

Mirjana Pantić

Odsek za psihologiju,
Filozofski fakultet,
Univerzitet u Novom
Sadu

**Sunčica
Zdravković¹**

Odsek za psihologiju
i Laboratorija za
eksperimentalnu
psihologiju, Filozofski
fakultet, Univerzitet
u Novom Sadu;
Laboratorija za
eksperimentalnu
psihologiju, Filozofski
fakultet, Univerzitet u
Beogradu

¹ Adresa autora:
szdravko@f.bg.ac.rs.

Primljeno: 06. 05. 2015.
Primljena korekcija:
31. 08. 2015.
Prihvaćeno za štampu:
22. 09. 2015.

VIZUELNA DETEKCIJA STATIČNOG OBJEKTA MEĐU DINAMIČNIM DISTRAKTORIMA – UTICAJ TRI FAKTORA²

U ovom radu ispitivana je brzina vizuelne detekcije statičnog objekta u dinamičnom okruženju u zavisnosti od veličine skupa koji se pretražuje, tipa dinamičnosti distaktora i sinhronizovanosti njihove promene. Korišćen je eksperimentalni zadatak vizuelne pretrage u kome je meta bila jedini statični objekat među dinamičnim distraktorima. Kao stimulusi-mete upotrebljeni su matematički simboli „veće od“ ($>$) i „manje od“ ($<$), dok su distraktore predstavljale njihove rotacije za 45° . U zadacima je variran broj distraktora kojih je moglo biti 9, 18 ili 27. Na njih su primenjivana 3 različita tipa dinamičnosti i to (1) pokret – oscilacija za 45° od originalne pozicije u bilo kom smeru, (2) treptaj, u kom su distraktori kontinuirano naglo nestajali i ponovo se pojavljivali na istim pozicijama i (3) promena svetline, gde je svetlina menjana na tri nivoa. Promena distraktora mogla se odvijati sinhronizovano, na svakih 250 ms, ili nesinhronizovano, gde su se tri grupe distraktora menjale različitom frekvencom (150, 250 ili 350 ms).

Analiza vremena reakcije (RT) pokazala je da se pretraga u ovakvim uslovima odvija serijalno te da sinhronizovana promena dovodi do njenog značajnog olakšavanja, naročito u većim skupovima. Detekcija statične mete najefikasnija je kada distraktori treptaju, nešto manje efikasna kada se kreću, odnosno osciliraju i najmanje efikasna kada menjaju svetlinu.

Ključne reči: vizuelna pretraga, pokret, treptaj, promena svetline, sinhronizovanost

² Istraživanje je pomognuto projektima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: ON 179033 i III 47020.

Jedna od najčešćih aktivnosti vizuelnog sistema je pretraga okruženja za određenim objektom koji je predmet našeg interesovanja – u vožnji tražimo saobraćajni znak, prijatelja na grupnoj fotografiji, slobodno sedište u sali, knjigu na polici. Ovakvo aktivno skeniranje vizuelnog polja u potrazi za jednim objektom u mnoštvu drugih nazivamo *vizuelna pretraga*. Na koji način se ona odvija, koliko je uslovljena samim složajem stimulusa i koja je uloga svesne pažnje, samo su neka od pitanja koja zaokupljaju istraživače poslednjih decenija.

U laboratorijskim uslovima ovaj svakodnevni perceptivni proces operacionalizovan je u eksperimentalnom zadatku u kom se ispitaniku izlaže skup objekata uz instrukciju da identifikuje specifične objekte (mete) koji se po jednoj ili više karakteristika razlikuju od ostalih objekata u sceni (distraktora). Mera efikasnosti vizuelne pretrage je vreme reakcije (engl. RT – *reaction time*), definisano kao vreme proteklo od izlaganja skupa objekata do trenutka davanja odgovora, odnosno pronalaska svih meta. Koristeći nalaze do kojih su došli ovom metodologijom i oslanjajući se na saznanja iz neurofiziologije, osamdesetih godina prošlog veka Treisman i Gelade (Treisman & Gelade, 1980) formulišu svoju teoriju pažnje – teoriju integracije karakteristika (engl. FIT– *feature integration theory*).

Osnovni postulat FIT teorije je da se proces opažanja odvija u dve sukcesivne faze: prva je rano viđenje (engl. *preattentive stage*), a druga fokusirano viđenje (engl. *postattentive stage*). U prvom koraku vizuelne obrade – ranom viđenju, automatski i brzo se detektuju elementarne karakteristike stimulacije (engl. *features*) kao što su boja, orijentacija i veličina. Kada se meta od distraktora razlikuje samo po jednoj od ovih bazičnih odlika pretraga se odvija automatski, bez svesnog angažovanja pažnje i njena brzina je nezavisna od broja distraktora, iz čega se zaključuje da je u pitanju paralelni proces pretrage cele scene. U slučaju kada je meta definisana preko više elementarnih karakteristika pretpostavlja se da vizuelni sistem prelazi u drugu fazu kako bi se, uz angažovanje fokusirane pažnje, one integrisale u jedinstveni percept. Ova dva tipa pretrage se u FIT teoriji nazivaju pretraživanje osobina (engl. *feature search*) i pretraživanje konjunkcija (engl. *conjunction search*), odnosno pretraživanje pojedinih nasuprot pretrazi povezanih osobina. Budući da je u drugom slučaju pažnju potrebno usmeriti na brojne lokacije u potrazi za zatom kombinacijom osobina, vreme reakcije raste sa porastom broja distraktora te sledi da se pretraga odvija serijalno. Mada postoje i alternativna objašnjenja ovog procesa (za pregled videti Wolfe, 2003), osnovni postulati FIT teorije i dalje su dominantan model u istraživanjima vizuelne pretrage.

Dinamični stimulusi

Iz iskustva nam je poznato da promene u vizuelnom složaju koje se naglo javljaju, kao što je bljesak farova ili proletanje lopte, lako mogu na sebe skrenuti pažnju, često čak i protivno našoj volji. Ovakva osetljivost vizuelnog sistema na dinamične stimuluse opravdana je sa evolutivnog aspekta jer omogućava brzu reakciju na značajnu ili potencijalno ugrožavajuću pojavu. Brojna istraživanja po-

tvrdila su ovaj fenomen, na primer brza, paralelna pretraga meta koje se naglo pojavljuju (Yantis & Hillstrom, 1994) ili se kreću (McLeod, Driver, & Crisp, 1988).

Na osnovu navedenih nalaza možemo pretpostaviti da će zadatak vizuelne pretrage kada se u skupu nalaze i dinamični distraktori biti teži nego kada su svi elementi statični – dinamičnost će aktivirati pažnju i usmeriti je na sebe, a time je i skrenuti od zadatka.

