

SZIMfonia

AZ NBSZ SZAKÉRTŐI INTÉZET

MŰHELYMUNKÁI

SZAKÉRTŐI KUTATÁSOK A MILAB ÉGISZE ALATT

INTERJÚ VIDÁCS LÁSZLÓVAL

AUTOMATIKUS ÉLETKORBECSLÉS

BESZÉDLEIRATOK SZÖVEGNYELVÉSZETI ELEMZÉSE

KRIMINALISZTIKAI CÉLÚ BESZÉLŐAZONOSÍTÁS

JÁRMŰVEK SZAKÉRTŐI VIZSGÁLATA

szimfonia@nbsz.gov.hu

SZIM^fonia IV.
Szakértői kutatások a MILAB égisze alatt

Budapest
2026

SZIMfonia

Az NBSZ

Szakértői

Intézet

Műhelymunkái a

Fotó-videótechnikai és okmányszakértés,

Okmányfejlesztés, okmánybiztonság,

Nyelvész, hangtechnikai és írásszakértés,

Információtechnológiai szakértés és

Analitikai szakértés, vegyészet területéről

Szerkesztőbizottság:

Főző Eszter, Kóré Veronika, Markó Alexandra, Mell Péter, Nyiri Miklós

Lektorálták:

Bakos Éva, Gocsál Ákos, Markó Alexandra, Máté István Zsolt,

Némedy László, Tatár Zoltán, Vincze Veronika

E-mail: szimfonia@nbsz.gov.hu

ISSN 2939-7537

ISBN 978-615-82042-8-6

ISBN 978-615-82042-9-3 (PDF)

Kiadja a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat.

Felelős kiadó a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat főigazgatója.

Nyomdai kivitelezés: Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézet.



BUDAPEST, 2026

7

Előszó a kötethez
Orosz Péter Pál

11

**Interjú Vidács Lászlóval,
az SZTE Alkalmazott MI Kutatócsoport vezetőjével**
Bakos Éva

27

**Beszédleiratok szövegnyelvészeti elemzésének felhasználása
a beszélőazonosításban**
Főző Eszter

55

Kriminálisztikai célú beszélőazonosítás - 10 év korkülönbséggel
Varga Zoltán

81

Automatikus beszélőprofil-készítés
Tatár Zoltán

109

**A modern közúti közlekedés járműveinek szakértői vizsgálata
módszertanának kialakítása és annak alkalmazási lehetőségei**
Répás József

ELŐSZÓ

a Szakértői kutatások a MILAB égisze alatt című kötethez

A tudományos kutatás az a tevékenység, amely nélkülözhetetlen kell, hogy legyen minden szervezetben, illetve amely elkötelezett az élen járó technológiák és az új típusú megoldások saját működési folyamataiba történő integrációja mellett. Kiemelt cél, hogy a kutatási tevékenység az eredményeivel elősegítse a folyamatos fejlődést, hogy a szervezet adekvát választ tudjon adni a kor egyes kihívásaira.

2020-ban lehetőség nyílt a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat számára egy olyan nemzeti kutatási programhoz kapcsolódni, amelyhez hasonló korábban nem volt elérhető.

A Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által elindított Nemzeti Laboratóriumok



program olyan jelentős és aktuális társadalmi kihívásokra választ adó tematikus területeken biztosított kutatási lehetőséget a megalakult konzorciumok számára – a teljesség igénye nélkül –, mint például a kvantuminforma-

tika, az autonóm rendszerek, az egészségügy számos területe, az infokommunikáció és információtechnológia, valamint nem utolsósorban a korunk meghatározó technológiájának számító mesterséges intelligencia.

Az így létrejött Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratóri-

umhoz (MILAB) a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat büszkén csatlakozott – olyan nagy múltú kutatóhelyek és egyetemek mellett, mint például a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, a Szegedi Tudományegyetem, a HUN-REN Társadalomtudományi Kutatóintézet, a Semmelweis Egyetem –, ezáltal is bizonyítva szerepét és elkötelezettségét az élen járó technológiák kutatásában és alkalmazásában.

A MILAB – mint a tématerületen létrehozott, élen járó kutatási ökoszisztéma – lehetőséget biztosított a már meglévő kutatói együttműködéseink elmélyítésére, valamint új partnerek megtalálására és célzott bevonására is.

A kutatási projektekbe bevont külső együttműködő kutató partnerek (többek között a BME, az SZTE, az Ukatemi Zrt., az Alverad Kft.) nem csupán egyes meghatározott feladatok végrehajtásában vettek részt, sokkal inkább a kutatói hálózatokban felgyülemlett tudást és tapasztalatot kívántuk integrálni a Nem-

zetbiztonsági Szakszolgálat K+F tevékenységének folyamataiba, kutatási céljaink hatékonyabb elérése érdekében.

Az MI számos lehetséges kutatási területe közül a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat – a korábban meghatározott prioritásai és kutatási céljai mentén – a nyelvtechnológia és az autonóm járművek vizsgálata témakörökben indított több K+F projektet. Az NBSZ célul tűzte ki, hogy a meghatározott, jól fókuszált feladatok végrehajtásával támogassa minden érintett szakterülete közül főként azoknak a fejlődését, amelyek közvetlenül profitálnak majd az eredményekből.

A nyelvtechnológia tématerületén két kutatási irányban indítottuk el projektünket. Az egyik irány az írott szövegek MI-alapú gépi elemzését és az automatikus szerzőazonosítás megalapozását, megvalósítását tűzte ki célul, míg a másik kutatási irány a hangzó szövegekhez kapcsolódóan a beszédsajátosságok életkori változásait vizsgálta.

