

Univerzitet u Beogradu

Filozofski fakultet

Odeljenje za psihologiju

Neurofiziološki činioci vizuelne pažnje pri opažanju oblika

Obrazloženje predloga teme doktorske disertacije

Kandidat:

Kristina Rajković

4P23/9

Mentor:

prof. dr Vasilije Gvozdenović

Beograd, 2026.

Sadržaj

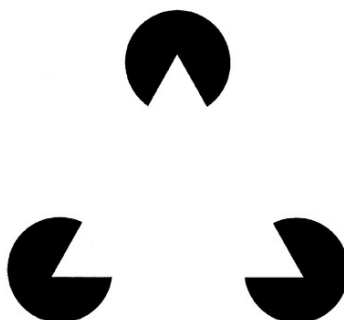
UVOD	2
Definicija konstrukta	2
Prethodna istraživanja	3
Naučna oblast, predmet i ciljevi istraživanja	5
Metode istraživanja	6
STUDIJA 1	7
Ciljevi	7
Istraživačka pitanja	7
Metodologija	7
Analiza odabranih radova	8
STUDIJA 2	8
Ciljevi	8
Istraživačka pitanja	8
Metodologija	9
Analiza odabranih radova	9
STUDIJA 3	9
Metodologija	9
Ciljevi	9
Hipoteze	10
Učesnici	10
Stimulusi i aparatura	10
Nacrt	10
Procedura	11
Analitička strategija i očekivani rezultati	12
STUDIJA 4	13
Metodologija	13
Ciljevi	13
Hipoteze	13
Učesnici	13
Stimulusi i aparatura	13
Nacrt	14
Procedura	14
Analitička strategija i očekivani rezultati	15
OČEKIVANI REZULTATI I NAUČNI DOPRINOS	16
PREDLOŽENA STRUKTURA DISERTACIJE	17
REFERENCE	18

UVOD

Definicija konstrukta

Vizuelna pažnja predstavlja sposobnost za direkciju procesa obrade informacija unutar vizuelnog polja, na način da se resursi za procesiranje mobilišu i usmeravaju na određeni deo vizuelnog materijala u odnosu na neki drugi na koji se ne usmerava pozornost, i smatra se važnom komponentom vizuelnog opažanja (Gvozdenović, 2011; Palmer, 1999). Sklonost vizuelnog sistema da interpolira informaciju koja nedostaje u fizičkoj stimulaciji i da nedovoljno jasno strukturisanu konfiguraciju stimulusa pretvori u prihvatljiv sadržaj demonstrirana je kroz fenomen iluzornih kontura (Kanizsa, 1976; Murray & Herrmann, 2013). Najpoznatiji primer predstavlja Kanicin trougao (Kanizsa, 1987), ilustrovan na Figuri 1.

Figura 1.



U psihologiji opažanja je važno razlikovati pojmove kontura, figura i oblik. Iluzorne konture se u koriste da označe ivice, odnosno granice neke figure. Pod iluzornom figurom se podrazumeva i perceptivno izdvojena površina koju te ivice formiraju. Oblik se odnosi na geometrijsku klasifikaciju percepta (npr. trougao, kvadrat) kao kasniji nivo perceptivne obrade, nakon što su interpolirane ivice i izdvojena figura od pozadine. Opažanje iluzorne konfiguracije započinje kodiranjem induktora (njihove prostorne organizacije i orijentacije) i interpolacijom nedostajućih ivica, nakon čega sledi njihova integracija u percept iluzorne figure koja se može klasifikovati kao određeni oblik (Barlasov-Ioffe & Hochstein, 2008; Gvozdenović, 2004).

Jedno od glavnih pitanja u ispitivanju ovog koncepta jeste kako vizuelni sistem opaža granice iluzorne figure uprkos fizičkom diskontinuitetu u stimulaciji. Značajan faktor u ispitivanju iluzornih kontura jeste jasnoća, koja označava jačinu interpolacije i perceptivnu istaknutost ivica iluzorne figure (Leshner, 1995). Jasnoća zavisi od svojstava stimulusa, kao što su atributi induktora (veličina induktora, broj i debljina koncentričnih linija koje čine induktor) i karakteristike površine figure (npr. zaobljeni uglovi induktora). Najčešće se meri subjektivnom

procenom na nekoj skali i uglavnom u poređenju sa standardom (Shipley & Kellman, 1992), označavajući stepen formiranja izražene, koherentne figure.

Prethodna istraživanja

Šipli i Kelman (1992) nadogradili su na prethodne nalaze o jasnoći Erenštajn kontura (Pettry et al., 1983; Siegel & Pettry, 1991), sistematski varirajući odnos veličine poluprečnika induktora i distance između njih kod Kanicinih figura. Taj odnos su izrazili preko razmere ivice definisane luminansom i ukupne dužine ivice figure, pokazujući da procenjena jasnoća linearno raste sa porastom razmere. Alternativni pristup operacionalizaciji jasnoće iluzornih kontura pružili su Lešer i Mingola (1993), koristeći modifikovane Kanicine figure čiji su pekmeni induktori bili sačinjeni od koncentričnih lukova sa nedostajućim uglom. Variranjem debljine i broja linija koje su činile induktore demonstrirali su efekat odnosa te dve varijable, tako da je opažena jasnoća pratila trend obrnute U-funkcije sa porastom razmere. Ovi nalazi ukazuju da trend procene jasnoće zavisi od načina manipulacije razmerama perceptivnih parametara induktora.

Savremena istraživanja proširila su ova saznanja ispitivanjem efikasnosti obrade iluzornih kontura različite jasnoće u zadatku vizuelne pretrage. Zupan i Gvozdenović (2024) su pokazali da je pretraga mete bila vremenski efikasnija sa porastom jasnoće kada je ona manipulirana kroz veličinu induktora. Međutim, podatak da je taj efekat pronađen i kod neiluzornih kontura sugerise da je zapravo sama veličina stimulusa facilitirala pretragu. Sa druge strane, učesnici su pravili više grešaka pri porastu veličine seta za neiluzorne nasuprot iluzornim stimulusima. Kada su varirali broj linija induktora, u većim setovima su brži odgovori davani za konture manje jasnoće, što je neočekivan nalaz, i za iluzorne u poređenju sa neiluzornim konturama. Učesnici su više grešili za manje jasne konture u odnosu na one sa većom jasnoćom, i u većim setovima nasuprot manjim. Primena metodologije praćenja očnih pokreta u ovakav nacrt, planirana u našoj Studiji 4, pomoći će u objašnjavanju složenog efekta jasnoće dobijenog u radu Zupan i Gvozdenovića (2024).