Pashler je izveo nekoliko eksperimenata u kojima ispituje ovakve situacije, koristeći pritom različite vidove promenljivosti distraktora (Pashler, 2001). Zadatak ispitanika je bila detekcija prisustva mete – određene statične cifre u skupu od 30 slučajno raspoređenih različitih statičnih cifara crvene boje. U narednim blokovima eksperimenta zadatak je usložnjavao uvođenjem dodatnog skupa distraktora od 30 cifara zelene boje (neke su mogle imati isti numerički identitet kao meta), a koje su mogle biti statične ili dinamične, dok je meta uvek ostajala statična crvena cifra.

Poredeći prosečna vremena reakcije za skupove u kojima su zeleni distraktori „treptali” – tj. kontinuirano nestajali na 200 ms da bi se ponovo pojavili na 200 ms na istoj lokaciji (engl. *flashing*) – i skupove u kojima su svi distraktori bili statični, Pashler dolazi do neočekivanog nalaza: dinamičnost distraktora ne samo da nije otežala pretragu, nego ju je značajno olakšala u terminima vremena reakcije koje je palo sa 31.48 na 30.35 sekundi. I skupovi u kojima su distraktori nakon nestanka na 200 ms bivali zamenjeni novim ciframa na istim lokacijama takođe se olakšano pretražuju, iako je u nekim istraživanjima pokazano da pojavljivanje novih objekata dovodi do automatskog aktiviranja pažnje (Yantis & Hillstrom, 1994).

U daljim eksperimentima Pashler uvodi dva dodatna vida promene distraktora koji su uz to i asinhroni i stoga temporalno nepredvidljivi. U prvom slučaju distraktori nezavisno jedan od drugog nestaju i posle 200 ms bivaju zamenjeni drugim distraktorima (engl. *twinkling*). U drugom slučaju je uveo vid kretanja gde su se distraktori kretali napred i nazad po vrlo kratkim, individualno definisanim putanjama (engl. *shimmying*). Pashler ovde dobija manje konzistentne rezultate mada su u prvom tipu promene i dalje značajno kraća vremena reakcije u odnosu na originalne statične skupove.

Mogućnost efikasnije detekcije statične mete u dinamičnom okruženju sugerše i raniji nalaz da se nepokretna meta među pokretnim distraktorima, u nekim slučajevima, može detektovati čak i nezavisno od broja distraktora (McLeod, Driver, & Crisp, 1988). Ipak, ova detekcija je i dalje sporija nego kada se pokretna meta smesti među statične distraktore. U istom istraživanju, međutim, pretraga se pokazala izuzetno neefikasnom kada su distraktori menjali svetlinu ili se naglo pojavljivali. McLeod i saradnici (McLeod et al., 1988) nalaz objašnjavaju uvođenjem konstrukta „filter kretanja”, komponente vizuelnog sistema zadužene za reprezentaciju samo pokretnih objekata u sceni. Ovakav podsistem bi omogućio da se pažnja lako usmeri ka samo pokretnim ili ka samo statičnim objektima.

U eksperimentu koje je sproveo Theeuwes (2004) ispitanici su gotovo paralelno pretraživali skupove gde je meta bila statična, a distraktori bili rotirani za 45°, ili dodatno naglo nestajali i pojavljivali se na drugoj lokaciji. Autor nalaz

objašnjava upadljivošću mete (engl. *saliency*) odnosno automatskim aktiviranjem pažnje od strane objekta koji se najviše razlikuje od svog okruženja, što je u ovom slučaju statični objekat.

Davis i Leow (Davis & Leow, 2005) nalaze da, za razliku od pokreta, ni naglo pojavljivanje niti združena promena boje i svetline distraktora ne obezbeđuju efikasnost pretrage. Svoje nalaze vide kao potvrdu postojanja filtera kretanja, odnosno da pokret, u odnosu na ostala dinamička svojstva, ima poseban status u vizuelnom procesiranju. Promene stimulusa kakve je koristio Theeuwes (nagla promena lokacije u jednom frejmu) po njima takođe omogućavaju da se percipira prividni pokret te se upravo stoga pretraga odvija efikasno.

Pinto, Olivers i Theeuwes (Pinto, Olivers, & Theeuwes, 2006) izvode celu seriju eksperimenata sa ciljem da utvrde da li se, generalno, statični objekti mogu efikasno detektovati u dinamičnoj sredini ili je to moguće samo kada se dinamičnost ogleđa u pravom ili prividnom pokretu objekta. Koristili su iste stimuluse kao Theeuwes (2004) tj. podjednako dugačke, različito orijentisane odsečke linije. Dodatno su sprečili vremensko grupisanje distraktora (kakvo se javlja u Pashlerovim eksperimentima), onemogućili pojavu prividnog pokreta kada distraktori „trepću”, a randomizovanjem frekvencija promene obezbedili su da meta i distraktori imaju jednaku prosečnu ili trenutnu luminansu.

Rezultati koje su dobili ukazuju da se pretraga za statičnom metom podjednako efikasno odvija kada se distraktori kreću i kada „trepću”. Promena svetline pak, iako dovodi do ubrzanja pretrage u odnosu na statične distraktore, ni ovde se ne pokazuje kao vid dinamičnosti koji omogućava efikasniju pretragu.

Sinhronizovanost promene

Kada se veći broj objekata u jednoj vizuelnoj sceni menja, oni to u principu mogu činiti sinhronizovano ili nesinhronizovano. Zajedničke, sinhronizovane promene važan su činilac u procesu stvaranja vizuelnog percepta. Ovu pojavu objašnjava jedan od geštaltističkih principa grupisanja – zajednička sudbina, po kome se objekti koji se zajedno kreću percipiraju kao jedan objekat (Johansson, 1973; Uttal et al., 2000; Wertheimer, 1938).

Osim kretanja, i u drugim vidovima dinamičnosti sinhronizovanost deluje kao značajan faktor grupisanja. Istraživanje koje su sprovedli Jiang i saradnici demonstrira da objekte koji se istovremeno pojavljuju vidimo kao jedinstven objekat ili površinu (Jiang, Chun, & Marks, 2002). Slično važi i za objekte koji istovremeno i u istom smeru menjaju svetlinu (Sekuler & Bennett, 2001). Pojedina istraživanja pokazuju da čak i kada se objekti ne kreću u istom smeru, simultanost njihove promene je već sama po sebi snažan znak da se percipiraju kao koherentna grupa i izdvoje od ostalih objekata (Alais, Blake, & Lee, 1998; Lee & Blake, 1999).

Na osnovu do sada navedenog možemo zaključiti da, u zadacima vizelne pretrage statičnog objekta u dinamičnom okruženju, sinhronizovanost promene distraktora može imati značajan uticaj na efikasnost pretrage.

Uticaj tri faktora

Osnovni cilj našeg istraživanja je utvrđivanje efikasnosti vizuelne detekcije statične mete među dinamičnim distraktorima u zavisnosti od broja distraktora, sinhronizovanosti njihove promene i tri tipa dinamičnosti: pokret, „treptaj” i promena svetline. Broj radova koji se bavi baš ovom temom je relativno mali, tako da trenutno nisu jasne granice vizuelne pažnje koja omogućava detekciju uprkos masivnim promenama u vizuelnom polju. Naše istraživanje će jasnije odrediti opseg vizuelne pažnje kao i značaj svakog posebnog vida promene na brzinu vizuelne pretrage.

