

Zaznavanje sprememb v hitrosti kroženja zvoka: vpliv vrste zvoka in metode merjenja#

*Bor Sojar Voglar**
Zavod GESD, Ljubljana

Povzetek: Vestibularna potlačitev je pojav, pri kateri je informacija o položaju (gibanju) telesa v prostoru potlačena zaradi nasprotujoče vidne informacije. Kot uvod v raziskovanje, ali pride do vestibularne potlačitve tudi s slušnimi dražljaji, smo v pričujoči študiji raziskovali, kako človek zaznava spremembe v hitrosti kroženja zvoka okrog svoje vertikalne osi. Izveden je bil psihofizikalni eksperiment, ki je zajel 40 normalno slišočih udeležencev. Z razdelitvijo v 4 skupine smo variirali dve vrsti zvočnega dražljaja (sinusoidni pisk in govor) ter dve metodi merjenja (metoda intervalnega podajanja odgovorov in metoda sprotnega risanja grafa). Zvočni dražljaj je krožil okrog osebe in pri tem spreminjal hitrost. Naloga udeležencev je bila poročati, ali zaznavajo kroženje kot enakomerno, pospešeno ali pojemajoče, oziroma so morale narisati graf hitrosti zaznanega kroženja. Enakomerno kroženje zvoka so udeleženci zaznavali kot pojemajoče, kar pa je bilo manj očitno pri govoru kot pri sinusoidnem pisku. Kljub temu se je govor izkazal kot preveč kompleksen zvočni dražljaj. Metoda sprotnega risanja grafa je bila za udeležence zelo težka naloga in zato ni primerna za bodočo uporabo. Izkazalo se je, da je za prihodnje eksperimente na tem področju najprimerneje uporabiti metodo intervalnega podajanja odgovorov in naključno variirati hitrosti kroženja zvoka.

Ključne besede: zaznavanje zvoka, zaznavanje gibanja, pospeševanje, kroženje, psihoakustika

Perception of sound rotation velocity: the effect of sound type and measurement method

Bor Sojar Voglar
GESD institute, Ljubljana, Slovenia

Abstract: Vestibular suppression is a phenomenon where the vestibular information is suppressed when a contradictory visual stimulation is present. The aim of the present study was, before conducting a study that would examine whether vestibular suppression can also occur while exposed to sound stimuli, to discover how changes in sound rotation velocity are perceived and what method could yield valid measures of the percepts. An experiment was conducted with 40 participants with normal hearing. Participants were divided into 4 groups in which 2 sound properties (sinusoid wave and speech) and 2 methods (adopted global perception method and graph method) were used separately. Sound rotated

Raziskava je bila opravljena pod mentorstvom red. prof. dr. Marka Poliča in somentorstvom red. prof. dr. Klasa Matije Brenka z Oddelka za psihologijo Univerze v Ljubljani.

* Naslov / Address: Bor Sojar Voglar, univ. dipl. psih., Zavod za alternativno izobraževanje GESD, Dalmatinova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija, e-mail: bor.sojar-voglar@kiss.si

around participants and changed the velocity. Participants had to report whether they perceived the velocity as constant, accelerated, or decelerated, or they had to draw a graph to indicate their perception. It was found that constant velocity is perceived as slightly decelerated, and this bias in velocity perception was larger with sine sound than with speech, but speech as a property of rotating sound stimulus seems to be too complex. The graph method was very hard for participants to use, and we therefore discourage the use of this method in future. Future studies should use the “estimation-of-change-in-given-time-interval” method and vary the sound rotation velocity in random order.

Key words: auditory perception, motion perception, acceleration, rotation, psycho-acoustics

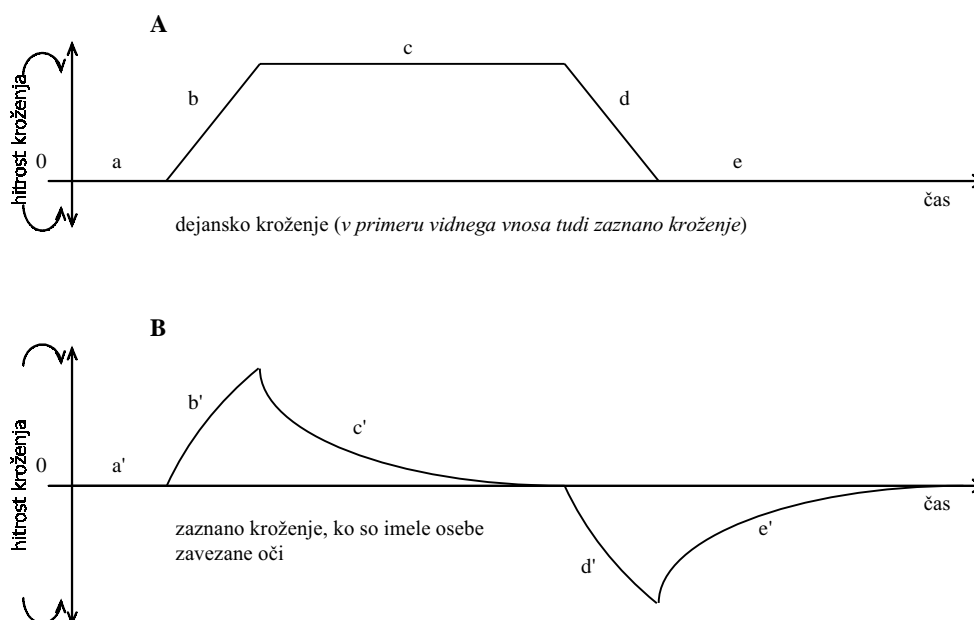
CC = 2326

UDK = 159.923

Multisenzorno zaznavanje, opredeljeno kot zaznavanje istega objekta, subjekta ali dogodka z več čutili hkrati (Nesbitt, 2003), je trenutno ena glavnih raziskovalno psiholoških tem. Gre predvsem za ugotavljanje skladnosti delovanja posameznih čutil pri zaznavanju dražljaja, ki sočasno draži več čutnih modalnosti. V eksperimentih se pretežno manipulira z dražljaji tako, da dajejo različna čutila neskladne informacije o predmetu ali okolju. Na ta način se skuša ugotoviti, katerim čutilom dajemo večji pomen pri interpretaciji okolja, katera lahko zlahka zanemarimo, pri katerih informacijah se zmedemo, pri katerih se zmotimo in katerih v tisti situaciji niti ne potrebujemo.

Parker (1980), ki se je ukvarjal s povezanostjo predelave vidne in vestibularne informacije, je ugotovil, da človeku pri zaznavanju sprememb v hitrosti (frekvenci) lastnega kroženja, informacije iz vestibularnega aparata ne nudijo pravih informacij o dejanskih razmerah. Pri zaznavanju lastnega kroženja z zavezanimi očmi pride do tipičnega pojava iluzije kroženja, ki je prikazan na sliki 1B. Čutnice v vestibularnem aparatu se vzdražijo samo ob pospešenem gibanju, zato je enakomerno kroženje zaznano kot pojemajoče, pojemajoče kroženje pa kot pospešeno kroženje v nasprotno smer. V primeru multisenzornega zaznavanja lastnega kroženja – vestibularni aparat v kombinaciji z vidom – pa je bilo zaznavanje kroženja v skladu z realnimi spremembami hitrosti. Človek vidne dražljaje interpretira kot pravilnejše in bolj pomembne, ter zanemari “napačne” informacije iz vestibularnega sistema. Parker je pojav poimenoval vestibularna potlačitev (slika 1A).

