

Látássérültek hallásképességeinek összehasonlító vizsgálata mérnöki és társadalomtudományi szempontból

Comparative evaluation of hearing abilities of the visually impaired from the engineering and social point of view

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

Egyetemi docens, PhD hallgató, Egyetemi docens
Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar
9026. Győr Egyetem tér 1.
wersenyi@sze.hu, repas@sze.hu, kovacsg@sze.hu

Kivonat: A mindennapi életben köztudottként megtalálható ismeret, miszerint a vakok jobban hallanak, mint a látók, kellően kérdéses és érdekes téma ahhoz, hogy azt műszaki és egyéb gazdasági ill. társadalomtudományi szempontból megvizsgáljuk. Amíg előző a mérnöki mérés technikát hívja segítségül annak felderítésére, vajon igaz-e ill. milyen paraméterek mellett a fenti állítás; addig utóbbi ennek szélesebb körű behatását, a kutatások és azok eredményeinek gazdasági szempontjait, társadalmi hasznosulását vizsgálja. Egy széleskörű akusztikai vizsgálatsorozat során a szokásosnál nagyobb alanyszámú látássérült és bekötött szemű látók kontrollcsoportját összehasonlítva kerestük a választ a kérdésre szabadtéri (süketszobai), valós élethelyzetű (kültéri) ill. virtuális valóság szimulátorban elvégzett lokalizációs tesztek során. Összességében megállapítható volt, hogy a vakok – leszámítva az ún. echolokációs kísérletet – nem teljesítenek jobban, az eltérések statisztikailag nem szignifikánsak. A mérési eredmények bemutatása mellett egy hatáselemzést is végeztünk annak érdekében, hogy felderítsük a kutatás társadalomtudományi hasznosságát, amely túlmutat a szokásos gazdasági, anyagi megtérülést figyelembe vevő vizsgálaton.

Kulcsszavak: lokalizáció, hallórendszer, vak felhasználók, gazdaság, társadalmi hatás

Abstract: The question related to the hearing abilities of blind and visually impaired people has been an interesting research area for a long time. Engineering and medical approaches focus mostly on measurable parameters both in basic research and on the application level as well, as long social and economic research try to determine the wider scope and aspects of long-term investigations on this field. In a series of experiments comparative evaluation was made between blind and blindfolded sighted subjects in various acoustical environments, such as free-field (anechoic room), everyday-life (outdoor) and virtual reality. In summary, we concluded that blind people did not necessarily develop higher sensitivity, or better localization ability – except when using echolocation – in contrast to sighted subjects. After presenting the most important summarized results of the acoustic measurements the social and economical aspects will be also highlighted.

Keywords: localization, hearing system, blind subjects, economics, social impact

1. BEVEZETÉS

A mindennapi életben természetesnek vesszük azt a kijelentést, hogy a vakok és látássérültek valamilyen módon jobban hallanak látó társaiknál. Nemcsak a köznyelv és a populáris kultúra sugallja ezt, hanem néhány mindennapi tapasztalás is. Noha akusztikai vizsgálatok és mérési módszerek sokasága áll rendelkezésre, széleskörű, több paramétert – elsősorban a különböző típusú hangtereket – felölölő, nagy egyedszámú vizsgálat a témában nem készült. Léteznek pszichológiai, érzékeléstudományi, valamint orvosi vizsgálatok [1-11]. Továbbá, találhatók mérnöki megközelítésű vizsgálatok, melyek célja elsősorban a vakokat segítő alkalmazások, navigációs eszközök fejlesztése [12-17]. Közös jellemzője ezeknek a viszonylag kis alanszám (3-5) és az egymástól meglehetősen független megközelítés, amely során egy-egy specifikus kérdést vizsgálnak csak csupán, mint pl. a visszaverődések vagy egy gyógyszer hatását.

Vizsgálatunk fő célja volt, hogy egy több évet felölölő, legalább 30-50 vak és ezzel összemérhető számú látó kontrollcsoporttal végzett összehasonlító mérésekben vizsgáljuk, jobban teljesítenek-e a vakok a speciális lokalizációs feladatokban [17-19]. Az eredmények statisztikai kiértékelését követően felmértük, hogy milyen befektetett munkamennyiséget, ráfordított munkaórát, költségeket jelentett a kutatás és azok vajon milyen formában hasznosulhatnak. Nem elhanyagolható kérdés, hogy az ilyen jellegű kutatás, fejlesztés egy olyan célcsoportot céloz meg, amely jellemzően nem termel profitot. Kutatásainkat jórészt állami, alapítványi, nemzetközi ösztöndíjak fedezték, célja nem profittermelő eszközök és alkalmazások kifejlesztése volt, hanem jórészt alapkutatás.

2. AKUSZTIKAI MÉRÉSEK

A lokalizációs vizsgálatok az akusztikai, emberi térhallás-vizsgálatok tárgykörébe tartoznak [20-26]. Ezek közös jellemzője, hogy a kiértékelések szinte mindig szubjektív módon történnek (pszichoakusztika), önkéntes alanyok szóbeli vagy írásbeli visszajelzései alapján. A kiértékelések során statisztikai módszerekkel vizsgáljuk, hogy adott paraméter hatással van-e az (átlag)értékekre, mely különbségek tekinthetők szignifikánsnak stb.