U našim eksperimentalnim zadacima meta se od distraktora razlikovala po dve dimenzije – orijentaciji i dinamičnosti. U skladu sa predviđanjima teorije integracije karakteristika očekuje se da će vreme reakcije biti u pozitivnoj korelaciji sa veličinom skupa distraktora. Dodatno, što još više otežava pretragu, distraktori su heterogeni po orijentaciji pa ne kontrastiraju samo meti već i jedni drugima.

Očekuje se da će sinhronizovanost promene distraktora biti korisna ispitanicima i značajno skratiti prosečno vreme pretrage u odnosu na nesinhronizovanu promenu, bez obzira na tip dinamičnosti distraktora. Do sada pomenuta istraživanja pokazala su da sinhronizovane promene stimulusa dovode do izvesnog stepena grupisanja čime se kompleksnost skupa smanjuje, što pretragu čini lakšom.

Skupovi u kojima distraktori „trepću” jedini su u kojima distraktori nisu kontinuirano prisutni pa se očekuje da će pretraga tih skupova biti značajno najbrža. Pretpostavlja se da će se i skupovi sa pokretnim distraktorima pretraživati efikasno, dok će se u skupovima gde se dinamičnost distraktora ogleda u promeni svetline pretraga pokazati veoma teškom.

Metod

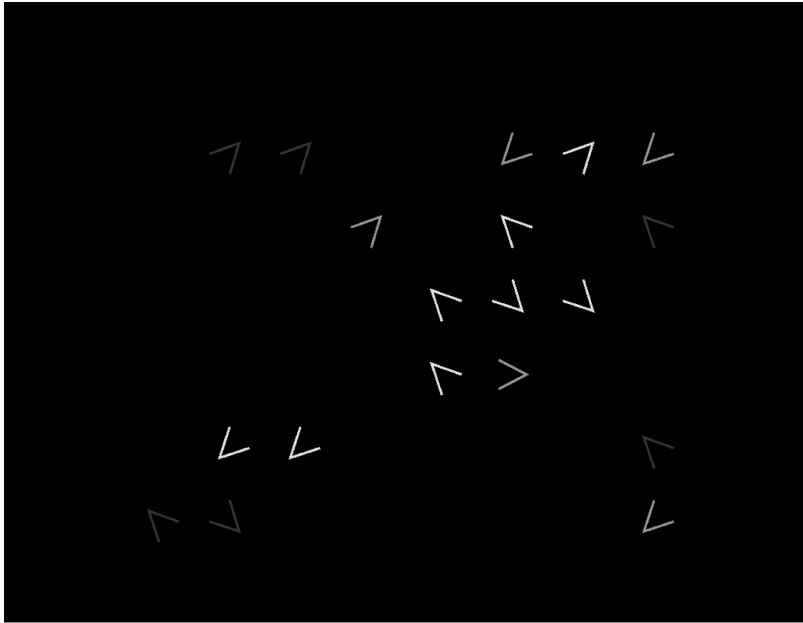
Ispitanici

U eksperimentu je učestvovalo ukupno 90 ispitanika koji su, postupkom slučajnog izbora, podeljeni u 6 grupa – po 15 u svakoj. Ispitanici su bili studenti prve godine Odseka za Psihologiju, Filozofskog fakulteta u Novom Sadu. Svi su imali normalan ili vid korigovan do normalnog. Svaki ispitanik je završio ceo eksperiment.

Stimulusi

Kao stimulusi-mete poslužili su matematički simboli „veće od“ ($>$) i „manje od“ ($<$) dok su distraktore predstavljale njihove oscilacije za 45° u odnosu na horizontalnu osu (Slika 1). Stimulusi su bili veličine 13x12 mm, svetlo sive boje

(160:0:144)³. Pozadina je bila crna (160:0:0) i sastojala se od zamišljene mreže dimenzija 8x6, u čijim su se poljima meta i distraktori raspoređivali slučajno. U svakom izlaganju postojala je samo jedna, slučajno odabrana meta.



Slika 1. Primer zadatka iz bloka Promena svetline.

Prema tri tipa dinamičnosti (treptaj, pokret ili promena svetline), izlaganje je bilo podeljeno u tri bloka, svaki sa po dva uslova (sinhronizovani i nezinhronizovani). U svakom eksperimentalnom bloku dva uslova su slučajnim redosledom primenjivana na setove od 10, 19 ili 28 objekata (odnosno 9, 18 ili 27 distraktora plus meta). Ovako postavljen eksperiment podrazumevao je ukupno 18 eksperimentalnih situacija, odnosno tipova zadataka.

U bloku Treptaj ispitanici su tražili statičnu metu među distraktorima koji su kontinuirano nestajali i ponovo se pojavljivali na istim pozicijama. U sinhronizovanom treptaj uslovu distraktori su se „uključivali“ i „isključivali“ na svakih 250 ms, s tim što je polovina distraktora bila u fazi, a druga polovina u kontrafazi. U nesinhronizovanom treptaj uslovu međutim, svaki distraktor je slučajno dobijao jednu od tri frekvencije, po kojima su se „uključivali“ i „isključivali“ na svakih 150, 250 ili 350 ms. Početna faza je takođe slučajno dodeljivana.

Kriterijum za izbor upravo ovog raspona frekvencija (150 do 350 ms, odnosno 6.67 Hz do 2.86 Hz) proizašao je iz razmatranja dve činjenice. Naime, kod visokih frekvencija postoji verovatnoća da objekat trepće toliko brzo da se frej-

³ Boje su definisane u HSL sistemu. H i S vrednosti su iste za sve stimulse korišćene u eksperimentu. Jedina razlika se javlja na parametru L. Vrednost za L kada je S nula kao u našem slučaju, specifikuje mesto boje na skali sivog.

movi u kojima je prisutan spajaju u jedinstven percept, što dovodi do toga da se registruje kao nepromenljiv, odnosno da izgubi svojstvo dinamičnosti. Sa druge strane, upotrebom vrlo niskih frekvencija otvara se mogućnost da se objekat u svojoj „uključen“ fazi zadrži toliko dugo da ispitanik već počne donositi odluku – čime ponovo postaje perцепiran kao statičan. U ovom smislu odabrani raspon je optimalan. Konačno, odabrane razlike od 100 ms među izabranim frekvencijama korespondiraju sa ranijim nalazima iz oblasti psihofizike (Mandler, 1984), koji govore da su posmatrači u stanju da registruju razlike u frekvenciji od 0.1Hz u okviru ovde korišćenog raspona.