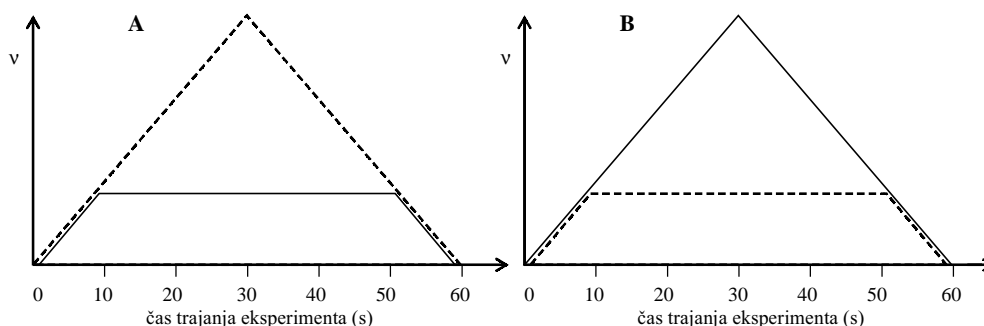
Ena od možnih interakcij med različnimi vrstami informacij je tudi interakcija med slušnim in vestibularnim vnosom. Na podlagi eksperimentov Parkerja (1980) smo izvedli preliminarno študijo (Sojar Voglar, Stefanova in Marić, neobjavljeni podatki), v kateri smo preverjali, kako zvočni dražljaji vplivajo na zaznavanje lastnega kroženja okrog vertikalne osi. V prirejenem eksperimentu vestibularne potlačitve, ki je namesto vidnih dražljajev vseboval zvočne, smo kroženju okrog vertikalne osi z zavezanimi očmi dodali zvočne signale, ki so spreminjali frekvenco (višino tona). Zanimalo nas je, ali se bodo osebe orientirale glede na spremembe v frekvenci zvoka ali glede na spremembe v frekvenci dejanskega kroženja. Spremembe v frekvencah so se ujemale



Slika 1. Iluzija kroženja in vestibularna potlačitev (Parker, 1980). Na sliki A je prikazano dejansko, na sliki 1B pa zaznano kroženje, ko so imele osebe zavezane oči.

zgolj prvih in zadnjih 10 sekund trajanja eksperimenta, vmes pa je bil 40 sekundni interval, v katerem so bile spremembe frekvenc različne (slika 2). Rezultati so pokazali, da se osebe večinoma niso orientirale glede na zvok, temveč so kroženje zaznavale v skladu z dejanskimi spremembami v frekvenci kroženja. Iz rezultatov bi se dalo sklepati, da avditorne vestibularne potlačitve ni. Vendar pa je bila raziskava še dokaj nedodelana in bi bilo potrebno najprej posvetiti pozornost izboljšanju eksperimentalnih pogojev. Predvsem imamo v mislih podaljšanje trajanja kroženja iz ene na dve minuti (da bi se približali Parkerjevemu pogojem) ter zamenjavo zvočnih dražljajev, tako da bi zvok krožil okrog osebe in bi se s tem ustvarila iluzija inducirane gibanja (vekcija), kot so jo npr. ustvarili Riecke, Schulte-Pelkum, Caniard in Bühlhoff (2005).

Raziskav na področju zaznavanja kroženja zvoka okrog osebe je malo. Griffiths in Green (1999) sta raziskovala možgansko vzbujenje tekom poslušanja enostavnega zvočnega dražljaja, ki je krožil okrog udeleženčeve vertikalne osi. Zvok je krožil okrog osebe tako, da je postopoma prehajal med štirimi zvočniki, razporejenimi z enako razdaljo okrog udeleženčeve glave. S pomočjo miniaturnih mikrofonov, ki sta jih vstavila v udeleženčeve sluhovode, sta za vsakega posameznika posnela in nato preko slušalk predvajala zvočni zapis, ki je nastal ob poslušanju krožečega zvočnega dražljaja, ter merila možgansko delovanje z metodo PET. Ugotovila sta, da se poleg primarnega in



Slika 2. Dva različna eksperimentalna pogoja v preliminarnem eksperimentu zvočne vestibularne potlačitve. Polna črta prikazuje spreminjanje frekvence (n) kroženja osebe, prekinjena črta pa spreminjanje frekvence zvoka. V primeru eksperimentalnih pogojev A je kroženje zaznalo v skladu s slušnim dražljajem 5 udeležencev, v pogojih B pa 9 od 30 udeležencev.

sekundarnega slušnega korteksa pomembno vzburi tudi premotorni korteks za področje oči in premika glave, kar sta avtorja razlagala kot avtomatizirano težnjo po obračanju za zvokom, ki se nahaja izven vidnega polja. Neuhoff (2001, 2003) pa je v svojih eksperimentih preučeval natančnost zaznavanja spremembe kota izvora zvoka. Zvok (enostavni govor) v njegovih eksperimentih ni krožil okrog osebe, temveč je zvočnik krožil okrog lastne osi, in s tem spreminjal kot usmerjenosti izvora zvoka. Ugotovil je, da človek bolje določi razliko v kotu usmerjenosti zvoka, če je sprememba zvezna, kot pa če je prekinjena. Avtorji v svojih člankih poudarjajo, da je raziskav na tem področju malo in pretežno citirajo lastne predhodne raziskave. Raziskave tudi niso vsebovale zvočnih dražljajev, ki bi med kroženjem spreminjali hitrost, kar bi bil poglobitveni del pri raziskovanju vestibularne potlačitve z zvočnimi dražljaji.

Preden se lahko lotimo izboljšave eksperimenta vestibularne potlačitve, je potrebno raziskati lastnosti zaznavanja zvoka; v tem primeru dalj časa trajajočega zvoka, ki bi krožil okrog osebe in tekom časa spreminjal hitrost. V pričujoči raziskavi nas je zanimalo predvsem, kako na zaznavanje sprememb v hitrosti kroženja zvoka vpliva kompleksnost zvočnega dražljaja, katera metoda merjenja bi bila najbolj primerna za merjenje dalj časa trajajočega, zvezno spreminjajočega dražljaja, pa tudi, ali pri zaznavanju kroženja zvoka prihaja do kakšnih posebnih zaznavnih pojavov.

Za izvedbo psihofizikalnega eksperimenta, s katerim bi dobili odgovore na zgoraj zastavljena vprašanja, je bilo potrebno določiti ustrezne zvočne dražljaje, ki bi jih nato premikali v prostoru. Izhajali smo iz že davnih eksperimentalnih ugotovitev Rayleigha (1877; po Polič, 1998), ki je ugotovil, da glasove bolje lokaliziramo kot tone, in da visoke tone bolje lokaliziramo kot nizke. V eksperimentu smo upoštevali obe ugotovitvi in uporabili dva zvočna dražljaja, in sicer visok čisti sinusoidni pisk in človeški glas, ki

je bil zaradi doseganja čim višje povprečne frekvence ženski glas. Pri izboru metod odgovarjanja smo izhajali iz že opravljenih eksperimentov, ki so imeli namen ugotoviti zaznavne značilnosti pri opazovanju vidnih dražljajev, ki se tekom časa zvezno spreminjajo. Za uporabo v razmerah dalj časa trajajočega dražljaja smo izbrali in razmeram našega eksperimenta priredili: (i) metodo globalnega zaznavanja (glej Brenk in Poljanšek, 1997), pri kateri oseba skozi daljši časovni interval opazuje spreminjajoči se dražljaj, nakar oceni, ali se je dražljajska lastnost (npr. intenziteta, položaj ipd.) spreminjala upočasnjeno, enakomerno ali pospešeno, in (ii) grafično metodo (kot jo je npr. uporabil Runeson, 1974), pri kateri oseba spreminjajoči dražljaj opazuje in sproti ali pa po koncu draženja nariše, kako se je spreminjala dražljajska lastnost.

Ker je bil naš eksperiment v mnogih pogledih preliminaren (šlo je za testiranje zvočnih dražljajev, metod in računalniške opreme za izvedbe nadaljnjih eksperimentov) in ker podobnih eksperimentov v literaturi nismo zasledili, smo naše predpostavke o možnih rezultatih zastavili na podlagi zgoraj opisanih lastnosti izbranih zvočnih dražljajev in metod. Pričakovali smo, da bi bilo lahko, zaradi lažje posamezne lokalizacije glasov nasproti tonom, zvezno spreminjanje lokacije na krožnici (in spreminjanje hitrosti kroženja) pri govoru zaznано "pravilneje" kot pri sinusoidnem pisku. Kot "pravilnejšo" zaznavo spremembe hitrosti kroženja smo imeli v mislih tisto, ki bi bolj ustrezala dejanskim spremembam v hitrosti kroženja. Tudi pri oceni metode smo uporabili kriterij skladnosti rezultatov z dejanskimi spremembami v hitrosti kroženja. Pričakovali smo, da bodo rezultati, zbrani s prirejeno metodo globalnega zaznavanja, bolj ustrezali dejanskim spremembam kot rezultati, zbrani s prirejeno grafično metodo. Vendar pa namen eksperimenta ni bil samo najti zvočni dražljaj in metodo, ki bi se najbolje ujemala s fizikalnimi pogoji eksperimenta, temveč tudi ugotoviti značilnosti zaznavanja pri dalj časa trajajočem krožečem zvočnem dražljaju.

