

Mérési eljárások kidolgozása látók és látássérültek lokalizációs képességeinek összehasonlítására

Répás József, Dr. Wersényi György, Dr. Kovács Gábor

Széchenyi István Egyetem, Egyetem tér 1., 9026, Győr,
repas@sze.hu, wersenyi@sze.hu, kovacs@szeged.hu

Tartalmi kivonat: Akusztikus források helyének meghatározása már évtizedek óta aktívan kutatott terület. A fő kérdés minden esetben az, hogyan és milyen paraméterek mellett tudjuk pontosan lokalizálni a hangforrást, és milyen mérési eljárásokkal tudjuk ezeket mérni. Általánosan elfogadott nézet az, hogy a látássérültek érzékszerveinek érzékenysége jobb, így ezzel kompenzálják a látás hiányát. A térbeli hallás és akusztikai információ értékelése szempontjából a körülményektől függően nagy különbségek lehetnek látók és látássérültek között. A kutatás alapkérdése annak igazolása, vagy cáfolata, hogy valóban jobban hallanak és lokalizálnak-e a látássérültek. Ehhez olyan mérési eljárásokat kell kialakítani, melyeknél objektíven összehasonlíthatjuk a résztvevők képességeit. Süketszobai környezetben két mérési eljárással vizsgáltuk ezt: egyik az ún. „elől-hátul döntés” feladat, másik pedig a hangforrás „abszolút” helyének megállapítása. A kísérletek eredményei arra utalnak, hogy a két csoport között nincs szignifikáns különbség

Kulcsszavak: akusztika; psichoakusztika; lokalizáció; elől-hátul döntés; vakok

1 Bevezetés

Látó emberek térhallását sokszor, sokan vizsgálták eltérő paraméterek és peremfeltételek mellett, amely során megállapítható, hogy a lokalizációs képességek mitől, mennyire függenek. Ilyenek pl. a lokalizációs bizonytalanság, fejhallgatós hibák a virtuális térben, test- és fejmozgás szerepe, a látás szerepe stb. [1]. Ugyanakkor vakokkal és gyengén látókkal korrekt, alapos összehasonlító vizsgálat még nem készült, amelynek során választ adhatunk arra, mikor, hol, hogyan hallanak jobban vagy rosszabbul a vakok.

Az emberi halláskutatás része a térhallás, irányhallás vizsgálatok fajtái, különösen az olyan lehallgatási lokalizációs tesztek, amelynek során ennek pontosságát vizsgáljuk. Továbbá, ide tartoznak azok a tájékozódási és orientációs feladatok, amelyeket a mindennapokban végzünk, miközben érzékszerveinkkel információt gyűjtünk a környezetről. A térbeli virtuális audio szintézis egyrészt magában

foglalja az akusztikai méréseket, pszichoakusztikus lehallgatási tesztek, különböző szoftvermegoldások fejlesztését és a fejhallgatón keresztüli lejátszó rendszereket. A kísérletek elvégezhetőek valós élethelyzetben, virtuális valóság szimulátorban fejhallgatón át szimulált környezetben és úgynevezett reflexiómentes környezetben, süketszobában. A térbeli hallás és akusztikai információ értékelése szempontjából a körülményektől függően az eredményekben nagy különbségek lehetnek. A fő kérdés minden esetben az, hogyan és milyen paraméterek mellett tudjuk pontosan lokalizálni a hangforrást.

2 Lokalizáció

Hosszú tanulási folyamat során szerzett ismeretek és tapasztalatok elengedhetetlenek a látássérültek életében éppúgy, mint az egyéb akusztikus információk. A környezeti zajok, a járókelők, gépjárművek, közlekedési eszközök által keltett hanghatások mind-mind segítenek a tájékozódásban, azonban pontosan tudni kell, hogy ezek a hangok honnan érkeznek [2][3]. A hangforrás helyének meghatározhatóságát lokalizációnak nevezzük. Degenhardt és Murol a mozgástréning vakok számára című művében leszögezi, hogy a látássérülteknek “meg kell tanulniuk a hangforrást lokalizálni, irány és távolság szerint...” [4]. Ezek által ismereteiket a saját testükön túlra is ki tudják terjeszteni.