U bloku Pokret ispitanici su tražili statičnu metu među distraktorima koji su kontinuirano oscilirali za 45° od svoje originalne pozicije, time dolazili u položaj u kom izgledaju kao jedna od meta, a zatim ponovo menjali poziciju za 45° u bilo kom smeru. U sinhronizovanom pokret uslovu distraktori su oscilirali svakih 250 ms, dok su u nesinhronizovanom pokret uslovu postojale iste grupe frekvencija koje su prethodno opisane (150, 250 i 350 ms) stvarajući tri grupe distraktora koji su se kretali različitim frekvencijama.

Konačno, u bloku Promena svetline zadatak ispitanika je bio da pronađu statičnu metu među distraktorima koji su menjali svetlinu ali nisu potpuno nestajali (Slika 1). Svakom distraktoru je slučajno dodeljivana svetlina, jedna od tri vrednosti na skali sivog: tamno siva (160:0:48), svetlo siva (160:0:144) i bela (160:0:216). Mete su pritom zadržavale svoju svetlinu (160:0:144). U uslovima sinhronizovane promene distraktori su menjali svetlinu svakih 250 ms, dok su uslovima nesinhronizovane promene svetlinu menjali svakih 150, 250 ili 350 ms pri čemu je svaki distraktor slučajno dobijao jednu od ove tri frekvencije.

Nacrt

Eksperiment je imao trofaktorski nacrt. Prvi faktor bio je tip dinamičnosti, sa tri nivoa: pokret, treptaj i promena svetline. Drugi faktor bio je sinhronizovanost promene sa dva nivoa: sinhronizovana i nesinhronizovana promena. Konačno, treći faktor predstavljao je veličinu skupa, odnosno broj distraktora: mali, srednji i veliki skup (sa 9, 18 i 27 distraktora, respektivno). Vreme reakcije, mereno u milisekundama, predstavljalo je zavisnu varijablu.

Procedura

Ispitanici su sedeli na 70 cm od monitora, držeći prste na X i M tasterima koji su služili za davanje odgovora. Na monitoru bi pročitali kratko uputstvo koje je objašnjavalo zadatak i način odgovaranja, upućujući ih takođe da odgovore daju što je brže moguće i sa što manje grešaka.

Eksperiment je bio podeljen na tri bloka: Pokret (P), Treptaj (T) i Promena svetline (S). Redosled blokova u eksperimentu je kontrabalansiran među ispitanicima tako što je svaki od 6 mogućih redosleda radila po jedna grupa slučajno izabраних ispitanika.

Na početku svakog bloka ispitanici su dobijali uputstvo koji tip dinamičnosti sledi i prolazili kroz kratku vežbu koja se sastojala od 6 zadataka (po jedan od svakog tipa). Zadaci su prezentovani slučajnim redosledom, i predstavljali su sve moguće kombinacije tipa dinamičnosti karakterističnog za dati blok, sa svim nivoima druga dva faktora: sinhronizovanost i veličina skupa. Za blok Pokret, na primer, zadaci su bili sledeći: pokret–sinhronizovan–mali skup, pokret–sinhronizovan–srednji skup, pokret–sinhronizovan–veliki skup, pokret–nesinhronizovan–mali skup, pokret–nesinhronizovan–srednji skup, pokret–nesinhronizovan–veliki skup.

Eksperimentalni deo svakog bloka imao je 60 izlaganja, po 10 ponavljanja svakog tipa zadatka (kakvi su već davani u vežbi), prezentovanih slučajnim redosledom.

Zadatak ispitanika je bio da pritiskom na odgovarajući taster odgovori koja od dve mete je prisutna. Odgovori su davani tako što je pritisak na taster X na tastaturi označavao da je meta usmerena ka levo (<), a pritisak na taster M da je meta usmerena ka desno (>). Vreme reakcije mereno je od početka izlaganja stimulusa do trenutka davanja odgovora. Pritisak na tastere za odgovaranje automatski je pokretao izlaganje sledeće situacije.

Eksperiment je izvođen individualno, a ispitanicima je bilo potrebno oko 12 minuta da ga završe. Softver za ovaj eksperiment, napisan u programskom jeziku Java, prikazivao je stimuluse, beležio tačnost odgovora i vremena reakcije ispitanika.

Rezultati

U prvom koraku, pre same obrade rezultata, iz sirovih podataka su isključene vrednosti dobijene na zadacima za vežbu. U narednom koraku analiza distribucije ukazala je na jedan mali broj ekstremnih vrednosti tj. veoma dugih vremena reakcije, većih od 2.5 standardne devijacije. Uobičajeno za ovu vrstu istraživanja, one su takođe uklonjene iz dalje analize. Situacije gde su ispitanici dali pogrešne odgovore takođe nisu uzete u obzir, što je dovelo do gubitka od 3.41% sirovih podataka. Kako su greške bile ravnomerno raspoređene po svim situacijama, nije bila potrebna nikakva dalja intervencija. Konačna analiza obuhvatila je srednja vremena reakcija ispitanika za tačne odgovore.

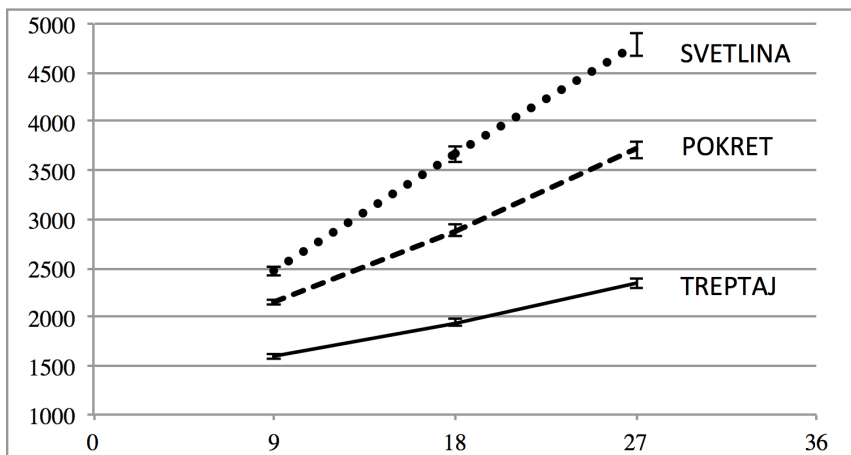
Analiza varijanse za ponovljena merenja sa tipom dinamičnosti, sinhronizovanosti promene i veličinom skupa kao faktorima, pokazuje statistički značajan uticaj svih odabranih nezavisnih varijabli kao i njihovih dvostrukih interakcija na prosečno vreme reakcije ispitanika u eksperimentu (Tabela 1).

