prema kome je pregomilavanje generalni fenomen, koji se na sličan način ispoljava pri vanfovealnoj obradi ma koje vrste objekata (Pelli et al., 2004). Međutim, nalazi o smanjenom pregomilavanju slova sugerišu da veliko iskustvo vizuelnog sistema u njihovoj obradi može dovesti do modifikacije tog procesa (Grainger et al., 2010; Dehaene et al., 2005). Obrasci dobijenih rezultata, pokazuju da je potrebno korigovati predlog iznesen u radu Graingera i sar. (2010). Novi, korigovani predlog podrazumevao bi horizontalno umanjenje izduženih receptivnih polja u sistemu za vizuelnu obradu teksta. U svetlu predstavljenih rezultata preispitan je i predlog o nivou obrade na kojem bi do ove modifikacije moglo doći.</p>
Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	9. 12. 2012.
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO	<p>predsednik: dr Petar Milin, vanredni profesor, Filozofski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu</p> <p>član: dr Dejan Todorović, vanredni profesor, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu</p> <p>član: dr Sunčica Zdravković, vanredni profesor, Filozofski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu</p>

University of Novi Sad
Faculty of Philosophy
Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	PhD Thesis
Author: AU	Dušan Vejnović
Mentor: MN	Sunčica Zdravković, Phd, Associate professor
Title: TI	Extrafoveal letter perception: the particularities of crowding
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	Serbian / English
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	AP Vojvodina
Publication year: PY	2013
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Novi Sad, Dr. Zorana Đinđića 2
Physical description: PD	18 chapters / 181 pages / 21 figures / 14 graphs / 321 references / 23 appendices
Scientific field SF	Psychology
Scientific discipline SD	Perception, General psychology

Subject, Key words SKW	Crowding, letter perception, reading
UC	
Holding data: HD	Library of the Department of Psychology, Faculty of Philosophy, University of Novi Sad
Note: N	
Abstract: AB	<p>Seven experiments that examined extrafoveal letter perception are reported. The aim of the study was to scrutinize the crowding of letters, and to detect the particularities that make this phenomenon special in comparison to the crowding of other similar objects – since its success is required for the normal reading. Two-alternative forced-choice task procedure was applied in all of the experiments. Results of the Experiments 1, 5a, and 7 show that individual extrafoveal letter identification is not necessarily superior to the identification of other similar symbols. On the other hand, Experiments 2, 4, 6 and 7b demonstrate that crowding of letters can be lower than the other symbols. The outcome of Experiment 3 suggests that lower letter crowding is a specific feature of this type of objects, given that it shows that more experience of the visual system with a certain type of objects does not necessarily result in their lower crowding. These findings are in line with the propositions of Grainger et al. (2010). However, results of the Experiments 4, 5, 6 and 7b demonstrate that the effect of reduced letter crowding is detectable only if the letters are presented in horizontal strings. Besides the horizontal meridian, at which the reading normally takes place, the effect was present in other zones of parafovea (Experiments 2, 4b, 5b and 6), and also in the peripheral visual field (Experiment 7b). Except for the partial release from crowding in horizontal strings, identification of letters was akin to the other symbols. In both groups of objects, performance (both isolated and crowded) was slightly superior at the horizontal meridian (Experiments 1, 4, 6 and 7a), and the presence of flankers would cause the reduced identification (Experiments 2, 4, 5b, 6, 7b). Crowding of both groups of objects was</p>

	<p>characterized by radial-tangential anisotropy (Experiments 4, 6 and 7b), whereas the inner-outer asymmetry had not been detected. The outcome of the study largely supports the view of crowding as a general phenomenon, manifested in a similar fashion in extrafoveal processing of any type of objects (Pelli et al., 2004). However, reduced level of letter crowding suggests that extensive experience of the visual system with this particular kind of objects can modify their processing (Grainger et al., 2010; Dehaene et al, 2005). The pattern of results in our study demonstrates that the proposal of Grainger et al. (2010) needs to be revised. This new, modified proposal would presume a horizontal reduction of the elliptical receptive fields in the visual letter processing system. Postulated level at which such a modification could take place is also reassessed in the light of the presented results.</p>
<p>Accepted on Scientific Board on: AS</p>	<p>9. 12. 2012.</p>
<p>Defended: DE</p>	
<p>Thesis Defend Board: DB</p>	<p>president: Petar Milin, PhD, Associate professor, Faculty of philosophy, University of Novi Sad</p> <p>member: Dejan Todorović, PhD, Associate professor, Faculty of philosophy, University of Belgrade</p> <p>member: Sunčica Zdravković, PhD, Associate professor, Faculty of philosophy, University of Novi Sad.</p>

SADRŽAJ

PROLOG.....	10
REZIME.....	12
ABSTRACT.....	14
1 UVOD.....	15
2 KRATKA ISTORIJA NASTANKA SLOVA I NJIHOVO OPAŽANJE	16
2.1 Nastanak slova i pisma	16
2.2 Dva razloga za izučavanje opažanja slova	17
2.3 Psihološko izučavanje opažanja slova: pitanje osnovne perceptivne jedinice čitanja	18
2.4 Identifikacija slova kao perceptivni proces: psihofizika čitanja.....	21
3 PERCEPTIVNE OSNOVE : OSOBINE VIZUELNOG SISTEMA I VANFOVEALNO OPAŽANJE	22
3.1 Oko, vizuelno polje i oštrina vida.....	22
3.2 Tri zone vizuelnog polja	24
3.3 Pregomilavanje: distinktivna karakteristika vanfovealnog opažanja	27
3.4 Osobine pregomilavanja	29
3.5 Objašnjenje pregomilavanja: mehanizmi i modeli	32
3.6 Moždana lokalizacija pregomilavanja	38
3.7 Aktuelno shvatanje pregomilavanja i njegov značaj	39
4 OBRADA SLOVA I TEKSTA U MOZGU	41
4.1 Hipoteza o neuronskom recikliranju.....	41
4.2 Oblast vizuelnog oblika reči	43
4.3 Model lokalne kombinacije detektora	45
4.4 Rana neuralna obrada teksta i obrada pojedinačnih slova.....	47
5 UTICAJ ISKUSTVA NA PREGOMILAVANJE SLOVA	49
6 CILJEVI ISTRAŽIVANJA	50
7 METODOLOŠKI ASPEKTI IZVEDENIH EKSPERIMENATA	52
7.1 Ispitanici	52
7.2 Aparatura i stimulusi	52
7.3 Vizuelna kompleksnost stimulusa	54
7.4 Postupak.....	55
7.5 Sličnosti i razlike u odnosu na postupak i stimuluse Graingera i saradnika.....	57
7.6 Nacrti	60
7.7 Analiza prikupljenih podataka.....	61
8 EKSPERIMENT 1: PARAFOVEALNA IDENTIFIKACIJA IZOLOVANIH SLOVA I SIMBOLA	63
8.1 Metod eksperimenta 1	64
8.2 Rezultati eksperimenta 1	64
8.3 Diskusija rezultata eksperimenta 1	66
9 EKSPERIMENT 2: PARAFOVEALNA IDENTIFIKACIJA PREGOMILANIH SLOVA I SIMBOLA	68
9.1 Metod eksperimenta 2	69
9.2 Rezultati eksperimenta 2	69
9.3 Diskusija eksperimenta 2.....	72
10 EKSPERIMENT 3: PARAFOVEALNA IDENTIFIKACIJA ĆIRILIČNIH I LATINIČNIH SLOVA	76

10.1	Metod eksperimenta 3	78
10.2	Rezultati eksperimenta 3	78
10.3	Diskusija rezultata eksperimenta 3	83
11	EKSPERIMENT 4: ZAVISNOST PREGOMILAVANJA SLOVA I SIMBOLA OD ORIJENTACIJE NIZA STIMULUSA	85
11.1	Metod eksperimenta 4	87
11.2	Rezultati eksperimenta 4	89
11.3	Diskusija eksperimenta 4	91
12	EKSPERIMENT 5: IDENTIFIKACIJA SLOVA I SIMBOLA NA DIJAGONALNIM POZICIJAMA	93
12.1	Metod eksperimenta 5	95
12.2	Rezultati eksperimenta 5	96
12.3	Diskusija rezultata eksperimenta 5	103
13	EKSPERIMENT 6: PREGOMILAVANJE SLOVA I SIMBOLA JEDNIM OMETAČEM	106
13.1	Metod eksperimenta 6	108
13.2	Rezultati eksperimenta 6	109
13.3	Diskusija eksperimenta 6	113
14	EKSPERIMENT 7: PERIFERNO OPAŽANJE SLOVA I SIMBOLA	116
14.1	Metod eksperimenta 7	117
14.2	Rezultati eksperimenta 7	118
14.3	Diskusija eksperimenta 7	123
15	OPŠTA DISKUSIJA	126
15.1	Vanfovealno opažanje pojedinačnih slova	126
15.2	Specifičnosti pregomilavanja slova	127
15.3	Univerzalna svojstva pregomilavanja	132
15.4	Rezultati izvedenih eksperimenata u svetlu aktuelnih stanovišta o pregomilavanju i vizuelnoj obradi teksta	136
15.5	Novi predlog: modifikacija dela vizuelnog sistema zaduženog za obradu teksta	138
15.6	Drugačija objašnjenja smanjenog pregomilavanja slova	139
16	ZAKLJUČAK	141
17	LITERATURA	144
18	PRILOZI	170

PROLOG

Ova studija delo je jednog autora. Međutim, bez pomoći većeg broja osoba rad na njoj ne bi bio ni započet ni završen. Na ovom mestu želeo bih da im se srdačno zahvalim.

Pre svih drugih, zahvalnost dugujem svojoj mentorki, *dr Sunčici Zdravković*. Od 2007. godine njena profesionalna posvećenost, etičnost, strpljenje i saveti predstavljali su orijentir u mojim akademskim aktivnostima. Takav je slučaj bio i kada je u pitanju rad na ovoj disertaciji.

Zahvaljujem se *dr Petru Milinu*. Njegova uloga u mom profesionalnom razvoju daleko prevazilazi članstvo u komisiji za odbranu doktorske disertacije. Od onoga što znam o kognitivnoj psihologiji, metodologiji istraživanja i statistici, dobar deo naučio sam u razgovorima i saradnji sa njim.

Zahvalnost dugujem i *dr Dejanu Laloviću*, sa Filozofskog fakulteta u Beogradu, koji me je 2002. godine pozvao da radimo eksperimente i pokazao mi kako to izgleda. Da nije bilo te njegove egzotične ideje, meni samom verovatno nikada na pamet ne bi palo da su istraživanja stvar koja mi je dostupna.

Zahvaljujem se *svim članovima Laboratorije za eksperimentalnu psihologiju u Novom Sadu*. Razgovori i aktivnosti koje se u našoj laboratoriji odvijaju učinili su ovaj rad boljim nego što bi to inače bio. Posebno se zahvaljujem *Žarku Milojeviću*, koji je čitavog jednog četvrtka (ili je to bio petak?), dok sam ja držao nastavu, sedeo u laboratoriji i dočekivao moje ispitanike. Naravno, zahvalnost dugujem i ispitanicima, studentima odseka za psihologiju na Filozofskom fakultetu u Novom Sadu.

Vladimir Bukinac pružio mi je veliku pomoć u pisanju Matlab koda za eksperimente. Veštine u baratanju grafičkim softverom *Ninoslava Adžibabe* takođe su pomogle. *Jeleni Kovačić*, koja mi je svoje računarske veštine ponudila, zahvaljujem se jednako kao što bih to učinio da mi je ta pomoć na kraju bila potrebna. Za sve vreme rada na

tezi razgovore na akademske teme vodio sam sa *Dušanom Ristićem*. On je bio jedina osoba koja po profesiji nije psiholog, a sa kojom sam sate provodio razmenjujući misli o istraživanjima, studijama, disertaciji, itd. *Marija Tatalović* pomogla je u finišu pisanja ovog rada.

Najzad, možda najveću zahvalnost dugujem svojim roditeljima, *Ljiljani i Milošu Vejnović*, blagodeti čije podrške sam oduvek uživao.

REZIME

U ovoj studiji izvedeno je sedam eksperimenata u kojima je ispitivano opažanje slova izvan fovealne zone vizuelnog polja. Cilj ove studije bio je da se ispita pregomilavanje slova i da se uoče specifičnosti u pogledu kojih se proces identifikacije slova - čiji je uspeh u uslovima pregomilavanja neophodan uslov nesmetanog odvijanja procesa čitanja - razlikuje od pregomilavane identifikacije drugih sličnih vrsta objekata. U svim eksperimentima korišten je zadatak prisilnog izbora između dve alternative. Rezultati eksperimenata 1, 5a i 7a pokazuju da vanfovealno opažanje pojedinačnih slova nije nužno uspešnije od opažanja drugih, njima sličnih simbola. Sa druge strane, u eksperimentima 2, 4, 5, 6 i 7b demonstrirano je da pregomilavanje slova može biti umanjeno u odnosu na pregomilavanje drugih simbola. Ishod eksperimenta 3 sugerira da umanjeno pregomilavanje slova jeste specifičnost ove vrste stimulusa, budući da je u njemu pokazano da veće iskustvo vizuelnog sistema sa određenom vrstom objekata ne vodi nužno njihovom sniženom pregomilavanju. Ovi rezultati u skladu su sa pretpostavkama iznetima u studiji Graingera i sar. (2010). Međutim, nalazi eksperimenata 4, 5, 6 i 7b pokazuju da je efekat smanjenog pregomilavanja slova uočljiv jedino ukoliko su slova prikazana u horizontalnim nizovima. Efekat je bio prisutan i u drugim parafovealnim zonama, pored horizontalnog meridijana na kojem se čitanje uobičajeno odvija (eksperimenti 2, 4b, 5b i 6), a takođe i u periferiji vizuelnog polja (eksperiment 7b). Izuzev smanjenog pregomilavanja horizontalnih nizova, opažanje slova nalikovalo je opažanju drugih simbola. Za obe grupe objekata identifikacija (bilo izolovana ili pregomilavana) je bila nešto bolja na horizontalnom meridijanu (eksperimenti 1, 4, 6 i 7a), dok bi prisustvo ometača izazivalo pad postignuća (eksperimenti 2, 4, 5b, 6, 7b). Pregomilavanje obe vrste objekata karakterisala je radialno-tangencijalna anizotropija (eksperimenti 4, 6 i 7b), dok prisustvo unutrašnje-spoljašnje asimetrije (eksperiment 6) nije registrovano. Ishod naše studije u velikoj meri podržava stanovište prema kome je pregomilavanje generalni fenomen, koji se na sličan način ispoljava pri vanfovealnoj obradi ma koje vrste objekata (Pelli et al, 2004). Međutim, nalazi o smanjenom pregomilavanju slova sugerisu da veliko iskustvo vizuelnog sistema u njihovoj obradi može dovesti do modifikacije tog procesa (Grainger et al, 2010; Dehaene et al, 2005). Obrasci dobijenih rezultata, pokazuju da je potrebno korigovati predlog iznesen u radu Graingera i sar. (2010). Novi, korigovani predlog podrazumevao bi horizontalno umanjeno izduženih

receptivnih polja u sistemu za vizuelnu obradu teksta. U svetlu predstavljenih rezultata preispitan je i predlog o nivou obrade na kojem bi do ove modifikacije moglo doći.

ABSTRACT

Seven experiments that examined extrafoveal letter perception are reported. The aim of the study was to scrutinize the crowding of letters, and to detect the particularities that make this phenomenon special in comparison to the crowding of other similar objects – since its success is required for the normal reading. Two-alternative forced-choice task procedure was applied in all of the experiments. Results of the Experiments 1, 5a, and 7 show that individual extrafoveal letter identification is not necessarily superior to the identification of other similar symbols. On the other hand, Experiments 2, 4, 6 and 7b demonstrate that crowding of letters can be lower than the other symbols. The outcome of Experiment 3 suggests that lower letter crowding is a specific feature of this type of objects, given that it shows that more experience of the visual system with a certain type of objects does not necessarily result in their lower crowding. These findings are in line with the propositions of Grainger et al. (2010). However, results of the Experiments 4, 5, 6 and 7b demonstrate that the effect of reduced letter crowding is detectable only if the letters are presented in horizontal strings. Besides the horizontal meridian, at which the reading normally takes place, the effect was present in other zones of parafovea (Experiments 2, 4b, 5b and 6), and also in the peripheral visual field (Experiment 7b). Except for the partial release from crowding in horizontal strings, identification of letters was akin to the other symbols. In both groups of objects, performance (both isolated and crowded) was slightly superior at the horizontal meridian (Experiments 1, 4, 6 and 7a), and the presence of flankers would cause the reduced identification (Experiments 2, 4, 5b, 6, 7b). Crowding of both groups of objects was characterized by radial-tangential anisotropy (Experiments 4, 6 and 7b), whereas the inner-outer asymmetry had not been detected. The outcome of the study largely supports the view of crowding as a general phenomenon, manifested in a similar fashion in extrafoveal processing of any type of objects (Pelli et al., 2004). However, reduced level of letter crowding suggests that extensive experience of the visual system with this particular kind of objects can modify their processing (Grainger et al., 2010; Dehaene et al, 2005). The pattern of results in our study demonstrates that the proposal of Grainger et al. (2010) needs to be revised. This new, modified proposal would presume a horizontal reduction of the elliptical receptive fields in the visual letter processing system. Postulated level at which such a modification could take place is also reassessed in the light of the presented results.

1 UVOD

U studiji koja će biti predstavljena ispitivano je kako se opažanje slova odvija u vanfovealnim zonama vizuelnog polja. U fokusu istraživanja bio je fenomen pregomilavanja (engl. „crowding”) – jedan od najkarakterističnijih fenomena opažanja objekata izvan uske fovealne zone vizuelnog polja. Konkretnije, studija predstavlja pokušaj da se opišu osobenosti pregomilavanja slova u različitim delovima vizuelnog polja, te da se odredi da li se, i na koji način, ono razlikuje od pregomilavanja drugih vrsta objekata.

Izlaganje će započeti sažetim prikazom nastanka slova i predstavljanjem dugog istorijata potrage za odgovorom na pitanje kako ih ljudski um opaža, čime će biti određena pozicija oblasti opažanja slova u odnosu na dve velike discipline eksperimentalne psihologije: psihologiju opažanja i psiholingvistiku. Nakon toga će biti definisani neki od osnovnih pojmova vizuelne percepcije, poput pojma vizuelnog polja, njegove tri zone, te oštine vida. Pažnja će zatim biti posvećena određenju pojma pregomilavanja, karakteristikama njegovog ispoljavanja i savremenim shvatanjima ove pojave. Zatim će biti predstavljeno aktuelno razumevanje načina na koji ljudski mozak obrađuje tekst. Ovaj deo rada završićemo izlaganjem nalaza o mogućnosti modifikacije pregomilavanja pod uticajem iskustvenih faktora, te predstavljanjem rezultata nedavne studije o osobenostima pregomilavanja slova koji su poslužili kao neposredni podsticaj za ovu studiju.

U drugom delu rada biće prikazana serija od sedam eksperimenata koji su izvedeni kako bi se ispitale specifičnosti pregomilavanja slova. Diskusijama rezultata pojedinačnih eksperimenata biće obuhvaćena pitanja rasprostranjenosti smanjenog pregomilavanja slova u različitim parafovealnim i perifernim delovima vizuelnog polja, uslovljenost ove pojave orijentacijom nizova slova, njihovom dužinom, te vrstom alfabeta kojem pripadaju, kao i pitanja koja se tiču prostornih neujednačenosti karakterističnih za pregomilavanje.

Dobijeni rezultati omogućiće da u poslednjem delu rada bude dat obuhvatan opis pregomilavanja slova i da se odrede specifičnosti pregomilavanja ove vrste objekata. Širi kontekst u okviru kojeg će ova saznanja biti tumačena podrazumeva razumevanje ishoda procesa sticanja veštine čitanja i procesa perceptivnog učenja koji ga prati, odnosno razumevanja načina na koji vizuelni sistem pismenih osoba izvodi početne, perceptivne faze u obradi pisanog jezika.

2 KRATKA ISTORIJA NASTANKA SLOVA I NJIHOVO OPAŽANJE

2.1 Nastanak slova i pisma

Pismo, odnosno sistem znakova koji omogućavaju grafičko beleženje govornog jezika, predstavlja jedan od najznačajnijih izuma ljudske civilizacije. Najstarijim pismom smatra se klinasto pismo drevnih Sumera, koje je nastalo u Mesopotamiji, na prostoru današnjeg Iraka, pre svega nekih pet hiljada godina¹. To prvo pismo, međutim, za razliku od većine današnjih, nije se sastojalo od skupa slova. Njegovi elementi u početku su bili logogrami (znakovi koji označavaju cele reči ili morfeme), a nešto kasnije silabički znakovi (kojima su označavani slogovi). Označavanje pojedinačnih glasova jednog jezika zasebnim simbolima, koje zovemo slovima, prvi put se javlja oko 2000. godine p.n.e., u Egiptu. Izgleda da je tamošnje semitsko (proto-sinaitsko) pismo, koje predstavlja adaptaciju egipatskih hijeroglifa, bilo prvo pismo koje je sadržavalo slova - tj. simbole koji su označavali pojedine suglasnike. Veruje se da većina pisama koja se danas na čitavoj planeti

Ime slova	Proto-sinaitsko	Rano feničansko	Grčko	Fonema	Značenje
*aleph			Α	[ʼ]	jarac
beth			Β	[b]	kuća
gimmel			Γ	[g]	bumerang
daleth			Δ	[d]	vrata
he			Ε	[h]	
waw			Ϝ ϝ	[w]	kuka/klin
zayin			Ζ	[z]	
heth			Η	[ħ]	ograda
teth			Θ	[t]	
yodh			Ι	[y]	ruka
kaph			Κ	[k]	dlan
lamedh			Λ	[l]	štap
mem			Μ	[m]	voda
nun			Ν	[n]	zmija
samekh			Ξ	[s]	
*ayin			Ο	[ʼ]	oko
pe			Π	[p]	
tsade			Ρ	[ʃ]	
qoph			Ϟ	[q]	
reš			Ρ	[r]	glava
šin			Σ	[ʃ]	
taw			Τ	[t]	znak (?)

Slika 2.1: Izgled slova prvih pisama

koriste vodi poreklo od njega. Posredstvom Feničana pismo je stiglo do Grčke, gde je, uvođenjem simbola za samoglasnike, oko 800. godine p.n.e., nastao prvi alfabet – pismo

¹ Danas preovlađuje pretpostavka prema kojoj su se sistemi pisanja razvili na većem broju mesta na planeti, nezavisno jedni od drugih. Pored sumerskog klinastog pisma, paleolingvisti u tom smislu najčešće navode egipatske hijeroglife, kinesko pismo, te srednjoamerička pisma Olmeka i Maja.

sačinjeno od simbola koji označavaju suglasnike i samoglasnike. Samo vek kasnije nastala je prva verzija latinice, danas najrasprostranjenijeg pisma na planeti i jednog od dva pisma srpskog jezika. Prvi oblik ćirilčkog pisma nastaje krajem IX veka, takođe po ugledu na grčki alfabet. Od nastanka grčkog alfabeta pa do danas, širom sveta razvijen je veliki broj različitih sistema pisanja. Premda je njihova upotreba sve do 20. veka bila privilegija uskog kruga obrazovanih, ovaj mladi kulturni proizvod izvršio je presudan uticaj na razvoj ljudske civilizacije i temeljno je izmenio sve aspekte ljudskog života. Tako je danas, u gotovo svim ljudskim zajednicama, samostalni opstanak jedinki koje nisu stekle veštinu čitanja praktično nemoguć.

2.2 Dva razloga za izučavanje opažanja slova

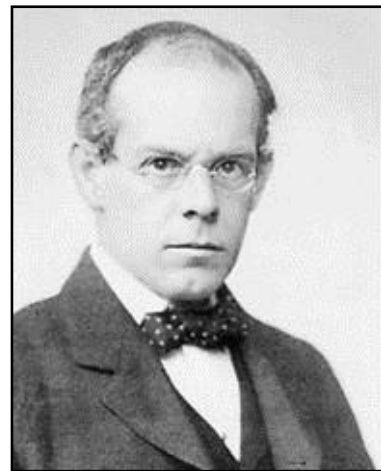
Postoje najmanje dva razloga zbog kojih bi izučavanje načina na koji se slova opažaju trebao da bude predmet interesovanja psihologa. Sa jedne strane, slova predstavljaju jednu među brojnim klasama objekata koje ljudi opažaju. Ona, stoga, predstavljaju materijal koji se može upotrebiti kako bi se uočile opšte zakonitosti koje se tiču sposobnosti ljudi da prepoznaju oblike i identifikuju ih kao objekte. Postoje, međutim, barem dva razloga koje slova čine posebno pogodnim materijalom za istraživanja u oblasti opažanja objekata. To su njihova jednostavnost i sveprisutnost u ljudskom iskustvu. U poređenju sa većinom drugih objekata sa kojima se susrećemo u svakodnevici, slova, kakva ih uobičajeno poznajemo, predstavljaju jednostavne objekte – ona su statični, dvodimenzionalni, homogeno obojeni oblici koji se sastoje od nekoliko prostih elemenata, ili poteza (engl. „stroke”). Ispitivanje prepoznavanja ovakvih jednostavnih objekata, stoga, predstavlja dobru polazišnu osnovu za razumevanje načina na koji vizuelni sistem opaža kompleksnije objekte, odnosno kako se, generalno, proces opažanja objekata odvija. Druga prednost slova ogleda se u njihovoj stalnoj prisutnosti u ljudskoj svakodnevici. Familijarnost ljudi sa slovima olakšava eksperimentalno ispitivanje, ali što je još važnije, kandiduje ovu vrstu objekata kao pogodan materijal za istraživanje uticaja faktora poput uvežbavanja, iskustva i ekspertize na opažanje. Rečima Finkbeinera i Colthrearta: „slova su idealni eksperimentalni stimuli iz nekoliko razloga - ona su visoko 'preučeni' vizuelni oblici, ona su jednostavna za konstruisanje i kontrolisanje, i što je važno, ona su stvarni objekti koji se mogu imenovati” (Finkbeiner & Coltheart, 2009; str. 1).

Drugi razlog za izučavanje opažanja slova proizilazi iz činjenice da slova predstavljaju gradivne elemente zapisanih reči (koje potom predstavljaju osnovne gradivne

elemente teksta). U prethodnom odeljku već je istaknut ogromni značaj koji za čoveka ima izum zapisivanja jezika i ovladavanje tehnologijom čitanja. Razumevanje načina na koji se proces čitanja odvija ostaje nepotpuno ukoliko se ne razumeju njegove najranije faze, u okviru kojih vizuelni sistem oblike slova analizira i pretvara u osnove kognitivne elemente, na osnovu kojih će, u nizu kasnijih stadijuma obrade, biti izgrađeno jezičko značenje. Citirajući Gordona Leggea, „u modernom društvu čitanje je jedan od najvažnijih zadataka koje radimo pomoću naših očiju, a takođe je i jedan od najimpresivnijih u terminima oštine vida, prepoznavanja oblika, okulomotorne koordinacije i dinamičke interakcije sa višim nivoima kognicije” (Legge, 2007; str. 4).

2.3 Psihološko izučavanje opažanja slova: pitanje osnovne perceptivne jedinice čitanja

Izučavanje načina na koji ljudski um opaža slova i pisani jezik bila je jedna od najranijih tema kojom su počeli da se bave psiholozi. Svega nekoliko godina nakon što je Wilhelm Wundt osnovao prvu psihološku laboratoriju, njegov učenik i prvi doktor psihologije, James McKeen Cattell, saopštio je rezultate prvih eksperimenata koji su se ticali opažanja slova. Cattell je objavio da je vreme potrebno da bi se prepoznala cela reč otprilike jednako vremenu koje je potrebno da se prepozna pojedinačno slovo i da broj slova koji sačinjavaju reč ne utiče na brzinu prepoznavanja reči (Cattell, 1885/1947; 1886). Dvadesetak godina kasnije, utemeljitelj psihologije čitanja, Edmund Burke Huey, u svojoj čuvenoj knjizi „Psihologija i pedagogija čitanja” opisao je eksperimente Erdmanna i Dodgea u kojima su ispitanici uspevali da prepoznaju reči čak i u uslovima u kojima nisu mogli da prepoznaju pojedinačna slova (Huey, 1908/1968).



Slika 2.2: James McKeen Cattell

Radovi dva klasika eksperimentalne psihologije izvršili su snažan i dugotrajan uticaj na način na koji će potonje generacije istraživača gledati na procese opažanja slova i prepoznavanja reči. Ovi rani nalazi doprineli su da istraživanja identifikacije pojedinačnih slova budu potisnuta u drugi plan. Istraživači koji su se zanimali za čitanje prevashodno su se

fokusirali na psiholingvističke eksperimente u kojima su ispitivana pitanja leksičkog pristupa, a istraživanje perceptivnih aspekata opažanja slova nije steklo veliku popularnost u okviru vizuelne percepcije barem do sedamdesetih godina XX veka.

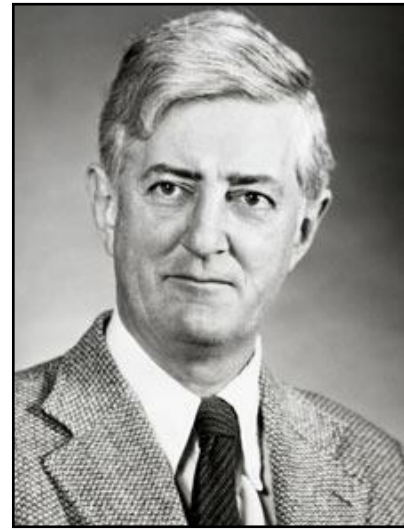
U drugoj polovini dvadesetog veka uspešnija ili brža obrada celih reči nego pojedinačnih slova demonstrirana je u metodološki pedantnijim radovima Reichera (1969) i Wheelera (1970) i postala je poznata kao „efekat superiornosti reči”. U to vreme verovalo se da efekat dokazuje da vizuelni sistem pri čitanju nije usmeren na identifikaciju pojedinačnih slova, već da je početna i osnovna jedinica obrade teksta čitava reč, odnosno njen vizuelni oblik. Tipični predstavnici shvatanja o holističkoj obradi celih reči kao osnovi čitanja predstavljeni su u modelima Johnsona (1975; 1977) i Healyja i Drewnowskog (1983).

Međutim, već su neki od eksperimenata iz sedamdesetih godina ukazivali na probleme holističkog pristupa. Tako je Mewhort (1974) pokazao da se pseudoreči čitaju brže od nizova suglasnika. Ovo je sugerisalo da je čitalac u stanju da uoči ortografsku regularnost, za šta je bilo neophodno razlaganje reči na delove. Godinu dana ranije objavljen je nalaz da neke pseudoreči mogu biti čitane jednako brzo kao i stvarne reči, što je ukazivalo da oblik reči, ukoliko se i skladišti, ne dovodi do ubrzavanja obrade (Baron & Thurstone, 1973). Eksperimenti sa velikim i malim slovima takođe su pokazali da ispisivanje reči na dva načina nema uticaja na brzinu obrade (Paap, Newsome, & Noel, 1984; Smith, 1969; Arditi & Cho, 2000; ali videti i Tinker, 1963). Ovi nalazi predstavljaju problem za stanovište o holističkoj obradi, budući da reči ispisane malim slovima poseduju karakterističan globalni oblik (određen konfiguracijama slovnih nastavaka iznad i ispod centralnog dela slova), dok ispisivanje reči velikim slovima eliminiše informaciju ove vrste, te bi zbog toga one trebale biti sporije obrađivane². Najzad, poseban izazov za holističko stanovište predstavljao je problem invarijantne reprezentacije reči prikazanih različitim fontovima i velikim i malim slovima. Holistički modeli podrazumevali bi da je ovakvu reprezentaciju potrebno napraviti za raznovrsne vizuelne oblike svake pojedinačne reči koju čitalac poznaje, dok bi modeli zasnovani na induktivnoj (engl. „bottom-up”) obradi zahtevali mali broj invarijantnih reprezentacija koji odgovara broju slova u alfabetu.

Iako je konsenzus o tome da pri čitanju vizuelna obrada pojedinačnih slova prethodi obradi celih reči uspostavljen tek krajem XX veka, praktično sve osnovne ideje ovakvog induktivnog pristupa bile su prisutne mnogo ranije, još u klasičnom *modelu*

2 Na primer, uporediti globalne oblike ispisa „grad” – „GRAD”, ili „hokej” – „HOKEJ”.

pandemonijuma (Selfridge, 1959; Selfridge & Neisser, 1960). Selfridge je pretpostavio da se obrada zapisanih reči sastoji iz većeg broja faza u kojima hijerarhijski organizovani detektori obrađuju sve složenije aspekte stimulusa, počev od najjednostavnijih odlika³, preko slova i zaključno sa celim rečima. Jedna od ključnih implikacija ovog stanovišta je da opažanje slova predstavlja samo poseban slučaj generalne sposobnosti vizuelnog sistema da opaža objekte. Podršku Selfridgeovim idejama ubrzo će pružiti veliko otkriće Hubela i Wiesela (1962) o načinu funkcionisanja vizuelnog korteksa.



Slika 2.3: Oliver Selfridge

Rešenje za problem efekta superiornosti reči biće ponuđeno početkom osamdesetih godina, u vidu *modela interaktivne aktivacije* (McClelland & Rumelhart, 1981). Ovaj model preuzeo je Selfridgeovu ideju o hijerarhijski organizovanim slojevima koji obrađuju sve složenije aspekte stimulacije. Nasuprot većini ranijih modela koji su predviđali serijsku obradu slova u okviru reči (Gough; 1972; Harcum & Nice, 1975; Mewhort, Merikle, & Bryden, 1969), Model interaktivne aktivacije je podrazumevao paralelnu obradu slova u okviru reči, kojoj bi prethodila vizuelna obrada odlika svakoga od njih. Potonji modeli obrade slova i reči uglavnom su predstavljali modifikacije modela interaktivne aktivacije i zadržavali su sve njegove ključne ideje (Grainger & Jacobs, 1996; Grainger and van Heuven, 2003; Coltheart, Rastle, Perry, Langdon & Ziegler, 2001; Dehaene, Cohen, Sigman, & Vinckier, 2005; a za primer modela serijske hijerarhijske obrade videti Whitney & Cornelissen, 2008; Whitney, 2001). Verovatno najubedljiviji bihejvioralni argumenti u prilog tvrdnje da se čitanje odvija induktivno, obradom u okviru koje informacija prolazi kroz nivoe rastuće složenosti, potiču iz dva rada Denisa Pelli. U prvome od njih, primenom psihofizičke metode pokazano je da vizuelni sistem ne prepoznaje direktno složene poznate objekte, tj. reči, već se najpre obrađuju njihove komponente – slova (Pelli, Farell, & Moore, 2003). U sledećoj studiji pokazano je da i obrada samih slova počiva na prethodnoj vizuelnoj obradi njihovih sastavnih elemenata – odlika (Pelli, Burns, Farell, & Moore-Page, 2006).

3 Termin „odlika” predstavlja prevod engleskog termina „feature”. Njime se označava klasični pojam iz domena vizuelne percepcije koji se odnosi najjednostavniji segment objekta, čija se obrada vrši u primarnom vizuelnom korteksu (Hubel & Wiesel, 1962). Termin koji u ovom radu koristimo odabran je po ugledu na udžbenik „Kognitivna psihologija” Aleksandra Kostića (Kostić, 2006).

2.4 Identifikacija slova kao perceptivni proces: psihofizika čitanja

Izučavanje opažanja slova starije je od same psihologije. Još od sredine devetnaestog veka, upravo su slova bila materijal pomoću kojeg je ispitivana oštrina ljudskog vida (Aubert & Foerster, 1857; Snellen, 1862; Snellen & Landolt, 1874a; 1874b). Uprkos tome, ispitivanje opažanja slova dugo vremena nakon toga uglavnom je predstavljalo predmet medicinskih, odnosno oftamoloških studija. Još od prvih radova u devetnaestom veku, u psihološkim istraživanjima načina na koji ljudi obrađuju slova dominirala psiholingvistička paradigma. U novijem periodu svakako najvažniji izuzetak u ovom smislu predstavlja rad Gordona Leggea, u čijoj se laboratoriji od osamdesetih godina ispituje uloga vizuelnih procesa u čitanju.

Najvažniji ishod rada Leggea i njegovih kolega predstavlja serija od dvadeset članaka, objedinjenih pod nazivom „psihofizika čitanja”, u kojima je ispitivan uticaj brojnih fizičkih aspekata teksta na performanse čitanja, a zatim razmatrane i implikacije dobijenih rezultata u odnosu na razumevanje načina na koji se vizuelna informacija obrađuje. Budući da najranija faza čitanja podrazumeva optičku transformaciju slova odštampanih na papiru ili prikazanih na displeju u retinalnu sliku, prvo pitanje koje se nametnulo ticalo se mogućnosti da je proces čitanja ograničen optičkim karakteristikama ljudskog oka. Odgovor na ovo pitanje je odričan. Kvalitet slike u zdravom ljudskom oku je takav da omogućava oštrinu koja daleko premašuje najbolje performanse izmerene kod ljudi (Beckmann & Legge, 2002). Pre-neuralni kapaciteti sistema, kako je pokazano, nisu ograničavajući faktori čitanja.



Slika 2.4: Gordon Legge

Leggeova istraživanja dala su i odgovore na pitanja u vezi sa uticajem važnih vizuelnih karakteristika slova – njihove veličine i kontrasta u odnosu na pozadinu – na proces čitanja. Kada je reč o veličini slova, vizuelni sistem pokazuje popriličan nivo fleksibilnosti. Smanjivanje veličine slova ne odražava se na brzinu čitanja sve dok veličina slova ne padne

ispod otprilike 0.2° vizuelnog ugla (Mansfield, Legge, & Bane, 1996). Sa druge strane, uvećavanje veličine slova ne igra ulogu dok njihova veličina ne pređe granicu od 2° - 3° vizuelnog ugla (Legge, Pelli, Rubin, & Schleske, 1985; Akutsu, Legge, Ross, & Schuebel, 1991). Budući da pri normalnom čitanju veličina karaktera gotovo nikada ne izlazi iz ovog intervala, može se zaključiti da je faktor veličine slova od sporednog značaja za proces čitanja. Situacija je slična i kada je u pitanju kontrast između slova i pozadine: ljudski vizuelni sistem pokazuje veliku sposobnost da prepozna slova niskog kontrasta. Iznad prilično niske kritične vrednosti, koja se obično kreće između 0.05 i 0.1, brzina čitanja je praktično nezavisna od kontrasta (Legge, Rubin, & Luebker, 1987; Legge, Parish, Luebker, & Wurm, 1990).

Nalazi psihofizičkih eksperimenata naveli su Leggea da predloži uvođenje pojma „vizuelni opseg” – koncepta koji se odnosi na broj slova u nizu koja se mogu identifikovati bez pomeranja očiju. Vizuelni opseg, koji kod većine ljudi iznosi svega desetak slova, posledica je neuralne arhitekture vizuelnog sistema (konkretno: slabih performansi vanfovealnog viđenja u pogledu oštine, otpornosti na pregomilavanje i informacija o poziciji). Pokazavši da je veličina vizuelnog opsega primarni faktor koji određuje brzinu čitanja, Legge (Legge, Mansfield, & Chung, 2001) je na direktan način doveo u vezu prepoznavanje slova i vizuelne procese koje leže u njegovoj osnovi sa performansama čitanja. Uvažavajući stanovište većine savremenih autora po kojem je proces opažanja slova i većih celina koje ona tvore, barem u početnim fazama, zasnovan na vizuelnoj perceptivnoj obradi, sličnoj onoj koja se odvija kada su u pitanju drugi objekti, u narednom poglavlju razmotrićemo neke od osnovnih karakteristika ljudskog vizuelnog sistema i posvetiti posebnu pažnju fenomenu pregomilavanja.

3 PERCEPTIVNE OSNOVE : OSOBINE VIZUELNOG SISTEMA I VANFOVEALNO OPAŽANJE

3.1 Oko, vizuelno polje i oštrina vida

Kada se neki objekat nađe pred nama, deo svetlosnih talasa koji se odbiju od njega završava na mrežnjačama naših očiju. Ovaj obrazac svetlosne energije izaziva aktivaciju fotoreceptora i na taj način otpočinje proces vizuelnog opažanja objekta. Ljudi,

međutim, nisu u stanju da opaze sve objekte u svojem okruženju. Da bi neki objekat imao šansu da bude opažen, neophodno je da se nađe u ograničenom delu prostora koji nas okružuje iz koga odbijeni zraci svetlosti mogu završiti na mrežnjačama naših očiju. Taj deo prostora, koji se naziva *polje gledanja* (engl. „field of view”), kod ljudi se proteže oko 200 ugaonih stepeni u horizontalnom pravcu i oko 135 stepeni u vertikalnom pravcu (Werner & Rossi, 1991). Polje gledanja i objekti koji se u njemu nađu – distalni stimuli – proizvode u vizuelnom sistemu *vizuelno polje* (engl. „visual field”) i njegov sadržaj. Vizuelno polje predstavlja prostor proksimalnih stimulusa i njihovih spacijalnih odnosa na koji biva preslikan sadržaj polja gledanja.

Ljudsko oko može da se uporedi sa kamerom koja se kreće i menja svoj položaj kako bi prikupila informacije iz različitih delova prostora. Međutim, ova analogija samo je delimično opravdana. Osnovna razlika između načina na koji informacije prikupljaju oko i veštački sistemi tiče se performansi u različitim delovima vidnog polja. Osetljivost senzora u kamerama ravnomerna je po čitavoj njegovoj površini, dok kod ljudskog oka stvari stoje drugačije. Oštrina ljudskog vida⁴ (engl. „visual acuity”) – sposobnost jasnog registrovanja spacijalne informacije visokog kontrasta – menja se u zavisnosti od lokacije u vizuelnom polju. Oštrina vida najveća je u fovei – udubljenju u mrežnjači koje obuhvata središte žute mrlje – i veoma brzo opada sa udaljavanjem od centra vizuelnog polja. Razlog ovom padu je anatomska organizacija oka i moždanih zona zaduženih za obradu vizuelnih informacija. Gustina čepića, fotoreceptora zaduženih za detekciju različitih talasnih dužina i finih spacijalnih detalja, najveća je u fovealnoj zoni mrežnjače i drastično opada sa udaljavanjem od nje (Ostenberg, 1935; Curcio, Sloan, Kalina, & Hendrickson; 1990). U okviru same fovee, gustina čepića najveća je u foveoli – centralnoj oblasti koja obuhvata dno fovealnog udubljenja. Čepići su ujedno i jedina vrsta fotoreceptora koja u foveoli postoji (Schultze, 1866). Izuzetna gustina čepića u fovei, kao i njihova „jedan-na-jedan” reprezentacija u bipolarnim i ganglijskim ćelijama (Polyak, 1941), čini da broj ganglijskih ćelija zaduženih za obradu informacije koja potiče iz fovee bude nesrazmerno velik u odnosu na njenu veličinu. Udaljavanjem od centralne zone vizuelnog polja gustina ganglijskih ćelija

4 Termin „oštrina vida” prvi je upotrebio Franciscus Donders. Njegov učenik, Herman Snellen, 1862. godine napravio je prvi instrument za merenje oštine vida. Snellenova tablica do današnjih dana ostala je osnovni alat oftamologa, a materijal koji se koristi za procenu oštine vida upravo je ona vrsta objekata koja predstavlja i predmet ove studije - slova.

opada (Weymouth, 1958; van Buren, 1963). U primarnom vizuelnom korteksu pad gustine neurona zaduženih za obradu informacije iz periferije još je izraženiji (Dow, Snyder, & Bauer, 1981; Tootell, Silverman, Switkes, De Valois, 1982; Daniel & Whitteridge, 1961), a ovaj princip organizacije ranih vizuelnih zona, koji podrazumeva upošljavanje nesrazmerno velikog broja neurona na zadatku obrade fovealne slike, naziva se kortikalna magnifikacija. Iako fovea obuhvata manje od 1% površine mrežnjače, čak četvrtina nervnih vlakana u optičkom nervu i isto toliki deo primarnog vizuelnog korteksa namenjen je obradi fovealne informacije (De Valois & De Valois, 1988).

Oštrina vida smatra se psihofizičkim korelatom kortikalne magnifikacije, budući da se sa povećanjem ekscentriciteta (tj. udaljenosti od tačke fiksacije) linearno uvećava veličina receptivnih polja neurona uz istovremeno opadanje faktora kortikalne magnifikacije (Hubel & Wiesel, 1974) i psihofizički izmerenog minimalnog ugla rezolucije (engl. „minimal angle of resolution”, MAR) (Weymouth, 1958). Prema nekim proračunima (Schwartz, 1994), kompresija informacije koja se obezbeđuje na ovaj način iznosi 10000 : 1. Schwartz zaključuje da bi težina ljudskog mozga, kada bi on za obradu periferne slike koristio istu količinu tkiva kao i za fovealnu, iznosila između 2.000 i 13.000 kg. Budući da je ljudski mozak izuzetan potrošač kiseonika, povećanje specijalne rezolucije vizuelne informacije vrlo brzo bi dovelo do nemogućnosti organizma da izdržava sistem zadužen za njenu obradu. Funkcionisanje sistema koji opaža oslanjajući se na usku oblast visoke rezolucije i veliku površinu niske rezolucije u njenom okruženju uporedivo je sa načinom rada astronoma koji koriste širokougaone teleskope niske rezolucije kako bi pronašli metu, na koju zatim usmeravaju teleskope visoke oštine i malog opsega (Anstis, 1998). U slučaju ljudskih očiju, usmeravanje se odvija putem očnih sakada, koje neprestano menjaju položaj očiju i deo scene koji će se naći u fovei. Kompleksni sistem očnih pokreta je proračunski i metabolički ekonomičnija alternativa u poređenju sa velikom mrežnjačom koja bi imala visoku oštrinu (Anstis, 1998).

3.2 Tri zone vizuelnog polja

U vizuelnom polju uobičajeno se razlikuju tri zone: fovealna, parafovealna i periferna (slika 3.1). Ovakva distinkcija zona vizuelnog polja zasniva se na organizaciji mrežnjače koju je prvi uočio Stjepan Poljak (Polyak, 1941). Premda su kasniji radovi

potvrdili Poljakove nalaze, te je razlikovanje tri zone vizuelnog polja danas opšte prihvaćeno, sasvim precizne granice između tri zone nije moguće odrediti ni kada je reč o anatomskoj strukturi mrežnjače, a ni kada su u pitanju funkcionalne karakteristike vizuelnog polja. Iz ovog razloga u literaturi u pogledu prostornog prostiranja zona ne postoji konsenzus, a određenje njihovih granica nije lišeno arbitrarnosti. Zajednički naziv za opažanje u fovealnoj i parafovealnoj zoni je centralno viđenje, dok se za opažanje u parafoveai i periferiji često koristi zajednički termin vanfovealno opažanje, baš kao što je to učinjeno i u naslovu ovog rada⁵.



Slika 3.1: Ilustracija tri zone vizuelnog polja - fovealne (F), parafovealne (PF) i periferne (P) - pri opažanju scene u kojoj je pogled posmatrača usmeren ka licu biciklistkinje.

Fovealna zona predstavlja usku oblast u samom centru vizuelnog polja. Središnji deo fovealne zone zove se centralna fovea. Centralna fovea obuhvata prostor na koji se projektuje informacija iz foveole i njen poluprečnik iznosi do 1° vizuelnog ugla. U mnogim radovima se navodi da se poluprečnik čitave fovee proteže maksimalno do 2° udaljenosti u odnosu na tačku fiksacije, tj. tačku gledanja, mada se pod tipičnim fovealnim

5 Terminološku konfuziju u pogledu tri vizuelne zone dodatno uvećava činjenica da autori ponekad ne prave distinkciju između parafovealnog i perifernog viđenja, nazivajući svako opažanje izvan fovealne zone perifernim, dok se u drugim slučajevima terminom fovealno viđenje obuhvataju opažanje i u fovei i u parafoveai (dakle, svako viđenje koje se ne odvija u periferiji).

opažanjem najčešće podrazumeva opažanje u uskoj zoni centralne fovee, tj. opažanje u prostoru između tačke fiksacije i udaljenosti od 1° vizuelnog ugla (npr. Zeki, 1993; Larson & Loschky, 2009; Pajak, & Nuthmann, 2013). Funkcionalno, fovealna zona definisana je maksimalnom oštrinom vida i ona predstavlja primarnu lokaciju za identifikaciju objekata.

Parafovealna zona je prstenasta oblast koja opasuje fovealnu zonu. Prostor koji ona zahvata proteže se do otprilike 4° ili 5° vizuelnog ugla. Oštrina vida u parafovealnoj zoni je znatno niža u poređenju sa foveom. Iz tog razloga identifikacija objekata u parafoveji je otežana, premda ova zona igra važnu ulogu u mnogim vrstama opažanja.

Periferna zona proteže se otprilike od 5° udaljenosti od tačke fiksacije ka periferiji vizuelnog polja. Precizna identifikacija malih objekata u periferiji nije moguća (Biederman, Mezzanotte, Rabinowitz, Francolini, & Plude, 1981). Međutim, promene stimulacije u periferiji ipak bivaju detektovane od strane vizuelnog sistema, koji na osnovu njih može usmeriti pogled ka lokaciji na kojoj se promena odigrala i na taj način omogućiti da objekat bude identifikovan. Pored toga, važna uloga perifernog viđenja ogleda se u prepoznavanju suštine u sceni (engl. „scene gist”) (Sanocki, 2003; Sanocki & Epstein, 1997). Nalazi skorašnjih istraživanja (npr. Larson & Loschky, 2009) ukazuju na to da je za ovu vrstu percepcije periferija vizuelnog polja ponekad čak i važnija od fovealne i parafovealne zone.

Odgovor na pitanje koliko daleko od tačke fiksacije je moguće prepoznati objekat nije jednostavan i ne može se dati u vidu jedne vrednosti. Uobičajena identifikacija objekata pretežno je fovealna, a mogućnost prepoznavanja objekata u parafoveji i periferiji zavisi od veličine objekta, njegovog kontrasta, ekscentriciteta, te vrste i težine samog zadatka. Iako je za tačnu identifikaciju sitnih objekata neophodno fovealno viđenje, u zadacima opažanja scena čak i lokacije duboko u periferiji igraju značajnu ulogu (Boyce & Pollatsek, 1992; Boyce, Pollatsek, & Rayner, 1989; Li, Van Rullen, Koch, & Perona, 2002; Schyns & Oliva, 1994; Larson & Loschky, 2009). Osim važne uloge vanfovealnog viđenja pri opažanju scena, postoje nalazi koji pokazuju da ono može biti korisno i za prepoznavanje objekata (Henderson, Pollatsek, & Rayner, 1987; 1989; Henderson, McClure, Pierce, & Schrock, 1997).

U procesu čitanja, opažanje pojedinačnih slova odvija se fovealno i parafovealno. Fovealna zona igra centralnu ulogu u čitanju i brzina čitanja drastično opada ukoliko je fovealno viđenje onemogućeno (Fine & Rubin, 1999; Rayner & Bertera, 1979; Rayner, Inhoff, Morrison, Slowiaczek, & Bertera, 1981). Pored toga, za normalno odvijanje procesa čitanja neophodno je korišćenje i parafovealne zone (McConkie & Rayner, 1975;

Rayner & Bertera, 1979). U okviru jedne fiksacije, vizuelni sistem je u stanju da koristi informaciju koja potiče od dvadesetak slova koja se nalaze u fovei i parafovei (McConkie & Rayner, 1975; Rayner & Bertera, 1979). Ova veličina se zove perceptivni opseg pri čitanju⁶. Prema modelu Keitha Raynera („The E-Z Reader”; Pollatsek, Reichle, & Rayner, 2006), samo informacija iz sedam do osam centralnih, fovealnih slova u okviru perceptivnog opsega biva dovoljno kvalitetno obrađena da bi se mogla iskoristiti za proces identifikacije reči. Iz parafovealnih zona izvlače se grublje vizuelne informacije, poput nepotpunih informacija o obliku slova koja se u njima nalaze i informacija o prostiranju reči (McConkie & Zola, 1984; Rayner, Well, Pollatsek, & Bertera, 1982; Underwood & McConkie, 1985). Međutim, postoje i modeli čitanja koji pretpostavljaju paralelnu obradu fovealnih i parafovealnih reči (npr. SWIFT model; Engbert, Nuthmann, Richter, & Kliegl, 2005), što iziskuje mogućnost potpune identifikacije slova (a zatim i leksičke obrade celih reči) u parafovealnoj zoni. Bez obzira na važnu razliku u pogledu uloge parafovee u čitanju, dve grupe modela saglasne su po pitanju dva aspekta u vezi sa prepoznavanjem slova: a) obrada pojedinačnih slova odvija se fovealno ali i parafovealno; i b) periferija vizuelnog polja ne koristi se u normalnom čitanju.

3.3 Pregomilavanje: distinktivna karakteristika vanfovealnog opažanja

U prethodnom odeljku skiciran je obrazac prema kome opadajuća oštrina vida od centra vizuelnog polja ka periferiji određuje funkcionalne karakteristike vizuelnog polja i čini da se identifikacija većine objekata primarno odvija u fovealnoj (i donekle u parafovealnoj) zoni. Međutim, u nekim jednostavnim zadacima performanse viđenja slične onima u fovei moguće je postići i pri perifernom viđenju, ukoliko se stimulusi samo jednostavno uvećaju. Uvećanjem veličine stimulusa za faktor kortikalne magnifikacije, što je postupak koji se zove M-skaliranje (engl. „M-scaling”), postignuće u periferiji izjednačeno je sa fovealnim u zadacima u kojima je ispitivana psihofizička osetljivost pri opažanju sinusoidnih rešetki (Koenderink, Bouman, Bueno de Mesquita, & Slappendel, 1978; Rovamo & Virsu, 1979), zadacima kontrastne osetljivosti (Kelly, 1984; Rovamo, Virsu, & Nasanen, 1978; Virsu & Rovamo, 1979); Vernierove oštrine (Levi, Klein, & Aitsebaomo, 1985), diskriminacije tekstura drugog reda (Saarinen, Rovamo, & Virsu, 1987) i sl. Mogućnost

6 Perceptivni opseg pri čitanju ne treba mešati sa „vizuelnim opsegom”, pomenutim u odeljku 2. Kao što se iz opisa dva koncepta može videti, u pitanju su srodni, ali konceptualno različiti pojmovi.

izjednačavanja performansi fovealne i periferne zone, kada se u ovoj drugoj stimulusi uvećaju, prisutna je i pri opažanju složenijih vrsta stimulusa, o čemu govore ispitivanja oštine opažanja pojedinačnih slova (Herse & Bedell, 1989), a takođe i ispitivanja opažanja prirodnih objekata poput ljudskih lica (Mäkelä, Näsänen, Rovamo, & Melmoth, 2001).



Slika 3.2: Ilustracija fenomena pregomilavanja. a) Pregomilavanje je sveprisutno u svakodnevnom opažanju. Ukoliko vozač, u toku vožnje, pogled usmeri ka mestu na kome su u toku radovi (označeno kružićem), njegova mogućnost da uoči pešaka u periferiji vidnog polja zavisice od prisustva drugih objekata u blizini pešaka. Opažanje levog pešaka je otežano ili nemoguće, iako se on nalazi na jednakoj udaljenosti od tačke fiksacije kao i desni pešak. b) Isti efekat eksperimentalno se uočava na različitim vrstama objekata. Ukoliko se pogled zaustavi na fiksacionom markeru, identifikacija donjeg pravougaonika, linije i slova P, biva otežana ili onemogućena usled prisustva drugih objekata u njihovoj blizini. Uklanjanjem susednih objekata, uočavanje meta se popravlja, što se može iskusiti pri identifikaciji ista tri objekta koji su postavljeni iznad fiksacionih markera. Preuzeto iz Whitney i Levi (2011).

Pa ipak, vanfovealno viđenje nije samo kopija fovealnog viđenja sa manjom rezolucijom. Opadajuća oština vida nije jedini – a kako se ispostavlja ni najvažniji – razlog zbog kojega je fovealna zona od presudne važnosti za opažanje objekata. Čak i kada je neki vanfovealno prikazani objekat dovoljno velik da bi mogao biti prepoznat, njegova identifikacija biva onemogućena ukoliko nije prikazan u izolaciji, tj. ukoliko se u njegovoj blizini nađu neki drugi objekti. Ovaj štetni uticaj susednih objekata na vizuelno prepoznavanje određenog objekta naziva se *pregomilavanjem*⁷. Fenomen pregomilavanja toliko je opsežan i izražen pri vanfovealnom viđenju, da se smatra njegovim definišućim svojstvom. Njegovo postojanje uočeno je još u prvoj polovini 20. veka, u ispitivanjima koja

7 Prema navodu Strasburgera i saradnika (Strasburger, Rentschler, & Jüttner, 2011), u literaturi su za označavanje pregomilavanja i sličnih fenomena ranije korišteni i termini poput interakcije kontura, efekta interakcije, lateralne inhibicije, lateralne interferencije, lateralnog maskiranja, maskiranja, supresije iz okruženja, itd.

su se, kao i ova studija, bavile indirektnim (vanfovealnim) opažanjem slova. Za otkriće pregomilavanja najčešće vezuje ime nemačkog geštaltiste Wilhelma Kortea (videti npr. Levi, 2008; Whitney & Levi, 2011; Pelli, Palomares, & Majaj, 2004), koji je kao jedan od razloga za pogrešno čitanje reči naveo „kompresiju reči” ili „perceptivno skraćivanje” opažanih oblika (Korte, 1923; prema Strasburger & Malania, 2013). Nešto kasnije, danski oftamolog Holger Ehlers saopštio je da se pri čitanju javljaju vizuelne, *nekognitivne* teškoće u prepoznavanju slova koja su udaljena od tačke fiksacije i koja su smeštena su između drugih slova (Ehlers, 1936; prema Strasburger & Malania, 2013). Ehlers je bio i tvorac termina pregomilavanje (tj. njegovog engleskog oblika „crowding”) (Ehlers, 1953), kojim se od rada Stuarda i Buriana (1962) označava ovaj karakteristični efekat ometanja identifikacije objekata u vanfovealnoj percepciji.