Rezultati skorijeg istraživanja, koje je uključilo praćenje pogleda pri opažanju iluzornih kontura, pokazali su da deca i odrasli duže gledaju površinu različitih vrsta iluzornih figura nego njene induktore, slično kao što su posmatrali i prave oblike (Kavšek, 2024). To sugerise da su interpolirali nedostajuće ivice između induktora i izdvojili iluzorni oblik. Druga studija je pokazala da se trend posmatranja menja u toku odrastanja – deca sa porastom godina sve manje gledaju u induktore i sve više u površinu iluzorne figure, što ukazuje na razvojni put od

lokalnog do globalnog procesiranja složenije vizuelne stimulacije (Nayar et al., 2015). Dokumentovano je i da su ispitanici najmanje vremena investirali u iluzorne ivice, što se nije menjalo sa uzrastom. Praćenje očnih pokreta u istraživanjima iluzornih kontura je češće zastupljeno u komparativnim studijama dece i odraslih, dok je rede prisutno u fundamentalnim istraživanjima sa zdravim odraslim ispitanicima.

Studije koje su koristile ERP metodologiju u ispitivanju opažanja iluzornih kontura otkrile su aktivaciju ERP komponenti od početka stimulacije do oko 500 milisekundi, od kojih su se najčešće izdvajale:

- P1 (60–130 ms, okcipitalne elektrode; Herrmann & Bosch, 2001; Naughtin et al., 2016; Pegna et al., 2002; Poscoliero & Girelli, 2018; Proverbio & Zani, 2002; Senkowski et al., 2005), povezana sa ranom vizuelnom obradom signala i fizičkim karakteristikama stimulusa,
- N1 (100–200 ms, parijetalno-okcipitalne elektrode; Herrmann et al., 1999; Murray et al., 2004; Naughtin et al., 2016; Pegna et al., 2002; Poscoliero & Girelli, 2018; Proverbio & Zani, 2002; Senkowski et al., 2005; Sugawara & Morotomi, 1991), takođe povezana sa ranim perceptivnim procesima (dobijena je veća N1 amplituda za iluzorne nego neiluzorne konture), i
- N2 (200–350 ms, parijetalno-okcipitalne regije; Naughtin et al., 2016; Poscoliero & Girelli, 2018; Proverbio & Zani, 2002; Sugawara & Morotomi, 1991), koja uključuje komponente N2pc, posteriorni N2 i Ncl, koje učestvuju u integraciji konture i pomeranju pažnje.

Neke studije su identifikovale i druge ERP komponente, kao što su P2 (Sugawara & Morotomi, 1991), N170 (Herrmann & Bosch, 2001), N300 (Korshunova, 1999) i P3 (Herrmann & Bosch, 2001; Herrmann et al., 1999; Proverbio & Zani, 2002; Sugawara & Morotomi, 1991). Detaljniji uvid u komponente od interesa će biti dobijen u sistematskom pregledu literature, koji je planiran kao Studija 1. Proverbio i Zani (2002) su koristili induktore sačinjene od koncentričnih lukova sa nedostajućim uglom, slične kao u studiji Lešera i Mingole (1993). Međutim, nisu upoređivali ERP efekte između figura sa klasičnim induktorima i induktorima sastavljenim od linija, već su oba takva oblika klasifikovali kao nivo simetričnih iluzornih kontura, nasuprot nesimetričnim. Mi ćemo eksplicitno pokušati da manipulišemo jasnoću iluzornih kontura kroz variranje broja i debljine linija koje čine induktor u Studiji 3.

Dalje, postoji studija u kojoj su ispitali Efekat Iluzorne Konture (IK-efekat; engl. *IC-effect*), negativnu ERP komponentu u prozoru 120–220 ms koja se javlja na parijetalno-okcipitalnim elektrodama (Altschuler et al., 2012). Autori su u odvojenim eksperimentima varirali tri perceptivna parametra jasnoće iluzorne konture: distancu između induktora, veličinu poluprečnika induktora i njihovu razmeru, pri čemu su u svakom od eksperimenata jedan od faktora držali konstantnim. Poređenja rezultata između eksperimenata bila su interpretativna, bez statističkih testova za proveru značajnosti razlika. Iako manipulacije razmere parametara nisu dovele do razlika u amplitudi IK-efekta, one su se odrazile na latenciju te rane ERP komponente, ukazujući na dodatno vreme potrebno za interpolaciju dužih nedostajućih ivica.

Istraživanjima u okviru disertacije težićemo da otkrijemo da li se prilikom interpolacije kontura i izdvajanja percepta iluzorne figure aktiviraju izolovani mehanizmi opažanja ili pažnje, ili oni međusobno interaguju, kreirajući hibridni model. Potvrda o ranim perceptivnim procesima bi predstavljala evociranje ERP komponenti kao što su P1 i N1, dok bi zahtevanje pažnje bilo izraženo kroz aktivaciju komponenti iz porodice N2. Takođe, jedno od glavnih pitanja jeste uloga jasnoće u modulaciji ERP signala. Kroz praćenje očnih pokreta ćemo mapirati funkcionisanje vizuelne pažnje.

Naučna oblast, predmet i ciljevi istraživanja

Tema iluzornih kontura pripada naučnoj oblasti psihologije, specifičnije opšte psihologije. Kao predmet disertacije definisali smo ispitivanje uticaja jasnoće iluzornih kontura, operacionalizovane kroz odnos relevantnih perceptivnih parametara, na formiranje percepta oblika, mereno neurofiziološkim i bihevioralnim pokazateljima. Planirali smo da istražimo konstrukt iluzornih kontura kroz dve pregledne i dve eksperimentalne studije. Ciljevi preglednih radova biće da na sistematičan način objedine postojeća istraživanja iluzornih kontura u kojima su korišćene EEG i ERP metode (Studija 1) i metoda praćenja očnih pokreta (Studija 2), sa fokusom na kritičku analizu nalaza. Ciljevi istraživačkih studija biće prikupljanje empirijskih podataka kao odgovor na manipulacije perceptivnim karakteristikama od kojih zavisi jasnoća opažene konture, uz implementaciju ERP metodologije (Studija 3), odnosno metodologije praćenja očnih pokreta (Studija 4). Kroz eksperimentalne studije ćemo testirati vremensku obradu iluzornih kontura i ulogu njihove jasnoće u modulaciji neurofizioloških pokazatelja. Glavni cilj istraživanja u okviru disertacije je integracija nalaza o iluzornim konturama dobijenih iz preglednih i empirijskih radova, radi dubljeg razumevanja mehanizama percepcije i pažnje u uslovima nedostajuće senzorne stimulacije.