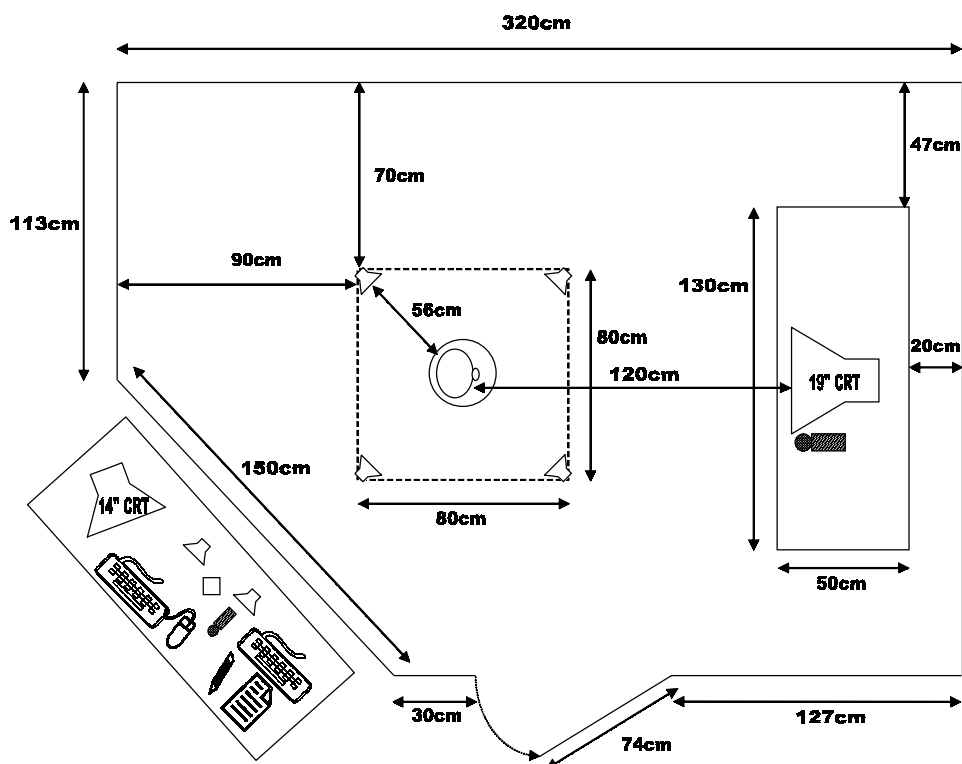
Metoda

Udeleženci

V eksperimentu je sodelovalo 40 udeležencev z normalnim sluhom, od tega 29 žensk in 11 moških. Pretežni delež vzorca so predstavljali dodiplomski študenti in asistenti psihologije na Filozofski fakulteti v Ljubljani, poleg njih pa smo v vzorec vključili še dijake Gimnazije Bežigrad ter tekmovalne plesalce iz Plesnega kluba Fredi iz Ljubljane. Starostni razpon udeležencev je bil od 16 do 32 let (povprečje 21 let). Vsak udeleženec je bil naključno izbran v eno izmed štirih skupin z različnimi eksperimentalnimi pogoji, prikazanimi v tabeli 2. V vsaki skupini je sodelovalo 10 udeležencev.

Pripomočki

Ekspiriment se je odvijal v ustrezno zvočno izolirani eksperimentalni kabini (mere glej na sliki 3). Oseba je sedela na stolu z desnoručno mizico. Okoli nje sta bila v medsebojni oddaljenosti 80 cm in v horizontalni oddaljenosti od osebe 56 cm na štirih lesenih podstavkih postavljena dva para stereo zvočnikov Juster SP-300A s frekvenčnim odzivom 100Hz–20000Hz. Zvočniki so bili postavljeni po diagonali (spredaj-desno, spredaj-levo, zadaj-desno, zadaj-levo) in bili usmerjeni direktno proti udeležencu. V zvočnike je signale pošiljal osebni računalnik, opremljen z dvema zvočnima karticama. Skozi vsako kartico je šla ločena zvočna .wav datoteka, ki ju je predvajal program Nullsoft WinAmp ver. 5.08c. Zvočna signala sta bila časovno usklajena, kar je bilo doseženo z dodatkom (plug-in) za WinAmp: Mixing Panel ver. 1.74b. Zvočni dražljaji so bili generirani in obdelani s programom Sound Forge XP ver. 4.5. Vidne dražljaje je preko 19" CRT Monitorja, v oddaljenosti od osebe 120 cm, oddajal računalnik PC s klasično VGA grafično kartico. Vidni dražljaji so bili programirani in predvajani s pomočjo programskega jezika Borland TurboPascal ver. 7.0.



Slika 3. Mere eksperimentalne kabine in postavitve elementov.

Metodi zbiranja podatkov

Uporabljeni metodi sicer temeljita na metodi globalnega zaznavanja (glej Brenk in Poljanšek, 1997) in grafični metodi (glej Runeson, 1974), vendar pa sta omenjeni metodi le izhodišče za način pridobivanja podatkov, saj smo za namen naše raziskave metodi pomembno priredili. Zato bomo raje govorili o metodi intervalnega podajanja odgovorov in o metodi sprotnega risanja grafa. Prirejene metode nista preverjeni glede zanesljivosti in veljavnosti. V našem eksperimentu se te naloge nismo lotili, temveč smo metode preizkušali zgolj po tem, na kakšen način udeleženci lažje in konsistentneje javljajo lastne zaznave. Obdelava podatkov, pridobljenih z obema metodama, je bila grafična. Namen tega je bil pridobiti primerljive rezultate. Obe metodi sta bili preverjeni v pilotski študiji na 46 udeležencih z vidnimi in nepremičnimi slušnimi dražljaji. Ugotovili smo, da je pri metodi intervalnega podajanja odgovorov nujno uskladiti časovne intervale s spremembo dražljajske intenzitete (znotraj enega intervala ne sme biti več kot ena sprememba) in da je 10-sekundni interval ustrežnejši od 5-sekundnega. Pri metodi sprotnega risanja grafa pa se je izkazalo, da je v prazen koordinatni sistem nujno potrebno dodati merski lestvici tako za čas kot tudi za razliko v intenziteti dražljaja, da imajo udeleženci pri risanju grafa na razpolago nekaj opornih točk.

Pri metodi intervalnega podajanja odgovorov smo od udeleženca zahtevali, da spremembe lastnosti dražljaja ocenjuje sproti – med tem, ko dražljaj še traja. Čas trajanja dražljaja smo razdelili v intervale (po deset sekund), znotraj intervala pa smo dražljajsko lastnost povečevali, zmanjševali ali pa je ostala enaka. Od udeleženca smo zahtevali, da v intervalu dražljaj pozorno spremlja in ob koncu intervala poda sodbo o zaznani spremembi dražljajske intenzitete. Po vsakem končanem intervalu je moral udeleženec odgovoriti, ali je bila hitrost kroženja enakomerna, ali se je višala ali nižala.

Pri metodi sprotnega risanja grafa je udeleženec, ki je bil izpostavljen dražljaju, sproti ocenjeval trenutno vrednost dražljajske lastnosti in svojo oceno pretvoril v motorično akcijo. S svinčnikom je na list papirja z označeno časovno lestvico in lestvico relativne razlike med trenutno in izhodiščno intenziteto dražljaja risal neprekinjeno črto, in tako izdelal graf spremembe dražljajske intenzitete v odvisnosti od časa trajanja eksperimenta. Višja kot je bila vrednost dražljaja od izhodiščne vrednosti (hitrejše kot je bilo kroženje), bolj naj bi udeleženec risal graf v zgornji kvadrant, in nižja kot je bila dražljajska vrednost, nižje naj bi udeleženec risal graf. V primeru zaznavanja nespreminjanja intenzitete (tj. v primeru enakomernega kroženja), naj bi udeleženec risal graf kot črto, vzporedno z abcisno osjo.