3.4 Osobine pregomilavanja

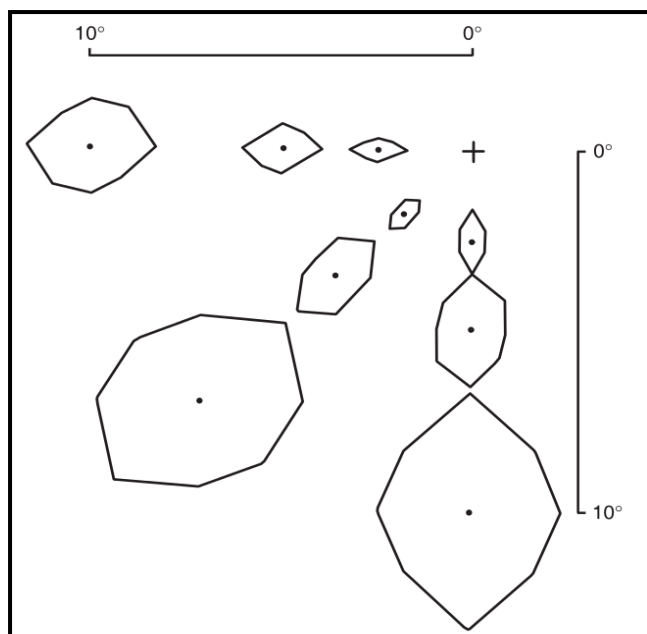
Prvo detaljno kvantitativno ispitivanje pregomilavanja sproveo je Herman Bouma (Bouma, 1970; 1973). On je ustanovio da je pregomilavanje određeno a) razmakom između objekta koji se opaža (mete) i objekata u njegovoj blizini (ometača) i b) udaljenošću od tačke fiksacije, tj. ekscentricitetom. Prema pravilu koje je Bouma formulisao, na svakoj udaljenosti od fiksacije, identifikacija mete se poboljšava sa povećavanjem razmaka između mete i ometača. Ukoliko razmak između mete i ometača pređe određenu vrednost (Boumini empirijski nalazi sugerisali su da ona iznosi otprilike polovinu udaljenosti mete od tačke fiksacije), do pregomilavanja mete ne dolazi. Udaljenost između mete i ometača na kojoj negativni uticaj pregomilavanja prestaje da se ispoljava naziva se *kritični razmak* (engl. „critical spacing”). Rezultati većeg broja studija pokazali su da na pregomilavanje ne utiču veličina mete ni ometača (Levi, Hariharan, & Klein, 2002; Tripathy & Cavanagh, 2002; Pelli et al, 2004; Pelli, Tillman, Freeman, Su, Berger & Majaj, 2007; Strasburger, Harvey, & Rentschler, 1991). Ovo je omogućilo jasno razlikovanje fenomena pregomilavanja od običnog maskiranja. Prema jednom skorašnjem predlogu, Bouminom pravilu trebalo bi dati status zakona („Boumin zakon”; Pelli & Tillman, 2008; Pelli, 2008), budući da vanfovealna identifikacija objekata nije određena pripadnošću konkretnog objekta nekoj vrsti, već isključivo kritičnim razmakom.

Pregomilavanje je uvek prisutno u vanfovealnoj percepciji. Osim prepoznavanja slova (Bouma, 1970; Flom, Weymouth & Kahnemann, 1963; Toet & Levi,

1992), efekti pregomilavanja ispoljavaju se u raznovrsnim jednostavnim zadacima poput merenja Vernierove oštine (Westheimer & Hauske, 1975; Levi et al., 1985), diskriminacije orijentacije (Andriessen & Bouma, 1976; Westheimer, Shimamura & McKee, 1976), stereoskopske oštine (Butler & Westheimer, 1978), ali i pri prepoznavanju složenih objekata poput lica (Martelli, Majaj & Pelli, 2005; Louie, Bressler & Whitney, 2007).

U skladu sa Bouminim pravilom, rezultati velikog broja studija pokazali su da pregomilavanje postaje sve izraženije sa povećanjem ekscentriciteta (Bouma, 1970; Toet & Levi, 1992, Loomis, 1978; Jacobs, 1979; Pelli et al., 2004; Chung, Levi & Legge, 2001; Wolford & Chambers, 1984). Ovo je razlog zbog koga se pregomilavanje smatra tipičnim fenomenom vanfovealne percepcije i njenom najdistinktivnijom osobinom (videti sliku 3.3). Mogućnost postojanja pregomilavanja u fovei smatra se veoma spornom. Sa jedne strane,

postoje nalazi koji sugerišu da pod posebnim uslovima, tj. pri opažanju minijaturnih stimulusa koji se nalaze na samoj granici rezolucije, fovealno pregomilavanje postoji (Flom, 1991; Danilova & Bondarko, 2007; Liu & Arditi, 2000). Međutim, u navedenim radovima efekti pregomilavanja bili su ograničeni na veoma malu zonu (3-6 ugaonih minuta), mnogo manju nego što bi se to očekivalo na osnovu Bouminog pravila, a efekat bi nestajao već sa minimalnim povećanjem stimulusa (za 1 ugaoni minut) iznad granice rezolucije⁸. Postoje takođe i radovi u kojima fovealno pregomilavanje uopšte nije



Slika 3.3: Kritični razmak, tj. pregomilavanje, raste sa ekscentricitetom. Konture kritičnog razmaka, odnosno polje integracije, izduženo je po radijalnoj osi, pa zato dolazi do pojave radijalno-tangencijalne anizotropije. Preuzeto iz Toet & Levi, 1992.

registrovano (npr. Strasburger et al., 1991). Pored toga, fovealnu spacijalnu interferenciju koja bi predstavljala pregomilavanje nemoguće je razlikovati od prostog maskiranja (Levi,

⁸ Kao što je već rečeno, postoje mnogobrojni nalazi koji sugerišu da pri pregomilavanju, za razliku od maskiranja, veličina stimulusa ne igra nikakvu ulogu.

Klein, & Hariharan, 2002), pa u literaturi preovlađuje stanovište da pregomilavanja u fovei nema (Levi, 2008; Pelli et al., 2004; Pelli & Tillman, 2008; Strasburger et al., 2011).

Za razliku od maskiranja, koje ometa kako detekciju tako i identifikaciju objekata, pregomilavanjem se ne ometa detekcija objekata, već isključivo njihova identifikacija (Pelli & Tillman, 2008; Levi et al., 2002a, 2002b; Pelli et al., 2004).

U brojnim studijama intenzitet pregomilavanja veoma je varirao od ispitanika do ispitanika i u različitim delovima vizuelnog polja (Toet & Levi, 1992, Kooi, Toet, Tripathy, & Levi, 1994; Legge et al., 2001; Petrov & Meleshkevich, 2011a; 2011b; Petrov, Pople, McKee, 2007; Feng, Jiang, & He, 2007). Ova varijabilnost nije korelirana sa oštrinom vida u različitim delovima vizuelnog polja pojedinih ispitanika (Petrov & Meleshkevich, 2011a). Pa ipak, uprkos individualnim razlikama, kod većine ispitanika mogu se uočiti karakteristične asimetrije u pregomilavanju koje su uslovljene pozicijom ometača u odnosu na metu. Ometači koji su postavljeni radijalno dovode do većeg pregomilavanja nego vertikalno postavljeni ometači. Konkretnije, na horizontalnim lokacijama u vizuelnom polju veće ometanje izazivaju horizontalni ometači, dok na vertikalnim pozicijama veće ometanje proizvode vertikalni ometači. Brojni eksperimenti (Toet & Levi, 1992; Pelli et al., 2007; Levi & Carney, 2009; Petrov & Meleshkevich, 2011a) potvrdili su postojanje ove vrste nehomogenosti koja se naziva se *radijano-tangencijalnom anizotropijom* (slika 3.3). Prema klasičnom indukcionističkom (retinotopskom) objašnjenju, radijalno-tangencijalna anizotropija je posledica izduženosti receptivnih polja u kojima se vrši integracija odlika u radijalnom smeru (za drugačije objašnjenje videti Petrov & Meleshkevich, 2011b).

Pored efekta radijano-tangencijalne anizotropije, koji je robustan i nesumnjiv, u literaturi je sugerisano postojanje još nekoliko manje upadljivih (ili manje robusnih) neujednačenosti u pregomilavanju. U nekoliko radova uočeno je da je pregomilavanje nešto izraženije u gornjem delu vizuelnog polja, u poređenju sa donjim (He, Cavanagh, & Intriligator, 1996; Intriligator & Cavanagh, 2001; Petrov & Meleshkevich, 2011a). Takođe, po eliminaciji izraženog efekata radijano-tangencijalne anizotropije, u jednoj studiji je uočeno nešto jače pregomilavanje horizontalno postavljenim ometačima u odnosu na vertikalne (Feng et al., 2007). Postojanje ove *horizontalno-vertikalne asimetrije* je diskutabilno, budući da je ona u jednoj potonjoj studiji potvrđena (Petrov & Meleshkevich, 2011a), dok u drugoj povećano horizontalno pregomilavanje nije uočeno (Livne & Sagi, 2011). Poslednja od neujednačenosti koja se sreće u literaturi tiče se manjeg ometanja unutrašnjim ometačem (onim ometačem koji se nalazi između mete i tačke fiksacije) u

poređenju sa spoljašnjim (onim koji je smešten periferno u odnosu na metu). Ova *unutrašnje-spoljašnja asimetrija* uočena je već u Bouminoj klasičnoj studiji (1970), a nakon toga je u više navrata potvrđena (Banks, Larsen & Prinzmetal, 1979; Krumhansl, 1977; Chastain, 1982; Petrov, Popple, & McKee, 2007; Farzin, Rivera, & Whitney, 2009). Međutim, u studijama u kojima je testirana mogućnost da se lokacija mete zameni lokacijom ometača pokazano je da unutrašnji ometači mnogo češće izazivaju ovakve lokacijske greške (Chastain, 1982; Huckauf & Heller, 2002; Strasburger & Malania, 2013). Spoljašnji ometači, dakle, u većoj meri remete identifikaciju samog identiteta mete, dok unutrašnji ometači češće dovode do zamene identiteta mete i identiteta ometača. Kada je u pitanju unutrašnje-spoljašnja asimetrija, od posebnog značaja su dva skorašnja rada. U prvom od njih pokazano je da ova asimetrija relativno slaba ukoliko pažnja ispitanika nije usmerena i na levo i na desno vizuelno polje, da ona zavisi od alokacije spacijalne pažnje i da se ne registruje u svim delovima vizuelnog polja (Petrov & Melshkevich, 2011a). U drugom radu (Petrov & Melshkevich, 2011b) pružena je još snažnija podrška shvatanju da je unutrašnje-spoljašnja asimetrija posledica usmerenosti spacijalne pažnje. U njemu je demonstrirano da je efekat unutrašnje-spoljašnje asimetrije moguće eliminisati ukoliko ispitanici nisu sigurni u pogledu lokacije na kojoj će stimulusi biti prikazani, te da je čak, eksperimentalnim usmeravanjem pažnje u smeru fovee, njegov smer moguće i obrnuti (odnosno proizvesti veću interferenciju unutrašnjim ometačem).

3.5 Objašnjenje pregomilavanja: mehanizmi i modeli

Fenomen pregomilavanja u poslednjim godinama postalo je veoma živo polje istraživanja. Prema Dennisu Leviju, jednom od najistaknutijih istraživača u oblasti, verovatno najvažniji razlog za to je činjenica da pregomilavanje predstavlja „usko grlo” u procesu prepoznavanja objekata⁹, te rasvetljavanje ovog procesa otvara mogućnost konačnog razumevanja mehanizama koji se nalaze u osnovi prepoznavanja objekata (Levi, 2008). Pa ipak, uprkos živom interesovanju istraživača, mnogi važni aspekti fenomena pregomilavanja i dalje su nerasvetljeni. Sa druge strane, većina autora danas se slaže da je reč o procesu koji se

9 Terminom *usko grlo* (engl. „bottleneck”) Levi ilustruje danas preovlađujuće shvatanje prema kojem pregomilavanje predstavlja nezaobilazni stadijum u procesu vizuelne obrade – onaj koji postavlja (rana vizuelna) ograničenja za proces prepoznavanja objekata.

sastoji iz dva stadijuma obrade: a) detekcije pojedinačnih odlika, i b) integracije detektovanih odlika kako bi se objekat prepoznao (Chung et al., 2001; Levi, 2008; Levi et al., 2002; He et al., 1996; Peli et al., 2004; Pelli & Tillman, 2008; Strasburger & Rentschler, 1996; Strasburger et al., 2011). Ova dva stadijuma odgovaraju nivou detektora odlika i detektora slova opisanima u modelu pandemonijuma (Selfridge, 1959), modelu interaktivne aktivacije (McClelland & Rumelhart, 1981) i srodnim modelima koji su pominjani u prethodnom poglavlju.

U prvom stadijumu detekcija pojedinačnih odlika nekog objekta vrši se paralelno i za svaku odliku nezavisno od detekcije ostalih odlika. Do pojave međusobne interferencije odlika ne dolazi, pa ni prisustvo drugog objekta u blizini ne sprečava da pojedinačne odlike mete budu detektovane (Pelli et al, 2004; Levi, 2008).

Šta se tačno odvija u drugom stadijumu, u kome se detektovane odlike spajaju kako bi objekat bio identifikovan, do danas nije u potpunosti rasvetljeno. U literaturi postoji priličan broj mehanizama koji su kandidovani kao objašnjenja za proces pregomilavanja: preterana integracija odlika, gubitak informacije o poziciji, konfiguraciono grupisanje, smanjena rezolucija pažnje, egzogena pažnja, pregomilavanje kao opažanje tekstura, supresija okoline, itd. (Levi, 2008; Whitney & Levi, 2011).

Prema zamisli Denisa Pellijia (Pelli et al., 2004) do pregomilavanja dolazi zbog toga što sve odlike koje se nađu u jednom „polju integracije”¹⁰, bez obzira da li potiču od mete ili ometača koji se u njenoj blizini našao, bivaju automatski integrisane. Ukoliko se dogodi da u percept, osim odlika mete, budu integrisane i odlike ometača koji se nalazi u njegovoj blizini, dolazi do nemogućnosti da se objekat identifikuje – on tada biva pregomilan. Ovako shvaćena, pojava uskog grla u opažanju objekata do kojeg dovodi pregomilavanje je posledica ograničenih resursa vizuelnog sistema (nedovoljno malih polja integracije). Samo pregomilavanje može se smatrati nesavršenom (tj. preteranom) integracijom odlika, kao što je to predlagao još Wolford (1975).



Slika 3.4: Denis Pelli, najpoznatiji zastupnik striktno indukcionističkog shvatanja pregomilavanja.

10 Pellijjevo „polje integracije” predstavlja samo drugi termin za prostor omeđen Bouminim kritičnim razmakom – prostorom u okviru kojeg dolazi do pregomilavanja. Prema njegovom shvatanju, veličina ovog prostora fiziološki je određena i nepromenljiva je, bez obzira na prirodu vizuelnih objekata.

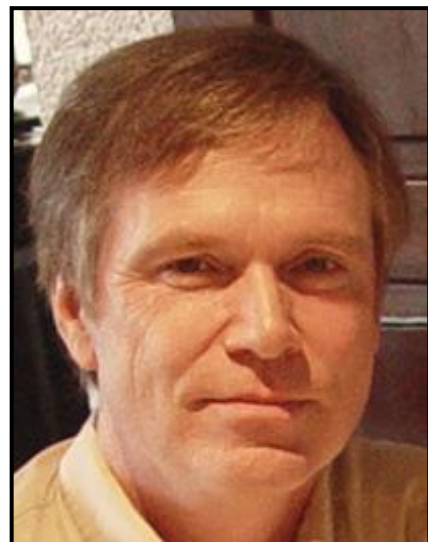
Zamisao je u skladu sa klasičnim shvatanjem opažanja objekata opisanim u teoriji integracije odlika („Feature integration theory”; Treisman & Gelade, 1980), ali je za razliku od njega, zasnovana na čisto induktivnoj (engl. „bottom-up”) obradi. Prema strogo induktivnom modelu, za kakav se zalaže Pelli, uzrok naglog porasta pregomilavanja sa ekscentricitetom predstavlja progresivno uvećanje polja integracije u periferiji vizuelnog polja, koje reflektuje uvećanje receptivnih polja neurona zaduženih za obradu periferne slike u vizuelnom korteksu¹¹, a ne sniženi kapaciteti fokusirane pažnje kakve postulira teorija integracije odlika. Pri tome, receptivna polja o kojima je ovde reč ne odnose se na neurone koji detektuju proste odlike objekata, već na kasniju fazu u kojoj su detektovane odlike kombinovane. Ovakvo stanovište danas je jedno od najprihvaćenijih među istraživačima u oblasti.

Postoje autori koji smatraju da prethodno opisano shvatanje može biti važan deo objašnjenja, ali da ono mora biti dopunjeno. Kao jedan od važnih razloga navodi se ranije pominjana pojava lokacijskih grešaka - zamenjivanja pozicija meta i ometača. Ova pojava, koja se još naziva i poziciona neizvesnost, uočena je u većem broju radova (Strasburger et al., 1991; Strasburger, 2005; Chung & Legge, 2009; Zhang, Zhang, Xue, Liu, & Yu, 2009; Popple & Levi, 2005). Ideja o gubitku informacije o relativnoj poziciji objekata kao važnom uzroku pregomilavanja bila je prisutna već u ranim modelima (Krumhansl & Thomas, 1977; Wolford, 1975). Nedavno je Strasburger (Strasburger et al., 2011) predložio da se lokacijsko kodiranje odvija na dva nivoa. Na prvom nivou bivaju kodirane lokacije detektovanih odlika, kako bi se same odlike mogle ukombinovati u opažaj objekta (budući da prost spisak detektovanih odlika nije dovoljan za ispravan opažaj). U skladu sa Pellijevim modelom, ukoliko se među odlikama nađu i neke koje ne pripadaju meti, tj. ukoliko dođe do gubitka informacije od kog objekta odlike potiču, dolazi do pregomilavanja. Na drugom nivou, lokacije identifikovanih objekata bivaju kodirane, kako bi njihov prostorni raspored u opažaju bio ispravan. Baš kao što je to bio slučaj i sa odlikama, gubitak lokacijske informacije može se dogoditi i na nivou čitavog objekta, tj. njegovog položaja u odnosu na susedne objekte. Ovakva poziciona neizvesnost karakteristična je za periferiju vizuelnog polja (Pelli, 1985), a nedavno je njeno postojanje demonstrirano i u klasičnim zadacima pregomilavanja (Chung & Legge, 2009; Strasburger & Malania, 2013).

11 Kako primećuje Levi (2008), polje integracije ne mora nužno predstavljati statično i fiksirano receptivno polje. Prema predlogu Maya i Hessa (2007), polje integracije u pregomilavanju moglo bi biti „polje asocijacije” koje bi vršilo integraciju kontura (Field, Hayes, & Hess, 1993).

Treća struja mišljenja blisko povezuje klasične teorije pažnje (npr. Treisman & Gelade, 1980) i pregomilavanje. Ona je saglasna sa ranije opisanom osnovnom idejom o pregomilavanju kao uskom grlu u procesu opažanja objekata, kao i sa pretpostavkom o njegovu dva stadijuma. Međutim, prema ovim modelima (He et al., 1996; Intriligator & Cavanagh, 2001; Chakravarthi & Cavanagh, 2007), do pregomilavanja ne dolazi automatski, tj. potpuno induktivnim putem, već se ono javlja usled ograničenja u rezoluciji spacijalne pažnje koje karakteriše vanfovealnu percepciju. Prema njima, rezolucija spacijalne pažnje, a ne anatomska organizacija najranijih vizuelnih zona, određuje veličinu polja integracije iz koga odlike bivaju spajane. Ideja o ograničenoj rezoluciji pažnje predstavlja i jedno od mogućih objašnjenja za pojavu pozicione neizvesnosti o kojoj je ranije bilo reči (Straburger et al., 1991). Mogućnost da pažnja utiče na pregomilavanje već je pomenuta kada je istaknuto da pojedini autori snažnije pregomilavanje spoljašnjim ometačem pripisuju uticaju spacijalne pažnje, te na taj način objašnjavaju unutrašnje-spoljašnju asimetriju pri pregomilavanju (Petrov & Melshkevich, 2011b; Petrov & Popple, 2007). Rezolucija pažnje takođe se navodi i kao moguće objašnjenje za druge neujednačenosti u pregomilavanju, poput prednosti donjeg vizuelnog polja nad gornjim (He et al., 1996; Intrilligator & Cavanagh, 2001; Petrov & Meleshkevich, 2011b) i radijalno-spacijalne anizotropije (Intriligator & Cavanagh, 2001; Petrov & Meleshkevich, 2011b).

Modeli zasnovani na pažnji (engl. „attentional models”) razlikuju dve karakteristike sistema obrade: a) vizuelnu rezoluciju – sposobnost vizuelnog sistema da detektuje odliku i b) rezoluciju pažnje – sposobnost sistema da detektovanu odliku potom drži u izolaciji. Pregomilavanje, prema ovim stanovištima, nastaje usled nemogućnosti da se postigne druga od njih. Argumente u prilog ovakvoj zamisli pružaju studije u kojima je pregomilavanje smanjivano usmeravanjem pažnje na određene lokacije putem tehnike signaliziranja (engl. „cueing”) (Strasburger, 2005; Awh, Matsukura, & Serences, 2003; Felisberti, Solomon, & Morgan, 2005; Huckauf & Heller, 2002; Morgan, Ward, & Castet, 1998; Van der Lubbe & Keuss, 2001; Reddy & VanRullen, 2007; Yeshurun & Rashal, 2010; ali za indukcioniistički odgovor videti Freeman & Pelli,



Slika 3.5: *Patrick Cavanagh, zastupnik modela pregomilavanja zasnovanog na rezoluciji pažnje*

2007), kao i pojedine neurofiziološke studije (npr. Fang & He, 2008). Snažna podrška dolazi i od rezultata eksperimenta u kojem je korištena paradigma pokretnog prozora (engl. „moving window paradigm”; Cavanagh & Holcombe, 2007). U njima je pokazano da se pregomilavanje ne javlja u svim delovima vizuelnog polja, već da je ono ograničeno na lokus selektivne pažnje. Ovaj rezultat pokazuje da pitanje opredeljenja između pažnje i induktivne obrade nije stvar puke terminologije, odnosno da je ono što zastupnici modela zasnovanih na pažnji nazivaju rezolucijom pažnje zaista različito od striktno indukcioniističkih pretpostavki o sistemskom ograničenju koje prethodi pažnji. Najzad, ranije pominjani nalazi o izraženijem pregomilavanju u gornjem delu vizuelog polja (He et al., 1996; Intrilligator & Cavanagh, 2001; Petrov & Meleshkevich, 2011a), u neskladu su sa ravnopravnom kortikalnom reprezentacijom u ranim vizuelnim zonama i, nasuprot tome, prate razlike u rezoluciji pažnje u gornjem i donjem delu vizuelnog polja.

Pored uticaja rezolucije spacijalne pažnje, u većem broju drugih radova pokazano je da je na pregomilavanje moguće uticati direktnom („egzogenom”) manipulacijom pažnje. Smanjeno pregomilavanje javlja se kada se meta i ometači razlikuju u pogledu boje (Nazir, 1992; Kooi et al., 1994; Pöder, 2007; Kennedy & Whittaker, 2010), kontrasta (Kooi et al., 1994; Chung, Levi, & Legge, 2001), ili kada su prikazani na različitim pozadinama. Do umanjavanja u pregomilavanju dolazi čak i kada ispitanicima boje mete i ometača nisu unapred bile poznate (Pöder, 2007). U jednoj studiji efekat je bilo moguće čak i potpuno poništiti okruživanjem mete velikim brojem istovetnih ometača (Pöder, 2006). Osim toga, intenzitet pregomilavanja moguće je umanjiti ukoliko se mete i ometači znatno razlikuju u pogledu kompleksnosti (Zhang et al., 2009). Grupisanje ometača u „perceptivne celine” (prema geštaltističkim principima blizine, sličnosti ili kontinuiteta) takođe može uticati na pregomilavanje (Livne & Sagi, 2007; Saarela, Sayim, Westheimer, & Herzog, 2009; Yeothikar, Khoo, Asper, & Suttle, 2011), pa čak i kada se manipuliše isključivo ometačima koji se ne nalaze neposredno uz metu (Saarela & Herzog, 2009). Neki skorašnji nalazi pokazuju da se pregomilavanje može umanjiti perceptivnim učenjem (Sun, Chung, & Tjan, 2010; Chung, 2007; Huckauf & Nazir, 2007; Hussain, Webb, Astle, & McGraw, 2012), kao i da njegov intenzitet može varirati i u zavisnosti od vrste objekata (Grainger, Tydgate, & Isselé, 2010).

Pobrojani nalazi ne moraju nužno biti tumačeni kao podrška modelima zasnovanim na rezoluciji pažnje, ali jasno ukazuju na činjenicu da pregomilavanje nije određeno isključivo kritičnim razmakom, tj. da je priroda pregomilavanja složenija nego što to predviđaju striktno induktivni modeli. Raznovrsnost ovih nalaza učinila je da u poslednje vreme sve prihvaćenije postaje stanovište prema kome pregomilavanje nije jedinstven fenomen, koji bi se nužno odvijao na samo jednom stadijumu obrade i u čijoj bi se osnovi nalazio samo jedan mehanizam (Whitney & Levi, 2011; Dakin, Greenwood, Carlson, & Bex, 2011; Anderson, Dakin, Schwarzkopf, Rees, & Greenwood; 2012). Uz prethodno opisane nalaze, u prilog ovakvog gledišta svedoče i nedavna istraživanja sprovedena u laboratoriji Davida Whitneya u kojima je ustanovljeno postojanje „holističkog” (tj. „objektno centriranog”) pregomilavanja koje operiše na višim nivoima obrade, pri opažanju složenih objekata, poput ljudskih lica. U prvom od ovih radova (Louie et al., 2007; videti takođe i Greenwood, Bex, & Dakin, 2012) pokazano je da, pored klasičnog pregomilavanja, koje se odvija u ranim fazama obrade, postoji zasebni efekat pregomilavanja između holističkih reprezentacija uspravno orijentisanih lica. U narednom radu (Farzin et al., 2009) ustanovljeno je da je ovo holističko pregomilavanje nezavisno od ranog pregomilavanja do kojeg dolazi usled interferencije različitih odlika u okviru jednog lica. Poslednji iz ove serije radova (Fischer & Whitney, 2011) doveo je u pitanje uvreženo verovanje da pregomilavanje dovodi do uništavanja informacija o objektu. Ishod ovog rada potvrđuje da pregomilavanje predstavlja usko grlo u procesu prepoznavanja objekata, ali demonstrira i da holistička informacija o objektima biva sačuvana čak i kada su oni pregomilani. U prilog ove ideje svedoče i rezultati eksperimenata sa kineskim slovima, u kojima je pokazano da pregomilani semantički primovi, koje ispitanici nisu u stanju da identifikuju, jednako facilitiraju leksičku odluku kao i izolovani semantički primovi (Yeh, He, & Cavanagh, 2012). Da se pregomilavanje odvija na više nivoa pokazano je i u drugoj studiji u kojoj su korištena složena kineska slova (Zhang et al., 2009) i u kojoj je, pored klasičnog efekata pregomilavanja između slova, pokazano da kod kompleksnih objekata postoji i manje izraženi efekat pregomilavanja u okviru istog slova.



Slika 3.6: David Whitney, pobornik shvatanja pregomilavanja kao procesa koji se odvija na različitim stadijumima vizuelne obrade.

Ovakvi nalazi učvršćuju uverenje da je pregomilavanje višeslojan proces koji se odvija a) između odlika, b) delova objekata, i c) celih objekata.

Prethodno pomenute studije ne negiraju standardnu zamisao o „neumerenoj” integraciji odlika (bila ona uslovljena pažnjom ili ne) i Bouminom kritičnom razmaku kao važnom aspektu na ovom stadijumu obrade. One, međutim, sugerišu da je priroda procesa pregomilavanja kompleksnija nego što se ranije verovalo. Rezultati ovih studija pokazuju da je malo verovatno da u osnovi pregomilavanja stoji samo jedan mehanizam, koji bi operisao na jednom nivou obrade (Whitney, 2009; Whitney & Levi, 2011).

3.6 Moždana lokalizacija pregomilavanja

Pregomilavanje je kortikalni proces. Ovo pokazuje veći broj studija u kojima je ustanovljeno da se količina pregomilavanja ne menja u zavisnosti od toga da li je meta prikazana jednom a ometač drugom oku, ili su i meta i ometač prikazivani istom oku (Flom, Heath, & Takahashi, 1963; Taylor & Brown, 1972; Tripathy & Levi, 1994; Westheimer & Hauske, 1975; Levi et al., 1985; Kooi et al., 1994). Ove dihoptičke studije eliminišu mogućnost retinalnog ili talamičkog porekla pregomilavanja. Tvrdnja o kortikalnoj osnovi je, ujedno, najviše što se sa sigurnošću može reći kada je u pitanju lokacija na kojoj se pregomilavanje odvija. Postoje ideje da bi se proces pregomilavanja, barem jednim delom, mogao vezati za sasvim rane faze kortikalne obrade, odnosno za primarni vizuelni korteks (Nandy & Tjan, 2012; Pelli, 2008). Međutim, rezultati nekih ranijih studija govore protiv ovakve mogućnosti (npr. He et al., 1996). U novije vreme protiv vezivanja pregomilavanja za primarni vizuelni korteks svedoče i rezultati nekoliko fMRI studija. Aktivacija zone V1 nije se menjala dodavanjem ometača uz metu (Fang & He, 2008), niti manipulacijom kritičnog razmaka između mete i ometača (Arman, Chung, & Tjan, 2006). Združeni sa pojedinim bihejvioralnim rezultatima (Chakravarthi & Cavanagh, 2009a; Freeman & Simoncelli, 2011), pomenuti nalazi sugerišu da lokus pregomilavanja treba tražiti počevši od zone V2. Rezultati fMRI studije Bija i saradnika (Bi, Cai, Zhou, & Fang, 2009) saglasni su sa takvim shvatanjem. U njihovoj studiji pokazano je da pri pregomilavanju dolazi do aktivacije zona V2 i V3, ali ne i V1 (zona V4 u ovoj studiji nije ispitivana, premda autori njenu aktivaciju smatraju verovatnom). Značaj zone V3 istaknut je u radu Tylera i Likove (2007), dok veći broj autora (Liu, Jiang, Sun, & He, 2009; Motter, 2009; Dakin et al., 2011) kao zonu

odgovornu za pregomilavanje kandiduju V4. Levi (2008) takođe smatra da bi najverovatniji kandidat za "zonu pregomilavanja" mogla biti zona V4. Kao argumente on navodi veličinu receptivnih polja u zoni V4 (Piñon, Gattass, & Souza, 1998), postojanje radijalno-tangencijalne anizotropije (Toet & Levi, 1992), te ključnu ulogu zone V4 u spajanju odlika (Desimone & Duncan, 1995). Postoje i radovi u kojima se ističe uloga još kasnijih zona u pregomilavanju (Aghdaee, 2005; Louie et al., 2007). Posmatrani u celini, nalazi bihevioralnih i fMRI studija sugerišu relativno kasni, tj. viši lokus pregomilavanja, gde zona V4 verovatno igra centralnu ulogu. Sa druge strane, u jednoj kliničkoj studiji pokazano je da lezije u zoni V4 praktično nemaju uticaja na pregomilavanje (Merigan, 2000), a važnost ranih faza vizuelne obrade za pregomilavanje ponovo je aktuelizovana u skorašnjim radovima Hoa i Cheunga (2011) i Andersona i saradnika (Anderson et al., 2012). Nasuprot ranijim fMRI studijama, Anderson i saradnici su ustanovili povećanu aktivaciju usled pregomilavanja počev već od zone V1. Registrovani efekat povećavao se u kasnijim zonama (V2 i V3), da bi svoj maksimum pokazao u zoni V4. Svoje nalaze, zajedno sa rezultatima prethodno pomenutih studija, autori tumače kao demonstraciju shvatanja prema kojem je pregomilavanje proces koji se odvija na više stadijuma u vizuelnom sistemu, počevši od obrade pojedinačnih odlika u zoni V1 pa sve do viših zona zaduženih za obradu celih objekata.

3.7 Aktuelno shvatanje pregomilavanja i njegov značaj

Neurofiziološki i nalazi prikazani u prethodnom odeljku, studije holističkog pregomilavanja, te razlike u dominantnim modelima pregomilavanja, konvergiraju ka novom shvatanju ove pojave, možda najbolje izloženom u radu Whitneya i Levija (2011). Prema takvom shvatanju, pregomilavanje jeste osnovno usko grlo u procesu opažanja objekata i u njegovoj osnovi nalaze se ograničenja sistema obrade koja počivaju na neuralnoj arhitekturi vizuelnog korteksa. Međutim, nasuprot striktno indukcioniističkim modelima, pregomilavanje nije ni isključivo ni dominantno proces koji se odvija u primarnom vizuelnom korteksu. Značaj kasnijih vizuelnih zona u pregomilavanju osnažuje mogućnost da rezolucija spacijalne pažnje igra važnu ulogu u ovom procesu. Premda je nesporno da razmak između objekata (i ekscentricitet) u znatnoj meri određuje pregomilavanje, Boumino pravilo nije dovoljno za njegovo potpuno objašnjenje. Prikaz brojnih istraživanja, mahom novijeg datuma, pokazuje

da postoje različiti faktori u stimulaciji koji mogu uticati na snagu pregomilavanja. Nasuprot klasičnim shvatanjima, čini se da je reč o procesu koji se ne može vezati za samo jednu fazu obrade i jednu kortikalnu zonu, u kojima bi operisao samo jedan mehanizam.

Složeni proces pregomilavanja utiče na gotovo sve aspekte vizuelnog opažanja. On igra odlučujuću ulogu pri identifikaciji objekata, ma o kojoj se konkretnoj vrsti objekata radilo. Pregomilavanje je razlog zbog kojeg smo osuđeni na preciznu identifikaciju samo onih objekata koji se nađu u uskoj oblasti u centru našeg vizuelnog polja, a takođe je i jedan od razloga zbog kojih posedujemo kompleksni sistem koji izvršava očne pokrete. Na njih smo primorani kako bismo izbegli pregomilavanje, odnosno kako bismo mogli utvrditi identitet svega što ne nalazi tačno na mestu u koje smo usmerili pogled. Pregomilavanje određuje i koje ćemo aspekte pri opažanju čitavih vizuelnih scena obraditi i kako će naše opažanje čitavih scena izgledati. Baš kao što je to slučaj i sa svim drugim vrstama objekata, remetilački efekat pregomilavanja se ispoljava i pri vanfovealnom opažanju slova, te stoga određuje i jedan od najvažnijih kognitivnih procesa – čitanje. Ukoliko se čitanje odvija izvan fovealne zone, njegova brzina opada i taj pad nije moguće kompenzovati prostim uvećanjem slova ili razmaka između njih (Chung, Mansfield, & Legge, 1998; Chung, 2002; Legge, Cheung, Yu, Chung, Lee, & Owens, 2007). Brzina čitanja dominantno je određena sposobnošću vizuelnog sistema da paralelno obrađuje pojedinačna slova. Ključno ograničenje u ovom pogledu predstavlja *vizuelni opseg* - broj slova koje je moguće identifikovati bez pomeranja očiju (Legge et al., 2001). Istraživanja sprovedena u laboratoriji Gordona Leggea ubedljivo demonstriraju da je brzina čitanja proporcionalna vizuelnom opsegu (Legge et al., 2001; Chung, Legge, & Cheung, 2004, Legge, et al., 2007; Yu, Cheung, Legge, & Chung, 2007). Leggeov učenik, Denis Pelli, dalje je razvio ovu ideju (Pelli et al., 2007). Prema njihovom mišljenju, vizuelni opseg zapravo predstavlja "nepregomilani opseg", tj. deo vidnog polja u okviru kojeg pregomilavanje ne sprečava identifikaciju slova, odnosno prostor u okviru koga se odvija proces čitanja. Stanovišta Leggea i Pellijsa saglasna su u pogledu činjenice da rani vizuelni procesi dominantno određuju brzinu čitanja. Razlika među njima odnosi se na shvatanje vizuelnog opsega. Legge vizuelni opseg smatra krovnim konstruktom, koji bi obuhvatio sve vizuelne faktore koji određuju brzinu čitanja. Premda pregomilavanje suštinski određuje veličinu vizuelnog opsega, Legge dopušta da faktori poput oštine vida i pozicione neizvesnosti takođe igraju ulogu u ovom pogledu. Pelli, međutim, zastupa mišljenje da je pregomilavanje jedini faktor koji određuje veličinu vizuelnog opsega, odnosno da vizuelni opseg nije ništa drugo do "nepregomilani opseg". Dva stanovišta saglasna su da

pregomilavanje predstavlja „usko grlo”, tj. vizuelno ograničenje koje upravlja procesom čitanja.

4 OBRADA SLOVA I TEKSTA U MOZGU

Prvi kognitivni korak u procesu čitanja predstavlja prepoznavanje vizuelno prikazanih reči. Da bi se on mogao napraviti, prethodno je potrebno izvršiti vizuelnu obradu objekata iz kojih je reč sačinjena - slova. O načinu na koji se to postiže, kao i o faktorima koji upravljaju procesom vizuelne obrade, bilo je reči u prethodnom delu teksta. Na ovom mestu biće ukratko predstavljena saznanja i ideje o neuralnim osnovama na kojima vizuelna obrada teksta počiva.

4.1 Hipoteza o neuronskom recikliranju

Najistaknutiji doprinos savremenom shvatanju načina na koji se čitanje odvija u mozgu dao je tim istraživača okupljen oko Stanislava Dehaenea. Najgeneralniji od teorijskih koncepata koji je ponudio ovaj tim je „hipoteza o neuronskom recikliranju” (engl. „neuronal recycling hypothesis”). Dehaene i saradnici (Dehaene & Cohen, 2007; 2011; Dehaene, 2005; 2009) polaze od pretpostavke da u ljudskom mozgu tokom evolucije nije mogao nastati nasledni, specijalizovani sistem za čitanje, budući da je zapisivanje jezika kulturni izum koji je star svega oko pet hiljada godina i koji je tek od nedavno široko rasprostranjen u ljudskoj populaciji. Iz ovog razloga neophodno je da u procesu opismenjavanja dođe do neuronskog recikliranja, koje podrazumeva iskorištavanje postojećih kortikalnih sistema za potrebe izvršavanja novog zadatka - vizuelnog prepoznavanja reči.

U trenutku kada proces opismenjavanja započne mozak predškolskog deteta je visoko diferenciran. Ova diferencijacija je u posledica genetski određenih faktora (npr. različite moždane strukture razlikuju se u pogledu broja, gustine ćelija, vrste ćelija i obrazaca njihove povezanosti sa drugim zonama), ali jednim delom takođe i vizuelnog iskustva koje je dete do tada imalo. Promene u mozgu koje su neophodne kako bi



Slika 4.1: Stanislas Dehaene

se ovladalo kulturnim izumima, poput veštine čitanja, moguće su jedino ukoliko se za njih pronade „neuronska niša” - neuralna kola čije su funkcije dovoljno bliske novonastajućoj. Proces opismenjavanja dovodi do promene samo u pojedinim, specifičnim zonama mozga – onima čiji neuroni imaju receptivna polja koja omogućavaju prepoznavanje sitnih, relativno jednostavnih oblika poput slova i koje poseduju odgovarajuće veze putem kojih bi se informacija dalje prosledila ka temporalnim zonama zaduženim za obradu jezika. Konkretno, Daheane i saradnici predložili su da je ovladavanje veštinom čitanja omogućeno recikliranjem sposobnosti ventralnog vizuelnog korteksa da detektuje konfiguracije kontura objekata. Osnovna funkcija ventralnog vizuelnog korteksa jeste prepoznavanje objekata. Objekat biva identifikovan na osnovu svog oblika, a prepoznavanje oblika postiže se uočavanjem tipičnih obrazaca susretanja njihovih kontura (npr. T, L, Y), koji se nazivaju „neslučajna svojstva” (engl. „non-accidental properties”; Biederman, 1987; Binford, 1981). Podršku ideji da vizuelne strukture koje se koriste za čitanje predstavljaju reciklirane delove sistema za prepoznavanje objekata pružaju rezultati jedne bihevioralne (Szwed, Cohen, Qiao, & Dehaene; 2009) i jedne fMRI studije (Szwed, Dehaene, Kleinschmidt, Eger, Valabrègue, Amadon, & Cohen, 2011). Premda za veštačkog „idealnog posmatrača” korišćenje informacije o ukrštanju linija ne bi bilo optimalna strategija za efikasnu identifikaciju slova (Fiset, Blais, Éthier-Majcher, Arguin, Bub, & Gosselin, 2008), empirijski nalazi pokazuju da uklanjanje ovih delova slike otežava identifikaciju slova, i to na isti način kao što je to slučaj kada su u pitanju drugi objekti (Szwed et al., 2009). U skladu sa ovim su i nalazi fMRI studije koji pokazuju delimično preklapanje zone zadužene za vizuelno prepoznavanje reči i delova ventralnog korteksa koji je posebno osetljiv na ukrštanja linija koja su korisna za prepoznavanje objekata (Szwed et al., 2011).

Međutim, ni karakteristike pisma nisu proizvoljne, odnosno proizvod slučajnosti, već su sistemi zapisivanja prilagođeni postojećim moždanim strukturama. Sistemi pisanja, koji se po pravilu sastoje se od malog skupa simbola karakterističnog (i relativno jednostavnog) oblika, prilagođeni su kako bi se optimizovalo njihovo učenje u postojećim vizuelnim zonama. Analiza raznovrsnih svetskih sistema pisanja otkrila je izuzetne međukulturne univerzalije kada su u pitanju vizuelne osobine slova. Jedna od najupadljivijih je da se u svim sistemima pisanja za konstrukciju slova koristi isti skup mogućih ukrštanja linija, a da obrasci učestalosti javljanja ovih ukrštanja u raznovrsnim sistemima pisanja odgovaraju frekvencijama koje su prisutne u prirodnim scenama (Changizi, Zhang, Ye, & Shimojo, 2006; Changizi & Shimojo, 2005).

4.2 Oblast vizuelnog oblika reči

Drugi teorijski koncept koji je predložio Dehaene je tzv. „zona za prepoznavanje vizuelnog oblika reči” (engl. „visual word form area”, VWFA; Cohen, Dehaene, Naccache, Lehéricy, Dehaene-Lambertz, Hénaff, & Michel, 2000; Dehaene & Cohen, 2011). Njime se precizira tačno mesto u okviru ventralnog puta na kojem se vizuelno prepoznavanje reči odvija. VWFA je smeštena u srednjem delu levog fuziformnog girusa, odnosno leve ventralne okcipitalno-temporalne oblasti (vOT). Dehaene i saradnici smatraju da je naziv *zona za prepoznavanje vizuelnog oblika reči* za ovu zonu opravdan, budući da njena lokacija - uprkos činjenici da ne može biti evolutivno, odnosno genetski određena - ne zavisi od kulture ili sistema pisanja. Prema njihovoj zamisli, terminom VWFA se označava oblast u okviru ventralnog puta koja se aktivira pri čitanju (za kritiku ovog predloga videti Price & Devlin, 2003; 2011). Hipoteza o VWFA podrazumeva funkcionalnu specijalizaciju ove moždane zone, što podrazumeva aktivaciju neurona smeštenih u njoj svaki put kada čitalac opaža slova (onog pisma za čije je čitanje obučen). Ovo, međutim, ne znači i potpunu selektivnost VWFA, odnosno aktiviranje svakog neurona te zone isključivo pri čitanju. Protiv potpune selektivnosti jasno govore nalazi koji pokazuju da (barem neki) neuroni ove zone bivaju aktivirani i pri opažanju drugih vrsta objekata (Booth, Burman, Meyer, Gitelman, Parrish, & Meulsam, 2002; Devlin, Moore, Mummery, Gorno-Tempini, Philips, Noppeney et al., 2002; Moore & Price, 1999; Murtha, Chertkow, Beauregard, & Evans, 1999). Štaviše, čak i vokseli koji su maksimalno aktivirani pri prikazivanju teksta često takođe bivaju aktivirani i drugim vrstama vizuelnih stimulusa (Haxby, Ishai, Chao, Ungerleider, & Martin, 2000). Pa ipak, takvo njihovo ponašanje ne bi trebalo da predstavlja iznenađenje ukoliko se ima u vidu hipoteza o neuronskom recikliranju, prema kojoj su neuroni VWFA inicijalno imali drugačiju namenu. Za sada nije poznato postoje li u vokselima VWFA neuroni koji isključivo reaguju na vizuelni oblik reči, pošto tehnike neurooslikavanja ne mogu da postignu prostornu rezoluciju koja bi omogućila odgovor na to pitanje.

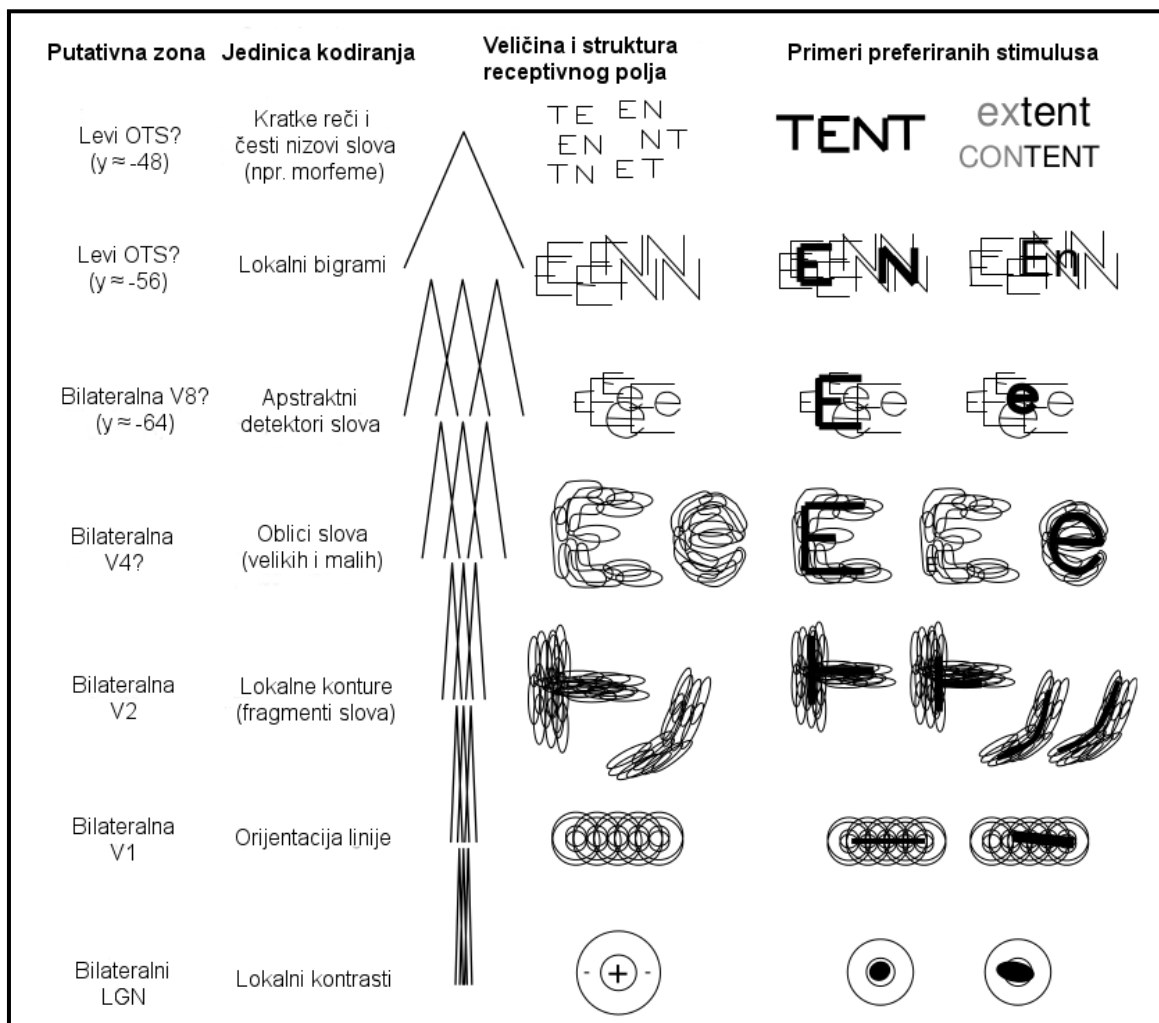
Dokazi za postojanje VWFA potiču iz brojnih studija u kojima su korištene različite tehnike neurooslikavanja. Levi fuziformni girus se u većoj meri aktivira prikazivanjem nizova slova nego prikazivanjem nizova pseudoslova (Price, Wise, & Frackowiak, 1996; Burgund, Guo, Aurbach, 2009), nizova cifara (Polk, Stallcup, Aguirre, Alsop, D'Esposito, Detre, & Farah, 2002), šahovskih tabli (Cohen, Lehericy, Chochon, Lemer, Rivaud, & Dehaene, 2002), lica (Puce, Allison, Asgari, Gorre, & McCarthy, 1996;

Hasson, Levy, Behrmann, Hendler, & Malach, 2002), slika kuća (Hasson et al., 2002), automobila i drugih objekata (Szwed et al., 2011), ili auditivnom prezentacijom reči (Binder, Frost, Hammeke, Bellgowan, Springer, Kaufman, & Possing, 2000; Giraud & Price, 2001; Dehaene, Le Clec'H, Poline, Le Bihan, & Cohen, 2002; Cohen et al., 2002). U većem broju studija uočeno je da prikazivanje reči ili pseudoreči dovodi do veće aktivacije VWFA nego što je to slučaj kada se prikazuju nizovi (slučajno poređanih) suglasnika (Beauregard, Chertkow, Bub, Murtha, Dixon, & Evans, 1997; Büchel, Price, & Friston, 1998; Cohen et al., 2002; James, James, Jobard, Wong, & Gauthier, 2005; McCandliss, Cohen, & Dehaene, 2003; Price, Moore, & Frackowiak, 1996; Rees, Russel, Frith, & Driver, 1999; Xu, Grafman, Gaillard, Ishii, Vega-Bermudez, Pietrini et al. 2001), dok nivo aktivacije izazvan pseudorečima nije bio niži od onoga koje su izazivale stvarne reči (Brunswick, McCrory, Price, Frith, & Frith, 1999; Fiez, Balota, Raichle, & Petersen, 1999; Xu et al., 2001; Dehaene et al., 2002). Na osnovu ovoga Dehaene i saradnici su zaključili da je VWFA zadužena za preleksičku obradu. Ta obrada nije isključivo vizuelna, već podrazumeva i početne stadijume jezičke obrade - u njoj se stvara reprezentacija ortografski (tj. fonološki) dozvoljenih nizova slova koja se prosleđuje na dalju leksičku obradu (Dehaene et al., 2002; Cohen et al., 2002).

Osim studija neurooslikavanja, u prilog pretpostavke o postojanju VWFA govore i kliničke studije sindroma čiste aleksije („aleksije bez argafije”, „slepila za reči”; Dejerine, 1892; Damasio & Damasio, 1983; Binder & Mohr, 1992; Beversdorf, Ratcliffe, Rhodes, & Reeves, 1997), koji se javlja pri oštećenju levog fuziformnog girusa (Binder & Mohr, 1992; Leff, Crewes, Plant, Scott, Kennard, & Wise, 2001). Ovaj poremećaj zove se *čista* aleksija jer, za razliku od globalne aleksije, zahvata isključivo vizuelne jezičke domene (pacijenti imaju potpuno očuvanu auditivnu jezičku produkciju i razumevanje, kao i sposobnost pisanja). U slučaju izrazito teškog oblika čiste aleksije, pacijenti nisu u stanju da registruju čak ni pojedinačna slova. Češći je, međutim, slučaj da identifikovanje pojedinačnih slova nije sasvim nemoguće, ali se ono odvija sporo i serijski, što u praksi dovodi do nemogućnosti da se identifikuju reči (Montant & Behrmann, 2000; Cohen, Martinaud, Lemer, Lehericy, Samson, Obadia, et al., 2003; Dehaene & Cohen, 2011).

4.3 Model lokalne kombinacije detektora

Treći teorijski doprinos grupe istraživača okupljenih oko Dehaenea tiče se pretpostavke o načinu na koji vizuelni sistem uspeva da (de)kodira pisani jezik. Suština tog procesa, kako smatraju ovi autori, sastoji se u stvaranju reprezentacija slova i reči koje će biti apstraktne i invarijantne, odnosno koje neće zavisiti od lokacije na kojoj su uočene, veličine, boje, vrste fonta ili ispisivanja malim i velikim slovima. Postizanje invarijantne reprezentacije omogućava čitaocu da razume da se se vizuelni oblici „A” i „a”, ali ne i oblik „b”, odnose na isti apstraktni koncept prvog slova abecede i (njegovu fonološku reprezentaciju). Osnovna zamisao modela lokalne kombinacije detektora (engl. „local combination detectors”, LCD; Dehaene et al., 2005) jeste da se do invarijantne reprezentacije ne dolazi odjednom, već postepeno - kroz niz koraka u obradi koja se odvija u okviru ventralnog puta. Na svakom nivou obrade, složenija reprezentacija postiže se kombinovanjem signala koji potiču sa prethodnog nivoa obrade. U temelju modela leži pretpostavka o neuronskom recikliranju, koja je razrađena po ugledu na modele invarijantnog prepoznavanja objekata (Rolls, 2000; Riesenhuber & Poggio, 1999). Počevši od primarnog vizuelnog korteksa, veličina receptivnih polja neurona u okviru ventralnog puta raste i oni reaguju na sve složenije stimulse. Dok neuroni zone V1 reaguju na prave linije različitih orijentacija, njihovi signali se kombinuju već u susednoj zoni V2, pa su neuroni u njoj u stanju da detektuju pojedine fragmente slova. Svaki sledeći nivo obrade karakterišu sve složenije jedinice reprezentacije (detektori oblika slova, apstraktni detektori slova, detektori lokalnih bigrama, detektori oblika čitavih reči ili morfema), praćene sve većom tolerancijom na odstupanja u veličini ili lokaciji (slika 4.2). Rezultati nekoliko fMRI studija sugerišu da je ovakva hijerarhijska organizacija prisutna u levoj vOT: posteriorni delovi jače su aktivirani pri opažanju pojedinačnih slova na tačno određenim lokacijama, dok anteriornije zone postepeno bivaju aktivirane sve složenijim svrstama stimulusa (bigramima, uređenim nizovima slova i rečima; Vinckier, Dehaene, Jobert, Dubus, Sigman, & Cohen, 2007; Dehaene, Jobert, Naccache, Ciuciu, Poline, Bihan, et al., 2004; Binder, Medler, Westbury, Liebenthal, & Buchanan, 2006; Glezer, Jiang, & Riesenhuber, 2009).



Slika 4.2: Model lokalne kombinacije detektora. Model pretpostavlja da svaki neuron prima aktivaciju sa grupe neurona na hijerarhijski nižem nivou. Sa prelaskom na više hijerarhijske nivoe postepeno se uvećavaju kompleksnost stimulacije, nivo apstraktnosti i veličina receptivnih polja. Shema prikazuje samo induktivne veze, iako je verovatno da lateralna inhibicija značajno utiče na neuralne odgovore. Prema autorima, anatomsko lokalizacija je u velikoj meri provizorna. Skraćenice: OTS, okcipitalno-temporalni sulkus; LGN, lateralni genikulatni nukleus; y, približna anteriorno-posteriorna koordinata u standardnom prostoru Montrealskog neurološkog instituta. Preuzeto iz Dehaene et al., 2005.

Prema opisanom modelu, progresivno uvećanje receptivnih polja na višim kortikalnim nivoima sprečava kombinatornu eksploziju do koje bi došlo kada bi se obrada, zamišljena na opisani način, vršila zasebno na svakoj lokaciji u vizuelnom polju. Pored toga, u toku opismenjavanja odvija se proces perceptivnog učenja (detaljnije objašnjen dalje u narednom poglavlju), pa zasebni neuroni bivaju dodeljeni samo onim kombinacijama čitavih slova ili njihovih fragmenata koje se često javljaju u tekstu. Stoga bi model kod čitalaca srpskog jezika pretpostavljao postojanje detektora za bigrame poput „BA”, „TE”, „FI”, ali ne i za bigrame poput „HF”, „ZS” ili „LR”. U prilog takvoj pretpostavci svedoče i ranije

pomenuti nalazi o većoj aktivaciji VWFA kada se prikazuju reči ili pseudoreči spram aktivacije pri prikazivanju nasumičnih nizova suglasnika. Zamisao po kojoj mehanizmi perceptivnog učenja dovode do stvaranja detektora za ma koju čestu, tj. korisnu kombinaciju detektora prethodnog nivoa implicira fleksibilnost sistema pri obradi i njegovo oslanjanje na onaj nivo koji je u konkretnom slučaju najcelishodniji¹².

4.4 Rana neuralna obrada teksta i obrada pojedinačnih slova

Budući da su bila usmerena na pronalaženje zone namenjene čitanju, istraživanja Dehaenea i saradnika, poput većine autora u oblasti, prevashodno su se bavila obradom celih reči. Međutim, pre nego što signal ventralnim putem pristigne u zonu koja je tome namenjena, potrebno je stvoriti neuralne reprezentacije pojedinačnih slova, baš kao što to model lokalne kombinacije detektora pretpostavlja. Rezultati većeg broja studija sugerišu da već u ranim fazama vizuelne obrade dolazi do modifikacija koje za cilj imaju optimizaciju procesa čitanja (Szwed et al., 2011; Nazir, 2000; Nazir, Ben-Boutayab, Decoppet, Deutsch, & Frost, 2004; Sigman, Zur, Pan, Yang, Stern, Silbersweig, & Gilbert, 2005; Tygdat & Grainger, 2009). Oni svedoče da perceptivna ekspertiza¹³ dovodi do promena u vizuelnom sistemu koje nisu ograničene samo na VWFA, odnosno da su efekti opismenjavanja znatno opsežniji od prostog (pre)namenjivanja jedne male zone obradi celih reči.