Originalnost predložene disertacije i njen značaj za razvoj psihološke nauke ogledaju se pre svega u sistematičnom pristupu analizi postojeće literature i metodološkoj raznovrsnosti u empirijskom ispitivanju iluzornih kontura. Kako je pretraživanjem elektronskih baza naučnih radova utvrđeno da ne postoje sistematski pregledi literature na temu neurofizioloških pokazatelja pri opažanju iluzornih kontura, ove studije bi bile prve tog tipa. Uz to, multimodalni pristup eksperimentalnim studijama omogućava integraciju bihejvioralnih i neurofizioloških nalaza, čime se stvara stabilna osnova za dublje razumevanje mehanizama vizuelne percepcije oblika. Ovakav sveobuhvatan, metodološki bogat pristup ima potencijal da podstakne nova teorijska razmatranja i značajno doprinese razvoju naučne misli u ovoj oblasti.

Poseban doprinos predloženih studija se ogleda u povezivanju mehanizama vizuelne pažnje, perceptivne organizacije i neurofizioloških procesa. Moguća primena nalaza istraživanja obuhvata i druge oblasti, kao što su: razvojna i klinička psihologija (u proceni poremećaja pažnje i opažanja, na primer pri perceptivnim i kognitivnim deficitima koji se javljaju tokom starenja ili kod osoba sa neurološkim oštećenjima, poređenjem sa rezultatima zdravih odraslih ispitanika u našim studijama), marketing i grafički dizajn (u kreiranju oblika koji će biti najistaknutiji pri opažanju, kako bi privukao pažnju potencijalnog klijenta).

Metode istraživanja

U istraživanjima u okviru disertacije biće primenjen kombinovani metodološki pristup koji obuhvata pregledne i eksperimentalne metode. Prve dve studije zasnivaju se na metodu sistematskog pregleda literature, u skladu sa PRISMA smernicama (Page et al., 2021). Ovi pregledi će pružiti prikaz glavnih obrazaca i praznina u dosadašnjim istraživanjima, što će omogućiti formulaciju metodoloških smernica za naše eksperimentalne studije. Empirijska istraživanja biće sprovedena primenom eksperimentalne metode, uz kontrolisane manipulacije perceptivnih parametara jasnoće iluzornih kontura. U eksperimentima će se kombinovati bihejvioralne mere sa elektrofiziološkim (Studija 3) i merama očnih pokreta (Studija 4). Bihejvioralni podaci će nam dati informaciju o odgovoru ispitanika – vremenu njegovog davanja, tačnosti, neke kvalitativne informacije itd.

Primena ERP metodologije u nacrt omogućava uvid u različite faze obrade otkrivanjem temporalne dinamike moždane aktivnosti, dok će praćenje očnih pokreta doprineti interpretaciji obrazaca vizuelnog pretraživanja oblika. Pomoću obe neurofiziološke metode moći ćemo vrlo precizno da pratimo kako opažanje i vizuelna pažnja funkcionišu u realnom vremenu od samog početka prikazivanja stimulusa, otkrivajući pozadinu mehanizama koja nije

neposredno dostupna putem svesnog izveštaja ispitanika. Na taj način se obezbeđuje multimodalan pristup, koji omogućava dublje razumevanje vremenske dinamike i strategija vizuelne pažnje u percepciji iluzornih oblika, što osigurava metodološku robusnost disertacije.

STUDIJA 1

Ciljevi

Primarni cilj istraživanja jeste identifikacija ključnih ERP komponenti koje se aktiviraju prilikom opažanja iluzornih kontura, uz notiranje vremenskih intervala i kanala na kojima se javljaju, te posredstvom koje vrste zadatka. Ovakva vrsta studije će u užem smislu pomoći u oblikovanju naše empirijske studije (Studija 3), pružanjem smernica za konstrukciju eksperimentalne procedure i obradu podataka. U širem kontekstu, dobićemo opsežan pregled stanja u oblasti kroz sumiranje, analizu i sintezu postojeće literature.

Istraživačka pitanja

S obzirom na to da se radi o preglednom radu (ne testiramo klasične pretpostavke na empirijskim podacima dobijenim na uzorku ispitanika), umesto hipoteza ćemo definisati istraživačka pitanja:

IP1: Koje ERP komponente pokazuju konzistentne elektrofiziološke efekte u studijama percepcije iluzornih kontura?

IP2: U kojim vremenskim prozorima se dosledno registruju ERP komponente povezane sa opažanjem iluzornih kontura?

IP3: Na kojim topografijama kanala se u ERP studijama identifikuju promene napona asocirane sa percepcijom iluzornih kontura?

Metodologija

U radu će biti korišćen PRISMA standard za izradu sistematskog pregleda literature koji se sastoji od seta smernica za transparentno i pouzdano izveštavanje (Page et al., 2021). U pregledu će učestvovati dva nezavisna recenzenta koji će samostalno vršiti selekciju radova, uz naknadnu diskusiju radi razrešavanja nesuglasica. Planirano je da se pretraga literature izvrši kroz elektronske baze naučno-istraživačkih radova, kao što su: *PubMed*, *Web of Science*,

Google Scholar, *Scopus* i *OpenAlex*. Tragaćemo za radovima koji u naslovu, apstraktu i/ili tekstu sadrže reči: *illusory contour(s)* i/ili *illusory figure(s)*, i *EEG* i/ili *ERP*.

Nakon toga ćemo uraditi analizu sažetaka. Postavili smo nekoliko kriterijuma u ovoj fazi: (1) naslov i/ili tekst sadrže reči povezane sa iluzornim konturama i EEG i/ili ERP metodom, (2) uzorak se sastoji od zdravih odraslih ispitanika starosti 18–65 godina, (3) nacrt sadrži EEG i/ili ERP mere, (4) prikazani su originalni empirijski podaci i (5) rad je napisan na engleskom jeziku. Prvobitno je planirano da u pretragu uđu radovi koji su prošli recenziju i objavljeni su u časopisu. Međutim, ukoliko ne bude dovoljno takvih studija, uključićemo i preprinte, završne radove na fakultetu i slično, uz izuzetak radova koji nemaju dostupan kompletan tekst za čitanje (npr. saopštenja sa naučnih skupova objavljena u izvodu). Nakon iščitavanja kompletnog teksta, moguće je da će se još neki radovi izbaciti ako se utvrdi da zapravo ne ispunjavaju gorenavedene kriterijume.

Analiza odabranih radova

Glavne varijable čije ćemo vrednosti beležiti za svaki od radova su: (1) nazivi ERP komponenti koje se ispituju, (2) vremenski prozor u kojem je identifikovana amplituda ili latencija efekta, (3) kanali od interesa i (4) zadatak koji je korišćen za ERP ispitivanje. Očekujemo da će pregled pokazati da opservacija iluzornih kontura dominantno aktivira rane neuralne odgovore povezane sa percepcijom, vidljive kroz komponente P1 i N1. Moguće je registrovanje i kasnijih promena napona povezanih sa pomeranjem pažnje, poput N2pc i posteriorne N2 komponente.

