

2014. 05. 03.

OTDK Dolgozat

# **Milyen érzelmi háttérrel tulajdonítanak az emberek kutya és ember vokalizációknak?**

Marx András (H9OLP1)

Biológia BSc

ELTE - Etológia Tanszék

Témavezető: Dr. Faragó Tamás



**TARTALOMJEGYZÉK**

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>Tartalomjegyzék .....</b>            | <b>2</b>  |
| <b>Összefoglaló.....</b>                | <b>3</b>  |
| <b>Bevezetés.....</b>                   | <b>4</b>  |
| <b>Célkitűzések .....</b>               | <b>11</b> |
| <b>Anyagok és módszerek .....</b>       | <b>11</b> |
| <i>Alanyok .....</i>                    | <i>11</i> |
| <i>Hangminták .....</i>                 | <i>12</i> |
| <i>A kérdőív .....</i>                  | <i>12</i> |
| <i>Akusztikus paraméterek .....</i>     | <i>13</i> |
| <i>Adatelemzés és statisztika .....</i> | <i>13</i> |
| <b>Eredmények .....</b>                 | <b>15</b> |
| <b>Diskusszió.....</b>                  | <b>21</b> |
| <b>Szerzői hozzájárulás .....</b>       | <b>26</b> |
| <b>Irodalom .....</b>                   | <b>26</b> |
| <b>Függelék.....</b>                    | <b>31</b> |

## ÖSSZEFOGLALÓ

A szociális robotika, a rohamosan fejlődő tudományterület a robotika, egy oldalága, amely az ember környezetébe könnyen integrálható, és szociális viselkedésre képes robotok fejlesztésével foglalkozik. Ez a problémakör azonban kétirányú, nem elegendő, ha a robot szociálisan viselkedik, szükséges az is, hogy az ember számára elfogadható és értelmezhető legyen, ezért fontos, a szociális viselkedés biológiai megalapozottsága.

A szociális viselkedés egyik alapvető része az érzelemkifejezés. Érzelmeket kifejezhetünk több módon is például hangadással. Jelen dolgozatban a hangok érzelemkifejezésének hátterével foglalkozunk, vagyis azzal, hogy milyen mechanizmusok működnek vokális érzelemkifejezések feldolgozásában, léteznek-e fajtól független szabályszerűségek a hang neurális értékelésekor. Azt szeretnénk megállapítani, hogy a hang értékelése evolúciósan valóban úgy alakult-e, hogy fajtól függetlenül értelmezhető legyen annak érzelmi háttere.

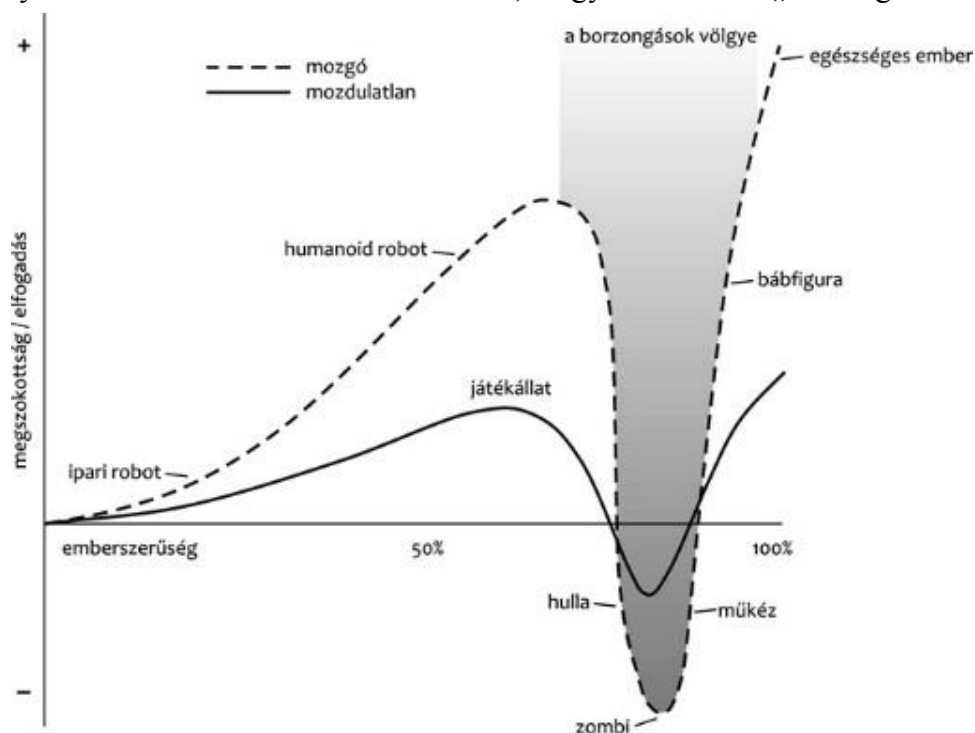
Ezt egy kérdőívvel vizsgáltuk, ahol egy két-dimenziós koordináta-rendszerben kellett megjelölni a kitöltő embereknek, a hallott hang érzelmi töltetét a vízszintes, az intenzitását a függőleges tengelyen. Ezeket az adatokat vetettük össze a hangok mért akusztikus paramétereivel. Eredményeink szerint az emberek számára a hangnak az érzelmi töltetét leginkább a hang hossza, az intenzitását pedig a hang alaphérfkvenciája befolyásolta. Minél hosszabb volt a hang, annál negatívabb érzelmet társítottak hozzá a kitöltők, és minél magasabb volt az alaphérfkvenciája a hangnak, annál intenzívebbnek tartották.

A fentiek alapján, azt mondhatjuk, hogy különböző fajok érzelemkifejező hangjait hasonló módon értékeli az ember, és így az eredményeinkből következő szabályszerűségekre építve a robot, az ember számára értelmezhető érzelemkifejezésekre, és az emberi érzelmek megfelelő értékelésére is képessé válhat.

**BEVEZETÉS**

Az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt kapott a robotikán belül a szociális robotika, melynek célja az emberekkel szoros közelségben élő társrobotok fejlesztése. Fong és munkatársai 2003-ban a szociális robotok tulajdonságaival foglalkozó tanulmányukban foglalták össze, hogy egy szociális robotnak milyen antropomorf tulajdonságokkal kell rendelkeznie, reaktívnak kell lennie az emberi viselkedésre és képesnek lennie arra, hogy szociális interakcióba lépjen az emberrel. Ilyen tulajdonságok lehetnek például a magas szintű kommunikációs készség, emberszerű viselkedés formák használata, személyiség bizonyos szintű megjelenése, és hogy tudjon érzelmeket kifejezni illetve azokat felismerni (1). Ez azonban a mai technikai körülmények között még nem megvalósítható, mind hardveres mind szoftveres korlátok miatt. A helyzetet bonyolítja a „borzongások völgye” (Ábra 1.) jelenség, ami azt jelenti, hogy egy, az emberrel kapcsolatban lépő robot, amely emberszerű megjelenéssel bír, de a viselkedése nem emberszerű, az inkább taszítja az embert. Bár ez a kifejezés ma már elfogadott pszichológiai jelenségre utal, a pontos eredetét még nem ismerjük, több hipotézis is született már a magyarázatára. Egyesek szerint ez a viselkedés, a betegségek elkerüléséhez kapcsolódik, oly módon, hogy furcsán mozgó, reagáló beteg élőlényeknek a megjelenése élőlényyszerű volt, de mégis adaptív volt elkerülni őket (2). Mások szerint, az arcvonásokat feldolgozó idegi mechanizmusok beindulnak a mesterséges ágensek látványától, de, mivel az egyes részletek nem felelnek meg a kialakult és megszokott esztétikai normáknak (pl. vitalitás, bőr minősége), és így ezek a „borzongások völgyébe” esnek (3, 4). Egy közöségi makákókon (*Macaca fascicularis*) végzett kísérletben, Steckenfinger és Ghazanfar megvizsgálták, hogy hogyan reagálnak az állatok valódi makákó arcra, vagy valósszerű illetve nem realisztikus megjelenésű makákó arcra. Azt kapták eredményül, hogy a nem realisztikusra és a valódira néztek a leghosszabb ideig a valósszerűre rövidebb ideig néztek, mintegy elkerülve azt, ami azt mutatja hogy a makákók vizuális viselkedésére pont úgy jellemző a „borzongások völgye” mint az emberre (5). Az 1. ábrán a „borzongások völgyének” egy vizualizációja látható, melynek vízszintes tengelyén az emberszerűségét, a függőlegesen pedig az ágenseknek az emberek körében vett elfogadottságát ábrázolták. Azt láthatjuk, hogy egy mozgó robot vagy tárgy esetében (szaggatott vonal) az emberszerűség növekedésével egy pontig meredeken nő az emberek a mozgó robotba vagy tárgyba vetett bizalma, de egy ponton ez megáll, és hirtelen zuhan viszolygásba. A nem mozgó tárgyak vagy robotok (folytonos vonal) esetében ez nem növekszik olyan meredeken, de nem is zuhan olyan alacsony értékre. A vonalakon jelölték az egyes mozgó „tárgyak” hol helyezkednek el ezen a síkon (humanoid robot-közepesen emberszerű, és elfogadott, zombi-emberszerű megjelenés, de viszolyogtató). Az ábrán mind

mozgó mind mozdulatlan robot esetében azért zuhan olyan mélyre hirtelen az elfogadottság az emberszerűség növekedésével, mert a robot megjelenése miatt emberszerű viselkedést várna el az ember, a robottól, de ezt nem kapja meg, ez inkább ellenérzést vált ki, így nem képes a robottal hatékonyan együttműködni (6). Emiatt nem elegendő, hogy a társrobot a funkcióit megfelelően ellátja, kell az is hogy a robot viselkedése ne legyen taszító hatású, hogy könnyen elfogadhatóak legyenek az ember számára, a szociális interakció során. Ehhez elengedhetetlen, hogy a robot lényzerű, biológiailag megalapozott viselkedéssel és kommunikációs készséggel rendelkezzen, vagyis olyan csatornákat használjon az interakció során, és oly módon használja őket, amelyek az emberek számára természetesek, és így nem esnek a „borzongások völgyébe”.



Ábra 1.: „A borzongások völgye”, Dr. Miklósi Ádám ábrája(56)

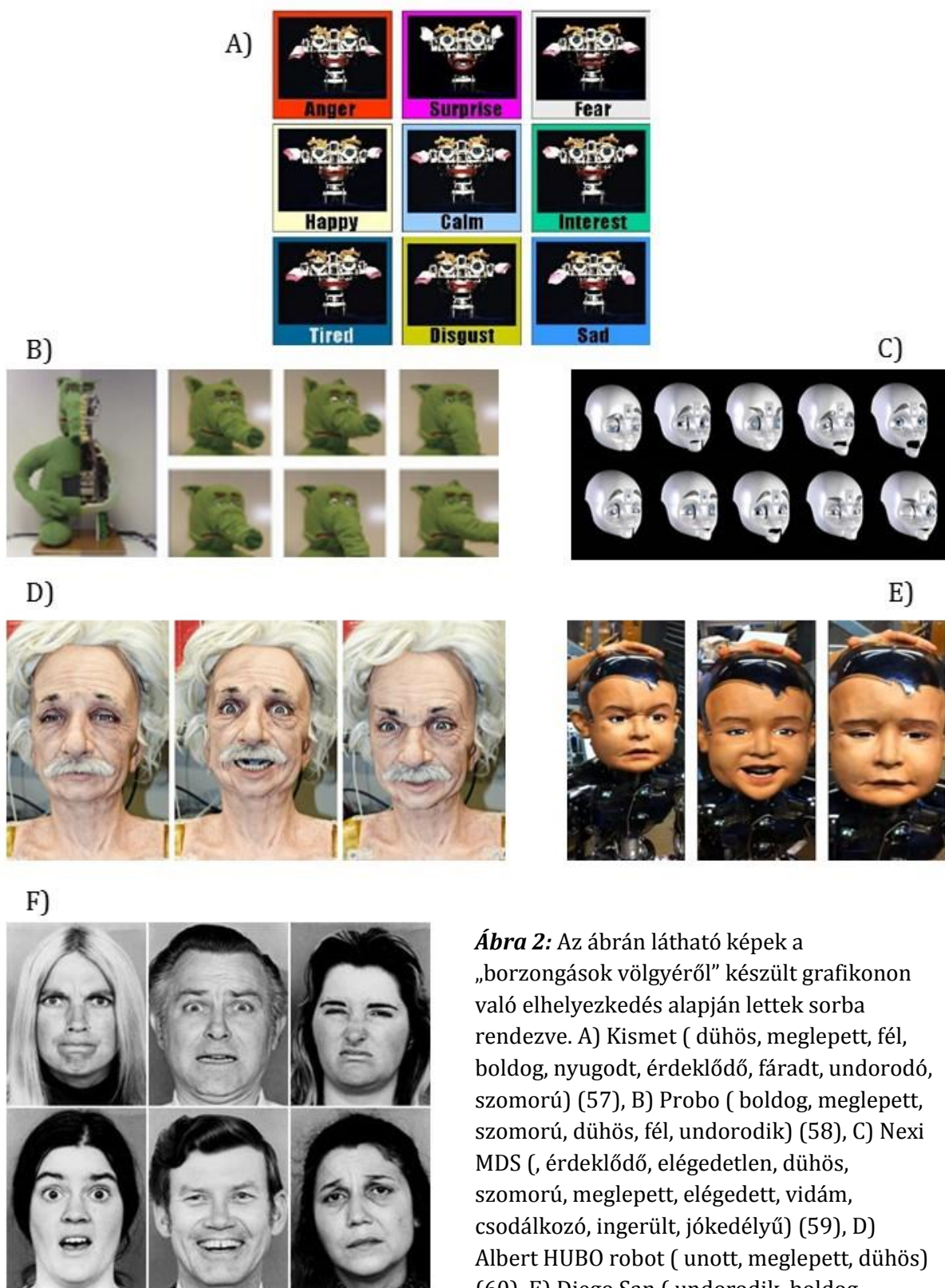
Az eddig tárgyaltak alapján felmerül a kérdés, hogy az ember, mint faj, a legjobb modell-e a szociális robotok fejlesztésekor. Talán jobb, ha a robotra, mint önálló „fajra” tekintünk inkább, és az embert, mint a robottal interakcióba lépő másik fajt, vizsgáljuk csak, ezzel elkerülve a „borzongások völgyét”. Ez azt jelenti, hogy a robot szociális viselkedésének jobb modellje lehet, az ember és egy másik fajhoz tartozó élőlény kapcsolata (7). Ahhoz viszont, hogy az ember és állat kapcsolatát vizsgálhassuk és modellezhessük, definiálnunk kell mit is értünk szociális viselkedésen. Székely és munkatársai 2010-ben a könyvükben, olyan azonos fajú egyedek által végzett tevékenységekként határozták meg a szociális viselkedést, amelyek csoport tagjainak alkalmazkodóképességére hatással vannak (8). Ez azért különösen fontos, mert ez egyértelműen kimondja, hogy a szociális viselkedésnek fontos, adaptív szerepe

van az ilyen viselkedést mutató élőlények életében, sőt emiatt alakult ki így az adott szociális viselkedés az evolúció során. Az egyes szociális viselkedéssel bíró fajok eltérnek egymástól viselkedésüket és azok kommunikációs tartalmát tekintve, bár a közeli rokon fajok illetve az ugyanolyan környezetben élő élőlények szociális viselkedése és azok kommunikációban betöltött szerepe között van hasonlóság. Azt mondhatjuk, hogy a szociális viselkedésnek vannak ősi elemei amelyek általánosan elterjedtek a szociális viselkedést mutató élőlények körében (9).