Az autonóm járművek tématerületen szintén két irányban indult kutatás, de a két jól lehatárolható téma okán elkülönülő projektekben. Az egyik téma az autonóm rendszereket mint IT-ökoszisztémákat vizsgálta biztonsági, sérülékenységi fókusszal. A másik téma a járművekben található, az információtechnológiai szakértő szemszögéből releváns egységeket, adatokat és azok vizsgálhatóságát helyezte a figyelem középpontjába.

A MILAB-programban történő részvétel a kutatási célok elérése mellett további lehetőséget biztosított a Nemzetbiztonsági Szak-

szolgálat számára, hogy a kutatásokat támogató, de a program befejezését követően, az eredményeket hasznosítva az alapfeladatok ellátásában is alkalmazható eszközöket és berendezéseket is beszerezzen.

A SZIMfonia jelen kötetében a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézetben a MILAB keretei között megvalósult kutatási projektekről számolnak be a szerzők.

Orosz Péter Pál
az NL-kutatások
szakmai vezetője

SZIMfonia



ARTIFICIAL INTELLIGENCE National Laboratory

FOUNDATIONS
OF AI

HUMAN LANGUAGE
PROCESSING

MACHINE
PERCEPTION

MEDICAL, HEALTH
BIOLOGY

SECURITY
PRIVACY

SENSORS &
TELECOMMUNICATIONS

mi.nemzetilabor.hu



HUNGARIAN NATIONAL
LABORATORY

Interjú Vidács Lászlóval, az SZTE Alkalmazott MI Kutatócsoport vezetőjével

BAKOS ÉVA

Ezt a SZIMfonia-kötetet a Szakértői Intézetben folytatott olyan kutatásoknak szenteltük, amelyek a Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium (MILAB, <https://mi.nemzetilabor.hu>) támogatásával valósultak meg. A MILAB célja Magyarország szerepének erősítése a mesterséges intelligencia (MI) területén. Az MI nemzetközi és hazai környezetét jellemzi a különlegesen éles verseny a szakemberekért, a diszrupciós lehetőségek, valamint a gyors piacra viteli idő. Az Európai Unió komoly erőfeszítéseket tesz a felzárkózásra az USA-beli és kínai fejlesztési képességekhez.

A MILAB a felsőoktatási intézmények, kutatóintézetek és mesterséges intelligencia alkalmazásával kapcsolatos kutatási tevékenységet folytató szervezetek konzorciuma, ennek a konzorciumnak tagja a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat és a Szegedi Tudományegyetem (SZTE) is. Beszélgetőpartnerem Vidács László, egyetemi docens az SZTE Szoftverfejlesztés Tanszékén. PhD fokozatát 2010-ben szerezte szoftverkarbantartás témában. Ma egy alkalmazott mesterséges intelligenciával foglalkozó kutatócsoportot vezet, és folyamatosan részt vesz kutatás-fejlesztési projekteken vezető hazai és nemzetközi ipari és akadémiai partnerekkel. Jelentős tapasztalattal rendelkezik az MI-alapú megoldások terén. Kiemelt kutatási témái a természetesen nyelvfeldolgozás, a mély tanulási módszerek és ezek alkalmazása különböző szakterületeken.

Sajtóértesülések szerint a MILAB az egyik legsikeresebb Nemzeti Laboratórium, ami laikusként érthető is, hiszen a gépi tanulás, a mesterséges intelligencia alkalmazása világviszonylatban vezető technológia, és ebben Magyarország az élen jár.

Az NBSZ 2020-ban csatlakozott a MILAB nyelvtechnológiai munkacsoportjához mint konzorciumi tag. Az NBSZ Szakértői Intézet kutatási-fejlesztési partnere 2020 és 2024 között az SZTE volt. Az Intézetünk nyelvtechnológiai kutatásának középpontjában 2022-ig az írott szövegjegyek vizsgálata állt, majd 2022-től a beszéd, például a beszélt nyelvi sajátosságok elemzése. Az NBSZ–SZTE közös kutatásának eredményterméke az NLP (Natural Language Processing)-eszközökre támaszkodó SZIRA (*Szövegfeldolgozó Információs Rendszer és Adattár*), mely megvalósítja az automatizált, több nyelvi szinten működő gépi szövegelemzési képességet; az 1 : 1 alapú gépi szöveg-összehasonlítást; a morfológiai és lexikai keresést; a gépi helyesírásjavítást; az érzelemfelismerést, valamint nyílt és zárt halmazra tanított (adatbázis-alapú) gépi szerzőazonosítási képességgel is rendelkezik.



Milyen nehézségekkel szembesült az SZTE kutatócsoportja a SZIRA fejlesztése közben? A SZIRA-ban milyen módon került alkalmazásra az MI?

Ha lehet, először inkább a jó dolgokkal, és nem a nehézségekkel kezdeném. Nagyon örültünk annak idején a megkeresésnek, mivel a mi csoportunk szövegelemzéssel, gépi szövegértelmezéssel, tudásgráfok építésével foglalkozik, ezért nagyon passzott a feladat a profilunkhoz. Másrészt előre örültünk annak, hogy egy jól használható alkalmazást hozhatunk létre, amit fontos célokra használnak majd. Ez a motiváció egyébként végig megvolt a csapatunkban, olyannyira, hogy sok fiatal, PhD-hallgatók, fiatal kutatók is csatlakoztak hozzánk, akik sok más területről választhattak volna kutatási témát, mégis úgy gondolták, hogy ez a terület a legérdekesebb számukra. Tehát már az indulásnál nagyon pozitívan értékeltük a lehetőséget, és mindvégig fennmaradt ez az erős motiváltság.