A *lokalizáció* az a folyamat, amely során az ember a két fülébe érkező hangjel fizikai jellemzői és az agyi tanult folyamatok alapján előálló hangképben az egyes hangforrások irányát meghatározza, az irányinformációt kinyeri. A lokalizáció sok paraméter függvénye, melyek közül a legfontosabb maga a hangtér (a visszaverődések mennyisége, fejhallgató használata stb.), az alkalmazott gerjesztő jel milyensége (sáv szélessége, hossza, hangerőssége), a források száma, az alanyok életkora, neme és az elvégzendő feladat.

A hangtér szerepe döntő jelentőségű. Szabad hangtérnek nevezzük azt, ahol visszaverődésmentes környezetben szabadon terjed a hang minden irányban. Ezt süketszobában közelítőleg állíthatjuk elő. A mindennapi életben található hangterekben vannak reflexiók, hallórendszerünk ehhez szokott a legjobban, és mindennapi lokalizációs feladatainkat is itt oldjuk meg. Mindkettőre jellemző az, hogy a hallásélmény a saját fülünkön keresztül „természetes” módon alakul ki. Ezzel ellentétben virtuális hangtérnek tekintünk minden olyat, ahol fejhallgatón keresztül, digitális jelfeldolgozási és szűrési megoldások során az irányinformációt szabadtéri terjedést feltételezve szimuláljuk. Ebben az esetben lehetőség van „más fülön” keresztül is hallani, a hibák és a problémák száma pedig jelentősen megemelkedik. Általánosan igaz, hogy a szabadtéri hallás során a lokalizációs bizonytalanság kisebb, mint virtuális hangtérben. Minden esetben lényeges szempont a fejmozgás megléte vagy hiánya [27-29].

A vizsgálatok sokasága redukálható olyan alapvető feladatok megoldására, amelyek szinte szabványosnak tekinthetők, és célzottan vizsgálnak egy-egy jelenséget, mérhető paramétert vagy éppen lokalizációs hibát. Ezek legfontosabbika maga a *lokalizációs pontosság* vagy *bizonytalanság*, azaz, hogy hány fokos hibával képes valaki adott körülmények között egy hangforrás helyének abszolút meghatározására, vagy annak egy másikhoz lépési relatív megváltozásának felderítésére. Tipikusan konstans forrástávolság mellett a horizontális síkbeli és vertikális síkbeli „szemben” iránytól való eltéréseket mérjük, majd átlagoljuk. További gyakori lokalizációs hibák az alábbiak:

- elől-hátul irányok felcserélése „szemben” és „hátról” lévő forrás esetén [30],
- fejközép-lokalizáció, amely során a hangforrás a fejhez nagyon közel ill. a fejben belül okoz hallásérzetet [31],
- eleváció-eltolódás, amikor a forrás emelkedési szöge nagyobb, mint a valóságosnál [23].

A fejközép-lokalizáció szabadtéri hallásnál nem fordul elő, oka a fejhallgató alkalmazásában keresendő [32-33]. A mérési eredményeket erősen befolyásolhatja, hogy pontosan mire kérdezzük rá és miként szolgáltatja az alany válaszait. Nem mindegy, hogy az ujjal való mutogatás, a test odafordulása, szóbeli válaszok, rögzített válaszokból történő kiválasztás stb. adja a kimeneti választ.

A kísérletek gondos tervezést igényelnek, hiszen a kérdések és válaszok felvétele meghatározza a statisztikai kiértékelés módszereit is. Helyesen, ügyesen feltett kérdések, kvantitatíve gyűjthető válaszok lehetővé teszik az egyszerűbb statisztikák és varianciaanalízis módszereit. Esetünkben a statisztikai módszerek a kétmintás próbák közül célzottan alkalmazott páros, illetve független mintás tesztekre jelentettek, attól függően, hogy a mintavétel során az egyes mintákhoz tartozó megfigyelési egységeink között volt-e egyértelmű megfeleltetés. A relatíve kis számú megfigyelés, illetve az egyes vizsgálati ismérvek sokasági varianciáinak nem ismert értéke volt, ami kizárta az ún. nagymintás tesztek alkalmazását. A kétmintás t-teszt használata előtt – Levene-teszt segítségével – vizsgáltuk az azonos sokasági varianciák egyezését, és következtetéseinket ennek figyelembe vétele alapján hoztuk meg. Nem teszteltük ugyanakkor az egyes vizsgálati sokaságok adott ismérvi szerinti normalitására vonatkozó feltételezését. A szokványosan alkalmazott 5%-os szignifikancia szint mellett minden teszthez kiszámításra került a megbízhatóságról számot adó p-érték is.