Azonban, tekintve az ember környezetében élő állatokat felmerül az a kérdés is, hogy csak fajtársak között figyelhető-e meg a szociális viselkedés. Az emberek hosszú ideje élnek szociális kapcsolatban bizonyos élőlényekkel (pl. a kutyával), és ennek során az alkalmazkodás mértéke miatt felmerülhet a kérdés, hogy a két faj között lévő interakciók beleférnek-e a szociális viselkedés témakörébe (7). Az ilyen kapcsolatokra építve biológiai alapokon nyugvó szociális képességeket lehetne adni a robotoknak, így az állatok és az ember kapcsolata egy jó modell lehet a szociális robotok fejlesztéséhez. Az is fontos továbbá, hogy a szociális társrobotok a rászorulóknak sok segítséget nyújthatnak, és könnyebb őket kezelni az ember által kialakított mesterséges környezetben (pl. kórház) mint egyes élőlényeket (pl.: kutya) (7). Bár ez még csak a jövő, de már ma is találhatunk precedenst arra, hogy terápiás eszközként ilyen robotokat alkalmaznak (10, 11). A kutya-ember kapcsolat különösen jó modell lehet, mert a kutya, az emberrel él hosszú ideje (18-32000 éve, legrégebben házasított faj) (12), így szerteágazó szociális kapcsolat jött létre a két faj között, arról nem is beszélve, hogy a kutyákat, és az emberrel való kapcsolatukat már hosszú ideje tanulmányozzák, így ezekről már sok információ áll a rendelkezésünkre. (13). A kutya és az ember hosszú távú együttélése alatt, a domesztikáció, mesterséges szelekció a kutya az egész viselkedéskészletére, kognitív és szociális képességeire komoly befolyással lehetett. A kutya az ember mellett nem kényszerül rá, hogy csöndes legyen, sőt ezt az ember ki is használja (pl. házőrző viselkedés). Ez pedig azzal jár, hogy erre mesterségesen szelektálva, ezáltal még vokálisabbá vált a kutya. Ezt az elméletet támasztja alá az is, hogy a farkasok csak keveset és csak specifikus helyzetben ugatnak, ellentétben a kutyákkal, amik változatos helyzetekben és változatos módon ugatnak (14). A szociális viselkedés, ahogyan az a definícióban is szerepelt fajtársak között fennálló viselkedésforma, a kutya azonban pont amiatt, hogy ilyen hosszú ideje az emberrel él, a szelekciós hatások következtében speciális helyzetbe került, és az emberrel, mint szociális partnerrel lép interakcióba. Ehhez még hozzátartozik az is, hogy a közös élet során mi is több tapasztalatra tehetünk szert a kutya kommunikációjáról. Arról megoszlanak még a vélemények,

hogyan az ember és a kutya kapcsolata tekinthető-e szociális viselkedésnek. Mivel a hosszútávú célunk eleve az, hogy olyan robotokat fejlesszünk, amelyek szociális interakcióba tudnak lépni az emberrel és az ember–kutya kapcsolatra mint modellre épülnek, így mi - a céljainknak megfelelően - erre a kapcsolatra mint szociális kapcsolatra tekintünk (7). Fontos azonban az is, hogy a robot ne legyen egy másolata a kutyának, csupán az ember-kutya kapcsolat bizonyos lényegi elemei legyenek a robot viselkedésében és ezáltal az ember-robot kapcsolatba beépítve (7).

Ahogy az már korábban szerepelt, a szociális robotoknak meg kell felelniük bizonyos elvárásoknak. Ezek közül az egyik fontos kritérium, hogy rendelkezzenek érzelmkifejezésre alkalmas képességekkel, és értelmezni is tudják az emberek érzelmeit (1). Ez egy aktívan kutatott, de problémás területe a szociális robotikának, mert elsősorban az emberi arckifejezéseket veszi alapjául, és ennek az eredménye gyakran viszolygást kelt, a „borzongások völgyébe” esik (Ábra 2.). Jelen dolgozatban a kutya és emberi hangok érzelmi értékelésének vizsgálatával foglalkoztunk, azzal a céllal, hogy megismerjük a hangok érzelmkifejező és annak érzelmi megítélésében (érzelmi töltet, intenzitás) szerepet játszó szabályszerűségeket. Érzelmekről lévén szó, fontos definiálni, hogy mit is értünk biológiai értelemben vett emóción. Emóciónak nevezünk minden olyan, a természetes szelekció által alakított mentális állapotát az egyednek, ami bizonyos helyzetekben lehetővé teszi az alkalmazkodóképességének növelését, adaptív fiziológiai, kognitív és viselkedési reakciók elősegítése által (15). Sokáig vitatott volt, de manapság már elfogadott, hogy az állatoknak vannak emócióik (16), de azok tudatosulásáról nem állnak rendelkezésre adatok (különösen, mivel nehéz objektív módon vizsgálni az állatok belső állapotát). Az érzelmek kommunikációja evolúciósan adaptív, az egyednek megéri kommunikálni a belső állapotát a külvilág felé, mert így például egy szociális interakció során a résztvevő felek jelezni tudják a másikat a különböző ingerek hatására bekövetkező változásokat a belső állapotukban, vagyis azt hogy az adott inger pozitív vagy negatív érzelmeket váltott ki bennük. Ezen kívül azért is fontos ez a szociális életmódú állatoknál, mert náluk a szociális interakciók szabályozásában is fontos szerepe lehet az érzelmek kifejezésének (17). A belső állapot kifejezésére több mód is van, ezeket az emóciók viselkedési indikátoraként használhatjuk, például arckifejezések (mosoly, szemöldökráncolás) vagy vokális kommunikáció (sírás, nevetés, morgás). Az emberi arckifejezéseket már számos kísérletben vizsgálták, mint elsődleges érzelmkifejezési csatornát (18, 19), de nemcsak az arckifejezés, hanem a testtartás is lehet kommunikatív. Egy állat, aki behúzza a farkát és a torkát mutatja ellenfelének, az elismeri annak dominanciáját és behódol



**Ábra 2:** Az ábrán látható képek a „borzongások völgyéről” készült grafikonon való elhelyezkedés alapján lettek sorba rendezve. A) Kismet (dühös, meglepett, fél, boldog, nyugodt, érdeklődő, fáradt, undorodó, szomorú) (57), B) Probo (boldog, meglepett, szomorú, dühös, fél, undorodik) (58), C) Nexi MDS (érdeklődő, elégedetlen, dühös, szomorú, meglepett, elégedett, vidám, csodálkozó, ingerült, jókedélyű) (59), D) Albert HUBO robot (unott, meglepett, dühös) (60), E) Diego San (undorodik, boldog, szomorú) (61), F) Humán érzelmek (dühös, fél, undorodik, meglepett, boldog, szomorú) (62).

neki. A behódoló állat így nem kényszerül rá, hogy megküzdjön erősebb ellenfelével és így elkerüli az esetleges komolyabb sérüléseket. Ha két dögevőre gondolunk (nem feltétlenül fajtársak), akik ugyanazon tetem fölött állnak és mindketten a másikat akarják elűzni a táplálék közeléből, láthatjuk, ahogyan mindketten erősebbnek és nagyobbnek mutatják magukat. Mély morgó hangot hallatnak, ezzel próbálják elérni, hogy a másik tartson tőlük annyira, hogy akár küzdelem nélkül is feladja a harcot a táplálékért. Ebben az esetben a belső állapotát kifejezni annak az egyednek, aki fél, nem feltétlenül jár adaptív előnnyel, de a példa azt is jól mutatja, hogy egy ilyen szociális interakció során adaptív előnyt jelent, ha az adott dögevő tudja értelmezni akár egy másik fajhoz tartozó egyed érzelmeit is. Ráadásul egy ilyen esetben nem csupán vizuális, de vokális érzelmkifejezés fontos szereppel bír, mély morgó hangot hallat az állat, mert erősebbnek vadabbnak hiszi majd az ellenfél, akár intra- akár interspecifikus versenyről is van szó. Ennek az oka az, hogy anatómiai okokból, egy mélyebb hanghoz nagyobb testméretet és fokozottabb agressziót társítunk, ahogyan ezt a Morton-szabályok kapcsán később még említeni fogjuk. Ebből látható, hogy a vizuális érzelmkifejezések mellett, nagyon ígéretes terület a vokalizációk érzelmi tartalmának vizsgálata is.

A hang diszkrét frekvenciájú, hallástartományon belüli rezgés, vagy harmonikus sorú rezgések eredője. Terjedése úgy történik, hogy a közeg részecskéi (vákuumban a hang nem terjed) kimozdulnak nyugalmi állapotukból (pl.: a hangszalagok rezgése miatt) és ezt a kimozdulást átadják a környezetükben lévő többi közegrészecskének, így a hang hatására létrejövő kimozdulás hullámszerűen továbbterjed, és ezt a mechanikai ingert (rezgést) fogja fel a hallás érzékelésért felelős receptor. A hangadás, a tüdőből kitóduló levegő hatására rezgésbe jövő hangszálaknak köszönhető az emlősökben. A hangmagasság a hangszalagok feszességétől (feszés–magas, laza–mély), a hangerő a hangrés nagyságától függ (tág–erős, szűk–halk). Mindezt garat eredetű gégeizmok működtetik, azokat pedig IX. és a X. agyidegek innerválják. A vokális kommunikáció során az információt a különféle akusztikus paraméterek hordozhatják, ezek pedig a hangképzés során az idegi szabályozáson keresztül módosulhatnak. A hangképzés és annak neurális kontrollja az emlősökben hasonló alapokon nyugszik (20): a forrás-szűrő elmélet azt mondja ki, hogy hangtani tekintetben három részre oszthatjuk a hangképző apparátust. Az első a respiratórikus (a tüdők, meghatározza a hang hosszát és az amplitúdóját), a második a hangképzési (a gége, meghatározza az alaphfrekvenciát  $f^0$ ), a harmadik a szűrő (az összes üreg ami a gége és a szájnyílás illetve az orrlyukak között van, a formánsok meghatározásában vesz részt) (20, 21). Az emóciók változásokat indukálnak a szomatikus és az vegetatív idegrendszerben, amik a hangképzésben használt izmok

működésére, és a légző rendszerre is hatnak, ezáltal befolyásolva a hangképzést (17). Ezek alapján feltehető, hogy hasonló belső állapotokhoz, hasonló akusztikai paraméterekkel rendelkező hangok tartoznak a hangadó fajától függetlenül. Ezt támasztja alá Morton 1977-ben megalkotott elmélete a motiváció-szerkezeti szabályokról (22) (Morton szabályok, Motivational-structural rules, vagy röviden MS szabályok). Morton abból indult ki, hogy az akusztikus jellemzői egy hangnak, megjósolhatóak a hangképzés körülményeiből. Ez alapján egy agresszív viselkedést kiváltó szituációban a képzett hang alacsony frekvenciájú lesz, míg egy olyan helyzet, ami félelmet vált ki a hangadóból, olyan hangot eredményez, ami magas frekvenciájú és tonális. Ezt azzal magyarázhatjuk, hogy az alacsony frekvenciájú hanghoz, nagytermetű, félelmetes élőlényt társítunk, míg a magas frekvenciájú tonális hangokhoz inkább kölyökállatot. Azóta ezt az elméletet több fajnál is tesztelték (23, 24) és kimutatták, hogy egy agresszív viselkedéshez hosszú, alacsonyfrekvenciájú, széles frekvencia tartományú, kis frekvencia modulációval rendelkező hangok tartoznak. Ugyanakkor, rövid, magas frekvenciájú, tonális, magas frekvencia modulációjú hangokat figyeltek meg nem agresszív viselkedés közben képzett vokalizációknál. Ez alapján csoportosítva a hangokat, azt mondhatjuk, hogy a különböző csoportba tartozó hangoknak az eltérése, kifejezi a különbséget a típusokhoz rendelhető érzelmi töltetek között, míg az eltérés az adott típuson belül megfeleltethető intenzitások közötti különbségnek. Azonban a magas frekvencia amelyhez, a nem agresszív viselkedés tartozik, nem mond semmit arról, hogy pozitív (barátságos viselkedés) vagy negatív (félelem) érzelmi töltetű a hang. Emiatt az emóciók és a hang szerkezeti akusztikai jellemzői között a kapcsolat bizonyítottan még nem teljesen magyarázható a MS szabályokkal, de fordítva igaz, miszerint az MS szabályok magyarázhatóak, a hangadó érzelmi állapotával különböző agresszív vagy barátságos viselkedési kontextusokban (25). Ezért fontos ezeknek a kérdéseknek a további tanulmányozása, vagyis az, hogy milyen kapcsolat van a hang szerkezeti és akusztikai jellemzői valamint a hang érzelmi töltete között.