Uprkos prethodno rečenom, malo je radova čiji je primarni cilj bio utvrđivanje neuralnih osnova identifikacije pojedinačnih slova. Njihovi rezultati, međutim, pokazuju da postoje temeljne razlike u obradi pojedinačnih slova i nizova slova. Konkretnije, oni sugerišu da, osim postojanja VWFA, u okviru levog fuziformnog girusa postoji jedan zaseban deo koji je specijalizovan za obradu pojedinačnih slova (Flowers, Jones, Noble, VanMeter, Zeffiro, Wood, & Eden, 2004; Gauthier, Tarr, Moylan, Skudlarski, Gore, & Anderson, 2000; Joseph, Gathers, & Piper, 2003; Longcamp, Anton, Roth, & Velay, 2003).

12 Primera radi, model lokalne kombinacije detektora pruža neuralno objašnjenje za „hipotezu o ortografskoj dubini” (Katz & Frost, 1992), prema kojoj se jezička obrada u „plitkim”, „prozirnim” ortografijama prevashodno zasniva na pravilima fonološkog kombinovanja pojedinačnih slova, dok se u „dubokim” ortografijama obrada u većoj meri oslanja na morfologiju i oblik čitave reči.

13 Sintagmom „perceptivna ekspertiza” se označava ishod procesa perceptivnog učenja. U konkretnom slučaju, ovo se odnosi na iskustvo u opažanju slova i teksta koje rezultira promenama u vizuelnom sistemu u toku opismenjavanja.

Pitanje aktivacije ventralnog puta pri prikazivanju pojedinačnih slova temeljno je razmotreno u u fMRI studiji Jamesove i saradnika (James et al., 2005), u kojoj je aktivacija izazvana latiničnim slovima, prikazanim pojedinačno ili u nizu, poređena sa aktivacijom koju je proizvodilo prikazivanje jednostavnih kineskih slova koja ispitanici nisu poznavali, te onom do koje je dovelo prikazivanje cifara. Rezultati ovog eksperimenta pokazali su da prikazivanje pojedinačnih slova i nizova slova dovodi do selektivne aktivacije različitih oblasti u okviru levog fuziformnog girusa. Oblast koja je selektivno reagovala na nizove latiničnih slova (u odnosu na nizove cifara i nizove kineskih slova) nalazila se posteriorno u odnosu na VWFA i neposredno uz nju, dok su pojedinačna latinična slova (poređena sa pojedinačnim ciframa i pojedinačnim kineskim slovima) proizvodila selektivnu aktivaciju anteriornog dela levog fuziformnog girusa. Iznenadjuće, ova anteriorna oblast nije pokazivala selektivnost kada su kao stimuli umesto pojedinačnih slova korišteni nizovi. Aktivacija u levom fuziformnom girusu izazvana nizovima slova bila je relativno fokusirana, dok je aktivacija izazvana pojedinačnim slovima bila raspršenija. U najkraćem, istraživanje je pokazalo da oblast aktivirana nizovima slova nije bila ista oblast koju su aktivirala pojedinačna slova.

Preovladavajuće shvatanje da osnovni uzrok specijalizacije dela fuziformnog girusa za pojedinačna slova leži u iskustvu (odnosno izloženosti slovima) dobio je potvrdu u dvema studijama Wonga i saradnika. U svakoj od studija testirane su po dve grupe ispitanika. Jednu su sačinjavali bilivgvalni ispitanici, čiji je maternji jezik bio kineski a drugi jezik engleski, dok su za drugu grupu selektirani monolingvalni engleski ispitanici koji nisu poznavali kineski jezik i pismo. U prvoj od studija (Wong, Gauthier, Woroch, DeBuse, & Curran, 2005), u kojoj je korišćena ERP tehnika, bilingvalni ispitanici ispoljili su veću aktivaciju N170 komponente pri opažanju latiničnih i kineskih slova u poređenju sa pseudoslovima, dok je kod monolingvalnih ispitanika N170 komponenta bila izraženija pri identifikaciji latiničnih slova nego pri identifikacija kineskih slova i pseudoslova. Sličan obrazac rezultata registrovan je u drugoj studiji (Wong, Jobard, James, James, & Gauthier, 2009), u kojoj je aktivacija levog fuziformnog girusa ispitivana korištenjem fMRI tehnike: kod monolingvalnih ispitanika aktivacija je bila veća pri prikazivanju latiničnih slova nego pri prikazivanju kineskih slova, dok je u grupi bilingvalnih ispitanika prikazivanje latiničnih i kineskih slova dovelo do jednake aktivacije.

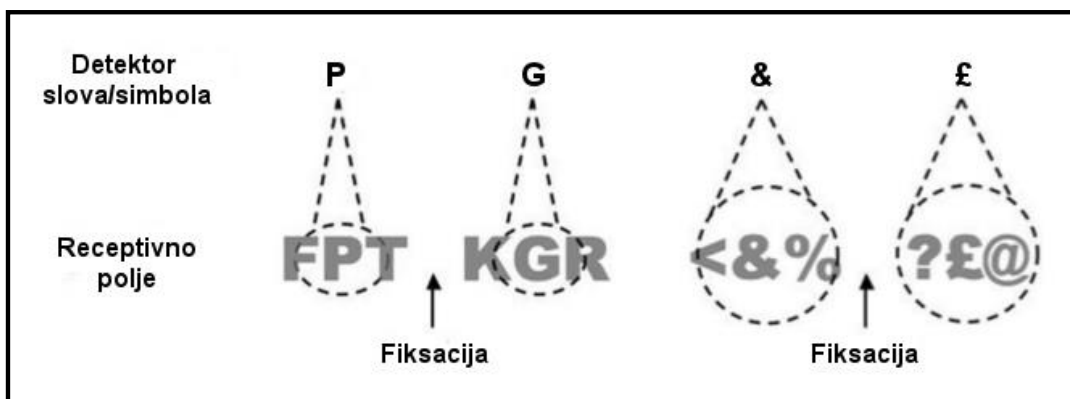
5 UTICAJ ISKUSTVA NA PREGOMILAVANJE SLOVA

U prethodnom delu teksta u više navrata je pominjan pojam perceptivnog učenja. Njime se označava oblik implicitnog učenja koji reflektuje plasticitet kortikalnih zona i dovodi do unapređenja u opažanju usled ponavljane izloženosti određenoj vrsti stimulusa (Fahle, 2005; Fahle & Poggio, 2002). Kako je istaknuto, smatra se da je ova pojava odgovorna za nastanak VWFA, ali takođe i za delimičnu modifikaciju ranih, okcipitalnih zona, čija je svrha optimizacija vizuelne obrade teksta (i, posledično, obezbeđivanja uspešnog čitanja). Jedan od procesa koji može biti pod uticajem perceptivnog učenja je i pregomilavanje. U većem broju studija demonstrirano je da pregomilavanje može biti smanjeno putem perceptivnog učenja, kako kod ispitanika sa očuvanim vidom (Chung, 2007; Huckauf and Nazir, 2007; Sun et al., 2010; Hussain et al., 2012), tako i kod onih koji pate od ambliopije¹⁴ (Hussain et al., 2012; Chung, Li, & Levi, 2012). U skladu sa tim je i podatak da je pregomilavanje intenzivnije kod dece nego kod odraslih (Kwon, Legge, & Dubbels, 2007; Atkinson, Anker, Evans, Hall, & Pimm-Smith, 1988).

Skorašnji rezultati Jonathana Graingera i saradnika (Grainger et al., 2010) pokazali su da su slova u manjoj meri podložna pregomilavanju nego što je to slučaj sa nekim drugim, njima sličnim simbolima. Ovaj rezultat nije prvi koji govori da se nizovi slova, čak i kada su nasumični i nemaju značenje, obrađuju na drugačiji način nego što je to slučaj sa drugim nizovima objekata slične kompleksnosti. O tome svedoče i raniji eksperimenti u kojima je ispitivana brzina pretrage u zavisnosti od pozicije u nizu. Njihovi rezultati pokazali su da funkcije koje odlikavaju zavisnost vremena pretrage od pozicije karaktera u nizu bile različite za slova (funkcija u obliku slova M) i druge simbole (funkcija u obliku slova U; Tydgate & Grainger, 2009; Hammond & Green, 1982; Mason, 1982; Mason & Katz, 1976). Nalazi o smanjenom pregomilavanju slova upravo su poslužili kao objašnjenje za opisanu razliku u brzini pretrage u zavisnosti od pozicije nizu, odnosno manja vremena pretrage za prva i poslednja slova u nizu. Prema ovoj zamisli (Grainger et al., 2010; Tydgate & Grainger, 2009), do smanjenog pregomilavanja dolazi usled smanjenja receptivnih polja (polja integracije) lokacijski specifičnih detektora za slova (slika 5.1). Takav predlog zasniva se, sa

14 Ambliopija predstavlja razvojni poremećaj viđenja koji je centralnog porekla i koji se ispoljava u velikom broju vizuelnih zadataka poput merenja oštine vida, kontrastne osetljivosti, diskriminacije kontrasta, procene relativne pozicije, integracije kontura, percepcije drugog reda i pregomilavanja (Chung, Li, & Levi, 2012).

jedne strane, na shvatanju pregomilavanja kao neadekvatne, tj. preterane integracije odlika (Pelli et al., 2007), a sa druge na modelu lokalne kombinacije detektora (Dehaene et al., 2005; Grainger, Ray, & Dufau, 2008) koji postulira postojanje lokacijski specifičnih detektora za slova. Grainger i saradnici prepostavljaju da do smanjenja polja integracije za slova, pa usled toga i do njihovog smanjenog pregomilavanja, dolazi u toku opismenjavanja. To se dešava kako bi se optimizovala obrada ove vrste stimulusa koji se tipično javljaju u nizovima i kako bi se kompenzovala činjenica da je razmak između njih veoma mali (mnogo manji nego kod većine drugih objekata koji se opažaju), što dovodi do velike količine pregomilavanja.



Slika 5.1: Ilustracija pretpostavke o različitoj veličini receptivnih polja koja se koriste za identifikaciju slova i simbola. Veća receptivna polja detektora simbola predviđaju njihovo veće pregomilavanje, budući da više informacije koja potiče od ometača biva zahvaćeno receptivnim poljem mete. Preuzeto iz Grainger et al., 2010.

6 CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog rada bio je da se ustanove i detaljno ispituju specifičnosti pregomilavanja slova. Neposredna motivacija za njega potiče iz prethodno diskutovanih rezultata studije Graingera i saradnika (Grainger et al., 2010), kao i pretpostavki o razlozima usled kojih su oni registrovani. U svrhu ispitivanja specifičnosti pregomilavanja slova izvedeno je sedam eksperimenata. Na ovom mestu biće ukratko navedeni primarni ciljevi svakoga od njih, dok će detaljnija obrazloženja biti data u poglavljima u kojima će eksperimenti biti pojedinačno predstavljeni.

U eksperimentu 1 ispitivano je opažanje pojedinačnih slova i grupe njima sličnih simbola¹⁵ u parafovei. Osnovna funkcija ovog eksperimenta je kontrolna, pošto su rezultati koji su u njemu dobijeni trebali da posluže kao osnova za poređenje sa rezultatima ostalih eksperimenata, u kojima se opažanje vršilo u uslovima pregomilavanja. U eksperimentu 2 ispitivano je pregomilano opažanje slova i simbola u parafovei. Cilj ovog eksperimenta bio je da se replicira nalaz o smanjenom pregomilavanju slova u odnosu na simbole (Grainger et al., 2010), te da se proverí da li je ova pojava ograničena isključivo na horizontalni meridijan u vizuelnom polju, na kome se čitanje uobičajeno odvija. U eksperimentu 3 upoređeno je pregomilavanje latiničnih i ćirilčnih slova. Cilj eksperimenta bio je da se proverí da li je pripadnost klasi slova ključni faktor koji dovodi do manjeg pregomilavanja (kao što su prepostavili Grainger i saradnici), ili distinkcija između slova i drugih simbola predstavlja samo jedan primer opšte zakonitosti prema kojoj količina pregomilavanja prosto reflektuje količinu iskustva vizuelnog sistema sa konkretnom grupom objekata. U eksperimentu 4 proveravano je da li se smanjeno pregomilavanje slova generalizuje i na vertikalno orijentisane nizove, ili je ovaj efekat ograničen isključivo na konfiguracije sa kojima vizuelni sistem ima obilje svakodnevnog iskustva. Osnovni cilj eksperimenta 5 bio je da se proverí prisustvo prethodno registrovanih efekata širom parafovealne zone. Pored toga, dizajn ovog eksperimenta omogućio je da se ispitaju karakteristični fenomeni pregomilavanja, poput radijalno-tangencijalne anizotropije i horizontalno-vertikalne asimetrije. U eksperimentu 6 ispitivano je pregomilavanje slova i simbola u prisustvu jednog ometača. Primarni cilj eksperimenta bio je da se proverí da li je za ranije ustanovljene efekte neophodno prisustvo dva ometača, a nacrt eksperimenta omogućavao je i proveru ispoljavanja unutrašnje-spoljašnje asimetrije u pregomilavanju. U eksperimentu 7 ispitivano je pregomilavanje slova i simbola u periferiji vizuelnog polja, kako bi se utvrdila prostorna zastupljenost efekta smanjenog pregomilavanja slova, odnosno proverilo je li on ograničen isključivo na parafovealnu zonu.

Na osnovu rezultata pobrojanih eksperimenata želeli smo da identifikujemo uslove u kojima se specifičnosti svojstvene pregomilavanju slova ispoljavaju. Namera nam je

15 Izuzev u eksperimentu 3, u svim eksperimentima ove studije ispitivane su dve vrste stimulusa, koje nazivamo „slova” i „simboli”. Naravno, jasno je da ovi nazivi nisu logički ispravni, budući da slova takođe predstavljaju jednu vrstu simbola. Međutim, za njih smo se opredelili radi jednostavnosti izražavanja (a i po ugledu na inicijalnu studiju Grainger et al., 2010).

bila da na taj način doprinesemo razumevanju načina na koji se odvija vizuelna obrada teksta, kao i načina na koji se efekti perceptivnog učenja ispoljavaju u pregomilavanju slova.

7 METODOLOŠKI ASPEKTI IZVEDENIH EKSPERIMENATA

U ovom poglavlju opisane su one metodološke karakteristike izvedenih eksperimenata koje su bile zajedničke svima ili najvećem broju eksperimenata. Dalje u tekstu, prilikom predstavljanja pojedinih eksperimenata, pažnja će biti obraćena samo na one metodološke pojedinosti koje su bile specifične za određeni eksperiment, te stoga na ovom mestu nisu precizirane.

7.1 Ispitanici

U eksperimentima su učestvovali studenti prve (eksperimenti 1 - 4) i druge godine psihologije (eksperimenti 5 – 7) Filozofskog fakulteta u Novom Sadu. U eksperimentima 1, 2, 3, 4 i 5 učestvovalo je po dvadeset ispitanika. U eksperimentu 6 učestvovalo je dvadeset tri, a u eksperimentu 7 dvadeset dva ispitanika.

Istih dvadeset ispitanika učestvovalo je u eksperimentima 1 i 2. Jedna polovina tog uzorka prvo je testirana u eksperimentu 1, a druga polovina prvo je testirana u eksperimentu 2. Ispitanici u eksperimentima 3 – 7 učestvovali su samo u jednom eksperimentu ove studije. Polovina ispitanika u eksperimentima 3, 5 i 7 prvo je učestvovala u prvom delu eksperimenta (eksperimenti 3a, 5a i 7a), a druga polovina prvo je učestvovala u drugom delu eksperimenta (eksperimenti 3b, 5b i 7b).

Svi ispitanici su bili desnoruki i imali su normalan ili vid korigovan do normalnog. Ispitanici su bili naivni u odnosu na eksperimentalne hipoteze. Učestvovanje u eksperimentu predstavljalo je deo predispositivnih obaveza u okviru kurseva koje su ispitanici pohađali na studijama.

7.2 Aparatura i stimulusi

Za prikazivanje stimulusa korišten je softverski paket MATLAB 7.11 (The Mathworks Inc., Natick, MA, 2010) i ekstenzija Psychtoolbox 3 (Brainard, 1997, Pelli, 1997)

koje je pokretala računarska konfiguracija AMD Athlon64 5400+, 2.79 GHz, 2 GB RAM. Prikazivanje je vršeno na CRT monitoru Viewsonic G90FB, dijagonale 19” (odnosno dimenzija 36 x 27 cm), sa taktom osvežavanja od 75Hz, rezolucijom podešenom na 1152 x 864 piksela, gustinom tačaka od 96 dpi i tridesetdvo-bitnom dubinom boje.

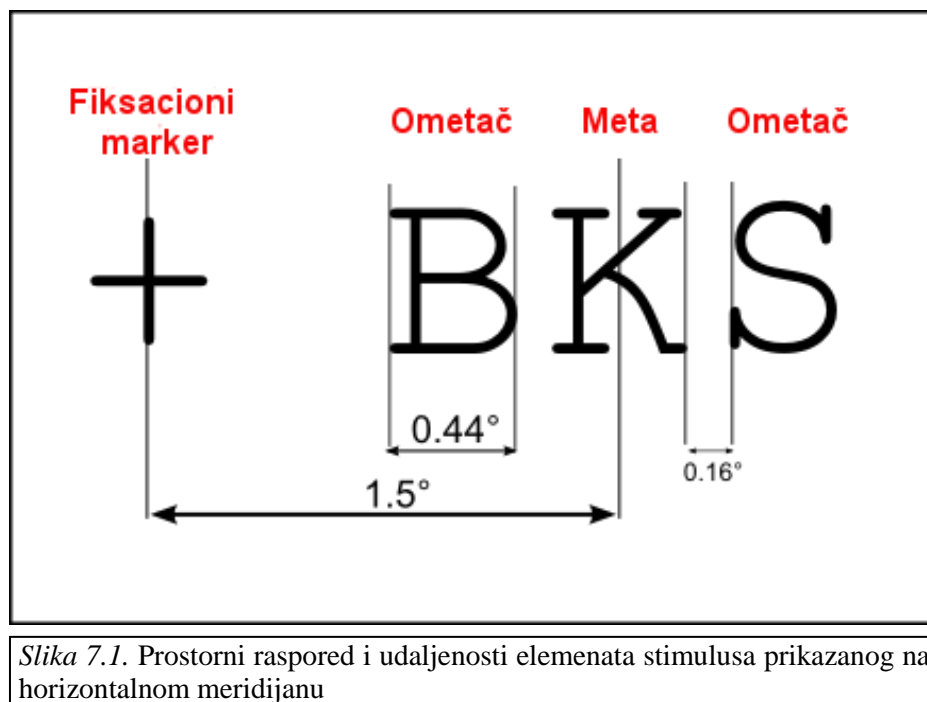
Stimulusi su bili sačinjeni od pojedinačnih tipografskih karaktera, odnosno njihovih dvočlanih ili tročlanih nizova. Izuzev eksperimenata 3a i 3b, stimulusi (pojedinačni karakteri, dvočlani ili tročlani nizovi) bili su konstruisani odabirom karaktera iz skupa od devet velikih latiničnih slova (B, D, F, G, K, N, L, S, T) i skupa od devet simbola (% , / , ? , @ , } , < , £ , § , µ). Dva skupa karaktera bili su identični onima koje su koristili Grainger, Tydgar i Issel  (2010).

U eksperimentima u kojima su prikazivani dvočlani ili tročlani nizovi karaktera, stimulusi su formirani na sledeći način: iz definisanih skupova slučajno je odabiran jedan karakter, koji je prikazivan kao meta, a zatim su, iz skupa iste vrste kojoj je odabrana meta pripadala (dakle iz skupa slova ili iz skupa simbola), slučajno odabirani još po jedan odnosno dva različita karakter, koji su prikazivani uz metu i koje nazivamo ometačima (engl. „flankers”). Na ovaj način, prikazivane nizove uvek su sačinjavala dva ili tri različita karakter, iste vrste (dva ili tri slova, odnosno dva ili tri simbola). U eksperimentima u kojima su prikazivani pojedinačni karakteri, odabir stimulusa svodio se na slučajnu selekciju meta iz dve grupe karaktera.

Kao i u radu Graingera i saradnika (2010), za prikazivanje je korišten font Courier New – najpoznatiji i naj e e upotrebljavani font fiksirane  irine¹⁶. Sa izuzetkom eksperimenata 7a i 7b, visina prikazanih karaktera bila je 11 pt, što je odgovaralo fizičkoj visini karaktera od 40 mm (15 piksela na ekranu), odnosno prostoru od 0.44° vizuelnog ugla (na 60 cm udaljenosti sa koje su ispitanici posmatrali stimuluse). Horizontalni prostor namenjen za prikazivanje jednog karaktera iznosio je takođe 0.44° vizuelnog ugla. Sa izuzetkom eksperimenta 7a i 7b, centar karaktera-mete nalazio se na 1.5° (odnosno 130 mm ili 50 piksela) udaljenosti u odnosu na tačku fiksacije (tj. sredinu ekrana na kojem su stimulusi prikazivani). U eksperimentima u kojima su korišteni nizovi karaktera razmak između mete i ometača iznosio je 0.16° vizuelnog ugla, odnosno 14 mm (slika 7.1). Stimulusi su bili crne boje (luminansa: 27 cd/m²) i prikazivani su na beloj podlozi (luminansa: 90

16 Za razliku od tzv. „proporcionalnih” fontova, fontovi fiksirane širine odlikuju se jednakom količinom horizontalnog prostora (engl. „x-width”) koji je namenjen svakom karakteru. Fontovi fiksirane širine u velikoj meri, predma ne i u potpunosti, eliminišu varijabilnost pojedinačnih karaktera u pogledu širine prostiranja. Ova karakteristika fontova fiksirane širine biće detaljnije razmotrena dalje u tekstu.

cd/m²). Izuzev u eksperimentu 5, stimulusi su prikazivani na horizontalnom meridijanu (levo ili desno u odnosu na tačku fiksacije) i na vertikalnom meridijanu (iznad ili ispod tačke fiksacije).



Slika 7.1. Prostorni raspored i udaljenosti elemenata stimulusa prikazanog na horizontalnom meridijanu

7.3 Vizuelna kompleksnost stimulusa

Premda indukcioniistički modeli pregomilavanja pretpostavljaju da je intenzitet pregomilavanja određen jedino ekscentricitetom objekata i razmakom između mete i ometača (npr. Pelli et al., 2004; Pelli & Tillman, 2008), a ne i različitim vizuelnim svojstvima objekata poput veličine ili kompleksnosti, postoje i radovi koji sugeriraju da vizuelna kompleksnost objekata u sceni može imati izvesnog uticaja na pregomilavanje (Pöder, 2008; Zhang et al., 2009). Dve grupe karaktera korištene u ovom radu - slova i simboli - stoga su provereni u pogledu ovog parametra. U literaturi se navode dve mere pomoću kojih se vizuelna kompleksnost tipično operacionalizuje: kompleksnost obima (engl. „perimetric complexity”; Attneave & Arnoult, 1956; Pelli et al., 2006) i frekvencija poteza (engl. „stroke frequency”; Majaj, Pelli, Kurshan, & Palomares, 2002; Zhang, Zhang, Xue, Liu, & Yu, 2007; 2009). Budući da su ove dve mere veoma visoko i pozitivno korelirane (u Zhang et al., 2007 saopštena visina korelacije za kineske grafeme iznosi $r = 0.956^{17}$), u ovom radu odabrali smo

17 Podaci o korelaciji dve mere za latinična slova u literaturi, na žalost, ne postoje. Pa ipak, imajući u vidu prirodu mera i strukturu latiničnih slova, za pretpostaviti je da bi sličan, veoma visok nivo korelacije bio

da koristimo sofisticiraniju meru kompleksnosti obima, koja se definiše kao kvadrat unutrašnjeg i spoljašnjeg obima karaktera, podeljen sa „obojenom” površinom (Pelli et al., 2006). Kompleksnost obima za svako od prikazivanih slova i simbola dat je u prilogu 1. Skupovi korištenih slova i simbola bili su ujednačeni u pogledu kompleksnosti obima ($M_{Slov} = 5.507$; $M_{Simb} = 5.820$; $t(8.37) = -0.265$, $p = 0.798$), te se moguće razlike u rezultatima izvedenih eksperimenata između dve grupe stimulusa ne mogu tumačiti razlikama u vizuelnoj kompleksnosti dve grupe stimulusa.

7.4 Postupak

U toku eksperimenta ispitanici su sedeli u zamračenoj sobi, na 60 cm udaljenosti od monitora na kojem su prikazivani stimulusi. Kako bi se obezbedila precizna kontrola veličine stimulusa i lokacije njihovog izlaganja, ispitanici su za sve vreme trajanja eksperimenta bili bradom oslonjeni o stalak (videti sliku 7.2). Ovakvo fiksiranje položaja glave ispitanika omogućilo je da njihov prav pogled završi tačno na fiksacionom markeru, koji je prikazivan na sredini ekrana.



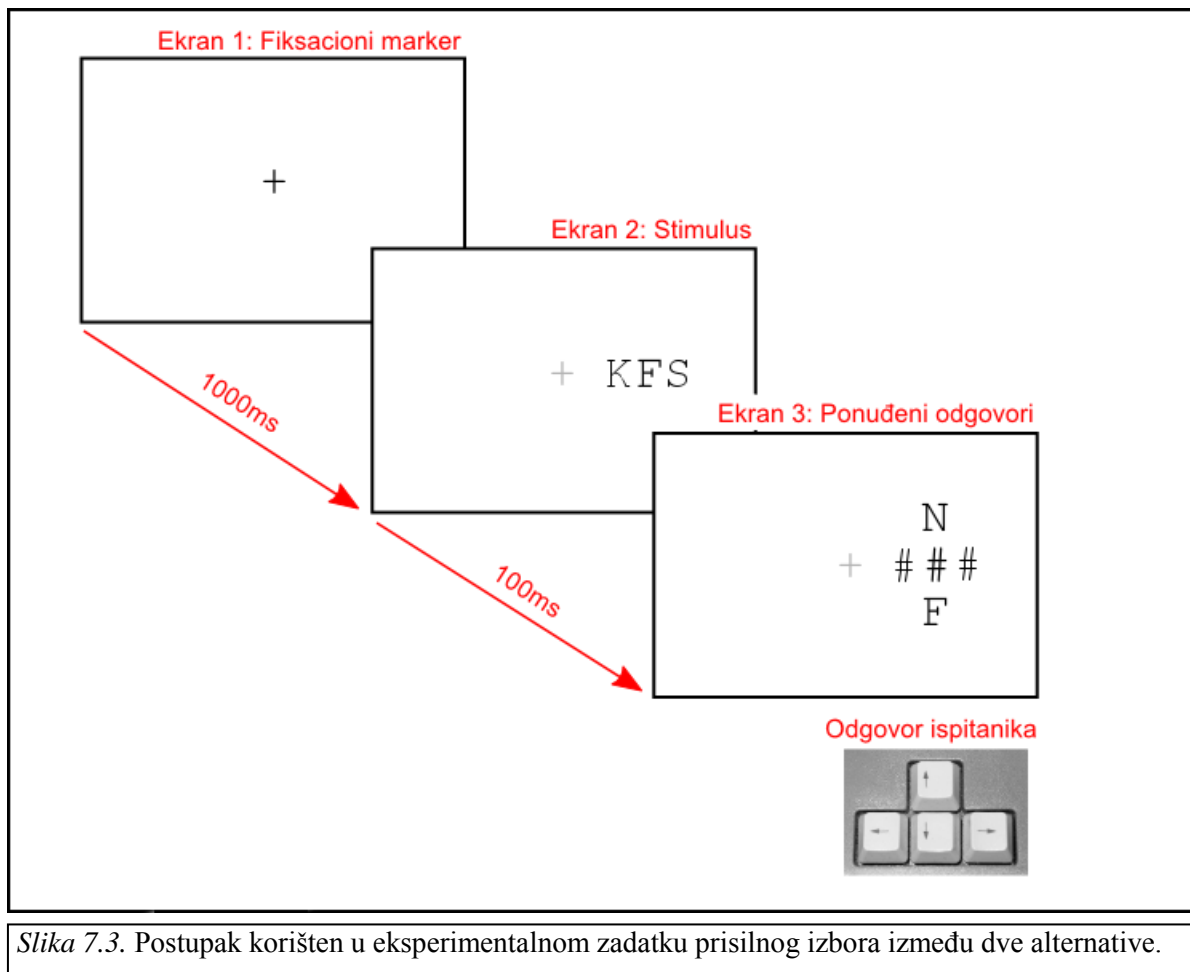
Slika 7.2. Prikaz uslova u kojima su izvođeni eksperimenti.

ustanovljen i na latiničnom alfabetu.

U svim eksperimentima korišten je zadatak prisilnog izbora između dve alternative (engl. „two-alternative forced-choice task”, „2-AFC”) – isti koji je korišten i u studiji Graingera i saradnika (2010). Jedna od važnih prednosti odabranog zadatka prisilnog izbora jeste što se njime neutrališu potencijalne razlike pri poređenju elemenata zatvorenih skupova (poput slova) i elemenata otvorenih skupova (poput simbola). Bez obzira o kojoj vrsti stimulusa se radilo, ispitanici bi pri odgovaranju bili suočeni sa izborom između svega dve alternative.

Pre početka eksperimenta ispitanici bi pročitali uputstvo putem kojeg bi bili upoznati sa zadatkom. Nakon toga bi uradili vežbu u vidu dvanaest probnih pokušaja čiji rezultati nisu analizirani. Svaki pokušaj započinjao je pojavljivanjem fiksacionog markera (+). Fiksacioni marker bio bi prikazan na sredini ekrana, u trajanju od 1000 ms. Kada bi on nestao, na ekranu bi ga zamenio stimulus, koji je bio pomeren u stranu u odnosu na fiksacioni marker. Kako bi se osigurala validnost postupka, tj. kako bi se obezbedilo da identifikacija stimulusa uistinu bude vanfovealna, sam stimulus bio je prikazan vrlo kratko, u trajanju od 100 ms, što je interval znatno kraći od vremena koje je neophodno kako bi se izvršilo programiranje i pokretanje očne sakade kojom bi stimulus bio doveden u fovealni položaj (npr. Engbert, Longtin, & Kliegl, 2002). Po isteku intervala od 100 ms, na mestu na kome je prethodno bio prikazan stimulus pojavila bi se grafička maska. Grafička maska se sastojala od jednog do tri karaktera „#”. Broj ovih karaktera odgovarao je broju karaktera u prethodno prikazanom stimulusu, a svaki od njih bio je pozicioniran tačno na onom mestu na kojem su neposredno pre toga bili prikazani elementi (karakter) stimulusa. Grafička maska na ekranu bi se zadržala do odgovora ispitanika. Uz opisanu grafičku masku na ekranu bi istovremno bila prikazana još dva karaktera koji su predstavljali moguće odgovore koji su bili ponuđeni ispitaniku. Jedan od ta dva karaktera bio je prethodno prikazana meta – dakle tačan odgovor – a drugi je bio alternativni, netačan odgovor. Za ponuđeni netačan odgovor slučajno je odabiran neki od stimulusa iste vrste (slovo i simbol) koji nije bio prisutan u stimulusu (ni kao meta niti kao ometač). Dva ponuđena odgovora bila bi prikazana iznad i ispod mesta na kojem je prethodno bila prikazana meta. Lokacija ponuđenog tačnog odgovora (iznad ili ispod grafičke maske) bila je slučajno varirana. Zadatak ispitanika bio je da pritiskom na taster označen strelicom usmerenom na gore, odnosno na taster označen strelicom usmerenom na dole, odredi koji je od dva ponuđena odgovora bio prethodno prikazan kao meta. Ispitanici su instruisani da odgovaraju što tačnije, uz napomenu da vreme koje im je na raspolaganju za davanje odgovora nije ograničeno, niti je od interesa za istraživanje. Nakon

što bi ispitanik odbarao jedan od ponuđenih odgovora, sadržaj ekrana bio bi uklonjen i ponovo bi se pojavio fiksacioni marker, koji je označavao početak narednog eksperimentalnog pokušaja. Ilustracija korištenog postupka data je na slici 7.3.



Slika 7.3. Postupak korišten u eksperimentalnom zadatku prisilnog izbora između dve alternative.

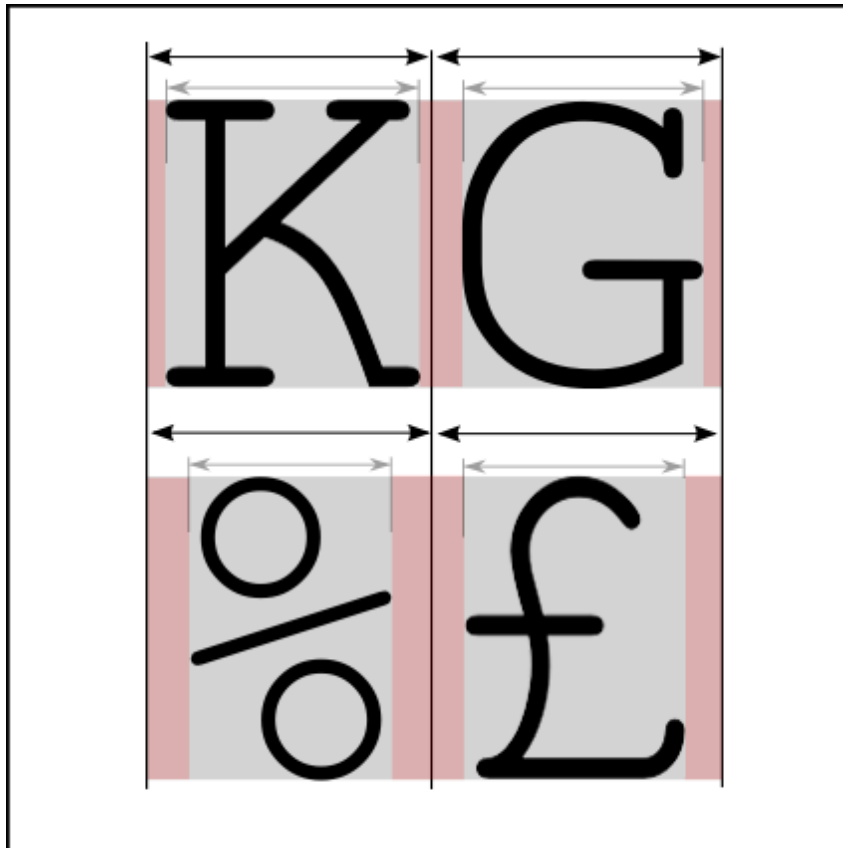
7.5 Sličnosti i razlike u odnosu na postupak i stimulse Graingera i saradnika

Stimulusi i postupak korišteni u eksperimentima ove studije osmišljeni su tako da u velikoj meri podražavaju stimulse i postupak koji su korišteni u radu Graingera i saradnika (Grainger et al, 2010). Stimulusi u dve studije prikazani su istim fontom, u istoj veličini, sa jednakim razmakom između mete i ometača (izuzetak predstavljaju eksperimenti 7a i 7b ove studije, u kojima su veličina stimulusa i razmak između mete i ometača bili uvećani) i u identičnom trajanju. U ovom pogledu, jedina razlika među eksperimentima dve studije tiče se udaljenosti meta od tačke fiksacije. U originalnom radu Graingera i saradnika, mete su prikazivane na udaljenosti od 1.2° vizuelnog ugla od tačke fiksacije, dok je u eksperimentima ove studije ta udaljenost bila nešto veća i iznosila je 1.5°. Ekscentricitet mete u

eksperimentima Graingera i saradnika odabran je tako da dobijeni rezultati budu uporedivi sa studijom na koju se njihov rad nadovezivao (Tydgat i Grainger, 2009) i u kojoj je korišten upravo taj ekscentricitet. Budući da je cilj većeg broja eksperimenata koje smo izveli bio utvrđivanje zakonitosti pregomilavanja slova i simbola u *parafovealnoj zoni* vizuelnog polja, a ne replikacija apsolutnih iznosa rezultata saopštenih u radu Graingera i saradnika, odlučili smo se da mete u našim eksperimentima budu prikazane na tipičnijoj parafovealnoj udaljenosti od 1.5° vizuelnog ugla u odnosu na tačku fiksacije (videti takođe i određene zone vizuelnog polja u uvodnom poglavlju).

Druga specifičnost našeg postupka tiče se definisanja razmaka između mete i ometača. U članku Graingera i saradnika navedeno je da je veličina mete iznosila 0.44° vizuelnog ugla, te da je razmak između centara dva susedna karaktera iznosio 0.6° . Sledstveno tome, razmak između karaktera, tj. prazan prostor između poslednjeg horizontalnog piksela jednog karaktera i prvog horizontalnog piksela sledećeg karaktera, trebalo bi da je iznosio 0.16° . Razmak identične veličine korišten je i u našim eksperimentima (izuzev eksperimenta 7b). Kako je već naznačeno, fontove fiksirane širine, poput fonta Courier New koji je upotrebljavan u ovom radu, odlikuje jednak horizontalni prostor namenjen svakom karakteru. Međutim, za razliku od visine karaktera, ovo ne znači da je stvarna širina svakog karaktera prikazanog fontom fiksirane širine jednaka (videti sliku 7.4). U zavisnosti od svog oblika, mnogi karakteri prikazani fontovima fiksirane širine ne zauzimaju čitav namenjeni horizontalni prostor, već bivaju nešto uži u odnosu na njega. Kao što se na slici 7.4 može uočiti, horizontalni prostor namenjen jednom karakteru prikazanom fontom fiksirane širine jeste konstantan, ali stvarno horizontalno prostiranje karaktera varijabilno je neretko je nešto manje od ukupnog namenjenog prostora. Imajući ovo u vidu, jasno je da je realni razmak (tj. prazan prostor) između slova u studiji Graingera i saradnika efektivno iznosio više od deklariranih 0.16° , tj. može se primetiti da je on bio uvećan za (malu) varijabilnu veličinu neiskorištenih (praznih) prostora na horizontalim krajevima meta i ometača (slika 7.4). Na ovaj način nastale razlike u razmaku su minimalne i približavaju se granici oštine parafovealnog vida. Stoga ne mislimo da ovo malo uvećanje efektivnog razmaka među karakterima dovodi u sumnju rezultate pomenute studije. Imajući, međutim, u vidu činjenicu da se razmak između mete i ometača smatra parametrom od presudnog značaja za intenzitet pregomilavanja (Bouma; 1970; Peli et al., 2004; Levi, 2008), verovali smo da je preporučljivo precizno ga kontrolisati. Iz tog je razloga, u našim eksperimentima, stvarni

razmak između karaktera uvek bio identičan i iznosio je tačno 0.16° (odnosno 0.9° u Eksperimentu 7b).



Slika 7.4. Horizontalno prostiranje Courier New karaktera. Crne vertikalne linije omeđuju konstantni horizontalni prostor namenjen svakom karakteru. Sivim strelicama označena je stvarna širina horizontalnog prostiranja konkretnog karaktera, dok bledocrvene zone prikazuju neiskorišteni horizontalni prostor.

Treća specifičnost naše studije tiče se jednog već pomenutog tehničkog aspekta, koji se odnosi na način izvođenja eksperimenata. Budući da se eksperimenti koje smo izveli tiču vanfovealnog opažanja, pored sprečavanja mogućnosti da ispitanici pri opažanju stimulusa načine očne sakade i tako dovedu stimuluse u fovealni položaj, od velike važnosti bila je i precizna kontrola položaja samih ispitanika (preciznije, položaja njihovih očiju u odnosu na mesto prikazivanja stimulusa). Iz ovog razloga, u našim eksperimentima korišten je stalak za glavu (videti sliku 7.2). Prislanjem brade na stalak, oči ispitanika našle bi se na tačno deklarisanu udaljenost od monitora i bile bi centrirane tačno na njegovu sredinu, tj. na mesto na kojem se pojavljivao fiksacioni marker. Ovom jednostavnom intervencijom postignuta je znatno pouzdanija kontrola kako veličine proksimalnih stimulusa tako i njihove lokacije u vidnom polju ispitanika.

7.6 Nacrti

Izvedeni eksperimenti imali su dvofaktorske ili trofaktorske nacрте. Faktori varirani u ovoj studiji bili su: *Vrsta stimulusa*, *Lokacija (izlaganja)*, *Pismo*, *Orijentacija niza i Relativna pozicija ometača*. Svaki od faktora variran je na dva nivoa.

Pojedini eksperimenti (ili delovi eksperimenata) izvođeni su u okviru sesija u kojima su ispitanici učestvovali u dva (dela) eksperimenta (parovi: eksperiment 1 i 2; eksperiment 3a i 3b; eksperiment 5a i 5b; eksperiment 7a i 7b). Kako bi se kontrolisao mogućí uticaj redosleda izvođenja eksperimenta u okviru seanse u analizama tih (delova) eksperimenata kao kovarijabla je uvršten i *Redosled (zadavanja eksperimenata)*.

U tabeli 7.1 prikazani su faktori koji su ispitivani u svakom od eksperimenata, sa nivoima na kojima su testirani. U svim eksperimentima svi faktori bili su ponovljeni po ispitanicima, a stimulusi su izlagani slučajnim redosledom.

Kao zavisna varijabla u svim eksperimentima registrovana je tačnost identifikacije meta.

Tabela 7.1: *Spisak ispitivanih faktora i njihovih nivoa u eksperimentima ove studije.*

Faktor	Nivoi	Eksperiment 1	Eksperiment 2	Eksperiment 3a	Eksperiment 3b	Eksperiment 4	Eksperiment 5a	Eksperiment 5b	Eksperiment 6	Eksperiment 7a	Eksperiment 7a
<i>Vrsta stimulusa</i>	slovo, simbol	X	X			X	X	X	X	X	X
<i>Pismo</i>	ćirilica, latinica			X	X						
<i>Lokacija</i>	horizontalni meridijan,	X	X	X	X	X				X	X
<i>Lokacija</i>	dijagonala 1, dijagonala 2						X	X			
<i>Orijentacija niza</i>	horizontalna, vertikalna					X		X	X		X
<i>Relativna pozicija</i>	unutrašnji, spoljašnji								X		
<i>Redosled</i>	1-2, 2-1	X	X	X	X		X	X		X	X

18 S obzirom na ciljeve eksperimenata postignuća na dve pozicije u okviru svake lokacije (levo i desno na horizontalnom meridijanu, iznad i ispod na vertikalnom meridijanu) nisu zasebno analizirane.

7.7 Analiza prikupljenih podataka

Imajući u vidu prirodu prikupljenih podataka, tj. činjenicu da je zavisna varijabla bila binarna i da je dobijena u eksperimentima sa ponovljenim merenjima, u analizama svih eksperimenata u ovom radu izvršeno je modeliranje Generalizovanih linearnih mešovityh efekata (GLMER; Baayen, 2008; Faraway, 2006; Jaeger, 2008; Bates, 2010). U tu svrhu korišten je paket lme4 (Bates, Maechler, & Bolker, 2013) u softverskom okruženju R (R Development Core Team, 2013). Pri modeliranju podataka o tačnosti identifikacije kao fiksni efekti bili su uključeni nacrtom određenog eksperimenta definisani prediktori, dok su, u skladu sa preporukama (Baayen, Davidson, & Bates, 2008; Baayen, 2008), kao slučajni efekti bili uključeni *Ispitanici* i *Stimulusi*. Jednu od prednosti upotrebe modela mešovityh efekata predstavlja i mogućnost da se u obzir istovremeno uzmu izvori variranja u odgovorima koji su poticali od ispitanika i od stimulusa. Na ovaj način eliminiše se potreba za odvojenim analizama po subjektima i po ispitanicima.

Pre samog modeliranja nazivi nivoa fiksnih prediktora pretvoreni su u numeričke vrednosti, a zatim su ovi prediktori centrirani, tako da im je prosek iznosio 0, a opseg variranja bio 1. Ovim postupkom postignuto je da: i) kolinearnost među prediktorima bude eliminisana (Baayen, 2008); i ii) da izračunati intercept modela predstavlja „opšti prosek” (engl. „grand mean”), a vrednosti pojedinih parametara ilustruju efekat datog parametra u odnosu na opšti prosek. Interpretacija parametara modela ovime je učinjena analognom interpretaciji efekata u klasičnoj logističkoj regresiji ili analizi varijanse.

Modeliranje je otpočinjalo proverom potrebe za uključivanjem predviđenih slučajnih efekata *Ispitanika* i *Stimulusa*. Tako je najpre konstruisan GLMER model (binomne raspodele) koji nije uključivao nijedan fiksni efekat, već samo slučajne efekte *Ispitanika* i *Stimulusa*. Pomoću testa količnika verodostojnosti¹⁹, predikcija ovog modela sa dva slučajna efekta upoređivana je sa predikcijama dva modela u kojima bi bio uključen samo po jedan od slučajnih efekata (model u kojem je bio uključen samo efekat *Ispitanika* i model u kojem je bio uključen samo efekat *Stimulusa*). Na ovaj način, pre nego što će biti modelirani fiksni efekti, proveravana je potreba za uključivanjem jednog i drugog slučajnog efekta u potonjim analizama: ukoliko bi se ispostavilo da uključivanje nekog od dva slučajna efekata ne dovodi

19 Test količnika verodostojnosti (engl. „Likelihood-ratio test”) je statistička metoda kojim se proverava da li model koji sadrži određeni parametar bolje opisuje registrovane podatke od alternativnog modela koji taj parametar ne sadrži.

do unapređenja modela, taj efekat ne bi bio modeliran u narednim koracima. Po proveru i odabiru slučajnih efekata usledilo bi testiranje fiksnih efekata. Ono je započinjalo konstruisanjem modela koji je pored opravdanih slučajnih efekata uključivao i sve predviđene fiksne prediktore, kao i sve njihove međusobne interakcije. Taj model, kojeg nazivamo „maksimalni model”, zatim je podvrgnut kritici. Kritika modela sastojala se iz: i) provere značajnosti doprinosa pojedinačnih fiksnih parametara modela, nakon koje bi sledila ii) provera potrebe za korekcijama modela putem uključivanja zasebnih nagiba prediktora za *Stimuluse* i/ili *Ispitanike*.

Kao i pri testiranju slučajnih efekata, u svrhu provere značajnosti doprinosa pojedinačnih fiksnih parametara korišten je korak-po-korak (engl. „stepwise”) postupak poređenja modela. Postupak se sastojao iz poređenja predikcija dva modela koji su se razlikovali po složenosti. Prvi od njih bio je kompleksniji model (u prvom koraku ovo je bio pomenuti „maksimalni model” koji je uključivao sve fiksne efekte i sve njihove interakcije), a drugi je bio jednostavniji i on je obuhvatao sve parametre kao i kompleksniji model, *sa izuzetkom jednog*²⁰. Dva modela zatim su poređena pomoću testa količnika verodostojnosti i na taj način utvrđivano je da li testirani parameter, tj. parameter u pogledu koga su se modeli razlikovali, značajno doprinosi predikciji. U slučaju da je testirani parameter unapređivao predikciju, on je zadržavan u daljoj analizi; ukoliko to nije bio slučaj, taj parameter je isključivan iz dalje analize (i u nastavku modeliranja korišten je jednostavniji od dva modela). Ovaj postupak sukcesivnog pojednostavljivanja modela ponavljan je sve dok u modelu nisu preostali samo oni parametri fiksnih efekata za koje se pokazalo da značajno unapređuju predikciju.

Kada je takav model dobijen, proveravana je još i potreba za njegovom korekcijom putem uključivanja zasebnih nagiba zadržanih fiksnih efekata za pojedinačne ispitanike i/ili stimuluse (drugačije rečeno, proveravano je postojanje interakcije fiksnih i slučajnih efekata). Ova provera takođe je vršena sukcesivnim poređenjem modela različite složenosti pomoću testa količnika verodostojnosti.

Konačni, odabrani model, koji je uključivao samo parametre fiksnih i slučajnih efekata koji unapređuju predikciju, zovemo *najsloženijim modelom opravdanim podacima*. Robusnost efekata ustanovljenih u konačnom modelu dodatno je potvrđivana njihovim prisustvom i u „maksimalnom” (neoptimalnom) modelu.

20 U jednostavnijem modelu najpre su isključivani parametri višeg reda – interakcije – a potom glavni efekti.

8 EKSPERIMENT 1: PARAFOVEALNA IDENTIFIKACIJA IZOLOVANIH SLOVA I SIMBOLA

U eksperimentu 1 ispitivana je identifikacija *izolovanih* (tj. pojedinačnih) slova i simbola na različitim parafovealnim lokacijama u vizuelnom polju. U studiji čiji je predmet bio ispitivanje pregomilavanja, eksperiment u kojem je testirana izolovana identifikacija imao je kontrolnu funkciju. Njegov prvi cilj bio je da se ustanovi proporcija tačnog identifikovanja pojedinačnih slova i simbola, koja će poslužiti kao osnova za poređenje sa ishodom narednih eksperimenata, u kojima se opažanje istih objekata odvijalo u uslovima pregomilavanja. Namera je bila da se upoređivanjem rezultata eksperimenata dobijenih u uslovima izolovanog i pregomilanog opažanja omogući distinkcija između generalnih efekata svojstvenih opažanju ispitivanih grupa objekata i efekata specifičnih za pregomilano opažanje, koje je bilo osnovni predmet ove studije. Drugi cilj eksperimenta bio je da se repliciraju nalazi Graingera i saradnika (Grainger et al., 2010) koji svedoče o odsustvu razlika između slova i simbola u pogledu uspešnosti izolovane parafovealne identifikacije, dok je treći cilj bio da se proveri važi li pomenuti nalaz i kada su u pitanju do sada netestirane, vertikalne lokacije u parafovei. Očekivali smo da razlike u uspešnosti identifikacije slova i simbola neće biti na horizontalnom meridijanu, a takođe ni na vertikalnom meridijanu. Prvo od ovih očekivanja motivisano je rezultatima Graingera i saradnika, dok se drugo zasniva na odsustvu nalaza koji bi ukazivali na suštinske, odnosno kvalitativne razlike u ponašanju vizuelnog sistema pri obradi na horizontalnom i vertikalnom meridijanu u parafovei. Premda suštinske razlike u načinu obrade objekata na dva meridijana u parafovei ne postoje, uspešnost identifikacije na njima nije istovetna. Rezultati velikog broja studija ukazuju da je identifikacija nešto uspešnija kada se stimulusi prikazuju na horizontalnom meridijanu (Altpeter, Mackeben, & Trauzettel-Klosinski, 2000; Anderson, Wilkinson, & Thibos, 1992; Carrasco, Giordano, & McElree, 2004; Cameron, Tai, & Carrasco, 2002; Carrasco, Talgar, & Cameron, 2001; Carrasco, Williams, & Yeshurun, 2002; Mackeben, 1999; 2009; Pointer & Hess, 1989; Regan & Beverley, 1983; Seiple, Holopigian, Szlyk, & Wu, 2004; Silva, Mateus, Reis, Nunes, Fonseca, & Castelo-Branco, 2010; Weymouth, Hines, Acres, Raaf, & Wheeler, 1928). Nacrt našeg prvog eksperimenta omogućavao je takođe i da se ovakva vizuelna superiornost horizontalnog meridijana proveri. U skladu sa rezultatima pobrojanih studija, očekivana je nešto viša tačnost identifikacije slova i simbola kada su oni prikazivani na horizontalnim lokacijama. Važnije od toga, a imajući u vidu anatomske uzroke ove asimetrije (Abrams,

Nizam & Carrasco, 2011; Curcio & Allen, 1990; Curcio et al., 1990; Connolly & Van Essen, 1984; Tootell, Switkes, Silverman, & Hamilton, 1988), očekivali smo da efekat lokacije izlaganja neće stupati u interakciju sa vrstom stimulusa, odnosno očekivali smo da odnos uspešnosti identifikacije slova i simbola neće biti različit na horizontalnom i vertikalnom meridijanu.

8.1 Metod eksperimenta 1

Nacrt

Dva varirana faktora u eksperimentu 1 bili su *Vrsta stimulusa* i *Lokacija (izlaganja)*. Svi stimulusi u eksperimentu prikazivani su u okviru istog bloka. Budući da su ispitanici u okviru iste sesije učestvovali u eksperimentu 1 i eksperimentu 2, uz dva pomenuta faktora u analize je uključena i kovarijabla *Redosled (zadavanja eksperimenata)*.

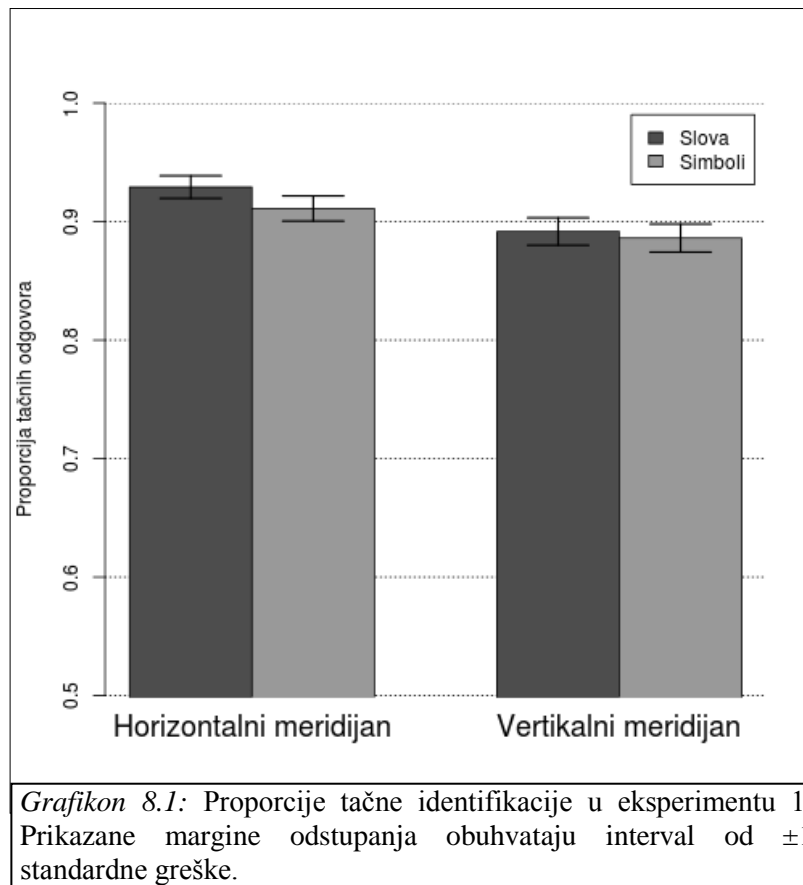
Stimulusi i postupak

U eksperimentu 1 stimulusi su se sastojali od *pojedinačnih* slova ili simbola, opisanih u odeljku 7.2. Na horizontalnom meridijanu, po 50% stimulusa prikazivano je levo odnosno desno u odnosu na fiksacioni marker. Na vertikalnom meridijanu, po 50% stimulusa prikazano je iznad odnosno ispod fiksaciog markera. U toku eksperimenta svaki od osamnaest korištenih stimulusa prikazan je po četiri puta na svakom od meridijana (odnosno po dva puta na svakoj od četiri pozicije u vizuelnom polju), te je ukupan broj pokušaja u eksperimentu iznosio 144. Trajanje eksperimentalne sesije iznosilo je oko 10 minuta po ispitaniku.

8.2 Rezultati eksperimenta 1

Prosečna proporcija tačnih odgovora u eksperimentu 1 bila je visoka i iznosila je 0.9. Uspešnost identifikacije ispitanika u četiri eksperimentalne situacije prikazana je na grafikonu 8.1, a numerički podaci dati su u prilogu 2. Budući da su rezultati dobijeni u zadatku prinudnog izbora između dve alternative, očekivani nivo tačnosti koji bi bio rezultat

nasumičnog pogađanja iznosi 0.5. Imajući to u vidu, na ordinatama svih grafikona prikazan je ukupan mogući opseg variranja proporcija tačnih odgovora – od 0.5 do 1.



Najsloženiji model opravdan podacima, dobijen postupkom opisanim u odeljku 7.7, prikazan je u tabeli 8.1. Značajano variranje postojalo je među *Ispitanicima*, ali ne i među *Stimulusima*; a rezultati takođe pokazuju da je postojao značajan glavni efekat *Lokacije*. Kao što se na grafikonu 8.1 može videti, identifikacija stimulusa bila je nešto uspešnija kada su oni prikazivani na horizontalnom meridijanu. Efekat kovarijable *Redosled* (*zadavanja eksperimenata*) bio je značajan na nivou od 95% pouzdanosti. Ispitanici koji su najpre radili eksperiment 2 potom bi bili nešto uspešniji u eksperimentu 1, u poređenju sa ispitanicima koji su prvo učestvovali u eksperimentu 1. Kritika modela pokazala je da glavni efekat *Vrste stimulusa*, te interakcije *Vrsta stimulusa x Lokacija* nisu unapređivali predikciju. Budući da su u najsloženijem modelu opravdanom podacima prikazani samo parametri prediktora koji značajno unapređuju predikciju, vrednosti parametara koji nisu bili značajni date su u okviru tzv. „maksimalnog modela”, koji se nalazi u prilogu 3).

Tabela 8.1: *Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 1*

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
2880	1722	1740	-857.9	1716
Slučajni efekti	Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.619	0.787		
Fiksni efekti	β	SE	z	p
(Intercept)	2.499	0.191	13.064	< 0.0001
Lokacija	-0.383	0.131	-2.914	0.0036
Redosled	0.7533	0.350	2.153	0.0314

8.3 Diskusija rezultata eksperimenta 1

Rezultati eksperimenta 1 pokazali su da je uspešnost ispitanika u zadatku bila visoka. Proporcija tačnih odgovora od 0.9 odgovara postignuću saopštenom u Grainger i sar. (2010). Imajući u vidu da su se u našem eksperimentu stimulusi pojavljivali na četiri mesta u vizuelnom polju, dok su u studiji Graingera i saradnika stimulusi prikazivani samo levo i desno u odnosu na fiksacionu tačku, može se zaključiti da ova uvećana neizvesnost u pogledu mesta izlaganja ne dovodi do pada u postignuću ispitanika, te da oni, u uslovima u kojima je eksperiment izveden, nemaju većih problema da identifikuju parafovealno prikazana pojedinačna slova i simbole. Ovaj zaključak od važnosti je kada se imaju u vidu naredni eksperimenti, u kojima će identifikacija biti vršena u otežanim uslovima pregomilane identifikacije.