Tabela 1

Rezultati analize varijanse za ponovljena merenja

| Faktor | df1 | df2 | F | p |
|---|-----|-----|--------|-------|
| Dinamičnost | 2 | 178 | 300.15 | .0001 |
| Sinhronizovanost | 1 | 89 | 136.18 | .0001 |
| Veličina | 2 | 178 | 468.06 | .0001 |
| Dinamičnost × sinhronizovanost | 2 | 178 | 23.83 | .0001 |
| Dinamičnost × veličina | 4 | 356 | 65.73 | .0001 |
| Sinhronizovanost × veličina | 2 | 178 | 29.17 | .0001 |
| Dinamičnost × sinhronizovanost × veličina | 4 | 356 | 2.41 | .0489 |

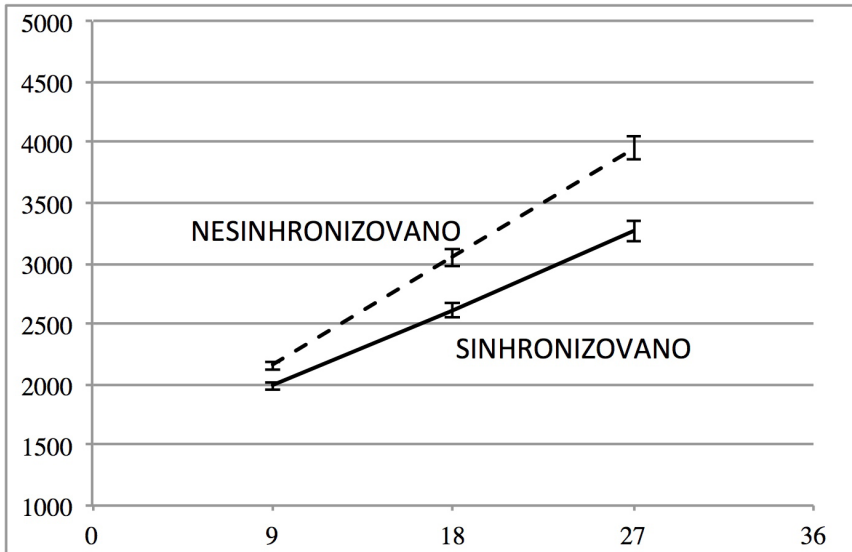
Analiza je pokazala da su sve dvofaktorske interakcije statistički značajne. Prva koju ćemo posmatrati je interakcija faktora dinamičnosti i veličina skupa. Na osnovu dobijenih podataka možemo zaključiti da porast veličine skupa najmanje utiče na efikasnost pretrage kada distraktori trepću (RT raste za 41 ms sa svakim novim distraktorom), značajno više kada se kreću (86.5 ms po distraktoru) i najviše kada menjaju svetlinu (128.4 ms po distraktoru). Grafički prikaz rezultata nalazi sa na Grafikonu 1.



Grafikon 1. Interakcija faktora tip dinamičnosti i veličina skupa.

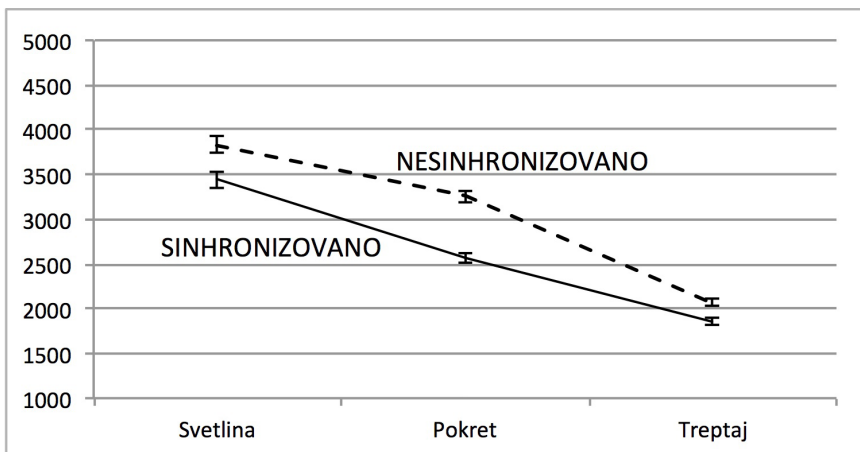
Demonstrirana je i statistički značajna dvofaktorska interakcija za faktore sinhronizovanost promene i veličina skupa. Uticaj faktora sinhronizovanost raste sa porastom elemenata skupa koji se pretražuje (Grafikon 2). Konkretno, za mali skup sinhronizovanost promene donosi poboljšanje u efikasnosti za 163 ms

u odnosu na nesinhronizovanu promenu (18 ms po distraktoru), za srednji skup vreme reakcije je kraće za 23.9 ms po distraktoru, dok u velikom skupu ispitanici odgovaraju 25.4 ms brže po distraktoru.



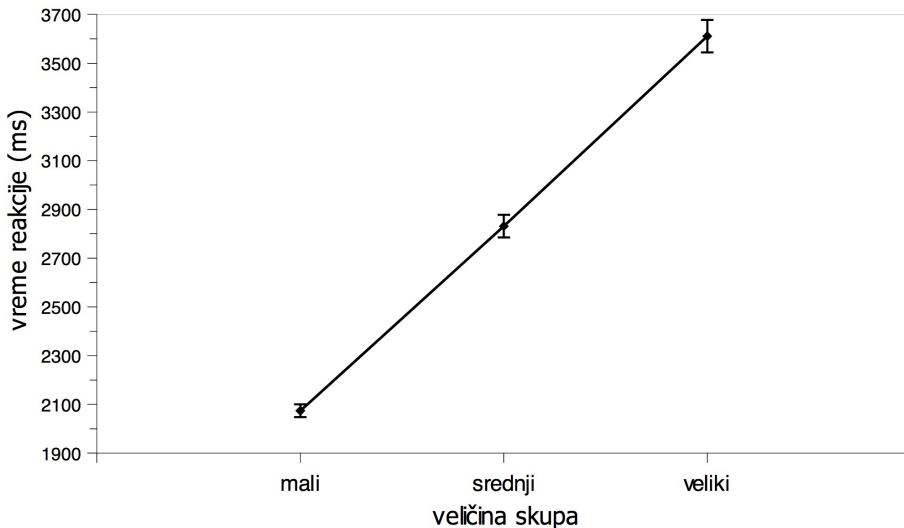
Grafikon 2. Interakcija faktora sinhronizovanost promene i veličina skupa.

Konačno, pronađena je i značajna interakcija faktora dinamičnosti i sinhronizovanost promene. Za treptaj nivo prvog faktora sinhronizovana promena u odnosu na nesinhronizovanu sakraćuje prosečno vreme reakcije ispitanika za 207 ms ($RT_{\text{treptaj-nesinhr}} - RT_{\text{treptaj-sinhr}}$), za nivo promena svetline sakraćenje je 387 ms, dok se najveća interakcija uočava na pokret nivou prvog faktora i u terminima RT iznosi 684 ms (Grafikon 3).