Dražljaji

Eksperiment je bil sestavljen iz uvajalnega, tj. testnega dela, in iz glavnega dela. V testnem delu eksperimenta je udeleženec spoznal način odgovarjanja, poleg tega pa so se razčistile morebitne nejasnosti glede metode. Da bi se čim bolj približali časovnim pogojem Parkerjevih (1980) eksperimentov, so vsi dražljaji trajali po dve

Tabela 1. Vrstni red sprememb v intenzitetah dražljajev za glavni in testni del eksperimenta.

časovni interval (s)	glavni del eksperimenta	testni del eksperimenta
0-10	o	o
10-20	-	-
20-30	o	-
30-40	o	-
40-50	o	+
50-60	+	+
60-70	-	+
70-80	-	-
80-90	-	o
90-100	+	o
100-110	+	o
110-120	+	+

Opombe: "+" (intenziteta narašča), "o" (intenziteta ostaja nespremenjena), "-" (intenziteta pada).

minuti (120 s). Dražljaje smo časovno razdelili na dvanajst 10-sekundnih intervalov, znotraj katerih je intenziteta dražljaja bodisi ostala nespremenjena, se je povečevala ali pa se je zmanjševala. Med eksperimentom se je vsaka sprememba intenzitete pojavila štirikrat, vrstni red sprememb pa smo izžrebali pred generiranjem dražljajev (glej tabelo 1), saj nam računalniški programi za generiranje in predvajanje dražljajev niso uspeli zagotoviti naključnega vrstnega reda sprememb dražljajev za vsakega udeleženca posebej. Za testna dražljaja smo vrstni red sprememb obrnili (le prvi interval je bil ponovljen – glej tabelo 1).

V testnem delu eksperimenta smo uporabili dva dražljaja: (i) kroženje modre kroglice in (ii) spreminjanje frekvence zvoka. Prvi dražljaj, tj. kroženje modre kroglice, smo uporabili za uvajanje na način odgovarjanja z metodo intervalnega podajanja odgovorov. Oseba je na računalniškem zaslonu opazovala 30 rumeno obrobljenih krogcev premera 20 zaslonskih pik, razporejenih po krožnici s premerom 200 zaslonskih pik. Znotraj teh obrobljenih krogcev je krožila modra kroglica z začetno hitrostjo 30 ms na en premik (oziroma kroglica je enkrat obhodila krožnico v 0,9 s). Dražljaj je trajal 120 s. Med eksperimentom se je hitrost premikanja kroglice spreminjala glede na izžreban vrstni red sprememb v testnem delu (tabela 1). Izračun spremembe časa enega premika kroglice pri spreminjanju hitrosti znotraj intervala je bil opravljen po enačbi 1, pri čemer t_n pomeni trenutni časovni interval premika kroglice, t_{n-1} pa en interval prej.

$$t_n = t_n \pm \frac{t_{n-1}}{150} \quad (1)$$

Fizikalne vrednosti hitrosti kroženja modre kroglice med testnim eksperimentom so prikazane na sliki 5.

Drugi dražljaj, tj. spreminjanje frekvence zvoka, smo uporabili za uvajanje v metodo sprotnega risanja grafa. Za to metodo vidni dražljaj ni bil primeren, saj je moral udeleženec stalno pogledovati na graf, ki ga je risal. Zato smo generirali slušni dražljaj, tj. nepremični sinusoidni pisk s frekvenčnim razponom PCM .wav datoteke 48 KHz, normaliziranim na glasnost 1 -dB, ki je v dveh minutah v 10-sekundnih intervalih spreminjal frekvenco (višino tona). Začetna frekvenca zvoka je bila 1000 Hz, spreminjanje frekvence pa je sledilo izžrebanemu vrstnemu redu sprememb (tabela 1). Spreminjanje frekvence zvoka med eksperimentom je prikazano na sliki 7.

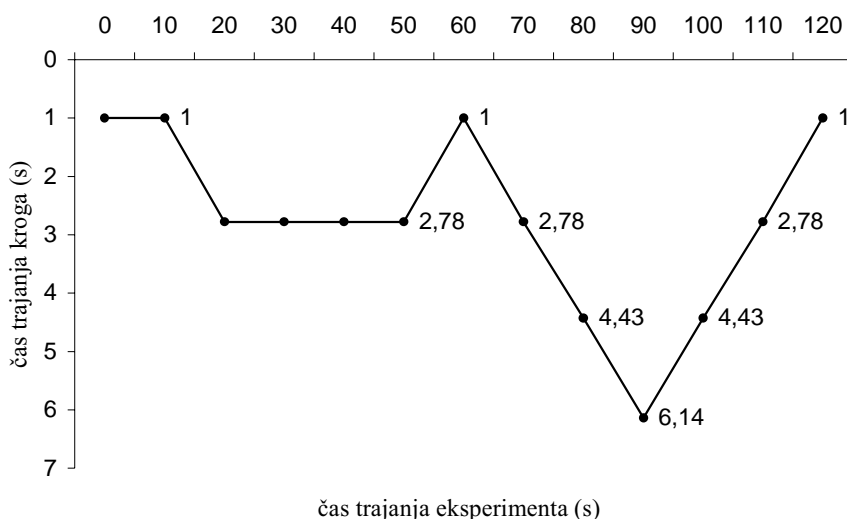
Dražljaja za glavni del eksperimenta

V glavnem delu eksperimenta smo uporabili (i) "kroženje sinusoidnega piska" in (ii) kroženje govora. Čisti sinusoidni pisk s frekvenco 1000 Hz je bil generiran v frekvenčnem razponu 48 KHz, normaliziran na glasnost 1 -dB ter prekopiran v štiri kanale, ki so bili nato shranjeni v dve PCM stereo .wav datoteki. Zvok je krožil okoli osebe tako, da je postopoma prehajal iz enega zvočnika na drugega, prehod pa je bil časovno usklajen (medtem ko je zvok v enem zvočniku postajal vse tišji, je na drugem postajal vse glasnejši). Postopno prehajanje zvoka iz enega kanala na drugega je bilo izvedeno tako, da je bil v programu SoundForge v enem kanalu ročno izbran določeni časovni interval zvočnega zapisa – t_n (glej enačbo 2) in uporabljen efekt "fade in" (postopno utišaj) ter v sosednjem za enak časovni interval efekt "fade out" (postopno naglas), medtem ko je bil pri ostalih dveh kanalih uporabljen efekt "mute" (tiho). Pri kroženju z enakomerno hitrostjo so bili izbrani časovni intervali konstantni, pri pojemajočem in pospešenem kroženju pa so se časovni intervali (t_n) od vsakega prejšnjega (t_{n-1}) razlikovali tako, da smo prišteli ali odšteli enak delež prejšnjega intervala (glej enačbo 2).

$$t_n = t_{n-1} \pm \frac{t_{n-1}}{21} \quad (2)$$

Na sliki 4 so prikazane vrednosti časa trajanja enega kroga, ki ga je potreboval zvočni dražljaj, v odvisnosti od časa trajanja eksperimenta. Začetna hitrost kroženja je bila 1 krog/sekundo (250 ms za 1 prehod), kar je bila tudi največja hitrost kroženja tekom glavnega eksperimenta. Spremembe v fizikalnih vrednostih hitrosti kroženja pa so prikazane na sliki 10.

Postopek za ustvarjanje kroženja govora je bil identičen tistemu pri kroženju sinusoidnega piska. Edina razlika je bila v generiranju dražljaja. Zvok (govor) je bil posnet s televizijske vremenske napovedi. Govor je bil posnet z mini disc rekorderjem Sony MZ-R701, in presnet na računalnik v frekvenčnem razponu 48 KHz v mono PCM .wav datoteko. Zvok je bil nato normaliziran na 1 -dB glasnosti ter prekopiran v štiri kanale, ki so bili nato shranjeni v dve PCM stereo .wav datoteki. Analiza zvoka v programu Sound Forge je pokazala, da je bila povprečna frekvenčna vrednost 893,09



Slika 4. Čas trajanja enega kroga, ki ga je potreboval zvočni dražljaj, v odvisnosti od časa trajanja eksperimenta. Vrednosti veljajo za glavni del eksperimenta za oba dražljaja.