Glavni nalaz eksperimenta 1 je da su pojedinačna slova i simboli, prikazana u parafovei, jednako uspešno identifikovana. Odsustvo razlike u uspešnosti identifikacije dve vrste stimulusa na horizontalnom meridijanu predstavlja direktnu replikaciju rezultata dobijenih u studiji Graingera i saradnika (2010). Pored replikacije rezultata pomenute studije, ishod našeg prvog eksperimenta omogućuje i njegovo proširenje, budući da je u našem eksperimentu odsustvo efekta vrste stimulusa dobijeno na osnovu testiranja četiri parafovealne lokacije i budući da u eksperimentu nije pokazana interakcija lokacije izlaganja i vrste stimulusa. Sažeto, ishod eksperimenta 1 potvrdio je glavna očekivanja: približno jednak nivo identifikacije dve vrste stimulusa ustanovljen je kako na horizontalnim, tako i na vertikalnim pozicijama u vizuelnom polju.

Približan nivo uspešnosti identifikacije slova i simbola nije iznenađujući ukoliko se ima u vidu upadljiva vizuelna sličnost dve grupe stimulusa. U eksperimentalnoj situaciji u

kojoj se od ispitanika traži njihovo parafovealno opažanje dve takve grupe stimulusa ovo je reflektovano sličnim nivoom njihove identifikacije. Dobijeni rezultat je važan, jer omogućuje da se eventualne razlike u identifikaciji slova i simbola u uslovima pregomilavanja, koje će biti proveravane u narednim eksperimentima, sa pouzdanjem mogu pripisati specifičnostima *pregomilavanja* ovih grupa objekata, a ne generalno lakšoj identifikaciji neke od njih.

U eksperimentu je takođe pokazano da je identifikacija, bilo slova bilo simbola, nešto bolja na horizontalnom meridijanu, u poređenju sa vertikalnim meridijanom. Registrovana razlika u proporciji tačnih odgovora od 0.03 nije velika, ali je statistički značajna. Takođe, imajući u vidu da opseg variranja proporcije tačnih odgovora ne iznosi 1 već 0.5, realna prednost identifikacije na horizontalnom meridijanu je dvostruka u odnosu na registrovanu razliku i iznosi 6.25%. Ovaj nalaz nije od primarnog značaja za naš rad, ali nije nezanimljiv, budući da, primenom drugačije paradigme, ilustruje prednost identifikacije na horizontalnom meridijanu koja je zabeležena u velikom broju ranije pominjanih psihofizičkih studija. Važnije od toga, superiornost identifikacije na horizontalnim pozicijama bila je ujednačena za slova i simbole, o čemu svedoči odsustvo interakcije lokacije izlaganja i vrste stimulusa. Ovaj nalaz u skladu je sa našim predviđanjem, zasnovanom na najrasprostranjenijem objašnjenju vizuelne superiornosti horizontalnog meridijana. Ukoliko je prednost obrade na horizontalnom meridijanu zaista posledica anatomske organizacije vizuelnog aparata, počev od arhitekture mrežnjače pa sve do vizuelnog korteksa (Abrams et al., 2011; Curcio & Allen, 1990, Curcio et al., 1990; Connolly & Van Essen, 1984; Tootell et al., 1988), njegovo prisustvo i izraženost ne bi smeli zavisiti od toga da li vizuelni sistem opaža slova ili neku drugu vrstu stimulusa. Dobijeni rezultati, možemo zaključiti, podržavaju stanovište prema kojem je tačnija identifikacija na horizontalnom meridijanu opšte svojstvo vanfovealne identifikacije objekata i stoga nije uslovljena karakteristikama opažanih objekata.

Postignuće u eksperimentu 1 bilo je nešto više kod ispitanika koji su, u okviru jedne eksperimentalne sesije, prvo učestvovali u eksperimentu 2. Jedno moguće objašnjenje za ovaj blagi efekat redosleda uzima u obzir uvežbavanje, odnosno subjektivnu težinu dva zadatka. Moguće je da je zadatak izolovane identifikacije (eksperiment 1) bio nešto lakši za one ispitanike koji su najpre radili sličan ali teži zadatak (pregomilana identifikacija u eksperimentu 2), nego za ispitanike koji pre učešća u eksperimentu 1 nisu imali iskustva sa ovom vrstom eksperimenata. Postojanje efekta redosleda učestvovanja u eksperimentima i ponuđenog objašnjenja biće proveren još tri puta u narednim eksperimentima. Važnije od

toga, uključivanje kovarijable redosled u analize eliminiše mogućnost da su prethodno diskutovani nalazi koji se tiču eksperimentalnih prediktora posledica redosleda učešća ispitanika u dva eksperimenta.

9 EKSPERIMENT 2: PARAFOVEALNA IDENTIFIKACIJA PREGOMILANIH SLOVA I SIMBOLA

U eksperimentu 2 ispitivano je *pregomilano* opažanje slova i simbola u parafovei. Cilj eksperimenta bio je dvojak: a) replicirati nalaz Graingera i saradnika (2010) koji pokazuje da su slova manje pregomilavana nego simboli; i b) proveriti rasprostranjenost ovog efekta u parafovei, tj. proveriti da li je efekat prisutan samo u zonama u kojima se čitanje odvija (horizontalni meridijan), ili se on generalizuje i na druga parafovealna područja (konkretno, na pozicije na vertikalnom meridijanu), u kojima čitanje nije uobičajeno za ispitivanu populaciju i koje u radu Graingera i saradnika nisu bile ispitivane.

Objašnjenje Graingera i saradnika za smanjeno pregomilavanje slova počiva na pretpostavci o smanjenju receptivnih polja detektora koji reaguju na oblike slova, predviđenih modelom lokalne kombinacije detektora (Dehaene, et al., 2005). Prema ovom modelu, neuroni na nivou detektora za oblike slova (tentativno smešteni u zonu V4) bivaju aktivirani specifičnim vizuelnim oblikom (npr. oblikom malog slova „e”, ali ne i velikog slova „E”) i to na relativno specifičnim lokacijama u vizuelnom polju. Precizno određenje prostorne specifičnosti ovakvih detektora u dva pomenuta rada nije dato, a naš drugi eksperiment imao je za cilj da proveri da li je ono toliko da podrazumeva samo uske delove parafovee (npr. horizontalne lokacije, na kojima se identifikacija slova uobičajeno odvija). U radu Dehaenea i saradnika se navodi da procenjena veličina receptivnih polja zone V4 iznosi otprilike 8°, dok prema najkonzervativnijim procenama prosečna veličina na ekscentricitetu od 1.5° ne pada ispod 2° (Motter, 2009). Imajući to u vidu, očekivali smo da će efekat smanjenog pregomilavanja slova biti otporan na malo parafovealno pomeranje lokacije izlaganja. Ovakav ishod pokazao bi da efekat, za koji se pretpostavlja da je rezultat perceptivnog učenja (Grainger et al., 2010), nije strogo ograničen na deo vizuelnog polja na kojem se učenje odvija (horizontalni meridijan). Alternativno, odsustvo efekta na vertikalnom meridijanu demonstriralo bi njegovu tesnu vezanost za uvežbavane lokacije u vizuelnom polju.

Pored toga, očekivali smo osetan pad u postignuću u eksperimentu 2, u poređenju sa eksperimentom 1, koji bi predstavljao efekat pregomilavanja.

9.1 Metod eksperimenta 2

Nacrt

Nacrt eksperimenta 2 bio je istovetan nacrtu eksperimenta 1: u eksperimentu su varirani *Vrsta stimulusa* i *Lokacija*. Pored njih, u analizi rezultata proveravan je i efekat kovarijable *Redosled* (*zadavanja eksperimenata*).

Stimulusi i postupak

Stimulusi u eksperimentu 2 bili su *horizontalni nizovi* od po *tri* velika latinična slova ili tri simbola, sačinjeni prema opisu datom u odeljku 7.2. Izgled stimulusa prikazan je na slici 7.1, a izgled zadatka u eksperimentu 2 moguće je videti na slici 7.3. Prisustvo dva ometača u blizini mete predstavlja jedinu razliku eksperimenta 2 u odnosu na eksperiment 1, u kojem ometači nisu prikazivani. Eksperiment je trajao oko 10 minuta.

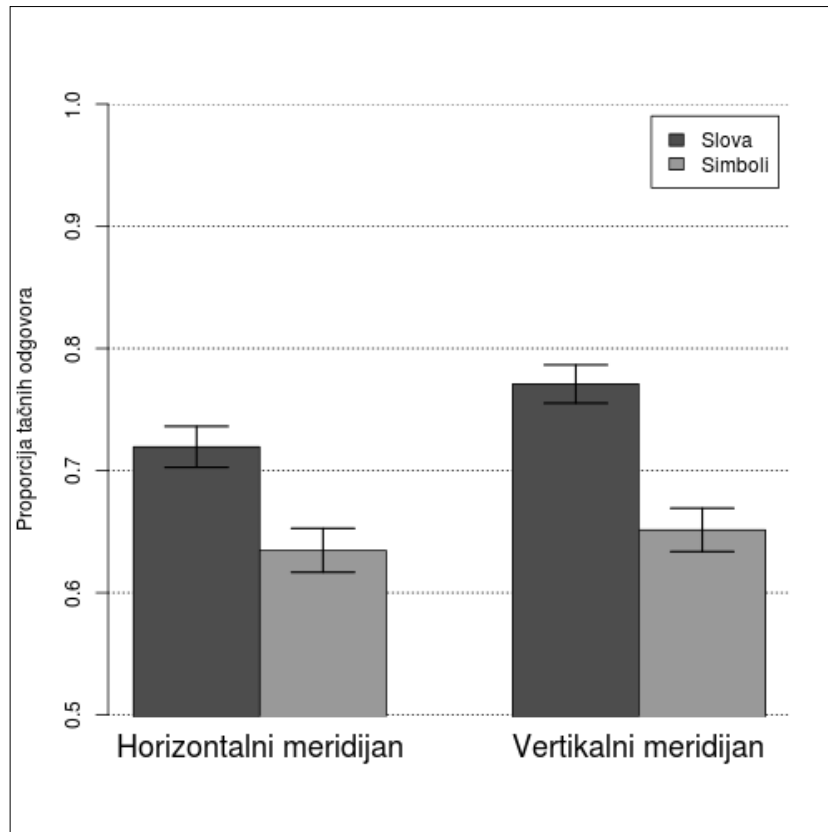
9.2 Rezultati eksperimenta 2

Prosečna proporcija tačnih odgovora u eksperimentu 2 iznosila je 0.694. Uspešnost identifikacije ispitanika u četiri eksperimentalne situacije prikazana je na grafikonu 9.1, a numerički prikaz dat je u prilogu 4.

Najsloženiji model opravdan podacima, dobijen postupkom opisanim u odeljku 7.7., prikazan je u tabeli 9.1. Značajano variranje postojalo je među *Ispitanicima* i među *Stimulusima*, a korekcije nagiba glavnih efekata za pojedinačne stimuluse i ispitanike nisu bile potrebne. Rezultati pokazuju značajan efekat *Vrste stimulusa*: identifikacija slova bila je znatno uspešnija od identifikacije simbola. Razlika u proporciji tačnih odgovora između slova i simbola iznosila je 0.1, što odgovara uvećanju od 20% za uspešnost identifikacije slova u odnosu na identifikaciju simbola.

Pored toga, ustanovljen je efekat lokacije, koji je na nivou pouzdanosti od 95% bio statistički značajan: identifikacija na vertikalnom meridijanu bila je nešto uspešnija nego identifikacija na horizontalnom meridijanu. Razlika u proporciji tačnih odgovora na dva meridijana iznosila je 0.034, što odgovara uvećanju od 6.82%. Prednost slova u odnosu na simbole bila je uravnotežena po meridijanima, o čemu svedoči odsustvo interakcije *Vrsta*

stimulusa x Lokacija. Efekat *Redosleda* zadavanja eksperimenata nije bio statistički značajan. Vrednosti neznačajnih efekata mogu se videti u tzv. „maksimalnom modelu”, datom u prilogu 5.



Grafikon 9.1. Proporcije tačne identifikacije slova i simbola u eksperimentu 2, po lokacijama izlaganja. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Tabela 9.1: *Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 2*

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
2880	3484	3514	-1737	3474	
Slučajni efekti		St. devijacija			
Ispitanik	0.052	0.227			
Stimulus	0.073	0.272			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		0.854	0.092	9.314	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.487	0.153	-3.195	0.0014
Lokacija		0.167	0.082	2.027	0.0426

Zajednička analiza eksperimenta 1 i eksperimenta 2

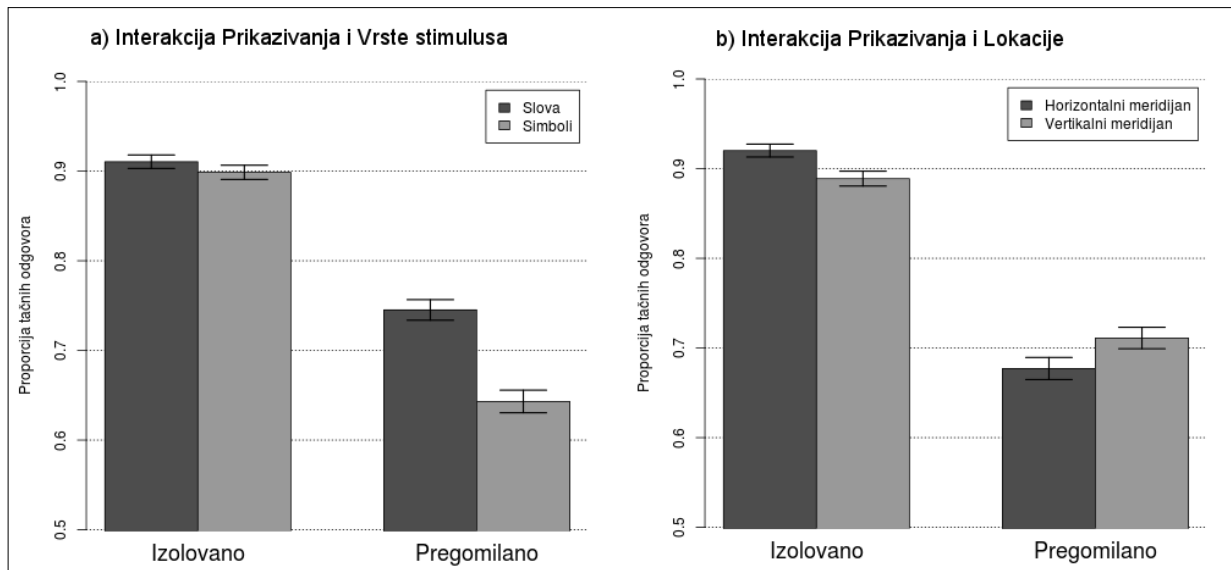
Kao što je već pomenuto, postignuće u eksperimentu 2, drastično je umanjeno u odnosu na postignuće u eksperimentu 1. Kako bi taj efekat bio i statistički potvrđen, i kako bi nalazi prethodnih eksperimenata bili dodatno provereni, izvršena je zajednička analiza dva eksperimenta. U njoj je prethodno korištenim prediktorima dodat i faktor *Prikazivanje* (izolovano, pregomilano).

Tabela 9.2: Najsloženiji model opravan podacima eksperimenata 1 i 2

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
5760	5207	5274	-2593	5187
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija	
Ispitanik (intercept)		0.192	0.438	
Prikazivanje		0.579	0.761	
Stimulus		0.054	0.231	
Fiksni efekti	β	SE	z	p
(Intercept)	1.686	0.120	14.038	< 0.0001
Prikazivanje	-1.672	0.191	-8.768	< 0.0001
Vrsta stimulusa	-0.304	0.134	-2.276	0.0228
Lokacija	-0.109	0.078	-1.413	0.1577
Prikazivanje x Vrsta stimulusa	-0.361	0.154	-2.339	0.0193
Prikazivanje x Lokacija	0.551	0.155	3.550	0.0004

Najsloženiji model opravdan združenim podacima dva eksperimenta prikazan je u tabeli 9.2. (maksimalni model dat je u prilogu 6). Slučajni efekti *Ispitanika* i *Stimulusa* su potvrđeni, a uključivanje zasebnih nagiba efekta *Prikazivanja* za ispitanike je takođe unapređivalo model. Očekivano, ustanovljen je ubedljiv efekat *Prikazivanja* – izolovano prikazivanje stimulusa rezultovalo je mnogo uspešnijom identifikacijom od pregomilanog prikazivanja (grafikon 9.2a i 9.2b). Pored toga, a u skladu sa rezultatima pojedinačnih eksperimenata, registrovane su značajne interakcije *Prikazivanja* sa *Vrstom stimulusa* i sa *Lokacijom* izlaganja. Kao što se može videti na grafikonu 9.2a, slova i simboli jednako su tačno identifikovani kada su prikazivani pojedinačno, tj. u izolaciji; sa druge strane, u situaciji pregomilavanja slova su znatno uspešnije identifikovana od simbola. Na grafikonu 9.2b vidi se da je identifikacija izolovanih slova i simbola na horizontalnom meridijanu bila nešto uspešnija od identifikacije na vertikalnom meridijanu; sa druge strane, u situaciji

pregomilavanja identifikacija na vertikalnom meridijanu bila je nešto tačnija od identifikacije na horizontalnom meridijanu.



Grafikon 9.2. a) Poređenje uspešnosti identifikacije slova i simbola u uslovima izolovanog izlaganja (eksperiment 1) i pregomilanog izlaganja (eksperiment 2). b) Poređenje uspešnosti identifikacije na horizontalnom i vertikalnom meridijanu u uslovima izolovanog izlaganja (eksperiment 1) i pregomilanog izlaganja (eksperiment 2). Na oba grafikona uočljiv je veliki pad u identifikaciji u uslovima pregomilavanja u odnosu na izolovanu identifikaciju. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

9.3 Diskusija eksperimenta 2

Prvi nalaz eksperimenta 2 jeste da je pregomilavanje slova manje u odnosu na pregomilavanje simbola. U primenjenoj proceduri, imajući u vidu mogući opseg variranja tačnosti odgovora ispitanika, ta razlika iznosila je 20%. Ovaj rezultat je direktna replikacija glavnog nalaza studije Graingera i saradnika. Budući da je u eksperimentu 1 uspešnost identifikacije pojedinačnih slova i simbola bila podjednaka, dobijeni efekat vrste stimulusa pouzdano se može smatrati specifičnom posledicom pregomilavanja. Postojanje grupe objekata čije je pregomilavanje smanjeno u odnosu na druge objekte kosi se sa stanovištem prema kojem je pregomilavanje opšti fenomen vanfovealne percepcije, koji zavisi jedino od udaljenosti stimulusa od fovee (i razmaka između meta i ometača) i na koji ne utiče ni jedan drugi faktor – pa tako ni vrsta objekta koji biva identifikovan (Pelli, 2004; Pelli & Tillman, 2008). Naravno, naš rezultat, koji replicira studiju Graingera i saradnika, ne govori protiv ideje da je ekscentricitet važan faktor od kojeg zavisi nivo pregomilavanja. On pokazuje da ekscentricitet nije jedini takav faktor. U tom smislu, naš rezultat podržava stanovište prema

kojem bi tzv. Boumino pravilo trebalo shvatati upravo u skladu sa originalnom Bouminom idejom – kao pravilo, a ne kao „tvrđi” zakon, kako to predlaže Pelli (Pelli et al., 2004; Pelli & Tillman, 2008; još pažnje ovom pitanju biće posvećeno u opštoj diskusiji). Kao što je u uvodnom poglavlju rečeno, studija Graingera i saradnika nije prva studija u kojoj je pokazano da nivo pregomilavanja može zavisiti i od drugih faktora izuzev razmaka između meta i ometača (i ekscentriciteta). Efekti drugih faktora, pored kritičnog razmaka, pokazani su u većem broju studija (Nazir, 1992; Kooi et al., 1994; Pöder, 2006; 2007; Kennedy & Whittaker, 2010; Chung et al., 2001; Zhang et al., 2009; Livne & Sagi, 2007; Saarela et al., 2009; Yeothikar et al., 2011; Saarela & Herzog, 2009; Sun et al., 2010; Chung, 2007; Huckauf & Nazir, 2007; Hussain et al., 2012).

Ishod eksperimenta 2, međutim, predstavlja više od proste replikacije studije Graingera i saradnika: odsustvo interakcije vrste stimulusa i lokacije njihovog izlaganja pokazuje da efekat vrste stimulusa nije ograničen isključivo na horizontalni meridijan u parafovei. Efekat pretpostavljene optimizacije vizuelnog sistema uočljiv je i na lokacijama na kojima se perceptivno učenje odvija.

Prema predlogu Graingera i saradnika (2010), efekat manjeg pregomilavanja slova uzrokovan je smanjenjem receptivnih polja neurona koji ih detektuju i ova modifikacija odvija se na nivou detektora za oblike slova predviđenih modelom lokalne kombinacije detektora (Dehaene et al., 2005). Imajući u vidu da pomenuti model predviđa relativnu lokacijsku specifičnost detektora oblika slova (tj. njihovu aktivaciju samo ukoliko se stimulacija pojavi u ograničenom delu vizuelnog polja), postoje dva moguća objašnjenja generalizacije efekta na vertikalne lokacije. Prema prvom, optimizovani detektori ne bi bili potpuno lokacijski specifični, odnosno oni bi reagovali i na stimulaciju koja se nalazi malo iznad ili ispod treniranih lokacija. Prema drugom, optimizacija (tj. smanjenje receptivnih polja) prenosila bi se sa detektora zaduženih za opažanje na horizontalnom meridijanu i na druge detektore za oblike slova (konkretno, na one koji su zaduženi za detektovanje slova prikazanih na vertikalnom meridijanu parafovee). Drugo objašnjenje predviđalo bi postojanje posebnih detektora za oblike slova i na (parafovealnim) lokacijama na kojima se čitanje ne odvija. Budući da se postojanje posebnih detektora specijalizovanih za prepoznavanje oblika slova u određenim delovima vizuelnog polja objašnjava veoma čestim pojavljivanjem takvih stimulusa, smatramo da je postojanje ovakvih detektora na vertikalnom meridijanu manje verovatno od mogućnosti da postoji izvesna prostorna fleksibilnost detektora razvijenih na lokacijama na kojima se perceptivno učenje odvija. Model lokalne kombinacije detektora

zaista i predviđa takvu delimičnu prostornu fleksibilnost. Prema njemu, detektori oblika slova tentativno su smešteni u zonu V4, za koju je navedena prosečna veličina receptivnih polja od 8° vizuelnog ugla. Prema najkonzervativnijim procenama prosečna veličina na ekscentricitetu od 1.5° ne pada ispod 2° (Motter, 2009). Stoga je naš nalaz o generalizaciji efekta smanjenog pregomilavanja slova na vertikalni meridijan u parafovei u skladu sa procenama veličine receptivnih polja zone u koju su detektori oblika slova, prema pomenutim predlozima (Dehaene et al., 2005; Grainger et al., 2010), smešteni.

Postojanje prostornog transfera efekta perceptivnog učenja registrovano u našem eksperimentu u skladu je sa savremenim shvatanjima ovog fenomena: premda se potpuna lokacijska specifičnost efekata perceptivnog učenja može registrovati pri treningu identifikacije najjednostavnijih vizuelnih stimulusa, za čiju je obradu zadužena zona V1 (Adini, Sagi, & Tsodyks, 2002; Teich & Qian, 2003, Zhaoping, Herzog, & Dayan, 2003; Karni & Sagi, 1991; Poggio, Fahle, & Edelman, 1992), u većem broju novijih studija pokazano je postojanje lokacijskog transfera, koje ukazuje na mogućnost postojanja perceptivnog učenja na kasnijim, čak i neretnotopskim fazama obrade (npr. Xiao, Zhang, Wang, Klein, Levi, & Yu, 2008; Zhang, Xiao, Klein, Levi, & Yu, 2010; Mukai, Kim, Fukunaga, Japee, Marrett, & Underleider, 2007; videti takođe i hipotezu o centralnom poretku mehanizma perceptivnog učenja izloženu u Mollon & Danilova, 1996).

Pored upravo razmotrenog glavnog nalaza, eksperiment 2 je pokazao da je identifikacija na vertikalnom meridijanu bila uspešnija od identifikacije na horizontalnom meridijanu. Na prvi pogled, ovaj rezultat bi se mogao učiniti iznenađujućim, ukoliko se u vidu imaju rezultati eksperimenta 1, kao i obimna literatura koja svedoči o anatomski uslovljenoj superiornosti vizuelne obrade na horizontalnom meridijanu (Altpeter et al., 2000; Anderson et al., 1992; Cameron et al., 2002; Carrasco et al., 2001; 2002; Mackeben, 1999; Pointer & Hess, 1989; Regan & Beverley, 1983; Seiple, et al., 2004; Weymouth et al., 1928). Zaista, promena smeru efekta lokacije pri zameni zadatka izolovane identifikacije (eksperiment1) zadatkom pregomilane identifikacije (eksperiment 2) mogla bi delovati zbunjujuće s obzirom sličnost dva eksperimentalna zadatka. U eksperimentu 1 i eksperimentu 2 identične mete identifikovane su na istim lokacijama i u istim uslovima, izuzev što se u eksperimentu 2 identifikacija objekata bila donekle otežana prisustvom druga dva objekta u njenoj blizini. Međutim, dobijena inverzija efekta je razumljiva, ukoliko se ima u vidu fenomen radijalno-tangencijalne anizotropije koji se javlja pri pregomilavanju (Toet & Levi, 1992; Whitney & Levi, 2011; Pelli et al., 2007; Levi & Carney, 2009; Petrov &

Meleshkevich, 2011a). Kao što je u uvodnom poglavlju rečeno, radijalno pozicionirani ometači (horizontalno pozicionirani ometači za mete prikazane na horizontalnom meridijanu i vertikalno pozicionirani ometači za mete prikazane na vertikalnim lokacijama) uzrokuju intenzivnije pregomilavanje od ometača smeštenih na tangencijalnoj osi (vertikalnih ometača za mete prikazane na horizontalnom meridijanu i horizontalnih ometača prikazanih uz mete smeštene na vertikalnim pozicijama). Budući da su u našem eksperimentu mete uvek bile okružene horizontalnim ometačima, bilo da su stimulusi prikazivani na horizontalnom ili vertikalnom meridijanu, količina pregomilavanja koju su oni proizvodili na dva meridijana se razlikovala. Pri prikazivanju meta na horizontalnom meridijanu one su bile pregomilavane radijalno pozicioniranim ometačima, koji izazivaju veći nivo pregomilavanja, dok su pri prikazivanju meta na vertikalnom meridijanu one bile pregomilavane tangencijalno pozicioniranim ometačima, koji u manjoj meri ometaju identifikaciju. Iz ovog razloga, tačnost identifikacije na horizontalnom meridijanu bila je umanjena u odnosu na identifikaciju koja se odvijala na vertikalnom meridijanu. Na osnovu rečenog, ne može se zaključiti da se dobijeni nalazi kose sa rezultatima brojnih studija u kojima je pokazano bolje vizuelno operisanje duž horizontalnog meridijana u vizuelnom polju. Da bi se ispitalo utiče li prezentacija stimulusa na dva meridijana na intenzitet pregomilavanja bilo bi potrebno kontrolisati efekat radijalno-tangencijalne anizotropije. Ovom pitanju biće posvećena pažnja u eksperimentima 4 i 5.

Uspešnost identifikacije bila je neujednačena za različite stimuluse i različite ispitanike, o čemu svedoči potreba za uključivanjem oba slučajna efekta u model. Ovaj rezultat je očekivan, budući da se standardno javlja pri modeliranju mešovityh efekata. Kada je u pitanju pregomilavanje, prisustvo znatnih individualnih razlika registrovano je u velikom broju studija (npr. Chung & Mansfield, 2009; Feng et al., 2007; Felisberti et al., 2005; Kooi, Toet, Tripathy, & Levi, 1994; Legge et al., 2001; Petrov & Meleshkevich, 2011a; 2011b; Petrov et al., 2007; Toet & Levi, 1992) i smatra se jednom od karakteristika ovog fenomena. (Levi, 2008).

Procenat tačne identifikacije u eksperimentu 2 iznosio je oko 70%, što približno odgovara postignuću u studiji Graingera i saradnika (Grainger et al., 2010). U našem eksperimentu stimulusi su prikazivani na četiri pozicije u vizuelnom polju (na horizontalnom i vertikalnom meridijanu), dok su u studiji Graingera i saradnika prezentacija vršena samo na dve horizontalne pozicije. Imajući u vidu slično postignuće ispitanika u njima, može se

zaključiti da uvećavanje broja pozicija na kojima su stimuli prikazivani nije otežavalo zadatak koji je stavljen pred ispitanike.

Zajednička analiza rezultata eksperimenta 2 sa rezultatima eksperimenta 1 pokazala je da je tačnost pregomilane identifikacije znatno manja u poređenju sa tačnošću identifikacije izolovanih meta. Ovo predstavlja očekivani efekat pregomilavanja. Veličina pada u eksperimentu 2, koja iznosi oko 20% (ili efektivno 40%, ukoliko se u obzir uzme mogući opseg variranja odgovora ispitanika) predstavlja kvantitativni opis efekta pregomilavanja za korištenu eksperimentalnu proceduru. Pored ovoga, ustanovljena interakcija vrste stimulusa i načina prikazivanja u zajedničkoj analizi dva eksperimenta potvrdila je zaključak da je smanjeno pregomilavanje slova autentičan efekat pregomilavanja. Najzad, interakciju lokacije i načina prikazivanja koja je registrovana u zajedničkoj analizi dva eksperimenta moguće je objasniti selektivnim prisustvom radijalno-tangencijalne anizotropije u uslovima pregomilane identifikacije.

10 EKSPERIMENT 3: PARAFOVEALNA IDENTIFIKACIJA ĆIRILIČNIH I LATINIČNIH SLOVA

U eksperimentu 3 ispitivana je parafovealna identifikacija slova dva pisma srpskog jezika. eksperiment se sastojao iz dva dela. Eksperiment 3a izveden je kako bi se proverilo ima li razlike u identifikaciji izolovanih slova ćirilice i latinice. Njegovi rezultati trebali su da posluže kao osnova za poređenje sa rezultatima dobijenim u eksperimentu 3b, u kome je testirana pregomilana parafovealna identifikacija ćiriličnih i latiničnih slova.

Cilj eksperimenta 3 bio je da se detaljnije ispita efekat smanjenog pregomilavanja slova. U radu Graingera i saradnika (Grainger et al., 2010) pretpostavljeno je da ovaj efekat predstavlja posledicu optimizacije vizuelnog sistema, do koje dolazi kako bi se obezbedilo nesmetano odvijanje procesa čitanja. Takva zamisao izdvaja slova u odnosu na druge grupe (čak i veoma sličnih) objekata i pretpostavlja da je smanjenje u pregomilavanju specifičnost svojstvena slovima. Sa druge strane, pretpostavljeni mehanizam putem kojeg dolazi do smanjenja receptivnih polja predstavlja perceptivno učenje, odnosno iskustvo ispitanika. Imajući ovo u vidu, želeli smo da proverimo je li efekat smanjenog pregomilavanja zaista specifičnost koja slova razlikuje od drugih objekata. Alternativna mogućnost bila bi da oštra distinkcija između slova i drugih objekata nije presudna, već da se za svaku konkretnu grupu objekata (bili oni slova ili ne) može registrovati specifičan nivo pregomilavanja, koji bi

odražavao količinu perceptivnog iskustva vizuelnog sistema sa njima. U tom slučaju različit nivo pregomilavanja mogao bi se očekivati pri poređenju ma kojih grupa objekata koje se razlikuju u pogledu zastupljenosti u iskustvu ispitanika: sa povećanjem zastupljenosti u iskustvu pregomilavanje bi se smanjivalo. Ovakav ishod bio bi u suprotnosti sa zamišlju Graingera i saradnika, koji su slova izdvojili kao posebnu grupu objekata, različitu od drugih.

U nameri da damo odgovor na ovo pitanje, iskoristili smo činjenicu da se u u Srbiji danas koriste dva pisma, ali da se ona ne koriste u jednakoj meri. Objektivni pokazatelji relativne zastupljenosti dva pisma na ulicama Novog Sada, koje smo prikupili za potrebe jedne ranije studije (Vejnović, Milin, & Zdravković, 2010) ukazuju da je odnos 88% - 12%, u korist latiničnog pisma. Ovakva neujednačenost u zastupljenosti u iskustvu često se reflektuje i na brzinu obrade u psiholingvističkim eksperimentima. Prve rezultate koji svedoče o superiornijoj obradi latinice objavili su Bujas i Bujas (1938), a replicirao ih je Rohaček (1973). Sa druge strane, kada su testirani ispitanici čija je upotreba dva pisma ujednačenija, razlike u brzini obrade nisu uočene (Rot i Kostić, 1988). U novije vreme, nekoliko eksperimenata izvedenih u Novom Sadu i Banja Luci (Vejnović i Jovanović, 2012; Vejnović et al., 2010; Vejnović, Dimitrijević i Zdravković, 2011) takođe je pokazalo da je obrada reči i rečenica ispisanih latinicom brža, uprkos odsustvu dokaza o vizuelnoj superiornosti latiničnih slova (npr. Ognjenović, Škorc i Morača, 1995, Rot i Kostić, 1986; 1987; 1988). Imajući u vidu rečeno, u eksperimentu 3 želeli smo da proverimo hoće li se superiornija obrada latiničnog pisma, kao posledica njegove veće zastupljenosti u sredini ispitanika, ispoljiti i u parafovealnoj identifikaciji slova.

Što se tiče ishoda eksperimenta 3a, očekivali smo da razlike u izolovanoj identifikaciji između slova dva pisma neće biti. Ovo očekivanje temelji se na ishodu eksperimenta 1. Pošto u njemu razlike u uspešnosti izolovane identifikacije nisu uočene, uprkos razlikama u količini iskustva ispitanika sa dve grupe objekata, očekivali smo da takav ishod bude ponovljen i u eksperimentu 3a. Kada je u pitanju eksperiment 3b, ujednačen nivo pregomilavanja ćiriličnih i latiničnih slova (niži od pregomilavanja simbola, testiranog u eksperimentu 2) išao bi u prilog Graingerove zamisli o posebnom statusu slova, barem kada je reč o pregomilavanju (Grainger et al., 2010). Nasuprot tome, veći nivo pregomilavanja ćiriličnih slova bio bi u skladu sa idejom da se za svaki konkretan skup stimulusa može ustanoviti specifičan nivo pregomilavanja, koji bi odražavao količinu iskustva vizuelnog sistema sa tom konkretnom grupom objekata.

10.1 Metod eksperimenta 3

Nacrt

U eksperimentu 3a, kao i u eksperimentu 3b, varirana su dva faktora: *Pismo* i *Lokacija*. Uz ove faktore, u analize je bila uključena kovarijabla *Redosled* (*zadavanja eksperimenata*), kako bi se proverio i kontrolisao eventualni efekat redosleda učestvovanja ispitanika u dva dela eksperimenta.

Stimulusi

Za konstrukciju stimulusa u eksperimentu 3a i 3b korišćeno je po devet ćiriličnih (Б, Д, З, И, Л, П, Ф, Ч, Ш) i latiničnih slova (D, F, G, N, L, S, R, V, Z). Pri selekciji stimulusa vodili smo se načelom da svako od korišćenih slova nedvosmisleno može pripadati samo jednom pismu – grafeme koje imaju fonološke interpretacije u oba pisma nisu upotrebljavane. Pošto tri latinična slova koja su korištena u prethodnim eksperimentima (B, K, T) nisu zadovoljavala ovaj kriterijum, umesto njih su korištena slova R, V i Z. Ostalih šest latiničnih slova (D, F, G, N, L, S) preuzeta su iz prethodnih eksperimenata. Odabrane grupe stimulusa ni u ovom eksperimentu nisu se značajno razlikovale u pogledu vizuelne kompleksnosti: $M_{\text{Ćir}} = 5.8594$; $M_{\text{Lat}} = 5.4792$; $t(16) = 1.57$, $p = 0.136$ (kompleksnost obima za svako od prikazivanih slova prikazana je u prilogu 1).

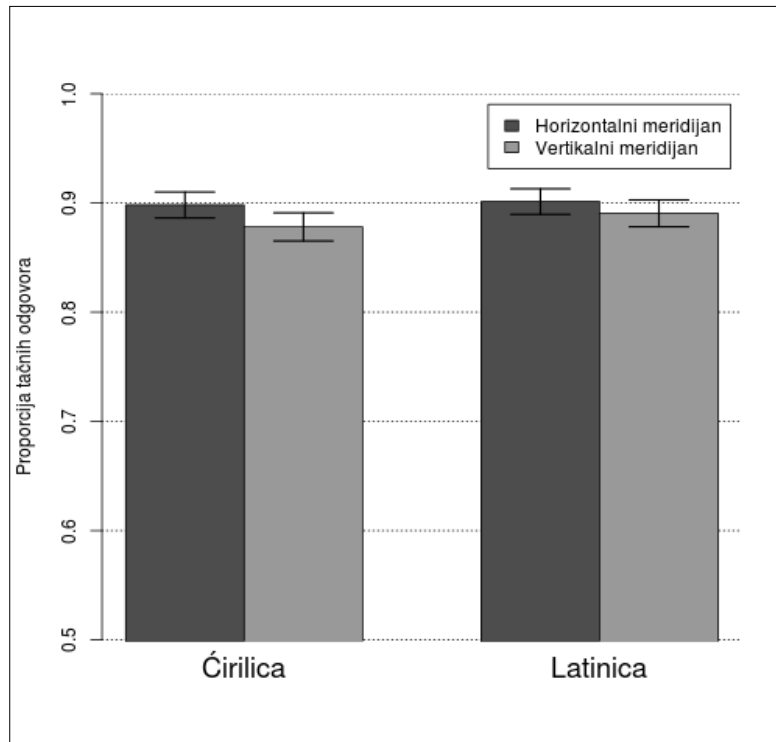
U pogledu svih drugih osobina stimulusa, eksperiment 3a bio je identičan Eksperimentu 1, a eksperiment 3b podražavao je eksperiment 2.

10.2 Rezultati eksperimenta 3

Eksperiment 3a: izolovana identifikacija ćiriličnih i latiničnih slova

Rezultati dvoje od dvadeset testiranih ispitanika u eksperimentu 3 isključeni su iz analiza pošto je njihovo postignuće, nezavisno od eksperimentalnih uslova, bilo u nivou nasumičnog pogađanja. Prosečna uspešnost identifikacije slova osamnaest analiziranih ispitanika u eksperimentu 3a iznosila je 89.20%. Uspešnost identifikacije ćiriličnih i

latiničnih slova na horizontalnom i vertikalnom meridijanu prikazana je na grafikonu 10.1 (numerički prikaz dat je u priložju 7).



Grafikon 10.1: Proporcije tačne identifikacije ćirilčnih i latiničnih slova na dva meridijana u eksperimentu 3a. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Kao što se sa grafikona 10.1 može videti, postignuće ispitanika u četiri eksperimentalne situacije bilo je ujednačeno. Ovo je potvrđeno i modeliranjem generalizovanih linearnih mešoviti efekata. Maksimalni model, koji je uključivao efekte dva eksperimentalno varirana faktora (*Pismo* i *Lokacija*) i kovarijablu *Redosled*, te slučajne efekte *Ispitanika* i *Stimulusa*, nije značajno unapređivao predikciju u odnosu na minimalni model koji nije podrazumevao ni jedan fiksni efekat, odnosno koji se sastojao samo iz intercepta i slučajnog efekta *Ispitanika* (test količnika verodostojnosti: $\chi^2 = 2.4293$, $df = 5$, $p = 0.7871$). Imajući u vidu činjenicu da ni jedan modelirani fiksni efekat nije unapređivao predikciju, tj. da je najsloženiji model koji opravdavaju podaci ustvari minimalni model, u tabeli 10.1 prikazani su parametri maksimalnog modela koji pokazuju da efekat nijednog fiksnog parametra nije bio statistički značajan.

Tabela 10.1. *Maksimalni model eksperimenta 3a.*

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
2592	1590	1631	-788.1	1576	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	1.080	1.039			
Stimulus	0.019	0.138			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		2.505	0.261	9.593	< 0.0001
Pismo		0.088	0.150	0.588	0.557
Lokacija		-0.181	0.135	-1.339	0.180
Redosled		0.006	0.522	0.011	0.991
Pismo x Lokacija		0.099	0.270	0.366	0.714

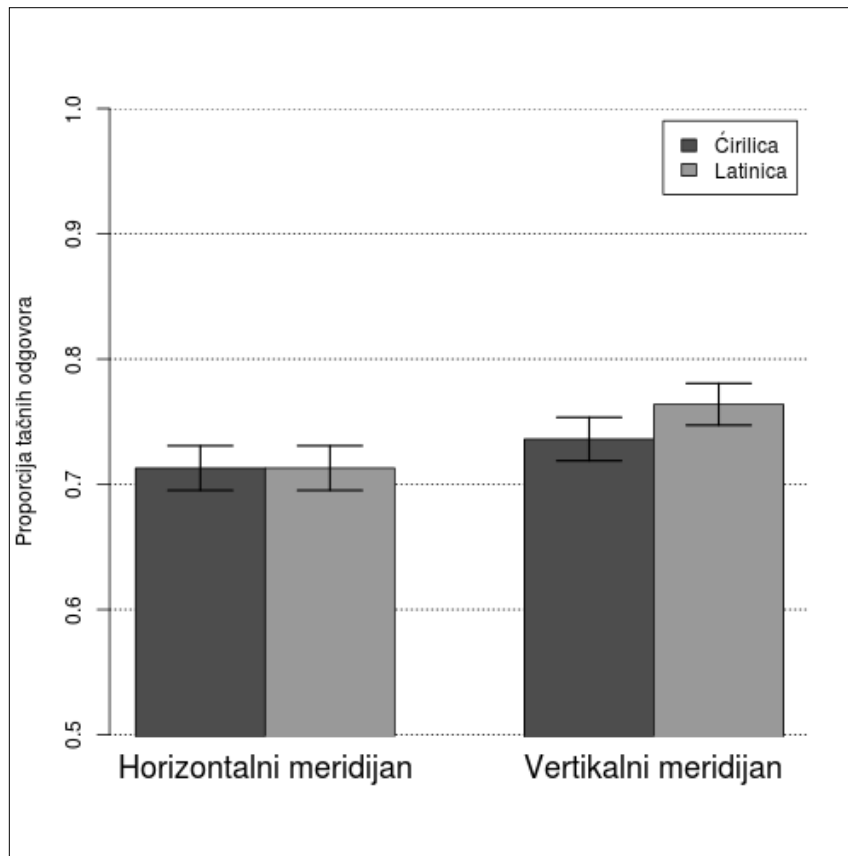
Na osnovu rezultata se može zaključiti da je uspešnost identifikacije slova ćirilice i latinice bila ujednačena. Identifikacija na horizontalnom meridijanu bila je nešto uspešnija od identifikacije na vertikalnom meridijanu, ali ova razlika u uspešnosti, koja je (uzimajući u vidu mogući opseg variranja odgovora) iznosila 3%, nije dosegala statističku značajnost. Interakcija *Pisma* i *Lokacije* takođe nije ustanovljena. Uključivanje slučajnog efekta ispitanika unapređivalo je model, dok je variranje među stimulusima bilo minimalno.

Eksperiment 3b: pregomilana identifikacija ćiriličnih i latičnih slova

Prosečna uspešnost identifikacije slova u eksperimentu 3b iznosila je 73.15%. Uspešnost identifikacije ćiriličnih i latiničnih slova na horizontalnom i vertikalnom meridijanu prikazana je na grafikonu 10.2, a numerički prikaz deskriptivnih statističkih pokazatelja za dat je u prilogu 8).

Najsloženiji model opravdan podacima prikazan je u tabeli 10.2. Značajano variranje postojalo je među *Ispitanicima* i među *Stimulusima*. Rezultati pokazuju značajan efekat *Lokacije*, čiji nagib nije bilo potrebno korigovati za pojedinačne ispitanike ni stimuluse. Identifikacija na vertikalnom meridijanu bila je nešto uspešnija od identifikacije na horizontalnom meridijanu. Razlika u proporciji tačnih odgovora na dva meridijana iznosila je 0.037, što, uzevši u obzir opseg mogućeg variranja odgovora, odgovara iznosu od 7.5%. Važnije od toga, efekat prediktora *Pismo* nije bio statistički značajan – ni kao glavni efekat ni

u interakciji sa *Lokacijom izlaganja*. Efekat *Redosleda* zadavanja eksperimenata takođe nije bio značajan. Vrednosti neznačajnih efekata mogu se videti u tzv. „maksimalnom modelu”, datom u prilogu 9.



Grafikon 10.2: Proporcije tačne identifikacije ćiriličnih i latiničnih slova na dva meridijana u eksperimentu 3b. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Tabela 10.2: *Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 3b*

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
2592	2939	2962	-1465	2931	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.220	0.469			
Stimulus	0.077	0.277			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		1.070	0.136	7.842	< 0.0001
Lokacija		0.199	0.091	2.193	0.0283

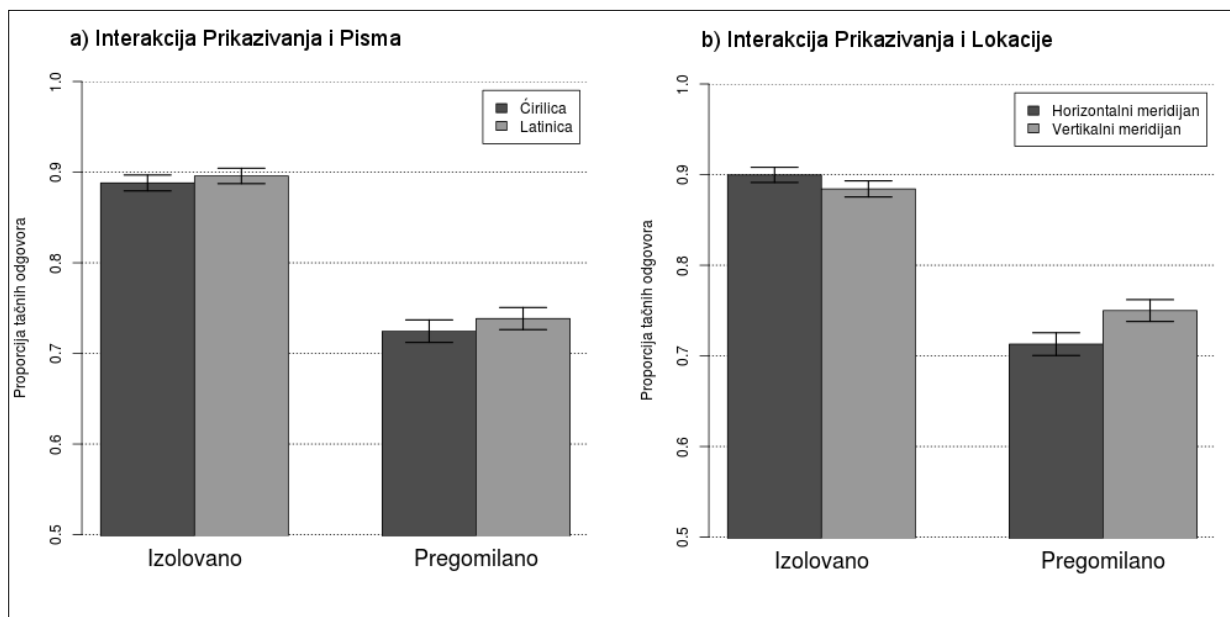
Zajednička analiza eksperimenta 3a i eksperimenta 3b

U cilju potvrde rezultata dobijenih u analizama eksperimenta 3a i eksperimenta 3b, izvršena je zajednička analiza rezultata ova dva eksperimenta. Pored *Pisma* i *Lokacije* kao fiksni prediktor u zajedničkoj analizi modelirano je i *Prikazivanje* (izolovano, pregomilano), koje je odgovarao načinu prikazivanja stimulusa u eksperimentu 3a i eksperimentu 3b.

Tabela 10.3: *Najsloženiji model opravan podacima eksperimenata 3a i 3b*

br. opservacija		AIC	BIC	LogLik	devijacija
5184		4517	4570	-2251	4501
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	(intercept)	0.431	0.657		
	Prikazivanje	0.907	0.952		
Stimulus		0.061	0.246		
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		1.794	0.172	10.419	< 0.0001
Lokacija		0.008	0.081	0.095	0.9244
Prikazivanje		-1.456	0.244	-5.964	< 0.0001
Prikazivanje x Lokacija		0.381	0.163	2.343	0.0191

Najsloženiji model opravdan podacima prikazan je u tabeli 10.3 (maksimalni model dat je u prilogu 10). Slučajni efekti ispitanika i stimulusa su potvrđeni, a uključivanje zasebnih nagiba efekta *Prikazivanja* za ispitanike takođe je unapređivalo model. Očekivano, ustanovljen je ubedljiv glavni efekat *Prikazivanja* – izolovano prikazivanje stimulusa rezultovalo je mnogo uspešnijom identifikacijom od pregomilanog prikazivanja (grafikon 10.3a i 10.3b). Efekat prediktora *Pismo* nije bi značajan ni kao glavni efekat, niti u interakciji sa drugim prediktorima. Kao što se može videti na grafikonu 10.3a, ćirilična i latinična slova jednako su tačno identifikovana, bilo da su izlagana pojedinačno ili u situaciji pregomilavanja. Registrovana je interakcija *Lokacije* i *Prikazivanja*: identifikacija izolovanih slova bila je nešto uspešnija na horizontalnom meridijanu, dok je u uslovima pregomilane identifikacije uspešnost na vertikalnom meridijanu bila statistički značajno viša (grafikon 10.3b).



Grafikon 10.3: a) Poređenje uspešnosti identifikacije ćiriličnih i latiničnih slova u uslovima izolovanog izlaganja (eksperiment 3a) i pregomilanog izlaganja (eksperiment 3b). b) Poređenje uspešnosti identifikacije na horizontalnom i vertikalnom meridijanu u uslovima izolovanog izlaganja (eksperiment 3a) i pregomilanog izlaganja (eksperiment 3b). Na oba grafikona uočljiv je upadljiv pad u identifikaciji u uslovima pregomilavanja u odnosu na izolovanu identifikaciju. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

10.3 Diskusija rezultata eksperimenta 3

Rezultati eksperimenta 3 pokazali su da ćirilična i latinična slova bivaju podjednako uspešno identifikovana u okolnostima parafovealne prezentacije. Preciznije, podjednak nivo uspešnosti identifikacije ustanovljen je kako u situaciji izolovane prezentacije (eksperiment 3a), tako i u situaciji pregomilane prezentacije (eksperiment 3b).

Osnovna pretpostavka o ishodu eksperimenta 3a, koja je predviđala ujednačenu izolovanu identifikaciju ćiriličnih i latiničnih slova, je potvrđena. U eksperimentu 1 (kao i u studiji Grainger i sar., 2010), nije ustanovljena razlika u uspešnosti izolovane identifikacije dve vrste stimulusa – (latiničnih) slova i simbola. Uprkos činjenici da su količine iskustva koju su testirani ispitanici imali kada su u pitanju (latinična) slova i njima slični simboli nejednake, njihova izolovana identifikacija bila je podjednako uspešna. Isti je slučaj bio i u eksperimentu 3a: bez obzira na razliku u izloženosti ćiriličnom i latiničnom pismu, njihova izolovana parafovealna identifikacija bila je ujednačena. Ovi nalazi sugerišu da izolovana parafovealna identifikacija jednostavnih objekata, barem u uslovima u kojima su naši eksperimenti vršeni, ne mora biti pod uticajem količine perceptivnog iskustva. Nalaz o

ujednačenoj izolovanoj identifikaciji slova dva pisma takođe omogućuje da se eventualno registrovani efekat u eksperimentu 3b pripiše osobenostima njihovog pregomilavanja.

Međutim, u eksperimentu 3b rezultat je bio isti kao i u eksperimentu 3a: razlika u uspešnosti identifikacije ćiriličnih i latiničnih slova nije registrovana. Ovakav ishod govori protiv pretopostavke prema kojoj bi za svaki konkretan skup objekata bilo moguće odrediti karakterističan nivo pregomilavanja, koji bi bio jedna vrsta indeksa količine iskustva (tj. treninga ili vežbe) koju ispitanici sa tom konkretnom grupom stimulusa imaju. Iako su naši ispitanici imali znatno više iskustva sa latiničnim slovima u odnosu na ćirilična, ova razlika nije se odrazila na njihovo postignuće u zadatku pregomilane identifikacije. Dobijeni rezultat podržava osnovu tezu Graingera i saradnika (2010), prema kojoj slova predstavljaju naročitu grupu objekata, čije se parafovealno procesiranje, usled iskustva, optimizuje i postaje efikasnije nego što je to slučaj kada su u pitanju neki drugi slični objekti. U našim eksperimentima, ta povećana efikasnost ogleda se u smanjenom nivou pregomilavanja pri parafovealnom izlaganju. Rezultati naše studije pokazuju da razlika u nivou pregomilavanja postoji između slova i nekih drugih simbola (eksperiment 2), ali da takva razlika nije uočljiva kada su u pitanju ćirilična i latinična slova – iako je iskustvo ispitanika u pogledu dva pisma takođe neujednačeno.

Kada je u pitanju lokacija izlaganja, rezultati eksperimenta 3a i eksperimenta 3b, potvrđuju nalaze eksperimenta 1 i eksperimenta 2. U uslovima izolovane identifikacije, uspešnost je bila nešto veća na horizontalnom meridijanu nego na vertikalnom, premda ova razlika nije dosegala nivo statističke značajnosti. Ovaj odnos menja smer kada se stimulusi prikazuju u uslovima pregomilavanja, pa je u ovom slučaju identifikacija na vertikalnom meridijanu nešto tačnija u odnosu na identifikaciju na horizontalnom meridijanu (razlika tada postaje marginalno značajna, a ispitanici su se međusobno razlikovali u pogledu jačine ovog efekta – o čemu svedoči korekcija nagiba efekta *Lokacije* za pojedinačne ispitanike). U skladu sa rečenim, pri zajedničkoj analizi eksperimenta 3a i eksperimenta 3b, ustanovljena je interakcija *Prikazivanja* i *Lokacije*. Imajući u vidu ono što je povodom odnosa lokacije i uspešnosti identifikacije rečeno u diskusiji eksperimenta 2, ovi nalazi su očekivani. Kao što je na tom mestu komentarisano, veliki broj studija pokazuje da je identifikacija objekata na horizontalnom meridijanu nešto uspešnija u odnosu na identifikaciju na vertikalnom meridijanu. Prednost vertikalnog meridijana pri pregomilanoj identifikaciji, ustanovljena u eksperimentu 2 i replicirana u eksperimentu 3b, posledica je radijalno-tangencijalne anizotropije, odnosno činjenice da su ometači u eksperimentima uvek bili smešteni levo i

desno u odnosu na metu, te su iz tog razloga u većoj meri ometali identifikaciju kada su stimuli prikazivani na vertikalnim pozicijama.

Prosečno postignuće u eksperimentu 3a bilo je slično postignuću u eksperimentu 1 i iznosilo je oko 90%. Sa druge strane, tačnost identifikacije u eksperimentu 3b bila je znatno niža, iznosila je oko 70%, i bila je približna nivou tačne identifikacije u eksperimentu 2. Pad u postignuću između eksperimenta 3a i eksperimenta 3b, koji imajući u vidu mogući opseg variranja tačnosti odgovora ispitanika iznosi 40%, a o kome svedoči i ubedljiv efekat *Prikazivanja* u zajedničkoj analizi dva dela eksperimenta 3, ilustruje efekat pregomilavanja. Njegovim registrovanjem repliciran je nalaz dobijen u zajedničkoj analizi eksperimenta 1 i eksperimenta 2.

O značajnim individualnim razlikama pri identifikaciji izolovanih i pregomilanih slova, svedoči značajan doprinos modela koji uključuje slučajni efekat ispitanika. Kao što je komentarisano u diskusiji eksperimenta 2, te razlike su uočene u većem broju ranijih studija, a takođe su potvrđene i u svim do sada diskutovanim eksperimentima ove studije. Za razliku od eksperimenta 1, redosled učestvovanja u dva dela eksperimenta 3 nije imao uticaja na postignuće u njima.

11 EKSPERIMENT 4: ZAVISNOST PREGOMILAVANJA SLOVA I SIMBOLA OD ORIJENTACIJE NIZA STIMULUSA

U eksperimentu 2 repliciran je nalaz Graingera i saradnika (2010), prema kojem su slova manje podložna pregomilavanju u odnosu na simbole. U istom eksperimentu pokazano je da ovaj efekat nije isključivo vezan za horizontalni parafovealni meridijan, na kojem se normalno čitanje odvija. U eksperimentu 4 želeli smo da na drugačiji način testiramo opsežnost efekta smanjenog pregomilavanja slova. Budući da je on objašnjen ekstenzivnim perceptivnim učenjem, tj. svakodnevnim treningom vizuelne obrade veoma velike količine teksta (horizontalnih nizova slova) (Grainger et al., 2010), postavlja se pitanje da li je postulirana specifična adaptacija vizuelnog sistema za potrebe čitanja (tj. opažanja slova) ograničena isključivo na konfiguracije stimulusa koje po orijentaciji odgovaraju tekstu kakvog čitaoci u našoj sredini poznaju (horizontalne nizove) ili adaptacija vizuelnog sistema dovodi do generalnog poboljšanja u identifikaciji pregomilanih slova, u poređenju sa drugim sličnim objektima, bez obzira na orijentaciju u kojoj su prikazivani. Odgovor na prethodno pitanje bio je osnovni cilj eksperimenta 4. Budući da u svojim eksperimentima ovo pitanje

nisu proveravali, zaključak Graingera i saradnika o smanjenom pregomilavanju slova je generalan. Međutim, njihov predlog, koji podrazumeva jednostavno umanjeње površine receptivnih polja detektora za oblik slova, predviđao bi jednako smanjenje pregomilavanja slova bez obzira na orijentaciju njihovih nizova (videti sliku 5.1). Sa druge strane, ponuđeno objašenje za efekat smanjenog pregomilavanja počiva na činjenici da većina ljudi od perioda opismenjavanja svakodnevno, tokom čitavog života, čita veliku količinu teksta – te stoga i dobija veliku količinu treninga u vizuelnoj obradi horizontalno orijentisanih nizova slova. Na osnovu toga bi se moglo očekivati da će unapređenje u obradi nizova slova ispoljavati jedino onda kada se identifikuju nizovi koji po orijentaciji odgovaraju treniranima. Budući da trening u identifikaciji vertikalnih nizova slova praktično i ne postoji, u ovom slučaju do unapređenje u identifikaciji ne bi bilo očekivano. O značaju orijentacije teksta za vizuelnu obradu govore i rezultati eksperimenata u kojima je ispitivana brzina čitanja horizontalno i vertikalno prikazanog teksta (Byrne, 2002; Yu, Park, Gerold, & Legge, 2010). U njima je pokazano da je čitanje vertikalnog teksta osetno (1.4 do 1.8 puta) sporije nego čitanje horizontalnog teksta.