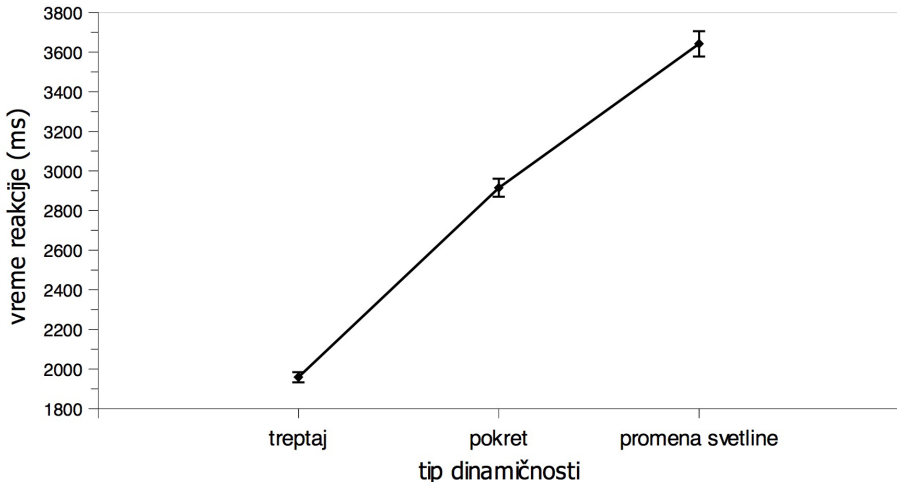
Grafikon 3. Interakcija faktora tip dinamičnosti i sinhronizovanost promene.

Iz Tabele 1 vidimo da je pronađen i značajan efekat faktora veličina skupa, gde su vremena reakcije rasla sa porastom veličine skupa koji je bilo potrebno pretražiti. Za mali skup (9 distraktora) ispitanicima je bilo potrebno u proseku $RT_{\text{mali}} = 2070\text{ms}$, za srednji skup (18 distraktora) $RT_{\text{srednji}} = 2830\text{ms}$, i za veliki skup (27 distraktora) $RT_{\text{veliki}} = 3610\text{ms}$ (Grafikon 4).



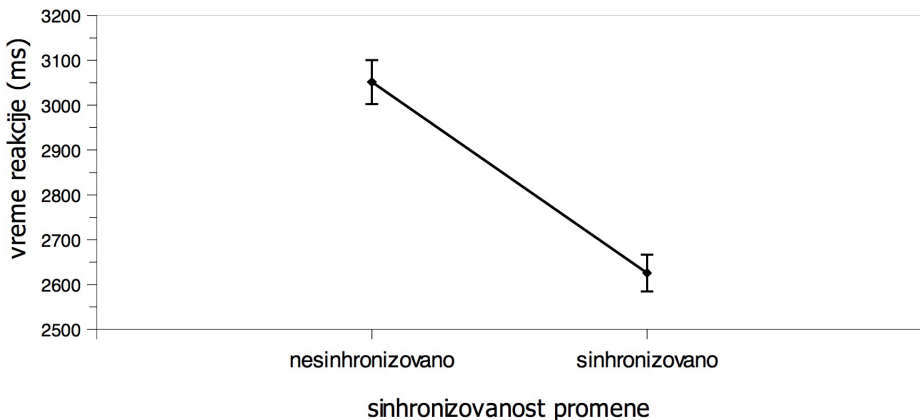
Grafikon 4. Efekat faktora veličina skupa.

Faktor tip dinamičnosti pokazao se značajnim $F(2, 178) = 300.15, p < .0001$, tako da su vremena reakcije u zadacima sa treptajem najkraća $RT_{\text{treptaj}} = 1960\text{ms}$, u zadacima sa pokretom srednja $RT_{\text{pokret}} = 2920\text{ms}$, i najduža u zadacima sa promenom svetline distraktora $RT_{\text{svetlina}} = 3640\text{ms}$ (Grafikon 5). Drugim rečima, ispitanicima je bilo potrebno najmanje vremena da pronađu statičnu metu među distraktorima koji su treptali, više vremena kada su se distraktori kretali, dok se pretraga pokazala najtežom kada su distraktori menjali svetlinu.



Grafikon 5. Efekat faktora tip dinamičnosti.

Treći ispitivani faktor, sinhronizovanost promene, takođe je statistički značajan $F(1, 89) = 136.18, p < .0001$. Iz Grafikona 6 može se primetiti da su ispitanici bili značajno efikasniji u detekovanju statične mete kada su se distraktori menjali sinhronizovano ($RT_{\text{sinhro}} = 2630$ ms) nego u slučaju kada su se menjali različitim frekvencijama ($RT_{\text{nesinhro}} = 3050$ ms).



Grafikon 6. Efekat faktora sinhronizovanost promene.

Diskusija

Ovo istraživanje bavilo se detekcijom statične mete u različitim uslovima dinamičnih okruženja. Pretpostavljeno je da će se pretraga u svim uslovima odvijati

serijalno, pri čemu će relativna efikasnost zavisiti od vida dinamičnosti koji je primenjen na distraktore ali da će uvek biti veća kada se promene odvijaju sinhronizovano.

Veličina skupa

Dobijeni rezultati pokazuju da sa porastom veličine skupa koji je potrebno pretražiti raste i prosečno vreme reakcije ispitanika (Grafikon 4), čime je potvrđena pretpostavka o serijalnoj pretrazi. S obzirom na to da se u sprovedenom eksperimentu meta od distraktora razlikuje po dve dimenzije – orijentaciji i dinamičnosti – ovakav nalaz nije iznenađujući i u skladu je sa predikcijom FIT teorije o pretrazi združenih karakteristika.

U ranije pomenutom istraživanju Theeuwes (2004) je dobio rezultate koji ukazuju na veoma efikasnu, nekada i paralelnu pretragu statične mete u dinamičnom okruženju. Ovo neslaganje se delom može objasniti drugačijom metodologijom – u njegovim zadacima promena se odvijala jednokratno (u jednom frejmu), nakon dužeg početnog izlaganja statičnog skupa, dok je ovde trajala kontinuirano, od početka izlaganja sve do trenutka davanja odgovora. Na taj način pažnja je mogla biti višekratno automatski aktivirana i time skrenuta sa primarnog zadatka. Još jedna okolnost koja je verovatno uticala na ovakvu diskrepancu je i sam izbor oblika stimulusa, koji su u ovom istraživanju vizuelno kompleksniji. Na kraju, u ovom radu pretraga je dodatno otežana heterogenošću distraktora unutar dimenzije orijentacija – u svom osnovnom obliku predstavljali su oscilaciju mete za 45° u odnosu na horizontalnu osu pa su tako mogli imati četiri različite orijentacije. Prema teoriji sličnosti koju su predložili Duncan i Humphreys (Duncan & Humphreys, 1989) smanjenje međusobne sličnosti distraktora pretragu čini težom.

Tip dinamičnosti

Rezultati pokazuju da se brzina pretrage, ogledana u prosečnom vremenu reakcija ispitanika, značajno razlikuje u zavisnosti od toga koji tip dinamičnosti je u zadatku primenjen (Grafikon 5). Analiza podataka pokazala je i značajan efekat interakcije faktora tip dinamičnost i veličina skupa (Grafikon 1).