A fiatal munkatársak is látták, hogy ennek lesz gyakorlati hasznosulása?

Abszolút, és ez egy nagyon erős motiváció. Például az orvosi területeken néha nem látjuk előre, hogy hogyan kerül majd egy produktum ténylegesen alkalmazásra, mivel ott a szabályozási feltételek nagyon szigorúak. Itt azonban azt láttuk, hogy habár kiemelten fontos a titoktartás és az adatbiztonság, ezen a területen esélyünk lesz majd gyakorlatban alkalmazható eredményeket elérni, ez igencsak motiváló volt. A lelkes fiatalok mellett persze elengedhetetlen a tapasztalt kutatók iránymutatása, Gyimóthy Tibor professzor úr a legelső beszélgetéstől kezdve folyamatosan támogatta a munkát.

Természetesen adódtak nehézségek, de kutatóként a nehézség inkább inspirál, hiszen állandó változásban, megújulásban kell működnünk. Ami a SZIRA fejlesztésében különleges volt, az az adatok bizalmas volta, ami arra készítetett minket, hogy jobban átgondoljuk, óvatosabban kezeljük a témát. Ugyanakkor azzal is meg kellett birkóznunk, hogy nem áll rendelkezésre sok adat (szöveg), ami olyan szempontból jelentett problémát, hogy emiatt nagyon sok, a szakirodalomból ismert algoritmust nem tudtunk alkalmazni. Ha megnézzük, hogy mi van a nagyvilágban, azt látjuk, hogy többszáz

oldalas irodalmi művek esetében ezek a módszerek nagyon jól működnek, például a szerzők azonosításában. Ha viszont ugyanezeket a módszereket egy néhány soros vagy néhány bekezdés hosszúságú bűnügyi szövegre alkalmazzuk, akkor nem mindig járunk sikerrel. Ennélfogva folyamatosan küzdöttünk ezzel az akadállyal. Ezt a problémakört ugyanakkor mesterséges intelligenciával is meg tudjuk közelíteni, hiszen nagyon sok területen alkalmaznak adatgenerálást, vagyis amikor nincs elég tanító adatunk, akkor generálunk a valódihoz hasonló adatot, illetve kicsit zajos adatot, hogy zajtűrőbb legyen az algoritmus. Ilyen módszerek léteznek, és ezeket is bevetettük annak érdekében, hogy pontosabb eredményt kapjunk.

Ez az adatgenerálási módszer megoldást jelentett az adathiányra?

Valamilyen szinten igen, de sajnos nem tudjuk, hogy egy bűnügyi szöveg szerzője hogyan írna pontosan. Kerestünk köznyelvi, nem irodalmi stílusú szövegeket webes fórumokon, és azokat is fel tudtuk használni, természetesen nem egyenrangúan a valódi adatokkal. Nemcsak ebben a tekintetben éltünk a mesterséges intelligencia nyújtotta lehetőségekkel, gyakorlatilag az egész fejlesztést átszövi a mesterséges intelligencia. Van például egy nyelvi elemzőnk, ami nagyon sok mindenben támaszkodik MI-modellekre; van névelem-felismerő, amely kimondottan egy MI-modell; a szerzőség-modelljeink is neuronhálós modellek; illetve van egy intelligens kereső az adattárban, az is nyelvi modelleket használ. Van ezeken kívül egy újabb kutatásunk, ami arra irányul, hogy detektáljuk, hogy egy szöveget LLM-mel generáltak, vagy ember írta, ezek is mesterségesintelligencia-modellek. Szóval mondhatjuk, hogy szinte minden területen alkalmazzuk a mesterséges intelligenciát.

Ha jól értem, akkor többféle MI-alkalmazás működik párhuzamosan, hogy a SZIRA hatékonyan működjön.

Így van. Különböző célmodelljeink vannak, tehát nem egyetlen nagy modellt használunk, elvárva tőle, hogy mindent tudjon, hiszen általában ezek a „mindenre jó” modellek nem annyira jók generálásban. Mi inkább a hatékonyságra törekszünk, mintsem az univerzalitásra, tehát olyan modellekkel dolgozunk, amelyek nagyon jól használhatók egy-egy adott célra,

és így az az előnyük, hogy ezeket hatékonyan tudjuk tanítani is, illetve külön-külön tudjuk ellenőrizni is a működésüket. Ez a feketedoboz jellegű nagy nyelvi modellekhez képest meghatározó tulajdonság a szakértői munka támogatása során. Hozzá kell tennem, hogy a nagy modellek fejlesztése nagyon felgyorsult az utóbbi időben, pontosságuk olyan szinten mozog, ami néhány éve még nem volt elérhető. A kis modellek előnyeként ma inkább az adatbiztonságot, illetve a fenntartható működést szokták említeni. Ezekkel a modellekkel nagyságrenddel több szöveget lehet adott idő alatt elemezni, mint egy távoli nagy nyelvi modellre épülő szolgáltatással, és ez utóbbi megoldás bizalmas adatokon jelenleg nem is lenne alternatíva.

Említetted, hogy a SZIRA már képes valamilyen szinten megkülönböztetni egy MI által generált szöveget a humán szerzőségű szövegtől. Ha jól tudom, ez a módszertan még nem eléggé kiforrott.

Ez egy most folyó kutatás. Van olyan feladat, amiben az alkalmazás nagyon sikeres, tehát közel 99%-os pontosságot ér el, ha meg kell mondania, hogy egy szöveg tisztán emberi vagy tisztán MI-szerzőségű. Ezen a területen vannak nagyon eredményes kísérletek, amelyek optimistává tesznek bennünket. Ugyanakkor azt látni kell, hogy már ma sem tisztán MI-generált szövegek és tisztán ember által írt szövegek fordulnak elő, vegyes szövegeket kell vizsgálni. Ez az egyik olyan kutatási irány, amit mindenképp szeretnénk folytatni, mert annak elég sok hozadéka lehet, hogyha ezen a területen pontos elemzéseket tudunk készíteni.