Druga predikcija tiče se odnosa lokacije prikazivanja i orijentacije nizova. Kako je ranije komentarisano, jedan od karakterističnih fenomena pregomilavanja jeste tzv. „radijalno-tangencijalna anizotropija”, tj. veći negativan uticaj ometača pozicioniranih na radijalnoj osi u poređenju sa tangencijalno postavljenim ometačima (Toet & Levi, 1992; Whitney & Levi, 2011; Pelli et al., 2007; Levi & Carney, 2009; Petrov & Meleshkevich, 2011a). U diskusiji rezultata prethodnih eksperimenata iznesena je tvrdnja da je, pri zameni zadatka izolovane identifikacije zadatkom pregomilane identifikacije, promena odnosa postignuća na horizontalnim i vertikalnim lokacijama u vizuelnom polju verovatno bila uzrokovana fenomenom radijalno-tangencijalne anizotropije. Drugim rečima, poboljšana uspešnost pregomilane identifikacije na vertikalnom meridijanu u odnosu na horizontalni meridijan, koja je u suprotnosti sa rezultatima dobijenim u uslovima izolovane identifikacije, objašnjena je manjim ometajućim dejstvom tangencijalnih ometača u odnosu na radijalne ometače (koji su bili karakteristični za izlaganje na horizontalnim lokacijama u prethodnim eksperimentima). Ovakvo objašnjenje direktno je provereno u eksperimentu 4. Ukoliko je ono ispravno, očekivali bismo interakciju orijentacije nizova (tj. pozicioniranja ometača) i lokacije izlaganja. Određenije, očekivali smo da će na horizontalnom meridijanu horizontalno orijentisani stimulusi biti u većoj meri ometani u odnosu na vertikalno orijentisane stimuluse, dok bi, prema istoj pretpostavci, na vertikalnom meridijanu identifikacija

vertikalno orijentisanih stimulusa trebala da bude u većoj meri ometena u odnosu na identifikaciju horizontalno orijentisanih stimulusa. Najzad, budući da se radijalno-tangencijalna anizotropija smatra opštim svojstvom pregomilavanja, u čijoj osnovi leži neuralna arhitektura kortikalnih vizuelnih zona (Toet & Levi, 1992), očekivali smo da će ova interakcija biti prisutna kako pri opažanju slova tako i pri opažanju simbola (odnosno da ona neće zavisiti od vrste stimulusa).

11.1 Metod eksperimenta 4

Nacrt

Pored dva faktora koji su već varirani u eksperimentu 2 – *Vrste stimulusa* i *Lokacije* – u eksperimentu 4 uveden je i faktor *Orijentacija niza* (videti sliku 11.1)

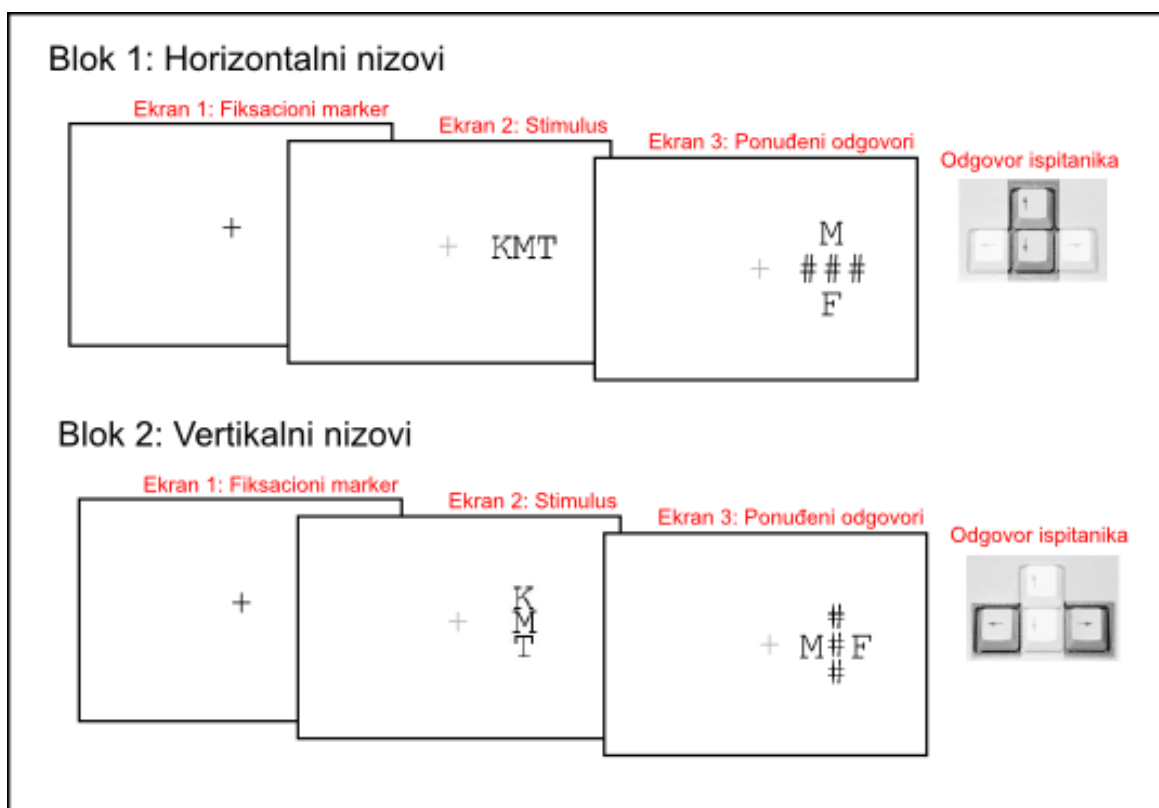
Orijentacija	Horizontalna		Vertikalna	
Lokacija	Horizontalni mer.	Vertikalni mer.	Horizontalni mer.	Vertikalni mer.
Slova	KMT + KMT	KMT + KMT	$\begin{matrix} K \\ M \\ T \end{matrix} + \begin{matrix} K \\ M \\ T \end{matrix}$	$\begin{matrix} K \\ M \\ T \\ + \\ K \\ M \\ T \end{matrix}$
	1	2	3	4
Situacija	5	6	7	8
Orijentacija	Horizontalna		Vertikalna	
Lokacija	Horizontalni mer.	Vertikalni mer.	Horizontalni mer.	Vertikalni mer.
Simboli	?<E + ?<E	?<E + ?<E	$\begin{matrix} ? \\ < \\ E \end{matrix} + \begin{matrix} ? \\ < \\ E \end{matrix}$	$\begin{matrix} ? \\ < \\ E \\ + \\ ? \\ < \\ E \end{matrix}$

Slika 11.1. Prikaz osam eksperimentalnih situacija u 2x2x2 nacrtu eksperimenta 4.

Stimulusi i postupak

Stimulusi i postupak korišteni u eksperimentu 4 bili su identični onima iz eksperimenta 2. Jedina novina tiče se dodavanja vertikalnih nizova stimulusa. Pri njihovom izlaganju, zadatak prisilnog izbora između dve alternative bio je sličan kao i pri prikazivanju

horizontalnih nizova (videti eksperimente 2 i 3). Jedina razlika se sastojala u tome što su, na ekranu na kome su bili ponuđeni odgovori, grafičke maske (tri karaktera „#”) bile orijentisane vertikalno, odslikavajući orijentaciju prethodno prikazanog niza (videti situacije 3, 4, 7 i 8 na slici 11.1; takođe i donju polovinu slike 11.2), a dva ponuđena odgovora nalazila su se sa leve i desne strane srednje grafičke maske. U skladu sa time, kada bi im stimulusi bili prikazani u vertikalnoj orijentaciji, ispitanici su odgovarali pritišćući strelicu levo ili strelicu desno na tastaturi (za razliku od situacije kada su stimulusi prikazivani u horizontalnim nizovima, opisane u metodu eksperimenta 2, gde su odgovori davani pritiskanjem strelice gore ili strelice dole).



Slika 11.2. Izgled zadatka u horizontalnom i vertikalnom bloku eksperimenta 4. Razlike dva bloka sastoje se u a) orijentaciji stimulusa, b) orijentaciji grafičke maske i poziciji ponuđenih odgovora, i c) tasterima koji se koriste za davanje odgovora.

Horizontalni i vertikalni nizovi prikazivani su u dva odvojena bloka (ilustracija izgleda dva eksperimentalna bloka data je na slici 11.2). Ovo je bilo neophodno kako bi se pred ispitanicima uvek nalazio isti izbor između dve alternative i kako bi oni u svakom trenutku znali na koji način, tj. pritišćući koje tastere, treba da daju svoj odgovor. Redosled prikazivanja blokova bio je balansiran po ispitanicima, a u okviru svakog od blokova stimulusi su prikazivani slučajnim redosledom.

Svaki od osamnaest karaktera prikazan je kao meta po četiri puta na horizontalnom meridijanu i po četiri puta na vertikalnom meridijanu, pa je nacrt oblika 2x2x2 rezultirao sa ukupno 288 stimulusa u eksperimentu. Trajanje eksperimenta 4 u proseku je iznosilo oko 25 minuta po ispitaniku.

11.2 Rezultati eksperimenta 4

Pri analizi dobijenih podataka, iz uzorka je isključen jedan ispitanik čije je postignuće nezavisno od eksperimentalnih uslova, bilo u nivou nasumičnog pogađanja. Prosečna uspešnost identifikacije u eksperimentu 4 iznosila je 66%, a postignuća ispitanika u osam eksperimentalnih situacija data su u prilogu 11. Nivo postignuća u eksperimentu 4 bio je uporediv sa postignućem u prethodnim eksperimentima sa pregomilavanjem, a za nijansu niži ukupni prosek tačnih identifikacija u ovom eksperimentu rezultat je nešto slabijeg postignuća u novouvedenim situacijama vertikalno orijentisanih nizova.

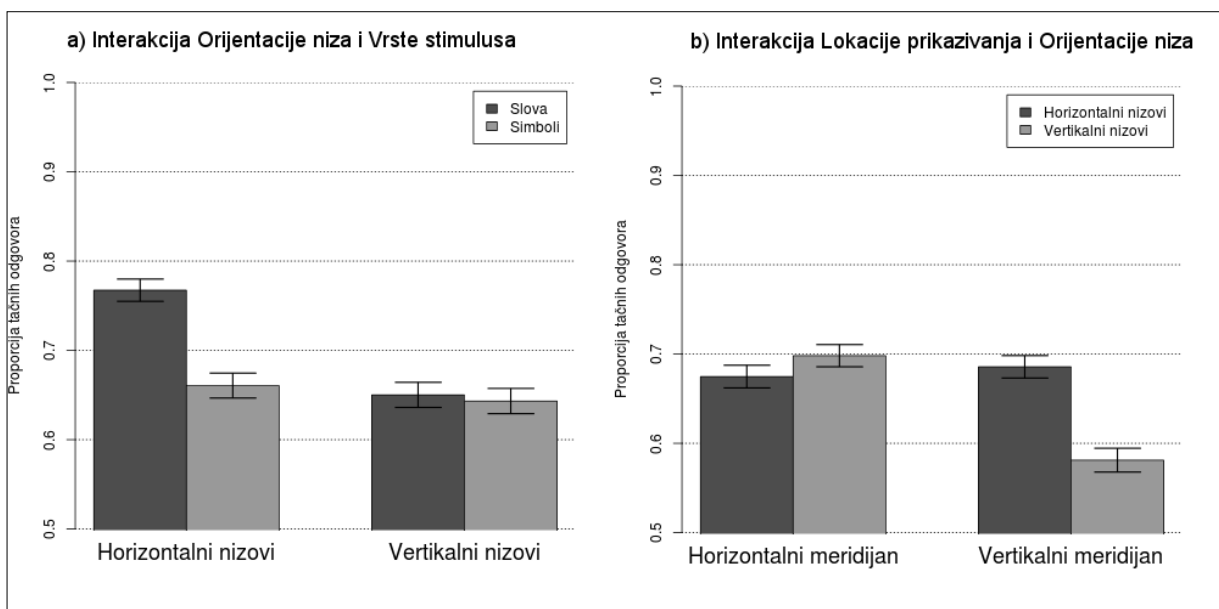
Najsloženiji model opravdan podacima, dobijen postupkom opisanim u odeljku 7.7, prikazan je u tabeli 11.1.

Tabela 11.1. *Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 4*

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
5472	6731	6797	-3355	6711
Slučajni efekti	Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik (intercept)	0.2115	0.4599		
Vrsta stimulusa	0.0926	0.3043		
Stimulus	0.0850	0.2916		
Fiksni efekti	β	SE	z	p
(Intercept)	0.727	0.130	5.617	< 0.0001
Vrsta stimulusa	-0.309	0.165	-1.870	0.0615
Lokacija	-0.182	0.059	-3.088	0.0020
Orijentacija	-0.258	0.059	-4.358	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Orijentacija	0.450	0.118	3.805	0.0001
Lokacija x Orijentacija	-0.596	0.118	-5.049	< 0.0001

Značajano variranje postojalo je među *Ispitanicima* i među *Stimulusima*, a uključivanje zasebnih nagiba efekta *Vrsta stimulusa* za pojedinačne ispitanike je takođe unapređivalo model. Rezultati pokazuju značajne glavne efekte *Lokacije* i *Orijentacije*, te

marginalno značajan efekat *Vrste stimulusa*. Važnije od toga, ustanovljene su dve značajne interakcije: interakcija *Vrste stimulusa* i *Orijentacije* i interakcija *Lokacije* i *Orijentacije*. Prva od njih ilustrovana je na levom delu grafikona 11.1. Kao što se na grafikonu može videti, slova i simboli prikazivani u vertikalnim nizovima bili su podjednako uspešno identifikovani. Sličan nivo postignuća registrovan je i za horizontalno orijentisane simbole. Međutim, eksperimentalna situacija u kojoj se postignuće ispitanika znatno razlikovalo u odnosu na tri prethodno pomenute bila je ona u kojoj su slova prikazivana u horizontalnim nizovima. U ovoj situaciji registrovan je porast proporcije tačno identifikovanih stimulusa u visini od 0.1, što je ekvivalentno poboljšanju od 20%, ukoliko se ima u vidu mogući opseg variranja odgovora.



Grafikon 11.1. a) Uspešnost identifikacije slova i simbola prikazanih u horizontalnim i vertikalnim nizovima. b) Uspešnost identifikacije horizontalnih i vertikalnih nizova na horizontalnom i vertikalnom meridijanu. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Druga značajna interakcija prikazana je u desnom delu grafikona 11.1. Kada su im stimulusi prikazivani na horizontalnim lokacijama u vizuelnom polju, ispitanici su nešto bolje identifikovali vertikalne nizove nego horizontalne. Nasuprot tome, horizontalni nizovi upadljivo su uspešnije identifikovani od vertikalnih nizova kada se izlaganje stimulusa odvijalo na vertikalnom meridijanu. Razlika je, u ovom slučaju, iznosila oko 23%. Efekat interakcije *Orijentacije niza* i *Lokacije izlaganja* u jednakoj meri je bio prisutan pri identifikaciji slova i simbola, o čemu svedoči podatak da uključivanje trostruke interakcije

ispitivanih prediktora nije značajno unapređivalo model (vrednosti neznačajnih efekata mogu se videti u „maksimalnom modelu”, datom u prilogu 12).

11.3 Diskusija eksperimenta 4

Kada su u pitanju horizontalno orijentisani stimulusi, rezultati eksperimenta 4 direktno repliciraju rezultate eksperimenta 2 (a takođe i rezultate dobijene u eksperimentu 1 u studiji Graingera i saradnika). Rezultati tri eksperimenta saglasni su kako po pitanju ustanovljenih efekata, tako i kada je reč o apsolutnim iznosima uspešnosti ispitanika u različitim eksperimentalnim situacijama. U sva tri eksperimenta, tačnost pregomilavane identifikacije horizontalno izlaganih slova i simbola iznosila je oko 70% i u sva tri eksperimenta slova su u manjoj meri bila podložna pregomilavanju u poređenju sa simbolima. U tom smislu, rezultati tri eksperimenta podržavaju interpretaciju Graingera i saradnika, prema kojoj slova predstavljaju specifičan skup objekata, čija je parafovealna identifikacija poboljšana u odnosu na identifikaciju drugih sličnih objekata.

Cilj našeg eksperimenta 4, međutim, prevazilazi proveru i replikaciju od ranije poznatih nalaza. Primarni cilj ovog eksperimenta je bio da se proveru je li smanjeno pregomilavanje slova bezuslovno, tj. je li ono generalno svojstvo ove vrste stimulusa, ili pak može biti uslovljeno određenom orijentacijom niza u kojoj se stimulusi opažaju. Ishod eksperimenta 4 pokazuje da je smanjeno pregomilavanje slova bilo uslovljeno orijentacijom niza. Prednost slova bila je prisutna samo kada su ona prikazivana u horizontalno orijentisanim nizovima. U toj situaciji porast tačnosti identifikacije iznosio je 20%. Razlika u pogledu uspešnosti identifikacije pregomilanih slova i simbola nije postojala kada su dve vrste stimulusa prikazivane u vertikalno orijentisanim nizovima. Uspešnost identifikacije u te dve situacije bila je u nivou uspešnosti identifikacije u slučaju horizontalno orijentisanih nizova simbola. Orijetacija niza, dakle, nije imala uticaja na uspešnost identifikacije simbola, dok je prikazivanje u horizontalnim nizovima dovodilo do smanjenog pregomilavanja slova.

Ovakav ishod u suprotnosti je sa pretpostavkom koja proizilazi iz predloga Graingera i saradnika. Kao što je u uvodnom odeljku posvećenom ovom eksperimentu istaknuto, prosto umanjeње površine receptivnih polja detektora za oblik slova, kakvo postuliraju Grainger i saradnici, pretpostavljalo bi generalnu prednost slova, bez obzira na orijentaciju niza. Sa druge strane, registrovana interakcija vrste stimulusa i orijentacije u skladu je sa idejom da će se efekti perceptivnog učenja odnositi na onu vrstu stimulacije čija

se identifikacija pri normalnom čitanju uvežbava: slova prikazana u *horizontalno* orijentisanim nizovima. Ovaj nalaz sugerira da pojava smanjenog pregomilavanja slova nije inherentno svojstvo ove vrste stimulusa, po kojem se oni razlikuju od drugih sličnih objekata, već da je ova superiornost uslovljena načinom njihovog prikazivanja – tj. orijentacijom teksta. Prednost obrade horizontalnih nizova slova u skladu je sa nalazima o brzini čitanja, koja je u slučaju vertikalno orijentisanog teksta bila znatno manja nego u kada je on bio prikazivan u konvencionalnim horizontalnim orijentacijama (Byrne, 2002; Yu et al., 2010). Ovaj glavni rezultat eksperimenta 4 potvrđuje pretpostavku da je uspješnija identifikacija slova posledica perceptivnog učenja. Štaviše, on ovoj tvrdnji daje dodatno uporište, budući da je prednost slova registrovana samo pri njihovom izlaganju upravo u onoj orijentaciji u kojoj se perceptivno učenje odvija. Na taj način, ishod eksperimenta 4 predstavlja jednu vrstu ograničenja ili specifikacije u odnosu na rezultate Graingera i saradnika. Istovremeno, on pruža obuhvatniji i detaljniji uvid u osobnosti pregomilavanja slova. Implikacije ovog nalaza biće detaljnije razmotrene u opštoj diskusiji.

Budući da registrovani efekat smanjenog pregomilavanja za horizontalno orijentisane nizove slova nije stupao u interakciju drugog reda sa lokacijom izlaganja, može se zaključiti da je on u jednakoj meri bio prisutan na horizontalnim i vertikalnim lokacijama u parafovi, tj. da nije bio prostorno ograničen isključivo na one lokacije u vizuelnom polju na kojima se identifikacija slova, u procesu normalnog čitanja, uobičajeno odvija. Takav nalaz u skladu je sa rezultatom eksperimenta 2.

Osim glavnog pitanja koje smo upravo diskutovali, u eksperimentu 4 pokušali smo i da proverimo pretpostavku o radijalno-tangencijalnoj anizotropiji pri pregomilavanju, kojom su objašnjeni različiti obrasci rezultata eksperimenta 1 i eksperimenta 2 u pogledu tačnosti identifikacije na horizontalnom i na vertikalnom meridijanu. Kao što je u u diskusiji rezultata ovih eksperimenata naznačeno, u uslovima izolovane identifikacije (eksperiment 1), uspešnost na horizontalnom meridijanu bila je nešto veća u odnosu na uspešnost na vertikalnom meridijanu. To je objašnjeno poznatom prednošću horizontalnih vanfovealnih lokacija u odnosu na vertikalne. Sa druge strane, u eksperimentu 2, tj. u situaciji pregomilane identifikacije, tačnost na vertikalnom meridijanu bila je nešto veća u odnosu na tačnost na horizontalnim lokacijama. Ovo je objašnjeno fenomenom radijalno-tangencijalne anizotropije – činjenicom da je negativni efekat ometača veći ukoliko su oni pozicionirani radijalno u odnosu na metu (npr. Toet & Levi, 1992). U eksperimentu 2 orijentacija niza stimulusa je uvek bila horizontalna, što je praktično značilo da su na horizontalnom meridijanu ometači

uvek bili pozicionirani radijalno, dok su na vertikalnom meridijanu oni uvek bili pozicionirani tangencijalno u odnosu na mete. Iz tog je razloga efekat radijalno-tangencijalne anizotropije konfundirao sa efektom lokacije. U eksperimentu 4, međutim, treći varirani faktor bio je upravo orijentacija niza. Rezultati eksperimenta pokazali su da je pretpostavka o radijalno-tangencijalnoj anizotropiji bila utemeljena. Kao i u slučaju eksperimenta 2, mete prikazane u sklopu horizontalnih nizova nešto bolje su identifikovane na vertikalnim lokacijama nego što je to bio slučaj pri prikazivanju na horizontalnim lokacijama. Kada su, međutim, nizovi slova i simbola prikazivani u vertikalnoj orijentaciji, identifikacija meta bila je upadljivo bolja na vertikalnom meridijanu u poređenju sa horizontalnim meridijanom. Tačnost pregomilane identifikacije, dakle, nije nužno veća na vertikalnom meridijanu u poređenju sa horizontalnim, već ona zavisi od orijentacije stimulusa, odnosno položaja ometača u odnosu na metu.

Pored rečenog, valja primetiti da postignuće ispitanika na horizontalnom i vertikalnom meridijanu jeste bilo uslovljeno orijentacijom prikazivanih nizova, ali da nije zavisilo od vrste stimulusa. Ovo pokazuje da su se efekti radijalno-tangencijalne anizotropije na sličan način ispoljavali kod slova i kod simbola, te da se oni mogu smatrati opštom zakonitošću pregomilavanja (koja ne zavisi od prirode stimulusa).

Najzad, uspešnost identifikacije bila neujednačena između stimulusa, a u još većoj meri između ispitanika, o čemu govore značajni doprinosi ova dva slučajna efekta. Ovaj nalaz diskutovan je u odeljku posvećenom eksperimentu 2. Obzirom da je taj nalaz očekivan i da je njegova interpretacija istovetna u svim eksperimentima, ona će u diskusiji ovog kao i narednih eksperimenata biti izostavljena.

12 EKSPERIMENT 5: IDENTIFIKACIJA SLOVA I SIMBOLA NA DIJAGONALNIM POZICIJAMA

Cilj eksperimenta 5 bio je ispitivanje pregomilavanja slova i simbola na dijagonalnim pozicijama u parafovei. Imajući u vidu značaj glavnog nalaza eksperimenta 4, želeli smo da proverimo opštost dobijenog efekta u parafovei, pokušavajući njegovu replikaciju u do sada netestiranim zonama parafovee (i na drugim ispitanicima). Kako dijagonalne parafovealne lokacije u prethodnim eksperimentima nisu bile ispitivane, pored pregomilane identifikacije bilo je potrebno utvrditi i uspešnost pojedinačne, izolovane identifikacije slova i simbola na novim lokacijama. Iz tog razloga, eksperiment 5 sastojao se

iz dva dela: u eksperimentu 5a ispitivana je izolovana identifikacija slova i simbola, a u eksperimentu 5b ispitivana je pregomilavana identifikacija slova i simbola.

Što se tiče ishoda rezultata eksperimenta 5a, očekivali smo da će oni potvrditi rezultate eksperimenta 1 i da razlike u uspešnosti izolovane identifikacije između slova i simbola ni u ovom eksperimentu neće biti. Razlike nismo očekivali ni kada je u pitanju lokacija izlaganja, budući da je superiornost identifikacije na horizontalnim pozicijama u ovom slučaju eliminisana, odnosno nismo imali razloga da se verujemo da bi identifikacija na jednoj od testiranih dijagonala u parafovi trebala biti različita u odnosu na identifikaciju na drugoj dijagonali.

Kada je reč o pregomilanom opažanju (eksperiment 5b), prva predikcija bila je da će, u skladu sa nalazima eksperimenta 4, horizontalno orijentisana slova biti znatno manje pregomilavana u odnosu na: a) vertikalno orijentisana slova i b) simbole u ma kojoj od ispitivanih orijentacija. Na ovaj način bilo bi ustanovljeno da se horizontalno orijentisana slova manje pregomilavaju u odnosu na druge slične simbole *široj parafovi*, odnosno u svim ispitivanim zonama u okruženju fovee. U skladu sa time, druga predikcija ticala se očekivanja da dobijeni efekat neće stupati u interakciju sa lokacijom na kome su stimulusi u eksperimentu 5b izlagani. Pored ovoga, postavljanje stimulusa na dijagonalne pozicije u eksperimentu 5b trebalo bi da neutrališe ranije ustanovljene efekte radijalno-tangencijalne anizotropije, te je treće očekivanje bilo da interakcija orijentacije i lokacije izlaganih stimulus neće biti ustanovljena. Najzad, neutralisanje radijalno-tangencijalne anizotropije omogućavalo nam da proverimo ima li razlike u jačini ometajućeg dejstva horizontalno i vertikalno postavljenih ometača. Literatura koja se bavila ovim pitanjem je oskudna, a rezultati nisu jednoobrazni. Kao što je u uvodnom poglavlju rečeno, u jednoj skorašnjoj studiji (Feng et al., 2007) registrovano je intenzivnije pregomilavanje horizontalnim ometačima nego vertikalnim. Međutim, rezultati potonjih studija u kojima je ovo pitanje proveravano nekada bi potvrdili efekat (Petrov & Meleshkevich, 2011a), a nekada on ne bi bio detektovan (Livne & Sagi, 2011). Budući da se čini da nalaz o jačem pregomilavanju horizontalnim ometačima protivreči rezultatima našeg eksperimenta 4, to pitanje želeli smo da proverimo i u metodološki čistijoj situaciji u kojoj su efekti snažnije radijalno-tangencijalne anizotropije metodološki isključeni, a ne samo uprosečeni kao što je to bio slučaj u eksperimentu 4.

12.1 Metod eksperimenta 5

Nacrt

U eksperimentu 5a, koji je imao nacrt oblika 2x2, varirani su *Vrsta stimulusa* i *Lokacija*. U eksperimentu 5b, koji je imao nacrt oblika 2x2x2, varirani su *Vrsta stimulusa*, *Lokacija* i *Orijentacija niza*. Za razliku od ostalih eksperimenata ove studije, nivoi faktora *Lokacije* u eksperimentima 5a i 5b bili su: dijagonala 1 i dijagonala 2. U analizama oba dela eksperimenta bila je uključena kovarijabla *Redosled (zadavanja eksperimenata)*, kako bi se proverio i kontrolisao eventualni efekat redosleda učestvovanja ispitanika u dva dela eksperimenta.

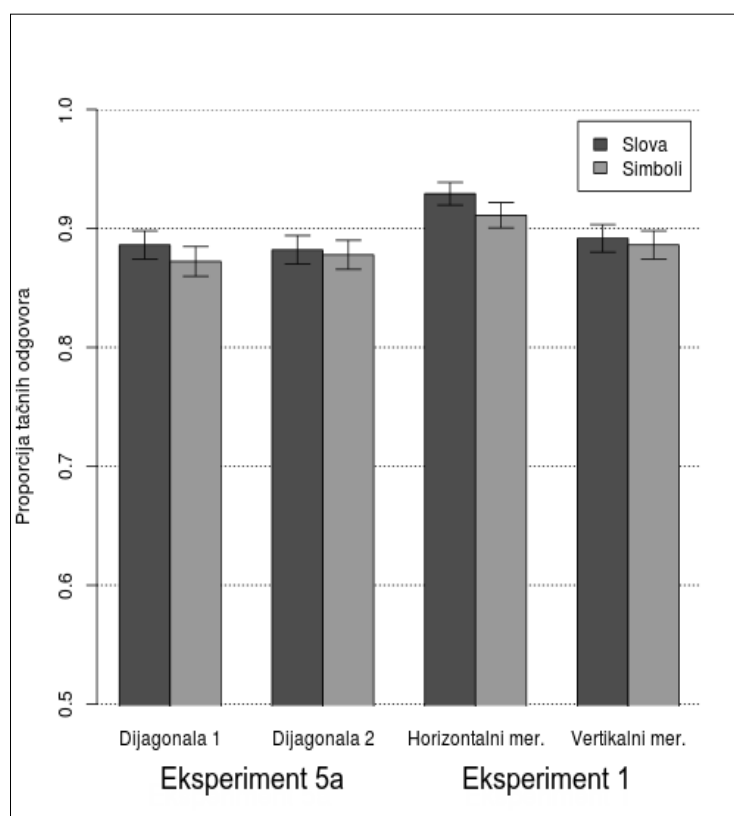
Stimulusi i postupak

Stimulusi, aparatura i postupak primenjen u eksperimentu 5a bili su identični onima iz eksperimenta 1; a stimulusi, aparatura i postupak primenjen u eksperimentu 5b bili su preuzeti iz eksperimenta 4. Kao što se iz opisa nacrt eksperimenta 5 može videti, jedina razlika u odnosu na prethodne eksperimente sastojala se u tome što je lokacija prikazivanja stimulusa bila promenjena, rotiranjem za 45° u odnosu na do sada testirane lokacije. Na ovaj način, u eksperimentu 5 su, umesto lokacija na horizontalnom i vertikalnom meridijanu, testirane dijagonalne pozicije u parafovei, koje odgovaraju centrima četiri parafovealna kvadranta (levo-gore, desno-gore, levo-dole i desno-dole u odnosu na fiksacioni marker). Kako bi nalazi eksperimenta 5b u potpunosti bili uporedivi sa nalazima eksperimenta 4, četiri testirane pozicije analizirane su kao dva nivoa faktora *Lokacija izlaganja*. Pozicije levo-gore i desno-dole u odnosu na fiksacionu tačku nazivamo *dijagonalom 1*, dok pozicije desno-gore i levo-dole nazivamo *dijagonalom 2*. Po uzoru na eksperiment 4, horizontalno i vertikalno orijentisani stimulusi u eksperimentu 5b prikazivani su dva odvojena eksperimentalna bloka, čiji je redosled bio kontrabalansiran po ispitanicima. Trajanje eksperimentalne sesije iznosilo je oko 35 minuta.

12.2 Rezultati eksperimenta 5

Eksperiment 5a: izolovana identifikacija slova i simbola na dijagonalnim parafovealnim lokacijama

Procenat tačnih odgovora u eksperimentu 5a bio je visok i iznosio je 87.95%. Uspešnost identifikacije ispitanika u četiri eksperimentalne situacije eksperimenta 5a prikazana je na levom delu grafikona 12.1 (numerički prikaz dat je u prilogu 13).



Grafikon 12.1: Proporcije tačne identifikacije u eksperimentu 5a i eksperimentu 1. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Kao što se iz priloženog može videti, postignuće ispitanika u četiri eksperimentalne situacije eksperimenta 5a bilo je veoma ujednačeno. I na jednoj i na drugoj dijagonali uspešnost identifikacije slova i simbola bila je približna, a tačnost identifikacije na dvema dijagonalama takođe je bila veoma ujednačena. Modeliranje generalizovanih linearnih mešoviti efekata potvrđuje prethodne konstatacije. Kritika modela nije opravdala uključivanje slučajnog efekta *Stimulusa* (test količnika verodostojnosti: $\chi^2 = 1.5062$, $df = 1$, $p = 0.2197$), pa je jedini modelirani slučajni efekat bio efekat *Ispitanika*. Maksimalni model, koji je uključivao efekte dva eksperimentalno varirana faktora (*Vrsta stimulusa* i *Lokacija*),

kovarijablu *Redosled*, te slučajni efekat *Ispitanika*, nije značajno unapređivao predikciju u odnosu na minimalni model koji nije uključivao ni jedan fiksni efekat, odnosno koji se sastojao samo iz intercepta i slučajnog efekta *Ispitanika* (test količnika verodostojnosti: $\chi^2 = 1.7549$, $df = 4$, $p = 0.7807$). Prema tome, nijedan od prediktora nije ispoljio značajan efekat na tačnost identifikacije pojedinačnih slova i simbola (videti tabelu 12.1).

Tabela 12.1: *Maksimalni model eksperimenta 5a.*

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
2880	1853	1889	-920.5	1841
Slučajni efekti	Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	1.3239	1.1506		
Fiksni efekti	β	SE	z	p
(Intercept)	2.453	0.270	9.075	< 0.0001
Vrsta stimulusa	-0.098	0.123	-0.800	0.424
Lokacija	0.006	0.123	0.049	0.961
Redosled	-0.543	0.561	-0.968	0.333
Pismo x Lokacija	0.106	0.246	0.430	0.667

Zajednička analiza eksperimenta 5a i eksperimenta 1

Prosečna uspešnost identifikacije na dijagonalnim lokacijama, ispitivanim u eksperimentu 5a, nije se razlikovala od proseka uspešnosti identifikacije u eksperimentu 1. O ovome svedoči rezultat zajedničke analize eksperimenta 1 i eksperimenta 5a. Maksimalni model zajedničke analize dva eksperimenta prikazani su u tabeli 12.2. Kao što se iz tabele može videti, glavni efekat faktora *Lokacija* (ovoga puta modeliranog sa četiri nivoa: horizontalni meridijan, vertikalni meridijan, dijagonala 1 i dijagonala 2) nije dosezao statističku značajnost.

Premda faktor *Lokacije* nije dostigao značajnost, na grafikonu 12.1 se može uočiti da je postignuće ispitanika na horizontalnim lokacijama u eksperimentu 1 bilo nešto više u odnosu na postignuće na ostale tri ispitivane lokacije (na kojima je postignuće bilo veoma ujednačeno). Kako bi se detaljnije ispitaio efekat *Lokacije*, izvršena je dodatna analiza u kojoj su međusobno upoređivani efekti na svakom od četiri nivoa ovog faktora (tabela 12.3). Postignuće na dijagonalnim lokacijama bilo je u nivou postignuća na vertikalnom meridijanu. Pored postojanja značajne razlike u postignuću na horizontalnom i vertikalnom meridijanu

(koja je već pokazana u zasebnoj analizi eksperimenta 1), registrovana je i značajna razlika između postignuća na horizontalnom meridijanu i dijagonali 1, dok prednost horizontalnog meridijana u odnosu na dijagonalu 2 nije dostigla nivo značajnosti.

Tabela 12.2: *Maksimalni model zajedničke analize eksperimenta 5a i eksperimenta 1.*

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
5760	3575	3608	-1783	3565	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	1.0139	1.0069			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		2.470	0.169	14.657	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.120	0.009	-1.338	0.181
Lokacija		-0.190	0.118	-1.606	0.108
Pismo x Lokacija		0.015	0.120	0.126	0.899

Tabela 12.3: *Razlike u postignuću na četiri lokacije testirane u eksperimentu 5a i eksperimentu 1*

Poređenje	$\Delta\beta$	SE	z	p
Dijagonala 2 – Dijagonala 1	0.0756	0.123	0.062	0.951
Horizontalni m. – Dijagonala 1	0.3109	0.345	0.900	0.037
Vertikalni m. – Dijagonala 1	-0.0743	0.342	-0.218	0.828
Horizontalni m. - Dijagonala 2	0.3034	0.345	0.878	0.380
Vertikalni m. - Dijagonala 2	-0.0819	0.342	-0.240	0.811
Vertikalni m. - Horizontalni m.	-0.3851	0.132	-2.926	0.003

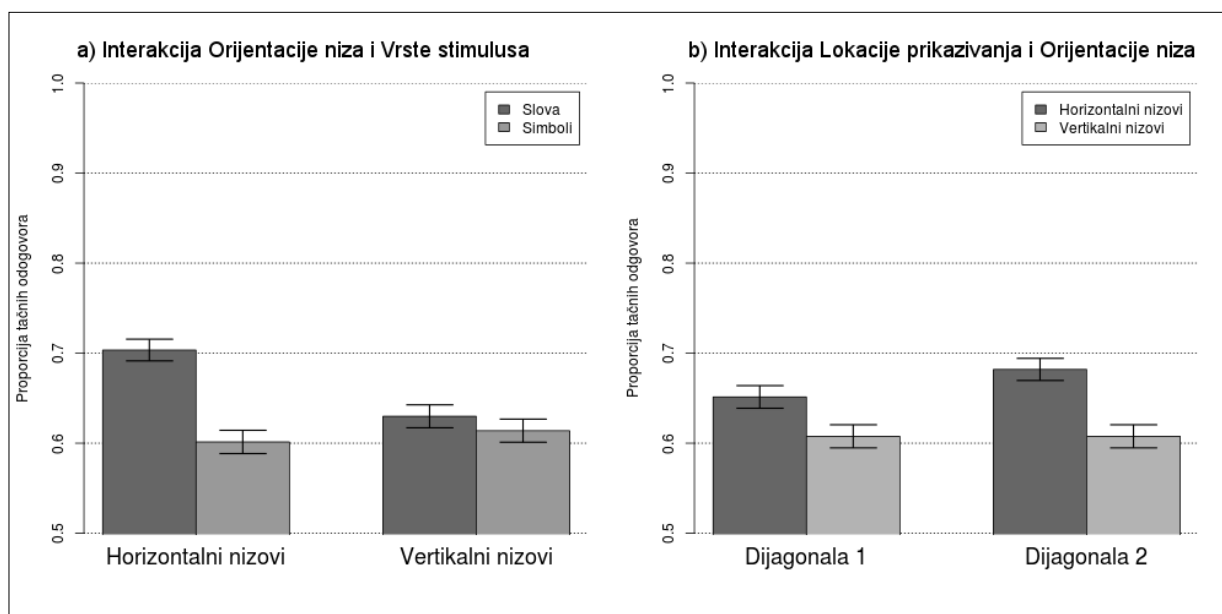
Eksperiment 5b: pregomilana identifikacija slova i simbola na dijagonalnim parafovealnim lokacijama

Prosečna uspešnost identifikacije u eksperimentu 5b iznosila je 63.72%. Postignuće ispitanika u osam eksperimentalnih situacija eksperimenta 5b prikazano je u prilogu 14. Najsloženiji model opravdan podacima, dobijen postupkom opisanim u odeljku 7.7, prikazan je u tabeli 12.4, dok je maksimalni model prikazan u prilogu 15.

Tabela 12.4: Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 5b

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
5760	7381	7434	-3682	7365	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik (intercept)	0.1422	0.3770			
Orijentacija	0.0616	0.2481			
Stimulus	0.0219	0.1479			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		0.596	0.096	6.240	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.149	0.089	-1.666	0.0958
Orijentacija		-0.298	0.079	-3.769	0.0002
Vrsta stimulusa x Orijehtacija		0.403	0.112	3.606	0.0003

Značajano variranje postojalo je među *Ispitanicima* i među *Stimulusima*, a uključivanje zasebnih nagiba efekta *Orijentacija* za pojedinačne ispitanike je takođe unapređivalo model. Rezultati pokazuju značajan glavni efektat *Orijentacije* i marginalno značajan efektat *Vrste stimulusa*. Važnije od toga, jedina značajna interakcija koja je ustanovljena bila je interakcija *Vrste stimulusa* i *Orijentacije* (vrednosti parametara koji nisu statistički značajni prikazane su u prilogu 15). Interakcija *Vrste stimulusa* i *Orijentacije* prikazana je na levom delu grafikona 12.2. Kao što se na njemu može videti, slova i simboli prikazivani u vertikalnim nizovima bili su podjednako uspešno identifikovani. Sličan nivo postignuća karakterisao je i horizontalno orijentisane simbole.



Grafikon 12.2: a) Uspešnost identifikacije horizontalno i vertikalno orijentisanih slova i simbola. b) Uspešnost identifikacije horizontalnih i vertikalnih nizova na dijagonalnim lokacijama. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Eksperimentalna situacija u kojoj se postignuće ispitanika znatno razlikovalo u odnosu na tri prethodno pomenute bila je ona u kojoj su slova prikazivana u horizontalnim nizovima. U poređenju sa ostale tri situacije, pri izlaganju horizontalno orijentisanih slova registrovan je porast tačne identifikacije u visini od 0.09, što je ekvivalentno porastu od 18%, ukoliko se ima u vidu mogući opseg variranja odgovora.

Interakcija *Orijentacije niza* i *Lokacije prikazivanja* nije bila statistički značajna. Ovo je ilustrovano na desnoj polovini grafikona 12.2, gde se takođe može uočiti glavni efekat *Orijentacije*: prikazivanje stimulusa u horizontalnim nizovima dovelo je do poboljšanja identifikacije u odnosu na uspešnost identifikacije vertikalnih nizova (i to bez obzira na lokaciju na kojoj su stimulusi prikazivani). Imajući u vidu mogući opseg variranja odgovora, taj porast iznosio je oko 12%. Budući da je registrovana značajna interakcija *Vrste stimulusa* i *Orijentacije*, izvršene su dodatne zasebne analize samo za slova, odnosno samo za simbole. Rezultati pokazuju da je glavni efekat *Orijentacije* bio prisutan u analizi na slovima ($\beta = -0.473$, $SE = 0.0803$, $z = -5.889$, $p < 0.0001$), dok u zasebnoj analizi simbola ovaj efekat nije bio statistički značajan ($\beta = -0.0703$, $SE = 0.078$, $z = -0.904$, $p = 0.366$).

Maksimalni model eksperimenta 5b (prilog 15) pokazao je da je tačnost identifikacije slova i simbola bila ravnotežena na dvema dijagonalama. Efekat trostruke interakcije među prediktorima, kao ni efekat kovarijable *Redosled*, takođe nisu dosegali nivo statističke značajnosti.

Zajednička analiza eksperimenta 5b i eksperimenta 4

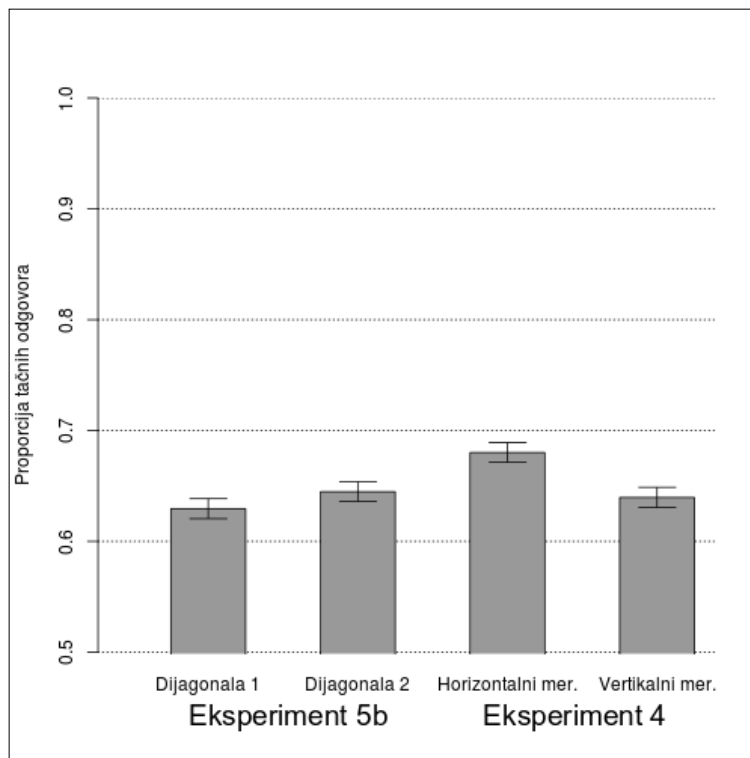
Očekivano, zajednička analiza rezultata eksperimenta 5b i eksperimenta 4 potvrdila je glavne nalaze analiza pojedinačnih eksperimenata. U najsloženijem modelu opravdanom podacima registrovana je interakcija *Vrste stimulusa* i *Orijentacije* (tabela 12.5). Odsustvo trostruke interakcije u zajedničkoj analizi dva eksperimenta ($\beta = 0.0834$, $SE = 0.2175$, $z = 1.383$, $p = 0.7014$) svedoči da registrovana prednost horizontalnih slova u odnosu na ostale tri situacije nije zavisila od lokacija na kojima su stimulusi izlagani.

Tabela 12.5: Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 5b i eksperimenta 4

br. opservacija		AIC	BIC	LogLik	devijacija
11232		14129	14210	-7054	14107
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	(intercept)	0.1805	0.4249		
	Orijentacija	0.0562	0.2370		
	Vrsta stimulusa	0.0077	0.2788		
Stimulus		0.0438	0.2093		
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		0.661	0.087	7.633	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.2352	0.116	-2.032	0.0422
Orijentacija		-0.2969	0.056	-5.325	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Orijehtacija		0.4503	0.081	5.535	< 0.0001

Glavni efekat *Lokacije*, koji je bio statistički značajan eksperimentu 4, ali ne i u eksperimentu 5b, u zajedničkoj analizi dva eksperimenta nije dostizao značajnost ($\beta = 0.072$, $SE = 0.056$, $z = 1.297$, $p = 0.1948$). Kako bi se detaljnije ispitaio uticaj faktora *Lokacije*, u zajedničkoj analizi dva eksperimenta izvršena međusobna poređenja postignuća ispitanika na četiri ispitivana nivoa modeliranog faktora *Lokacija*. Uoredni prikaz postignuća na dijagonalnim lokacijama, testiranim u eksperimentu 5b, i postignuća na horizontalnom i vertikalnom meridijanu, testiranog u eksperimentu 4, dat je na grafikonu 12.3; rezultati njihovih međusobnih poređenja prikazani su u tabeli 12.6.

Iz priloženog se može videti da je postignuće na horizontalnom meridijanu bilo nešto više u poređenju sa postignućima na preostale tri lokacije. Razlika između uspešnosti identifikacije na horizontalnom i na vertikalnom meridijanu bila je statistički značajna, dok je razlika u postignuću na horizontalnom meridijanu i na dijagonali 1 bila marginalno značajna. Vrednosti ostalih poređenja nisu se približavale značajnosti. O prednosti identifikacije na horizontalnom meridijanu svedoče i rezultati dobijeni na osnovu Helmertovog sistema kontrastnog kodiranja, koji omogućuje testiranje razlika u postignuću na određenom nivou modeliranog faktora i prosečnom postignuću na svim ostalim nivoima istog faktora. Upotrebom ovog postupka ustanovljeno je da je razlika između postignuća na horizontalnom meridijanu i prosečnog postignuća na ostale tri lokacije bila statistički značajna ($\beta = 0.20149$, $SE = 0.098$, $z = 2.055$, $p = 0.0399$). Kontrastiranje Helmertovim postupkom nije rezultiralo značajnim razlikama kada su testirani vertikalni meridijan i dve dijagonale (p vrednosti ovih testova bile su veće od 0.1).



Grafik 12.3: a) Poređenje uspešnosti identifikacije stimulusa u eksperimentu 5b i eksperimentu 4. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Tabela 12.6: Razlike u postignuću na četiri lokacije testirane u eksperimentu 5b i eksperimentu 4

Poređenje	$\Delta\beta$	SE	z	p
Dijagonala 2 – Dijagonala 1	0.0729	0.056	1.300	0.1936
Horizontalni m. – Dijagonala 1	0.2430	0.142	1.714	0.0856
Vertikalni m. – Dijagonala 1	0.0668	0.142	0.472	0.6369
Horizontalni m. - Dijagonala 2	0.1701	0.142	1.198	0.2308
Vertikalni m. - Dijagonala 2	-0.0061	0.142	-0.043	0.9658
Vertikalni m. - Horizontalni m.	-0.1762	0.059	-2.993	0.0028

Zajednička analiza eksperimenta 5a i eksperimenta 5b

U cilju potvrde rezultata zasebnih analiza eksperimenta 5a i eksperimenta 5b, izvršena je zajednička analiza rezultata dva eksperimenta. Uz fiksne prediktore *Vrsta stimulusa* i *Lokacija*, model je uključen i faktor *Prikazivanje* (izolovano, pregomilano), čiji su nivoi odgovarali eksperimentu 5a i eksperimentu 5b. Budući da faktor *Orijentacija niza* ne postoji pri prikazivanju izolovanih stimulusa (eksperiment 5a), on u zajedničkoj analizi dva

dela eksperimenta nije modeliran. Najsloženiji model opravdan podacima dva eksperimenta prikazan je u tabeli 12.7, a maksimalni model u prilogu 16.

Zajednička analiza potvrdila je statističku značajnost upadljivog efekta *Prikazivanja*. Budući da u zajedničkoj analizi nije uključen faktor *Orijentacije*, interakcija *Vrsta stimulusa x Orijentacija*, registovana u eksperimentu 5b, ispoljila se u vidu efekta *Vrste stimulusa*, koji je bio značajan na nivou od 95% pouzdanosti. Vrednosti ostalih, neznačajnih efekata moguće je videti u prilogu 16.

Tabela 12.7: Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 5a i eksperimenta 5b

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
8640	9082	9131	-4534	9068
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija	
Ispitanik (intercept)	0.3379	0.5813		
Prikazivanje	1.0421	1.0209		
Stimulus				
Fiksni efekti	β	SE	z	p
(Intercept)	1.2746	0.137	9.343	< 0.0001
Vrsta stimulusa	-0.1746	0.007	-2.507	0.0122
Prikazivanje	-2.0777	0.24619	-8.439	< 0.0001

12.3 Diskusija rezultata eksperimenta 5

Rezultati eksperimenta 5a pokazali su da uspešnost izolovane identifikacije slova i simbola na dijagonalnim lokacijama u parafovei približno odgovara nivou izolovane identifikacije na horizontalnom i vertikalnom meridijanu (testirane u eksperimentu 1) i da iznosi oko 90%. Baš kao i u ekspeirmentu 1, ispitanici su pojedinačne simbole identifikovali sa jednakom uspešnošću kao i slova. Prema tome, izvedeni eksperimenti su pokazali da parafovealno prikazivana slova i simboli bivaju u jednakoj meri tačno identifikovani širom parafovee; odnosno na horizontalnom i vertikalnom meridijanu, kao i na dijagonalnim parafovealnim lokacijama. Stoga se može zaključiti da izvedeni eksperimenti pokazuju da u uslovima izolovane parafovealne identifikacije slova ne bivaju ništa uspešnije identifikovana od nekih drugih sličnih simbola. Ovaj nalaz u skladu je sa rezultatima Graingera i saradnika. Podjednaka uspešnost izolovane identifikacije slova i simbola omogućava da se eventualne razlike između slova i simbola u pogledu identifikacije u eksperimentima u kojima je

korištena pregomilana identifikacija sa pouzdanjem mogu smatrati efektima izazvanim fenomenom pregomilavanja.

Kao što je i pretpostavljeno, uspešnost izolovane identifikacije nije zavisila od toga da li su stimulusi prikazivani na jednoj ili drugoj dijagonali. Registrovana uspešnost identifikacije u tim situacijama odgovarala je postignuću na vertikalnim lokacijama (testiranim u eksperimentu 1) i bila je nešto niža u odnosu na identifikaciju na horizontalnom meridijanu.

Postignuće ispitanika u eksperimentu 5b bilo je slično postignuću u eksperimentu 4, a glavni nalaz eksperimenta 5b takođe potvrđuje osnovni rezultat eksperimenta 4: horizontalno orijentisana slova manje su pregomilavana u poređenju sa simbolima prikazanim u ma kojoj od dve orijentacije, kao i u poređenju sa vertikalno orijentisanim slovima. Obrazac rezultata uočen u eksperimentu 4 repliciran je i u eksperimentu 5b. Stoga se može zaključiti da je ranije registrovana prednost horizontalnih nizova slova prisutna u svim delovima parafovee: kako na lokacijama na kojima se čitanje odvija (horizontalni meridijan), tako i na lokacijama gde to uobičajeno nije slučaj (vertikalni meridijan i dijagonalne lokacije u parafovei). Da registrovani efekat nije zavisao od lokacije prikazivanja potvrdilo je i odsustvo trostruke interakcije *Vrsta stimulusa x Orijentacija x Lokacija*, kako u zasebnim analizama eksperimenta 4 i eksperimenta 5b, tako i u njihovoj zajedničkoj analizi.

U eksperimentu 4 uočena je interakcija *Orijentacije i Lokacije izlaganja* i ona je pripisana fenomenu radijalno-tangencijalne anizotropije, koji je karakterističan za pregomilavanje. Eksperiment 5b omogućio je da se utemeljenost takvog objašnjenja proveri, budući da horizontalni i vertikalni ometači prestaju da budu radijalno ili tangencijalno pozicionirani kada se stimulusi prikazuju na dijagonalnim pozicijama u parafovei. Istovremeno, ova manipulacija lokacije prikazivanja pružila je mogućnost da se proveri postoji li i efekat orijentacije ometača, povrh, tj. nezavisno od pomenute anizotropije. U modelu eksperimenta 4 bio je registrovan glavni efekat *Orijentacije*, ali ovaj faktor je istovremeno stupao u dve interakcije, te stoga za tumačenje njegovog glavnog efekta nije bilo mnogo opravdanja. U skladu sa očekivanjem, prikazivanje stimulusa na dijagonalnim lokacijama, u eksperimentu 5b, eliminisalo je efekat interakcije *Orijentacije i Lokacije izlaganja*. Sa druge strane, facilitatorni efekat horizontalno orijentisanih stimulusa i dalje je bio prisutan. Obzirom na značajnu interakciju *Orijentacije* sa faktorom *Vrsta stimulusa*, izvršili smo zasebne analize za slova i za simbole. One su pokazale da *Orijentacija* nizova (tj. pozicioniranje ometača u odnosu na metu) nije faktor od značaja za pregomilavanje simbola,

dok pregomilavanje slova biva manje izraženo kada su dva ometača postavljena horizontalno u odnosu na metu. Ovaj nalaz u neskladu sa rezultatima Fenga i saradnika (2007), koji sugerišu da je pregomilavanje izraženije kada su ometači pozicionirani horizontalno u odnosu na metu. Uzrok tome nije sasvim jasan. Jedna od većeg broja metodoloških razlika između dva eksperimenta je i ekscentricitet prikazivanih stimulusa: dok su u našem eksperimentu stimulusi prikazivani na 1.5° udaljenosti od tačke fiksacije, u radu Fenga i saradnika udaljenost je iznosila 7.6° ; drugim rečima, dok je u našem eksperimentu ispitivano parafovealno pregomilavanje, u eksperimentu Fenga i saradnika ispitivano je pregomilavanje u periferiji vizuelnog polja. Otuda bi se moglo posumnjati da interferentni uticaj horizontalno postavljenih ometača dolazi do izražaja u periferiji vizuelnog polja. Međutim, razlog ovakvom jačem dejstvu horizontalnih ometača time ne postaje ništa jasniji. Objašnjenje koje nude Feng i saradnici poziva se na opservaciju da su svi njihovi ispitanici „čitali horizontalno”, te na osnovu toga istraživači iznose sledeću spekulaciju: *„Moguće je da naš mehanizam pažnje teži da organizuje horizontalno orijentisane elemente u jedinstvenu celinu (tj. kao trigramsku reč), ali manje je verovatno da se takva organizacija javi za vertikalno orijentisane prostorne konfiguracije. Kao rezultat toga, postoji jača horizontalna nego vertikalna integracija.”* (Feng et al., 2007; str 8-9). Osim što je, prema eksplicitnom priznanju samih autora, ovo objašnjenje ad hoc tipa, čini se da ono stvara još više nedoumica. Prema njemu, i iz nepoznatog razloga, efekat superiorne vizuelne obrade horizontalnih konfiguracija, koji je dokumentovan na veoma bazičnim nivoima obrade, poput Vernierove oštine (Westheimer, 2005), a takođe i na višim nivoima obrade, poput čitanja (Byrne, 2002; Yu et al., 2010), izuzetno biva izokrenut kada je u pitanju pregomilavanje. Što je još važnije, čini se paradoksalnim pretpostaviti da bi obilno iskustvo ispitanika sa određenom vrstom konfiguracija trebalo da dovede do toga da vizuelni sistem takve konfiguracije posebno i dodatno otežano obrađuje. Sa druge strane, interpretacija rezultata našeg eksperimenta je jednostavnija. Oni sugerišu da, generalno govoreći, ne postoji razlika u pogledu intenziteta pregomilavanja koje proizvode horizontalni i vertikalni ometači (efekat orijentacije nije detektovan pri pregomilavanju simbola). Izuzetno, međutim, kada su u pitanju nizovi slova, velika količina iskustva vizuelnog sistema u obradi njihovih horizontalnih nizova dovodi do povećanja efikasnosti u poređenju sa vertikalnim nizovima. Ovom pitanju vrtićemo se u opštoj diskusiji.

Kao i u slučaju izolovane identifikacije, pregomilana identifikacija dijagonalnim parafovealnim lokacijama bila je u nivou postignuća na vertikalnom meridijanu u eksperimentu 4, a razlike u postignuću na dvema dijagonalama nije bilo.

Redosled učešća u dva dela eksperimenta nije imao uticaja na postignuće ispitanika u njima.