Egy látássérült személy számára a környezetben jelen levő térbeli sajátosságok akusztikus érzékelése két kategóriába sorolható:

- A hangkibocsátó tárgyak lokalizációja: pl. emberek, autók, telefon.
- A hangokat ki nem bocsátó tárgyak lokalizációja: pl. egy fal, sarok, ajtónyílás [5].

2.1 Lokalizációs bizonytalanság

Hallásunk felbontóképessége a szemben irányban a legjobb. Mivel a horizontális síkban a füljelek idő- és szinteltérése nagy lehet, itt 3-5 fok körüli bizonytalanság is előfordulhat. Az irányérzékelés két legfontosabb paramétere a füljelek közötti (interaaurális) szint- és időeltérések. Amelyik fülben hangosabb és/vagy előbb érkezik be a jel, azt közelebbinek fogjuk érzékelni. Az agy, a hallásérzet helye és a hullám ismertetőjegyei között létesít kapcsolatot a lokalizáció közben. Ha a jellemzők megváltoznak, helyváltoztatás-érzet léphet fel. Lokalizációs bizonytalanság az a legkisebb helyváltoztatás amit a hallórendszer érzékelni tud, úgy, hogy a fülben történt változás már kiértékelhető. A legkisebb lokalizációs bizonytalanság 3-5° körüli, ami lényegesen rosszabb, mint szemünk esetében az 1 ívperc.

A kidolgozott kísérletek a hangkibocsátó tárgyak lokalizációja kategóriába tartoznak. Az “elől-hátul döntés” feladatok az elől-hátul döntési hibát mérik, a hangforrás-lokalizációs mérések pedig a lokalizációs bizonytalanság mértékét igyekeznek meghatározni.

2.2 Hipotézisvizsgálat módszertana

A kutatás várható eredményeivel kapcsolatos elképzeléseinket hipotézisvizsgálat segítségével teszteltük. Mivel a legtöbb esetben a vakok és a látók közötti, valamely szempont (ismérv) szempontjából való eltérés elfogadása, vagy elutasítása hordozott lényeges információt, illetve indukálhatott szakmailag fontos következményt, ezért célszerű volt a vakok „teljesítményét” egy referencia-csoportéhoz, mégpedig a látókéhoz viszonyítani. Mindez egyben indokolta a hipotézisvizsgálat során az ún. kétmintás statisztikai tesztek alkalmazását is. A kétmintás próbák közül ugyanakkor célzottan alkalmaztunk páros, illetve független mintás teszteket, attól függően, hogy a mintavétel során az egyes mintákhoz tartozó megfigyelési egységeink között volt-e egyértelmű megfeleltetés.

A megfelelő statisztikai elemzési módszer, statisztikai próba kiválasztása során ugyanakkor a rendelkezésünkre álló minta összetétele és nagysága részben determinálta a lehetőségeinket. Konkrét korlátként a relatíve kisszámú megfigyelés, illetve az egyes vizsgálati ismérvek sokasági varianciáinak nem ismert értéke volt, ami például kizárta az ún. nagy-mintás tesztek alkalmazását. Ennek következtében az összehasonlítás során elsősorban kismintás t-tesztet használtunk. A teszt alkalmazási feltételei közül külön – Levene-teszt segítségével – vizsgáltunk az azonos sokasági varianciák egyezését, és következtetéseinket ennek figyelembe vétele alapján hoztuk meg. Nem teszteltük ugyanakkor az egyes vizsgálati sokaságok adott ismérv szerinti normalitására vonatkozó feltételezését.