Az állatok emócióinak tanulmányozása feltárhatja az emberi emóciók természetét, segíthet megértenünk azok evolúcióját, működési sajátosságait, mechanizmusát, és neurális felépítését is (17, 26–29). Ennek vizsgálatára több módszer is létezik. Ezek közé tartoznak a dimenziós modellek is, amik többek között állati vokalizációk vizsgálatára is alkalmasak lehetnek. Ezek a modellek a belső állapotot, mint különböző változók koordináta tengelyeit kezelik, ezáltal létrehozva két- vagy háromdimenziós érzelmi teret, amiben az egyes konkrét belső állapotok elhelyezhetők. Mi a Russel-féle kétdimenziós modellt használtuk ezen tanulmány során (30), amiben a vízszintes tengely az érzelmi töltetet (valence), a függőleges

tengely pedig az intenzitást jelenti. Így az érzelmi állapotok egy síkbeli kétdimenziós koordináta-rendszerben helyezkednek el a modell szerint.

Egy korábbi kísérletben már részben foglalkoztunk ezekkel a kérdésekkel, de abban a tesztben csupán 39 magyar önkéntes vett részt és korlátozott számú paramétert mértünk (31). Az eredmények azt mutatták, hogy az érzelmi töltet megítélése első sorban a hang hosszától függött. A rövidebb hangokat pozitívabbnak a hosszabbakat negatívabbnak értékelték az emberek. Az intenzitást értékelését pedig főleg az alaphangfrekvencia ( $f^0$ ) befolyásolta. Magasabb alaphangfrekvenciához magasabb intenzitás érték társult mindkét faj hangjai esetében.

## CÉLKITŰZÉSEK

A fentiekből kiindulva, és az előző kísérlet eredményeit látva, arra voltunk kíváncsiak, hogy az akusztikai jellemzők hogyan befolyásolják azt, hogy az ember a hallott hanghoz milyen belső állapotot társít, továbbá arra hogy különböző módon értékeljük-e a fajtársaink és más emlősök, esetünkben kutya, vokalizációit. Ezen felül, hogy validálhassuk a kapott válaszokat a kutyahangok esetén, a hang kontextusa alapján csoportosítva a hangokat kíváncsiak voltunk arra, hogy azok megfelelnek-e a kitöltők által adott válaszoknak. Egy részét ezeknek a kérdéseknek már az előző kísérletben is vizsgáltuk, ebben a vizsgálatban viszont nagyobb alányszámmal, és nem kizárólag magyar, hanem különböző kulturális háttérű résztvevővel dolgoztunk, valamint részletesebb akusztikai elemzést végeztünk (31).

Az irodalomban fellelhető ismeretek alapján feltételezhetjük bizonyos szabályszerűségek létezését, amik alapján az ember érzelmileg értékeli a hallott hangokat a hangadó fajától függetlenül. Elképzelésünk szerint, az egyes hangok megítélésében számítanak az egyes akusztikai paraméterek, mint például a hang hossza, alaphangfrekvenciája, spektrális jellemzői és a tonalitása.

## ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

### ALANYOK

Az alanyaink önkéntesen vállalkoztak a tesztben való részvételre. Összesen 200 kitöltőnk közül 156 volt nő (átlagéletkor: 37,49, szórás: 13,24), és 44 férfi (átlagéletkor: 44, szórás: 16,31). Az összesített átlagos életkor 38,93, szórás 14,24. A legidősebb résztvevő 78, míg a legfiatalabb 14 éves volt. Összesen 25 különböző nemzet tagjai vettek részt a teszten. Ezen nemzetek között a leggyakoribb az USA volt (68) második Magyarország (55).

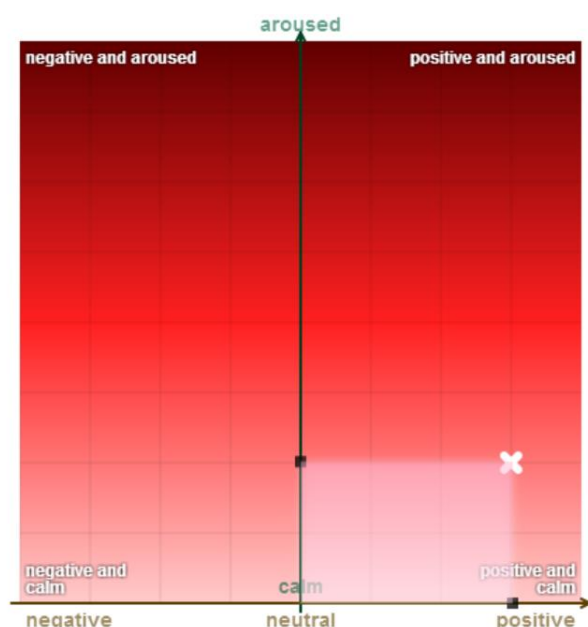
Az alanyaink kutyákkal való tapasztalatát is megkérdeztük. 16-nak sose volt kutyája, 8-nak volt a családban valaha kutyája, és 16-nak van a családban kutyája, 27-nek volt valaha kutyája, és 133-nak van jelenleg is kutyája.

### **HANGMINTÁK**

Összesen 200 hangot használtunk a tesztben, ebből 100 származott embertől és 100 kutyától. A vokalizációk mind nem-verbálisak voltak, különböző szociális kontextusokból származtak. A kutya vokális repertoárját is a lehetőségekhez mérten igyekeztünk lefedni, így különböző kontextusokból származó kutya hangokat választottunk ki. Ezek a hangok a Family Dog Project kutyahang adatbázisából származnak. Az emberi hangokat több, korábbi tanulmány során használt adatbázisból gyűjtöttük (32–34). Ezek között az értelmetlen gügyögéseket, természetes és szimulált érzelm kifejező hangokat találhatunk férfi, női és gyermek hangadóktól. Minden hangot maximálisan 2 másodperces időintervallumúra vágunk. Természetes formájukban hagytuk őket a tartalmazott hangok ritmusát és szekvenciáját tekintve, normalizáltuk őket -26 dB RMS – re (root mean squared), és a felbontásukat 22,5 kHz mintavételezési frekvenciára redukáltuk.

### **A KÉRDŐÍV**

Ez a teszt egy némileg módosított Russel-féle 2 dimenziós érzelmi modellen alapuló online kérdőív volt (30). Maga a kérdőív a személyes adatok kitöltésével indult, majd 3 próba lehetőséget biztosítottunk a feladat megértéséhez. Ezután kezdődött maga a teszt, ahol a fenti 200 hangot, amit random sorrendben játszott le a program, kellett értékelni egy koordináta rendszer segítségével. Ahogyan az Ábra 3 mutatja az érzelmi töltetet a vízszintes tengelyen



**Ábra 3.:** Egy, Devecseri Viktor által készített internetes kérdőívet használtunk az adatok begyűjtéséhez (<http://www.inflab.bme.hu/~viktor/soundrating/index.html>).

kellett jelölni (-50-től +50-ig, negatív – pozitív). Az intenzitás a koordináta rendszer függőleges tengelye volt (0-tól 100-ig). A teszt során 5-5 emberi és kutya hangot, véletlenszerűen kiválasztott pozícióban, újra lejátszott a program, ezzel tesztelve a kitöltő válaszainak megbízhatóságát. A teszt során a reakció időt is mértük, és kiszűrtük a túl hosszú és a túl rövid idejű válaszadásokat is (11 s-nál hosszabbakat, és az 1 s-nál rövidebbeket).

### ***AKUSZTIKUS PARAMÉTEREK***

Az akusztikai mérések félautomata Praat scripttel történtek. Először, minden alap vokális egységet megjelöltünk a 2 mp-es hangmintákon belül, ezeken külön-külön végeztük el az akusztikus elemzést, majd a hangonkénti méréseket minden hangmintán belül átlagoltuk, hogy egy értékkel tudjuk leírni őket. Mivel különböző természetű hangokról van szó, minden mintának a szonogramját megvizsgálva, beállítottuk a hangmagasság alsó és felső korlátját, hogy optimalizálhassuk az alapprofrekvencia kereső algoritmust. A mért akusztikus paramétereket a függelékben a Táblázat 1 mutatja.

### ***ADATELEMZÉS ÉS STATISZTIKA***

Az adatelemzést az IBM SPSS 21 programmal hajtottuk végre, a táblázatokat és az ábrákat is ezzel a programmal készítettük. A sok különböző mért akusztikai paraméter nem teljesen független egymástól, korrelálhatnak és ez a statisztikai eljárásokat befolyásolná, így főkomponens analízissel a paramétereket csoportosítottuk, és faktorokba vontuk össze. A főkomponens analízis előtt azonban ki kellett szűrnünk a kiugró (kétszeres szóráson kívül eső) adatokat, hogy azok a vizsgálat eredményét később ne befolyásolhassák. Az így kiesett adatokat expectation maximization módszerrel helyettesítettük. Ez a módszer a megmaradt adatok alapján számol egy értéket a kiugró adatok helyére (35, 36). A faktoranalízis eredményét és a faktorsúlyokat a függelékben Táblázat 2 mutatja. Ez alapján a kutya hangok esetén, a faktoranalízis 4 különböző csoportot eredményezett. Az első az alapprofrekvencia változók faktora, második az idő domain faktor, harmadik az intenzitást jellemző változókból kapott faktor, negyedik a spektrális elemeket tartalmazó faktor. A faktoranalízis a humán vokalizációkat jellemző akusztikai paraméterekre 6 csoportot állapított meg. Az első az alapprofrekvencia változóiból álló faktor, második az idő domain faktor, a harmadik az intenzitás faktora, a negyedik a spektrális elemekből álló faktor, az ötödik az alapprofrekvencia terjedelem és szórás faktora, a hatodik pedig az intenzitás terjedelem és szórás elemeiből összetevődött faktor. A táblázatokban összesítettük az adott alany érzelmi töltetre és intenzitásra adott válaszainak átlagértékeit, valamint különválasztottuk emberi illetve kutyahangokra adott válaszokat. Ezen

felül összesítettük az egyes hangokra adott átlagos értékeket (érzelmi töltet, és intenzitás), és ezekhez hozzávettük hang típusát, kontextusát, a mért akusztikai paramétereket.

Lineáris regressziós modell segítségével vizsgáltuk, hogy mely akusztikus paramétereknek van hatása az érzelmi töltet (valence), és az intenzitás megítélésére (intensity) külön-külön ember és kutya hangokra. Ehhez backward eliminációs eljárást használtunk, amivel le tudtuk szűkíteni a meghatározó paraméterek körét.

Kontextusok alapján besoroltuk a kutyáktól származó hangokat negatív (-1), semleges (0), és pozitív (+1) kategóriába. Ehhez egy másik online kérdőívet használtunk, amelyet 39-en töltöttek ki. A kérdőívben minden kontextus esetében el kellett döntenie a kitöltőnek, hogy az adott kontextusban, milyen belső állapotban van a kutya (pl.: gazda üdvözlése-pozitív; fenyegető idegen közeledése-negatív). Ezt az emberi hangokra nem csináltuk meg, mert nem volt minden esetben pontos adatunk a hang kontextusáról, illetve volt köztük olyan hang is, ami színészek által imitált érzelemkifejezés volt. Kutyahangokra azért volt fontos ezt megcsinálni, mert így validálhattuk az adott hangokra kapott válaszokat, vagyis a kontextus alapján prediktált érzelmi töltetre és intenzitásra kapott elméleti értékeket összevethettük a kitöltők által adott válaszokkal. Ehhez Kruskal-Wallis tesztet használtunk, majd post-hoc tesztekkel a tényleges csoportok közti különbségeket vizsgáltuk. Azért ezt a tesztet választottuk, mert lefuttattunk egy Konglomorov-Smirnov-tesztet az adatsorunkra, és ennek eredménye azt mutatta, hogy az egyes hangok átlagos értékelése és akusztikus jellemzői nem követik a normál eloszlást.

## EREDMÉNYEK

A regresszió vizsgálat eredményeit a Táblázat 1, és az Ábra 4-7 mutatja. A kutya és emberi hangok megítélésében, az érzelmi töltetet döntően az idő domain faktor befolyásolja negatív módon, azaz minél nagyobb értéket vesz fel az idő domain faktora (minél hosszabb a hang), annál negatívabb érzelmi töltetet társítanak hozzá az emberek. Az intenzitást pedig az alaphfrekvencia paraméterei pozitívan határozzák meg, vagyis a hang alaphfrekvenciájának növekedésével az érzelmi intenzitás megítélése is egyre magasabb értéket kapott, mind kutya mind emberi hang esetén. Ezen felül vannak még olyan faktorok, amik nem hatnak mindkét faj érzelemkifejező hangjainak megítélésénél. A kutyahangok érzelmi töltetének értékelésére pozitívan hat még az akusztikai intenzitás, és a spektrális elemek faktora, azaz ahogyan az ő értékük emelkedik, úgy értékelték egyre pozitívabb érzelmi töltetűnek a hangot. Az intenzitás elbírálására pedig az idő domain faktor negatív módon, minél hosszabb volt a hang annál alacsonyabb intenzitás értéket rendeltek hozzá a kitöltők, és a spektrális elemek faktora pozitívan, vagyis az értékének növekedésével egyre intenzívebbnek értékelték a kitöltők a hallott hangot. Az emberi hangok esetén az érzelmi töltet értékelésére a spektrális elemek is hatnak negatívan, de nagyon gyengén, vagyis a spektrális elemek faktorának értéke, ha növekszik, csökken az érzelmi töltetre adott érték.