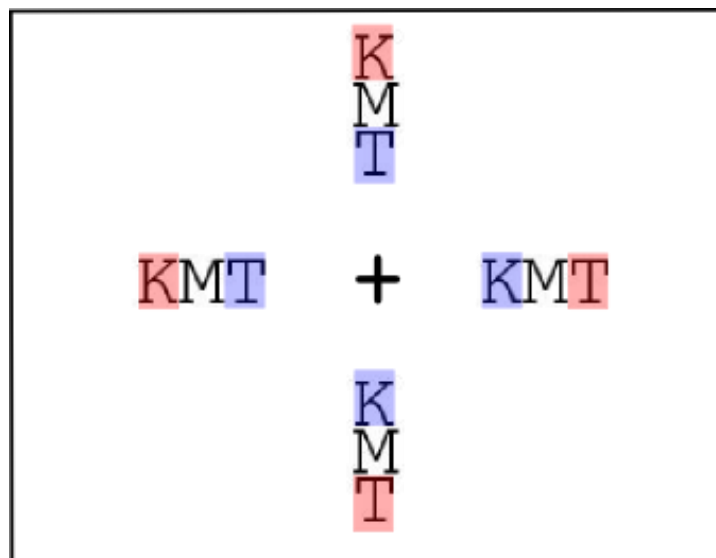
13 EKSPERIMENT 6: PREGOMILAVANJE SLOVA I SIMBOLA JEDNIM OMETAČEM

U eksperimentu 6 ispitivana je identifikacija slova i simbola u situaciji u kojoj su ona pregomilavana samo jednim ometačem. Budući da je u eksperimentima 4 i 5b ustanovljeno smanjeno pregomilavanje tročlanih horizontalno orijentisanih nizova slova, glavni cilj u ovom eksperimentu bio je da se proverí može li se takav nalaz ponoviti i na konfiguracijama sačinjenim od dva slova, te da se tako utvrdi najmanja dužina niza horizontalno orijentisanih slova koja dovodi do smanjenog pregomilavanja. Na ovaj način želeli smo da proverimo jesu li već dva slova, prikazana u horizontalnoj orijentaciji, dovoljna da vizuelni sistem prepozna tu konfiguraciju kao „tekst” (tj. horizontalno orijentisani niz slova), i da ovo, zatim, rezultuje manjim nivoom pregomilavanja pri njihovoj identifikaciji.

Pored toga, pregomilavanje jednim ometačem koje je predviđao nacrt eksperimenta 6 omogućavalo je proveru postojanja efekta unutrašnje-spoljašnje asimetrije. U većem broju studija (Bouma, 1970, Banks, et al., 1977; Krumhansl, 1977; Chastain, 1982; Petrov & Popple, 2007; Farzin et al., 2009) pokazano je da relativni položaj ometača u odnosu na metu utiče na intenzitet pregomilavanja: spoljašnji ometač (onaj koji je udaljeniji o tačke fiksacije) proizvodi veće pregomilavanje nego unutrašnji ometač (onaj koji je smešten između tačke fiksacije i mete; slika 13.1). Međutim, pojedini nalazi sugerišu da registrovanje ove asimetrije može zavistiti od karakteristika eksperimentalne procedure, poput mogućnosti ispoljavanja lokacijskih grešaka (Strasburger & Malania, 2013; Huckauf & Heller, 2002; Chastain, 1982) i alokacije spacijalne pažnje ispitanika na uzak deo vizuelnog polja (Petrov & Melshkevich, 2011b). U radu Graingera i saradnika (2010) ispoljavanje unutrašnje-spoljašnje asimetrije bilo je dvojbena – variralo je u zavisnosti od eksperimentalnog zadatka, lokacije u vizuelnom polju i vrste stimulusa. Imajući u vidu činjenicu da je u našim eksperimentima pažnja ispitanika morala biti alocirana na veći deo prostora (budući da stimulusi nisu prikazivani na dve već na četiri lokacije u vizuelnom polju), mogućnost jasnog

ispoljavanja unutrašnje-spoljašnje anizotropije u ovakvim uslovima činila se još manje izvesnom nego u studiji Graingera i saradnika (2010). Sa druge strane, fenomen unutrašnje-spoljašnje asimetrije, poput fenomena radijano-tangencijalne anizotropije, smatra se generalnim svojstvom pregomilavanja (npr. Whitney & Levi, 2011). Na osnovu takvog shvatanja očekivali smo da obrasci rezultata za slova i simbole budu isti (bila unutrašnje-spoljašnja anizotropija registrovana ili ne).

Najzad, u skladu sa nalazima prethodnih studija (Pöder & Wagemans, 2007; Bouma, 1970; Pelli et al., 2004; Strasburger et al., 1991; Grainger et al., 2010), očekivali smo da pregomilavanje jednim ometačem rezultuje manjim ometanjem identifikacije u odnosu na pregomilavanje uzrokovano dvama ometačima.



Slika 13.1. Unutrašnji (fovealni) i spoljašnji (periferni) ometači istog niza slova, prikazani na četiri mesta u vizuelnom polju. Unutrašnje-spoljašnja anizotropija podrazumeva da spoljašnji ometači (slova na crvenkasto pozadini) u većoj meri remete identifikaciju mete u poređenju sa unutrašnjim ometačima (slovima na plavičastoj pozadini). Na slici se može primetiti da se za isti tročlani niz slova identitet unutrašnjeg i spoljašnjeg ometača menja u zavisnosti od mesta prikazivanja.

13.1 Metod eksperimenta 6

Nacrt

U eksperimentu 6 je varirana su tri faktora: *Vrsta stimulusa*, *Orijentacija niza* i *Relativna pozicija ometača*.

Stimulusi i postupak

Postupak korišten u eksperimentu 6 u bio je identičan postupku eksperimenta 4, izuzev što su u eksperimentu 6 prikazivani dvočlani nizovi (sačinjeni od jedne mete i jednog ometača). Kako bi ispitanici znali koji član prikazanog niza je meta, eksperiment je podjeljen u četiri bloka. U svakom bloku ometač je prikazivan na istoj poziciji u odnosu na metu (levo, desno, gore i dole). Pre početka svakog bloka ispitanik je dobio uputstvo o tome na kojoj će se poziciji u dvočlanom nizu (levoj, desnoj, gornjoj ili donjoj) nalaziti meta. Kao i obično, ovaj karakter uvek je bio prikazivan na 1.5° udaljenosti od tačke fiksacije. U okviru svakog bloka, nizovi su prikazivani na standardne četiri pozicije u vizuelnom polju (levo, desno, gore i dole). Na ovaj način, za svaku od četiri pozicije u vizuelnom polju testirano je pregomilavanje jednim ometačem koji se mogao nalaziti na svakoj od četiri strane mete. U eksperimentu 6 ukupno je prikazano 576 stimulusa. Uključujući i pauze između blokova, eksperiment je trajao oko 40 minuta.

Analiza podataka

U analizi podataka korišteni su samo podaci iz one polovine eksperimentalnih pokušaja u kojima su ometači bili pozicionirani radijalno u odnosu na poziciju mete (tzv. „unutrašnji” i „spoljašnji” ometači), dok pokušaji u kojima su ometači bili tangencijalno pozicionirani nisu analizirani (oni su tretirani kao upotpunjuvači postupka, engl. „fillers”). Specifičnije, na horizontalnom meridijanu analizirane su situacije u kojima su se ometači nalazili levo i desno u odnosu na metu, dok su na vertikalnom meridijanu analizirane situacije u kojima su ometači bili smešteni iznad i ispod mete. Ilustracija osam analiziranih situacija prikazana je na slici 13.2.

Orijentacija	Horizontalna		Vertikalna	
Ometač	Spoljašnji	Unutrašnji	Spoljašnji	Unutrašnji
Slova	1 KT + TK	2 TK + KT	3 K T + T K	4 T K + K T
Simboli	5 ?< + <?	6 <? + ?<	7 ? < + < ?	8 < ? + ? <

Slika 13.2. Prikaz osam analiziranih situacija u 2x2x2 nacrtu eksperimenta 6. Karakteri ilustrirani crvenom bojom predstavljaju mete, crni karakteri predstavljaju ometače.

13.2 Rezultati eksperimenta 6

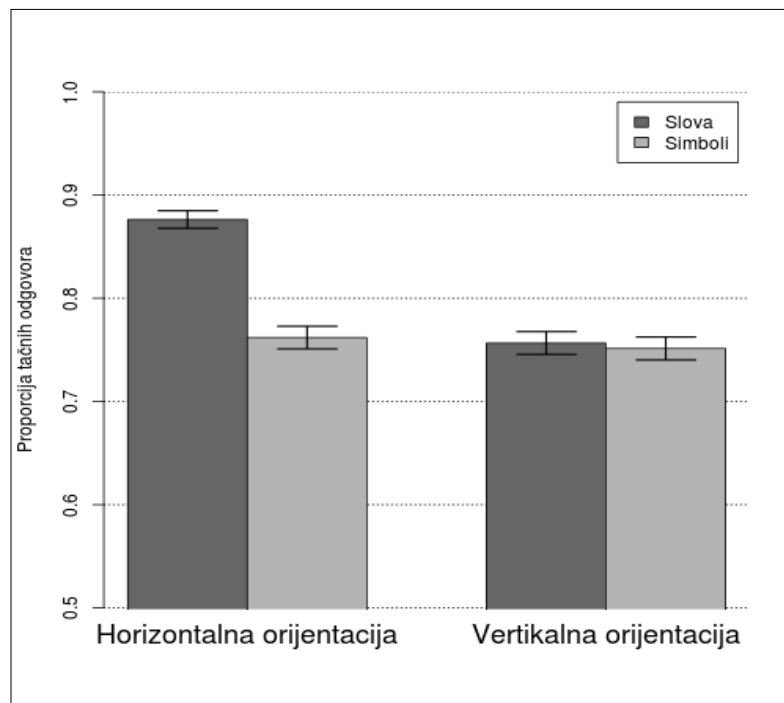
Pri analizi prikupljenih podataka, iz uzorka su isključena dva ispitanika čije je postignuće nezavisno od eksperimentalnih uslova, bilo u nivou nasumičnog pogađanja. Procenat tačnih odgovora u eksperimentu 6 iznosio je 78.65%. Prosečna proporcija tačnih odgovora ispitanika u osam eksperimentalnih situacija prikazana je u prilogu 17. Najsloženiji model opravdan podacima, dobijen prema postupku opisanom u odeljku 7.7, prikazan je u tabeli 13.1, dok je maksimalni model prikazan u prilogu 18.

Najsloženiji model opravdan podacima ukazuje na značajno variranje među *Ispitanicima* i među *Stimulusima*. Korekcije modela uključivanjem zasebnih nagiba efekata *Vrste stimulusa* i *Orijentacije* za pojedinačne ispitanike, te efekta *Orijentacije* za stimuluse, takođe su značajno unapređivale model. Važnije od toga, rezultati su pokazali postojanje značajnih fiksnih efekata *Vrste stimulusa*, *Orijentacije*, te interakcije *Vrsta stimulusa x Orijehtacija*. Ovo je ilustrirano na grafikonu 13.1, na kojem je uočljivo da su vertikalno orijentisani dvočlani nizovi slova jednako uspešno identifikovani kao i dvočlani nizovi simbola u ma kojoj od orijentacija, dok je horizontalno smeštanje ometača dovelo do znatno tačnije identifikacije slova u odnosu na prethodno pomenute situacije. Ovaj porast iznosio je 0.12, što odgovara poboljšanju od 23.4%, ukoliko se ima u vidu mogući opseg variranja odgovora.

Glavni efekat *Relativne pozicije ometača*, kao i njegove interakcije druga dva prediktora, nisu bili statistički značajni (vrednosti ovih parametara moguće je videti u maksimalnom modelu, u prilogu 18).

Tabela 13.1: *Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 6*

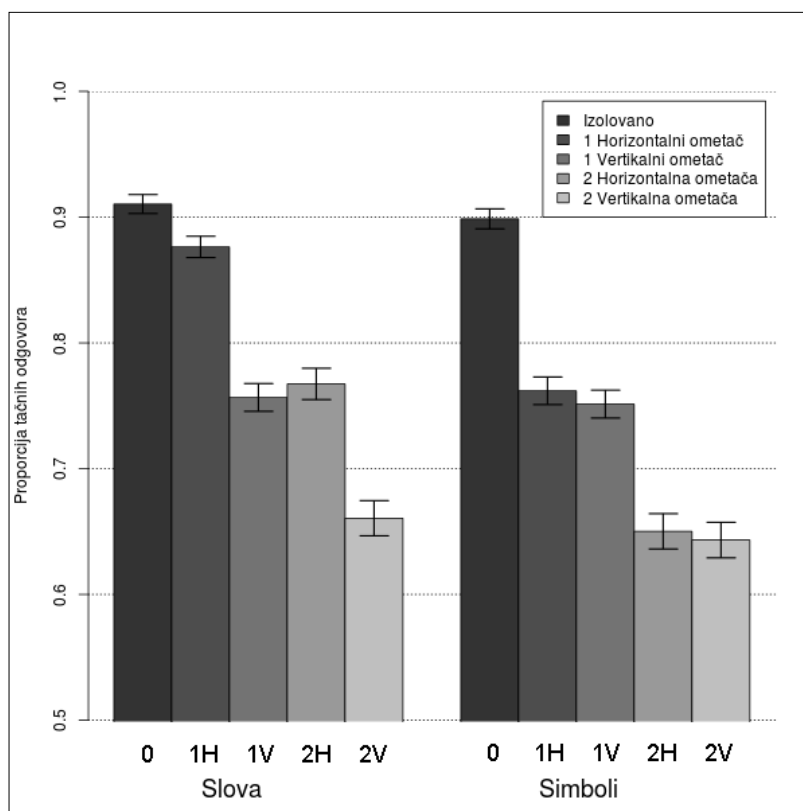
br. opservacija		AIC	BIC	LogLik	devijacija
6048		5932	6019	-2953	5906
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	(intercept)	0.2843	0.5332		
	Vrsta stimulusa	0.1372	0.3704		
	Orijentacija	0.1486	0.3855		
Stimulus	(intercept)	0.0849	0.2914		
	Orijentacija	0.1290	0.3591		
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		1.4683	0.1397	10.514	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.4633	0.1739	-2.665	0.0077
Orijentacija		-0.5036	0.1380	-3.648	0.0003
Vrsta stimulusa x Orijentacija		0.8245	0.2168	3.803	0.0001



Grafikon 13.1: Uspešnost identifikacije slova i simbola prikazanih u horizontalno i vertikalno orijentisanim nizovima, u uslovima pregomilavanja jednim ometačem. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Zajednička analiza eksperimenata 1, 4 i 6

Podaci prikupljeni u eksperimentu 1, eksperimentu 4 i eksperimentu 6 omogućuju da se uporedi uspešnosti parafovealne identifikacije slova i simbola u zavisnosti od prisustva, broja i vrste ometača. Prikaz rezultata tri eksperimenta dat je na grafikonu 13.2. Kako bi se statistički potvrdilo obrazac rezultata uočljiv sa njega, zasebno su modelirani podaci za slova i simbole. U obe analize modeliran je faktor *Način izlaganja*. Ovaj faktor imao je pet nivoa: izolovano (0), 1 horizontalni ometač (1H), 1 vertikalni ometač (1V), 2 horizontalna ometača (2H) i 2 vertikalna ometača (2V). Rezultati međusobnih poređenja priloženi su u tabeli 13.2. Uvidom u nju može se primetiti da je jedina neznačajna razlika, kada su u pitanju slova, postojala između pregomilavanja sa jednim vertikalnim i sa dva horizontalna ometača. Dodavanje jednog horizontalnog ometača, u odnosu na izolovanu identifikaciju, rezultovalo je marginalno značajnim efektom. Razlike za sva ostala poređenja bile su značajne. Kada su u pitanju simboli, ujednačeno pregomilavanje proizvodili su jedan horizontalni i jedan vertikalni ometač, te dva horizontalna i dva vertikalna ometača. Ostale razlike bile su statistički značajne.



Grafikon 13.2: Uspešnost identifikacije slova i simbola prikazanih u izolaciji, pregomilanih jednim ili pregomilanih dvama ometačima. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Tabela 13.2. Razlike u identifikaciji slova i simbola za pet načina izlaganja

Poređenje	$\Delta\beta$	SE	z	p
<i>Slova</i>				
0 – 1H	-0.4645	0.248	-1.870	0.0615
0 – 1V	-1.3338	0.243	-5.492	< 0.0001
0 – 2H	-1.2953	0.259	-5.008	< 0.0001
0 – 2V	-1.8529	0.257	-7.222	< 0.0001
1H - 1V	-0.8693	0.101	-8.615	< 0.0001
1H - 2H	-0.8308	0.248	-3.348	0.0008
1H - 2V	-1.3884	0.246	-5.644	< 0.0001
1V - 2H	0.0386	0.246	0.159	0.8736
1V - 2V	-0.5190	0.240	-2.159	0.0308
2H - 2V	-0.5576	0.010	-5.821	< 0.0001
<i>Simboli</i>				
0 – 1H	-1.0826	0.184	-5.899	< 0.0001
0 – 1V	-1.1432	0.183	-6.239	< 0.0001
0 – 2H	-1.6680	0.192	-8.664	< 0.0001
0 – 2V	-1.6999	0.192	-8.834	< 0.0001
1H - 1V	-0.0606	0.087	-0.699	0.4847
1H - 2H	-0.5854	0.179	-3.271	0.0011
1H - 2V	-0.6173	0.179	-3.451	0.0006
1V - 2H	-0.5248	0.179	-2.938	0.0033
1V - 2V	-0.5569	0.179	-3.119	0.0018
2H - 2V	-0.03213	0.089	-0.361	0.7179

Poređenje postignuća ispitanika u ovoj studiji sa postignućima dobijenim u studiji Graingera i sar. (2010)

Prethodno prikazane rezultate moguće je uporediti i sa rezultatima eksperimenta 1 i eksperimenta 2 iz studije Graingera i sar. (2010). Prosečna uspešnost ispitanika u identifikaciji slova i simbola u dve studije prikazana je u tabeli 13.3.

Tabela 13.3: Usporedni prikaz rezultata eksperimenta 1, eksperimenta 4 i eksperimenta 6 ove studije i rezultata eksperimenta 1 i eksperimenta 2 studije Graingera i sar. (2010).

Prezentacija		Procenat tačnih odgovora			
		Vejnović		Grainger et al. (2010)	
		Slova	Simboli	Slova	Simboli
Izolovana		91.04	89.86	91.75	89.95
1 ometač	horizontalni	87.63	76.19	90.23	75.98
	vertikalni	75.66	75.13	<i>Nije testirano</i>	<i>Nije testirano</i>
2 ometača	horizontalna	76.73	65.01	76.40	67.25
	vertikalna	66.06	64.32	<i>Nije testirano</i>	<i>Nije testirano</i>

13.3 Diskusija eksperimenta 6

Pregomilavanje slova i simbola jednim ometačem, ispitivano u eksperimentu 6, rezultiralo je tačnošću odgovora ispitanika koja je bila viša u odnosu na onu koja je registrovana pri pregomilavanju u prisustvu dva ometača (eksperiment 4). Istovremeno, postignuće u ovom eksperimentu bilo je niže u poređenju sa rezultatima eksperimenta 1, u kojem su slova i simboli bili identifikovani u izolaciji. Ovi nalazi su očekivani i repliciraju rezultate ranijih studija (Bouma, 1970; Pöder & Wagemans, 2007; Pelli et al., 2004; Strasburger et al., 1991; Grainger et al., 2010). Posmatrajući do sada izvedene eksperimente može se zaključiti da je uspešnost izolovane parafovealne identifikacije iznosila oko 90% (eksperiment 1, eksperiment 3a i eksperiment 5a), dok je procenat tačne identifikacije kada su mete pregomilavane jednim ometačem iznosio oko 80% (eksperimenta 6), a procenat uspešnosti pri pregomilavanju sa dva ometača padao na nešto ispod 70% (eksperiment 2, eksperiment 3b, eksperiment 4, eksperiment 5b). Stoga se može zaključiti da prisustvo jednog ometača dovodi do pada u uspešnosti identifikacije u poređenju sa rezultatima koji se registruju u uslovima izolovane identifikacije. Međutim, da ovaj pad, premda osetan, nije i potpun svedoči i dalje relativno visok procenat tačnih odgovora ispitanika, kao i činjenica da je efekat pregomilavanja moguće dodatno pojačati pridodavanjem drugog ometača. Barem u ispitivanim uslovima, čini se da negativni uticaj prisustva ometača ima aditivni karakter: snaga remetilačkog dejstva do kojeg dovodi pridodavanje drugog ometača približno je jednaka onoj koja se registruje kada se uz prvobitno izolovanu metu doda jedan ometač.

Glavni nalaz eksperimenta 6 tiče se interakcije faktora *Vrsta stimulusa* i *Orijentacija*. Rezultati ovog eksperimenta pokazali su da je pregomilavanje slova jednim

horizontalno pozicioniranim ometačem znatno manje nego pregomilavanje simbola jednim horizontalnim ometačem, dok je intenzitet pregomilavanja koje je proizvodio jedan vertikalno orijentisani ometač bio jednak za slova i simbole (i on je odgovarao nivou registrovanom za horizontalno orijentisane simbole). Ovaj nalaz replicira ono što je prethodno uočeno pri pregomilavanju uz pomoć dva ometača. Na isti način kao što je to bio slučaj u eksperimentu 4 i eksperimentu 5a, pregomilavanje slova bilo je manje u poređenju sa pregomilavanjem simbola, ali samo pod uslovom da su ometači bili postavljeni horizontalno u odnosu na mete. Glavni zaključak koji se na osnovu rečenog može izvući jeste da je već dvočlani niz dovoljan da bi se uočeni diferencijalni efekat manjeg pregomilavanja horizontalno orijentisanih slova ispoljio.

Rezultati eksperimenta 6 nisu otkrili značajnu razliku između pregomilavanja spoljašnjim i pregomilavanja unutrašnjim ometačem. Ovaj nalaz u suprotnosti je sa rezultatima većeg broja studija u kojima je detektovano snažnije dejstvo spoljašnjeg ometača (Banks et al., 1979; Krumhansl, 1977; Chastain, 1982; Petrov et al., 2007; Farzin et al., 2009). Sa druge strane, u studiji Graingera i saradnika (2010), čiju su metodologiju naši eksperimenti podražavali, jasan efekat unutrašnje-spoljašnje asimetrije nije ustanovljen. Preciznije, njegovo prisustvo variralo je u zavisnosti od eksperimentalnog postupka, lokacije stimulusa u vizuelnom polju i vrste stimulusa. Odsustvo efekta unutrašnje-spoljašnje asimetrije u našim rezultatima još je razumljivije ukoliko se u vidu imaju skorašnji nalazi koji dovode u sumnju ideju o njegovoj opštosti i robusnosti (Petrov & Meleshkevich, 2011a; 2011b). U tim studijama pokazano je da se je unutrašnje-spoljašnja asimetrija veoma uslovljena alokacijom spacijalne pažnje. Od posebnog značaja je nalaz koji pokazuje da se variranjem lokacije prezentacije stimulusa, koje onemogućava ispitanika da svoju pažnju fokusira na preciznu lokaciju u vizuelnom polju, eliminiše ispoljavanje unutrašnje-spoljašnje asimetrije (Petrov & Meleshkevich, 2011b). Upravo ovo je bio slučaj u našem eksperimentu: za razliku od većine studija ove vrste, u kojima se prikazivanje odvijalo na dve lokacije, u našim eksperimentima stimulusi su prikazivani u četiri različita dela vizuelnog polja. Raspršenje spacijalne pažnje ispitanika koje je ovakav postupak proizveo, u skladu sa prethodno diskutovanim nalazima, verovatni je uzrok ujednačenog ometanja spoljašnjim i unutrašnjim ometačem.

Pregomilavanje unutrašnjim i spoljašnjim ometačem nije zavisilo od orijentacije prikazanih nizova, niti se razlikovalo između slova i simbola. Potonji rezultat u skladu je sa našom pretpostavkom da efekti ove vrste ometanja predstavljaju generalno svojstvo

pregomilavanja i sa očekivanjem da će se slova u ovom pogledu ponašati na isti način kao i svi drugi objekti.

U prethodnom odeljku, uz prikaz rezultata eksperimenta 6, izvršena je i uporedna analiza rezultata eksperimenata 1, 4 i 6 (grafikon 13.2). Na taj način je upoređena uspešnost parafovealne identifikacije u odsustvu ometača (eksperiment 1), u prisustvu jednog ometača (eksperiment 6) i u prisustvu dva ometača (eksperiment 4). Na osnovu pojedinačnih analiza tri eksperimenta, kao i njihove zajedničke analize, moguće je doneti veći broj zaključaka:

a) Parafovealno prikazivana slova i simboli jednako su uspešno identifikovani kada se prikazuju izolovano, kada se prikazuju u sklopu dvočlanih vertikalnih nizova i kada se prikazuju u sklopu tročlanih vertikalnih nizova.

b) Slova prikazana u sklopu dvočlanih horizontalnih nizova manje su pregomilavana u odnosu na simbole (kao i u odnosu na slova prikazana u sklopu vertikalnih dvočlanih nizova). Pad u uspešnosti identifikacije dvočlanih horizontalnih nizova slova, u poređenju sa izolovanom identifikacijom, razmerno je blag. Stoga se može zaključiti da je ometanje identifikacije slova koje izaziva jedan horizontalno pozicionirani ometač relativno malo (u odnosu na ometanje koje se u takvim uslovima registruje kada se prikazuju simboli), te da se uspešnost ispitanika u ovim uslovima približava nepregomilanoj, tj. izolovanoj identifikaciji.

c) Prethodno rečeno ne važi i za vertikalne dvočlane nizove. Kada se pregomilavanje slova vrši jednim vertikalno pozicioniranim ometačem, pad u postignuću je znatan, i jednak je kao onaj koji se registruje za simbole (orijentisane bilo horizontalno ili vertikalno).

d) Količina pregomilavanja slova koju izazivaju dva horizontalno pozicionirana ometača manja je nego ona koju izazivaju dva vertikalno pozicionirana ometača ili ona koja se registruje pri pregomilavanju simbola dvama ometačima, bilo horizontalno ili vertikalno pozicioniranim. Količina pregomilavanja slova koju proizvode dva horizontalna ometača odgovara onoj koju izaziva jedan vertikalni ometač, ili količini pregomilavanja koja se registruje za simbole prikazane u blizini jednog ometača, ma kako on bio pozicioniran.

e) Količina pregomilavanja prouzrokovana smeštanjem slova između dva vertikalno pozicionirana ometača ne razlikuje se od one koja se registruje za tročlane nizove simbola, u ma kojoj od orijentacija.

Najzad, uz rezultate eksperimenta 6 dat je i uporedni prikaz postignuća ispitanika u tri eksperimenta o kojima je prethodno bilo reči i postignuća ispitanika u studiji Graingera i saradnika (tabela 13.3). Jedina značajnija razlika upoređivanih eksperimenata tiče se činjenice da su naši nalazi prikupljeni testiranjem na lokacijama na horizontalnom i vertikalnom meridijanu, dok su u studiji Graingera i saradnika testirane samo horizontalne lokacije u vizuelnom polju. Uvid u rezultate dve studije potvrđuje ranije iznesenu konstataciju da se uvođenje dodatnih vertikalnih lokacija u eksperimentalni zadatak nije značajno odrazilo na ukupno postignuće ispitanika. Naprotiv, upoređivanjem rezultata dve studije može se konstatovati njihov vrlo visok nivo podudarnosti.

14 EKSPERIMENT 7: PERIFERNO OPAŽANJE SLOVA I SIMBOLA

Svrha poslednjeg od planiranih eksperimenata bila je da se proveri obuhvatnosti nalaza dobijenih u prethodnim eksperimentima. U eksperimentu 7 želeli smo da proverimo da li su rezultati kojima su definisane specifičnosti pregomilavanja slova spram drugih objekata ograničeni na relativno mali prostor u kojem se čitanje odvija (tj. parafovealnu zonu vizuelnog polja), ili su oni prisutni i dublje u periferiji, odnosno u čitavom vizuelnom polju, sa izuzetkom fovealne zone.

Eksperiment 7 se sastojao iz dva dela. U eksperimentu 7a ispitivano je periferno opažanje pojedinačnih slova i simbola. Podaci prikupljeni u ovom delu eksperimenta trebali su da posluže kao osnova sa kojom će biti upoređeni rezultati eksperimenta 7b, u kojem je ispitivana pregomilana identifikacija slova i simbola. Kao i do sada, ispitivanje izolovane identifikacije imalo je kontrolnu funkciju. Upoređivanje rezultata izolovane i pregomilane identifikacije planirano je kako bi se moglo precizno odrediti jesu li efekti ustanovljeni u uslovima pregomilane identifikacije specifičnost pregomilavanja, ili su generalniji i opštevažeći za perifernu identifikaciju. U skladu sa nalazima eksperimenta 1, očekivali smo da će uspešnost ispitanika u zadatku izolovane identifikacije biti visoka i da u pogledu tačnosti identifikacije između slova i simbola neće postojati razlika.

U eksperimentu 7b ispitivana je pregomilana identifikacija slova i simbola u periferiji vizuelnog polja. Primarni cilj ovog dela eksperimenta bio je da se ustanovi da li se superiornija identifikacija horizontalno orijentisanih nizova slova (tj. „teksta”) generalizuje i na periferne delove vizuelnog polja kojima se ispitanici ne služe da bi čitali. Replikacijom nalaza dobijenih u uslovima parafovealnog izlaganja bilo bi pokazano da je smanjeno

pregomilavanje horizontalnih nizova slova, tj. „teksta”, opšta zakonitost vanfovealne percepcije. Izostanak replikacije sugerisao bi da su prethodno ustanovljeni rezultati ograničeni na usku parafovealnu zonu u kojoj se čitanje, a time i perceptivno učenje u identifikaciji slova, uobičajeno odvija. Prema stanovištu izloženom u radu Graingera i saradnika (2010), umanjeno pregomilavanje slova posledica je smanjenja receptivnih polja detektora za oblike slova, predviđenih modelom lokalne kombinacije detektora (Dehaene et al., 2005). Budući da ovaj predlog predviđa relativnu lokacijsku specifičnost tih detektora replikacija parafovealnih rezultata u periferiji vizuelnog polja bila bi u suprotnosti sa stanovištem Graingera i saradnika (2010).

Istovremeno, u eksperimentu 7 testirano je i da li je prednost horizontalnih nizova slova uslovljena veličinom stimulusa – parametrom koji u ranijim eksperimentima nije variran. U do sada razmatranim eksperimentima korištena su slova čija je veličina odgovarala veličini slova sa kojom se uobičajeno susrećemo pri čitanju teksta. Slova korištena u eksperimentu 7 višestruko su veća od njih. Ponovno detektovanje smanjenog pregomilavanja horizontalnih nizova slova stoga bi u isto vreme značilo da ovaj efekat nije strogo uslovljen specifičnom veličinom stimulusa koje čitaoci najčešće imaju u iskustvu.

Prema tome, u eksperimentu 7 testirana je opštost nalaza o smanjenom pregomilavanju slova. U njemu je proveravano da li je on prisutan u svim delovima vizuelnog polja (izuzev uske fovealne zone), te da li je uslovljen veličinom stimulusa.

14.1 Metod eksperimenta 7

Nacrt

Nacrt eksperimenta 7a bio je identičan nacrtu eksperimenta 1. Dva varirana faktora u ovom delu eksperimenta bili su *Vrsta stimulusa* i *Lokacija izlaganja*. Nacrt eksperimenta 7b bio je identičan nacrtu eksperimenta 4. Tri varirana faktori bili su *Vrsta stimulusa*, *Orijentacija niza* i *Lokacija izlaganja*. U analizama oba dela eksperimenta bila je uključena kovarijabla *Redosled (zadavanja eksperimenata)*, kako bi se proverio i kontrolisao eventualni efekat redosleda učestvovanja ispitanika u dva dela eksperimenta.

Stimulusi i postupak

U eksperimentu 7a i eksperimentu 7b stimulusi su prikazivani u periferiji vizuelnog polja, na 7° udaljenosti u odnosu na tačku fiksacije. Kako bi se kompenzovao pad u oštrini vida (tj. niža periferna rezolucija) veličina stimulusa bila je uvećana u odnosu na parafovealne eksperimente, i iznosila je 2.1° vizuelnog ugla. Imajući u vidu da pregomilavanje takođe raste sa ekscentricitetom (Toet & Levi, 1992; Pelli et al., 2004; Levi, 2008), u eksperimentu 7b je dodatno uvećan razmak između meta i ometača i on je iznosio 0.9° vizuelnog ugla²¹. Izuzev prethodno navedenog, eksperiment 7a u svakom pogledu bio je identičan eksperimentu 1, a eksperiment 7b eksperimentu 4. Trajanje eksperimentalne sesije iznosilo je oko 35 minuta.

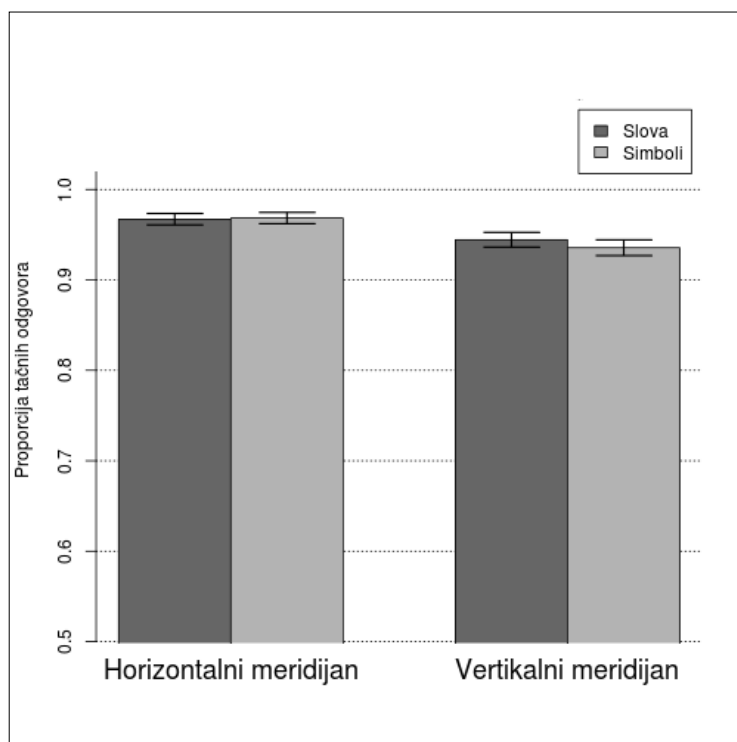
14.2 Rezultati eksperimenta 7

Eksperiment 7a: izolovana periferna identifikacija slova i simbola

Procenat tačnih odgovora u eksperimentu 7a bio je visok i iznosio je 95%. Uspešnost identifikacije ispitanika u četiri eksperimentalne situacije eksperimenta 7a prikazana je na grafikonu 14.1. (numerički prikaz dat je u prilogu 19).

Slučajni efekat ispitanika, kao i korekcija nagiba fiksnog efekta lokacije za pojedinačne ispitanike, značajno su unapređivali model zasnovan na podacima eksperimenta 7a. Uključivanje slučajnog efekta stimulusa nije se pokazalo potrebnim. Najsloženiji model opravdan podacima (tabela 14.1) pokazuje da je jedini značajan fiksni efekat bio glavni efekat *Lokacije*: kao što se na grafikonu 14.1 može videti, uspešnost ispitanika u identifikaciji slova i simbola bila je nešto veća na horizontalnom meridijanu nego što je to bio slučaj na vertikalnom meridijanu. Još važnije, tačnost identifikovanja izolovanih slova i simbola u periferiji bila je ujednačena i na horizontalnim i na vertikalnim lokacijama. Efekat *Redosleda* u eksperimentu 7a nije bio značajan. Parametri neznačajnih efekata mogu se videti u prilogu 20, u kome je prikazan maksimalni model eksperimenta 7a.

21 Ovom intervencijom veličina stimulusa u eksperimentu 7 uvećana je 4.77 puta, dok je razmak između mete i ometača povećan 5.625 puta.



Grafikon 14.1: Uspešnost izolovane identifikacije slova i simbola prikazanih na horizontalnom i vertikalnom meridijanu u periferiji. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Tabela 14.1: *Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 7a*

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
3168	1129	1159	-559.4	1119	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik (intercept)	0.6721	0.8198			
Lokacija	0.3732	0.6109			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)	3.4298	0.2066	16.600	< 0.0001	
Lokacija	-1.0907	0.2399	-4.547	< 0.0001	

Eksperiment 7b: pregomilana periferna identifikacija slova i simbola

Prosečna uspešnost identifikacije u eksperimentu 7b iznosila je 69.74%. Prosečna postignuća ispitanika u osam eksperimentalnih situacija prikazana su u prilogu 21.

Najsloženiji model opravdan podacima, dobijen postupkom opisanim u odeljku 7.7, prikazan je u tabeli 14.2.

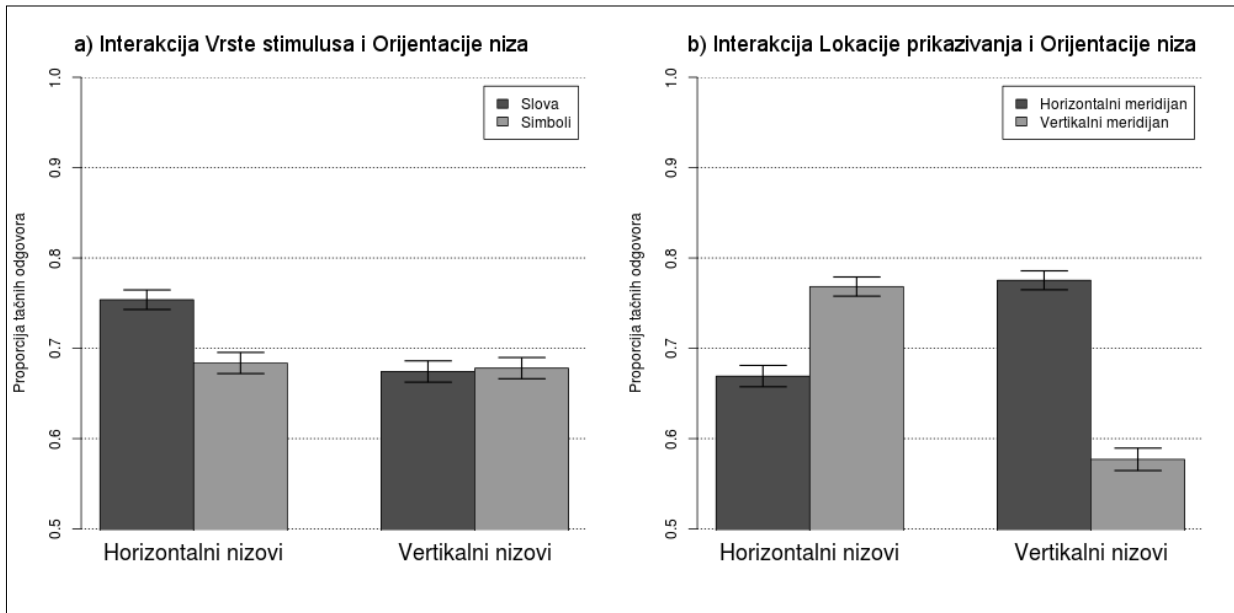
Tabela 14.2: Najsloženiji model opravan podacima eksperimenta 7b

br. opservacija		AIC	BIC	LogLik	devijacija
6336		7454	7542	-3714	7428
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	(intercept)	0.0927	0.3045		
	Lokacija	0.0756	0.2750		
	Orijentacija	0.0497	0.2230		
Stimulus		0.0550	0.2345		
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		0.9033	0.009	10.036	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.1699	0.124	-1.368	0.1714
Lokacija		-0.2504	0.082	-3.052	0.0023
Orijentacija		-0.1689	0.075	-2.267	0.0234
Vrsta stimulusa x Orijehtacija		0.3807	0.113	3.367	0.0008
Lokacija x Orijehtacija		-1.4954	0.114	-13.074	< 0.0001

Značajano variranje postojalo je među *Ispitanicima* i među *Stimulusima*, a uključivanje zasebnih nagiba efekta *Lokacije* i *Orijetacije* za pojedinačne ispitanike takođe je unapređivalo model. Glavni efekti fiksnih prediktora *Lokacije* i *Orijentacije* bili su statistički značajni, dok efekti *Vrste stimulusa* i *Redosleda* nisu dostizali nivo značajnosti. Važnije od toga, modeliranjem prikupljenih podataka ustanovljeno je postojanje dve značajne interakcije: interakcija *Vrste stimulusa* i *Orijentacije* i interakcija *Lokacije* i *Orijentacije*. Prva od njih ilustrovana je na levom delu grafikona 14.2. Kao što se na grafikonu može videti, slova i simboli prikazivani u vertikalnim nizovima bili su jednako uspešno identifikovani. Sličan nivo postignuća registrovan je i za horizontalno orijentisane simbole. Eksperimentalna situacija u kojoj se postignuće ispitanika znatno razlikovalo u odnosu na tri prethodno pomenute bila je ona u kojoj su slova prikazivana u horizontalnim nizovima. U ovoj situaciji registrovan je porast proporcije tačnosti identifikovanih stimulusa u visini od 0.075, što je ekvivalentno porastu od 15%, ukoliko se ima u vidu mogući opseg variranja odgovora.

Identifikacija horizontalnih nizova bila je znatno uspešnija na vertikalnom meridijanu nego na horizontalnom meridijanu (ova razlika iznosila je 0.1, tj. 20% ukoliko se ima u vidu mogući opseg variranja odgovora). Nasuprot tome, identifikacija vertikalnih

nizova bila je upadljivo uspješnija na horizontalnom meridijanu nego na vertikalnom meridijanu (u ovom slučaju razlika iznosila je 0.2, tj. 40% ukoliko se ima u vidu mogući opseg variranja odgovora). Opisana interakcija *Lokacije i Orijentacije* prikazana je u desnom delu grafikona 14.2.



Grafikon 14.2: a) Upešnost periferne identifikacije slova i simbola prikazanih u horizontalnim i vertikalnim nizovima. b) Uspešnost periferne identifikacije horizontalnih i vertikalnih nizova na horizontalnom i vertikalnom meridijanu. Prikazane margine odstupanja obuhvataju interval od ± 1 standardne greške.

Interakcija *Vrste stimulusa i Lokacije*, kao i trostruka interakcija tri fiksna prediktora, nisu bile statistički značajne (vrednosti neznačajnih efekata mogu se videti u maksimalnom modelu, datom u prilogu 22). Prema tome, na efekat uspješnije identifikacije horizontalnih nizova slova nije uticala lokacija izlaganja stimulusa.

Zajednička analiza eksperimenta 7b i eksperimenta 4

Rezultati eksperimenta 7b i eksperimenta 4 modelirani su zajedno kako bi postignuće ispitanika u parafovei bilo upoređeno sa postignućem u periferiji vizuelnog polja. U ovoj analizi trima fiksnim prediktorima koji su modelirani u zasebnim analizama eksperimenata dodat je četvrti faktor *Prikazivanje*, koji je imao nivoe „parafovealno” i „periferno”. Najsloženiji model opravdan podacima prikazan je u tabeli 14.3, dok je

maksimalni model (u kome je moguće očitati vrednosti neznačajnih parametara) dat u prilogu 23.

Tabela 14.3: *Najsloženiji model opravan podacima zajedničke analize eksperimenta 7b i eksperimenta 4*

br. opservacija		AIC	BIC	LogLik	devijacija
11808		14180	14335	-7069	14138
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	(intercept)	0.1493	0.3864		
	Vrsta stimulusa	0.0550	0.2198		
	Lokacija	0.0483	0.2198		
	Orijentacija	0.0438	0.2093		
Stimulus	(intercept)	0.05526	0.2351		
	Orijentacija	0.03110	0.1764		
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		0.8249	0.085	9.756	< 0.0001
Lokacija		-0.22465	0.054	-4.188	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.2458	0.124	-1.986	0.0471
Orijentacija		-0.2276	0.067	-3.389	0.0007
Prikazivanje		0.2210	0.097	2.273	0.0230
Lokacija x Orijehtacija		-1.0717	0.082	-13.038	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Orijehtacija		0.4278	0.116	3.665	0.0003
Lokacija x Orijehtacija x Prikazivanje		-0.8996	0.164	-5.481	< 0.0001

Zajednička analiza potvrdila je efekte registrovane u zasebnim analizama dva eksperimenta. Pored toga, glavni efekat faktora *Prikazivanje* nije bio značajan u maksimalnom modelu (prilog 23), ali je uz potrebne korekcije za slučajne efekte on u optimalnom modelu dostigao značajnost (na nivou pouzdanosti od 95%). Prosečno postignuće u eksperimentu 7 bilo je za 3.75% više u odnosu na postignuće u eksperimentu 4. Važnije od toga, ovaj faktor nije stupao u (trostruku) interakciju sa značajnim efektom *Vrsta stimulusa x Orijehtacija*. Prema tome, efekat uspešnijeg identifikovanja horizontalnih nizova slova u jednakoj meri bio je prisutan u periferiji i u parafovi vizuelnog polja. Značajna trostruka interakcija *Lokacija x Orijehtacija x Prikazivanje* svedoči o činjenici da je efekat radialno-tangencijalne anizotropije bio u većoj meri izražen u periferiji vizuelnog polja nego u parafovealnoj zoni. U eksperimentu 4 ova anizotropija je bila prisutna samo na vertikalnom meridijanu, dok je u eksperimentu 7 ona registrovana i na horizontalnom i na vertikalnom meridijanu (videti rezultate zasebnih analiza eksperimenta 7b i eksperimenta 4).

14.3 Diskusija eksperimenta 7

Rezultati eksperimenta 7a pokazali su da je periferna identifikacija izolovanih slova podjednako uspešna kao i identifikacija simbola, baš kao što je to bio slučaj i u parafovealnoj zoni vizuelnog polja. Osim toga, uspešnost identifikacije na horizontalnom meridijanu bila je nešto viša u poređenju sa identifikacijom na vertikalnom meridijanu, što je nalaz koji takođe replicira rezultate dobijene pri parafovealnom izlaganju. Ukratko, izmeštanje stimulusa iz parafovealne u perifernu zonu vizuelnog polja nije rezultovalo nikakvom promenom u obrascima dobijenih rezultata.

U skladu sa očekivanjem, uspešnost ispitanika u izvođenju zadatka znatno je umanjena u uslovima pregomilane identifikacije (eksperiment 7b). U ovom slučaju, ispitanici su tačno identifikovali oko 70% prikazanih meta, što je nešto niže od postignuća u istom zadatku pri testiranju parafovealne zone. Razlog ovome leži u proporcionalno većem razmaku između meta i ometača u eksperimentu 7.

Glavni nalaz ovog eksperimenta tiče se činjenice da je tačnost identifikacije slova i simbola prikazanih između dva vertikalno pozicionirana ometača bila ujednačena i približna tačnosti identifikacije simbola prikazanih u horizontalnim nizovima. Od postignuća u tri prethodno pomenute eksperimentalne situacije razlikovala se uspešnost ispitanika pri identifikaciji horizontalno pregomilvanih slova. Uspešnost ispitanika u ovom slučaju bila je za 15% viša, a dobijeni efekat nije zavisio od lokacije na kojoj se prikazivanje odvijalo. Ovaj glavni nalaz eksperimenta u kojem je pregomilavanje vršeno u periferiji vizuelnog polja replicira rezultat koji je dobijen pri testiranju parafovealne zone. Dodatnu potvrdu ove tvrdnje pruža zajednička analiza rezultata eksperimenta izvedenog u parafoveji (eksperiment 4) i eksperimenta 7b, u kome su stimulusi prikazivani u periferiji vizuelnog polja. Ta analiza pokazala je da je faktor *Prikazivanje* nije stupao u trostruku interakciju sa efektom *Vrsta stimulusa x Orijentacija*. Prednost horizontalnih nizova slova u odnosu na ostale testirane situacije bila je približno jednaka u dva eksperimenta. Na osnovu rečenog može se konstatovati da prednost horizontalno orijentisanih slova nije ograničena na delove vizuelnog polja gde se čitanje uobičajeno odvija – parafoveu – već da je ona jednako prisutna i u zonama znatno udaljenijim od fovee, u kojima se identifikacija slova pri normalnom čitanju ne odvija. Ovo predstavlja najvažniji zaključak eksperimenta 7. On nije u skladu sa zamisli Graingera i saradnika (2010), prema kojoj bi do modifikacije receptivnih polja neurona zaduženih za obradu slova dolazilo na nivou lokacijski specifičnih detektora. Naime,

detektori za oblike slova smešteni u periferiji vizuelnog polja nisu izloženi perceptivnom učenju, budući da se ti delovi vizuelnog polja ne koriste za čitanje. Ovakav ishod otvara mogućnost za drugačija objašnjenja smanjenog pregomilavanja slova. Jedno od njih pretpostavljalo bi da do efekta smanjenog pregomilavanja slova dolazi na višem, lokacijski nespecifičnom nivou obrade. Takva mogućnost u skladu je sa ranije pominjanom strujom mišljenja koje pregomilavanje vidi kao proces koji se odvija na većem broju nivoa u lancu obrade informacija (Whitney & Levi, 2011; Dakin et al., 2011; Anderson et al., 2012). Druga mogućnost bila bi da efekat smanjenog pregomilavanja slova ne proizvodi trajna, anatomska modifikacija dela vizuelnog sistema namenjenog obradi teksta, već da je on izazvan specijalnom pažnjom. U ovom scenariju, deduktivni uticaj dovodio bi do privremenog, tj. selektivnog smanjenja receptivnih polja detektora kada vizuelni sistem obrađuje tekst. Detaljnom razmatranju implikacija glavnog rezultata ovog eksperimenta, kao i njegovih mogućih objašnjenja, vratićemo se u opštoj diskusiji.

U rezultatima eksperimenta 7b ustanovljen je i efekat radijalno-tangencijalne anizotropije: radijalno postavljene ometači više su smetali identifikaciji meta nego što je to bio slučaj sa tangencijalnim ometačima. Takav nalaz takođe je očekivan, budući da se smatra da je ova vrsta anizotropije generalna karakteristika pregomilavanja (Toet & Levi, 1992; Pelli et al., 2007; Levi, 2008; Whitney & Levi, 2011), tj. budući da ona ne bi trebala da bude prostorno ograničena na parafoveu vizuelnog polja. Štaviše, efekat radijalno-tangencijalne anizotropije koji smo registrovali u periferiji još je upadljiviji u poređenju sa parafovealnim rezultatima. On je registrovan bilo da su stimulusi prikazivani na horizontalnom ili vertikalnom meridijanu, premda je olakšana identifikacija meta smeštenih između tangencijalnih ometača bila naročito izražena kada su one prikazivane na vertikalnom meridijanu. Zajednička analiza podataka dobijenih u parafovei i u periferiji vizuelnog polja potvrdila je da je efekat radijalno-tangencijalne anizotropije u većoj meri izražen u periferiji vizuelnog polja nego u parafovei. U parafovealnoj zoni, prednost tangencijalno orijentisanih nizova bila je značajna kada su oni prikazivani na vertikalnom meridijanu, dok na horizontalnom meridijanu ta prednost nije dostizala nivo statističke značajnosti. U periferiji vizuelnog polja prednost tangencijalno orijentisanih nizova bila je značajna i na horizontalnom i na vertikalnom meridijanu – premda je registrovani efekat i dalje bio izraženiji za stimulse koji su prikazivani na vertikalnim lokacijama. Stoga možemo zaključiti da je radijalno-tangencijalna anizotropija generalno svojstvo pregomilavanja, čiji se efekat ispoljava nezavisno od toga da li su opažani stimulusi slova ili simboli, te da ovaj

efekat dolazi do većeg izražaja kada se prikazivanje stimulusa odvija na lokacijama udaljenijim od fovee.

Najzad, rezultati eksperimenta 7 pokazuju da ranije diskutovani nalazi nisu uslovljeni veličinom stimulusa, te da su oni uočljivi i kada su stimulusi višestruko uvećani u odnosu na veličinu slova sa kojom vizuelni sistem ima iskustva pri normalnom čitanju.

15 OPŠTA DISKUSIJA

Predmet ovog rada bio je ispitivanje vanfovealnog opažanja slova, u cilju detaljnog utvrđivanja karakteristika njihovog pregomilavanja. Kako bi se ustanovile specifičnosti pregomilavanja slova, ovu grupu simbola upoređivali smo sa grupom drugih (njima veoma sličnih) simbola²². Odabir upravo ovih simbola kao kontrolne grupe stimulusa bio je motivisan željom da se oni, izuzev činjenice da ne pripadaju klasi slova, u što manjoj meri od slova razlikuju. Zaista, dve grupe ispitivanih objekata karakteriše upadljiva sličnost: one su dvodimenzionalni, nepokretni, monohromatski objekti, strukturalno slični, opažani uvek u istom položaju i ujednačenih su veličina. Sličnost dve grupe stimulusa potvrđena je i upoređivanjem njihove vizuelne kompleksnosti – izražene tipičnom merom kompleksnosti obima (Attneave & Arnoult, 1956; Pelli et al., 2006). Ta analiza pokazala je da se ispitivane grupe slova i simbola ne razlikuju u pogledu vizuelne kompleksnosti, te stoga ovaj faktor ne može biti uzrok uspešnije ili manje uspešne obrade jedne od dve grupe znakova. Ujednačena vizuelna kompleksnost, kao i ostale pobrojane sličnosti dve grupe stimulusa, pružaju podršku uverenju da je odabir kontrolne grupe stimulusa bio adekvatan.

15.1 Vanfovealno opažanje pojedinačnih slova

Kako bi se utvrdile karakteristike pregomilavanja slova, odnosno kako bi se razdvojile potencijalne opšte razlike u opažanju slova i simbola od razlika specifično vezanih za pregomilavanje, u okviru ove studije prvo je testirana identifikacija pojedinačnih slova i simbola (eksperiment 1, a takođe i eksperimenti 5a i 7a). U sva tri eksperimenta pokazalo se da pripadnost grupi slova ili simbola nije uticala na uspešnost identifikacije stimulusa. Ujednačena identifikacija slova i simbola bila je prisutna u svim delovima vizuelnog polja: na horizontalnom i vertikalnom meridijanu u parafovei (eksperiment 1), na dijagonalnim pozicijama u parafovei (eksperiment 5a) i na horizontalnom i vertikalnom meridijanu u periferiji vizuelnog polja (eksperiment 7a). Odsustvo razlike u uspešnosti identifikacije izolovanih slova i simbola predstavlja glavni nalaz dela studije koji se tiče opažanja

22 Kao što je u uvodnom poglavlju napomenuto, radi jednostavnijeg izražavanja dve grupe objekata u radu smo nazivali “slova” i “simboli”. Naravno, jasno je da, sa logičkog stanovišta, slova takođe predstavljaju jednu vrstu simbola.

pojedinačnih stimulusa. Ovaj empirijski nalaz podržava zaključke o adekvatnosti simbola kao kontrolne grupe stimulusa, iznete u prethodnom odeljku. Rezultati izvedenih eksperimenata pokazali su da, barem u ispitivanim uslovima, vanfovealno opažanje tako sličnih grupa stimulusa kao što su slova i simboli predstavlja jednako težak zadatak za vizuelni sistem. Činjenica da su naši ispitanici u svojoj svakodnevnici imali mnogo više iskustva u opažanju slova kao što su „B”, „G” ili „K” nego simbola poput „%”, „£” ili „§” nije se odrazila na uspešnost u zadacima izolovane identifikacije. Barem kada su u pitanju ove vrste stimulusa i opisane procedure, izloženost, tj. zastupljenost u iskustvu nema uticaja na pojedinačnu vanfovealnu identifikaciju. Pomenuti nalaz potvrđuje i proširuje opštost nalaza Graingera i saradnika (Grainger et al., 2010), u čijem radu je ujednačeno pregomilavanje slova i simbola ustanovljeno na horizontalnom meridijanu u parafovei.

Uspešnost ispitanika u izolovanoj identifikaciji slova i simbola bila je ujednačena u većini parafovealnih lokacija. Određenije, identifikacija stimulusa prikazanih na dve parafovealne dijagonale bila je jednaka (eksperiment 5a), i vrlo slična identifikaciji na vertikalnom meridijanu (eksperiment 1). Sa druge strane, izlaganje stimulusa na horizontalnom meridijanu (eksperiment 1) dovodilo je do blagog, ali statistički značajnog porasta parafovealne identifikacije. Ista prednost horizontalnog meridijana registrovana je i u periferiji vizuelnog polja (eksperiment 7a). Ovi nalazi u skladu su sa velikim brojem psihofizičkih studija koje ukazuju na superiorniju obradu na horizontalnom meridijanu u vizuelnom polju (Altpeter et al., 2000; Anderson et al., 1992; Carrasco et al., 2001; 2002; 2004; Cameron et al., 2002; Mackeben, 1999; 2009; Pointer & Hess, 1989; Regan & Beverley, 1983; Seiple et al., 2004; Silva et al., 2010; Weymouth et al., 1928). Budući da se superiornost horizontalnog meridijana smatra posledicom anatomske organizacije ranih faza vizuelne obrade (Abrams et al., 2011; Curcio & Allen, 1990; Curcio et al., 1990; Connolly & Van Essen, 1984; Tootell et al., 1988), naš nalaz o odsustvu interkacije ovog efekta sa vrstom stimulusa je očekivan. Bez sumnje, efekti anatomske organizacije ganglijskih neurona, ćelija LGN-a ili zone V1 na isti način bi se morali ispoljavati pri opažanju slova ili simbola.