2.1 Audiológiai szűrés

A hallásvizsgálatok egyik alapvető lépése az audiológiai vizsgálat. Ennek során szabványosított klinikai audiométerrel vizsgáljuk az alanyok esetleges halláskárosodását. Ez különösen fontos volt a vak-látó összehasonlító vizsgálatban, hiszen visszajelzést kapunk arról, vajon a perifériális hallórendszer szintjén van-e különbség a két csoport között. Más szóval, érzékenyebb-e a hallásuk a vakoknak, hallásküszöb-görbéjük jobb-e látó társaiknál? Tekintettel arra, hogy látó emberek audiométeres eredményei hozzáférhetők és nem jelentenek újdonságot, esetünkben csak a vak alanyokat vizsgáltuk. Az 1. ábra mutatja a kísérletben résztvevő vakok átlagos audiogramját a bal és a jobb fülre nézve, ANSI-szabvány szerinti süketesszobai klinikai audiométeres teszt során. Ez a vizsgálat nem mutatott semmilyen jelentős különbséget, eltérést a megszokott eredményektől, így látható, hogy ebben a paraméterben nincs különbség vakok és látók között.



1. ábra. Vakok átlagos audiogramja bal és jobb fülre nézve.

A továbbiakban három nagy csoportra osztva foglaljuk össze a mérési elrendezések bemutatását, a kísérletek lefolyását és az eredmények bemutatását, értelmezését.

2.2 Szabad hangterű lokalizációs feladatok

A szabad hangterű lokalizációs feladatokból kettőt választottunk ki, amelyeket a lipcsei egyetem süketszobájában hajtottuk végre. Az első kísérlet egy klasszikus abszolút lokalizációs tesztet jelentett, amely során az alanyoknak különféle hangforrási irányokat kellett a horizontális síkban azonosítaniuk egy az ujjukra erősített lézerpointer segítségével. A másik feladatban elől-hátul döntéseket kellett meghozni négy különféle hosszúságú, véletlen sorrendű fehérzaj-sorozat lejátszása során.

A két csoport eredményei (átlagai) között a statisztikai analízis nem mutatott szignifikáns különbséget, az elkövetett hibák nagysága (fokban megadva, vagy elől-hátul hibák darabszámát tekintve) független volt az alany látóképességétől, az eltérések pusztán a véletlennek tulajdoníthatók.

2.3 Valós élethelyzetű kültéri navigációs feladatok

A valós életszituációk annyiban különböznek az előzőektől, hogy bár a saját hallórendszerünkkel dolgozunk, a süketszobából kilépve a reflexiók száma megnő, legyen az kültéri helyszín vagy beltéri helység. Esetünkben, mivel vakok tájékozódását szerettük volna felmérni, kültéri helyszínt és két olyan kísérletet választottunk, amely a vakok számára fontos. Felkészítésük során is ezekkel tréningezik őket. Az első ilyen vizsgálat az ún. *egyenestartás*, az a képesség, hogy mennyire képes valaki külső vizuális ill. akusztikus ingerek nélkül egyenesen menni [3-8, 17]. A másik kísérlet az *echolokációs* képességek vizsgálatára irányult. Itt a visszaverődések közvetlen hasznosításról van szó, amely lehetővé teszi tárgyak, falak, akadályok megtalálását.

Az egyenestartás-kísérletben akusztikai segítség nélkül, ill. két különböző akusztikai jelet követve is mértük GPS-nyomkövetéssel a séták idejét, lefolyását, céltól való hibáját. A séta egy 40 méteres egyenes lett volna egy kültéri betonozott kézilabdapályán. Megállapítottuk, hogy a két csoport között nincs szignifikáns különbség: sem a vakok, sem a bekötött szemű látók nem képesek egyenesen menni akusztikai segítség nélkül; továbbá, mindkét csoport azonos módon feljavulva, szinte hibátlanul képes ugyanerre, ha rendelkezik akusztikai támponttal, amelyet követhet. Esetünkben ez egy a célban elhelyezett hangszórót jelentett.

Ugyanakkor, a másik kísérletben a vakok szignifikánsan jobban teljesítettek. A feladat során a fehér bottal a betonozott járdán kellett kopogtatni, és egy fal mellett elhaladva a reflexiókat érzékelve a fal végének helyét (értsd: a sarok helyét) megállapítani. A vakok ebben a feladatban nem követtek el negatív hibát, azaz nem jelezték túl korán a fal végét és csak minimális pozitív hibával a sarok helyét. Ez valójában az a pont lenne, ahol ők befordulnának a valós életben anélkül, hogy balesetet szenvednének. A bekötött szemű látók azonban sokkal nagyobb mértékű és számú hibát vétettek (méterben megadva) a sarok előtt és után jelezve. Ez volt az egyetlen kísérlet, ahol statisztikailag igazolható volt a „jobb hallás” a vakok javára.