Kao što je i pretpostavljeno, pretraga skupova u kojima distraktori „trepću“ pokazala se kao najbrža, ali i najotpornija na porast veličine skupa, što možemo zaključiti na osnovu stepena nagiba krive u Grafikonu 1. Nasuprot tome, skupovi u kojima distraktori menjaju svetlinu pretražuju se najsporije i dodavanje novog distraktora produžava vreme reakcije u proseku za dodatnih 128 ms, što je oko tri puta više nego kada distraktori „trepću“ (41 ms). Drugim rečima, njihova pretraga je najmanje efikasna. Skupovi sačinjeni od pokretnih distraktora dali su prosečna vremena reakcije između ovih vrednosti i pokazali delimičnu otpornost na rast broja elemenata skupa (86 ms po distraktoru), odnosno osrednju efikasnost pretrage.

Dobijeni rezultati u skladu su sa zaključkom koji izvodi Pashler, da „upravo odlike za koje se često pretpostavlja da automatski aktiviraju pažnju ubrzavaju isključivanje (distraktora iz pretrage) dodajući redundantnu karakteristiku koja potpomaže diferencijaciju relevantnih i irelevantnih stimulusa” (Pashler, 2001, str. 90–91). Jedan od načina na koji možemo, vrlo grubo, porediti ovde ispitivane oblike dinamičnosti je po intenzitetu promene stimulusa – treptaj podrazumeva najdrastičniju promenu objekta (ekstremnu promenu svetline) čineći ga diskontinuiranim, pokret u ovom slučaju podrazumeva kontinuitet uz promenu orijentacije, dok se promena svetline može posmatrati kao diskretna promena „vidljivosti” tj. kontrasta u odnosu na pozadinu uz očuvan kontinuitet postojanja objekta u vizuelnoj sceni. Intenzivnije promene lakše aktiviraju pažnju pa se vizuelna scena brže segmentira na dinamični i statični deo. To dalje omogućava da se svi dinamični distraktori, sada kao grupa, zajedno ignorišu što dovodi do ubrzanja pretrage. Moguće je da u osnovi ovakve segmentacije po dinamičnosti leži fiziološka organizacija sistema za procesiranje vizuelnih informacija – temporalne (dinamične) i stabilne (statične) fizičke karakteristike stimulacije najvećim delom se prenose paralelnim i nezavisnim vizuelnim putevima (magnocelularni i parvocelularni put) i različitom brzinom (McLeod, Driver, Dienes, & Crisp, 1991; Pinto, Olivers, & Theeuwes, 2006).

Istraživanje najsličnije ovde prikazanom, sprovedli su Pinto i saradnici (Pinto, Olivers, & Theeuwes, 2006) i u njemu dobili sličan obrazac efekata – efikasnu pretragu za „treptaj” i pokret (gotovo preklapajuće krive) i neefikasnu za promenu svetline distraktora. U ovom eksperimentu pokazalo se međutim, da „trepćući” distraktori dovode čak i do značajno efikasnije pretrage u odnosu na pokretne, čime je uverljivije odbačena tvrdnja Davisa i Leowa (Davis & Leow, 2005) da pokret ima specijalan status među dinamičkim svojstvima te da jedini omogućava efikasnu pretragu.

Za razliku od ovde sprovedenog eksperimenta, jedan od njihovih je imao kontrolnu situaciju u kojoj su svi elementi skupa bili statični, pa se moglo videti da i promena svetline, iako manje nego druga dva pominjana tipa dinamičnosti, ispitanicima ipak donosi značajnu uštedu u vremenu reakcije u odnosu na statičan skup. Ovakav nalaz mogao bi se razumeti u okvirima prethodnog razmatranja o „snazi” signala promene – treptaj predstavlja ekstremnu, a promena svetline diskretnu promenu kontrasta u odnosu na pozadinu, pa otuda dovode do nejednako snažne segmentacije reprezentacije na statični i dinamični deo. Ostaje međutim otvoren problem adekvatnog načina da se po intenzitetu poredi kvalitativno različiti tipovi dinamičnosti.

Sinhronizovanost promene

Rezultati pokazuju značajan uticaj faktora sinhronizovanost na efikasnost pretrage – skupovi u kojima se promena odvijala sinhronizovano pretražuju se brže u odnosu na nesinhronizovane (Grafikon 6), čime je početna pretpostavka potvrđena. Dalje, dobijeni su statistički značajni efekti interakcije faktora sinhro-

nizovanost i tip dinamičnosti kao i interakcije faktora sinhronizovanost i veličina skupa (Grafikoni 2 i 3).

Nakon bližeg razmatranja stepena nagiba funkcija možemo primetiti da (1) sa porastom veličine skupa, sinhronizovanost generalno donosi sve veće uštede u vremenu reakcije (2) treptaj je najmanje, a pokret najviše osetljiv na sinhronizovanost promene. Prvi uvid je u skladu sa već pomenutim nalazima – sinhronizovana dinamičnost stimulusa, bilo da je u pitanju treptaj, pokret ili promena svetline, čini da se oni u izvesnom stepenu percepiraju kao koherentna grupa (povezani su „zajedničkom sudbinom”) i izdvajaju od ostalih pozadinskih stimulusa, a to je u ovde primenjenom zadatku meta. Povećanje broja distraktora neizbežno dovodi do veće gustine elemenata u izlaganju pa se tako povećava verovatnoća da se opaze kao jedinstvena dinamična površina u kojoj će se meta kao diskontinuitet lakše istaći. Drugi nalaz je intrigantniji s obzirom da ukazuje na bitno drugačiji uticaj sinhronizovanosti na trepćuće stimulse. Moguće objašnjenje je da objekti okarakterisani ovako snažnom promenom ne ostavljaju mnogo prostora sinhronizovanosti da pokaže svoje dejstvo. Ovde se možemo ponovo osvrnuti na istraživanja koje su sprovedeli Pinto, Olivers i Theeuwes (Pinto, Olivers, & Theeuwes, 2006), u kome je pretraga trepćućih distraktora obavljena vrlo efikasno bez obzira na sinhronizovanost, a u najvećem skupu čak i brže kada su distraktori treptali asinhrono. U ovde prikazanom eksperimentu dobijen je suprotan nalaz, ali i značajna relativna otpornost trepćućih distaktora na sinhronost promene. Imajući u vidu veliku razliku u broju izlaganja zadataka (60 kod nas nasuprot 810 u njihovom eksperimentu) moguće je, da bi uz intenzivnu vežbu, ispitanici davali sličnija vremena reakcije u sinhronim i nesinhronim izlaganjima. U prilog tome govori nalaz Founda i Müllera (Found & Müller, 1996) da se efikasnost pretrage pokretne mete u statičnom okruženju i efikasnost pretrage statične mete u pokretnom okruženju mogu izjednačiti vežbom.