15.2 Specifičnosti pregomilavanja slova

Za razliku od ishoda eksperimenata u kojima je ispitivano opažanje pojedinačnih objekata, nivo uspešnosti identifikacije u uslovima pregomilavanja bio je uslovljen vrstom stimulusa. U eksperimentu 2 repliciran je glavni nalaz studije Graingera i

saradnika (2010), koji svedoči o manjem nivou pregomilavanja pri opažanju slova u poređenju sa simbolima. U pomenutoj studiji pretpostavljeno je da efekat uzrokuju smanjena receptivna polja detektora za oblik slova, predviđenih modelom lokalne kombinacije detektora (Dehaene, 2005). Njihovo smanjenje predstavljalo bi adaptaciju vizuelnog sistema, do koje dolazi usled velike količine vizuelnog iskustva u opažanju slova (počev od perioda opismenjavanja) i u čijoj osnovi leži mehanizam perceptivnog učenja (Fahle, 2005; Fahle & Poggio, 2002). Smisao ovakve adaptacije bilo bi da se obezbedi efikasno prepoznavanje slova, koja su obično javljaju u uslovima snažnog pregomilavanja (tj. gusto prostorno komprimovana) i čija je paralelna vizuelna identifikacija neophodna za nesmetano odvijanje procesa čitanja (Grainger et al., 2008; Grainger & van Heuven, 2003; Dehaene et al., 2005).

U eksperimentu 2 takođe je pokazano je da efekat smanjenog pregomilavanja slova nije ograničen na horizontalni meridijan u parafovei, već da je prisutan i na vertikalnim lokacijama. Prisustvo efekta smanjenog pregomilavanja slova na vertikalnom meridijanu, koji studijom Graingera i saradnika nije bio obuhvaćen, pokazuje da ovo smanjenje pregomilavanja slova nije ograničeno isključivo na prostor na kome se njihova identifikacija, u toku čitanja, uobičajeno odvija. Taj rezultat demonstrira postojanje barem delimične generalizacije, odonosno transfera efekata perceptivnog učenja i na delove vizuelnog polja na kojima nema intenzivnog treninga u identifikaciji slova. U eksperimentima koji su usledili ovaj zaključak je još jednom potvrđen (Eksperiment 4), a zatim i proširen (eksperimenti 5b i 7b). Rezultati eksperimenta 5b pokazali su da je smanjeno pregomilavanje slova opšta karakteristika parafovealne percepcije, budući da je u njima prisustvo efekta, pored horizontalnog i vertikalnog meridijana, pokazano i na dijagonalnim lokacijama u parafovei. Rezultati eksperimenta 7 omogućili su da se napravi i korak dalje, budući da je u njemu pokazano da je efekat takođe prisutan i na horizontalnim i na vertikalnim lokacijama u periferiji vizuelnog polja. Združeno posmatrani, rezultati naše studije pokazuju da efekat smanjenog pregomilavanja nije uslovljen lokacijom u vizuelnom polju na kojem se opažanje odvija²³. U ovom pogledu, uopšteni zaključak Graingera i saradnika o smanjenom pregomilavanju slova pokazao se opravdanim. Međutim, imajući u vidu da ovi autori uzrok smanjenja pregomilavanja pri obradi slova vide u činjenici da se tokom opismenjavanja (a i

23 U eksperimentima saopštenim u ovom radu stimulusi su prikazivani na ukupno dvanaest pozicija u vizuelnom polju. Osam od njih bile su parafovealne (po dve na horizontalnom meridijanu i vertikalnom meridijanu, te četiri dijagonalne pozicije), a četiri su bile periferne (po dve na horizontalnom i vertikalnom meridijanu).

po završetku tog procesa) vizuelni sistem neprestano i obilno uvežbava u identifikaciji nizova slova, prisustvo efekta i na delovima vizuelnog polja u kojima se takvo vežbanje ne odvija mogla bi se učiniti neočekivanim. Ovom pitanju vratićemo se nešto kasnije, pri detaljnom razmatranju mehanizma pregomilavanja u sistemu za obradu slova. Na ovom mestu treba još istaći da prostorna fleksibilnost optimizacije obrade teksta predstavlja pozitivan ishod, ukoliko se na umu ima velika (i sve veća) populacija koja pati od degeneracije makule povezane sa starenjem (engl. *age-related macular degeneration; AMD*). U situaciji onemogućenja centralnog viđenja usled pojave centralnog skotoma, koje karakteriše ovaj poremećaj, prisustvo smanjenog pregomilavanja slova širom vizuelnog polja može se smatrati ohrabrujućim. Ono implicira mogućnost očuvanja barem jedne vrste optimizacije vizuelne obrade (i to one koja pospešuje uspešnost procesa čitanja) i van uobičajenih retinalnih lokacija.

Predlog Graingera i saradnika (2010), koji podrazumeva smanjenje receptivnih polja detektora za slova, izdvaja slova kao specifičnu grupu objekata i njihovu pregomilanu obradu kontrastira spram obrade drugih vrsta objekata. Kako je već rečeno, prema ovom predlogu za opisanu adaptaciju odgovoran je mehanizam perceptivnog učenja, tj. velika količina iskustva (vežbe) u identifikaciji slova koju pismene osobe imaju. S obzirom na takvo objašnjenje, u eksperimentu 3 želeli smo da proverimo da li je efekat smanjenog pregomilavanja specifičnost koja slova razlikuje od svih drugih vrsta stimulusa, ili se za svaku konkretnu grupu stimulusa može registrovati specifičan nivo pregomilavanja, koji bi predstavljao neku vrstu indeksa perceptivnog iskustva vizuelnog sistema sa datom grupom objekata. Potonja mogućnost postojanja kontinuirane dimenzije nivoa pregomilavanja bila bi u jasnoj suprotnosti sa predlogom o smanjenom pregomilavanju kao jedinstvenoj osobenosti sistema zaduženog za obradu slova. U cilju provere opisane pretpostavke, iskoristili smo činjenicu da u našoj sredini čitaoci svakodnevno obrađuju slova dva pisma, ali da je, prema objektivnim pokazateljima, zastupljenost ćiriličnog i latiničnog pisma veoma neujednačena u njihovoj sredini (Vejnović et al., 2010). Rezultati pokazuju da je, bez obzira na mnogo veću zastupljenost latiničnog pisma u sredini ispitanika, identifikacija ćiriličnih i latiničnih slova bila ujednačena. Podjednaka uspešnost registrovana je i u uslovima izolovane identifikacije (eksperiment 3a), ali i u uslovima pregomilane identifikacije (eksperiment 3b). Stoga se, na osnovu podataka o nivou pregomilane identifikacije ćiriličnih slova (eksperiment 3b), latiničnih slova (eksperimenti 2 i 3b) i simbola (eksperiment 2), može zaključiti da razlika u pregomilavanju postoji između simbola sa jedne strane i slova (bez obzira kojem pismu ona

pripadala) sa druge strane. Ovakav rezultat suprotstavljen je zamisli o dimenziji nivoa pregomilavanja koja bi na jednostavan način odražavala iskustvo ispitanika sa konkretnom grupom objekata. Prema tome, rezultati eksperimenta 3 sugerišu da perceptivno iskustvo²⁴ sa nekom vrstom objekata ne vodi nužno ka automatskom i linearnom smanjenju nivoa njihovog pregomilavanja. Ti rezultati su u skladu sa pretpostavkom Graingera i saradnika, koja u smanjenom pregomilavanju slova vidi stečenu specifičnost sistema zaduženog za vizuelnu obradu teksta, motivisanu potrebom da se optimizuje obrada ovih za čoveka izuzetno važnih objekata, koji se standardno javljaju u uslovima ekstremnog pregomilavanja (i za koje nijedan deo vizuelnog sistema nije posebno evolutivno dizajniran).

Diskutujući ishod eksperimenta 2 istakli smo kako rezultati još nekoliko eksperimenata ove studije pokazuju da on nije striktno lokacijski ograničen na prostor perceptivnog učenja, već da se generalizuje i na druge delove parafovee i periferije vizuelnog polja. U eksperimentu 4, a zatim i u eksperimentima 5b i 7b, želeli smo takođe da ispitamo i da li je smanjeno pregomilavanje slova uslovljeno orijentacijom nizova stimulusa. Razlog da se postavi ovo pitanje leži u ponuđenom objašnjenju efekta koje se poziva na ekstenzivno perceptivno iskustvo koje ispitanici imaju u obradi nizova slova. Tvrdnja o mnogo većem iskustvu u obradi nizova slova, u poređenju sa nizovima simbola ili nekih drugih stimulusa prihvatljiva je ukoliko je reč o horizontalnim nizovima. Sa druge strane, premda je vertikalne konfiguracije nizova slova zaista ponekad moguće sresti (npr. na pojedinim uličnim natpisima, ili katkad na koricama knjige), tako orijentisani tekst prilično je redak. Iz tog razloga prirodno se postavlja pitanje da li se optimizacija obrade nizova slova javlja pri obradi njihovih tipičnih konfiguracija, na kojima se vizuelni sistem svakodnevno trenira, ili su benefiti uočljivi i pri obradi vertikalnih nizova slova (uprkos njihovom odsustvu iz svakodnevnog iskustva). Odgovor koji daju rezultati eksperimenata 4, 5b i 7b je nedvosmislen: pregomilavanje slova jeste umanjeno u odnosu na pregomilavanje simbola (kao što su sugerisali nalazi Graingera i saradnika, te rezultati našeg eksperimenta 2), *ali samo ukoliko je reč o horizontalno orijentisanim nizovima*. U sva tri eksperimenta vertikalne nizove slova i vertikalne nizove simbola karakterisao je jednak nivo pregomilavanja, a isti nivo registrovan je i pri horizontalnom pregomilavanju simbola. Nasuprot tome, pri

24 U radovima Graingera (Grainger et al., 2010; Tydgat & Grainger, 2009) i Dehaenea (Dehaene et al., 2005; Dehaene, 2009) pojmovi kao što su perceptivno iskustvo, izloženost, trening i perceptivno učenje koriste se kao sinonimi. Reč je, dakle, o ponavljanoj obradi određene grupe objekata koja može rezultovati unapređenjem njihovog opažanja.

pregomilavanju horizontalnih nizova slova dolazilo je do poboljšanja identifikacije. Ovaj specifični pad u intenzitetu pregomilavanja za horizontalne nizove slova u našim zadacima je, uzimajući u obzir mogući opseg variranja odgovora ispitanika, iznosio otprilike 20%. Prisustvo istog obrasca rezultata u tri eksperimenta u kojima su stimuli izlagani na različitim lokacijama u vizuelnom polju pokazuje da je uslovljenost smanjenog pregomilavanja slova horizontalnom orijentacijom njihovih nizova prisutna u svim delovima vizuelnog polja. Ovi nalazi pokazuju da smanjeno pregomilavanje slova nije generalno svojstvo ove vrste stimulusa, kao što su zaključci studije Graingera i saradnika sugerisali. Kako naši eksperimenti pokazuju, pri vanfovealnoj obradi nizova slova, vizuelni sistem je osetljiv na njihovu orijentaciju. Implikacije ovog zaključka detaljno ćemo razmotriti dalje u tekstu, u kontekstu diskusije o mogućim mehanizmima optimizacije sistema za vizuelnu obradu teksta.

Pored prethodno diskutovanih pitanja moguće ograničenosti efekta smanjenog pregomilavanja slova na prostor u kojem se identifikacija slova uvežbava, njegove orijentacijske specifičnosti i jedinstvenog statusa upravo ove vrste objekata, eksperimenti naše studije daju odgovor na još nekoliko pitanja. Prvo od njih odnosi se na minimalnu veličinu niza koja je potrebna kako bi se smanjenje pregomilavanja horizontalnih nizova slova ispoljilo. Rezultati eksperimenta 6 pokazuju da se efekat ranije demonstriran u eksperimentima u kojima su korišteni tročlani nizovi može registrovati već i u obradi dvočlanih nizova. Stoga se može zaključiti da je već u prisustvu dvočlanih nizova vizuelni sistem sposoban da ekstrahuje informaciju o orijentaciji, koja uslovljava smanjeno pregomilavanje slova. Drugo pitanje tiče se postojanja razlike između pregomilavanja slova u parafovei i u periferiji vizuelnog polja. Kao što rezultati eksperimenta 7 pokazuju, kvalitativne razlike u efektima pregomilavanja slova u dve zone vizuelnog polja ne postoje: efekti ustanovljeni u parafovei u potpunosti su replicirani u perifernom delu vizuelnog polja. U periferiji je efekat smanjenja pregomilavanja slova takođe odlikovala lokacijska generalizacija na vertikalni meridijan, te orijentacijska specifičnost, tj. uslovljenost horizontalnom orijentacijom nizova. Najzad, rezultati poslednjeg eksperimenta pokazali su da registrovani obrasci efekata nisu uslovljeni veličinom slova (barem u okviru testiranog opsega): nasuprot ostalim eksperimentima, u kojima je veličina stimulusa bila bliska onoj koju vizuelni sistem uobičajeno obrađuje pri čitanju, u eksperimentu 7 veličina prikazivanih slova bila je višestruko uvećana u odnosu na onu koja se javlja u standardnom čitanju. Efekat smanjenja u pregomilavanju horizontalnih nizova slova manifestuje, dakle, znatnu

fleksibilnost i u ovom pogledu: za njegovo ispoljavanje nije neophodno da slova budu onoliko sitna koliko je to obično slučaj pri čitanju.

15.3 Univerzalna svojstva pregomilavanja

U rezultatima izvedenih eksperimenata ispoljen je i veći broj karakterističnih pojava koje se registruju u uslovima pregomilanog opažanja. Prva od njih je standardni efekat pregomilavanja (Bouma, 1970; 1973; Levi, 2008; Whitney & Levi, 2011; Pelli et al., 2004) – osetan pad uspešnosti vanfovealne identifikacije kada se umesto pojedinačnih objekata prikazuju njihovi nizovi, to jest kada se u blizini opažanih meta nalaze drugi objekti. U situaciji izolovane identifikacije (eksperimenti 1, 3a, 5a i 7a) prosečno postignuće ispitanika iznosilo je oko 90%, dok je pri identifikaciji tročlanih nizova uspešnost identifikacije meta padala na oko 70% (eksperimenti 2, 3b, 4b i 7b). Ovaj pad tačne identifikacije, koji je imajući u vidu mogući opseg variranja odgovora ispitanika iznosio otprilike 40%, predstavlja veličinu efekta pregomilavanja koju proizvode dva ometača u testiranim uslovima. Veličina efekata pregomilavanja koja je ustanovljena u našim eksperimentima direktno replicira efekte saopštene u studiji Graingera i saradnika (Grainger et al., 2010), u kojoj je korištena slična metodologija.

U skladu sa nalazima većeg broja ranijih studija (Pöder & Wagemans, 2007; Bouma, 1970; Grainger et al., 2010; Pelli et al., 2004; Strasburger et al., 1991), rezultati ovog rada pokazali su da veličina efekta pregomilavanja zavisi od broja ometača: povećanjem broja ometača i jačina efekta raste. Pomenuto je već da je uspešnost parafovealne identifikacije u odsustvu ometača iznosila oko 90% (eksperimenti 1, 3a i 5a). Uvođenjem jednog ometača procenat uspešnosti pao je na oko 80% (eksperiment 6), dok je dodavanjem drugog ometača on dodatno smanjen na oko 70% (eksperimenti 4 i 5b). Ovakav obrazac rezultata sugeriše da je, barem u eksperimentalnim uslovima poput naših, efekat broja ometača aditivan – odnosno da je snaga remetilačkog dejstva koje proizvodi dodavanje prvog i dodavanje drugog ometača uz metu približno jednaka.

Rezultati naših eksperimenata pokazuju da su, pri vanfovealnom opažanju, sve tri testirane grupe objekata (slova dva pisma i simboli) bile podložne pregomilavanju. Međutim, kako je u prethodnom odeljku već istaknuto, nivo pregomilavanja za različite vrste objekata nije uvek istovetan. Rezultati našeg rada pokazuju da su horizontalni nizovi ćiriličnih i latiničnih slova u manjoj meri pregomilavani nego što je to slučaj sa nizovima

njima sličnih simbola. Pa ipak, ovaj efekat moguće je neutralisati već prikazivanjem istih tih slova u sklopu vertikalnih nizova. U svim eksperimentima ove studije u kojima je takva provera izvršena (eksperimenti 4, 5b, 6 i 7b), nivo pregomilavanja vertikalnih nizova slova bio je identičan nivou pregomilavanja simbola, organizovanih bilo u horizontalne ili vertikalne nizove.

Lokacija izlaganja stimulusa nije faktor od presudne važnosti za intenzitet pregomilavanja, pod uslovom da se ekscentricitet drži konstantnim. Rezultati naših eksperimenata pokazuju da je intenzitet pregomilavanja sličan u različitim delovima parafovee (eksperimenti 4 i 5b). Konkretnije, zajednička analiza rezultata ova dva eksperimenta pokazala je da je uspešnost pregomilane identifikacije na dijagonalnim lokacijama u parafovei bila slična nivou uspešnosti na vertikalnom meridijanu, te da se jedino u slučaju opažanja na horizontalnom meridijanu javljalo blago poboljšanje identifikacije. Ova blaga prednost identifikacije na horizontalnom meridijanu bila je prisutna i pri opažanju slova i pri opažanju simbola. Ona, međutim, nije ekskluzivno svojstvo pregomilavanja, budući da je takođe registrovana i u uslovima izolovanog prikazivanja (eksperiment 1). Kao što je ranije istaknuto, pojava superiorne identifikacije na horizontalnom meridijanu ima podršku u velikom broju radova (Altpeter et al. 2000; Anderson et al., 1992; Carrasco et al., 2004; Cameron et al., 2002; Carrasco et al., 2001; 2002; Mackeben, 1999; 2009; Pointer & Hess, 1989; Regan & Beverley, 1983; Seiple et al., 2004; Silva et al., 2010; Weymouth et al., 1928) i objašnjava se anatomskim karakteristikama ranih, čak i supkortikalnih zona vizuelne obrade (Abrams et al., 2011; Curcio & Allen, 1990, Curcio et al., 1990; Connolly & Van Essen, 1984; Tootell et al., 1988). Imajući to u vidu, razumljivo je zbog čega u našim eksperimentima prednost obrade na horizontalnom meridijanu nije zavisila od toga da li se radilo o ćirilničnim slovima, latiničnim slovima, ili simbolima.

U zasebnim diskusijama eksperimenata sa horizontalnim pregomilavanjem (eksperimenti 2 i 3b) identifikacija na vertikalnom meridijanu bila je uspešnija nego na horizontalnom. Ovakav rezultat, koji je suprotan nalazima dobijenim u uslovima izolovane identifikacije (eksperimenti 1 i 3a), objašnjena je jačim dejstvom radijalnih ometača (horizontalnih ometača na horizontalnim lokacijama) u poređenju sa tangencijalnim (horizontalnih ometača na vertikalnim lokacijama). Ispravnost ovog objašnjenja, koje je u literaturi poznato kao efekat radijalno-tangencijalne anizotropije (Toet & Levi, 1992; Pelli et al., 2007; Levi & Carney, 2009; Petrov & Meleshkevich, 2011a), proverena je u narednim eksperimentima (eksperimenti 4, 5 i 6). Njihov ishod potvrđuje postojanje radijalno-

tangencijalne anizotropije: za intenzitet pregomilavanja nije od presudnog značaja u kom smeru u odnosu na foveu je objekat pomećen, već je od toga mnogo važnije kako su u odnosu na metu raspoređeni ometači. U skladu sa pretpostvkom o radijalno-tangencijalnoj anizotropiji, horizontalni ometači proizvodili su veće ometanje na horizontalnim lokacijama, dok bi pomeranjem stimulusa na vertikalne lokacije veće pregomilavanje izazivali vertikalni ometači (eksperimenti 4 i 6b). Rezultat eksperimentalne manipulacije u eksperimentu 5b dodatno ojačava ovaj zaključak: kada je efekat radijalno-tangencijalne anizotropije eliminisan smeštanjem stimulusa na dijagonalne lokacije u parafovei, interakcija orijentacije i lokacije je nestala. Najzad, efekti radijalno-tangencijalne anizotropije ispoljavali su se i pri opažanju slova i pri opažanju simbola.

Neutralisanje efekta radijalno-tangencijalne anizotropije, omogućilo nam je da u eksperimentu 5b, u metodološki čistijim uslovima proverimo i postoji li posebna razlika u pregomilavanju horizontalnim i vertikalnim ometačima. Kada je reč o slovima, rezultat eksperimenta 5b potvrdio je raniji nalaz o smanjenom pregomilavanju horizontalnih nizova. Međutim, pri opažanju simbola, jednaka proporcija tačnih odgovora registrovana je u horizontalnim i vertikalnim nizovima. Stoga naši rezultati sugerišu da ne postoji generalna prednost u obradi jedne ili druge orijentacije stimulusa. Ovaj ishod kosi se sa jednim izveštajem o većem ometajućem dejstvu horizontalnih ometača u poređenju sa vertikalnima (Feng et al., 2007). Kako je u diskusiji eksperimenta 5 napomenuto, razlog pojave ove horizontalno-vertikalne asimetrije u pomenutom radu nije jasan. Ad hoc objašnjenje koje je u njemu ponuđeno poziva se na uticaj iskustva u čitanju horizontalnog teksta, koje bi na neki način trebalo da rezultuje većom težnjom vizuelnog sistema da horizontalno orijentisane nizove organizuje u jedinstvenu celinu. Ipak, ovakvo objašnjenje čini se paradoksalnim, budući da nije jasno na koji način bi veliko iskustvo u obradi određenih konfiguracija dovelo do njihove otežane obrade. Pored toga, nalaz o većem horizontalnom pregomilavanju u neskladu je i sa nalazima o superiornijoj obradi horizontalnih konfiguracija na bazičnim nivoima obrade, poput zadatka Vernierove oštine (Westheimer, 2005), kao i na višim nivoima obrade, poput čitanja (Byrne, 2002; Yu et al., 2010). Sa druge strane, interpretacija rezultata našeg eksperimenta 5b čini se jednostavnijom: generalna razlika u količini pregomilavanja koju izazivaju horizontalni i vertikalni ometači ne postoji. Izuzetak od ovog zaključka odnosi se na obradu nizova slova, čija je superiornija obrada u horizontalnim nizovima uslovljena iskustvom.

Poslednji od karakterističnih fenomena pregomilavanja kojem je u radu posvećena pažnja predstavlja tzv. unutrašnje-spoljašnja asimetrija – slabije ometajuće dejstvo ometača smeštenog između mete i tačke fiksacije u poređenju sa dejstvom ometača smeštenog periferno u odnosu na metu. Nasuprot nalazima većeg broja studija (Banks et al., 1979; Krumhansl, 1977; Chastain, 1982; Petrov et al., 2007; Farzin et al., 2009), u našem eksperimentu 6 ovaj efekat nije registrovan. Verovatno objašnjenje za odsustvo efekta unutrašnje-spoljašnje asimetrije u našem eksperimentu pružaju dva skorašnja rada (Petrov & Meleshkevich, 2011; 2011b) kojima su u znatnoj meri relativizovane tvrdnje o opštosti i robusnosti ovog fenomena. U njima je na ubedljiv način pokazano da se unutrašnje-spoljašnja asimetrija ne javlja u svim delovima vizuelnog polja, da je njeno ispoljavanje snažno uslovljeno alokacijom spacijalne pažnje i da je podložno eksperimentalnim manipulacijama. Za tumačenje naših rezultata od posebnog značaja je nalaz druge studije (Petrov & Meleshkevich, 2011b) koji demonstrira da efekat unutrašnje-spoljašnje asimetrije biva poništen variranjem lokacije prezentacije stimulusa, koja onemogućuje ispitanika da pažnju precizno usmeri. Kako je u diskusiji eksperimenta 6 napomenuto, upravo ovakva veća neizvesnost lokacije izlaganja bila je svojstvena našem eksperimentu: za razliku od većine drugih studija u kojima su stimulusi obično izlagani na dve lokacije, u našoj studiji prikazivanje je vršeno na četiri lokacije koje su sa svih strana okruživale tačku fiksacije. Ova karakteristika našeg postupka verovatni je uzrok ujednačenog uticaja unutrašnjeg i spoljašnjeg ometača u rezultatima eksperimenta 6.

Izuzev kada je reč o orijentaciji niza, uticaj svih prethodno diskutovanih faktora na sličan način se ispoljavao (ili je njihovo ispoljavanje izostajalo) pri pregomilavanju slova i simbola. Konkretno, prethodna konstatacija odnosi se na: efekat broja ometača, radijalno-tangencijalnu anizotropiju, unutrašnje-spoljašnju asimetriju i lokaciju prikazivanja u vizuelnom polju. Ovi podaci u skladu su shvatanjem pregomilavanja kao opšteg fenomena vanfovealne obrade, koje je posledica karakteristika vizuelnog sistema koji tu obradu vrši, i čiji se karakteristični obrasci ispoljavanja stoga manifestuju pri opažanju ma o kojoj vrsti objekata da se radilo (Pelli et al., 2004; Pelli & Tillman, 2008; Levi et al., 2008).

Ispitivanje opažanja u periferiji vizuelnog polja, koje je izvršeno u eksperimentu 7, pokazalo je da ne postoje kvalitativne razlike između testiranih karakteristika opažanja u periferiji vizuelnog polja i u parafovealnoj zoni koja je ispitivana u prethodnim eksperimentima. Svi efekti pristuni u parafoveai registrovani su i u periferiji vizuelnog polja. Obrasci njihovog ispoljavanja, uz proporcionalno uvećanje veličine stimulusa i razmaka

među njima (kako bi se kompenzovao pad rezolucije sa povećanjem ekscentriciteta), bili su identični, a efekat unutrašnje-spoljašnje asimetrije, koji nije registrovan u parafovei, izostao je i pri perifernom prikazivanju. Prema tome, rezultati naših eksperimenata pokazali su da se, barem kada je reč o testiranim karakteristikama opažanja slova i simbola, obrada u parafovei i periferiji vizuelnog polja odvija na identičan način.

Najzad, analize mešovutih efekata koje su vršene na eksperimentalnim podacima omogućile su da se uoče značajni doprinosi slučajnih efekata ispitanika. Ovi efekti registrovani su u analizama rezultata svih izvedenih eksperimenata i oni ilustruju postojanje znatnih individualnih razlika u postignuću ispitanika. Postojanje individualnih razlika predstavlja još jedno od svojstava pregomilavanja i ono je potvrđeno u praktično svim studijama u kojima je ispitivan veći uzorak ispitanika (npr. Toet & Levi, 1992; Chung & Mansfield, 2009; Feng et al., 2007; Felisberti et al., 2005; Levi, 2008; Kooi et al., 1994; Legge et al., 2001; Petrov & Meleshkevich, 2011a; 2011b; Petrov et al., 2007). Rezultati naših eksperimenata u skladu su sa rezultatima ovih studija, a primenjeni statistički postupci omogućili su njihovu kvantitativnu potvrdu. Fenomen pregomilavanja ne ispoljava se na identičan način u vizuelnim sistemima svih osoba, već su u tom pogledu prisutne osetne idiosinkrezijske.

15.4 Rezultati izvedenih eksperimenata u svetlu aktuelnih stanovišta o pregomilavanju i vizuelnoj obradi teksta

Posmatrani u širem okviru, rezultati ovog rada u skladu su sa preovlađujućim stanovištem, prema kojem svi vanfovealno opažani objekti podležu istim osnovnim zakonitostima pregomilavanja: javljanje pregomilavanja i karakteristični fenomeni njegovog ispoljavanja mogu se uočiti pri opažanju ma koje vrste stimulusa. Prema takvom shvatanju, intenzitet pregomilavanja određen je strukturalnim osobinama vizuelnog sistema, koje na bihevioralnom planu reflektuje kritični razmak između opažanog objekta i objekata u njegovoj okolini (Bouma, 1970; Pelli & Tillman, 2008; Levi, 2008). Iako rezultati našeg rada ne protivureče ovakvom shvatanju pregomilavanja, sažetom u tzv. Bouminom pravilu (Bouma, 1970), oni su u neskladu sa nedavnim radikalnim predlogom Denisa Pelli, prema kojem bi nivo pregomilavanja bio univerzalna i fiksirana veličina, koja bi zavisila *isključivo* od razmaka između mete i ometača („Boumin zakon”; Pelli, 2008; Pelli & Tillman, 2008). Kao što naši nalazi jasno pokazuju, intenzitet pregomilavanja, u određenim uslovima, može

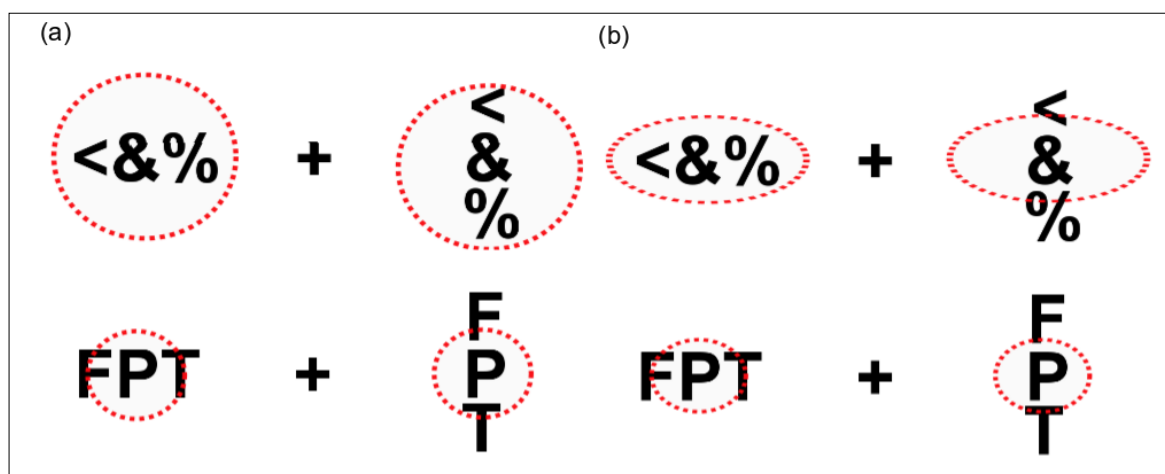
biti određen i vrstom objekta koji se opaža. Ovo ilustruju i rezultati drugih studija koji, dopunjujući Boumino pravilo, pokazuju da na nivo pregomilavanja, osim kritičnog razmaka, mogu uticati i različiti drugi faktori. Najpoznatiji među njima su boja (Nazir, 1992; Kooi et al., 1994; Pöder, 2007; Kennedy & Whittaker, 2010), kontrast (Kooi et al., 1994; Chung et al., 2001), grupisanje ometača (Livne & Sagi, 2007; Saarela et al., 2009; Yeothikar et al., 2011; Pöder, 2006; Saarela & Herzog, 2009), kategorijalne razlike u kompleksnosti mete i ometača (Zhang et al., 2009), vrsta stimulusa (Grainger et al., 2010; Louie, et al., 2007), signaliziranje (Yeshurun & Rashal, 2010; Strasburger, 2005; Awh et al., 2003; Felisberti et al., 2005; Huckauf & Heller, 2002; Morgan et al., 1998; Van der Lubbe & Keuss, 2001; Reddy & VanRullen, 2007), te rezolucija i lokus selektivne pažnje (He et al., 1996; Intriligator & Cavanagh, 2001; Chakravarthi & Cavanagh, 2009b; Cavanagh & Holcombe, 2007).

Vođeni interpretacijom Graingera i saradnika (2010; 2009), čiji je rad predstavljao neposrednu motivaciju za našu studiju, pretpostavili smo da do efekta smanjenog pregomilavanja slova dolazi usled perceptivnog učenja. Empirijsku podršku ideji da pregomilavanje može biti modifikovano putem perceptivnog učenja pružaju rezultati nekoliko studija (Sun et al., 2010; Chung, 2007; Huckauf & Nazir, 2007; Hussain et al., 2012). Grainger i saradnici (2010; 2009) pretpostavljaju da bi smanjeno pregomilavanje slova moglo biti rezultat smanjenja receptivnih polja u sistemu zaduženom za obradu teksta. Konkretnije, zasnivajući svoje objašnjenje na modelu lokalne kombinacije detektora (Dehaene et al., 2005; Grainger et al., 2008), oni sugerišu da bi se takva iskustvom uzrokovana modifikacija mogla pojaviti na nivou lokacijski specifičnih detektora oblika slova koje pomenuti model predviđa (videti poglavlje 5).

Naši rezultati u načelu podržavaju osnovnu zamisao izloženu u radu Graingera i saradnika (2010). Međutim, dva nalaza naših eksperimenata dovode u sumnju određene aspekte tog predloga. Prvi od njih odnosi se na zavisnost umanjenog pregomilavanja slova njihovim prikazivanjem u horizontalnim nizovima. Ovaj nalaz na osnovu predloga Graingera i saradnika (2010) nije moguće objasniti. U narednom odeljku biće izložen naš modifikovani predlog, koji je u stanju da pomeniti rezultat objasni. Drugi nalaz koji predstavlja problem za stanovište Graingera i saradnika (2010) tiče se nezavisnosti registrovanog efekta od lokacije izlaganja. Moguće temeljnije izmene predloga Graingera i saradnika (2010), kojima bi lokacijska generalizacija smanjenog pregomilavanja bila objašnjena biće razmotrene u odeljku 15.6.

15.5 Novi predlog: modifikacija dela vizuelnog sistema zaduženog za obradu teksta

Osnovno pitanje na koje bi novi predlog morao da ponudi odgovor tiče se oblika modifikovanih receptivnih polja detektora za oblike slova. Predlog Graingera i saradnika (2010), koji podrazumeva jednostavno smanjenje površine okruglih receptivnih polja (slika 15.1a) ne može da objasni uslovljenost umanjenog pregomilavanja slova horizontalnom orijentacijom njihovih nizova. Osim toga, neurofiziološki nalazi pokazuju da su receptivna polja u zoni V4 (u kojoj su ovi detektori prema modelu tentativno smešteni) izdužena u radijalnom pravcu (Motter, 2009). U studijama pregomilavanja upravo ovakav eliptični oblik receptivnih polja često se navodi kao objašnjenje za standardni efekat radijalno-tangencijalne anizotropije (Toet & Levi, 1992; Pelli et al., 2007). Imajući u vidu prethodno rečeno, smatramo da bi detektori oblika slova morali biti eliptičnog oblika i da bi perceptivno učenje moralo rezultovati smanjenjem njihovih receptivnih polja *po horizontalnoj osi*. Kao što se na slici 15.1 može videti, takva modifikacija receptivnih polja mogla bi da objasni efekat registrovan u našim eksperimentima.



Slika 15.1: Ilustracija dve ideje o smanjenju receptivnih polja za slova. (a) Graingerova zamisao o smanjenju kružnih receptivnih polja (adaptirano iz Grainger et al., 2010). (b) Naš predlog horizontalnog skraćivanja izduženih receptivnih polja. Kao što se na ovom shematskom prikazu može uočiti, Graingerova zamisao predviđala bi podjednako smanjenje i horizontalno i vertikalno orijentisanih slova u odnosu na simbole. Sa druge strane, naš predlog o skraćivanju elipsastih receptivnih polja po horizontalnoj dimenziji može da objasni zbog čega se pad pregomilavanja registruje pri opažanju horizontalnih, ali ne i vertikalnih nizova slova.

Ovaj novi predlog predstavlja minimalnu korekciju modela Graingera i saradnika (2010). Rezultati naše studije pokazuju da je ta izmena, koja predstavlja originalni

doprinos ove studije, neophodna. U izloženom predlogu su, izuzev intervencije koja se tiče oblika receptivnih polja u sistemu zaduženom za obradu slova i oblika njihove modifikacije, zadržane sve ideje inicijalnog predloga (efekat je čisto induktivan, prouzrokovan je obilnim perceptivnim iskustvom sistema kada je reč o identifikaciji slova, pretpostavljena modifikacija sistema odigrava se na nivou lokacijski specifičnih detektora oblika slova, odnosno u zoni V4). Međutim, postojeći nalazi o pregomilavanju slova upućuju na razmišljanje i o principijelno različitim objašnjenjima ovog fenomena. U narednom odeljku biće razmotrena dva znatnija potencijalna odstupanja od ponuđenih predloga.

15.6 Drugačija objašnjenja smanjenog pregomilavanja slova

Jedno od načelnih pitanja koje bi trebalo razmotriti kada je u pitanju pregomilavanje slova tiče se nivoa obrade u sistemu na kojem do pretpostavljene modifikacije receptivnih polja dolazi. U tom smislu, treba imati u vidu nalaze naših eksperimentata koji svedoče o generalizaciji efekta smanjenog pregomilavanja slova u različitim delovima vizuelnog polja. Ovi nalazi na prvi pogled se čine suprotstavljenim pretpostavci o lokacijskoj specifičnosti detektora na kojima se pretpostavljene promene javljaju. Međutim, uprkos nazivu, detektori na ovom nivou moraju posedovati određeni nivo spacijalne tolerancije. U radu Dehaenea upotrebljena je formulacija „umerena tolerancija“ (Dehaene et al., 2005; str. 337), a u članku Graingera i saradnika „relativno precizna lokacija u prostoru“ (Grainger et al., 2010; str. 685). Nešto precizniji odgovor na ovo pitanje mogli bi dati neurofiziološki podaci o veličini receptivnih polja u V4. U Dehaeneovom članku, pozivanjem na studiju Rollsa (2000), navodi se da prosečna veličina receptivnih polja neurona V4 iznosi oko 8°. Međutim, ova relativno visoka prosečna vrednost posledica je činjenice da veličina receptivnih polja u V4 naglo raste sa ekscentricitetom. Rezultati snimanja pojedinačnih neurona rebus majmuna (Motter, 2009) pokazuju da na ekscentricitetu od 1.5° veličina receptivnog polja ne pada ispod 2°, dok je na ekscentricitetu od 7° oko 6°25. Procene veličine receptivnih polja u V4 osetno variraju, a u literaturi postoji i diskusija o razlikama između ljudske i majmunske zone V4 (videti npr. Tootell & Hadjikhani, 2001). Jedna procena veličine receptivnih polja u ljudskoj zoni V4 (Smith, Singh, Williams, & Greenlee, 2001) predviđa da fovealna veličina iznosi oko 2.5°, da je ekscentricitetu od 1.5°

25 Vrednosti su navedene za ekscentricitete na kojima su stimulusi prikazivani u našem radu.

ona oko 3°, a na ekscentricitetu od 7° oko 5.5°. Navedeni podaci sugeriraju da bi modifikacija receptivnih polja lokacijski specifičnih detektora slova, smeštenih u V4, mogla pružiti objašnjenje za generalizaciju efekta na netrenirane lokacije u parafovea. Međutim, utemeljenost takvog objašnjenja za generalizaciju koja je uočena i na perifernim lokacijama (na ekscentricitetu od 7°) mnogo je manje jasna. Premda definitivne zaključke nije moguće doneti imajući u vidu tentativnost i nivo preciznosti Dehaeneovog (2005) i Graingerovog (2010) predloga, čini se da generalizacija efekta na periferne lokacije predstavlja problem za ideju o modifikaciji na nivou lokacijski specifičnih detektora (tj. modifikaciju u zoni V4). Ovo pitanje zahteva dalje provere. Ukoliko bi efekat smanjenog pregomilavanja slova bio potvrđen još dublje u periferiji, odnosno u čitavom vizuelnom polju, pretpostavka o modifikaciji na nivou lokacijski specifičnih detektora morala bi biti dopunjena objašnjenjem mehanizma pomoću kojeg bi dolazilo do smanjenja receptivnih polja i onih lokacijski specifičnih detektora u periferiji koji ne dobijaju trening u obradi slova.

Jedna alternativna mogućnost, kojom bi se lokacijska neuslovljenost efekta mogla objasniti, bila bi zasnovana na stanovištu prema kojem se proces pregomilavanja ne odvija na samo jednom nivou obrade (Whitney & Levi, 2011; Dakin et al., 2011; Anderson et al., 2012). Prema ovakvom, u poslednje vreme sve prihvaćenijem stanovištu (kojim je moguće objasniti i neuspeh u pronalaženju jedne vizuelne zone koja bi bila odgovorna za pregomilavanje) fenomen pregomilavanja mogao bi obuhvatati širok opseg ometajućih efekata, koji operišu na većem broju stadijuma obrade. Ometajućí efekti pregomilavanja tako bi se odvijali ne samo između odlika, već i između delova objekata, te celih objekata (Whitney & Levi, 2011; videti takođe i uvodno poglavlje ovog rada). U tom slučaju, lokacijska nespecifičnost smanjenog pregomilavanja slova mogla bi biti posledica ometanja na višim, lokacijski nespecifičnim nivoima obrade.

Drugo načelno pitanje koje zahteva odgovor tiče se prirode ustanovljenog efekta. Sve prethodno rečeno, zasniva se na ideji da se pregomilavanje odvija isključivo induktivnim putem. Grainger i saradnici eksplicitno su se opredelili za takvo objašnjenje, u skladu sa modelom pregomilavanja kao neumerene integracije odlika (Pelli & Tillman, 2008; Pelli et al., 2004). Međutim, njihovi rezultati, kao i rezultati naše studije, pružaju mogućnost i za drugačije razmišljanje – ono koje bi uzrok smanjenog pregomilavanja slova tražilo u deduktivnim uticajima na vizuelnu obradu. Ovakav scenario eliminisao bi potrebu za anatomskom modifikacijom zone V4. Receptivna polja detektora oblika slova bila bi istovetna onima koja su namenjena drugim objektima, a smanjeno pregomilavanje bilo bi

posledica eferentnog dejstva selektivne pažnje, koja bi umanjivala horizontalno ometanje u situacijama u kojima bi sistem detektovao da se radi o „tekstu“ (tj. o horizontalnim nizovima slova). Kao što je u uvodnom poglavlju istaknuto, jedna značajna grupa autora (He et al., 1996; Intriligator & Cavanagh, 2001) upravo u procesima selektivne spacijalne pažnje vidi osnov pregomilavanja, a postoje takođe i studije koje pokazuju da aktivacija neurona zone V4 (Luck, Chelazzi, Hillyard, & Desimone, 1997; Reynolds, Chelazzi, & Desimone, 1999; Sundberg, Mitchell, & Reynolds, 2007; Moran & Desimone, 1985), te struktura njihovih receptivnih polja (Hamker & Zirnsak, 2006; Hamker, 2005), može biti modifikovana pod uticajem pažnje. Objašnjenje koje počiva na pažnji moglo bi da objasni lokacijsku nespecifičnost efekta smanjenog pregomilavanja slova, budući da bi deduktivni uticaj umanjivao horizontalno ometanje bez obzira na lokaciju stimulusa, odnosno bez obzira da li obradu vrši parafovealni ili periferni lokacijski specifični detektor. U ovom hipotetičkom scenariju, međutim, nije jasno na koji bi način mehanizmi pažnje delovali selektivno na slova, pre nego što je identitet tih slova ustanovljen. Stanovište o pregomilavanju kao procesu koji se odvija na većem broju nivoa moglo bi otvoriti mogućnost spekulaciji da se u osnovi efekta smanjenog pregomilavanja slova nalazi ometanje koje se ispoljava na kasnijim nivoima obrade.

Najzad, treba primetiti da bi i u slučaju prihvatanja ovih temeljniji izmena u predlogu kojim bi se objasnilo pregomilavanje slova osnovni smisao specifičnosti njihovog pregomilavanja ostao isti. U skladu sa predlogom Graingera i saradnika, smisao smanjenog pregomilavanja slova sastojao bi se u optimizaciji procesa čitanja i obezbeđivanju uspešne paralelne identifikacije intenzivno pregomilvanih objekata kakvi su slova u tekstu (Grainger et al., 2008; Grainger & van Heuven, 2003; Dehaene et al., 2005). Rezultati naše studije, kao i rezultati Graingera i saradnika, agnostični su u odnosu na mogućnost da je smanjenje pregomilavanja posredovano deduktivnim uticajima, ili da se ono odvija na većem broju nivoa u okviru vizuelnog sistema. Za razrešenje tih dilema neophodna su dalja istraživanja, kako bihejvioralna tako i ona koja bi uključivala i tehnike neuroodslikavanja.

16 ZAKLJUČAK

Ova studija imala je za cilj da doprinese razumevanju načina na koji vizuelni sistem vanfovealno obrađuje grupu veoma čestih i izuzetno značajnih objekata kao što su slova. Rezultati izvedenih eksperimenata pokazali su da je uspešnost vanfovealne

identifikacije pojedinačnih slova i njima sličnih simbola ujednačena, ali da pregomilavanje slova može biti umanjeno u odnosu na pregomilavanje simbola. Premda naši rezultati podržavaju ideju o specifičnosti obrade slova postuliranu u radu Graingera i saradnika (Grainger et al., 2010), oni nisu u skladu sa u tom radu iznetim zaključkom o generalnom, bezuslovnom smanjenju njihovog pregomilavanja. Nalazi naših eksperimenata omogućuju da se ovakav generalni zaključak koriguje, odnosno specifikuje. Izvedenim eksperimentima demonstrirano je da je, pri pregomilavanju slova, vizuelni sistem osetljiv na konfiguraciju stimulusa: smanjeno pregomilavanje slova uslovljeno je horizontalnom orijentacijom njihovih nizova. Takav nalaz u skladu je sa idejom da je reč o fenomenu koji je posledica perceptivnog učenja, budući da iskustvo koje vizuelni sistem stiče u periodu opismenjavanja (a zatim i pri svakodnevnom čitanju) gotovo uvek karakteriše identifikacija horizontalno orijentisanih nizova slova. Premda se potencijalna deduktivna priroda efekta ne može isključiti, moguće objašnjenje efekta, koje bi pratilo osnovne ideje Graingera i saradnika, podrazumevalo bi horizontalno smanjenje izduženih receptivnih polja detektora za slova. Rezultati eksperimenata pokazali su da se smanjenje pregomilavanja ispoljava i na parafovealnim lokacijama na kojima se čitanje ne odvija, a takođe i u periferiji vizuelnog polja. Ovakav ishod otvara pitanje smeštanja efekta na nivo lokacijski specifičnih detektora za slova postuliranih LCD modelom (Dehaene et al., 2005), ili načina prostorne generalizacije pretpostavljenih strukturalnih promena na ovom nivou obrade.

Superiornija pregomilavana obrada horizontalnih nizova specifična je odlika pregomilavanja slova, budući da orijentacija niza nije igrala ulogu pri opažanju simbola. Izuzev ovog efekta smanjenog pregomilavanja horizontalnih konfiguracija, druge specifičnosti vanfovealnog opažanja slova nisu uočene. U pogledu karakterističnih osobina vanfovealne percepcije, opažanje slova nalikovalo je opažanju drugih objekata (tj. simbola). I izolovana i pregomilavana identifikacija bila je nešto uspešnija na horizontalnom meridijanu. Pregomilavanje je dovelo do pada tačnosti identifikacije i ovaj efekat pojačavao se sa povećanjem broja ometača. Pri pregomilavanju se ispoljavao izražen efekat radijalno-tangencijalne anizotropije, a efekat unutrašnje-spoljašnje asimetrije nije registrovan. Ovi rezultati podržavaju stanovište prema kojem je pregomilavanje generalni fenomen, u velikoj meri određen strukturalnim svojstvima vizuelnog sistema i koji se, stoga, na sličan način ispoljava pri obradi ma koje vrste objekata (Pelli et al., 2004; Pelli & Tillman, 2008). Uočena specifičnost pregomilavanja slova, međutim, u skladu je sa stanovištima koja predviđaju određeni stepen plastičnosti vizuelnog sistema na različitim nivoima, počev od primarnog

vizuelnog korteksa (Fahle, 2005; Schwartz, 2007; Ahissar & Hochstein, 1997; Karni & Sagi, 1991) i nalazima koji ukazuju na mogućnost modifikacije pregomilavanja pod uticajem iskustva (Sun et al., 2007; Chung, 2007; Huckauf & Nazir, 2007; Hussain et al., 2012).

17 LITERATURA

- Abrams, J., Nizam, A., & Carrasco, M. (2011). Isoeccentric locations are not equivalent: The extent of the vertical meridian asymmetry. *Vision Research*, 52(1): 70–78.
- Adini, Y., Sagi, D., & Tsodyks, M. (2002). Context enabled learning in the human visual system. *Nature*, 415, 790-793.
- Aghdaee, S. M. (2005). Adaptation to spiral motion in crowding condition. *Perception*, 34(2), 155-62.
- Ahissar, M., & Hochstein, S. (1997). Task difficulty and learning specificity. *Nature*, 387, 401–406.
- Akutsu, H., Legge, G. E., Ross, J. A., & Schuebel, K. J. (1991). Psychophysics of Reading - X. Effects of Age-Related Changes in Vision. *Journal of Gerontology* 46.6, 325-331.
- Altpeter, E., MacKeben, M., & Trauzettel-Klosinski, S. (2000). The importance of sustained attention for patients with maculopathies, *Vision Research*, 40(10-12), 1539-1547.
- Anderson, R. A., Wilkinson, M. O. & Thibos, L. N. (1992). Psychophysical localization of the human visual streak. *Optometry & Vision Science*, 69, 171-174.
- Anderson, E. J., Dakin, S. C., Schwarzkopf, D.S., Rees, G. & Greenwood, J. (2012). The Neural Correlates of Crowding-Induced Changes in Appearance. *Current Biology*, 22(13), 1199-206.
- Andriessen, J. J., & Bouma, H. (1976). Eccentric vision: Adverse interactions between line segments. *Vision Research*, 16 (1), 71–78.
- Anstis, S. (1998). Picturing peripheral acuity. *Perception*, 27, 817–825.
- Arditi, A., & Cho, J. (2000). Letter case and text legibility. *Supplement to Perception*, 29, 45.
- Arman, A. C., Chung, S. T. L., & Tjan, B. S. (2006). Neural correlates of letter crowding in the periphery, *Journal of Vision*, 6 (6):804.

- Atkinson, J., Anker, S., Evans, C., Hall, R., & Pimm-Smith, E. (1988). Visual acuity testing of young children with Cambridge Crowding Cards at 3 and 6m. *Acta Ophthalmologica*, 66(5), 505-513.
- Attneave, F., & Arnoult, M. D. (1956). The quantitative study of shape and pattern perception. *Psychological Bulletin*, 53, 452-471.
- Aubert, H., & Foerster, R. (1857). Beiträge zur Kenntnis des indirekten Sehens. I. Über den Raumsinn der Retina. *Albert von Graefes Archiv für Ophthalmologie*, 3, 1-37.
- Awh, E., Matsukura, M., & Serences, J. T. (2003). Top-down control over biased competition during covert spatial orienting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 52–63.
- Baayen, R. H. (2008). *Analyzing Linguistic Data. A Practical Introduction to Statistics Using R*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Baayen, H. R., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, 59: 390–412.
- Banks, W. P., Larson, D.W., & Prinzmetal, W. (1979). Asymmetry of visual interference. *Perception & Psychophysics*, 25, 447–456.
- Baron, J., & Thurstone, I. (1973). An analysis of the word superiority effect. *Cognitive Psychology*, 4, 207–228.
- Bates, D., Maechler, M., & Bolker, B. (2013). *lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes* [Computer software manual]. R package version 0.999999911.3, URL: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Bates, D. M. (2010). *lme4: Mixed-Effects. Modeling with R*. New York: Springer. Prepublication version at: <http://lme4.r-forge.r-project.org/book/>
- Beckmann, P. J., & Legge, G. E. (2002). Preneural limitations on letter identification in central and peripheral vision, *Journal of the Optical Society of America A*, 19(12), 2349–2362.
- Beauregard, M., Chertkow, H., Bub, D., Murtha, S, Dixon, R. & Evans, A. (1997). The neural substrate for concrete, abstract, and emotional word lexica: A positron emission tomography study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 441-461.

- Beversdorf, D., Ratcliffe, N., Rhodes, C., & Reeves, A. (1997). Pure alexia: clinical-pathologic evidence for a lateralized visual language association cortex. *Clinical Neuropathology*, *16*, 328–331.
- Bi, T., Cai, P., Zhou, T., Fang, F. (2009). The effect of crowding on orientation-selective adaptation in human early visual cortex. *Journal of Vision*, *9*(11):13, 1-10.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-Components: A Theory of Human Image Understanding. *Psychological Review*, *94*, 115-147.
- Biederman, I., Mezzanotte, R. J., Rabinowitz, J. C., Francolini, C. M., & Plude, D. (1981). Detecting the unexpected in photointerpretation. *Human Factors*, *23*, 153-164.
- Binder, J., Mohr, J. (1992). The topography of callosal reading pathways. *Brain*, *115*, 1807–1826.
- Binder, J. R., Frost, J. A., Hammeke, T. A., Bellgowan, P. S., Springer, J. A., Kaufman, J. N., & Possing, E. T. (2000). Human temporal lobe activation by speech and non-speech sounds. *Cerebral Cortex*, *10*, 512–528.
- Binder, J. R., Medler, D. A., Westbury, C. F., Liebenthal, E., Buchanan, L. (2006). Tuning of the human left fusiform gyrus to sublexical orthographic structure. *NeuroImage*, *33*, 739–748.
- Binford, T. (1981). Inferring surfaces from images. *Artificial Intelligence*, *17*, 205–244.
- Booth, J. R., Burman, D. D., Meyer, J. R., Gitelman, D. R., Parrish, T. R., & Mesulam, M. M. (2002). Functional anatomy of intra- and cross-modal lexical tasks. *NeuroImage*, *16*, 7–22.
- Bouma, H. (1970). Interaction effects in parafoveal letter recognition. *Nature*, *226*, 177–178.
- Bouma, H. (1973). Visual interference in the parafoveal recognition of initial and final letters of words. *Vision Research*, *13*, 767–782.
- Boyce, S. J., Pollatsek, A. & Rayner, K. (1989). The effect of background information on object identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 556-566.
- Boyce, S. J., & Pollatsek, A. (1992). Identification of objects in scenes: The role of scene background in object naming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *18*, 531-543.

- Brunswick, N., McCrory, E., Price, C. J., Frith, C. D., & Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics: A search for Wernicke's Wortschatz? *Brain*, *12*(10), 1901-17.
- Büchel, C., Price, C., & Friston, K. (1998). A multimodal language region in the ventral visual pathway. *Nature*, *394*, 274-7.
- Bujas, R. i Bujas, Z. (1938). Čitljivost latinice i ćirilice na osnovi najmanjeg osvjetljenja. *Napredak*, *3*, 122–129.
- Burgund, E. D., Guo, Y., & Aurbach, E. L. (2009). Priming for letters and pseudoletters in mid-fusiform cortex: Examining letter selectivity and case invariance. *Experimental Brain Research*, *193*, 591-601.
- Butler, T. W., & Westheimer, G. (1978). Interference with stereoscopic acuity: Spatial, temporal, and disparity tuning. *Vision Research*, *18* (10), 1387–1392.
- Byrne, M. D. (2002). Reading vertical text: Rotated vs. marquee. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting* (pp. 1633–1635). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Cameron, E. L., Tai, J. C., & Carrasco, M. (2002). Covert attention affects the psychometric function of contrast sensitivity. *Vision Research*, *42*(8), 949–967
- Carrasco, M., Talgar, C. P., & Cameron, E. L. (2001). Characterizing visual performance fields: Effects of transient overt attention, spatial frequency, eccentricity, task and set size. *Spatial Vision*, *15*(1), 61–75.
- Carrasco, M., Williams, P. E., Yeshurun, Y. (2002). Covert attention increases spatial resolution with or without masks: Support for signal enhancement. *Journal of Vision*, *2*(6):467–479.
- Carrasco, M., Giordano, A. M., & McElree, B. (2004). Temporal performance fields: Visual and attentional factors. *Vision Research*, *44*(12), 1351–1365.
- Cattell, J. M. (1886). The time taken up by cerebral operations. *Mind*, *11*, 220-242, 377-392, 524-538.
- Cattell, J. M. (1947). On the time required for recognising and naming letters and words, pictures and colours (R. S. Woodworth, Trans.). *Man of Science*, *1*, 13-25. (Originalni rad objavljen 1885).

- Cavanagh, P., & Holcombe, A. O. (2007). Non-retinotopic crowding. *Journal of Vision*, 7(9):338.
- Chakravarthi, R., & Cavanagh, P. (2007). Temporal properties of the polarity advantage effect in crowding. *Journal of Vision*, 7(2):11, 1-13.
- Chakravarthi, R., & Cavanagh, P. (2009a). Recovery of a crowded object by masking the flankers: Determining the locus of feature integration. *Journal of Vision*, 9(10:4), 1-9.
- Chakravarthi, R., & Cavanagh, P. (2009b). Bilateral field advantage in visual crowding. *Vision Research*, 49, 1638-1646.
- Changizi, M. A., & Shimojo, S. (2005). Character complexity and redundancy in writing systems over human history. *Proceedings of the Royal Society of London, B* 272, 267-275.
- Changizi, M.A., Zhang, Q., Ye, H., & Shimojo, S. (2006). The structures of letters and symbols throughout human history are selected to match those found in objects in natural scenes. *The American Naturalist*, 167, E117-E139.
- Chastain, G. (1982). Confusability and interference between members of parafoveal letter pairs. *Perception & Psychophysics*, 32, 576–580.
- Chung, S. T. L. (2002). The effect of letter spacing on reading speed in central and peripheral vision. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 43, 1270-1276,
- Chung, S. T. L. (2007). Learning to identify crowded letters: Does it improve reading speed? *Vision Research*, 47, 3150–3159.
- Chung, S. T. L., Mansfield, J. S., & Legge, G. E. (1998). Psychophysics of reading. XVIII. The effect of print size on reading speed in normal peripheral vision. *Vision Research*, 38, 2949-2962.
- Chung, S. T. L., Levi, D. M., & Legge, G. E. (2001). Spatial-frequency and contrast properties of crowding. *Vision Research*, 41(14), 1833-1850.
- Chung, S. T. L., Legge, G. E., & Cheung, S. H. (2004). Letter recognition and reading speed in peripheral vision benefit from perceptual learning. *Vision Research*, 44, 695-709.
- Chung, S. T. L., & Legge, G. E. (2009). Precision of position signals for letters. *Vision Research*, 49, 1948–1960.