A kutya hangok kontextusai alapján készült elméleti értékelést összevetettük a válaszokkal. Az eredmény azt mutatja, hogy a kutyahangok esetén, az érzelmi töltet, intenzitás, alaphfrekvencia faktor, és idő domain faktor tekintetében is szignifikáns eltérés van. A posthoc teszt megmutatta, hogy érzelmi töltet és az idő domain faktor esetében ez a pozitív és a negatív kontextusú hangok között, intenzitásnál valamint az alaphfrekvencia faktor esetében pedig a pozitív és a semleges kontextusú hangok között áll fenn a szignifikáns különbség. Az érzelmi töltet esetében a negatív kontextusú hangok szignifikánsan negatívabbnak lettek értékelve, mint a pozitív kontextusú hangok. Az idő domain faktor esetében a negatív kontextusú hangok hosszabbak voltak mint a pozitív kontextusúak. Az intenzitás esetében a pozitív kontextusúak intenzívebbek voltak mint a semleges kontextusúak. Ugyanakkor az alaphfrekvencia faktor esetében a pozitív kontextusúakhoz szignifikánsan alacsonyabb alaphfrekvencia tartozott. A konkrét eredményeket a Táblázat 2, és az Ábra 6 mutatja.

| Akusztikus paraméterek |                                                    | Érzelmi töltet       |          |          | Intenzitás           |          |          |
|------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|----------|----------|----------------------|----------|----------|
| Kutya                  | <i>Model</i>                                       | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>F</b> | <b>p</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>F</b> | <b>p</b> |
|                        |                                                    | 0,280                | 13,829   | 0,000    | 0,311                | 15,899   | 0,000    |
|                        | <i>Parciális regressziók</i>                       | <i>Stdβ</i>          | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>Stdβ</i>          | <i>t</i> | <i>p</i> |
|                        | <i>Alapfrekvencia faktor</i>                       |                      |          |          | 0,245                | 2,938    | 0,004    |
|                        | <i>Idődomain faktor</i>                            | -0,456               | -5,346   | 0,000    | -0,416               | -4,990   | 0,000    |
|                        | <i>Intenzitás faktor</i>                           | 0,174                | 2,045    | 0,044    |                      |          |          |
|                        | <i>Spektrális elemek faktora</i>                   | 0,252                | 2,954    | 0,004    | 0,314                | 3,764    | 0,000    |
| Ember                  | <i>Model</i>                                       | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>F</b> | <b>p</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>F</b> | <b>p</b> |
|                        |                                                    | 0,117                | 7,533    | 0,001    | 0,199                | 25,667   | 0,000    |
|                        | <i>Parciális regressziók</i>                       | <i>Stdβ</i>          | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>Stdβ</i>          | <i>t</i> | <i>p</i> |
|                        | <i>Alapfrekvencia faktor</i>                       |                      |          |          | 0,456                | 5,066    | 0,000    |
|                        | <i>Idődomain, pointprocess faktora</i>             | -0,314               | -3,328   | 0,001    |                      |          |          |
|                        | <i>Intenzitás faktor</i>                           |                      |          |          |                      |          |          |
|                        | <i>Spektrális elemek faktora</i>                   | -0,189               | -1,997   | 0,049    |                      |          |          |
|                        | <i>Alapfrekvencia terjedelem és szórás faktora</i> |                      |          |          |                      |          |          |
|                        | <i>Intenzitás terjedelem és szórás faktora</i>     |                      |          |          |                      |          |          |

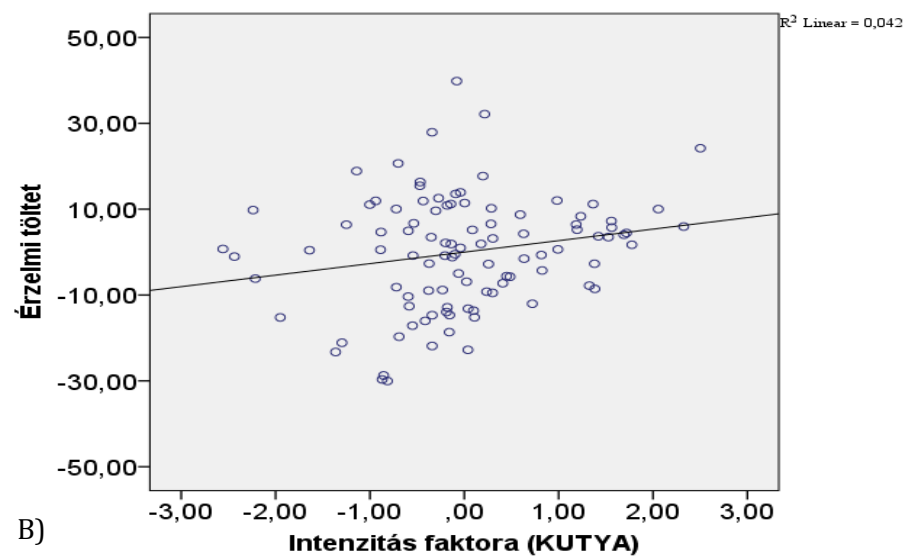
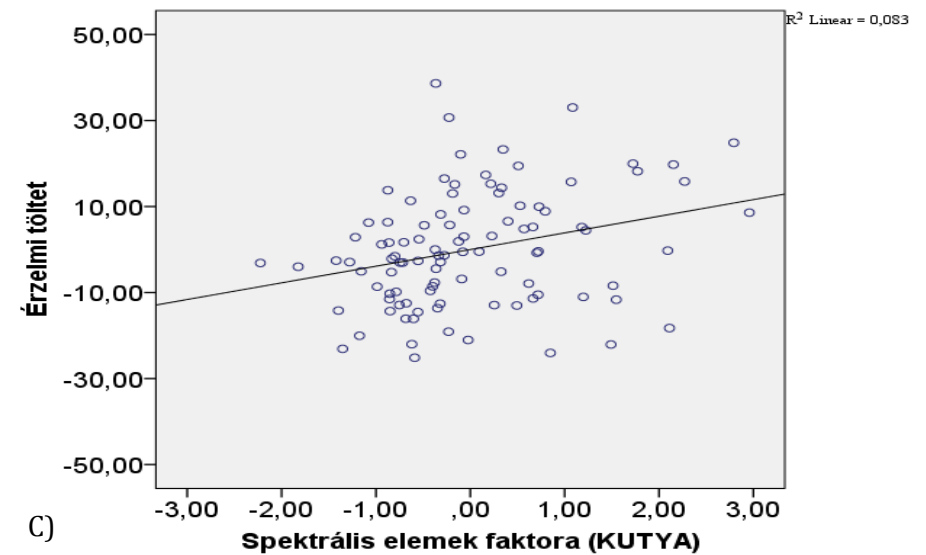
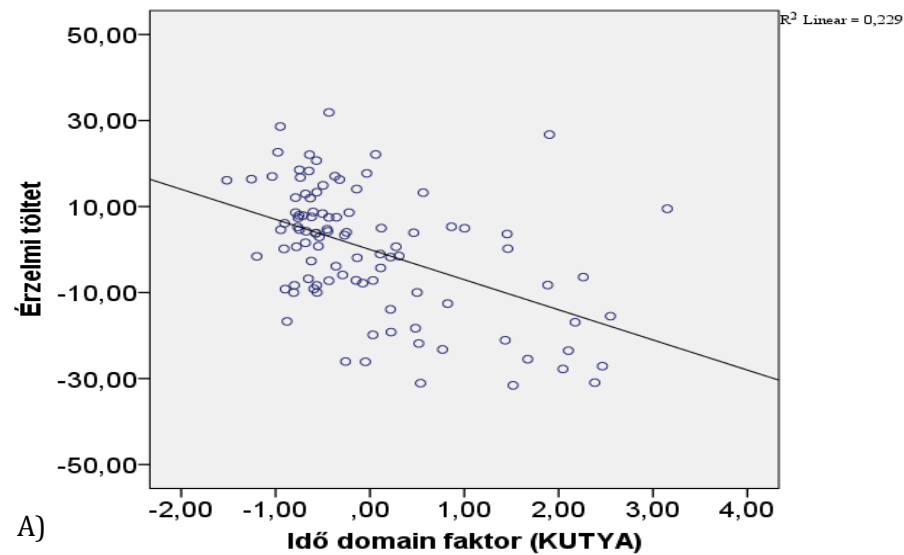
**Táblázat 1:**

Külön kutyára és emberre először a modell, majd a parciális regressziók eredménye. Szürkével jelöltük, ha az adott faktor nem befolyásolta szignifikánsan az érzelmi töltetet, vagy az intenzitást

**Táblázat 2:**

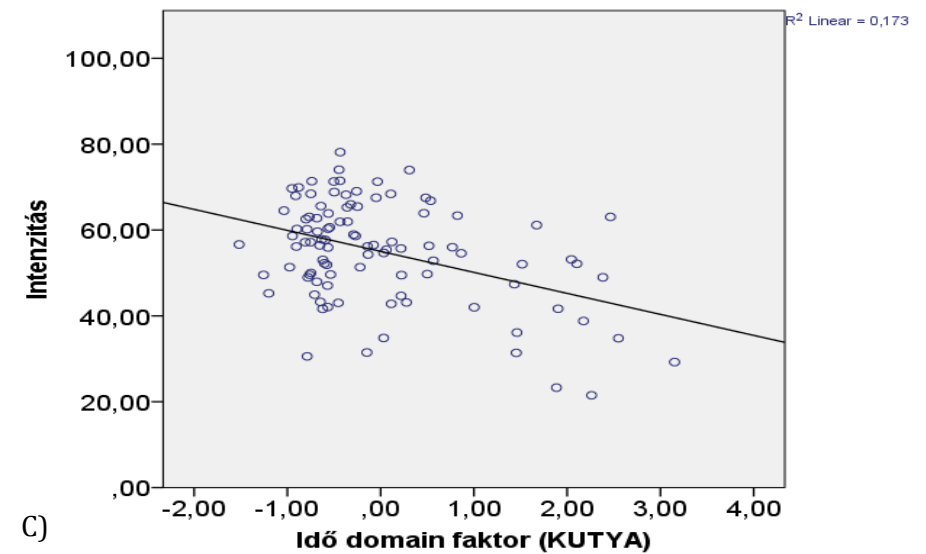
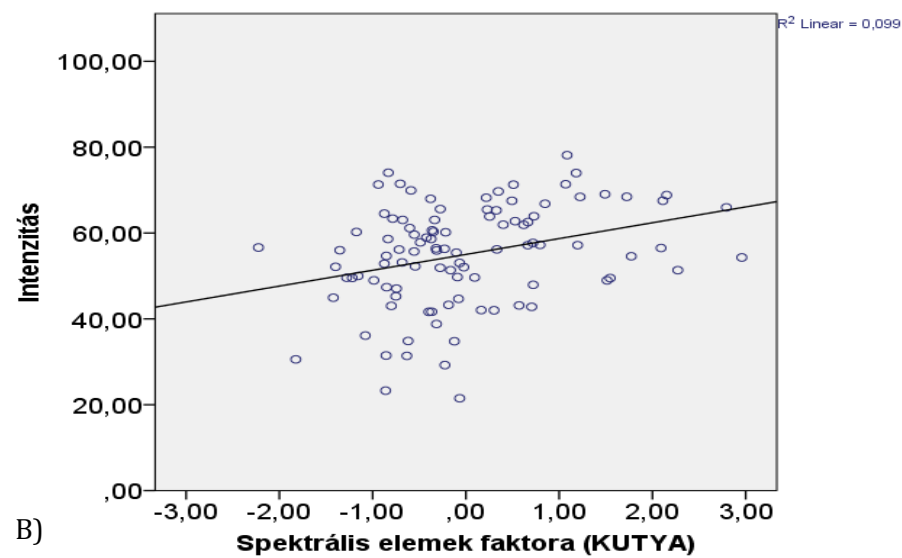
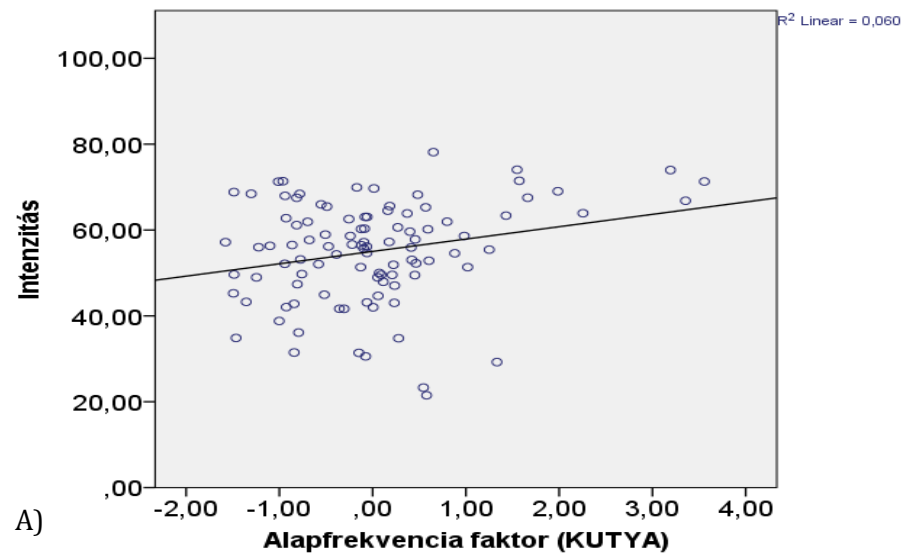
A kontextus alapján történt csoportosítás és a hangokra adott válaszok összehasonlításának eredményét mutatja. Szürkével jelöltük, ahol nem volt szignifikáns az eredmény így nem végeztünk el posthoc tesztet.