Zaključak

Rezimirajući rezultate sprovedenog eksperimenta, može se konstatovati da na efikasnost posmatrača u detektovanju statične mete u dinamičnom okruženju utiču sva tri ispitivana faktora. Povećanje broja elemenata skupa dovodi do produženja vremena reakcije. Najbrže se pretražuju skupovi u kojima distraktori kontinuirano nestaju i ponovo se pojavljuju na istoj lokaciji (trepću), zatim skupovi u kojima se distraktori kreću (rotiraju oko horizontalne ose za 45°), dok je pretraga najsporija kada distraktori menjaju svetlinu. Sinhronizovanost promene distraktora deluje kao grupišući faktor i generalno dovodi do olakšane pretrage, pri čemu je taj efekat izraženiji što je skup veći.

Nalaz da je pretraga u situaciji kada distraktori trepću brža nego kada se kreću, ali i najotpornija na uticaj veličine skupa, potvrđuje da pokret nije jedini tip dinamičnosti koji omogućava efikasnu pretragu. Doprinos bi mogao biti jasnije demonstriran da je u eksperiment bila uključena i kontrolna situacija u kojoj su

svi elementi statični, što bi dalo mogućnost jasnijeg sagledavanja uticaja promene svetline na pretragu.

Dobijeni rezultati nagoveštavaju značaj intenziteta promene distraktora, ali i zanimljiv uticaj sinhronizovanosti na pokret, koji se može smatrati ekološki najrelevantnijim od ovde ispitivanih vidova dinamičnosti, i time ukazuju na potencijalni smer daljih istraživanja. Ovo istraživanje je iz domena bazične nauke, pa su zaključci i buduće smernice koje mi izdvajamo pre svega usmereni na povećanje fundusa opšteg znanja o funkcionisanju vizuelne kognicije, odnosno o načinu primanja informacija u situaciji kad imamo kompleksnu vizuelnu scenu. Međutim, naši rezultati se mogu upotrebiti u brojnim primenjenim oblastima. Jedna očigledna primena je saobraćaj, u kome se često javlja potreba da se primeti statična „meta” nasuprot promenljivom vizuelnom toku i u koji su uključeni baš tipovi promena kojima se mi bavimo (veličine skupa, sinhronizovanost, pozicija, orijentacija i promena svetline). Druge vrste primena uključuju elektronske prezentacije materijala na ekranu računara na kojima „meta” treba da privuče pažnju. To mogu biti igrice, web sajtovi sa reklamama ili pedagoška elektronska učila.

Reference

- Alais, D., Blake, R., & Lee, S. H. (1998). Visual features that vary together over time group together over space. *Nature Neuroscience*, *1*, 160–164. doi:10.1038/414
- Davis, G., & Leow, M. C. (2005). Blindness for unchanging targets in the absence of motion filtering a response to Theeuwes (2004). *Psychological Science*, *16*, 80–82. doi:10.1111/j.0956-7976.2005.00784.x
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, *96*, 433–458. doi:10.1037/0033-295X.96.3.433
- Found, A., & Muller, H. J. (1995). Searching for unknown feature targets on more than one dimension: Further evidence for a ‘dimension weighting’ account. *Perception and Psychophysics*, *58*, 88–101. doi:10.3758/BF03205479
- Jiang, Y., Chun, M. M., & Marks, L. E. (2002). Visual marking: Selective attention to asynchronous temporal groups. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *28*, 717–730. doi:10.1037/0096-1523.28.3.717
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *14*, 201–211. doi:10.3758/BF03212378
- Lee, S. H., & Blake, R. (1999). Visual form created solely from temporal structure. *Science*, *284*(5417), 1165–1168. doi:10.1126/science.284.5417.1165
- Mandler, M. B. (1984). Temporal frequency discrimination above threshold. *Vision Research*, *24*, 1873–1880. doi:10.1016/0042-6989(84)90020-8
- McLeod, P., Driver, J., & Crisp, J. (1988). Visual search for a conjunction of movement and form is parallel. *Nature*, *332*, 154–155. doi:10.1038/332154a0

- McLeod, P., Driver, J., Dienes, Z., & Crisp, J. (1991). Filtering by movement in visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *17*, 55–64. doi:10.1037/0096-1523.17.1.55
- Pashler, H. (2001). Involuntary orienting to flashing distractors in delayed search?. In C. L. Folk & B. Gibson (Eds.), *Attraction, distraction, and action: Multiple perspectives on attentional capture* (pp. 77–92). New York: Elsevier. doi:10.1016/S0166-4115(01)80006-6
- Pinto, Y., Olivers, C. N. L., & Theeuwes, J. (2006). When is search for a static target among dynamic distractors efficient? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *32*, 59–72. doi:10.1037/0096-1523.32.1.59
- Sekuler, A. B., & Bennett, P. J. (2001). Generalized common fate: Grouping by common luminance changes. *Psychological Science*, *12*, 437–444. doi:/10.1111/1467-9280.00382
- Theeuwes, J. (2004). No blindness for things that do not change. *Psychological Science*, *15*, 65–70. doi:10.1111/j.0963-7214.2004.01501011.x
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology*, *12*(1), 97–136.
- Uttal, W. R., Spillmann, L., Stürzel, F., & Sekuler, A. B. (2000). Motion and shape in common fate. *Vision Research*, *40*, 301–310. doi:10.1016/S0042-6989(99)00177-7
- Wertheimer, M. (1938). Laws of organization in perceptual forms. In W. D. Ellis (Ed.), *A source book of Gestalt psychology* (pp. 71–94). London, England: Routledge & Kegan Paul.
- Wolfe, J. M. (2003). Moving towards solutions to some enduring controversies in visual search. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*, 70–76. doi:10.1016/S1364-6613(02)00024-4
- Yantis, S., & Hillstrom, A. P. (1994). Stimulus-driven attentional capture: evidence from equiluminant visual objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 95–107. doi:10.1037/0096-1523.20.1.95

Mirjana Pantić

Department of
Psychology, Faculty
of Philosophy,
University of Novi
Sad

**Sunčica
Zdravković**

Department of
Psychology and
Laboratory for
Experimental
Psychology, Faculty
of Philosophy,
University of Novi
Sad;
Laboratory for
Experimental
Psychology, Faculty
of Philosophy,
University of Belgrade

**VISUAL DETECTION OF STATIC OBJECTS
AMONG DYNAMIC DISTRACTORS**

Though a dynamic object, placed against stationary background, always grabs attention, opposite is not necessarily true. Hence, in this study we placed a stationary target among the dynamic distractors. We investigated whether visual detection depends on (1) set size (9, 18 or 27), (2) type of the distractor dynamics (jitter, blink, or luminance change) and (3) synchronisation (synchronized or unsynchronized distractors change). In contrast to pop-out effect of a dynamic target, the search for stationary target was serial, as the RT analysis revealed. The synchronisation of the distractor dynamic properties helped the detection especially in the larger sets. The most distracting for the target detection was illumination change of the distractors whereas the least distracting was blink.

Keywords: visual search, movement, jitter, luminance change