STUDIJA 2

Ciljevi

Na globalnom planu, cilj ove studije se ogleda u kreiranju obuhvatnog pregleda stanja u oblasti, odgovaranjem na pitanje kako ispitanici u realnom vremenu pogledom pretražuju iluzorne konture. Na lokalnom planu, cilj je identifikacija relevantnih mera očnih pokreta pri vizuelnom pretraživanju ekrana koji sadrži iluzorne konture, kako bismo imali jasnije smernice koje od njih su korisne za analizu u našoj konkretnoj empirijskoj studiji (Studija 4).

Istraživačka pitanja

U ovoj studiji se zbog njene prirode takođe ne postavljaju hipoteze, već istraživačka pitanja:

IP1: Koje metrike očnih pokreta se najčešće koriste u ispitivanju opažanja iluzornih kontura?

IP2: Kakav je obrazac posmatranja iluzornih kontura (npr. duže trajanje fiksacija na iluzorne površine u odnosu na induktore, trend preferencije gledanja iluzornih nasuprot neiluzornim konturama)?

Metodologija

Biće korišćena ista metodologija kao u Studiji 1, prilagođena predmetu ovog pregleda. Ključne reči u pretrazi radova biće: *illusory contour(s)* i/ili *illusory figure(s)*, i *eye-tracking* i/ili *eye movement(s)*. U koraku analize sažetaka, modifikovali smo prvi i treći kriterijum, na sledeće načine: (1) naslov i/ili tekst sadrže reči povezane sa iluzornim konturama i metodom praćenja očnih pokreta, i (3) nacrt sadrži mere za ispitivanje očnih pokreta. Takođe, da bi studija bila uključena u pregled, mora da sadrži nove empirijske podatke dobijene na zdravim odraslim ispitanicima.

Analiza odabranih radova

Tokom sistematskog pregleda literature biće izdvojene mere očnih pokreta i zadatak koji je korišćen za ispitivanje iluzornih kontura. Interesuje nas da li postoje dosledne razlike u načinu posmatranja iluzornih i neiluzornih kontura, te u kojim merama se one ogledaju. Očekujemo i otkrivanje obrazaca koji govore u korist globalnom nivou procesiranja ovih oblika kod odraslih ispitanika. Pretpostavljamo da će najveći broj radova ispitivati fenomen kroz mere fiksacije – tačnije dužinu i proporciju fiksacija.

STUDIJA 3

Metodologija

Konkretna metodologija može biti modifikovana nakon detaljnog pregleda literature iz Studije 1. U nastavku ćemo predstaviti preliminarni metodološki plan.

Ciljevi

Studija je koncipirana u dva komplementarna dela: bihejvioralni deo, u kojem će biti prikupljeni podaci o subjektivnim procenama jasnoće Kanicinih figura, i ERP deo realizovan sa istim skupom stimulusa. Predmet istraživanja je neurofiziološki odgovor na varijacije u jasnoći iluzornih kontura. Postavljeni ciljevi studije su: (1) ispitati da li različiti nivoi jasnoće iluzornih kontura evociraju distinktivne ERP odgovore i (2) odrediti vremensku liniju elektrofiziološkog procesiranja iluzornih kontura.

Hipoteze

H1: Opažena jasnoća iluzornih kontura će pratiti trend obrnute U-funkcije kada je manipulirana kroz razmeru debljine i broja linija induktora (Leshner & Mingolla, 1993).

H2: Manipulacija jasnoćom iluzornih kontura dovešće do modulacije ranih vizuelnih ERP komponenti (kao što su P1, N1 i IK-efekat), dok se ne očekuje dominantna modulacija kasnijih komponenti (npr. P3), što bi podržalo tezu da interpolacija kontura pripada ranoj perceptivnoj obradi.

Istraživačko pitanje: Na koji način jasnoća iluzornih kontura određuje neurofiziološku aktivnost, izraženu kroz amplitude i latencije ERP komponenti?

Učesnici

Učesnici će biti iz studentske populacije, starosti 18–40 godina. Neophodno je da imaju normalan ili korigovan vid. Za određenje potrebne veličine uzorka subjekata biće urađena *a priori* analiza snage testa korišćenjem *G*Power* softvera (Faul et al., 2007), izvedena na osnovu konkretnih veličina efekata iz radova obuhvaćenih sistematskim pregledom (Studija 1).

Stimulusi i aparatura

Eksperimenti će biti izvedeni na računaru. Stimulusi će se prikazivati na ekranu sa rezolucijom 1920×1080 piksela i frekvencijom osvežavanja ekrana 60 Hz. Koristićemo EEG uređaj za snimanje moždanih talasa. Kao stimulusni materijal biće korišćene Kanicine figure (pekmen induktori koji kreiraju iluzornu figuru) i figure nalik Kanicinim sa induktorima rotiranim tako da ne formiraju iluzornu figuru. Biće varirane razmere debljine i broja linija koncentričnih krugova koje čine induktor.

Nacrt

U bihevioralnom delu studije ćemo manipulirati faktor razmere perceptivnih parametara, po uzoru na stimulaciju iz studije Lešera i Mingole (1993), kako bismo dobili pouzdane procene jasnoće za ERP istraživanje. U ERP studiji ćemo koristiti 2 (tip stimulusa: iluzorni i neiluzorni oblik) × 3 (jasnoća: niska, srednja i visoka – po nivoima definisanim iz bihevioralnog dela studije) ponovljeni faktorski nacrt. Ukoliko za ispitivanje izaberemo P1 komponentu, koja je osetljiva na fizičke karakteristike stimulusa kao što je boja (Luck, 2014), biće korišćene dve forme: jedna u kojoj su predstavljeni crni induktori na beloj pozadini, i druga u kojoj su beli induktori na crnoj pozadini. Dve kontrastne forme stimulacije će u tom slučaju biti

organizovane u odvojene blokove, čiji će redosled biti kontrabalansiran između ispitanika. To bi predstavljalo dodatan faktor u istraživanju, čija bi se struktura onda promenila u nacrt tipa $2 \times 3 \times 2$.

Procedura

Oba dela istraživanja će biti izvedena u fakultetskoj laboratoriji koja je opremljena računarom, EEG aparaturom i oslobođena od spoljašnjih distrakcija. Ispitanici će biti pozicionirani na približno 60 cm udaljenosti od ekrana računara, tako da centar ekrana bude u visini očiju. Od njih će se tražiti informisani pristanak za učešće u istraživanju. Tokom eksperimenata će biti omogućene pauze, kako bi se smanjio uticaj umora i osiguralo održavanje pažnje.