2.4 Virtuális hangtérben elvégzett lokalizációs feladatok

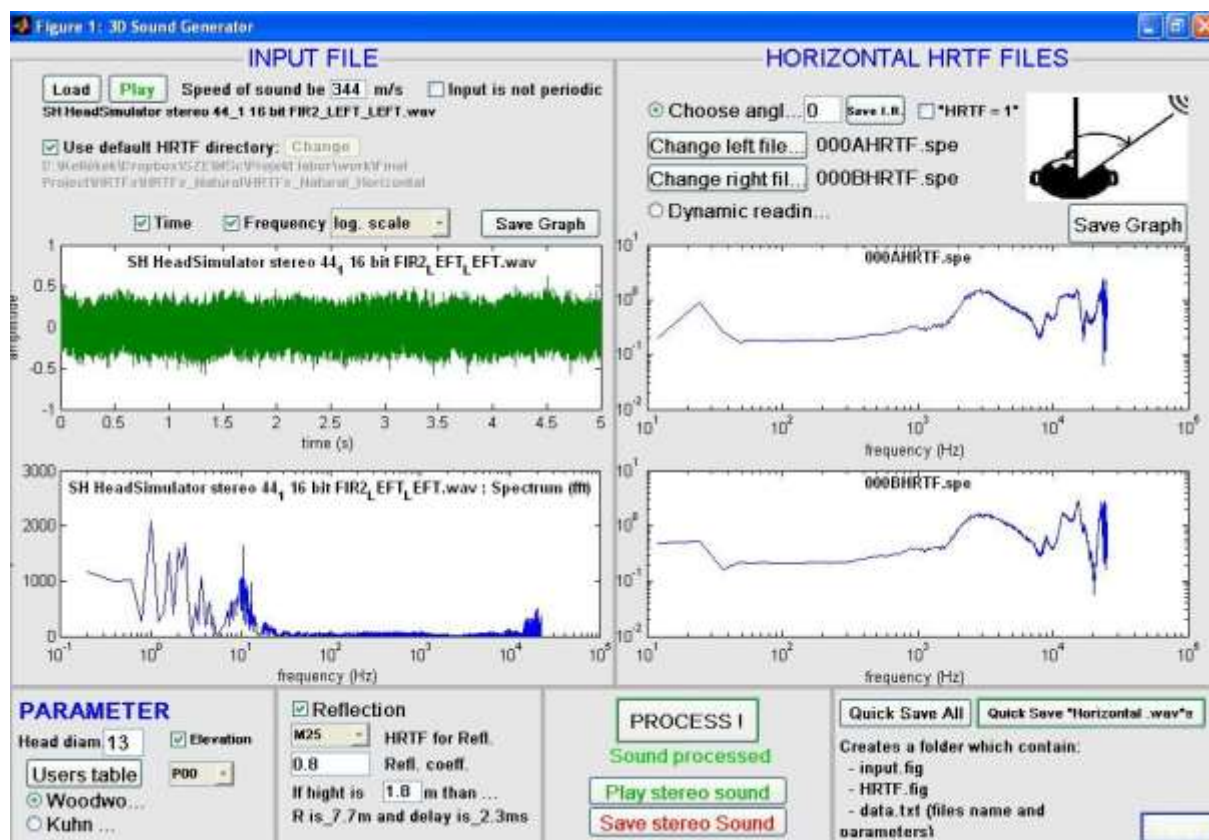
Időben a kísérletek során a virtuális hangtérbeli tesztek voltak az elsők. Előnye az ilyen vizsgálatoknak, hogy egy szállítható számítógép és fejhallgató segítségével végrehajthatók, valamint, hogy időben a látókkal történt vizsgálatssorozatot követve közvetlenül történhetnek. A kiindulási feltételezés szerint a virtuális hangtér okozta zavarok (fejhallgató hatása, más ember fülének virtuális használata stb.) kellően nagyok lesznek ahhoz, hogy az esetleges különbségek látók és vakok között eltűnjenek. Ez megalapozná azt a feltételezést, hogy ilyen jellegű vizsgálatokhoz akkor sem szükséges vak alany, ha a célcsoport egyébként a vak felhasználók. Látó alanyok szervezése mindig egyszerűbb és könnyebb, amely olcsóbbá és gyorsabbá teheti az olyan eszközök és alkalmazások fejlesztését, amely fejhallgatón át történő irányszimulációt alkalmaz.

A virtuális hangtérben is több feladatot kellett megoldani, melynek során vizsgáltuk a fejközép-lokalizáció meglétét, az elől-hátul hibákat, horizontális síkbeli mozgó források detektálását ill. 2D virtuális felületen történő forrás azonosítást. Noha a vakok mutattak enyhe különbséget a látókkal szemben, ez arra korlátozódott, hogy kevesebb volt az elől-hátul hibájuk, azaz ritkábban mondták azt, hogy a forrás hátul van. Talán a mindennapi életükben ezzel a szituációval találkozhatnak többen, de kielégítő magyarázatot nem találtunk az eltérésre. Összességében – leszámítva ezt a kérdést – a virtuális tesztekben sem mutatkozott jelentős különbség a csoportok között, mindenkinek meglehetősen nehéz volt a feladatok elvégzése.

3. ALKALMAZÁSOK

Ennek a kísérletsorozatnak alapvető célja alapkutatás jellegű volt. Párhuzamosan azonban több olyan feladat is előkerült, amely konkrét alkalmazásokat és felhasználási területeket célozott meg, elsősorban a szoftveres és információtechnológiai oldalon.