A nyelvész szakértői munka oldaláról mi is azt látjuk, hogy ez lesz a jövő egyik nagy feladata. A megrendelő mindenekelőtt arra a kérdésre fog választ várni, hogy az adott szöveget az MI generálta vagy ember írta.

Igen, és ez nemcsak azért fontos, hogy képesek legyünk detektálni a csalást. Természetesen fontos tudni, hogy ki írta a szöveget, hiszen etikai kérdéseket is felvet, ha eladom a saját nevem alatt a gép által létrehozott bármilyen alkotást, és ez egy rövidtávú haszna lehet egy ilyen modellnek. Másrésztől azonban, ha jobban látjuk azt, hogy az ember és a gép interakciójában keletkezett szöveg milyen, hogyan készül, milyen részekből áll, akkor elemezni

is tudjuk, és talán meg is tudjuk fejteni az ember és a gép egymásra hatását. Ez szerintem sokkal messzebbre vezet, nagyobb távlatokban egyre fontosabb lesz ez az információ. Az, hogy megértsük, hogy hogyan használjuk a gépi modellt, hogyan befolyásol minket, mi hogyan hatunk vissza rá, mennyire tudjuk mi befolyásolni a gépi generálást, olyan fontos nyitott kérdések, amelyekkel mindenképpen érdemes foglalkozni a közeljövőben, és akár a nagy nyelvi modellek hosszabb távú használatát is befolyásolják.

A SZIRA fejlesztése az utóbbi években a MILAB keretében folyt, és az SZTE – akárcsak az NBSZ – a MILAB konzorciumi tagja volt. Milyen további MILAB-kutatásokban vett részt az SZTE?

Több alprojektben vettünk részt. Ezek közül az egyik a már említett nyelvtechnológiai terület, ahol a SZIRA fejlesztése mellett a kérdés-válasz modellek, adatbázisok, chatbotok területén keletkeztek jól használható MILAB-os eredmények. Fontos kutatási eredmények születtek az erőforrás-hatékony nagy nyelvi modellek területén, amik a közeljövőben a gyakorlatban is visszaköszönhetnek. Ezen túlmenően a nyelvtechnológia több tekintetben átfed az orvosi, egészségügyi alkalmazási területtel, ahol hangalapú megoldásaink vannak Alzheimer- és egyéb betegségek korai előrejelzésére, illetve a telemedicina-alkalmazások, az automatikus leletfeldolgozás területén is végzünk kutatásokat. A felhőalapú technológiákban voltunk még aktívak, ott főleg szimulációs modelleken dolgoztak a kollégák; illetve fontos kutatás foglalkozott azzal, hogy hogyan használhatók a nagy nyelvi modellek és egyéb fejlett beágyazási algoritmusok a forráskód reprezentálására, és annak biztonsági elemzésére, illetőleg automatikus javítására. A mesterségesintelligencia-modellek támadhatóságát is kutatták kollégák, hogy milyen módszerrel lehet támadni ezeket, illetve hogyan lehet védekezni ezek ellen a támadások ellen. Én nem biztos, hogy mindent fel tudok idézni, a teljes konzorcium pedig ennél is több területen ért el kiváló eredményeket. A MILAB tájékoztató füzetet is adott ki a kutatásokról, amit szívesen ajánlok az érdeklődőknek.

Ezek nagyon fontos témakörök. Mit gondolsz, a MILAB-on belül várhatóan melyik kutatási területnek lesz a legnagyobb a társadalmi hasz-

nosulása? Tulajdonképpen ezt a kérdést félig már meg is válaszoltad, mert gondolom, hogy az orvosi-egészségügyi alkalmazások jelentősége ebben a tekintetben a legnagyobb.

Igen, ez egy elég jól látható társadalmi hasznosulási lehetőség. Az orvosi területen nagyon szép eredmények vannak, csak hogy itt van egy komoly szabályozási nehézség. Ahhoz, hogy orvosi eszközben működhessen, nagy utat kell bejárnia egy-egy modellnek, illetve a modell fejlesztési ciklusába a folyamatos klinikai validációt is be kell építeni. Ezért nagyon sokszor inkább a kutatásban lehet első körben tetten érni ezeket az eredményeket.



Ez még nem jelent rögtön széleskörű alkalmazást, de arra törekszünk, hogy minél jobban elterjedjenek ezek a módszerek. A másik terület, amit mindenképpen említenék, az a kibervédelem és az MI-szoftverek biztonsága. Ez olyan téma, ami nincs kellőképpen hangsúlyozva. Szép eredmények születtek az SZTE-n és a konzorciumban is, és ezen a fronton is nagyon fontos társadalmi hasznosulás várható, mivel az MI-megoldások teljesen letarolják napjaink szoftvereit. A járműiparral szintén sokrétű az együttműködés, ott is azt várom, hogy széles körben el fognak terjedni a készülő fejlesztések. Továbbá mi úgy tekintünk a közös nyelvtchnológiai kutatásunkra is, hogy

már most is komoly társadalmi hasznosulással bír a Szakértői Intézet munkáján keresztül, bár azt nem látjuk – és nem is láthatjuk –, hogy milyen széleskörű ez a hatás.