Hz, povprečna glasnost pa 24,94 -dB. Način generiranja prehodov iz enega kanala na drugega in s tem fizikalne vrednosti hitrosti kroženja zvočnega dražljaja med eksperimentom so bile enake tistim pri kroženju sinusoidnega piska (glej sliko 4 in sliko 11).

Postopek

Skladno z izžrebano skupino je udeleženec dobil navodila za testni del eksperimenta, ki jih je prebral z računalniškega monitorja. Za skupini A in C je bil nato

Tabela 2. Prikaz eksperimentalnih pogojev (razdelitev v skupine).

skupina	A	B	C	D
dražljaj v testnem delu	kroženje modre kroglice	spreminjanje frekvence zvoka	kroženje modre kroglice	spreminjanje frekvence zvoka
dražljaj v glavnem delu	kroženje sinusoidnega piska	kroženje sinusoidnega piska	kroženje govora	kroženje govora
metoda zbiranja podatkov	intervalno podajanje odgovorov	sprotno risanje grafa	intervalno podajanje odgovorov	sprotno risanje grafa

predvajan dražljaj “kroženje modre kroglice”. Vsakih 10 sekund je zapiskal 500-herčni pisk in takoj ob pisku je morala oseba povedati ustrezen odgovor (pospešeno, pojemajoče ali enakomerno). Odgovor je eksperimentator zabeležil v odgovorni list z oznakami “+” za pospešeno, “-” za pojemajoče in “o” za enakomerno. Skupinama B in D pa je bil predvajan dražljaj “spreminjanje frekvence zvoka”. Na zaslonu je bila prikazana štoparica, ki je štela, koliko sekund je že preteklo, kar je oseba glede na navodila upoštevala pri izpolnjevanju praznega grafa. Po opravljenem testnem delu eksperimenta je sledil pomenek o morebitnih težavah ali nejasnostih glede odgovarjanja ali risanja grafa. Nato je udeleženec prebral navodila za glavni del eksperimenta. Sledil je dražljaj - “kroženje sinusoidnega piska” ali “kroženje govora”, skladno z izžrebano skupino (tabela 2). Pri skupinah A in C je bil na zaslonu 9 s prikazan rdeče obarvan napis “POZORNO POSLUŠAJ” in nato 1 s zeleno obarvan napis “POVEJ ZDAJ”. Ko se je pojavil zeleni napis, je sledil odgovor osebe, odgovor je bil zapisan v odgovorni list, in eksperiment se je nadaljeval do 12 odgovorov. Risanje grafa pri skupinah B in D je bilo identično risanju v testnem delu eksperimenta (vključno s štoparico na zaslonu).

Obdelava podatkov

Podatke smo obdelali tako, da so nam nudili grafično primerjavo med rezultati različnih skupin in dejanskimi spremembami v hitrosti kroženja zvoka. Da bi dobili primerljive grafe med skupinami, ki so odgovarjale po različnih metodah, smo pri skupinah A in C posameznim odgovorom udeležencev pripisali vrednosti “+1” za odgovor pospešeno, “-1” za pojemajoče in “0” za enakomerno. Za vsak 10-sekundni časovni interval je bil izračunan seštevek pripisanih vrednosti vseh udeležencev (V_{0_n}), ta seštevek pa je bil prištet seštevku iz prejšnjega časovnega intervala (R_{n-1}). Tako smo dobili skor (R_n) za vsak interval po enačbi 3.

$$R_n = R_{n-1} + V_{0_n} \quad (3)$$

Za skupini B in D pa je bil pri individualnih narisanih grafih z ravnilom na 1 mm natančno izmerjen odklon od abscisne osi. Za vsak 10-sekundni časovni interval je bila izračunana aritmetična sredina posameznih odklonov in jim bil ponovno pripisan “mnogokratnik spremembe zaznane hitrosti” glede na razmike v praznem grafu (s tem smo ponovno dobili vrednosti, kakršne so podajali udeleženci med eksperimentom). Rezultati so bili za lažjo primerjavo z rezultati skupin A in C zaokroženi na 10-sekundne intervale trajanja eksperimenta.

Rezultati

Rezultati testnega dela eksperimenta

Skupinama A in C je bil predvajan dražljaj “kroženje modre kroglice”, odgovore pa so podajali z “metodo intervalnega podajanja odgovorov”. Frekvence odgovorov ob koncu vsakega časovnega intervala so zbrane v tabeli 3. Udeleženci so večinoma podajali odgovore, ki so ustrezali realnim spremembam v hitrosti kroženja. Izjema je le časovni interval od 40 do 50 s, kjer odgovori nakazujejo, da je bilo pospešeno kroženje v tem intervalu zaznано kot enakomerno. Skupinama B in D pa je bil predvajan dražljaj “spreminjanje frekvence zvoka”, svoje zaznave pa so ocenjevali s “sprotnim risanjem grafa”. Individualni grafi so prikazani na sliki 6. Udeleženci, ki so risali graf, so poročali, da je naloga miselno precej zahtevna. Dve osebi sta narobe razumeli, kateri naklon označuje naraščanje frekvence zvoka, in kateri padanje. Kljub temu da so udeleženci poročali, da je risanje grafa težka naloga, pa ima večina individualnih grafov podobno obliko. Razlike so opazne predvsem v strmini grafov, s katero so udeleženci ocenjevali intenzivnost spremembe v frekvenci zvoka. Metoda intervalnega podajanja odgovorov udeležencem ni delala težav.

Na slikah 5 in 7 so prikazani grafi, ki prikazujejo skupinske povprečne rezultate ter realne, tj. fizikalne vrednosti dražljajev. Grafa, ki prikazujeta zaznane spremembe (narisana s polno črto), imata precej podobno obliko. Rezultati se tudi dobro ujemajo z realnimi spremembami v dražljajski intenziteti (primerjava z grafoma, narisanimi s prekinjeno črto). Na obeh grafih je opazno, da je ob konstantni intenziteti dražljaja nekaj oseb poročalo, da je intenziteta dražljaja naraščala.

Rezultati glavnega dela eksperimenta

Frekvence odgovorov v tabelah 4 in 5 kažejo, da so udeleženci v večini intervalov spremembe v hitrosti kroženja zvoka zaznavali v skladu z realnimi spremembami hitrosti. Poglavitni odklon odgovorov od realne spremembe se kaže pri intervalih 90–100 s in 100–110 s, kjer je bilo sicer pospešeno kroženje (pri povprečno dokaj počasnih hitrostih) zaznано pretežno kot enakomerno. Udeleženci so pri dražljaju “kroženje govora” poročali, da je bilo težko podajati ocene sprememb v hitrosti kroženja (pri nekaterih udeležencih je bil odgovor podan pozno – med naslednjim intervalom, en udeleženec pa pri intervalu 80–90 s sploh ni uspel podati odgovora).

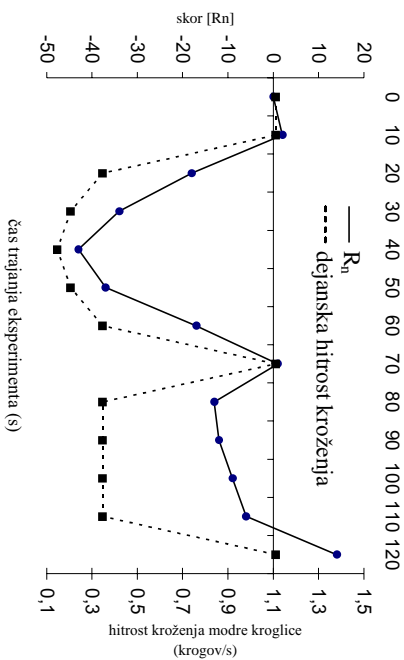
Na slikah 8 in 9 je prikazanih po 10 individualnih grafov. Oblika grafov pri skupini B, ki je poslušala sinusoidni pisk, je dokaj konsistentna, razlike pa se kažejo v višini krivulj (višina nakazuje mnogokratnik spremembe zaznane hitrosti glede na izhodiščno hitrost) in v nekaterih razlikah v zaznani spremembi glede na čas trajanja eksperimenta (pretežno so vrh prvega pospešenega kroženja udeleženci narisali pri 70 s, po eden pa pri 60 s, 80 s in celo pri 90 s). Individualne krivulje pri skupini D, ki je poslušala govor, pa si po obliki in višini niso zelo podobne. Še najbolj konsistentni so

Skupini A in C (kroženje modre kroglice - metoda intervalnega podajanja odgovorov)

Tabela 3. Frekvence odgovorov v testnem delu eksperimenta.