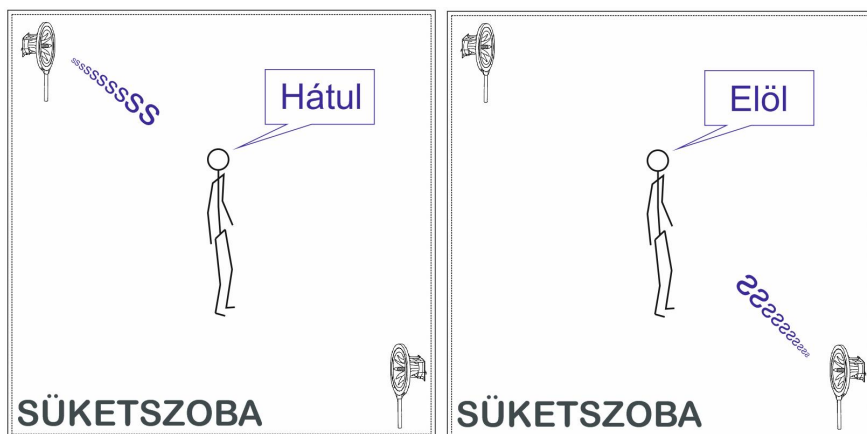
A hipotéziseinkről való döntés során – az általánosan elfogadott kutatási módszertannak megfelelően – az ún. elsőfajú hiba elkövetésének valószínűségét vizsgáltuk és vetettük össze az ún. szignifikancia szint értékével. A szignifikancia szint értékét az ilyenkor szokásos 5, illetve 10%-ban határoztuk meg. Az adott statisztikai próbához tartozó következtetéseink „egyfajta megbízhatóságát” mutató p-értéket (megfigyelt szignifikancia szint) minden teszt esetén külön meghatároztuk.

3 Mérési eljárás és kiértékelés elől-hátul kísérlethez

Mivel a fej szimmetriasíkjában a két fülbe egyszerre és megegyező erősséggel érkezik a jel, a lokalizáció nehezebb. Itt csak a HRTF-függvények¹ szűrőhatása érvényesül és nagyságrendekkel rosszabb az eredmény: 10-25 fok is lehet a hiba [4][5]. Gyakran van rá példa, hogy ebben a síkban lévő hangforrásokat összekeverünk, nem tudunk különbséget tenni, hogy a hang hátulról, vagy előlről érkezik-e. Ezt elől-hátul döntési hibának nevezzük.

3.1 Mérési eljárás

Ahhoz, hogy összehasonlíthatóak legyenek a látók és látássérültek lokalizációs eredményei, “azonos” körülményeket kell teremteni. Ezt úgy érjük el, hogy a látók szemét bekötjük. Annak érdekében, hogy az alany (látássérült vagy bekötött szemű látó) ugyanolyan távolságban legyen a két hangforrástól, a süketszoba közepében szükséges állnia, míg a hangforrások fejmagasságban, a szoba két sarkában vannak tőle 2,5 méterre elhelyezve (1. ábra).



1. ábra

Elöl-hátul döntés feladat süketszobában

A süketszoba két sarkában elhelyezett egy-egy Leybold 58707 típusú piezo hangszóróból 80 dB hangnyomásszintű, fehérzaj impulzust játszottunk le. Az alanyok annak megfelelően mutatták, vagy mondták az “elől” és “hátul” irányt,

¹ A külső fül műszaki leírása, komplex átviteli függvénnyel történik, amit angol elnevezés alapján HRTF-nek rövidítünk (Head-Related Transfer Function).

hogy a hangot előlről, vagy hátulról hallották. 75, 125, 250, 500 ms hosszúságú fehérzaj impulzusok véletlenszerűen kerültek lejátszásra, mindegyik ötször ismételve, így lehetőség nyílt a különböző hosszúságú hangok beazonosíthatóságának összehasonlítására is.