Az egyik legfontosabb alkalmazás-fejlesztés egy olyan virtuális hangtér-szimulátor program kifejlesztése volt, amely alkalmas a térhallás-vizsgálatok számára legfontosabb paraméterek beállítására, azok tesztelésére [34]. A MATLAB környezetben futó program képes tetszőleges bemeneti gerjesztéshez a meglévő műfajes adatbázis felhasználásával fejhallgatón át történő hangtér-szimulációra. Ebbe beletartozik az individuális paraméterek, a fejméret beállítása, a fejhallgató kiegyenlítése vagy egyéb környezeti paraméterek (pl. visszaverődések) beállítása is. A program kezelőfelületén (2.ábra) át könnyen vezérelhető, az eredmények megjeleníthetők, kimenthetők, wave-fájlba exportálhatók. A virtuális valóságban végzett tesztsjeink egy része ennek felhasználásával történt, de a fejlesztés folyamatos.



2. ábra. A virtuális valóság szimulátor frissített, kibővített kezelőfelülete, amellyel szinte minden szükséges paraméter állítható további vizsgálatok céljára is.

Hasonlóan a fentiekhez, külön vizsgáljuk a modern mobil eszközök számára történő fejlesztéseket, elsősorban okostelefonok számára android platformon. Ezek egyik része konkrétan a vakokat segítő alkalmazások lehetnek, mint pl. menü navigáció segítése, ikonikus hangtár létrehozása, egyenestartást segítő alkalmazások stb. Külön érdekesség annak felderítése, mennyire pontos és használható e készülékek beépített érzékelői (giroszkóp, gyorsulásérzékelő) a virtuális szimulátor számára. A kérdés, hogy rendelkezik-e egy okostelefon kellő pontossággal és kis látenciával ahhoz, hogy vezeték nélküli kapcsolatban a számítógéppel képes legyen az alany test- ill. fejhelyzetét érzékelni és az adatokat valós időben továbbítani. Elkészült egy android alatt futó giroszkópos adat rögzítő alkalmazás, amelynek pontosság- és felhasználhatósági vizsgálata jelenleg is folyik.

Az alkalmazások közé tartoznak azok a fejlesztések is, amelyek többé-kevésbé használnak számítástechnikai eljárásokat, de céljuk az önállóan is használható, tájékozódást és közlekedést segítő eszközök kifejlesztése. Ezeket asszisztív technológiáknak nevezzük. Az O&M (Orientation and Mobility) rendszerek közé tartoznak az ún. ETA (Electronic Travel Aids) rendszerek vakok számára, amely használhatja a fehér botot, viselhető eszközöket, kamerát vagy éppen fejhallgatót. A modern korszak követve, sokszor igyekszünk a manapság mindenki által elérhető okostelefonok szolgáltatásait is kihasználni.

4. GAZDASÁGI ÉS TÁRSADALOMTUDOMÁNYI MEGKÖZELÍTÉS

A látássérültek, illetve általánosságban a társadalmilag hátrányos helyzetű csoportok, mint végső „kedvezményezettek” irányába folytatott, mérnöki megközelítésű alap és alkalmazott kutatások esetén – már csak az eredmények interpretálhatósága okán is – különösen fontos egyfajta multidiszciplináris szemlélet alkalmazása. Ez a megközelítés ilyen esetekben túl kell, hogy mutasson a műszaki megvalósíthatóságra, sőt a csupán gazdasági értelemben vett előnyök és hátrányok értékelésén is. A kutatás eredményességét ugyanis elsősorban társadalmi szinten ítéltjük meg és az ehhez szükséges hatáselemzéshez részletesen ismernünk kell azokat a társadalmi problémákat, melyek megoldása a mérnöki kutatás végső és alapvető célja kell, hogy legyen.

A látássérültek hátrányos társadalmi helyzetének egyik szélsőséges formája lehet a társadalmi kirekesztődés. Ez túlmutathat a jövedelmi szegénységen és egyben az alapvető jogok, valamint a teljes jogú társadalmi tagság csorbulását, a társadalmi részvétel korlátozottságát jelentheti [35].

A fogyatékos emberek társadalmi problémái tehát nem elsősorban azért jelentkeznek, mert önmagukban fogyatékosok, hanem mert olyan környezetben léteznek, amely csak magasabb társadalmi felelősséggel (lehet) képes a helyzetüket értékelni és arra pozitív módon reagálni. Problémáik tehát elsődlegesen haladóbb társadalmi szemlélettel és integrációval küszöbölhetők ki [36]. A társadalmi integrációt a komplex rehabilitáció, mint cél és tevékenység biztosíthatja. Az orvosi, pedagógiai és foglalkoztatási rehabilitáció mellett kiemelt jelentőségű a szociális rehabilitáció, amely egyben a fogyatékosok életvitelt segítő eszközökkel való ellátását is jelenti. Látássérültek esetén a szociális innováció egyik célterülete tehát a szociális rehabilitáció műszaki eszközökkel, fejlesztésekkel lehetővé tétele, támogatása lehet.