| Kontextus alapján képzett csoportok |          | Érzelmi töltet |          | Intenzitás   |          | Alapfrekvencia faktor |          | Idő domain faktor |          | Intenzitás faktor |          | Spektrális elemek faktora |          |
|-------------------------------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|-----------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|---------------------------|----------|
| <i>H(df)</i>                        | <i>p</i> | <i>H(2)</i>    | <i>p</i> | <i>H(2)</i>  | <i>p</i> | <i>H(2)</i>           | <i>p</i> | <i>H(2)</i>       | <i>p</i> | <i>H(2)</i>       | <i>p</i> | <i>H(2)</i>               | <i>p</i> |
| <i>K-W modell</i>                   |          | 10,525         | 0,005    | 9,255        | 0,010    | 7,240                 | 0,027    | 9,912             | 0,007    | 2,010             | 0,971    | 0,600                     | 0,366    |
| <i>Pozitív - Semleges</i>           |          | 0,743          |          | <b>0,018</b> |          | <b>0,047</b>          |          | <b>0,539</b>      |          |                   |          |                           |          |
| <i>Semleges - Negatív</i>           |          | 0,434          |          | 1,000        |          | 1,000                 |          | 0,693             |          |                   |          |                           |          |
| <i>Negatív - Pozitív</i>            |          | <b>0,004</b>   |          | 0,093        |          | 0,161                 |          | <b>0,005</b>      |          |                   |          |                           |          |



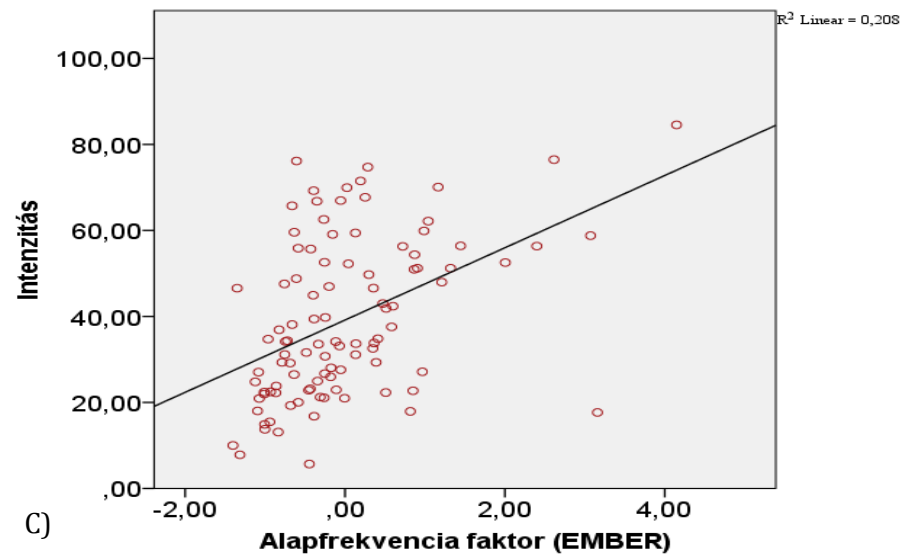
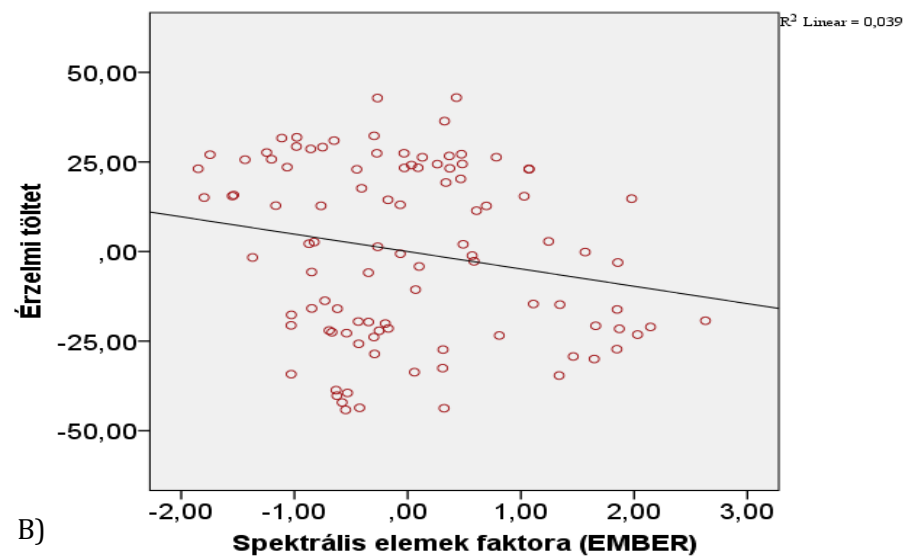
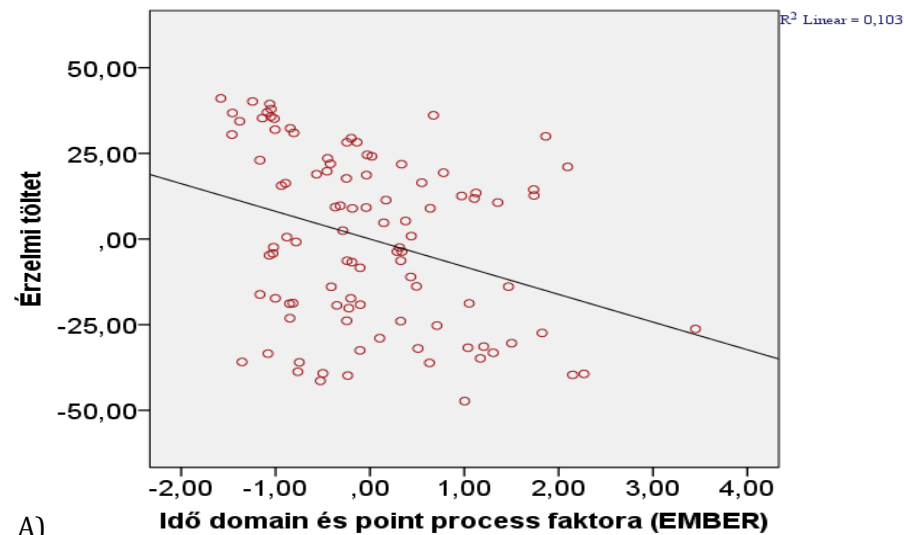
#### Ábra 4:

Az érzelmi töltet megítélését befolyásoló faktorok kutyahangok esetén. Az idő domain faktora erősen negatívan (A), míg az intenzitás (B) és a spektrális elemek (C) faktorai pedig pozitívan hatnak az érzelmi töltet megítélésére a kutyahangok esetében.



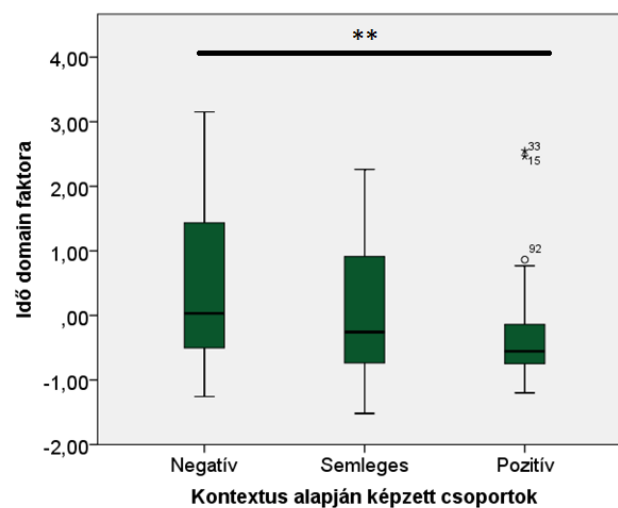
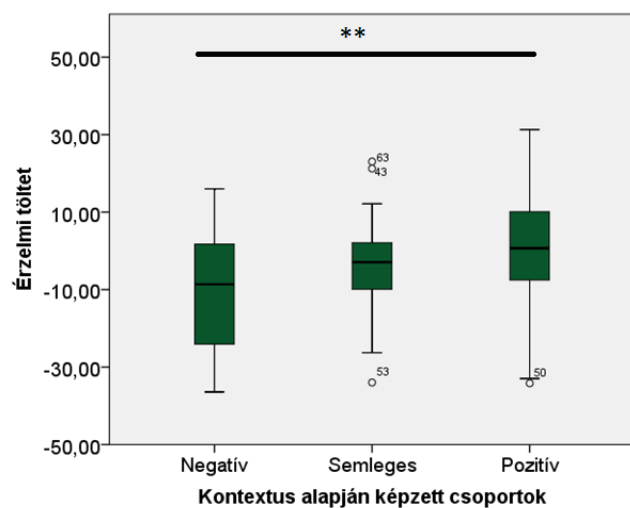
### Ábra 5:

Az intenzitás megítélését befolyásoló faktorok kutyahangok esetén. Az alapfrekvencia (A) és a spektrális elemek faktora (B) pozitívan, az idő domain faktora (C) pedig negatívan befolyásolja az intenzitás megítélését kutyahangoknál.

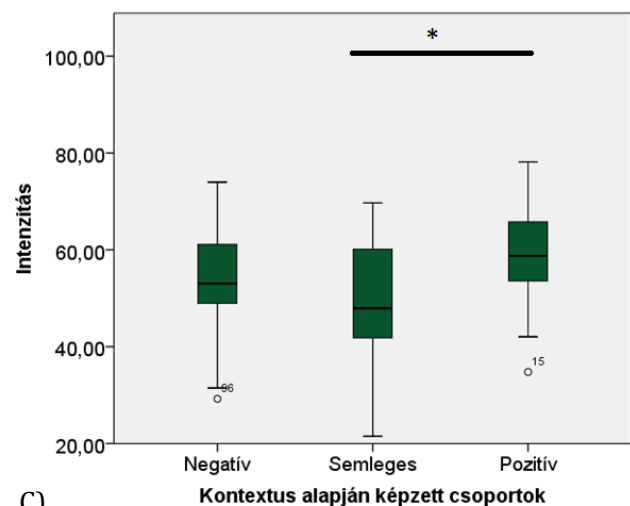


### Ábra 6:

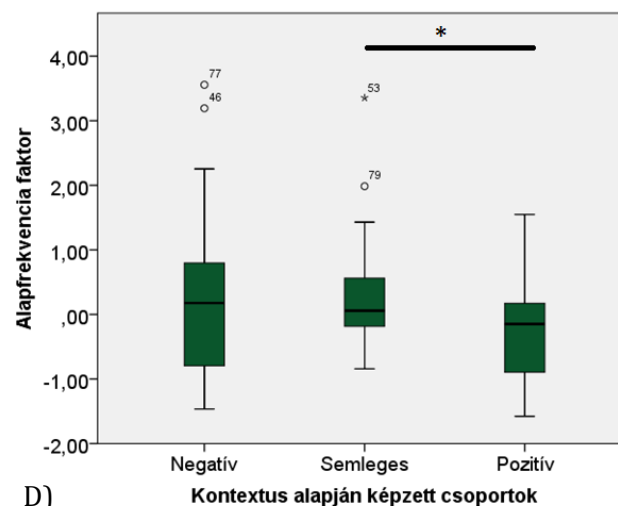
Az érzelmi töltet és az intenzitás megítélése emberi hangok esetén. Az idő domain (A) és a spektrális elemek (B) faktorai negatívan hatnak az érzelmi töltet megítélésére, az alapfrekvencia faktor (C) pedig pozitívan hat az intenzitás megítélésére emberi hangoknál.



A)



B)



C)

D)

**Ábra 7:**

Kontextus alapján képzett csoportok és az érzelmi töltet (A), az idődomain faktor (B), intenzitás (C), és végül az alapfrekvencia faktor (D). Vastag vonallal kötöttük össze azokat a csoportokat, amelyek között fennáll a szignifikáns különbség. \* jelöli, ha 0,05-nél kisebb, \*\* ha 0,01-nél kisebb és \*\*\* ha 0,001-nél kisebb a p-érték, amely a Kruskal-Wallis tesztben jött ki.

## DISZKUSSZIÓ

A korábbi kísérletünk eredményeit megerősíti ez a vizsgálat, egy nagyobb, nemzetközi mintán, miszerint léteznek a hangadó fajától független szabályszerűségek a hangok érzelmi megítélésében (37). A hangok hossza befolyásolta azok érzelmi töltetének megítélését: a hosszabb hangok negatívabbnak, míg a rövidebb hangok pozitívabbnak lettek értékelve, mind emberi mind kutyahangok esetében. Emellett az intenzitás megítélésében az alaphfrekvencia volt a fő befolyásoló tényező, aminek az lehet a magyarázata, hogy felfokozottabb belső állapotban az gége izmok is jobban feszülnek és ez emeli az alaphfrekvenciát (38). Sauter és munkatársai 2010-ben emberi hangok megítélését vizsgálták, és eredményeik egybeeszenek a miénkkel: intenzitásra ők is az alaphfrekvenciát, míg az érzelmi töltetre a spektrális elemeket találták legerőteljesebben ható paraméternek (39). Ez utóbbiban van azért némi eltérés, bár a spektrális elemek faktora, mint érzelmi töltetre ható faktor a mi vizsgálatunkban is megjelent, de nálunk az idő domain faktor erőteljesebb volt nála.