Učesnici će u bihejvioralnom delu istraživanja proći kroz vežbu kako bi se upoznali sa zadatkom procene jasnoće i kako bi se proverilo da li su razumeli eksperimentalno uputstvo. Pojedinačno izlaganje će imati sledeći tok događaja: (1) fiksacija, (2) ekran sa po jednom figurom, (3) odgovor i (4) interval između izlaganja. Njihov zadatak će se sastojati od odgovora da li vide iluzornu figuru, i ako je odgovor pozitivan, da procene njenu jasnoću na skali (npr. u rasponu od -3 do $+3$) u odnosu na standard prikazan u instrukciji. Ako je odgovor negativan, ne traži se subjektivna procena već se prelazi na sledeće izlaganje. Kako bismo osigurali pouzdane procene, svaka kreirana figura će se javljati po nekoliko puta i biće randomizovano prezentovane u toku eksperimenta. Na ovaj način omogućavamo da ERP signal u glavnoj studiji bude oslobođen od motoričke pripreme za davanje odgovora, koja bi mogla promeniti ERP signal i modifikovati rane i srednje komponente koje želimo da ispitamo.

Drugi deo istraživanja predstavlja ERP studiju sa istim stimulusima, podeljenim po nivoima jasnoće. Učesnicima će biti predočena instrukcija u kojoj će biti objašnjen fenomen iluzornih kontura sa primerom klasičnog Kanicinog trougla. Biće urađena provera impedansi (adekvatno je da budu niže od $5 \text{ k}\Omega$). Tigpen i saradnici (2017) predlažu da ERP studije vizuelne percepcije imaju 40–80 izlaganja po eksperimentalnoj situaciji, stoga planiramo broj izlaganja u tom opsegu. Ekran sa fiksacijom će se pojavljivati pre ključnog stimulusa i imaće varijabilno vreme trajanja (engl. *jitter*) da bismo izbegli evociranje CNV komponente, koja je povezana sa anticipacijom stimulusa (Luck, 2014). U glavnom događaju će biti prikazane pojedinačne iluzorne konture različite jasnoće, uz prethodno „standardizovane“ nivoe. Nakon toga će se kratko prikazati prazan ekran, koji predstavlja interval između izlaganja.

Kako nema klasičnog bihejvioralnog zadatka važno je održati pažnju ispitanika. Stoga, u varijabilnom režimu ćemo prikazivati manji broj izlaganja koja nisu povezana sa predmetom

istraživanja u svrhu održavanja budnosti (engl. *wake-up trials*). Tokom tih izlaganja (10–15% od ukupnog broja izlaganja) će se na centru ekrana pojavljivati strelica usmerena ulevo ili udesno. Zadatak će biti da se odredi smer koji pokazuje strelica, pritiskom na odgovarajući taster. Ova izlaganja neće biti uključena u ERP analizu, već će njihova tačnost biti analizirana odvojeno, kao kontrolna mera održavanja pažnje. Takođe, ako izaberemo ovaj način ispitivanja u ERP studiji, na kraju eksperimenta ćemo od učesnika tražiti odgovor da li su videli iluzorne konture.

Alternativno, ERP studija može biti urađena sa bihevioralnim odgovorom o proceni jasnoće figure, uz uvođenje odloženog odgovora kako bi se smanjio uticaj anticipacije. Na ovaj način bismo mogli direktno da povežemo procene jasnoće kontura i ERP signal u trenutku kada ih procenjuju, ali ostaje rizik „kontaminacije“ perceptivnih ERP komponenti motoričkom pripremom. Konačna odluka će biti donesena posle izrade sistematskog pregleda (Studija 1), nakon uvida u najčešće načine rešavanja ovog metodološkog problema.

Analitička strategija i očekivani rezultati

Planirano je da prvobitna obrada sirovog EEG signala bude obrađena u odgovarajućem programu (npr. *EEGLAB*), te da obrada neurofizioloških i bihevioralnih podataka bude izvedena u programu *JASP*. Pored deskriptivnih pokazatelja, planirano je predstaviti rezultate analize varijanse, te eventualnih *post hoc* testova. Od bihevioralnih mera biće korišćena subjektivna procena jasnoće na skali. Na osnovu postavljene hipoteze, očekujemo da će procene jasnoće dostići maksimum na srednjim vrednostima razmere broja i debljine koncentričnih linija koje čine induktor iluzorne figure (Leshner & Mingolla, 1993).

Preliminarni plan pripreme sirovih EEG podataka za obradu uključuje: filtriranje signala, tehnike za korekciju i/ili izbacivanje artefakata, interpolaciju nedostajućih kanala, re-referenciranje, segmentaciju signala na epohe, korekciju bazne linije i uprosečavanje epoha kako bi se dobio ERP talas. Detaljan protokol analize EEG signala i izbor relevantnih ERP komponenti, njihovih vremenskih prozora i kanala od interesa biće utvrđeni nakon sistematskog pregleda (Studija 1) i pre obrade podataka, što je u skladu sa principima dobre prakse ERP studija (Luck & Gaspelin, 2017; Styles et al., 2021).

Od ERP mera ćemo koristiti amplitude, latencije i ERP talas razlike za analizu amplituda i/ili latencija između eksperimentalnih nivoa. Talasi razlike biće formirani sa ciljem poređenja neurofizioloških korelata za iluzorne konture različite jasnoće. Koristićemo odgovarajuće statističke testove, kao što je analiza varijanse za ispitivanje ERP efekata. Na osnovu osnovnog

pregleda literature očekujemo evociranje ranih i srednjih komponenti od početka prikazivanja iluzornih kontura do 350 milisekundi, povezanih sa percepcijom i pažnjom, kao što su komponente P1, N1, N2pc i posteriorna N2. Anticipiramo i potencijalne razlike za tri nivoa jasnoće kontura.

STUDIJA 4

Metodologija

Ciljevi

Četvrta studija u okviru disertacije će predstavljati empirijsku studiju vizuelnog pretraživanja iluzornih kontura različite jasnoće uz implementaciju metodologije praćenja očnih pokreta. Predmet istraživanja jeste proširenje bihejvioralnog okvira koji su uspostavili Zupan i Gvozdrenović (2024) uključivanjem mera očnih pokreta. Konkretni ciljevi studije su: (1) ispitati ulogu jasnoće iluzornih kontura u modulaciji šablona fiksacija u zadatku vizuelne pretrage i (2) utvrditi prostornu i vremensku dinamiku vizuelnog pretraživanja iluzornih i neiluzornih kontura.

Hipoteze

H1: Razlike u bihejvioralnoj efikasnosti u zadatku vizuelne pretrage kontura različite jasnoće izraženije su u većim setovima u odnosu na setove sa manjim brojem elemenata (Zupan & Gvozdrenović, 2024).

H2: Vreme gledanja površine iluzorne figure duže je u poređenju sa vremenom posmatranja induktora (Kavšek, 2024; Nayar et al., 2015).

Istraživačko pitanje: Kako se razlikuju šabloni opažanja iluzornih i neiluzornih kontura različite jasnoće tokom vizuelne pretrage?