A szociális célokat kitűző és megvalósítani kívánó fejlesztések esetén azonban nem lehet kizárólagosan a piaci mechanizmusok működésére bízni a projekt sikerét. Ezen a területen tehát fontos szerepe van az állami szerepvállalásnak is, mivel a piaci erők önmagukban kudarcot vallanak. Ezek a piacok tehát az állami beavatkozás célpontjai, csak így valósítható meg a társadalmi jólét növekedése [37].

A piaci erők kudarcra miatt tehát szociális innovációk esetén kiemelt jelentősége van az ún. közösségi – elsődlegesen nem profit-alapon működő – projektek értékelésének. Ez részben másfajta szemléletmódot, részben más eszközrendszert igényel. A szociális innovációkat megvalósító műszaki projektek hatáselemzés során ugyanakkor ugyanúgy törekedni kell a várható hasznok és költségek monetarizálására (pénzben való mérésére) is.

A fogyatékos emberek társadalmi problémáira koncentrálnak műszaki fejlesztések esetén elsődleges projektértékelési eljárásaként célszerű a költség-haszon elemzést alkalmazni. Ennek pénzügyi részében az adott műszaki megoldásra vonatkozóan a beruházónál felmerülő kiadásokat és bevételeket vesszük figyelembe cash-flow alapon (tehát csak a ténylegesen befolyó bevételek és

kifizetésre kerülő kiadások számítanak), illetve a pénzügyi fenntarthatóságot vizsgáljuk. Ezen túllépve a közgazdasági költség-haszon elemzés alkalmazásakor a projekt teljes társadalmi hasznosságát és költségeit számszerűsítjük. Ennek megfelelően elkülönül a pénzügyi nettó jelenérték (Financial Net Present Value) és a gazdasági nettó jelenérték (Economic Net Present Value) alkalmazásának technikája. Előbbi a pénzügyi megtérülést vizsgálja, míg utóbbi azt számszerűsíti, hogy a projekt mekkora jólét-növekedést eredményez az adott társadalom (régió, ország) számára [38].

A társadalmi jólét mérésének ugyanakkor számos elméleti, módszertani és gyakorlati problémája merülhet fel [39]. Közösségi projektek esetén ráadásul komoly kihívást jelent – de mindenképpen figyelembe veendő – a fejlesztés hosszú távú társadalmi hasznossága, a hasznosság és a költségek generációk közötti megosztásának kérdése [40]. Ez alatt azt értjük, hogy az adott innováció megvalósításának költségei, illetve hasznai mely generációkat és milyen mértékben érintenek. Szociális innovációk esetén tehát az ún. társadalmi diszkontrátát kell számszerűsíteniünk, mely a közösségi jelenlegi és jövőbeli hasznok átváltása közötti egyenértékűségét mutatja meg [41].

A korábban jelzett projektértékelési problémák és kihívások mellett szociális innovációk esetén számolni kell azzal az esettel is, amikor a kutatás és az innováció eredménye nem valamely fizikai eszközben, hanem szellemi javak formájában jelenik meg [42]. Ezen módszertani problémák megoldását a közelmúltban - az Európai Beruházási Bank által készített módszertani útmutatókkal párhuzamosan - számos kutatási projekt tűzte ki célul.¹

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A látássérültek hallásképességének összehasonlító vizsgálata – végső társadalmi célját tekintve – szociális innovációt megalapozó kutatásnak tekinthető. Mérnöki szempontból az akusztikai méréstechnika szinte összes lehetséges változatát kipróbálva sem mutatkozott vakok és látók között szignifikáns hallásképességbeli különbség. Ez alól az egyetlen igazi kivétel az echolokáció volt, amikor a mesterségesen előidézett reflexiók megváltozásából a vakok pontosabban tudták az akadályt (ill. annak hiányát) detektálni. Ezt a képességet csak közvetve nevezhetjük „jobb hallásnak”, hiszen egyértelműen tanult folyamatról van szó. Informális beszélgetések során a vakok sem gondolták magukról, hogy jobban hallanak, ugyanakkor figyelem és fókuszálási képességükre jobban támaszkodnak. Így az eredmények lényegében a közismertnek tekintett mítosz lerombolásában működtek közre. Ez hasonló eredmény ahhoz a megállapításhoz, miszerint a vakok jó része nem képes a Braille-írás olvasásának elsajátítására sem: nem mindenki képes az ujjain kifejleszteni azt az érzékenységet, amellyel a karakterek felismerhetők lennének. A vizsgálatokba bevont alanyok száma más pl. orvosi kísérletekhez képest nem olyan jelentős, a szokványos vakokkal dolgozó vizsgálatokhoz képest azonban számossága meglehetősen nagy.