Közepes mintaszámú kísérletben 41 látó (21 férfi és 20 nő), valamint 9 (3 férfi és 6 nő) látássérült segítségével független mintás t-teszt használatával kiderült, hogy "elől-hátul döntés" feladatban nincs szignifikáns különbség látók és látássérültek között. Öt százalékos szignifikancia szint mellett azonos varianciákhoz tartozó megfigyelt szignifikancia 61,9 % volt. A nullhipotézis, miszerint a látók és látássérültek ugyanannyit hibáznak helytálló, a különbség a véletlennel magyarázható. A különböző hosszúságú hangokhoz tartozó hibák az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat

Látók és látássérültek "Elöl-hátul döntés" feladatainak hibái

	500 ms		250 ms		125 ms		75 ms	
	Hátul	Elöl	Hátul	Elöl	Hátul	Elöl	Hátul	Elöl
Látók hibája (db)	24	10	7	4	9	8	13	15
Látók hibája (%)	12%	5%	3%	2%	4%	4%	6%	7%
Látássérültek hibája (db)	4	0	0	0	0	1	2	3
Látássérültek hibája (%)	9%	0%	0%	0%	0%	2%	4%	7%

A táblázat első oszlopából kiolvasható, hogy az 500 ms-os fehérzaj impulzust a 41 látó fejenként 5-ször hallotta hátulról (összesen 205 hátulról érkező hang), amiből 24 esetben tévedtek az irányt illetően, ez 12 %-os hibát jelent. Látássérültek esetében az 500 ms-os fehérzaj impulzust a 9 alany fejenként 5-ször hallotta hátulról (összesen 45 hátulról érkező hang), amiből 4 esetben tévedtek az irányt illetően, ez 9 %-os hibát jelent. Hasonlóan az elől irányban is és a különböző hosszúságú hangok esetén is. Párosított mintás t-teszt segítségével vizsgáltuk, hogy látók és látássérültek az előlről vagy hátulról érkező hangok esetében hibáznak többet. Ez eredmények azt mutatják, hogy a hátulról érkező hangok megállapítása nehezebb, azokat többször előlről hallják. A hibák összesítését tartalmazó 2. táblázatban látható, hogy a különböző hosszúságú hangok esetén összesen (előlről és hátulról együtt) hány darab, illetve hány százalékban hibáznak az alanyok. A táblázat utolsó oszlopában látók összesített

hibája 5 %, a látássérülteké 3 %, a különbség a véletlennel magyarázható, nem képességekbeli különbséggel.

2. táblázat

Látók és látássérültek összesített hibái

	500	250	125	75		Hiba
	Összes	Összes	Összes	Összes		Összes
Látók hibája (db)	34	11	17	28		90
Látók hibája (%)	8%	3%	4%	7%		5 %
Látássérültek hibája (db)	4	0	1	5		10
Látássérültek hibája (%)	4%	0%	1%	6%		3%

Az átlagos életkor látók esetében 30 év volt (legfiatalabb alany 13, legidősebb 71 éves), látássérültek esetében az átlag életkor 48 év volt (legfiatalabb alany 27, legidősebb 62 éves). Feltevésem, hogy kor szempontjából nincs szignifikáns különbség “elől-hátul döntés” feladatban átlag életkor alatt és felett beigazolódott. 5 %-os szignifikancia szint mellett azonos varianciákhoz tartozó megfigyelt szignifikancia 28,3 % volt, vagyis a különbségek a véletlennel magyarázhatóak. Hasonlóképpen férfiak és nők eredményei között sincsen szignifikáns különbség, azonos varianciákhoz tartozó megfigyelt szignifikancia 73,6 %.

4 Mérési eljárás és kiértékelés helymeghatározás feladathoz

Ahhoz, hogy a látók és látássérültek lokalizációs eredményei ebben a feladatban is összehasonlíthatóak legyenek, itt is “azonos” körülményeket kell teremteni. Ezt úgy érjük el, hogy a látók szemét ismét bekötjük.