Az élet minden területén átalakulóban vannak a bevett szokások, gyakorlatok, és ez annyira folyamatos, hogy észre sem vesszük, és már MI-vel dolgozunk. Volt-e olyan terület, munkacsoport, melynek a kutatási tevékenységét különösen érintette a GPT-modellek ugrásszerű fejlődése? Az elmúlt 3–5 év váratlan és hirtelen MI-fejlődése felülírta-e az eredeti kutatási terveket?

Abszolút! Mi nyelvtechnológiai területen mozgunk, nagyon közvetlenül éreztük ezt a forradalmi változást. Volt ennek előszele, hiszen láttuk, hogy egyre jobb és újabb megoldások jelennek meg. Először a képi modellek fejlődtek látványosan, utána megérkezett például a szóbeágyazásnak nevezett módszer, ami az addigi nyelvtechnológiai megoldásokat már megbolygatta, legalábbis kutatói körökben, de még nem biztos, hogy nagyon széles körben. A BERT-modellek révén a Google-kereső nagyot lépett előre néhány évvel ezelőtt. Aki jobban figyelt ezekre az előjelekre, az sejtette, hogy érkezik valami. A GPT-nek is voltak korábbi kisebb verziói, mi is futtattuk, tanítottuk ezeket lokálisan, amíg a saját egyetemi infrastruktúránkon ez kivitelezhető volt. Én személy szerint arra viszont nem számítottam, hogy 2022-ben egy ilyen hirtelen nagy ugrás bekövetkezik.

Mi volt ennek a hirtelen nagy fejlődési ugrásnak az oka?

Egyrészt a modell méretében volt egy nagy ugrás, ami ezt magával hozta. Másrészt az – amit én is csak a hírekből ismerek –, hogy hogyan tanították például a ChatGPT-t. Itt alapvetően a generáló képesség hozta a nagy újítást, hiszen a korábbi modellek már elég jók voltak a felismerésben, de voltak olyan feladatok, mint például átfogalmazni egy meglévő szöveget, vagy mondjuk egy dialógust lefolytatni az emberrel, amely területeken nagyon gyengén működtek. Ezek a modellek éppen ebben, a szöveggenerálásban mutattak újat. Ezért is szerepel a nevükben a GPT (Generative Pre-trained Transformer). Ez hozta a nagy újítást, hogy már nemcsak felismerni tudnak, meg kategorizálni, címkézni, hanem nagyon jó minő-

ségben szöveget előállítani, átfogalmazni, párbeszédet lefolytatni. Rengeteg emberi visszajelzés is be lett építve a nagy modellekbe, illetve a finomhangolásra is egy újszerű megközelítést alkalmaztak (instruction tuning). De azt is látni kell, hogy ezek a mostani nagy modellek – habár hihetetlen, hogy milyen logikai levezetést tudnak írni – valójában még mindig találgatnak a háttérben. Tehát arról van szó, hogy egy most már hatalmas halmazból súlyok mentén, statisztikai alapon adnak választ. Szerintem, aki használja őket, az sokszor szembesül azzal, hogy valami nagyon félremegy, nagyon rossz választ ad egy modell, és ha az ember beírja, hogy „ez itt nem helyes, javítsd ki”, akkor a GPT azt válaszolja – jó politikus módon –, hogy „ó igen, látom, ezt elrontottam, tessék, itt a javítás”, majd többször megkapjuk ugyanazt a hibás választ. Jelenleg még sokszor ütközünk ilyen korlátokba.

Ugyanakkor ezekből tanulni fog, nem?

Igen, folyamatosan nagyon komoly tanítások zajlanak, a beszélgetésünk előtt néhány nappal jelent meg újdonságként a ChatGPT 5.1 verziója, és feltételezhető, hogy a következő modell még többet fog tudni, mire ez a beszélgetés megjelenik. Természetesen a megjelent új modell pontosságára kíváncsi vagyok, de a háttere valójában továbbra is ugyanaz, mint eddig, tehát bár nagyon jól találgat, attól még találgat.

Ez azt jelenti, hogy ha dolgozunk is vele, mindig kétkedni kell, és mindig ellenőrizni kell, vagyis meg kell tanulnunk megfelelően értékelni azt, amit eredményként ad?

Jelenleg ez abszolút így van. Amíg nem következik be egy módszerbeli változás a fejlesztésben, addig ilyen jellegű hibák mindig is előfordulnak. Hatalmas a verseny a világcégek között ezen a területen, sajnos mi ezekhez az óriási modellekhez egyrészt nem is férünk hozzá, másrészt pedig olyan nagyok, hogy nem igazán tudnánk a kezünkben tartani. Talán maguk a fejlesztők sem teljesen, ennek valós veszélye van. Két irányban tudunk hatékonyan elmozdulni. Egyrészt az elméleti kutatások új módszereket eredményezhetnek, amik döntően befolyásolhatják ezt a helyzetet, mint például a szóbeágyazások módszere, ami gyakorlatilag elindította ezt a nyelvtechnológiai fejlődési hullámot. Másrészt rövid távon azt tudjuk csinálni,

hogy továbbra is dolgozunk a helyben futtatható modellekkel, hiszen azok is sokkal nagyobbak és sokkal jobbak, mint néhány éve. Megpróbáljuk helyben tartani az eredményeket, hiszen több olyan célalkalmazás van, ahol nem adható át az adat egy online szolgáltatásnak, akár orvosi, akár szabályozási vagy más személyiségi jogi vagy üzleti okokból. És ugye ezeken a területeken is szeretnénk jó megoldásokat látni, az a feladatunk, hogy a jól működő technológiát átültessük, és nagyon jó alkalmazásokat fejlesszünk anélkül is, hogy egy távoli GPT-t meghívnánk.