Annak ellenére, hogy a vizsgálatok eredményei nem igazoltak lényegi eltérést és a vizsgálat alap kutatás-jellegű volt, a kutatás hatásainak vizsgálata és projektértékelési módszerekkel történő elemzése során lehetséges jelentős, monetáris formában is jelentkező hasznokat is felmutatni. A munka gyakorlati hasznossága társadalmi szinten ugyanis mérhetővé tehető azon kvázi közösségi projektek jövőbeli megvalósításának költségei segítségével, melyek a jelen kutatás által kizárt irányba történtek (történhetek) volna.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak azoknak a résztvevőknek, 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

¹ Ilyen volt például a FenRIAM projekt (<http://www.fenriam.eu>)

program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

7. IRODALOM

- [1] **C. MOHR, A. LIEVESLEY**, "Test-retest stability of an experimental measure of human turning behaviour in right-handers, mixed-handers, and left-handers," *Laterality*, vol. 12, no. 2, pp. 172–190, 2007.
- [2] **A. CHEUNG, S. ZHANG, C. STRICKER, M. SRINIVASAN**, "Animal navigation: The difficulty of moving in a straight line," *Biol. Cybern.*, vol. 97, no. 1, pp. 47–61, 2007.
- [3] **H. S. BRACHA, D. J. SEITZ, J. OTEMAA, S. D. GLICK**, "Rotational movement (circling) in normal humans: Sex difference and relationship to hand, foot and eye preference," *Brain Research*, vol. 411, no. 2, pp. 231–235, 1987.
- [4] **J. L. SOUMAN, I. FRISSEN, M. N. SREENIVASA, M. O. ERNST**, "Walking Straight into Circles," *Current Biology*, vol. 19, no. 18, pp. 1538–1542, August 2009.
- [5] **Y. TAKEI, R. GRASSO, M.-A. AMORIM, A. BERTHOZ**, "Circular trajectory formation during blind locomotion: a test for path integration and motor memory," *Experimental Brain Research*, vol. 115, no. 2, pp. 361–368, 1997.
- [6] **C. MOHR, T. LANDIS, H. S. BRACHA, M. FATHI, P. BRUGGER**, "Human locomotion: levodopa keeps you straight," *Neuroscience Letters*, vol. 339, no. 2, pp. 115–118, March 2003.
- [7] **D. F. PIPER**, "Eye movements and vestibulo-ocular reflex in the blind," *Journal of Neurology*, vol. 234, no. 5, pp. 337–341, June 1987.
- [8] **D. GUTH, AND R. LADUKE**, "The veering tendency of blind pedestrians: An analysis of the problem and literature review," *J. Vis. Impair. Blind.*, vol. 88, no. 5, pp. 391–400, 1994.
- [9] **J. J. RIESER, AND E. A. RIDER**, "Young children's spatial orientation with respect to multiple targets when walking without vision," *Developmental Psychology*, vol. 27, no. 1, pp. 97–107, 1991.
- [10] **I. STARLINGER, AND W. NIEMEYER**, "Do the blind hear better? Investigations on auditory processing in congenital or early acquired blindness. I. Peripheral functions," *Audiology*, vol. 20, pp. 503–509 (1981 June).
- [11] **N. LESSARD, M. PARE, F. LEPORE, M. LASSONDE**, "Early-blind human subjects localize sound sources better than sighted subjects," *Nature*, vol. 395, pp. 278–280 (1998 Sept.).
- [12] **A. DUFOUR, O. DESPRES, V. CANDAS**, "Enhanced sensitivity to echo cues in blind subjects," *Exp. Brain Res.*, vol. 165, pp. 515–519 (2005 July).
- [13] **Y. SEKI**, "Acoustical design of city for the visually handicapped," *J. Acoust. Soc. Jpn.*, vol. 54, pp. 387–392 (1998).
- [14] **S. CARDIN, D. THALMANN, F. VEXO**, "A wearable system for mobility improvement of visually impaired people," *Visual Computer*, vol. 23, pp. 109–118 (2007).
- [15] **O. LAHAV, D. W. SCHLOERB, S. KUMAR, M. A. SRINIVASAN**, "BlindAid: a Learning Environment for Enabling People who are Blind to Explore and Navigate through Unknown Real Spaces," in *Proc. of Conference on Virtual Rehabilitation* (2008), pp. 193–197
- [16] **A. DOBRUCKI, P. PLASKOTA, P. PRUCHNICKI, M. PEC, M. BUJACZ, P. STRUMILLO**, "Measurement System for Personalized Head-Related Transfer Functions and Its Verification by Virtual Source Localization Trials with Visually Impaired and Sighted Individuals," *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 58, pp. 724–738 (2010)
- [17] **GY. WERSÉNYI, J. RÉPÁS**, "The Influence of Acoustic Stimuli on "Walking Straight" Navigation by Blindfolded Human Subjects," *Acta Technica Jaurinensis*, vol. 5, no. 1, pp. 1–18 (2012).
- [18] **WERSÉNYI GYÖRGY**, Virtual Localization by Blind Persons, *Journal of the AES* 60:(7/8) pp. 568–579. (2012)
- [19] **WERSÉNYI GYÖRGY**, Auditory Representations of a Graphical User Interface for a Better Human-Computer Interaction. In: S. Ystad et al (szerk.) *Auditory Display: CMMR/ICAD 2009 post proceedings edition, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 5954*, Berlin: Berlin, Springer, 2010. pp. 80–102.