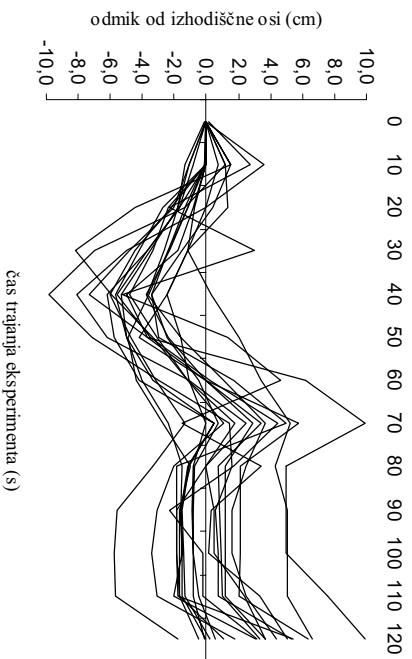
čas	odgovor		čas	odgovor	
	+	0		+	0
10	2	18	0	70	18
20	0	0	20	80	0
30	0	4	16	90	1
40	3	5	12	100	3
50	6	14	0	110	4
60	20	0	0	120	20

Opombe: "+", "pospešeno", "0" (enakomerno), "-", "pojemajočče".

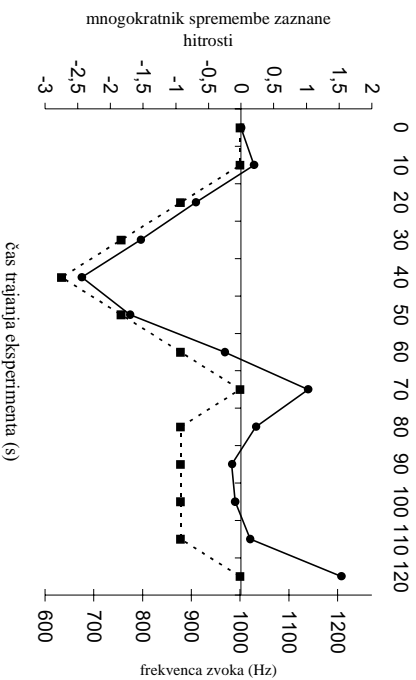


Slika 5. Rezultati testnega eksperimenta – R_n (polna črta) v primerjavi s fizikalnimi vrednostmi hitrosti kroženja modre kroglice (prekinjena črta).

Skupini B in D (spreminjanje frekvence zvoka - metoda sprotnega risanja grafa)



Slika 6. Individualne krivulje v testnem delu eksperimenta.



Slika 7. Rezultati testnega eksperimenta – skupinska krivulja (polna črta) v primerjavi s fizikalnimi vrednostmi frekvence tona (prekinjena črta).

Skupina C

(kroženje govora - metoda intervalnega podajanja odgovorov)

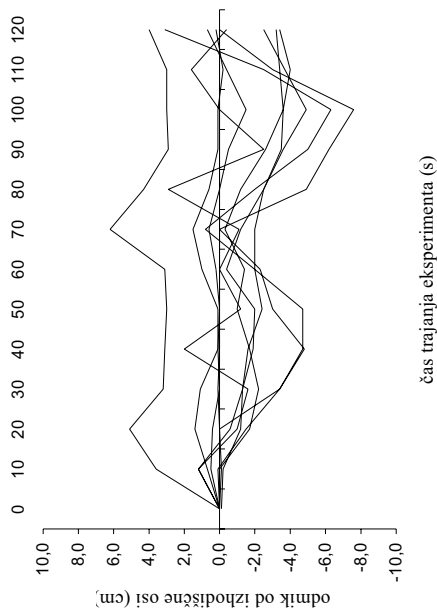
Tabela 5. Frekvence odgovorov v glavnem delu eksperimenta.

čas	odgovor			odgovor		
	+	-	0	+	-	0
10	0	9	1	70	0	2
20	0	0	10	80	0	3
30	0	4	6	90	0	4
40	1	5	4	100	1	6
50	0	7	3	110	2	7
60	10	0	0	120	10	0

B. Sojar Voglar

Skupina D

(kroženje govora - metoda sprotnega risanja grafa)



čas trajanja eksperimenta (s)

Skupina A

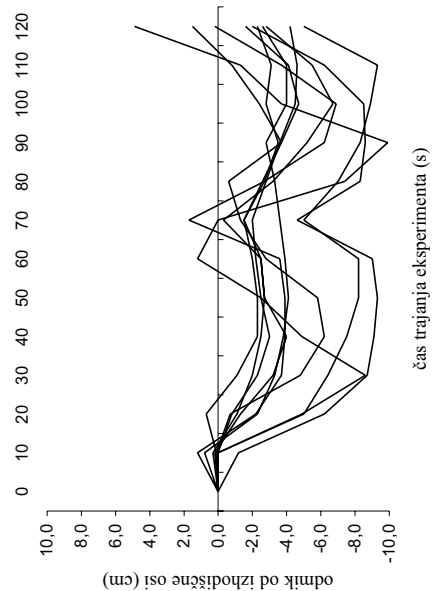
(kroženje sinusoidnega piska - metoda intervalnega podajanja odgovorov)

Tabela 4. Frekvence odgovorov v glavnem delu eksperimenta.

čas	odgovor			odgovor		
	+	-	0	+	-	0
10	1	9	0	70	1	7
20	0	0	10	80	0	10
30	1	7	2	90	0	2
40	0	9	1	100	0	5
50	1	5	4	110	2	8
60	9	1	0	120	10	0

Skupina B

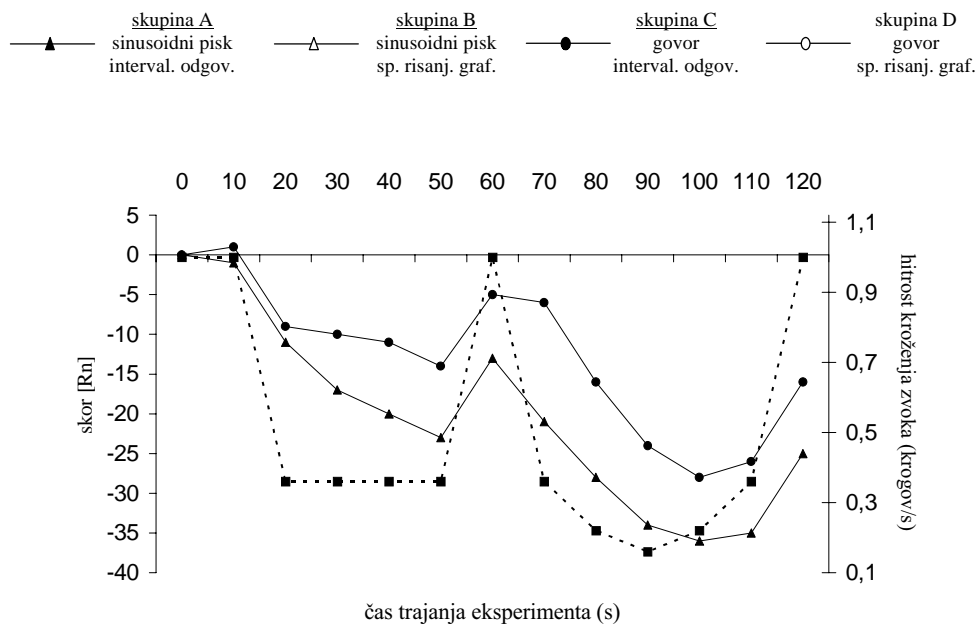
(kroženje sinusoidnega piska - metoda sprotnega risanja grafa)