Az emóciók, a szomatikus és a vegetatív idegrendszeren keresztül a hangképzésben résztvevő szervekre hatnak (tüdők, gégeizmok), amik a forrás-szűrő rendszer értelmezésében a hang különböző akusztikus paramétereit kialakítják (17, 20, 21). Az eredményeink alapján úgy tűnik, hogy a tüdők működése, amely a hang a hosszát szabja meg, a hang érzelmi töltetének meghatározásában játszik szerepet leginkább, az alaphfrekvenciát kialakító hangszalagok illetve az őket működtető gégeizmok pedig a hang érzékelt intenzitását befolyásolják elsősorban. Mindezek összhangban vannak a Morton-szabályokkal is, amelyek kimondják, hogy a hang akusztikai jellemzőiből következtethetünk a hangadó belső állapotára (pl.: agresszió), vagy fizikai tulajdonságaira (pl.: méret). Mi, a kutyahangok esetében azt találtuk, hogy minél hosszabb volt egy hang annál negatívabb érzelmi töltet és annál alacsonyabb intenzitás társult hozzá, és minél rövidebb volt a hang, annál pozitívabbnak és magasabb intenzitásúnak lett értékelve. Tehát a hang bizonyos paramétereiből valóban lehet következtetni a hangadó belső állapotára. A kísérletben használt kutyahangok a kontextusukat tekintve lényegesen variábilisabbak voltak az emberi hangokénál, feltehetően ezért nemcsak az alaphfrekvencia befolyásolta az intenzitásuk értékelését, hanem más faktorok is, de még így is az alaphfrekvencia volt a legerőteljesebb (17, 25).

Már többen tanulmányozták bizonyos akusztikai paraméterek indikátor szerepét az emlősöknél, a hang érzelmi meghatározásban és hangsúlyozták ennek jelentőségét az állatjóléti vizsgálatokban. Ezek azonban elsősorban a legkézenfekvőbb kiválasztott paraméterekkel

foglalkoztak, mint különböző energia változók, hanghosszal kapcsolatos változók, hangadás és csönd arányát vizsgálták, és azt találták, hogy ezekkel valóban jól prediktálható a hangadó belső állapota (40–47). A mi vizsgálatunk ezektől annyiban különbözik, hogy mi nagyszámú akusztikus paramétert vizsgáltunk együtt (ezeket a paramétereket a Függelékben a Táblázat 1 mutatja). Ez a különbség azért fontos, mert egy újabb módszer kidolgozása állatok hangjainak tanulmányozásához, amit az emberi beszéd vizsgálatokor használtak korábban, egy alternatív útvonalat mutatna a hangképzés érzelmi hátterének megértéséhez, és talán az emlősök hangképzésének jobb megértését is lehetővé tenné. A forrás-szűrő teória mint modellrendszer alkalmas lehet azon paraméterek vizsgálatára, amelyek az emóciók által befolyásoltak, ugyanis kapcsolatot teremt a hangok szerkezete és a hangképzés módja között. Egyelőre viszont kevés olyan tanulmány van az érzelmekkel kapcsolatban, ahol vizsgálták például olyan, a szűrőhöz kapcsolható paramétereket, mint a frekvencia eloszlása a spektrumban vagy a formánsok jellemzői (48, 49). Azonban ez kulcsfontosságú lehet a vokális érzelemkifejezések megkülönböztetésekor akár több másik paraméterrel együtt. Ezért fontos, hogy nagy számú akusztikus paramétert mérjünk egy ilyen vizsgálat esetében (50–53). Egy ilyen kutatásban az Afrikai elefánt (*Loxodonta africana*) vokalizációit vizsgálták 3 különböző szociális helyzetben (54). Soltis és munkatársai egy alacsony izgatottságú semleges helyzetben, egy izgatott negatív és egy izgatott pozitív kontextusban vizsgálták a hanghosszt, alapfrekvencia változókat, amplitúdó változókat, és formáns frekvenciákat. Feltevésük szerint, azok az eltérések az akusztikus paraméterekben, amik az alacsony és a magas izgatottsági szintet képviselő kontextusok között voltak, azok az izgatottságot fejezhetik ki, míg azok, amelyek a pozitív és a negatív között azok a hang érzelmi hátterére vonatkoznak. Az eredményeik azt mutatták, hogy a semleges és az izgatott hangok összehasonlításánál azt kapták, hogy magasabb és variábilisabb alapfrekvencia és amplitúdó, hosszabb hang, illetve magasabb frekvenciájú első formáns jellemzi az izgatottabb kontextusú hangokat. Ez utóbbi az alapfrekvencia magasabb értékéből következik is. A pozitív és a negatív kontextus összehasonlításakor azt kapták, hogy a pozitív kontextus hasonló irányú eltéréseket mutatott az akusztikai paraméterek értékében a neutrálishoz viszonyítva, mint a negatív kontextusú hangok, de az eltérés mértéke nagyobb volt a negatív kontextusúaknál, mint a pozitív kontextusúak esetében. Az eredményeik a miénkkel sok tekintetben átfednek ugyanakkor az ő vizsgálatukban csupán 4 elefánt hangját vizsgálták, így az elemszám növelésével a különbségek talán még jobban látszódnának a pozitív és a negatív kontextusú hangok között.

A feltevés miszerint hasonló akusztikai paraméterekkel bíró hangok tartoznak hasonló belső állapotokhoz, már több fajon is vizsgált és jelenleg is aktívan kutatott téma. A mi kutatásunk az eredményeken kívül abban is hasonlít a fentihez, hogy az intenzitást és az érzelmi töltetet együtt vizsgálja és nem külön. Azonban az eddigi kutatásokban az érzelmi töltet vokális kommunikációjáról lényegesen kevesebb eredmény áll rendelkezésre jelenleg, mint az intenzitással kapcsolatban, és a kapott eredmények gyakran bizonytalanok, ellentmondóak. Ennek az oka az lehet, hogy az állatok érzelmeinek a vizsgálata elég bonyodalmas, nehéz objektíven vizsgálni, elvonatkoztatni emberi érzelmektől, és az állatok érzelmeire helyesen következtetni. A fő problémát az jelenti, hogy nem tudunk, a jelenlegi eszközökkel olyan kísérletet tervezni, ami mindent kétséget kizáró eredményt adna az agyi és élettani folyamatokról, bizonyos szociális interakciók vizsgálatakor, amiből következtetni lehetne az adott egyed belső állapotára. Hasonló eredményekből különböző kutatók különböző következtetéseket vonhatnak le, ugyanis, az állatok érzelmeinek vizsgálatához nem elegendő, hogy a kutató az eredmények alapján, a saját szubjektív álláspontját képviselve ad magyarázatot arra, hogy az állat milyen belső állapotban lehet és miért, szükséges az is, hogy bizonyítsa. Azonban azt, hogy pontosan mi zajlik le az állatban, az inger hatására, még nem tudhatjuk, ennek megállapításához, olyan markerekre lenne szükség, amelyek az egyes belső állapotok megkülönböztetésére alkalmasak, fajtól függetlenül. Ráadásul a helyzetet tovább bonyolítja az is, hogy ha a viselkedés vizsgálatánál maradunk is, a fajok eltérő morfológiája és különböző kommunikációs formái miatt nehéz összehasonlító vizsgálatot csinálni. A hangok akusztikai vizsgálata azért lehet egy jó megközelítés a jelenlegi eszközök mellett, mert a gége működésében kevesebb variancia mutatkozik az egyes fajok között.

Az egyik legfontosabb feladata a hangképző rendszernek, hogy a hangadó belső érzelmi állapotáról informálja a környezetét. Andics és munkatársai 2014-es tanulmányukban, éber kutyák és emberek agyában különböző ingerek hatására aktiválódó területeket vizsgáltak (kutyahang, emberi hang, nem vokális zaj) funkcionális mágneses rezonancia-képalkotási vizsgálattal (fMRI-vel) (55). Eredményeik azt mutatják, hogy a kutyának a hallókérgében van egy a fajtársra erőteljesen reagáló területe, de egy az emberi hangra és egy a nem vokális hangra érzékeny régió is megtalálható. Emberekben a hallókéreg elsősorban emberi hangokra reagál a legerőteljesebben, bár találtak egy kutyahangra aktiválódó területet is. A nem vokális hangra erőteljesebben reagáló részt viszont nem találtak az emberben. Ez arra utal, hogy a fajtársak hangjait preferáló régiók az agyban, nemcsak a főemlősökben találhatók meg, ahogy azt korábban gondolták, de a kutyákban is. Ez felveti, hogy a hangok faji és érzelmi megítéléséért

felelős agyi régiók sokkal korábban kialakulhattak, mint az eddig vélhető volt (bár a konvergencia evolúció sem zárható ki). Ezek az agyi régiók hasonló helyen találhatóak a hallókéregben mindkét fajban, és valószínűsíthető, hogy funkcionálisan is homológok az ember és a kutya agyában. Az akusztikai jeleket, amelyek a vokális érzelmi töltettel kapcsolatosak, szintén úgy tűnik, hogy hasonlóan kezeli a kutyák és az emberek agya. A belső állapottal kapcsolatos információk megértése egy fontos lépés a hallott hang feldolgozásában, amiért funkcionálisan hasonló régiók felelősek, és az elsődleges hallókéreghez közel találhatóak, emberben és kutyában is. A hasonló helyen található agykérgi régiók, amelyek a hangok érzelmi töltetére érzékenyek és azok megítéléséért felelősek, azt mutatják, hogy ez az érzékenység együtt jár az akusztikai jelek értékelésével és így a vokális érzelmek feldolgozás fontos szereplővé válnak ezek a régiók. Mindez a mi eredményeinkkel összhangban azt mutatja, hogy a hangok érzelmi töltetének megítélése fajtól független szabályszerűségekre épül, ráadásul ezek az agykérgi régiók, amelyek felelősek a hang érzelmi háttérének feldolgozásáért hasonló helyen találhatóak agyban, kutyák és emberek esetében.

Már több tanulmány is foglalkozott azzal a kérdéssel, hogy a kontextus alapján meghatározott érzelmi háttér milyen kapcsolatban van az akusztikus paraméterek hatásával ezek megítélésében (23, 27, 28), de jelen dolgozatban fontos előrelépés ezekhez képest, hogy mi állati vokalizációk kapcsán együtt vizsgáltuk a kettőt az emberek értékelései alapján. Azt mondhatjuk ezáltal, hogy sikeresen validáltuk az eredményeinket a kutyahangok esetében, ugyanis az alanyaink által adott értékelés jól tükrözi a kontextus alapján független csoportosítást, hasonlóan ahhoz, ahogy kutya ugatásokat a kontextusnak megfelelően értékelték a emberek egy korábbi vizsgálatban (28). Azt kaptuk, hogy az érzelmi töltetet, kutyahangok esetében a negatív csoport hangjainál negatívabbnak értékelték, a pozitívakat pedig pozitívabbnak. Az is fontos továbbá, hogy az idő domain faktora esetében is szignifikáns különbség adódott a pozitív és a negatív csoport között, a negatív csoportba hosszabb hangok a pozitívabb csoportba rövidebb hangok tartoznak. Ez megerősíti a regresszió eredményét, miszerint a negatív érzelmi töltetű hangok hosszabbak. Az intenzitás esetében a pozitív és a semleges kontextusú csoport között kaptunk szignifikáns eltérést. A pozitív csoport hangjai intenzívebbek voltak. Ezen felül szignifikáns különbség adódott az alaphékvencia tekintetében, ugyancsak a pozitív és a semleges kontextusú hangok között. Ez is összhangban van a regresszió eredményével, hiszen az alaphékvencia növekedésével az intenzitás is növekszik, és felfokozott érzelmi állapotban (pozitív kontextusú hangok, pl. játék) magasabb alaphékvenciájú hangokat hallat a kutya.

Vizsgálataink folytatásaképpen, össze lehetne vetni, hogy egy domesztikált faj (pl.: kutya) és egy hozzá evolúciósan közel álló faj (pl.: farkas) esetében van-e különbség, vagyis azt, hogy van-e hatása a domesztikációnak a hang érzelmi töltetének és intenzitásának megítélésére. Meg lehetne nézni azt is, hogy fennállnak-e ugyanezek a szabályszerűségek egy másik domesztikált faj esetén (macska, ló), és össze lehetne vetni ezt a kutyákra kapott eredménnyel, és azzal, hogy mennyi ideje él a faj az emberrel. Továbbá érdekes lenne egy evolúciósan az emberhez közelálló (főemlős) és távolabbi (pl.: madár, kételtű) fajok esetén tesztelni mindezt.

Ezen felül, a vizsgálat során megállapított szabályszerűségekre építve, könnyen felismerhető mesterséges érzelemkifejezéseket illetve érzelem felismerést lehetne generálni és ezeket be lehet építeni mesterséges ágensbe. Ha Steckenfinger és Ghazanfar kísérletére visszagondolunk, az ő eredményeik is azt támasztják alá, még ha arckifejezések kapcsán is, hogy a realiztikus megjelenés nem növeli korlátlanul az ágens elfogadhatóságát, sőt ahogyan ők is kapták a „borzongások völgyébe” esik (5). Az ő kísérletükben a valódi arc és a nem realiztikus arc volt az, amelyikre a makákók szignifikánsan hosszú ideig néztek, míg a realiztikus arcra rövidebb ideig. Fong és munkatársai által a szociális robotokkal szemben felépített kritériumrendszerben szerepelt az érzelemkifejezés és felismerés is (1). A fent megállapított szabályszerűségek ennek jó alapjául szolgálhatnak, azaz az elnyújtott hangokkal negatív belső állapotot fejezhetnének ki a szociális robotok, míg a hang magasságának változtatásával az érzelmi intenzitás kifejezése lenne manipulálható. Mivel, mert ezek a szabályszerűségek fajtól függetlenek lehetnek, és természetesen alakultak ki könnyen értelmezhetőek lehetnek az ember számára egy mesterséges ágenstől hallva is. Ebből következően az emberek nem emberszerű viselkedést várnak a robottól, hiszen a robot eleve nem emberszerű, és ha a hardveres és szoftveres lehetőségek megengedik, akkor ezek, a már biológiai alapon nyugvó, érzelemkifejező és felismerő képességek birtokában a mesterséges ágens érzelmekhez kapcsolódó viselkedése nem esne a „borzongások völgyébe”, vagyis nem váltana ki viszolygást a robottal interakcióba lépő emberből. Ebben az esetben ha az ember vokális érzelemkifejezésének robotba ültetése lenne a realiztikus megoldás, Ghazanfar kísérletét követve, amiről korábban már láttuk, hogy nem feltétlenül szerencsés megközelítés, hiszen ellentmondásba kerülhet a robot megjelenésével vagy más képességeivel, és ez tovább mélyíthetné a „borzongások völgyét” (5). Ha, ahogyan már korábban említettem, nem az embert vesszük alapul, hanem fajtól független szabályszerűségekre építve adunk vokális érzelemkifejező és felismerő képességeket a robotnak, akkor ez a „borzongások völgyére” egy

megoldást jelenthet, sőt az emberi érzelmkifejezés egy az egyben való átvételénél és a robotba ültetésénél, már a teljesen mesterséges vokális érzelmkifejező repertoár is kisebb viszolygást válthatna ki, a robottal kapcsolatba kerülő emberekből. Ez a szociális robotikában jelentős előrelépést jelentene, ugyanis ezáltal könnyebben elfogadható társ-robotokat lehetne létrehozni, ami lehetővé tenné ezek hatékony használatát rászoruló emberek esetében.