Ebben a kísérletben a hangforrás helyének megállapítását és annak pontosságát vizsgáltam. A süketszoba egyik sarkában elhelyezett, az előző feladatban is használt, Leybold 58707 típusú piezo hangszóróból 5 másodperc hosszúságú 80 dB hangnyomásszintű fehérzaj vizsgálójelet játszottam le. A hangszóró körül koordinátarendszer van elhelyezve, amelyről a kísérlet során leolvashatóak a szükséges információk (hangforrástól való távolság szögben kifejezve). Az

alanyok a hangszórótól 3 méterre, egy átalakított forgatható széken, fejük elfordítása, mozgatása nélkül ültek. Véletlenszerűen -90° és $+90^\circ$ között 45° -onként elforgatva vizsgáltuk a hangforrás helyének megállapítását és annak pontosságát. A vizsgálójelet meghallva a mutatóujjra erősített lézerpointer segítségével próbálták meghatározni a hangforrás helyét, rámutatva arra, vagy a koordináta-rendszerre (2. ábra).



2. ábra

Hangszóró körül elhelyezett koordináta rendszer, mutatóujjra erősített lézer pointer és bekötött szemű látó a hangforráslokalizációs mérés közben. Készítette: Répás József 2012.

A kísérletek első részében megvizsgáltuk, hogy két kísérlet között mennyi mozgatás szükséges ahhoz, hogy az alanyok emlékezetből ne tudják beazonosítani a hangszóró helyét. Arra a következtetésre jutottunk, hogy két-három darab 180° körüli elforgatás után, már nem tudják a hangszóró eredeti helyét beazonosítani.

Közepes mintaszámú kísérletben 50 látó (35 férfi és 15 nő), valamint 9 (4 férfi és 5 nő) látássérült segítségével független mintás t-teszt használatával bizonyítottam, hogy a hangszóróval szembe fordulva nincs szignifikáns különbség látók és látássérültek hangforrás lokalizációs képességeiben. 5 %-os szignifikancia szint mellett azonos varianciákhoz tartozó megfigyelt szignifikancia 27 % volt. A hangszórótól 45° -kal elfordulva jobbra vagy balra sincs szignifikáns különbség látók és látássérültek hangforrás lokalizációs képességeiben, a különbséget a véletlen okozza. 5 %-os szignifikancia szint mellett azonos varianciákhoz tartozó megfigyelt szignifikancia balra fordulva 57 %, jobbra fordulva 84 % volt. A hangszórótól 90° -kal elfordulva balra vagy jobbra sincs szignifikáns különbség látók és látássérültek hangforrás lokalizációs képességeiben, a különbséget a véletlen okozza. 5 %-os szignifikancia szint mellett azonos varianciákhoz tartozó

megfigyelt szignifikancia balra fordulva 59 %, jobbra fordulva 54 % volt. A 3. táblázatból kiolvashatók az egyes irányokhoz tartozó százalékos értékek, miszerint pl. a 90 fokban jobbra fordulva látók 52 %-a, látássérültek 44 %-a találta el a táblát, vagyis horizontálisan és vertikálisan is $\pm 10^\circ$ -os hibával lokalizálták a hangforrást. Ennél az iránynál sem a látók, sem a látássérültek nem tudták pontosan meghatározni a hangforrás helyét (cél). Hasonlóan, láthatóak a többi irányhoz hasonló eredmények is. Megfigyelhető, hogy mindkét csoportnál, szemben irányban volt legmagasabb a táblára mutatók és a célt eltalálók aránya.

3. táblázat

Hangforrás lokalizációs feladatban táblát és célt eltaláló látók és látássérültek megoszlása

	90°	45°	0°	-45°	-90°
Látók akik a táblára mutattak	52 %	60 %	74 %	72 %	70 %
Látók akik nem mutattak a táblára	48 %	38 %	22 %	26 %	28 %
Látók akik a célra mutattak	0 %	2 %	4 %	2 %	2 %
Látássérültek aki a táblára mutattak	44 %	56 %	78 %	67 %	67 %
Látássérültek akik nem a táblára mutattak	56 %	44 %	11 %	33 %	33 %
Látássérültek akik a célra mutattak	0 %	0 %	11 %	0 %	0 %

A táblát eltalálók abszolút hibái horizontális és vertikális irányban a 4. táblázatban láthatóak. Összehasonlítva férfiak és nők abszolút hibáit sincs szignifikáns különbség, az értékek az 5. táblázatban láthatóak.