Učesnici

Učesnici u Studiji 4 bi bili iz istog populacionog uzorka kao u Studiji 3. Po uzoru na studiju Zupan i Gvozdrenović (2024), bilo bi preporučljivo imati minimalno 18 ispitanika po eksperimentu. Takođe je potrebno da imaju normalan ili korigovan vid.

Stimulusi i aparatura

Eksperiment će biti izveden na računaru uz uređaj za praćenje očnih pokreta. Stimulusi će se prikazivati na ekranu sa rezolucijom 1920×1080 piksela i frekvencijom osvežavanja ekrana 60 Hz. Uputićemo ispitanike da budu što mirniji i da se minimalno pomeraju, ali ih nećemo ograničavati dodatnom opremom koja to fizički sprečava. Time ćemo osigurati udobnost subjekata i naturalističko posmatranje tokom vizuelnog istraživanja ekrana.

Kao stimulusni materijal biće korišćene Kanicine figure (pekmen induktori koji formiraju iluzornu figuru) i figure nalik Kanicinim, sa rotiranim induktorima koji ne kreiraju iluzornu figuru. Stimulacija će biti preuzeta iz navedene nedavne studije (Zupan & Gvozdenović, 2024; link: https://osf.io/qkw6f/?view_only=879eb2d2984fe89a2d10f84b0cddb1e). Jasnoća kontura biće manipulirana kroz veličinu induktora (Eksperiment 1) i broj linija koje čine induktor (Eksperiment 2). Figure u nastavku predstavljaju primere manipulacije parametrima u Eksperimentu 1 (Figura 2) i Eksperimentu 2 (Figura 3), sa iluzornim konturama u gornjem redu i neiluzornim u donjem redu, i sa porastom jasnoće sa leve na desnu stranu.

Figura 2.

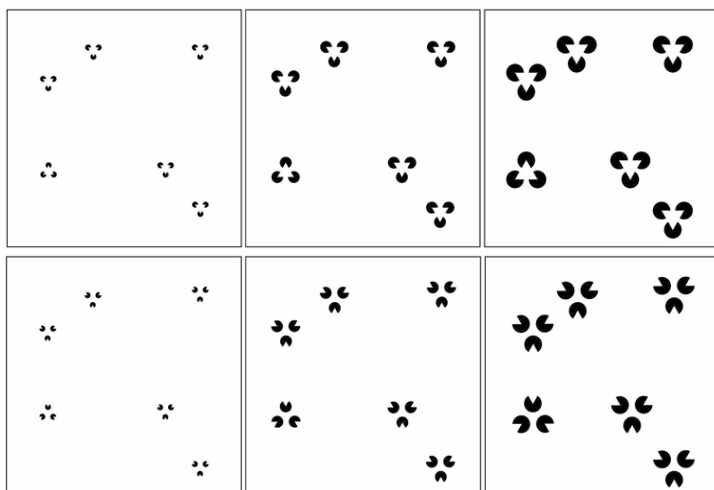
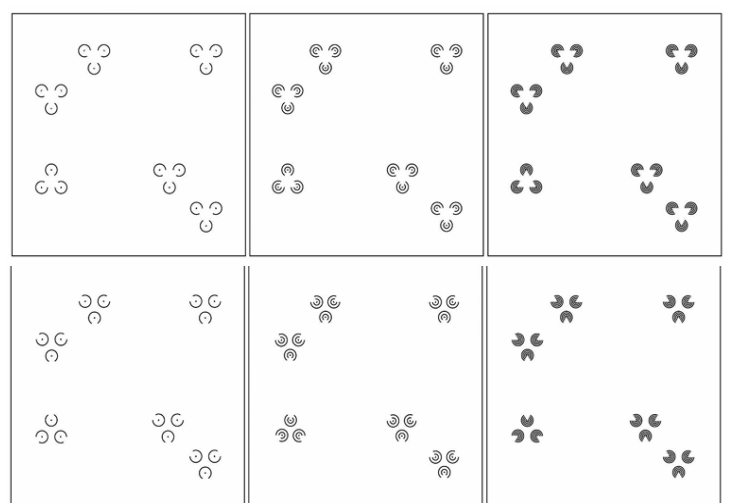


Figura 3.



Nacrt

U studiji će biti korišćen ponovljeni faktorski nacrt tipa 2 (vrsta stimulusa: iluzorni, neiluzorni) × 3 (jasnoća: niska, srednja, visoka) × 3 (veličina seta: 4, 8, 12 elemenata). Variraćemo faktor jasnoće manipulacijom dužine poluprečnika induktora (Eksperiment 1; nivoi: 0.6°, 1.2°, 1.8°) i broja linija koncentričnih lukova induktora (Eksperiment 2; nivoi: 2, 3, 5).

Procedura

Planirano je da ispitivanje bude izvedeno u fakultetskoj laboratoriji koja je opremljena računarom, aparaturom za praćenje očnih pokreta i oslobođena od spoljašnjih distrakcija.

Ispitanici će biti pozicionirani na približno 60 cm udaljenosti od ekrana računara, tako da centar ekrana bude u visini očiju. Učesnicima će biti predložena instrukcija i od njih će se tražiti informisani pristanak. Nakon postavljanja odgovarajuće opreme za praćenje pogleda biće urađena kalibracija i validacija, kako bi se utvrdilo da uređaj adekvatno prati zenice.

Ispitanici će prvo imati trening u kojem će dobijati povratnu informaciju o tačnosti, koje neće biti u samom eksperimentu. Imaće pauze u toku eksperimenta, nakon kojih će biti urađena validacija i eventualna rekalkibracija. Procedura obuhvata dva eksperimentalna bloka: sa iluzornim konturama i sa neiluzornim konturama, čiji je redosled kontrabalansiran po subjektima (Zupan & Gvozdenović, 2024). Izlaganja će biti randomizovana i svako izlaganje će imati sledeći tok događaja: interval između izlaganja (1500 ms), fiksacija (1000 ms) i set (3000 ms ili dok ispitanik da odgovor). Poslednji događaj je ključan u našem ispitivanju i predstavlja ekran koji sadrži metu (trougao okrenut na gore) i distraktore (trouglovi okrenuti na dole). Različiti ispitanici će učestvovati u dva eksperimenta sa istom procedurom, gde je razlika u operacionalizaciji perceptivnih parametara kontura. Zadatak ispitanika će u oba eksperimenta biti da pritiskom na odgovarajuće dugme odgovori da li se meta nalazi na levoj ili desnoj strani ekrana. U svakom bloku ćemo uključiti i manji broj izlaganja koja ne sadrže metu i samim tim ne zahtevaju odgovor, kako bi se osiguralo da učesnici pretražuju obe strane ekrana (Zupan & Watson, 2020).