### SZERZŐI HOZZÁJÁRULÁS

Az én feladatom elsősorban a kérdőív terjesztése, és a kitöltött kérdőívek feldolgozása és táblázatban való összefoglalása volt. Ezután az elemzés elkészítése, majd a kapott adatok ellenőrzése és értelmezése, végül mindezek alapján az OTDK dolgozat megírása. Az akusztikus elemzést a témavezetőm végezte.

### IRODALOM

1. Fong T, Nourbakhsh I, Dautenhahn K (2003) A survey of socially interactive robots. *Rob Auton Syst* 42:143–166.
2. Rozin P FA (1987) A perspective on disgust. *Psychol Rev* 94:23–41.
3. Rhodes G TT (1996) Averageness, exaggeration, and facial attractiveness. *Psychol Sci* 7:105–110.
4. Jones BC, Little AC P DI (2004) When facial attractiveness is only skin deep. *Perception* 33:569–576.
5. Steckenfinger SA, Ghazanfar AA (2009) Monkey visual behavior falls into the uncanny valley. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2009:1–5.
6. Mori M (1970) Bukimi no tani [The uncanny valley]. *Energy* 7:33 – 35.
7. Miklósi Á, Gácsi M (2012) On the Utilization of Social Animals as a Model for Social Robotics. *Front Psychol* 3:1–10.
8. Székely, T., Moore, A. J., and Komdeur J (2010) Social Behaviour: Genes, Ecology and Evolution. *Cambirdge Cambridge Univ Press*.
9. Fitch, W. T., Huber, L., and Bugnyar T (2010) Social cognition and the evolution of language: constructing cognitive phylogenies. *Neuron* 65:795–814.
10. Dautenhahn, K., and Werry I (2004) Towards interactive robots in autism therapy: background, motivation and challenges. *Pragmat Cogn* 12:1–35.

11. Prothmann A., Bienert M. EC (2006) Dogs in psychotherapy: effects on state of mind. *Anthrozoos* 19:265–277.
12. Thalmann O et al. (2013) Complete Mitochondrial Genomes of Ancient Canids Suggest a European Origin of Domestic Dogs. *Science* (80- ) 342:871–874.
13. Miklósi Á TJ (2013) What does it take to become “best friends”? Evolutionary changes in canine social competence. *Trends Cogn Sci* 1–8.
14. Cohen JA, Fox MW (1976) Vocalizations in wild canids and possible effects of domestication. *Behav Processes* 1:77–92.
15. Nesse RM (1990) Evolutionary explanations of emotions. *Hum Nat* 1:261–289.
16. Mendl MT, Burman OHP, Paul ES (2010) An integrative and functional framework for the study of animal emotion and mood. *Proc R Soc B Biol Sci*:2895–2904.
17. Briefer EF (2012) Vocal expression of emotions in mammals: mechanisms of production and evidence. *J Zool* 288:n/a–n/a.
18. Tate, A.J., Fischer, H., Leigh, A. & Kendrick KM (2006) Behavioural and neurophysiological evidence for face identity and face emotion processing in animals. *Philos Trans R Soc Lond B* 361:2155–2172.
19. Langford, D.J., Bailey, A.L., Chanda, M.L., Clarke, S.E., Drummond, T.E., Echols, S., Glick, S., Ingrao J., Klassen- Ross T., Lacroix-Fralish M.L., Matsumiya L., Sorge R.E., Sotocinal S.G., Tabaka J.M., Wong D., van den Maagden- berg A.M., Ferrari M.D. CKD& MJS (2010) Coding of facial expressions of pain in the laboratory mouse. *Nat Methods* 7:447–449.
20. Fant G (1960) *Acoustic theory of speech production* (Mouton De Gruyter).
21. Titze IR (1994) *Principles of voice production* (Prentice Hall).
22. Morton ES (1977) On the occurrence and significance of motivation - structural rules in some bird and mammal sounds. *Am Nat* 111:855–869.
23. Feighny, J.A., Williamson, K.E. & Clarke JA (2006) North American elk bugle vocalizations: male and female bugle call structure and context. *J Mammal* 87:1072–1077.
24. Pongrácz P, Molnár C, Miklósi Á (2006) Acoustic parameters of dog barks carry emotional information for humans. *Appl Anim Behav Sci* 100:228–240.
25. August, P. V. & Anderson JGT (1987) Mammal sounds and motivation - structural rules: a test of the hypothesis. *J Mammal* 68:1–9.
26. Nicastro N, Owren MJ (2003) Classification of domestic cat (*Felis catus*) vocalizations by naive and experienced human listeners. *J Comp Psychol* 117:44–52.

27. Pongrácz P, Molnár C, Miklósi Á (2006) Acoustic parameters of dog barks carry emotional information for humans. *Appl Anim Behav Sci* 100:228–240.
28. Pongrácz P, Molnár C, Miklósi Á, Csányi V (2005) Human listeners are able to classify dog (*Canis familiaris*) barks recorded in different situations. *J Comp Psychol* 119:136–44.
29. Linnankoski I, Laakso M-L, Reijo A, Leinonen L (1994) Recognition of emotions in macaque vocalizations by children and adults. *Lang Commun* 14:183–192.
30. Russell JA (1980) A circumplex model of affect. *J Pers Soc Psychol* 39:1161–1178.
31. Faragó T et al. (2014) Humans rely on the same rules to assess emotional valence and intensity in conspecific and dog vocalizations. *Biol Lett* 10:20130926.
32. Belin P, Fillion-Bilodeau S, Gosselin F (2008) The Montreal Affective Voices: A validated set of nonverbal affect bursts for research on auditory affective processing. *Behav Res Methods* 40:531–539.
33. Bradley, M. M. & Lang PJ (2007) The International Affective Digitized Sounds (2nd Edition IADS-2): Affective ratings of sounds and instruction manual. *Univ Florida, Gainesville, FL, Tech ....*
34. Belin P, Zatorre RJ, Lafaille P, Ahad P, Pike B (2000) Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature* 403:309–12.
35. Haifeng Chen (2002) *Principal Component Analysis With Missing Data and Outliers*.
36. Karhunen J. (2011) Robust PCA Methods for Complete and Missing Data. *Neural Netw World* 21:357–392.
37. Faragó T et al. (2014) Humans rely on the same rules to assess emotional valence and intensity in conspecific and dog vocalizations. *Biol Lett* 10:20130926.
38. Fitch, W.T. & Hauser MD (2003) Unpacking “Honesty”: Vertebrate Vocal Production and the Evolution of Acoustic Signals. In A. M. Simmons, A. N. Popper, & R. R. Fay, eds. *Acoustic communication*. *Springer*:pp. 65–137.
39. Sauter DA, Eisner F, Calder AJ, Scott SK (2010) Perceptual cues in nonverbal vocal expressions of emotion. *Q J Exp Psychol* 63:2251–72.
40. Manteuffel, G., Puppe, B. & Schön P-C (2004) Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Appl Anim Behav Sci* 88:163–182.
41. Désiré, L., Boissy, A. & Veissier I (2002) Emotions in farm animals: a new approach to animal welfare in applied ethology. *Behav Proc* 60:165–180.
42. Weary, D.M. & Fraser D (1995) Signalling need: costly signals and animal welfare assessment. *Appl Anim Behav Sci* 44:159–169.

43. Weary, D.M. & Fraser D (1995) Calling by domestic piglets: reliable signals of need? *Anim Behav* 50:1047–1055.
44. Marchant, J.N., Whittaker, X. & Broom DM (2001) Vocalisations of the adult female domestic pig during a standard human approach test and their relationships with behavioural and heart rate measures. *Appl Anim Behav Sci* 72:23–29.
45. Weary, D.M., Braithwaite, L.A. & Fraser D (1998) Vocal response to pain in piglets. *Appl Anim Behav Sci* 56:161–172.
46. Byrne, G. & Suomi SJ (1999) Social separation in infant Cebus apella: patterns of behavioral and cortisol response. *Int J Dev Neurosci* 17:265–274.
47. Shair, H.N., Brunelli, S.A., Masmela, J.R., Boone, E. & Hofer MA (2003) Social, thermal, and temporal influences on isolation-induced and maternally potentiated ultrasonic vocalizations of rat pups. *Dev Psychobiol* 42:206–222.
48. Juslin, P. & Scherer KR (2005) in *In The new handbook of methods in nonverbal behavior research: . Harrigan, J., Rosenthal, R. & Scherer, K. (Eds). Oxford: Oxford University Press.*, pp 65–135.
49. Scherer KR (2003) Vocal communication of emotion: a review of research paradigms. *Speech Commun* 40:227–256.
50. Waaramaa, T., Laukkanen, A.-M., Airas, M. & Alku P (2010) Perception of emotional valences and activity levels from vowel segments of continuous speech. *J Voice* 24:30–38.
51. Patel, S., Scherer, K.R., Björkner, E. & Sundberg J (2011) Mapping emotions into acoustic space: the role of voice production. *Biol Psychol* 87:93–98.
52. Banse, R. & Scherer KR (1996) Acoustic profiles in vocal emotion expression. *J Pers Soc Psychol* 70:614–636.
53. Scherer KR (1986) Vocal affect expression: a review and a model for future research. *Psychol Bull* 99:143–165.
54. Soltis, J., Blowers, T.E. & Savage A (2011) Measuring positive and negative affect in the voiced sounds of African elephants (*Loxodonta africana*). *J Acoust Soc Am* 129:1059–1066.
55. Andics A, Gácsi M, Faragó T, Kis A, Miklósi Á (2014) Voice-Sensitive Regions in the Dog and Human Brain Are Revealed by Comparative fMRI. *Curr Biol*:1–5.
56. Miklósi Á (2010) Kutya, ember, robot – avagy az etorobotika születése. *Magy Tudomány* 2.
57. Cynthia Breazeal (2003) Emotion and sociable humanoid robots. *Int J Hum Comput Interact* 59:119–155.

58. Kristof Goris, Jelle Saldien BV and DL (2010) *Human-Robot Interaction - Probo, an Intelligent Huggable Robot for HRI Studies with Children (Chapter 3)*.
59. Hoque; PRME. CB (2009) in *Proceedings of International Workshop on Affective-Aware Virtual Agents and Social Robots*.
60. Jun-Ho Oh David Hanson Won-Sup Kim Il Young Han Jung-Yup Kim Ill-Woo Park (2006) in *International Conference on Intelligent Robots and Systems*.
61. Hanson D Hanson Robotics.
62. P. Ekman WF (1978) Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement. *Consult Psychol Press*.

## FÜGGELÉK

| <b>Akusztikus paraméterek</b> |                                            | <b>Meghatározás</b>                                                                                                                                         | <b>Akusztikus paraméterek</b> |                       | <b>Meghatározás</b>                                                                                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Jelölés</i>                | <i>Elnevezés</i>                           |                                                                                                                                                             | <i>Jelölés</i>                | <i>Elnevezés</i>      |                                                                                                                                                        |
| f0                            | Alapfrekvencia                             | Az a frekvencia, amelyen a rezonancia kialakul                                                                                                              | intensity                     | Intenzitás            | Egységnyi felületre jutó hangteljesítmény                                                                                                              |
| f0min                         | Alapfrekvencia minimuma                    | Alapfrekvencia legkisebb értéke                                                                                                                             | intmean                       | Intenzitás átlaga     | Intenzitás átlagos értéke                                                                                                                              |
| f0max                         | Alapfrekvencia maximuma                    | Alapfrekvencia legnagyobb értéke                                                                                                                            | intmin                        | Intenzitás minimuma   | Intenzitás legkisebb értéke                                                                                                                            |
| f0range                       | Alapfrekvencia terjedelme                  | Alapfrekvencia maximális és minimális értékének különbsége                                                                                                  | intmax                        | Intenzitás maximuma   | Intenzitás legnagyobb értéke                                                                                                                           |
| f0mintr                       | Alapfrekvenciaminimum reaktív időpozíciója | Alapfrekvencia minimumának az időbeli távolsága a kezdő ponttól                                                                                             | intrange                      | Intenzitás terjedelem | Intenzitás legnagyobb és legkisebb értékének különbsége                                                                                                |
| f0maxtr                       | Alapfrekvenciamaximum reaktív időpozíciója | Alapfrekvencia maximumának az időbeli távolsága a kezdő ponttól                                                                                             | intst                         | Kezdőponti intenzitás | Az az intenzitásérték, amit a kezdőpontban felvesz                                                                                                     |
| f0sd                          | Alapfrekvencia szórása                     | Az alapfrekvencia várhatóértékének négyzetének és az alapfrekvencia négyzetének várhatóértékének különbségeének gyöke (Alapfrekvencia varianciájának gyöke) | intsd                         | Intenzitás szórás     | Az intenzitás várhatóértékének négyzetének és az alapfrekvencia négyzetének várhatóértékének különbségeének gyöke (Az intenzitás varianciájának gyöke) |
| f0qlow                        | Alapfrekvencia alsó kvartilise             | Nagyság szerint sorba rendezett alapfrekvencia értékek 1/4-dik eleme (25%)                                                                                  | intend                        | Végponti intenzitás   | Az az intenzitásérték amit a végpontban felvesz                                                                                                        |