A MILAB jelenlegi támogatási ciklusa a végéhez közelít, de ha jól tudjuk, akkor 2026-ban indul egy újabb támogatási ciklus. Készültök-e erre? Mire kell a pályázóknak, konzorciumi tagoknak felkészülni?

Úgy gondolom, hogy amire érdemes figyelni, az már az előző ciklus alatt is látható volt, hogy a klasszikus kutatási indikátorok mellett egyre inkább fókuszba került a hasznosulás kérdése, az, hogy egy-egy kutatási eredmény anyagi megtérülést vagy társadalmi hasznot is hozzon. Úgy vélem, hogy olyan kutatások lesznek inkább előtérbe helyezve, ahol ez elérhetőbb, kimutathatóbb vagy jobban tervezhető. Ebből a szempontból mi talán szerencsés

sek vagyunk, mert egy mesterségesintelligencia-kutatás nagyon közel van az alkalmazhatósághoz, és rövidebb idő alatt el tud jutni a hasznosulásig. Arra számítunk, hogy az alkalmazásközei megoldásokkal tudunk majd továbblépni a következő MILAB-ciklusban.

Van-e olyan terület, és ha igen, melyik az, amelyikre véleményed szerint nagyobb figyelmet, koncentrált pénzügyi és kutatási forrást kellene fordítani?

Ez azért nehéz kérdés, mert véleményem szerint a biztonság és a megbízhatóság kiemelkedően fontos területek, ugyanakkor nem tudom, hogy ezeknek a hasznosulását mennyire lehet rövid távon mérni. Úgy gondolom, hogy ezekre kellene koncentrálni, illetve forrásokatallokálni. Ugyanakkor gyakorlatilag azt lehet mondani, hogy nagyon sokszor inkább szemléltői vagyunk a történeseknek, mint hogy aktívan mi alakítanánk a világot. A hírekben már jó néhány éve felmerült, hogy Kína igen komoly összegeket költ MI-kutatásra, és ennek a hatásai nagyon rövid távon már érezhetők voltak. Ennek kapcsán azzal szembesülünk, hogy míg a személyes adataink itt Európában nagyon komoly védelem alatt állnak – ami szerintem nagyon jó dolog, és ezt én személyesen nem is szeretném feladni –, addig a hírek szerint Kínában ezek az adatok sokkal könnyebben hozzáférhetők és felhasználhatók. Vélhetően ez komoly tényező abban, hogy ott gyorsabb ütemben jelennek meg gyakorlati MI-alkalmazások komoly MI-modellekre építve. Szintén árulkodó adat: a hírek szerint jelenleg Kína birtokolja a világon a legtöbb MI-hez kapcsolódó szabadalmat. Úgy gondolom, hogy ez fontos fejlesztési terület, hogy a kutatók (vagy akár konkrét alkalmazások fejlesztői) a megfelelő adatvédelem mellett hozzá tudjanak férni olyan adatokhoz, amelyek segítségével a modellek hatékonyabban javíthatók. Természetesen a megfelelő adatvédelmen van a hangsúly. Ennek a tényezőnek van egy időbeli aspektusa is, hiszen, ha fejlesztőként hozzá is férünk adatokhoz, az a szerződés időtartamára szól, utána ezeket a nálunk lévő adatokat kötelesek vagyunk megsemmisíteni. Az adathiány kutatási szempontból komoly nehézséget jelent, a fejlesztés megtorpanásához vezethet, és szerintem sokan éppen ezért bele sem kezdenek. Úgy tudom, komoly munka zajlik ezzel kapcsolatban szabályozási és támogatási oldalról. A szabályozás, megbízhatóság, értelmezhetőség viszont olyan területek, ame-

lyek egy felelős környezetben nem maradhatnak el. Hiába tudunk hatékony modelleket fejleszteni ezek nélkül.

A kutatási-fejlesztési nézőponton túlmenően magánemberként hogyan látod a mesterséges intelligencia hasznosulását, társadalmi hatásait?

Úgy gondolom, hogy a GPT és a nagy nyelvi modellek betörése technikai szempontból nagyon érdekes, de valójában ez egy nagyon fontos társadalmi jelenség is, amire csak lassan és rugalmatlanul tudunk reagálni. A technológia széles körű használatba vétele rögtön egy első szabályozáshullámot generált. Ez a hirtelen ijedség szerintem egyébként abszolút jogos volt, ugyanakkor azóta eltelt több év, és szinte semmit nem változott a környezet, tehát ezt komolyabb, magasabb szintre nem sikerült továbbvinni, miközben a modellek nagyon különböző helyzetekben és eltérő munkafolyamatokban játszanak egyre nagyobb szerepet. Legáltalánosabban a mindennapi egyszerűbb élethelyzetek, az okoslakás, a mókás vagy érdekes alkalmazások (például „Generáljunk magunkról szuperhős figurát!”) azok, amelyekkel a legtöbb ember már találkozik. Ezen a szinten nem annyira érdekel minket, hogy ez mennyire pontos, mennyire jó, hogyan működik, ennek megértése nélkül is könnyen beépül a mindennapjainkba.