- [20] **WERSÉNYI GYÖRGY**, Pszichoakusztika és az emberi térfhallás alapjai: A 3D akusztikai információ átvitele és feldolgozása. Győr: Universitas-Győr Kht., 2012. 416 p. (ISBN :978-963-9819-76-4)
- [21] **WERSÉNYI GYÖRGY**, Virtuális hangtérszimuláció és a binaurális technológia. Híradástechnika 62:(2) pp. 25-32. (2007)
- [22] **WERSÉNYI GYÖRGY**, A sztochasztikus hallás és érzékelés: az akusztikai információ megragadásának szemlélete a hallás modellezésének figyelembevételével. Híradástechnika 62:(3) pp. 28-38. (2007)
- [23] **J. BLAUERT**, Spatial Hearing. The MIT Press, MA, 1983.
- [24] **W. M. HARTMANN**, How we localize sound. Physics Today, pp. 24-29, 1999 November.
- [25] **J. C. MIDDLEBROOKS, D. M. GREEN**, Sound localization by human listeners. Ann. Rev. Psychol. 42, pp. 135-159, 1991.
- [26] **H. MOLLER**, Fundamentals of binaural technology. Applied Acoustics 36, (1992), pp. 171-218.
- [27] **M. KLEINER, B. I. DALENBÄCK, P. SVENSSON**, Auralization – an overview. J. Audio Eng. Soc. 41, pp. 861-875, 1993.
- [28] **C. I. CHENG, G. H. WAKEFIELD**, Introduction to Head-Related Transfer Functions (HRTFs): Representations of HRTFs in Time, Frequency, and Space. J. Audio Eng. Soc. 49, pp. 231-249, 2001.
- [29] **D. R. BEGAULT, E. WENZEL, M. ANDERSON**, Direct Comparison of the Impact of Head Tracking Reverberation, and Individualized Head-Related Transfer Functions on the Spatial Perception of a Virtual Speech Source. J. Audio Eng. Soc. 49(10), pp. 904-917, 2001.
- [30] **P. A. HILL, P. A. NELSON, O. KIRKEBY**, "Resolution of front-back confusion in virtual acoustic imaging systems," J. Acoust. Soc. Am., vol. 108, pp. 2901-2910 (2000).
- [31] **P. LAWS**, Entfernungshören und das Problem der Im-Kopf-Lokalisierung von Hörerignissen. Acoustica 29, pp. 243-259, 1973.
- [32] **WERSÉNYI GYÖRGY**, A fejhallgató szerepe virtuális hangtérszimulációban. Híradástechnika 65:(1-2) pp. 9-18. (2010)
- [33] **WERSÉNYI GYÖRGY**, Fejhallgató-kiegyenlítés a virtuális hangtérszimulációban: mérés és implementáció. Akusztikai Szemle 10:(1-2) pp. 47-52. (2010)
- [34] **WERSÉNYI GYÖRGY**, Evaluation of a Matlab-based virtual audio simulator with HRTF-synthesis and headphone equalization, Proceedings of the 18th International Conference on Auditory Display (IC AD 12). Atlanta, USA, 2012.06.18-2012.06.22. pp. 221-224.
- [35] **DARVAS ÁGNES, JUHÁSZ GÁBOR, TAUSZ KATALIN**, A kormányzásról (governance) és a társadalmi kirekesztésről. Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium, Társadalmi befogadás kutatások 2003-2004,
<http://szmm.gov.hu/download.php?ctag=download&docID=849>
- [36] **LOVÁSZY LÁSZLÓ**, A fogyatékos emberek helyzetéről – a filozófiától a demográfiáig. Kapocs, 5. évf. 1. szám, 2-9. o.
- [37] **KISS FERENC LÁSZLÓ**, Bevezetés a szabályozás gazdaságtanába in Verseny és szabályozás, 2007. Évkönyv, szerk. Valentiny Pál, Kiss Ferenc László, Nagy Csongor István. MTA KRTK Közgazdaság-tudományi Intézet, Budapest, 11-95.o.
- [38] **EC**: Guidance on the methodology for carrying out cost-benefit analysis. European Commission, Working Document No. 4, 08/2006
http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/2007/working/wd4_cost_en.pdf
- [39] **GÉBERT JUDIT**, A jólét mérésének elméleti alapjai és problémái in Bajmóczy Zoltán-Lengyel Imre – Málovics György (szerk.): Regionális innovációs képesség, versenyképesség és fenntarthatóság. JATEPress, Szeged, 303-317.o.
- [40] **WEITZMAN, M.**: Gamma Discounting. American Economic Review, 91(1), pp. 260-271
- [41] **PÁLINKÓ ÉVA, SZABÓ MÁRTA**, A társadalmi diszkontráta alkalmazása a közösségi projektekben. Pénzügyi Szemle, LVII. évf., 2012/2. szám, 198-212 o.
- [42] **DRÈZE, J., STERN, N.**, Policy reform, shadow prices, and market prices, Journal of Public Economics, 42, 1-45