|               |                                     |                                                                            |               |                                        |                                                                                                                   |
|---------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| f0med         | Alapfrekvencia mediánja             | Nagyság szerint sorba rendezett alapfrekvencia értékek középső eleme (50%) | intmaxt       | Intenzitásmaximum helye hangon belül   | Az intenzitás maximumának az időbeli távolsága a kezdő ponttól                                                    |
| f0qhi         | Alapfrekvencia felső kvartilise     | Nagyság szerint sorba rendezett alapfrekvencia értékek 3/4-dik eleme (75%) | intmint       | Intenzitásminimum helye a hangon belül | Az intenzitás minimumának az időbeli távolsága a kezdő ponttól                                                    |
| f0qrange      | Alapfrekvencia kvartilis terjedelme | Alapfrekvencia felső és alsó kvartilisének különbsége                      | maxintrelopos | Intenzitásmaximum relatív időpozíciója | Az intenzitás minimumának relatív időbeli elhelyezkedése a hangon belül (intmaxt/cl)                              |
| f0slope       | Alapfrekvenciameredekség            | Alapfrekvencia átlag abszolút meredeksége                                  | minintrelopos | Intenzitásminimum relatív időpozíciója | Az intenzitás maximumának relatív időbeli elhelyezkedése a hangon belül (intmint/cl)                              |
| f0slopenojump | Alapfrekvenciameredekség nojump     | Alapfrekvencia átlag abszolút meredeksége oktávugrás nélkül                | banddens      | Spektális energia denzitás             | Spektrális energia denzitása 2000 és 4000Hz között                                                                |
| f0st          | Kezdőponti alapfrekvencia           | Az az alapfrekvenciaérték amit az alapfrekvencia a kezdőpontban felvesz    | centgrav      | Súlyponti energia (Center of gravity)  | Spektrális súlyponti energia                                                                                      |
| f0end         | Végponti alapfrekvencia             | Az az alapfrekvenciaérték amit az alapfrekvencia a végpontban felvesz      | freqsd        | frekvenciaszórás                       | Az frekvencia várhatóértékének négyzetének és az alapfrekvencia négyzetének várhatóértékének különbségeének gyöke |
| f0change      | Alapfrekvencia változás             | Kezdőponti és végponti alapfrekvencia különbsége                           | skewn         | Ferdeség (Skewness)                    | Spektrum ferdesége                                                                                                |
| cl            | Hanghossz                           | A hangadás hossza a hangfelvételen belül                                   | kurt          | Kurtózis                               | Spektrum lapítottsága                                                                                             |

|             |                                            |                                                                                                         |          |                                                                                 |                                                                        |
|-------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| HNR         | Harmonicitás                               | Tonalitás és zajosság aránya<br>(Harmonic to noise ratio)                                               | cmoment  | Központi momentum                                                               | A power spektrum nem-normalizált ferdesége                             |
| f0minrelpoz | Alapfrekvenciaminimum<br>realtív pozíciója | Alapfrekvencia legkisebb<br>értékének relatív időbeli<br>elhelyezkedése a hangon belül<br>(f0mintr/cl)  | endiff   | Energia differencia                                                             | Spektrális energia<br>különbség 0-2000 és 4000-<br>6000Hz sávok között |
| f0maxrelpoz | Alapfrekvenciamaximum<br>realtív pozíciója | Alapfrekvencia legnagyobb<br>értékének relatív időbeli<br>elhelyezkedése a hangon belül<br>(f0maxtr/cl) | harmmax  | Harmonicitás<br>maximum                                                         | Harmonicitás legnagyobb<br>értéke                                      |
| ppp         | Point process                              | Hangciklusok száma                                                                                      | harmmean | Harmonicitás átlag                                                              | Harmonicitás átlagos<br>értéke                                         |
| ppm         | Point process átlag                        | Hangciklusok átlagos hossza                                                                             | harmdev  | Harmonicitás dev?                                                               | Harmonicitás szórása                                                   |
| ppj         | Jitter                                     | A egymást követő hangciklusok<br>frekvenciája az<br>alapfrekvenciához képest                            | ltasp    | Hosszútávú<br>átlagspektrum csúcsa<br>(long-term average<br>spectrum peak)      | Egyész hangra számolt<br>átlagos spektrum csúcsa                       |
| energy      | Energia                                    | A hang oszcillációjának állapota<br>(hang amplitúdója)                                                  | ltasd    | Hosszútávú<br>átlagspektrum szórás<br>(long-term average<br>spectrum deviation) | Egyész hangra számolt<br>átlagos spektrum szórása                      |
| power       | Erő                                        | Energia időbeli változása,<br>teljesítmény (Energia/cl)                                                 | peakf    | Csúcsfrekvencia                                                                 | A legnagyobb erőhöz<br>tartozó frekvenciaérték                         |

**Táblázat 1.:** A mért akusztikus paraméterek.

| Kutya                                                        | K1           | K2          | K3          | K4          |
|--------------------------------------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Alapfrekvencia (f°)                                          | <b>,958</b>  | -,193       | ,004        | ,007        |
| Alapfrekvencia minimuma                                      | <b>,866</b>  | -,293       | -,007       | ,017        |
| Alapfrekvencia maximuma                                      | <b>,974</b>  | -,120       | ,003        | ,015        |
| Maximális alapfrekvencia relatív időpozíciója                | -,238        | <b>,676</b> | -,174       | -,040       |
| Alapfrekvencia szórás                                        | <b>,748</b>  | ,105        | -,029       | ,075        |
| Alapfrekvencia alsó kvartilise                               | <b>,914</b>  | -,258       | ,007        | ,003        |
| Alapfrekvencia medián                                        | <b>,951</b>  | -,210       | ,007        | ,016        |
| Alapfrekvencia felső kvartilise                              | <b>,970</b>  | -,182       | -,011       | ,038        |
| Alapfrekvencia kvartilis terjedelem                          | <b>,680</b>  | ,132        | -,070       | ,119        |
| Alapfrekvencia meredekség                                    | <b>,787</b>  | -,281       | ,136        | ,004        |
| Kezdőponti alapfrekvencia                                    | <b>,894</b>  | -,220       | -,065       | ,039        |
| Végponti alapfrekvencia                                      | <b>,920</b>  | -,193       | ,021        | ,049        |
| Hanghossz                                                    | -,219        | <b>,933</b> | -,140       | -,161       |
| Hangciklusok átlagos száma                                   | <b>-,741</b> | ,320        | -,240       | ,125        |
| Energia                                                      | -,222        | <b>,901</b> | ,078        | -,246       |
| Erő                                                          | ,129         | -,350       | <b>,800</b> | -,244       |
| Intenzitás                                                   | -,065        | -,045       | <b>,907</b> | -,253       |
| Intenzitás átlaga                                            | -,184        | -,090       | <b>,949</b> | -,078       |
| Intenzitás maximuma                                          | ,168         | -,064       | <b>,876</b> | ,044        |
| Maximális intenzitás relatív időpozíciója                    | -,213        | <b>,856</b> | -,110       | -,142       |
| Minimális intenzitás relatív időpozíciója                    | -,130        | <b>,792</b> | -,127       | -,097       |
| Spektrális energia denzitása 2000-4000 Hz között             | ,087         | -,122       | ,022        | <b>,770</b> |
| Frekvenciaszórás                                             | ,004         | -,195       | -,201       | <b>,925</b> |
| Központi momentum                                            | -,128        | -,033       | -,175       | <b>,777</b> |
| Spektrális energia különbsége 0-2000 Hz, 4000-6000 Hz között | ,342         | -,275       | -,111       | <b>,799</b> |
| Csúcsfrekvencia                                              | <b>,780</b>  | -,239       | ,069        | ,174        |
| Eigenvalue                                                   | 10,179       | 4,399       | 3,391       | 3,012       |
| Magyarázott variancia (%)                                    | 39,149       | 16,918      | 13,043      | 11,584      |
| Cronbach alfa                                                | ,968         | ,929        | ,926        | ,818        |

**Táblázat 2/a:**

Kutyahangokra mért akusztikus paraméterek és a faktoranalízis eredménye. A faktorok betűjelei: *K1*- Alapfrekvencia faktor, *K2*- Idő domain faktor, *K3*- Intenzitás faktora, *K4*- Spektrális elemek faktora. Az egyes faktorokat leginkább befolyásoló paraméterek faktorsúlyát vastagon szedtük, a színek pedig a befolyás irányát mutatják (pozitívan befolyásol - piros, negatívan befolyásol - kék).

| Ember                                                        | E1     | E2     | E3     | E4    | E5    | E6    |
|--------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Végponti alapfrekvencia                                      | ,975   | ,015   | -,024  | ,045  | ,007  | ,100  |
| Alapfrekvencia alsó kvartilis                                | ,972   | ,100   | -,003  | ,020  | -,024 | ,151  |
| Alapfrekvencia medián                                        | ,967   | ,051   | ,017   | ,031  | ,128  | ,138  |
| Alapfrekvencia minimuma                                      | ,967   | ,027   | -,005  | ,033  | -,096 | ,152  |
| Alapfrekvencia (f <sup>0</sup> )                             | ,965   | ,077   | ,008   | ,033  | ,174  | ,140  |
| Alapfrekvencia felső kvartilis                               | ,932   | ,039   | ,036   | ,037  | ,295  | ,151  |
| Kezdőponti alapfrekvencia                                    | ,914   | -,019  | -,047  | ,006  | ,121  | ,125  |
| Alapfrekvencia maximuma                                      | ,867   | ,109   | -,023  | ,036  | ,444  | ,134  |
| Alapfrekvencia meredekség                                    | ,832   | -,268  | ,012   | ,002  | ,274  | -,042 |
| Hangciklusok átlagos száma                                   | -,782  | ,024   | ,050   | -,023 | -,243 | -,272 |
| Alapfrekvencia változás                                      | ,608   | ,069   | ,025   | ,090  | -,195 | ,008  |
| Hanghossz                                                    | -,213  | ,893   | -,031  | ,008  | ,137  | -,010 |
| Point process (ppp)                                          | ,309   | ,852   | -,042  | -,064 | ,156  | ,109  |
| Energia                                                      | -,228  | ,831   | ,370   | -,054 | ,114  | ,064  |
| Minimális intenzitás relatív időpozíciója                    | -,052  | ,772   | -,002  | -,019 | -,111 | -,102 |
| Maximális frekvencia relatív időpozíciója                    | ,134   | ,700   | ,013   | -,002 | -,093 | ,022  |
| JITTER (ppj)                                                 | -,214  | -,596  | -,075  | -,121 | ,207  | -,229 |
| Intenzitás átlaga                                            | -,079  | ,098   | ,967   | ,085  | -,005 | ,001  |
| Intenzitás                                                   | -,058  | ,212   | ,954   | ,069  | ,021  | ,039  |
| Hosszútávú átlagspektrum szórása                             | -,006  | ,185   | ,825   | -,362 | -,094 | ,064  |
| Erő                                                          | ,085   | -,165  | ,823   | ,075  | -,019 | -,079 |
| Intenzitás maximuma                                          | ,033   | -,065  | ,768   | ,270  | ,194  | ,194  |
| Frekvenciaszórás                                             | -,013  | -,121  | ,057   | ,899  | ,071  | -,084 |
| Spektrális energia különbsége 0-2000 Hz, 4000-6000 Hz között | ,165   | ,162   | ,049   | ,873  | ,001  | -,036 |
| Spektrális súlyponti energia                                 | ,333   | ,150   | ,059   | ,827  | ,079  | ,064  |
| Központi momentum                                            | -,045  | -,129  | ,044   | ,671  | ,053  | -,075 |
| Kurtózis                                                     | ,056   | -,004  | ,010   | -,543 | ,032  | ,050  |
| Alapfrekvenciaszórás                                         | ,179   | -,038  | ,016   | ,092  | ,958  | ,013  |
| Alapfrekvencia kvartilis terjedelem                          | ,116   | -,144  | ,098   | ,045  | ,922  | ,049  |
| Alapfrekvencia terjedelem                                    | ,344   | ,158   | -,037  | ,022  | ,888  | ,052  |
| Végponti intenzitás                                          | -,145  | -,043  | -,010  | ,066  | ,018  | -,871 |
| Intenzitás terjedelem                                        | ,374   | ,278   | ,129   | -,026 | ,140  | ,822  |
| Intenzitás minimuma                                          | -,383  | -,305  | ,071   | ,103  | -,098 | -,817 |
| Intenzitás szórása                                           | ,120   | -,283  | ,110   | -,110 | -,014 | ,814  |
| Eigenvalue                                                   | 9,737  | 4,263  | 4,004  | 3,299 | 3,295 | 3,145 |
| Magyarázott variancia (%)                                    | 28,637 | 12,538 | 11,776 | 9,702 | 9,690 | 9,250 |
| Cronbach alfa                                                | ,978   | ,872   | ,920   | ,827  | ,958  | ,899  |

**Táblázat 2/b:**

Emberhangokra mért akusztikus paraméterek és a faktoranalízis eredménye. A faktorok betűjelei: E1- Alapfrekvencia faktor, E2-Idő domain, és point process faktora, E3-Intenzitás faktora, E4-Spektrális elemek faktora, E5- Alapfrekvencia terjedelem és szórás faktora, E6-Intenzitás terjedelem és szórás faktora. Az egyes faktorokat leginkább befolyásoló paraméterek faktorsúlyát vastagon szedtük, a színek pedig a befolyás irányát mutatják (pozitívan befolyásol - piros, negatívan befolyásol - kék)