- Chung, S. T. L., & Mansfield, J. S. (2009). Contrast polarity differences reduce crowding but do not benefit reading performance in peripheral vision. *Vision Research*, *49*, 2782–2789.
- Chung S. T. L., Li R. W., & Levi, D.M. (2012). Learning to identify near-acuity letters, either with or without flankers, results in improved letter size and spacing limits in adults with amblyopia. *PLoS One*, *7*, E35829.
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M.A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, *123*, 291–307.
- Cohen, L., Lehericy, S., Chochon, F., Lemer, C., Rivaud, S., & Dehaene, S. (2002). Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area. *Brain*, *125*(5), 1054–69.
- Cohen, L., Martinaud, O., Lemer, C., Lehéricy, S., Samson, Y., Obadia, M., Slachevsky, A. (2003). Visual word recognition in the left and right hemispheres: Anatomical and functional correlates of peripheral alexias. *Cerebral Cortex*, *13*, 1313-1333.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R. & Ziegler, J. (2001). DRC: A Dual Route Cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, *108*, 204-256.
- Connolly, M., & Van Essen, D. (1984). The representation of the visual field in parvocellular and magnocellular layers of the lateral geniculate nucleus in the macaque monkey. *The Journal of Comparative Neurology*, *226*(4), 544–564.
- Curcio, C. A., & Allen, K. A. (1990). Topography of ganglion cells in human retina. *The Journal of Comparative Neurology*, *300*(1), 5–25.
- Curcio, C. A., Sloan, K. R., Kalina, R. E., & Hendrickson, A. E. (1990). Human photoreceptor topography. *Journal of Comparative Neurology*, *292*, 497-523.
- Dakin, S. C., Greenwood, J. A., Carlson, T. A., & Bex, P. J. (2011). Crowding is tuned for perceived (not physical) location. *Journal of Vision*, *11*(9):2, 1–13.
- Damasio, A., & Damasio, H. (1983). The anatomic basis of pure alexia. *Neurology*, *33*, 1573–1583.

- Daniel, P. M., & Whitteridge, D. (1961). The representation of the visual field on the cerebral cortex in monkeys. *Journal of Physiology*, *159*, 203-221.
- Danilova, M. V., & Bondarko, V. M. (2007). Foveal contour interactions and crowding effects at the resolution limit of the visual system. *Journal of Vision*, *7*(2):25, 1–18.
- Dehaene, S. (2005). Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The "neuronal recycling" hypothesis. In *From Monkey Brain to Human Brain*, S. Dehaene, J. R. Duhamel, M. Hauser, and G. Rizzolatti (Eds.). Cambridge, MA: MIT Press (pp. 133-157).
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain: The science and evolution of a human invention*. New York, NY: Penguin Viking.
- Dehaene, S., Le Clec'H, G., Poline, J. B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002). The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport*, *13*(3):321-5.
- Dehaene, S., Jobert, A., Naccache, L., Ciuciu, P., Poline, J., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2004). Letter binding and invariant recognition of masked words behavioral and neuroimaging evidence. *Psychological Science*, *5*, 307–313.
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(7), 335-341.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, *56*, 384-398.
- Dehaene, S. & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*, 254-262.
- Dejerine, J. (1892). Contribution a l'étude anatomoclinique et clinique des differentes varietes de cecite verbal. *CR Hebdomadaire Séances et Mémoires de la Société de Biologie*. *4*, 61–90.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, *18*, 193-222.
- De Valois, R. L., & De Valois, K. K. (1988). *Spatial vision*. New York: Oxford University Press.
- Devlin, J. T., Moore, C. J., Mummery, C. J., Gorno-Tempini, M-L., Phillips, J., Noppeney,

- U., Frackowiak, R. S. J., Friston, K. J., and Price, C. J. (2002). Anatomic constraints on cognitive theories of category specificity. *NeuroImage*, 15(3): 675-685.
- Dow, B. M., Snyder, A. Z., Vautin, R. G. & Bauer, R. (1981). Magnification factor and receptive field size in foveal striate cortex of the monkey. *Experimental Brain Research*, 44, 213-228.
- Ehlers, H. E. (1953). *Clinical testing of visual acuity*. *Archives of Ophthalmology*, 49, 431-434.
- Engbert, R., Longtin, A., & Kliegl, R. (2002). A dynamical model of saccade generation in reading based on spatially distributed lexical processing. *Vision Research*. 42, 621-636.
- Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E., & Kliegl, R. (2005). SWIFT: A dynamical model of saccade generation during reading. *Psychological Review*, 112, 777-813.
- Fahle, M. (2005). Perceptual learning: specificity versus generalization. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 154-160.
- Fahle, M., & Poggio, T. (2002). *Perceptual learning*. Cambridge: The MIT Press.
- Fang, F., & He, S. (2008). Crowding alters the spatial distribution of attention modulation in human primary visual cortex. *Journal of Vision*, 8(9):6, 1-9.
- Faraway, J. J. (2006). *Extending the Linear Model With R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models*. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC.
- Farzin, F., Rivera, S. M., Whitney, D. (2009). Holistic crowding of Mooney faces. *Journal of Vision*, 9(6), 1-15.
- Felisberti, F. M., Solomon, J. A., & Morgan, M.J. (2005). The role of target salience in crowding. *Perception*, 34, 823-833.
- Feng, C., Jiang, Y., & He, S. (2007). Horizontal and vertical asymmetry in visual spatial crowding effects. *Journal of Vision*, 7(2), 13.
- Field, D. J., Hayes, A., & Hess, R. F. (1993). Contour integration by the human visual system: Evidence for a local "association field". *Vision Research*, 33, 173-193.
- Fiez, J. A., Balota, D. A., Raichle, M. E., and Petersen, S. E. (1999). Effects of word frequency spelling-to-sound regularity, and lexicality on the functional anatomy of word reading. *Neuron*, 24, 205-218.

- Fine, E. M., & Rubin, G. S. (1999). The effects of simulated cataract on reading with normal vision and simulated central scotoma. *Vision Research*, *39*, 4274–4285.
- Finkbeiner, M., & Coltheart, M. (2009). Letter recognition: From perception to identification. *Cognitive Neuropsychology*, *26*, 1-6.
- Fischer, J., & Whitney, D. (2011). Object-level visual information gets through the bottleneck of crowding. *Journal of Neurophysiology*, *106*(3), 1389-98.
- Fiset, D., Blais, C., Ethier-Majcher, C., Arguin, M., Bub, D., & Gosselin, F. (2008). Features for identification of uppercase and lowercase letters. *Psychological Science*, *19*, 1161-1168.
- Flom, M. C. (1991). Contour interaction and the Crowding Effect. *Problems in Optometry*, *3*, 237–257.
- Flom, M. C., Heath, G. G., Takahashi, E. (1963). Contour interaction and visual resolution: Contralateral effects. *Science*, *142*, 979–980.
- Flom, M. C., Weymouth, F. W., & Kahneman, D. (1963). Visual Resolution and Contour Interaction. *Journal of the Optical Society of America*, *53* (9), 1026–1032.
- Flowers, D. L., Jones, K., Noble, K., VanMeter, J., Zeffiro, T. A., Wood, F. B., & Eden, G. F. (2004). Attention to single letters activates left extrastriate cortex. *NeuroImage*, *21*, 829-839.
- Freeman, J., & Pelli, D. G. (2007). An escape from crowding. *Journal of Vision*, *7*(2):22, 1–14.
- Freeman, J., & Simoncelli, E. P. (2011). Metamers of the ventral stream. *Nature Neuroscience*, *14*(9),1195-201.
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Moylan, J., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). The fusiform “face area” is part of a network that processes faces at the individual level. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*, 495-504.
- Giraud, A. L. & Price, C.J. (2001). The constraints functional anatomy places on classical models of auditory word processing, *Journal of Cognitive Neuroscience*, *13*, 754-765.
- Glezer, L.S., Jiang, X., & Riesenhuber, M. (2009). Evidence for Highly Selective Neuronal Tuning to Whole Words in the “Visual Word Form Area”. *Neuron*, *62*, 199-204.

- Gough, P. B. (1972). One second of reading. In J. F. Kavanagh & I. G. Mattingly (Eds.), *Language by ear and by eye*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Grainger, J., & Jacobs, A. M. (1996). Orthographic processing in visual word recognition: A multiple read-out model. *Psychological Review*, *103*, 518-565.
- Grainger, J., & van Heuven, W. (2003). Modeling Letter Position Coding in Printed Word Perception. In P. Bonin (Ed.), *The Mental lexicon*. New York : Nova Science Publishers (pp. 1-24).
- Grainger, J., Rey, A., & Dufau, S. (2008). Letter perception: from pixels to pandemonium. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(10), 381-387.
- Grainger, J., Tydgate, I., & Isselé, J. (2010). Crowding affects letters and symbols differently. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *36* (3), 673-688.
- Greenwood, J. A., Bex, P. J., & Dakin, S. C. (2012). Crowding follows the binding of relative position and orientation. *Journal of Vision*, *12*(3), 1-20.
- Hamker, F. H. (2005). The reentry hypothesis: The putative interaction of the frontal eye field, ventrolateral prefrontal cortex, and areas V4, IT for attention and eye movement. *Cerebral Cortex*, *15*, 431-447.
- Hamker, F. H., Zirnsak, M. (2006). V4 receptive field dynamics as predicted by a systems-level model of visual attention using feedback from the frontal eye field. *Neural Networks*, *19*, 1371-1382.
- Hammond, E. J., & Green, D. W. (1982). Detecting targets in letter and non-letter arrays. *Canadian Journal of Psychology*, *36*, 67-82.
- Harcum, E. R., & Nice, D. S. (1975). Serial processing shown by mutual masking of icons. *Perceptual & Motor Skills*, *40*, 399-408.
- Hasson, U., Levy, I., Behrmann, M., Hendler, T., & Malach, R. (2002). Eccentricity bias as an organizing principle for human high-order object areas. *Neuron*, *34*, 479-490.
- Haxby, J. V., Ishai, A., Chao, L., Ungerleider, L.G., & Martin, A. (2000). Object form topology in the ventral temporal lobe. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 3-4.
- He, S., Cavanagh, P., & Intriligator, J. (1996). Attentional resolution and the locus of visual

- awareness. *Nature*, 383(6598), 334–337.
- Healy, A. F., & Drewnowsky, A. (1983). Investigating the boundaries of reading units : letter detection in misspelled words. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 9(3), 413-426.
- Henderson, J. M., Pollatsek, A. and Rayner, K. (1987). Effects of foveal priming and extrafoveal preview on object identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 449-463.
- Henderson, J. M., Pollatsek, A. and Rayner, K. (1989). Covert visual attention and extrafoveal information use during object identification. *Perception and Psychophysics*, 45, 196-208.
- Henderson, J. M., McClure, K. K., Pierce, S., & Schrock, G. (1997). Object identification without foveal vision: Evidence from an artificial scotoma paradigm. *Perception and Psychophysics*, 59, 323–346.
- Herse, P. R., & Bedell, H. E. (1989). Contrast sensitivity for letter and grating targets under various stimulus conditions. *Optometry & Vision Science*, 66(11), 774–781.
- Ho, C., & Cheung, S.-H. (2011). Crowding by invisible flankers. *PLoS ONE*, 6(12), e28814.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1962). Receptive Fields, Binocular Interaction and Functional Architecture in the Cat's Visual Cortex. *Journal of Physiology*, 160, 106–154.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1974). Sequence regularity and geometry of orientation columns in the monkey striate cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 158, 267–293.
- Huckauf, A., & Heller, D. (2002). Spatial selection in peripheral letter recognition: In search of boundary conditions. *Acta Psychologica*, 111 (1), 101-123.
- Huckauf, A., & Nazir, T. A. (2007). How odgrnwi becomes crowding: Stimulus-specific learning reduces crowding. *Journal of Vision*, 7(2):18, 1–12.
- Huey, E. B. (1908/1968). *The psychology and pedagogy of reading*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hussain, Z., Webb, B. S. Astle, A. & McGraw, P. V. (2012). Perceptual learning reduces

- crowding in amblyopia and in the normal periphery. *Journal of Neuroscience*, 32, 474-80.
- Intriligator, J., & Cavanagh, P. (2001). The spatial resolution of visual attention. *Cognitive Psychology*, 43(3), 171–216.
- Jaeger, T. F. (2008). Categorical Data Analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards Logit Mixed Models. *Journal of Memory and Language*, 59, 434-446.
- Jacobs, R. J. (1979). Visual resolution and contour interaction in the fovea and periphery. *Vision Research*, 19, 1187–1195.
- James, K. H., James, T. W., Jobard, G., Wong, A. C.-N., & Gauthier, I. (2005). Letter processing in the visual system: Different activation patterns for single letters and strings. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5, 452–466.
- Johnson, N. F. (1975). On the function of letters in word identification: Some data and a preliminary model. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 17-29.
- Johnson, N. F. (1977). A pattern-unit model of word identification. In D. Laberge & S. J. Samuels (Eds.), *Basic processes in reading: Perception and comprehension*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Karni, A., & Sagi, D. (1991). Where practice makes perfect in texture-discrimination-evidence for primary visual-cortex plasticity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88, 4966–4970.
- Kelly, D. H. (1984). Retinal inhomogeneity: I. Spatiotemporal contrast sensitivity. *Journal of the Optical Society of America A*, 1, 107-113.
- Kennedy, G. J. & Whitaker, D. (2010). The chromatic selectivity of visual crowding. *Journal of Vision*, 10(6):15, 1-13.
- Koenderink, J. J., Bouman, M. A., Bueno de Mesquita, A. E. & Slappendel, S. (1978). Perimetry of contrast detection thresholds of moving spatial sine wave patterns, III. The target extent as a sensitivity controlling parameter. *Journal of the Optical Society of America A*, 68, 854-860.
- Kooi, F. L., Toet, A., Tripathy, S. P., & Levi, D. M. (1994). The effect of similarity and duration on spatial interaction in peripheral vision. *Spatial Vision*, 8(2), 255–279.

- Kostić, A. (2006). *Kognitivna psihologija*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva
- Krumhansl, C. L. (1977). Naming and locating simultaneously and sequentially presented letters. *Perception & Psychophysics*, *22*, 293–302.
- Krumhansl, C. L., & Thomas, E. A. C. (1977). Effect of level of confusability on reporting letters from briefly presented visual displays. *Perception & Psychophysics*, *21*(3), 269–279.
- Kwon, M., Legge, G. E., & Dubbels, B. R. (2007). Developmental changes in the visual span for reading. *Vision Research*, *47*, 2889-2900.
- Larson, A. M., & Loschky, L. C. (2009). The contributions of central versus peripheral vision to scene gist recognition. *Journal of Vision*, *9*(10):6, 1-16.
- Leff, A. P., Crewes, H., Plant, G. T., Scott, S. K., Kennard, C., & Wise, R. J. (2001). The functional anatomy of single word reading in patients with hemianopic and pure alexia. *Brain*, *124*, 510–521.
- Legge, G. E. (2007). *Psychophysics of Reading in Normal and Low Vision*. Mahwah, NJ & London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Legge, G. E., Pelli, D. G., Rubin G. S., & Schleske M. M. (1985). Psychophysics of reading. I. Normal vision. *Vision Research*, *25*, 239-252.
- Legge, G. E., Rubin, G. S., & Luebker, A. (1987). Psychophysics of reading. V. The role of contrast in normal vision. *Vision Research*, *27*, 1165-1171.
- Legge, G. E., Parish, D. H., Luebker, A., & Wurm, L. H. (1990). Psychophysics of reading. XI. Comparing luminance and color contrast. *Journal of the Optical Society of America*, *A7* (10), 2002-2010.
- Legge, G. E., Mansfield, J. S., & Chung, S. T. L. (2001). Psychophysics of reading—XX Linking letter recognition to reading speed in central and peripheral vision. *Vision Research*, *41*, 725–743.
- Legge, G. E., Cheung, S-H, Yu, D., Chung, S., Lee, H-W, & Owens, D. (2007). The case for the visual span as a sensory bottleneck in reading. *Journal of Vision*, *7*(2):9, 1-15.
- Levi, D. M. (2008). Crowding – an essential bottleneck for object recognition: a mini-review.

- Vision Research*, 48, 635–654.
- Levi, D. M., Klein, S. A. & Aitsebaomo, A. P. (1985). Vernier acuity, crowding and cortical magnification. *Vision Research*, 25, 963-977.
- Levi, D. M., Klein, S. A., & Hariharan, S. (2002a). Suppressive and facilitatory spatial interactions in foveal vision: Foveal crowding is simple contrast masking. *Journal of Vision*, 2(2), 140–166.
- Levi, D., Hariharan, S., & Klein, S. (2002b). Suppressive and facilitatory spatial interactions in peripheral vision: Peripheral crowding is neither size invariant nor simple contrast masking. *Journal of Vision*, 2(2):3, 167–177.
- Levi, D. M., & Carney, T. (2009). Crowding in peripheral vision: why bigger is better. *Current Biology*, 19(23), 1988-93.
- Li, F-F., VanRullen, R., Koch, C. & Perona, P. (2002). Natural scene categorization in the near absence of attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(14), 9596-9601.
- Liu, L., & Arditi, A. (2000). Apparent string shortening concomitant with letter crowding. *Vision Research*, 40(9), 1059–1067.
- Liu, T., Jiang, Y., Sun, X., & He, S. (2009). Reduction of the crowding effect in spatially adjacent but cortically remote visual stimuli. *Current Biology*, 19, 127–132.
- Livne, T., & Sagi, D. (2007). Configuration influence on crowding. *Journal of Vision*, 7(2):4, 1–12.
- Livne, T., & Sagi, D. (2011). Multiple levels of orientation anisotropy in crowding with Gabor flankers. *Journal of Vision*, 11(13):18, 1–10.
- Longcamp, M., Anton, J. L., Roth, M., & Velay, J. L. (2003). Visual presentation of single letters activates a premotor area involved in writing. *NeuroImage*, 19, 1492-1500.
- Loomis, J. M. (1978). Lateral masking in foveal and eccentric vision. *Vision Research*, 18, 335–338.
- Louie, E. G., Bressler, D. W., & Whitney, D. (2007). Holistic crowding: Selective interference between configural representations of faces in crowded scenes. *Journal of Vision*, 7(2): 24, 1–11.

- Luck, S. J., Chelazzi, L., Hillyard, S. A., & Desimone, R. (1997). Neural mechanisms of spatial selective attention in areas V1, V2, and V4 of macaque visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, *77*, 24 – 42.
- Mackeben, M. (1999). Sustained focal attention and peripheral letter recognition. *Spatial Vision*, *12*(1), 51–72.
- MacKeben, M. (2009). Making the best of remaining vision – the role of focal attention. *Neuro-Ophthalmology*, *33*(3), 127-131.
- Majaj, N. J., Pelli, D. G., Kurshan, P., & Palomares, M. (2002). The role of spatial frequency channels in letter identification. *Vision Research*. *42*(9):1165-8.
- Mäkelä, P., Näsänen, R., Rovamo, J., & Melmoth, D. (2001). Identification of facial images in peripheral vision. *Vision Research*, *41*, 599-610.
- Mansfield, J. S., Legge, G. E., & Bane M. C. (1996). Psychophysics of reading. XV. Font effects in normal and low vision. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *37*, 1492-1501.
- Martelli, M., Majaj, N. J., & Pelli, D. G. (2005). Are faces processed like words? A diagnostic test for recognition by parts. *Journal of Vision*, *5* (1):6, 58–70.
- Mason, M. (1982). Recognition time for letters and nonletters: Effects of serial position, array size, and processing order. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *8*, 724-738.
- Mason, M., & Katz, L. (1976). Visual processing of nonlinguistic strings: Redundancy effects and reading ability. *Journal of Experimental Psychology*, *105*, 338-348.
- May, K. A., & Hess, R. F. (2007). Ladder contours are undetectable in the periphery: A crowding effect? *Journal of Vision*, *7*(13):9, 1–15.
- McCandliss, B. D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). The Visual Word Form Area: Expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(7), 293-299.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review*, *88*, 375-407.
- McConkie, G. W., & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation

- in reading. *Perception & Psychophysics*, *17*, 578–586.
- McConkie, G.W., & Zola, D. (1984). Eye movement control during reading: The effect of words units. In W. Prinz & A. F. Sanders (Eds.), *Cognition and motor processes* (pp 63–74). Berlin: Springer-Verlag.
- Merigan, W. H. (2000). Cortical area V4 is critical for certain texture discriminations, but this effect is not dependent on attention. *Visual Neuroscience*, *17*, 949–958.
- Mewhort, D. J. K. (1974). Accuracy and order of report in tachistoscopic identification. *Canadian Journal of Psychology*, *28*, 383–398.
- Mewhort, D. J., Merikle, P. M., & Bryden, M. P. (1969). On the transfer from iconic to short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, *81*(1), 89–94.
- Mollon, J. D., Danilova, M. V. (1996). Three remarks on perceptual learning. *Spatial Vision*, *10*(1), 51–58.
- Montant, M., & Behrmann, M. (1999). Pure alexia. *Neurocase* *2000*, *6*, 265–94.
- Moore, C. J., & Price, C. J. (1999). Three distinct ventral occipitotemporal regions for reading and object naming. *Neuroimage*, *10*(2), 181–192.
- Morgan, M.J., Ward, R.M., & Castet, E. (1998). Visual search for a tilted target: Tests of spatial uncertainty models. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, *51*(2):347–370.
- Motter, B. C. (2009). Central V4 receptive fields are scaled by the V1 cortical magnification and correspond to a constant-sized sampling of the V1 surface. *Journal of Neuroscience*, *29*, 5749–5757.
- Mukai, I., Kim, D., Fukunaga, M., Japee, S., Marrett, S., & Ungerleider, L. G. (2007). Activations in visual and attention-related areas predict and correlate with the degree of perceptual learning. *Journal of Neuroscience*, *27*, 11401–11411.
- Murtha, S., Chertkow, H., Beauregard, M., & Evans, A. (1999). The neural substrate of picture naming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*(4), 399 – 423.
- Nandy, A. S., & Tjan, B. S. (2012). Saccade-confounded image statistics explain visual crowding. *Nature Neuroscience*, *15*(3), 463–469.
- Nazir, T. A. (1992). Effects of lateral masking and spatial precueing on gap-resolution in

- central and peripheral vision. *Vision Research*, 32, 771–777.
- Nazir, T. A. (2000). Traces of print along the visual pathway. In A. Kennedy, R. Radach, D. Heller, & J. Pynte (Eds.), *Reading as a perceptual process* (pp. 3–22). Oxford: Elsevier.
- Nazir, T. A., Benboutayab, N., Decoppet, N., Deutsch, A., & Frost, R. (2004). Reading Habits, Perceptual Learning, and Recognition of Printed Words. *Brain & Language*, 88(3), 294-311.
- Ognjenović, P.S., Škorc, B. & Morača-Stojnov, J. (1995). Brain functional asymmetry and processing of Cyrillic and Roman letters. *Psihologija*, 28, 101–110.
- Osterberg, G. (1935). Topography of the layer of rods and cones in the human retina. *Acta Ophthalmologica*, 13, 1–103.
- Paap, K., Newsome, S. L., McDonald, J. E., & Schvaneveldt, R. W. (1982). An activation–verification model for letter and word recognition: The word superiority effect. *Psychological Review*, 89, 573–594.
- Pajak, M., & Nuthmann, A. (2013). Object-based saccadic selection during scene perception: Evidence from viewing position effects. *Journal of Vision*, 13(5):2, 1–21.
- Pelli, D. G. (1985). Uncertainty explains many aspects of visual contrast detection and discrimination. *Journal of the Optical Society of America A*, 2, 1508–1532.
- Pelli, D. G. (2008). Crowding: a cortical constraint on object recognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 445–451.
- Pelli, D. G., Farrell, B., & Moore, D. C. (2003). The remarkable inefficiency of word recognition. *Nature*, 423, 752–756.
- Pelli, D. G., Palomares, M., & Majaj, N. J. (2004). Crowding is unlike ordinary masking: distinguishing feature integration from detection. *Journal of Vision*, 4(12), 1136-69.
- Pelli, D. G., Burns, C. W., Farrell, B., & Moore-Page, D. C. (2006). Feature detection and letter identification. *Vision Research*, 46, 4646-4674.
- Pelli, D. G., Tillman, K. A., Freeman, J., Su, M., Berger, T. D., & Majaj, N. J. (2007). Crowding and eccentricity determine reading rate. *Journal of Vision*, 7(2):20, 1-36.
- Pelli, D., & Tillman, K. (2008). The uncrowded window of object recognition. *Nature Neuroscience*, 11, 1129–1135.

- Petrov, Y., Popple, A. V., & McKee, S. P. (2007). Crowding and surround suppression: Not to be confused. *Journal of Vision*, 7(2), 12.1–12.9.
- Petrov, Y., & Popple, A. V. (2007). Crowding is directed to the fovea and preserves only feature contrast. *Journal of Vision*, 7(2):8, 1–9.
- Petrov, Y., & Meleshkevich, O. (2011a). Asymmetries and idiosyncratic hot spots in crowding. *Vision Research*, 51, 1117-23.
- Petrov, Y., & Meleshkevich, O. (2011b). Locus of spatial attention determines inward-outward anisotropy in crowding. *Journal of Vision*, 11(4):1, 1-11.
- Piñon, M. C., Gattass, R., & Sousa, A.P. (1998). Area V4 in Cebus monkey: extent and visuotopic organization. *Cerebral Cortex*, 8, 685–701.
- Pöder, E. (2007). Effect of colour pop-out on the recognition of letters in crowding conditions. *Psychological Research*, 71, 641–645.
- Pöder, E. (2008). Crowding with detection and coarse discrimination of simple visual features. *Journal of Vision*, 8(4):24, 1-6.
- Pöder, E., & Wagemans, J. (2007). Crowding with conjunctions of simple features. *Journal of Vision*, 7(2):23, 1-12.
- Poggio, T., Fahle, M., & Edelman, S. (1992). Fast perceptual learning in visual hyperacuity. *Science*, 256, 1018–1021.
- Pointer, J. S., & Hess, R. F. (1989). The contrast sensitivity gradient across the human visual field: With emphasis on the low spatial frequency range. *Vision Research*, 29(9), 1133–1151.
- Polk, T. A., Stallcup, M., Aguirre, G., Alsop, D., D’Esposito, M., Detre, J., & Farah, M. J. (2002). Neural specialization for letter recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(2), 145-159.
- Pollatsek, A., Reichle, E. D., & Rayner, K. (2006). Tests of the E-Z Reader model: Exploring the interface between cognition and eye-movement control. *Cognitive Psychology*, 52, 1-56.
- Polyak, S. L. (1941). *The retina*. Chicago: University Press.
- Popple, A. V., & Levi, D. M. (2005). The perception of spatial order at a glance. *Vision*

- Research*, 45, 1085-1090.
- Price, C. J., Moore, C. J., & Frackowiak, R. S. (1996). The effect of varying stimulus rate and duration on brain activity during reading. *NeuroImage*, 3, 40-52.
- Price, C. J., Wise, R. J. S., & Frackowiak, R. S. J. (1996). Demonstrating the implicit processing of visual presented words and pseudowords. *Cerebral Cortex*, 6, 62–70.
- Price, C. J., & Devlin, J. T. (2003). The myth of the visual word form area. *NeuroImage*, 19, 473–481.
- Price, C. J., & Devlin, J. T. (2011). The Interactive Account of ventral occipito-temporal contributions to reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 246-253.
- Puce, A., Allison, T., Asgari, M., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1996). Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letterstrings, and textures: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience*, 16(16), 5205-5215.
- R Development Core Team. (2013). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. URL: <http://www.R-project.org/>
- Rayner, K., & Bertera, J. H. (1979). Reading without a fovea. *Science*, 206, 468–469.
- Rayner, K., Inhoff, A. W., Morrison, R. E., Slowiaczek, M. L., & Bertera, J. H. (1981). Masking of foveal and parafoveal vision during eye fixations in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Psychophysics*, 1, 167–179.
- Rayner, K., Well, A. D., Pollatsek, A. & Bertera, J. H. (1982). The availability of useful information to the right of fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 31, 537-550.
- Reddy, L., & VanRullen, R. (2007). Spacing affects some but not all visual searches: Implications for theories of attention and crowding. *Journal of Vision*, 7(2):3, 1–17.
- Rees, G., Russell, C., Frith, C. D., & Driver, J. (1999). Inattention blindness versus inattention amnesia for fixated but ignored words. *Science*, 286, 2504 –2507.
- Regan, D., Beverley, K. I. (1983). Visual fields described by contrast sensitivity, by acuity, and by relative sensitivity to different orientations. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 24(6), 754–759.
- Reicher, G. M. (1969). Perceptual recognition as a function of meaningfulness of the stimulus

- material. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 274-280.
- Reynolds, J. H., Chelazzi, L., & Desimone, R. (1999). Competitive mechanisms subserve attention in macaque areas V2 and V4. *Journal of Neuroscience*, 19, 1736–1753.
- Riesenhuber, M., & Poggio, T. (1999). Hierarchical models of object recognition in cortex. *Nature Neuroscience*, 2, 1019–1025.
- Rohaček, A. (1973). Tahistoskopsko ispitivanje čitljivosti riječi pisanih ćirilicom i latinicom. *Stručni skupovi psihologa "Dani Ramira Bujasa"* (pp. 161–170). Zagreb: Društvo psihologa SR Hrvatske.
- Rolls, E.T. (2000). Functions of the primate temporal lobe cortical visual areas in invariant visual object and face recognition. *Neuron*, 27, 205–218.
- Rot, N. & Kostić, A. (1986). Čitljivost ćiriličnog i latiničnog alfabeta. *Psihologija*, 19(1–2), 157–171.
- Rot, N. & Kostić, A. (1987). Čitljivost slova latinice i ćirilice i njihove grafemske karakteristike. *Psihologija*, 20(1–2), 3–19.
- Rot, N. & Kostić, A. (1988). Čitljivost riječi i rečenica štampanih latinicom i ćirilicom. *Psihologija*, 21, 3–15.
- Rovamo, J., Virsu, V., & Näsänen, R. (1978). Cortical magnification factor predicts the photopic contrast sensitivity of peripheral vision. *Nature*, 271, 54-6.
- Rovamo, J., & Virsu, V. (1979). An estimation and application of the human cortical magnification factor. *Experimental Brain Research*, 37, 495-510.
- Saarela, T. P., & Herzog, M. H. (2009). Size tuning and contextual modulation of backward contrast masking. *Journal of Vision*, 9(11):21, 1-12.
- Saarela, T. P., Sayim, B., Westheimer, G., & Herzog, M. H. (2009). Global stimulus configuration modulates crowding. *Journal of Vision*, 9(2):5, 1–11.
- Saarinen, J., Rovamo, J., & Virsu, V., (1987). "Texture discrimination at different eccentricities" *Journal of the Optical Society of America A*, 4, 1699 – 1703.
- Sanocki, T. (2003). Representation and perception of spatial layout. *Cognitive Psychology*, 47, 43-86.
- Sanocki, T. & Epstein, W. (1997). Priming spatial layout of scenes. *Psychological Science*,

8, 374-378.

- Schultze, M. (1866). Zur Anatomie und Physiologie der Retina. *Archiv für Mikroskopische Anatomie* 2, 175-286.
- Schwartz, E. L. (1994). Computational studies of the spatial architecture of primate visual cortex: Columns, maps, and protomaps. In A. Peters and K. Rocklund (Eds.), *Primary Visual Cortex in Primates*, Vol. 10 of *Cerebral Cortex*. New York: Plenum Press.
- Schwartz, S. (2007). Functional MRI evidence for neural plasticity at early stages of visual processing in humans. In N. Osaka & I. Rentschler & I. Biederman (Eds.), *Object recognition, attention, and action* (pp. 27-40). Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York, Springer.
- Schyns, P. G., & Oliva, A. (1994). From blobs to boundary edges: Evidence for time and spatial scale dependent scene recognition. *Psychological Science*, 5, 195–200.
- Seiple, W., Holopigian, K., Szlyk, J.P., & Wu, C. (2004). Multidimensional visual field maps: Relationships among local psychophysical and local electrophysiological measures. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41(3A), 359–372.
- Selfridge, O. G. (1959). *Pandemonium: A paradigm for learning*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Selfridge, O. G., & Neisser, U. (1960). Pattern recognition by machine. *Scientific American*, 203, 60-68.
- Sigman, M., Zur, D., Pan, H., Yang, Y., Stern, E., Silbersweig, D., Gilbert, C. (2005). Large scale reorganization of activity in the visual pathway with training on object recognition. *Neuron*, 46, 823-35.
- Silva, M. F., Mateus, C., Reis, A., Nunes, S., Fonseca, P., & Castelo-Branco, M. (2010). Asymmetry of visual sensory mechanisms: Electrophysiological, structural, and psychophysical evidences. *Journal of Vision*, 10(6):26, 1–11.
- Smith, A. T., Singh, K. D., Williams A. L., & Greenlee, M. W. (2001). Estimating receptive field size from fMRI data in human striate and extrastriate visual cortex. *Cerebral Cortex*, 11(12), 1182-1190.
- Smith, F. (1969). Familiarity of configuration vs. Discriminability of features in the visual identification of words. *Psychonomic Science*, 14, 261-262.

- Snellen, H. (1862). *Optotypi ad Visum Determinandum (Letterproeven tot Bepaling der Gezichtsscherpte; Probebuchstaben zur Bestimmung der Sehschaerfe)*. Utrecht, The Netherlands: Weyers.
- Snellen, H., & Landolt, E. (1874a). Ophthalmometrie. Die Functionsprüfung des Auges: I. Eidoptometrie (Bestimmung der Sehschärfe). In von Graefe A., Saemisch E. T. (Eds.), *Handbuch der gesamten Augenheilkunde* (vol. 3, pp. 1–22). Leipzig, Germany: Engelmann.
- Snellen, H., & Landolt, E. (1874b). Perioptometrie. In von Graefe A., Saemisch E. T. (Eds.), *Handbuch der gesamten Augenheilkunde* (vol. 3, p. 52 ff.). Leipzig, Germany: Engelmann.
- Strasburger, H. (2005). Unfocussed spatial attention underlies the crowding effect in indirect form vision. *Journal of Vision*, 5(11), 1024–1037.
- Strasburger, H., Harvey, L., & Rentschler, I. (1991). Contrast thresholds for identification of numeric characters in direct and eccentric view. *Perception & Psychophysics*, 49, 495–508.
- Strasburger, H., & Rentschler, I. (1996). Contrast-dependent dissociation of visual recognition and detection field. *European Journal of Neuroscience*, 8, 1787–1791.
- Strasburger, H., Rentschler, I. & Jüttner, M. (2011). Peripheral vision and pattern recognition: A review. *Journal of Vision*, 11(5):13, 1–82.
- Strasburger, H., & Malyan, M. (2013). Source confusion is a major cause of crowding. *Journal of Vision*, 13(1):24,1–20.
- Stuart, J. A., & Burian, H. M. (1962). A study of separation difficulty: Its relationship to visual acuity in normal and amblyopic eyes. *American Journal of Ophthalmology*, 53, 471.
- Sun, G. J., Chung, S. T. L., & Tjan, B. S. (2010). Ideal observer analysis of crowding and the reduction of crowding through learning. *Journal of Vision*, 10(5):16, 1-14.
- Sundberg, K. A., Mitchell, J. F., & Reynolds, J. H. (2009). Spatial attention modulates center-surround interactions in macaque visual area V4. *Neuron*, 61, 952–963.
- Szwed, M., Cohen, L., Qiao, E., & Dehaene, S. (2009). The role of invariant line junctions in object and visual word recognition. *Vision Research*, 49, 718-725.

- Szwed, M., Dehaene, S., Kleinschmidt, A., Eger, E., Valabrègue, R., Amadon, A., & Cohen, L. (2011). Specialization for written words over objects in the visual cortex. *NeuroImage* 56(1), 330-344.
- Taylor, S. G., & Brown, D. R. (1972). Lateral masking: supraretinal effects when viewing linear arrays with unlimited viewing time. *Perception & Psychophysics*, 12, 97-99.
- Teich, A. F., & Qian, N. (2003). Learning and adaptation in a recurrent model of V1 orientation selectivity. *Journal of Neurophysiology*, 89(4):2086–2100.
- Tinker, M. (1963). *Legibility of print*. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
- Toet, A., & Levi, D. M. (1992). The two-dimensional shape of spatial interaction zones in the parafovea. *Vision Research*, 32 (7), 1349–1357.
- Tootell, R. B. H., Silverman, M. S., Switkes, E., & De Valois, R. L. (1982). Deoxyglucose analysis of retinotopic organization in primate striate cortex. *Science*, 218, 902-904.
- Tootell, R. B., Switkes, E., & Silverman, M. S., & Hamilton, S. L. (1988). Functional anatomy of macaque striate cortex. II. Retinotopic organization. *Journal of Neuroscience*, 8(5):1531–1568.
- Tootell, R. B., & Hadjikhani, N. (2001). Where is 'dorsal V4' in human visual cortex? Retinotopic, topographic and functional evidence. *Cerebral Cortex*, 11(4):298-311.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12 , 97-136.
- Tripathy, S. P., & Levi, D. M. (1994). Long-range dichoptic interactions in the human visual cortex in the region corresponding to the blind spot. *Vision Research*, 34, 1127-1138.
- Tripathy, S., & Cavanagh, P. (2002). The extent of crowding in peripheral vision does not scale with target size. *Vision Research*, 42, 2357–2369.
- Tydgat, I., & Grainger, J. (2009). Serial position effects in the identification of letters, digits and symbols. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(2), 480-498.
- Underwood, N. R., & McConkie, G. W. (1985). Perceptual span for letter distinctions during reading. *Reading Research Quarterly*, 20, 153-162.
- van Buren, K. M. (1963). *The retinal ganglion cell layer*. Springfield, IL: Charles Thomas.

- van der Lubbe, R. H., & Keuss, P. J. (2001). Focused attention reduces the effect of lateral interference in multi-element arrays. *Psychological Research*, 65(2), 107–118.
- Vejnović, D., Milin, P., & Zdravković, S. (2010). Bi-alphabetical naming in Serbian: evidence from masked priming. *Proceedings of the 5th Annual SEERC Doctoral Student Conference (DSC2010)*, 700-708.
- Vejnović, D., Dimitrijević, S., & Zdravković, S. (2011). Imenovanje ćirilčnih i latiničnih reči: novi nalazi. *Empirijska istraživanja u psihologiji, XVII naučni skup*. Institut za psihologiju i laboratorija za eksperimentalnu psihologiju, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Vejnović, D., & Jovanović, T. (2012). Reading sentences in Serbian: Effects of alphabet and reading mode in self-paced reading task. *Psihologija*, 45(4), 361-376.
- Vinckier, F., Dehaene, S., Jobert, A., Dubus, J. P., Sigman, M., & Cohen, L. (2007). Hierarchical coding of letter strings in the ventral stream: dissecting the inner organization of the visual word-form system. *Neuron*, 55(1):143-156.
- Virsu, V., & Rovamo, J. (1979). Visual resolution, contrast sensitivity and the cortical magnification factor. *Experimental Brain Research*, 37, 475--494.
- Werner, E., & Rossi, C. (1991). *Manual of visual fields*. Churchill Livingstone, New York.
- Westheimer, G., & Hauske, G. (1975). Temporal and spatial interference with vernier acuity. *Vision Research*, 15 (10), 1137–1141.
- Westheimer, G., Shimamura, K., & McKee, S. P. (1976). Interference with line-orientation sensitivity. *Journal of the Optical Society of America*, 66 (4), 332–338.
- Weymouth, F. W. (1958). Visual sensory units and the minimal angle of resolution. *American Journal of Ophthalmology*, 46, 102-114.
- Weymouth, F. W., Hines, D. C., Acres, L. H., Raaf, J. E., & Wheeler, M. C. (1928). Visual acuity within the area centralis and its relation to eye movements and fixation. *American Journal of Ophthalmology*, 11, 947-960.
- Wheeler, D. D. (1970). Processes in word recognition. *Cognitive Psychology*, 1, 59–85.
- Whitney, C. (2001). How the brain encodes the order of letters in a printed word: The SERIOL model and selective literature review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 221-

243.

- Whitney, D. (2009). Vision: seeing through the gaps in the crowd. *Current Biology*, *19*, 1075-76.
- Whitney, C., & Cornelissen, P.L. (2008). SERIOL reading. *Special Issue of Language and Cognitive Processes*, *23*, 143-164.
- Whitney, D., & Levi, D. M. (2011). Visual crowding: A fundamental limit on conscious perception and object recognition. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(4), 160–168.
- Wolford, G. (1975). Perturbation model for letter identification. *Psychological Review*, *82*, 184–199.
- Wolford, G., & Chambers, L. (1984). Contour interaction as a function of eccentricity. *Perception and Psychophysics*, *36*, 457–460.
- Wong, A. C.-N., Gauthier, I., Woroch, B., DeBuse, C., & Curran, T. (2005). An early electrophysiological response associated with expertise in letter perception. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *5*, 306-318.
- Wong, A.C.-N., Jobard, G., James, K.H., James, T.W., & Gauthier, I. (2009). Expertise with characters in alphabetic and non-alphabetic writing systems engage overlapping occipito-temporal areas. *Cognitive Neuropsychology*, *26*(1), 111:127.
- Xiao, L., Zhang, J., Wang, R., Klein, S., Levi, D. M., & Yu, C. (2008). Complete transfer of perceptual learning across retinal locations enabled by double training. *Current Biology*, *18*, 1922–1926.
- Xu, B., Grafman, J., Gaillard, W.D., Ishii, K., Vega-Bermudez, F., Pietrini, P., Reeves-Tyer, P., DiCamillo, P., & Theodore, W. (2001). Conjoint and extended neural networks for the computation of speech codes: the neural basis of selective impairment in reading words and pseudowords. *Cerebral Cortex*, *11*, 267–277.
- Yeh, S.-L., He, S., & Cavanagh, P. (2012). Semantic priming from crowded words. *Psychological Science*, *23*, 608-616.
- Yeotikar, N., Khuu, S. K., Asper, L. J., & Suttle, C. M. (2011). Configuration specificity of crowding in peripheral vision. *Vision Research*, *51*(11), 1239 – 1248.
- Yeshurun, Y., & Rashal, E. (2010). Precueing attention to the target location diminishes

- crowding and reduces the critical distance. *Journal of Vision*, 10(10):16, 1-12.
- Yu, D., Cheung, S-H., Legge, G. E., & Chung, S. (2007). Effect of letter spacing on visual span and reading speed. *Journal of Vision*, 7(2):2, 1-10.
- Yu, D., Park, H., Gerold, D., & Legge, G. E. (2010). Comparing reading speed for horizontal and vertical English text. *Journal of Vision*, 10(2):21, 1-17.
- Zeki, S. (1993). *A vision of the brain*. Oxford: Blackwell.
- Zhang, J. Y., Zhang, T., Xue, F., Liu, L., & Yu, C. (2007). Legibility of Chinese characters and its implications for visual acuity measurement in Chinese reading population. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 48, 2383-2390.
- Zhang, J. Y., Zhang, T., Xue, F., Liu, L., & Yu, C. (2009). Legibility of Chinese characters in peripheral vision and the top-down influences on crowding. *Vision Research*, 49(1), 44–53.
- Zhang, T., Xiao, L. Q., Klein, S. A., Levi, D. M., & Yu, C. (2010). Decoupling location specificity from perceptual learning of orientation discrimination. *Vision Research*, 50(4):368–374.
- Zhaoping, L., Herzog, M. H., & Dayan, P. (2003). Quadratic ideal observation and recurrent preprocessing in perceptual learning. *Network: Computation in Neural Systems*, 14, 223–247.

18 PRILOZI

PRILOG 1: Kompleksnost obima slova i simbola korištenih u ovoj studiji

Eksperimenti 1, 2, 4, 5, 6, 7			
<i>Slova</i>	<i>Kompleksnost obima</i>	<i>Simboli</i>	<i>Kompleksnost obima</i>
B	5.4869	%	9.9474
D	5.1455	/	3.2936
F	5.5555	?	4.0571
G	5.8018	@	8.4082
K	5.9029	}	3.4111
N	6.1173	<	3.7661
L	4.8293	£	4.7792
S	5.4124	§	8.9005
T	5.3133	μ	5.0933

Eksperiment 3			
<i>Ćirilica</i>	<i>Kompleksnost obima</i>	<i>Latinica</i>	<i>Kompleksnost obima</i>
Б	6.0087	D	5.1455
Д	6.1146	F	5.5555
З	5.5865	G	5.8018
И	6.0098	N	6.1173
Л	5.9225	L	4.8293
П	5.4072	S	5.4124
Ф	5.2914	R	5.9031
Ч	5.2031	V	5.0114
Ш	7.1904	Z	5.4795

PRILOG 2: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 1

Lokacija	Vrsta stimulusa					
	Slovo		Simbol		Total	
	M	SE	M	SE	M	SE
Horizontalni meridijan	0.929	0.010	0.911	0.011	0.920	0.007
Vertikalni meridijan	0.892	0.012	0.886	0.012	0.889	0.008
Total	0.910	0.008	0.898	0.008	0.905	0.006

PRILOG 3: Maksimalni model eksperimenta 1

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
2880	1725	1761	-856.5	1713	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.624	0.790			
Stimulus	0.027	0.165			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		2.499	0.191	13.064	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.157	0.153	-1.023	0.3063
Lokacija		-0.390	0.132	-2.954	0.0031
Redosled		0.755	0.351	2.151	0.0315
Vrsta stimulusa x Lokacija		0.198	0.264	0.749	0.4536

PRILOG 4: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 2

Lokacija	Vrsta stimulusa					
	Slovo		Simbol		Total	
	M	SE	M	SE	M	SE
Horizontalni meridijan	0.719	0.017	0.635	0.018	0.677	0.012
Vertikalni meridijan	0.771	0.016	0.651	0.018	0.711	0.012
Total	0.745	0.011	0.643	0.013	0.694	0.001

PRILOG 5: Maksimalni model eksperimenta 2

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
2880	3485	3520	-1736	3473	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.052	0.227			
Stimulus	0.074	0.272			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)	0.855	0.092	9.324	< 0.0001	
Vrsta stimulusa	-0.491	0.152	-3.219	0.0013	
Lokacija	0.176	0.083	2.125	0.0336	
Redosled	-0.003	0.131	-0.026	0.9795	
Vrsta stimulusa x Lokacija	-0.201	0.165	-1.215	0.2243	

PRILOG 6: Maksimalni model zajedničke analize eksperimenta 1 i eksperimenta 2

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
5760	5264	5330	-2622	5244	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.092	0.303			
Stimulus	0.053	0.231			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)	1.590	0.095	16.707	< 0.0001	
Vrsta stimulusa	-0.312	0.133	-2.338	0.0194	
Lokacija	-0.100	0.077	-1.293	0.1962	
Prikazivanje	-1.464	0.077	-18.982	< 0.0001	
Vrsta stimulusa x Lokacija	-0.006	0.154	-0.037	0.970	
Vrsta stimulusa x Prikazivanje	-0.363	0.154	-2.354	0.019	
Lokacija x Prikazivanje	0.552	0.154	3.583	0.0003	
Vrsta stimulusa x Lokacija x	-0.392	0.308	-1.274	0.2025	

PRILOG 7: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 3a

Lokacija	Pismo				Total	
	Ćirilica		Latinica		M	SE
	M	SE	M	SE		
Horizontalni meridijan	0.898	0.012	0.901	0.012	0.900	0.008
Vertikalni meridijan	0.878	0.013	0.890	0.012	0.884	0.009
Total	0.888	0.008	0.896	0.009	0.892	0.001

PRILOG 8: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 3b

Lokacija	Pismo				Total	
	Ćirilica		Latinica		M	SE
	M	SE	M	SE		
Horizontalni meridijan	0.713	0.018	0.713	0.018	0.713	0.013
Vertikalni meridijan	0.736	0.017	0.764	0.017	0.750	0.012
Total	0.725	0.012	0.738	0.012	0.731	0.001

PRILOG 9: Maksimalni model eksperimenta 3b

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
2592	2939	2980	-1463	2925
Slučajni efekti	Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.156	0.396		
Stimulus	0.075	0.272		
Fiksni efekti	β	SE	z	p
(Intercept)	1.107	0.123	8.725	< 0.0001
Pismo	0.073	0.158	0.467	0.6403
Lokacija	0.200	0.091	2.204	0.0275
Redosled	0.321	0.209	1.535	0.1247
Pismo x Lokacija	0.155	0.182	0.851	0.3946

PRILOG 10: Maksimalni model zajedničke analize eksperimenta 3a i eksperimenta 3b

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
5184	4617	4683	-2299	4597	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.276	0.544			
Stimulus	0.057	0.238			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)	1.664	0.146	11.395	< 0.0001	
Pismo	0.078	0.138	0.564	0.5726	
Lokacija	0.019	0.079	0.239	0.8108	
Prikazivanje	-1.169	0.080	-14.696	< 0.0001	
Pismo x Lokacija	0.124	0.158	0.783	0.4335	
Pismo x Prikazivanje	-0.001	0.158	-0.002	0.9985	
Lokacija x Prikazivanje	0.368	0.158	2.325	0.0201	
Pismo x Lokacija x	0.067	0.317	0.211	0.833	

PRILOG 11: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 4

Lokacija	Vrsta stimulusa					
	Slovo		Simbol		Total	
	M	SE	M	SE	M	SE
Horizontalno orijentisani nizovi						
Horizontalni meridijan	0.718	0.017	0.631	0.018	0.675	0.012
Vertikalni meridijan	0.754	0.016	0.642	0.016	0.698	0.013
Total	0.736	0.012	0.637	0.013	0.686	0.001
Vertikalno orijentisani nizovi						
Horizontalni meridijan	0.689	0.018	0.683	0.018	0.686	0.013
Vertikalni meridijan	0.589	0.019	0.573	0.019	0.581	0.013
Total	0.639	0.013	0.628	0.013	0.633	0.001

PRILOG 12: Maksimalni model eksperimenta 4

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
5472	6744	6810	-3362	6724	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.199	0.446			
Stimulus	0.083	0.289			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		0.720	0.127	5.689	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.272	0.149	-1.835	0.0665
Lokacija		-0.178	0.059	-3.012	0.0026
Orijentacija		-0.254	0.059	-4.295	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Lokacija		-0.096	0.118	-0.808	0.4191
Vrsta stimulusa x Orijentacija		0.442	0.118	3.740	0.0002
Lokacija x Orijentacija		-0.600	0.118	-5.075	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Lokacija x		0.110	0.237	0.465	0.6419

PRILOG 13: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 5a

Lokacija	Vrsta stimulusa					
	Slovo		Simbol		Total	
	M	SE	M	SE	M	SE
Dijagonala 1	0.886	0.012	0.872	0.013	0.879	0.009
Dijagonala 2	0.881	0.012	0.878	0.012	0.880	0.009
Total	0.884	0.008	0.875	0.009	0.880	0.006

PRILOG 14: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 5b

Lokacija	Vrsta stimulusa				Total	
	Slovo		Simbol			
	M	SE	M	SE	M	SE
Horizontalno orijentisani nizovi						
Dijagonala 1	0.685	0.017	0.618	0.018	0.651	0.013
Dijagonala 2	0.722	0.017	0.642	0.018	0.682	0.012
Total	0.704	0.012	0.630	0.013	0.667	0.009
Vertikalno orijentisani nizovi						
Dijagonala 1	0.600	0.018	0.617	0.018	0.608	0.013
Dijagonala 2	0.604	0.108	0.611	0.018	0.608	0.013
Total	0.601	0.013	0.614	0.013	0.608	0.009

PRILOG 15: Maksimalni model eksperimenta 5b

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
5760	7398	7471	-3688	7376	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.1290	0.359			
Stimulus	0.0022	0.149			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)	0.590	0.092	6.416	< 0.0001	
Vrsta stimulusa	-0.146	0.090	-1.626	0.1040	
Lokacija	0.072	0.056	1.296	0.1949	
Orijentacija	-0.270	0.056	-4.828	< 0.0001	
Redosled	-0.145	0.178	-0.811	0.4178	
Vrsta stimulusa x Lokacija	-0.065	0.112	-0.577	0.5639	
Vrsta stimulusa x Orijentacija	0.399	0.112	3.567	0.0004	
Lokacija x Orijentacija	-0.145	0.112	-1.298	0.1941	
Vrsta stimulusa x Lokacija x	0.033	0.224	0.146	0.8843	

PRILOG 16: Maksimalni model zajedničke analize eksperimenata 5a i 5b

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
8640	9236	9307	-4608	9216

Slučajni efekti	Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.2119	0.460		
Stimulus	0.0100	0.099		

Fiksni efekti	β	SE	z	p
(Intercept)	1.136	0.109	10.395	< 0.0001
Vrsta stimulusa	-0.206	0.073	-2.829	0.0047
Lokacija	0.034	0.056	0.615	0.5387
Prikazivanje	-1.632	0.068	-23.955	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Lokacija	0.039	0.111	0.346	0.7296
Vrsta stimulusa x Prikazivanje	0.201	0.136	1.478	0.1394
Lokacija x Prikazivanje	0.107	0.136	0.791	0.4289
Vrsta stimulusa x Lokacija x	-0.294	0.271	-1.083	0.2786

PRILOG 17: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 6

Relativna pozicija ometača	Vrsta stimulusa				Total	
	Slovo		Simbol		M	SE
	M	SE	M	SE		
Horizontalno orijentisani nizovi						
Unutrašnji ometač	0.881	0.012	0.749	0.016	0.815	0.010
Spoljašnji ometač	0.872	0.012	0.775	0.015	0.823	0.010
Total	0.876	0.008	0.762	0.011	0.819	0.007
Vertikalno orijentisani nizovi						
Unutrašnji ometač	0.739	0.016	0.741	0.016	0.740	0.011
Spoljašnji ometač	0.773	0.015	0.762	0.016	0.768	0.011
Total	0.757	0.011	0.751	0.011	0.754	0.008

PRILOG 18: Maksimalni model eksperimenta 6

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
6048	5960	6027	-2970	5940	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.2612	0.511			
Stimulus	0.0806	0.284			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		1.4326	0.135	10.645	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.4124	0.150	-2.757	0.0058
Relativna pozicija ometača		0.0961	0.067	1.446	0.1481
Orijentacija		-0.4585	0.067	-6.896	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Rel. pozicija ometača		0.0838	0.133	0.630	0.5285
Vrsta stimulusa x Orijehtacija		0.7934	0.133	5.967	< 0.0001
Rel. pozicija ometača x Orijehtacija		0.1250	0.133	0.940	0.3470
Vrsta stimulusa x Lokacija x Orijehtacija		-0.3194	0.266	-1.202	0.2295

PRILOG 19: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 7a

Lokacija prikazivanja	Vrsta stimulusa				Total	
	Slovo		Simbol		M	SE
	M	SE	M	SE		
Horizontalni meridijan	0.967	0.006	0.968	0.006	0.968	0.004
Vertikalni meridijan	0.944	0.008	0.936	0.008	0.940	0.006
Total	0.956	0.005	0.952	0.005	0.954	0.004

PRILOG 20: Maksimalni model eksperimenta 7a

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija	
3168	1139	1181	-562.4	1125	
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.5421	0.7242			
Stimulus	0.0001	0.0001			
Fiksni efekti		β	SE	z	p
(Intercept)		3.3266	0.185	18.042	< 0.0001
Vrsta stimulusa		-0.0606	0.181	-0.335	0.7373
Lokacija		-0.6659	0.181	-3.687	0.0002
Redosled		0.2764	0.365	0.757	0.4488
Vrsta stimulusa x Lokacija		-0.2038	0.361	-0.564	0.57

PRILOG 21: Prosečna proporcija tačne identifikacije u eksperimentu 7b

Lokacija	Vrsta stimulusa				Total	
	Slovo		Simbol		M	SE
	M	SE	M	SE		
Horizontalno orijentisani nizovi						
Horizontalni meridijan	0.696	0.016	0.643	0.017	0.669	0.012
Vertikalni meridijan	0.812	0.014	0.725	0.016	0.768	0.011
Total	0.754	0.011	0.684	0.012	0.719	0.008
Vertikalno orijentisani nizovi						
Horizontalni meridijan	0.778	0.015	0.773	0.015	0.775	0.010
Vertikalni meridijan	0.571	0.018	0.583	0.018	0.577	0.012
Total	0.674	0.012	0.678	0.012	0.676	0.008

PRILOG 22: Maksimalni model eksperimenta 7b

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
6336	7463	7538	-3721	7441
Slučajni efekti				
	Varijansa	St. devijacija		
Ispitanik	0.0802	0.283		
Stimulus	0.0547	0.234		
Fiksni efekti				
	β	SE	z	p
(Intercept)	0.8952	0.087	10.334	< 0.0001
Vrsta stimulusa	-0.1803	0.124	-1.452	0.1465
Lokacija	-0.2165	0.057	-3.795	0.0002
Orijentacija	-0.1923	0.057	-3.371	0.0008
Redosled	0.1909	0.133	1.432	0.1522
Vrsta stimulusa x Lokacija	-0.0883	0.114	-0.774	0.4390
Vrsta stimulusa x Orijehtacija	0.3881	0.114	3.401	0.0007
Lokacija x Orijehtacija	-1.4764	0.114	-12.927	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Lokacija x Orijehtacija	0.3388	0.228	1.484	0.1378

PRILOG 23: Maksimalni model zajedničke analize rezultata eksperimenta 7b i eksperimenta 4

br. opservacija	AIC	BIC	LogLik	devijacija
11808	14217	14349	-7090	14181
Slučajni efekti		Varijansa	St. devijacija	
Ispitanik	0.1370	0.3701		
Stimulus	0.0543	0.0233		
Fiksni efekti				<i>p</i>
(Intercept)	0.8120	0.082	9.854	< 0.0001
Lokacija	-0.1981	0.041	-4.827	< 0.0001
Vrsta stimulusa	-0.2254	0.117	-1.921	0.0547
Orijentacija	-0.2205	0.041	-5.372	< 0.0001
Prikazivanje	-0.1845	0.123	-1.499	0.1340
Lokacija x Vrsta stimulusa	-0.0904	0.082	-1.101	0.2708
Lokacija x Orijehtacija	-1.0690	0.082	-13.023	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Orijehtacija	0.4127	0.082	5.028	< 0.0001
Lokacija x Prikazivanje	-0.0041	0.082	-0.495	0.6208
Vrsta stimulusa x Prikazivanje	0.0843	0.082	1.027	0.3042
Orijentacija x Prikazivanje	0.0587	0.082	0.716	0.4741
Lokacija x Vrsta stimulusa x Orijehtacija	0.2383	0.164	1.452	0.1466
Lokacija x Vrsta stimulusa x Prikazivanje	0.0075	0.164	0.046	0.9635
Lokacija x Orijehtacija x Prikazivanje	-0.8846	0.164	-5.389	< 0.0001
Vrsta stimulusa x Orijehtacija x Prikazivanje	-0.0049	0.164	-0.298	0.7654
Lokacija x Vrsta stimulusa x Orijehtacija x Prikazivanje	0.2371	0.328	0.723	0.4698