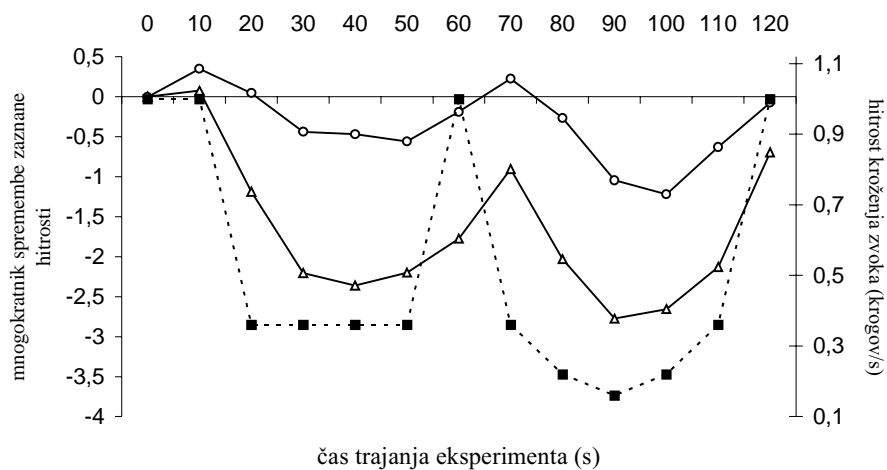
čas trajanja eksperimenta (s)

Slika 9. Individualne krivulje v glavnem delu eksperimenta.

Slika 8. Individualne krivulje v glavnem delu eksperimenta.



Slika 10. Rezultati glavnega eksperimenta – Rn (polna črta) v primerjavi s fizikalnimi vrednostmi hitrosti kroženja sinusoidnega piska (prekinjena črta).



Slika 11. Rezultati glavnega eksperimenta – skupinska krivulja (polna črta) v primerjavi s fizikalnimi vrednostmi hitrosti kroženja govora (prekinjena črta).

grafi pri časovni usklajenosti pri vrhu prvega pospešenega kroženja (v 6 primerih je to pri 70 s), drugače pa so kar štirje grafi skozi ves čas trajanja eksperimenta zelo blizu izhodiščne hitrosti (tj., ni bilo poročanja o zaznavi spremembe v hitrosti, oziroma so bile te zaznave narisane kot zelo majhne ali kot časovno nekonsistentne). Dva udeleženca, ki sta s sprotnim risanjem grafa ocenjevala hitrost kroženja govora, sta poročala, da proti koncu nista več vedela, kaj naj ocenjujeta.

Grafična prikaza za skupinske rezultate štirih skupin (slika 10 in slika 11) nakazujeta, da je bilo enakomerno kroženje med 20 s in 60 s zaznано kot pojemajoče. V tem časovnem intervalu imajo vsi skupinski grafi negativen naklon. Poleg tega je opaziti, da naklon grafa pri 90 s še vedno pada, med tem ko se je dejanska hitrost (prekinjena črta) že povečevala. Pri nizki hitrosti kroženja (0,16 krogov na sekundo) sprememba v hitrosti kroženja ni bila zaznana. Ključna razlika med grafi, pridobljenimi z različnima metodama zbiranja podatkov, je, da je bila sprememba iz pospešenega v pojemajoče kroženje pri metodi intervalnega podajanja odgovorov pri 60 s, pri metodi sprotnega risanja grafa pa pri 70 s. Tipičen "vrh" na sredini grafov je tako pri metodi sprotnega risanja grafa deset sekund kasneje kot pri metodi intervalnega podajanja odgovorov.

Razprava

Zaznavni pojavi

Konsistentno pri vseh rezultatih glavnega dela eksperimenta, ne glede na metodo in kvaliteto zvoka, je, da enakomerno kroženje ni bilo nikoli povsem zaznано kot enakomerno. Pol minute trajajoče enakomerno kroženje s hitrostjo 0,36 krogov/s je bilo zaznано kot pojemajoče kroženje. Ugotovitev se sklada z ugotovitvami raziskav zaznavanja zveznih sprememb v intenzitetah vidnih dražljajev (Runeson, 1974; Podlesek in Fesel Martinčević, 2003), da je hitrost spreminjanja intenzitete ali položaja dražljaja zaznana kot enakomerna, če je dejansko vsaj malo pospešena. Eksperimenti Runesona ter A. Podlesek in M. Fesel Martinčević so bili opravljeni na vidnih dražljajih in so trajali samo nekaj sekund, osebe pa so opazovale gibanje tarče v čelni ravnini. Naš eksperiment je vseboval slušne dražljaje, ki so krožili okrog osebe, trajali so dve minuti, pa tudi posamezni intervali so trajali po deset sekund. Neposredna primerjava rezultatov, dobljenih na različnih čutnih modalnostih, seveda ni mogoča. Trenutno lahko zaključimo samo to, da se je tudi pri zaznavanju hitrosti kroženja zvoka okrog osebe pojavila podobna težnja kot pri vidnem zaznavanju gibanja. Pojav še najbolj ustreza zaznavni adaptaciji. Ob dalj časa trajajočem nespremenljivem draženju se ljudje adaptiramo na ta dražljaj tako, da nam ta dražljaj služi bodisi kot dražljajsko ozadje (ga ne zaznavamo več ali pa ga zaznavamo v vedno manjši meri) bodisi kot izhodišče za druge dražljaje, tako da lažje zaznamo nove dražljaje ali spremembe v obstoječih dražljajih (Cohen, 1994; po Nesbitt, 2003). V našem poskusu je bolj verjetno, da je

dražljaj služil kot dražljajsko ozadje, saj bi, če bi služil kot izhodišče za druge dražljaje, to pomenilo, da bi udeleženci po dalj časa trajajočem enakomerno pojemajočem kroženju zvoka z lahkoto prepoznali spremembo iz pojemajočega v pospešeno kroženje. To pa se ni zgodilo. Razen v enem eksperimentalnem pogoju (skupina B) je bila sprememba iz pojemajočega v pospešeno kroženje (pri intervalu 90–100 s) zaznana z 10-sekundnim zaostankom, in še to v malo primerih. Za oba pojavi je moč iskati razloge tudi v eksperimentalnih pogojih. Vrstnega reda sprememb hitrost kroženja zvoka namreč nismo mogli variirati. Vsi udeleženci so imeli enako zaporedje sprememb, kar pomeni, da so imele predhodne intenzitete lahko sistematičen vpliv na udeležence. V testnem delu eksperimenta so bili eksperimentalni pogoji obrnjeni in enakomerno kroženje je bilo zaznано celo kot rahlo pospešeno. Druga pomanjkljivost v nadzorovanju eksperimentalnih pogojev pa je bila, da nismo uspeli zagotoviti enakomernega spreminjanja hitrosti kroženja. Pospeški in pojemki tako niso bili enaki (pri visokih hitrostih so bili pospeški veliki, pri nizkih hitrostih pa majhni). Razlog za 10-sekundni zamik pri intervalu 90–100 s bi lahko pripisali ravno tej pomanjkljivosti.

Razlike med metodama zbiranja podatkov

Skupinski graf je bil pri metodi intervalnega podajanja odgovorov dobljen posredno preko skora R_n (enačba 3), medtem ko je bil pri drugi metodi graf že rezultat sam po sebi. Skor R_n lahko doseže maksimalno vrednost takrat, ko vsi udeleženci odgovorijo “pospešeno”. R_n je torej omejen na neko maksimalno vrednost. Sprememba v hitrosti kroženja zvoka pa je bila lahko zaznana tudi kot precej večja, kot pa jo graf R_n v odvisnosti od časa trajanja eksperimenta uspe prikazati. Ta pomanjkljivost je bila odpravljena pri metodi sprotnega risanja grafa, saj je oseba lahko narisala poljubno velik naklon, kar pa že avtomatično pomeni, da praktično niti dve osebi nista mogli podati identičnega odgovora. Metoda sprotnega risanja grafa se je izkazala kot neprimerna pri ocenjevanju zaznavanja hitrosti kroženja govora, saj štirje udeleženci niso uspeli zaznati ali narisati spremembe v hitrosti kroženja. Poleg tega so mnogi udeleženci, ki so bili v skupini, ki je morala uporabiti metodo sprotnega risanja grafa, v polje, ki je bilo namenjeno za opombe, napisali, da je bila naloga težka, nekateri so se celo pritoževali nad zvočnim dražljajem ali nad tem, da je bil prazen graf premajhen. Pri metodi intervalnega podajanja odgovorov so razen dveh vsa polja za opombe ostala prazna.