4. táblázat

Látók és látássérültek abszolút hibái

	90°	45°	0°	-45°	-90°
Látók abszolút hibája horizontálisan	4,94°	4,85°	4,01°	5,49°	4,60°
Látók abszolút hibája vertikálisan	3,23°	3,47°	3,5°	3,99°	3,96°
Látássérültek abszolút hibája horizontálisan	6,25°	3,2°	3,56°	6,5°	7,25°
Látássérültek abszolút hibája vertikálisan	4,75°	4,00°	2,43°	3,33°	2,58°

5. táblázat

Nők és férfiak abszolút hibái

	90°	45°	0°	-45°	-90°
Nők abszolút hibája horizontálisan	5,43°	3,50°	4,83 °	5,25°	4,80°
Nők abszolút hibája vertikálisan	3,57°	2,90°	2,75°	2,21°	3,55°
Férfiak abszolút hibája horizontálisan	4,76 °	5,50°	3,65°	5,60 °	4,52°
Látássérültek abszolút hibája vertikálisan	3,11°	3,73°	3,83°	4,84°	4,11 °

Következtetések

A kidolgozott mérési eljárások alkalmasak látók és látássérültek hangforrás-lokalizációs képességeinek tudományos igényességű, megismételhető vizsgálatára. Az eredményeim megcáfolják azt a hipotézist, amely látássérültek kifinomultabb képességeiről, jobb lokalizációs képességeiről szól a fenti mérési körülmények között. A süketszobai „elől-hátul döntés” feladatokban, valamint hangforrás-lokalizációs kísérletekben nincs szignifikáns különbség látók és látássérültek képességei között. A jövőben bővítjük és kiegészítjük a mérést

további vak alanyokkal és újabb kísérletsorozatot tervezünk virtuális valóság szimulátorban.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak azoknak az önkénteseknek, akik a kísérletekben részt vettek, véleményükkel támogatták az eredményes kiértékelést ill. bármilyen módon közreműködtek a lebonyolításban. Készült a Magyar Állami Eötvös Ösztöndíj Támogatásával. Továbbá, a kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatást támogatta a Magyar Mérnökakadémia Alapítvány – Rubik Nemzetközi Alapítvány.

Irodalom

- [1] Wersényi György: Pszichoakusztika és az emberi térhallás alapjai: A 3D akusztikai információ átvitele és feldolgozása. Universitas-Győr Kht., 2012. 416 p. (ISBN :978-963-9819-76-4)
- [2] Wersényi, Gy, A sztochasztikus hallás és érzékelés: az akusztikai információ megragadásának szemlélete a hallás modellezésének figyelembevételével. Híradástechnika, Vol. LXII, Nr.3, 2007. március, pp.28-38.
- [2] Répás J, GPS alkalmazása a látók és látássérültek összehasonlító vizsgálatára. Hadmérnök, Vol. VI. Nr. 2 2011. június, pp. 244-257. http://hadmernok.hu/2011_2_repas2.pdf, Letöltve: 2011-09-22 15:28
- [3] Jacobson, W. H. The art and science of teaching orientation and mobility to persons with visual impairments. AFB Press, New York 1993
- [4] Degenhardt, H.- Murol, H. Mozgástréning vakok számára. Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Főiskola, Budapest, 1992
- [5] J. Blauert: Spatial Hearing. The MIT Press, MA, 1983
- [6] R. H. Domnitz, H. S. Colburn: Lateral position and interaural discrimination. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, pp. 1586-1598, 1977.