Analitička strategija i očekivani rezultati

Planirano je da obrada podataka bude izvedena u statističkom programu *JASP*. Pored deskriptivnih mera, planirano je predstaviti rezultate analize varijanse za vreme reakcije i procenat grešaka, uz *post hoc* testove po potrebi. Kada su u pitanju bihejvioralni odgovori, vreme reakcije će biti analizirano u izlaganjima u kojima je dat tačan odgovor. Pogrešni odgovori i odgovori dati nakon isteka 3000 ms biće klasifikovani kao greške. Očekujemo replikaciju bihejvioralnih rezultata iz studije Zupan i Gvozdenović (2024) kroz potvrdu prve hipoteze: veća izraženost efekta jasnoće u većim setovima u odnosu na setove sa manjim brojem elemenata.

Preliminarni protokol analize pogleda obuhvata mapiranje fiksacija i šablona posmatranja kontura kroz: (1) latenciju prve fiksacije u zoni od interesa (engl. *ROI = region of interest*), radi ispitivanja da li se vreme prvog usmeravanja pogleda na metu razlikuje između nivoa jasnoće; (2) ukupnu dužinu fiksacija, za poređenje kumulativnog vremena gledanja iluzornih nasuprot neiluzornim konturama; (3) broj fiksacija u *ROI*, kao indikator broja distraktora koje ispitanici

fiksiraju pogledom pre pronalaženja mete u različitim manipulacijama jasnoće; i (4) dijagram pogleda (engl. *scan path*), radi uvida u tok i redosled vizuelne pretrage. Planirana je korelacija bihevioralnih mera i mera očnih pokreta.

Očekujemo afirmaciju druge hipoteze o globalnom nasuprot lokalnom procesiranju iluzornih kontura (Kavšek, 2024; Nayar et al., 2015), pre svega kroz obrasce fiksacija i dijagram pogleda. S obzirom na ograničen broj ovakvih istraživanja kod zdravih odraslih ispitanika, ostale analize biće eksplorativne, odgovaranjem na pitanja: (1) da li se mete veće jasnoće fiksiraju ranije, (2) da li se pri nižoj jasnoći fiksira veći broj distraktora i (3) da li se vizuelna pretraga razlikuje između iluzornih i neiluzornih kontura. Analiza vremena reakcije u odnosu na veličinu seta omogućiće procenu o tome da li se ekran pretražuje serijalno ili paralelno, što se može još preciznije tumačiti uz dijagram pogleda. Mere fiksacije reflektuju brzinu privlačenja pažnje, dužinu trajanja obrade i napor potreban za izvršavanje zadatka. Dijagram pogleda omogućava holistički uvid u dinamiku vizuelne pretrage.

OČEKIVANI REZULTATI I NAUČNI DOPRINOS

Istraživanjima u okviru disertacije težićemo da odgovorimo na pitanje kako vizuelni sistem čoveka organizuje i opaža oblik kada figura ima nedostajuće fizičke ivice, sagledavajući predmet iluzornih kontura iz više uglova. Očekujemo da će sistematski pregledi literature pokazati da je posmatranje iluzornih kontura povezano sa ranim i srednjim ERP komponentama asociranim sa percepcijom i pažnjom (npr. P1, N1, N2) i distinktivnim obrascima vizuelnog pretraživanja (npr. duže fiksacije na površinu iluzorne figure u odnosu na induktore).

Efekte eksperimentalne manipulacije na opažanje jasnoće kontura ćemo testirati preko: (1) bihevioralnih mera, konkretno subjektivne procene jasnoće, vremena reakcije i tačnosti odgovora i (2) neurofizioloških pokazatelja, kroz ERP analizu i analizu očnih pokreta (dijagram pogleda, broj i dužina fiksacija). Anticipiramo da će varijacije u perceptivnim karakteristikama iluzornih kontura biti praćene doslednim razlikama u EEG signalu, kroz modulaciju amplituda i latencija ERP komponenti, čime će biti osvetljena temporalna dinamika perceptivnog povezivanja diskontinuiranih elemenata različite jasnoće. Takođe, očekujemo da će mere očnih pokreta otkriti detaljne obrasce vizuelne pretrage seta, pružajući uvid u strategije raspodele pažnje tokom opažanja iluzornih oblika.

Na bihevioralnom nivou predviđamo replikaciju rezultata iz studije Zupan i Gvozdrenović (2024), odnosno odsustvo izolovanog uticaja jasnoće iluzornih kontura na efikasnost vizuelnog pretraživanja. Takvi nalazi ukazuju na ograničenja korišćenja isključivo bihevioralnih mera u objašnjavanju mehanizama vizuelne pažnje u percepciji iluzornih oblika i naglašavaju značaj multimodalnog pristupa. Uključivanje metode praćenja očnih pokreta u nacrt će omogućiti precizniju interpretaciju kompleksnog odnosa faktora veličine seta i jasnoće kontura.

Očekujemo da će disertacija dati značajan doprinos oblasti psihologije, posebno kognitivne i psihologije opažanja, kroz nekoliko aspekata. Najpre, metodološki doprinos ogleda se u sprovođenju prvih sistematskih pregleda neurofizioloških studija percepcije iluzornih kontura, čime se obezbeđuje sveobuhvatan uvid u postojeća saznanja i praznine u literaturi. Dalje, integracija bihevioralnih i neurofizioloških podataka iz empirijskih studija omogućava dublje razumevanje mehanizama vizuelne pažnje i perceptivne organizacije kod opažanja iluzornih kontura. Kombinacijom bihevioralnih mera, ERP podataka i metrike očnih pokreta disertacija će ponuditi celovit uvid u vremensku dinamiku opažanja oblika u uslovima nepotpune senzorne informacije, čime će doprineti preciznijem modelovanju vizuelne percepcije i pažnje.

PREDLOŽENA STRUKTURA DISERTACIJE

UVOD – predstavlja teorijski okvir o opažanju oblika i konstrukt iluzornih kontura, opis ERP metodologije i metodologije praćenja očnih pokreta, definisanje glavnih ciljeva i predmeta istraživanja u okviru disertacije;

STUDIJA 1 i STUDIJA 2 – sadrže sistematske preglede literature na temu iluzornih kontura uz korišćenje ERP metode, odnosno metode praćenja očnih pokreta, sa istraživačkim pitanjima, opisom metodologije (PRISMA smernice, kriterijumi selekcije), rezultatima i diskusijom nalaza;

STUDIJA 3 i STUDIJA 4 – uključuju eksperimente sa hipotezama, opisom metoda (uzorak ispitanika, stimulusi, nacrt, procedura), prezentacijom i interpretacijom rezultata;

GENERALNA DISKUSIJA – sinteza rezultata iz četiri studije u okviru disertacije, integracija nalaza i preporuke za buduća istraživanja;

ZAKLJUČAK – sažetak glavnih uvida i značaj disertacije;

LITERATURA – alfabetski navedena korišćena naučna literatura po APA 7 standardima;

PRILOZI – dodatni materijal koji doprinosi razumevanju rada.