Glavna razlika v rezultatih, dobljenih z različnima metodama, pa je “vrh” grafa, ki prikazuje prehod iz prvega pospešenega kroženja zvoka v 30-sekundno pojemajoče kroženje. Ta “vrh” je pri merjenju z metodo intervalnega podajanja odgovorov pri 60 s (kar sovпада z realno dražljajsko situacijo), pri metodi sprotnega risanja grafa pa je “vrh” pri 70 s (10 s kasneje). Vrh pri 70 s je bil zelo konsistentno opažen pri vseh individualnih krivuljah, pri merjenju z metodo intervalnega podajanja odgovorov pa je vrh neomajno pri 60 s. Glede na to, da je zamik vrha opazen samo pri eni metodi, bi težko govorili, da gre tu za splošen zaznavni pojav. Pri metodi risanja grafa gre za

pretvorbo slušne zaznave v motorično akcijo, ki pa ima svoje značilnosti. V našem eksperimentu so osebe imele samo eno možnost risanja, brez popravkov, pa še dražljaj je trajal 2 minuti. Bolje bi bilo, če bi si udeleženci lahko predvajali dražljaj večkrat, preden bi narisali graf, in če bi bilo trajanje dražljajev krajše (kot npr. v poskusih Runesona, 1974). Nekateri udeleženci v našem eksperimentu so naknadno povedali, da so med eksperimentom sicer ustrezno zaznavali spremembe v hitrosti kroženja zvoka, vendar pa so se kasneje zalotili, da so kljub temu še vedno risali graf v smeri, ki je ustrezala prejšnji spremembi hitrosti. Naloga pri risanju grafa je bila težka tudi zato, ker so morali udeleženci stalno preusmerjati pozornost s poslušanja zvoka na gledanje štoparice in risanje grafa. Pri skupini C se je na grafu pokazala tudi izjemno majhna razlika v zaznavi hitrosti kroženja pri 60 s in 70 s. Lahko bi trdili, da je metoda sprotnega risanja grafa sicer uspela pokazati nek zaznavni pojav, ki se malenkostno kaže tudi pri metodi intervalnega podajanja odgovorov. Ta pojav pa je bil opazen samo v primerih, ko je bil dražljaj govor.

Če povzamemo, sta pri testnih delih eksperimenta obe metodi podali zelo podobne rezultate in bi lahko trdili, da sta bili za izbrana dražljaja metodi ustrezni. Za merjenje zaznavanja spreminjanja hitrosti kroženja zvoka pa metoda sprotnega risanja grafa ni bila najbolj ustrezna.

Razlike med dražljajema

Pričakovali smo, da bodo zaznave hitrosti kroženja govora precej bolj skladne z realnimi spremembami kot pa zaznave kroženja sinusoidnega piska. To lahko delno potrdimo s primerjavo grafov na slikah 10 in 11. Rezultati kažejo, da je bilo v primerjavi z govorom enakomerno kroženje sinusoidnega piska med 20 in 50 s eksperimenta zaznано kot precej bolj pojemajoče. Torej ne samo, da je izvor govora lažje lokalizirati, zdi se, da je tudi spremembe v njegovi lokalizaciji in hitrost teh sprememb lažje oceniti.

Primerjava rezultatov pri risanju grafa pa nakazuje, da pri zaznavanju kroženja govora prihaja do nekaterih dejavnikov, ki onemogočajo pravilno zaznavo sprememb v hitrosti. Omenili smo že, da se lahko ob poslušanju kroženja zvočnega dražljaja avtomatično sprožijo premotorni centri v korteksu. Poleg tega pa se ob poslušanju govora avtomatično sproži tudi Wernickejevo področje, ki je specializirano za semantiko – interpretacijo pomena govorjenega besedila (Cowie, 2004), medtem ko je pri poslušanju sinusoidnega piska vzbujen le ozek pas frekvenčno specifičnih predelov v primarnem in sekundarnem slušnem korteksu (Milgram, 1999). Kroženje govora je tako lahko sprožilo dva avtomatična procesa. Prvi proces je povzročal težnjo udeleženca k obračanju za dražljajem, drugi pa k razumevanju in interpretaciji govorjenega besedila. Naloga pa ni zahtevala od osebe ne enega ne drugega, temveč oceno spremembe hitrosti kroženja. Če so udeleženci pri ustnem podajanju odgovora na 10 sekund nalogo še uspeli opraviti (pa tudi pri tej metodi ena oseba ni uspela dati odgovora pri intervalu 100 s), je bilo risanje grafa v primeru kroženja govora za mnoge pretežka naloga. Samodejno sprožene reakcije so verjetno jemale potrebno pozornost nalogi, ki je

zahtevala od udeleženca tako oceno časa kot spremembe hitrosti, in so onemogočale prenos teh ocen v motorično akcijo.

Kljub temu, da se je govor kot lastnost slušnega dražljaja izkazal kot primernejši pri natančnosti zaznavanja enakomernega kroženja, pa je kompleksnost govora precej otežila delo pri metodi risanja grafa. V eksperimentu smo uporabili dva ekstrema – zelo enostaven zvok (sinusoidni pisk) in zelo kompleksen zvok (zvezen govor s pomenom). Nismo uporabili dražljajev s srednjimi kompleksnostmi, kot so na primer akordi, zveni inštrumentov in širokofrekvenčni šum (*angl.* broadband noise, ki sta ga uporabila Griffiths in Green, 1999), ali govora z omejenim številom besed (kot ga je uporabil Neuhoff, 2001, 2003) ali človeškega glasu brez govora (na primer vokal “a”).

Zaključki

V prihodnje bi bilo smiselno ponoviti eksperiment zaznavanja sprememb v hitrosti kroženja zvoka z različnimi zvočnimi dražljaji. Pri vseh skupinah bi bilo bolje uporabiti metodo intervalnega podajanja odgovorov. Dobro bi bilo, če bi bile vse spremembe hitrosti enake, ali pa če bi jih lahko kontrolirano variirali. Nujno pa bi bilo treba tudi omogočiti naključni vrstni red sprememb.

Literatura

- Brenk, K. M. in Poljanšek, A. (1997). Psychophysical scaling based on the perception of the form of continuous stimulus increment with time: A preliminary study. *Review of Psychology*, 4, 7–13.
- Cowie, F. (2004). What Do Babies Know About Language? *Engineering and Science*, LXVII(3), 12–21.
- Griffiths, T. in Green, G. (1999). Cortical Activation during Perception of a Rotating Wide Field Acoustic Stimulus. *Neuro Image*, 10, 84–90.
- Milgram, B. (1999). *Hearing and Touch: The Mechanical Sensory Systems - First Draft*. Toronto: University of Toroto.
- Neuhoff, J. (2001). The audible facing angle. *ARLO 2* (4), 109–114.
- Neuhoff, J. (2003). Twist and Shout: Audible Facing Angles and Dynamic Rotation. *Ecological Psychology*, 15 (4), 335–351.
- Nesbitt, K. (2003). *Designing Multi-sensory Displays for Abstract Data*. Neobjavljena doktorska disertacija. Sydney: School of Information Technologies.
- Parker, D. (1980). The Vestibular Apparatus. *Scientific American*, 243 (5), 98–111.
- Podlesek, A. in Fesl Martinčević, M. (2003). The location of overt attention affects the bias in acceleration perception: a preliminary study. *Psihološka obzorja*, 12 (2), 9–33.
- Polič, M. (1998). *Zaznavni procesi - skripta*. Ljubljana: Filozofska fakulteta.
- Riecke, B., Schulte-Pelkum, J., Caniard, F. in Bühlhoff, H. (2005). *Auditory cues can facilitate the visually-induced self-motion illusion (circular vection) in virtual reality*.

Poster, predstavljen na konferenci 8. Perception Conference (TWK), Tübingen, Nemčija, 25.–27. 2. 2005.

Runeson, S. (1974). Constant Velocity - Not Perceived as Such. *Psychological Research*, 37, 3–23.

Prispelo/Received: 04.11.2005
Sprejeto/Accepted: 29.03.2006