Teljesen más az a helyzet, amikor ugyanezt egy orvosi vagy egy szakértői rendszerben akarjuk használni, hiszen akkor rögtön felmerül, hogy nézzük meg, mit tud, szabályozzuk, gondoskodjunk a biztonságos használatról, és így tovább. Egyébként ez nálunk az oktatásban is nagyon éles kérdés, például a vizsgáztatásban vagy a gyakorlati feladatoknál. Ugye a ChatGPT megjelenése 2022 novemberében volt, és a következő hetekben már az egyetem mindennapjaink részévé is vált. A programozási feladatot, amit addig nehezen oldottak meg a hallgatók, odaadtuk a ChatGPT-nek, és gond nélkül azonnal megoldotta. Ez természetesen felvetette azt a kérdést, hogy ezt hogyan fogjuk tudni kezelni, de még ma sincs rá válasz. Társadalmi szinten nem igazán reagáltunk a helyzetre az elmúlt néhány évben, és gyakorlatilag hagyjuk, hogy az ember és a gép által létrehozott szellemi termékek, munkák, képek, szövegek ellepjenek minket. Nem tudjuk, hogy ezzel mi lesz. A mennyiség már megvan, a minőség is már egyre jobb, és közben elmegy

mellettünk ez a világ, én úgy látom. Innen nehéz lesz visszakapaszkodni. Például, ha van egy dokumentum vagy egy tárgy, amit közösen hozott létre az ember és a gép, arról jelenleg nem tudjuk, hogy három év múlva mi lesz a megítélése. Ez plágium? Azt mondják majd, hogy ez egy értéktelen dolog? Vagy pedig teljesen elfogadott lesz, mert ez a közös munka a mindennapok része lesz? Ennek állomásait nehéz megmondani előre, de erről muszáj párbeszédet folytatni, akár társadalmi szinten is. Ebben szerintem már most eléggé elkéstünk.

A másik fontos problémakör, hogy jelenleg azt mondjuk, a mesterséges intelligencia maximum döntés-előkészítő lehet, ön maga nem dönthet. Ma még talán teljes az egyetértés, hogy jelenleg ezek a modellek nem elég jók ahhoz, hogy önállóan rájuk bízunk egy döntést. Igen ám, de ezek a modellek kezdenek egyre jobban teljesíteni. Most még azt mondjuk, hogy a gép előkészíti nekem, és én emberként döntök, és vállalom a felelősséget. Ez így rendben is van, de ha a modell mindig nagyon jól csinálja, és egyre jobban csinálja, akkor eljön az a pont, amikor én ezt megszokom, és ráhagyom a GPT-re (vagy az aktuális modellre). De hol van az a határ, amikor már megszoktuk a használatát, és emberi döntésnek hívjuk azt, amit valójában már régen az MI dönt el, mert én nem teszem bele azt az emberi oldalt, amit kellene, ami miatt emberi döntésnek nevezek egy döntést. Ezek nagyon fontos gyakorlati kérdések lehetnek hamarosan, és szerintem ezek komolyabb tárgyalásától megint csak nagyon messze vagyunk.

Úgy gondolod, hogy ennyire lusta az ember, hogy feladja a saját döntési lehetőségét? Mondok egy mindennapi példát. Megszoktuk, hogy valamilyen alkalmazás segítségével tájékozódunk, tervezünk útvonalat, de én például napi szinten felülirom, amit a gép ad. Az alkalmazás elvileg azt az útvonalat javasolja, ami rövidebb ideig tart, de amikor felülirom, és más irányba megyek, akkor kiderül, hogy az én választásom volt a rövidebb. Szerinted lesz ennyire lusta az ember, hogy teljes egészében átadja a döntést a gépnek?

Ez egy nagyon jó példa, mert azt mutatja, hogy te odafigyelsz, tudsz jó döntést hozni, és van egy fontos visszacsatolás, mert az alkalmazással később értél volna oda, ha ráhagyod a döntést. De egyre több olyan helyzet lesz,

amikor nem biztos, hogy van visszacsatolás, vagy nem azonnali. Illetve az ember nem mindig ennyire motivált az eredményt illetően például egy munkahelyen. És persze nem rögtön alakul ez át, lehet, hogy szépen lassan beleszokunk. Lehet, hogy mindig ellenőrzöm a gép döntését, de mondjuk eltelik egy fél év vagy egy év, és azt mondom, hogy ha ennyi idő alatt csak egy-két olyan eset volt, amikor felül kellett bírálni, az engem már annyira nem érdekel, könnyebben elfogadom, még ha nem is teljesen az én szájízemnek megfelelő kimenetet adja. És fennáll a lehetőség, hogy egyre több munkakörben, egyre több helyzetben fogjuk alkalmazni ellenőrzés nélkül a mesterséges intelligenciát. Jelenleg még nem tartunk itt, ez egy feltételezés, de addigra, mire ide érhetnénk, szerintem fontos lenne kitalálni, hogyan tudjuk kontrollálni – magunkat is. Egy hasonló jelenség már ismert az ajánlórendszerek területén: ha az MI az ajánlott híreket és közösségimédia-tartalmakat a kattintásaim alapján állítja össze, egyszer csak egyoldalúvá válnak az általam látott hírek és egy beszűkült információs buborékban kezdek mozogni.

Ez át is vezet bennünket ahhoz a kérdéshez, hogy hogyan látod a jövőt kutatóként. Mit gondolsz az elkövetkezendő 30–50 évről, a jövő emberéről? Mivel szeretnél behatóbban foglalkozni?

Azt hiszem, hogy ilyen időtávokra a fiatalok sokkal jobban tudnak jósolni. Tőlem kutatóként azt szokták várni, hogy mondjam meg, hogy egy, három vagy öt év múlva mi lesz, hiszen a kutatási tervek, a projektek általában ekkora időintervallumot ölelnek át. Egy évre még talán lehet tervezni. De hát láttuk, hogy a MILAB öt éve alatt is mi minden történt. Természetesen – mivel a kutatási projektek előfeltétele a tervezés – megtervezzük a feladatokat három–öt évre, de ezt azzal a fenntartással tesszük, hogy pontosan tudjuk, hogy nem ez és nem úgy lesz, mert sok váratlan dolog történik, ami miatt el kell térni a tervtől. Akkor hozunk majd egy döntést az éppen aktuálisan adott környezet alapján, és megpróbálunk a legjobb irányban továbbmenni.