Napomena: Komisija za ocenu etičnosti istraživanja pri Odeljenju za psihologiju (Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu) dala je odobrenje za izradu istraživanja pod protokolom #2026-3.

REFERENCE

- Altschuler, T. S., Molholm, S., Russo, N. N., Snyder, A. C., Brandwein, A. B., Blanco, D., & Foxe, J. J. (2012). Early electrophysiological indices of illusory contour processing within the lateral occipital complex are virtually impervious to manipulations of illusion strength. *NeuroImage*, 59(4), 4074–4085. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.10.051>
- Barlasov-Ioffe, A., & Hochstein, S. (2008). Perceiving illusory contours: Figure detection and shape discrimination. *Journal of Vision*, 8(11), Article 14. <https://doi.org/10.1167/8.11.14>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Gvozdenović, V. (2004). *Prostorno-vremenski činioci percepcije iluzornih kontura* [Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu]. REFF Faculty of Philosophy Repository. <https://reff.f.bg.ac.rs/handle/123456789/4>
- Gvozdenović, V. (2011). *Vizuelna pažnja*. Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Herrmann, C. S., & Bosch, V. (2001). Gestalt perception modulates early visual processing. *NeuroReport*, 12(5), 901–904. <https://doi.org/10.1097/00001756-200104170-00007>
- Herrmann, C. S., Mecklinger, A., & Pfeifer, E. (1999). Gamma responses and ERPs in a visual classification task. *Clinical Neurophysiology*, 110(4), 636–642. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00002-4)
- Kanizsa, G. (1987). Quasi-Perceptual Margins in Homogeneously Stimulated Fields. In S. Petry & G. E. Meyer (Eds.), *The Perception of Illusory Contours* (1st ed., pp. 40–49). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4760-9_4

- Kanizsa, G. (1976). Subjective contours. *Scientific American*, 234(4), 48–53. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0476-48>
- Kavšek, M. (2024). Perception of illusory contours in children and adults: An eye-tracking study. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 86(7), 2490–2503. <https://doi.org/10.3758/s13414-023-02832-z>
- Korshunova, S. G. (1999). Visual evoked potentials induced by illusory outlines (Kanizsa's square). *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 29(6), 695–701. <https://doi.org/10.1007/BF02462486>
- Lesher, G. W. (1995). Illusory contours: Toward a neurally based perceptual theory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2(3), 279–321. <https://doi.org/10.3758/BF03210970>
- Lesher, G. W., & Mingolla, E. (1993). The role of edges and line-ends in illusory contour formation. *Vision Research*, 33(16), 2253–2270. [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(93\)90104-5](https://doi.org/10.1016/0042-6989(93)90104-5)
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT Press.
- Luck, S. J., & Gaspelin, N. (2017). How to get statistically significant effects in any ERP experiment (and why you shouldn't). *Psychophysiology*, 54(1), 146–157. <https://doi.org/10.1111/psyp.12639>
- Murray, M. M., Foxe, D. M., Javitt, D. C., & Foxe, J. J. (2004). Setting boundaries: brain dynamics of modal and amodal illusory shape completion in humans. *Journal of Neuroscience*, 24(31), 6898–6903. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1996-04.2004>
- Murray, M. M., & Herrmann, C. S. (2013). Illusory contours: a window onto the neurophysiology of constructing perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(9), 471–481. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.07.004>
- Naughtin, C. K., Mattingley, J. B., & Dux, P. E. (2016). Early information processing contributions to object individuation revealed by perception of illusory figures. *Journal of Neurophysiology*, 116(6), 2513–2522. <https://doi.org/10.1152/jn.00082.2016>
- Nayar, K., Franchak, J., Adolph, K., & Kiorpes, L. (2015). From local to global processing: The development of illusory contour perception. *Journal of Experimental Child Psychology*, 131, 38–55. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.11.001>

- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, Article n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Palmer, S. E. (1999). *Vision Science: Photons to Phenomenology*. The MIT Press.
- Pegna, A. J., Khateb, A., Murray, M. M., Landis, T., & Michel, C. M. (2002). Neural processing of illusory and real contours revealed by high-density ERP mapping. *NeuroReport*, 13(7), 965–968. <https://doi.org/10.1097/00001756-200205240-00013>
- Petry, S., Harbeck, A., Conway, J., & Levey, J. (1983). Stimulus determinants of brightness and distinctness of subjective contours. *Perception & Psychophysics*, 34(2), 169–174. <https://doi.org/10.3758/BF03211344>
- Poscoliero, T., & Girelli, M. (2018). Electrophysiological Modulation in an Effort to Complete Illusory Figures: Configuration, Illusory Contour and Closure Effects. *Brain Topography*, 31(2), 202–217. <https://doi.org/10.1007/s10548-017-0582-y>
- Proverbio, A. M., & Zani, A. (2002). Electrophysiological indexes of illusory contours perception in humans. *Neuropsychologia*, 40(5), 479–491. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00135-X](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00135-X)
- Senkowski, D., Röttger, S., Grimm, S., Foxe, J. J., & Herrmann, C. S. (2005). Kanizsa subjective figures capture visual spatial attention: Evidence from electrophysiological and behavioral data. *Neuropsychologia*, 43(6), 872–886. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.09.010>
- Shipley, T. F., & Kellman, P. J. (1992). Strength of visual interpolation depends on the ratio of physically specified to total edge length. *Perception & Psychophysics*, 52(1), 97–106. <https://doi.org/10.3758/BF03206762>
- Siegel, S., & Petry, S. (1991). Evidence for independent processing of subjective contour brightness and sharpness. *Perception*, 20(2), 233–241. <https://doi.org/10.1068/p200233>
- Styles, S. J., Ković, V., Ke, H., & Šoškić, A. (2021). Towards ARTEM-IS: Design guidelines for evidence-based EEG methodology reporting tools. *NeuroImage*, 245, Article 118721. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118721>

Sugawara, M., & Morotomi, T. (1991). Visual evoked potentials elicited by subjective contour figures. *Scandinavian Journal of Psychology*, 32(4), 352–357. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.1991.tb00886.x>

Thigpen, N. N., Kappenman, E. S., & Keil, A. (2017). Assessing the internal consistency of the event-related potential: An example analysis. *Psychophysiology*, 54(1), 123–138. <https://doi.org/10.1111/psyp.12629>

Zupan, Z., & Gvozdenović, V. (2024). Visual search of illusory contours: The role of illusory contour clarity. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 86(7), 2475–2489. <https://doi.org/10.3758/s13414-024-02949-9>

Zupan, Z., & Watson, D. G. (2020). Perceptual grouping constrains inhibition in time-based visual selection. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82(2), 500–517. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01892-4>