Azt látom, hogy a világ működése egyre nagyobb rugalmasságot követel meg tőlünk. Nem tudom, ezt mennyire tudja teljesíteni az egyén. Ez a világ sokkal több információt ad, sokkal több döntéshelyzet elé állít bennünket,

sokkal kevésbé hagy minket nyugodni, és az embernek sokkal rugalmasabbnak kell lennie, mint korábban. A technológiától való elvonulás ismét trendként jelenik meg. Ez is egy intő jel lehet, hogy egy lépést hátralepve vizsgáljuk meg, merre tartunk. A gyorsabb nem mindig jobb.

Én most rövidebb távon azt látom, hogy késésben vagyunk. A mesterséges intelligencia egyre inkább beszivárog a mindennapjainkba, és használjuk, de fontos lenne az is, hogy kordában tudjuk tartani. Ahogy már mondtam is, a megbízhatóság alapvető lenne, de jelenleg még nem működik. Az MI-ágensek (agentic AI) nagyon kényelmesnek tűnnek, de a jelenlegi automatizálás mellett nincs meg a kellő nyomon követhetőség, és nem lehetünk biztosak abban, hogy az eredmény nem csúszik félre. Tehát mi a kutatásunkban biztos, hogy ebben az irányban szeretnénk lépni, akár a szerzőazonosítás, a szövegelemzések kapcsán, illetve az orvosi területeken is, annak érdekében, hogy valamilyen formában szakértői tudást rakjunk ezek mellé a modellek mellé, és ezáltal próbáljunk tényszerű kontrollt biztosítani a modelleknek. Valamilyen módon be kell építeni olyan kontrolleszközöket, amelyekkel kézben tudjuk tartani ezt a rendkívül gyors ütemű fejlődést.

Nagyon szépen köszönöm! További jó munkát és eredményes kutatást kívánok!

Jegyzet

¹ <https://mi.nemzetilabor.hu/hu/letoltesek/kiadvanyok> MILAB 2025 Future is AI





Beszédleiratok szövegnyelvészeti elemzésének felhasználása a beszélőazonosításban

FŐZŐ ESZTER

1. Bevezetés

A kriminalisztikai nyelvészet (forensic linguistics) szerzőazonosításra irányuló vizsgálatai során az ismeretlen szerzőjű (névtelenül vagy álnéven írt) fenyegető, zsaroló, rágalmazó írásmű(vek) (leggyakrabban levél, e-mail, poszt, komment), valamint a konkrét személytől származó szövegminták összehasonlító vizsgálatára kerül sor annak megállapítása érdekében, hogy azok ugyanattól a személytől származnak-e (Coulthard–Johnson 2010).

A nyelvész szakértő bizonyos esetekben hangzó szöveg vizsgálatával is foglalkozik, például a hangfelvételen hallható (magyar nyelvű) beszéd alapján segíti a hangtechnikai szakértőt a beszélő dialektusának meghatározásában, illetve a hanganyagok átíratán (beszédleirat) nyelvészeti elemzéseket végez (pl. az elhangzott tartalom alapján vágásnyomok detektálása). Amennyiben a hangtechnikai szakértői vizsgálatok elvégzésére alkalmas egy hanganyag, a beszélő személy magabiztosan beazonosítható akár 10 év elteltével is a beszédjel akusztikai fonetikai összehasonlítás-

sának eredményeként (pl. Varga 2026), illetve az automatikus, valószínűségi arányra (LR) épülő rendszerek képesek a beszélt nyelvtől függetlenül azonosítani a beszélőt (pl. Sztahó–Fejes 2023).

Vannak azonban olyan esetek is, amikor a nyelvészeti vizsgálatoknak a beszélőazonosításban is fontos szerep jut (Leemann et al. 2025), például amikor az akusztikai fonetikai és/vagy a biometrikus azonosítás nem, vagy csak korlátozottan végezhető el, mert

- a kérdéses hangfelvétel tisztítás után is zajos (pl. a hangrögzítő eszköz távol van a célszemélytől);
- a beszélő szándékosan torzítja a hangját (pl. suttog, kiabál);
- a formánsok közül hiányzik az F_3 vagy az F_4 , amelyek az egyéni hangszínezet megkülönböztetéséhez járulhatnak hozzá (web1);
- vagy a beszéd deepfake technológiával készült.

Ha a beszédproduktum érthető, akkor a hangfelvételtől készült beszédleirat alapján a nyelvész szakértő a beszélt nyelvi sajátosságokat (elsősorban stilisztikai, morfológiai, lexikai, szemantikai és pragmatikai szempontból) meg tudja vizsgálni, támogatva a beszélőazonosítás műveletét (Tatár et al. 2021).

Az NBSZ Szakértői Intézet 2020-ban csatlakozott a Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium (MILAB, <https://mi.nemzetilabor.hu>) nyelvtechnológiai munkacsoportjához mint konzorciumi tag. A kutatási-fejlesztési partnerünk 2020–2024 között a Szegedi Tudományegyetem volt, ezt követően 2024–2025-ben a Novum LMNT AI Kft. A nyelvtechnológiai kutatásunk középpontjában 2022-ig az írott szövegyegek vizsgálata állt, majd 2022-től

a beszéd, azon belül is a beszélt nyelvi sajátosságok elemzése. A kutatásunk eredménye a SZIRA (Szövegfeldolgozó Információs Rendszer és Adattár) (Kicsi et al. 2022), mely megvalósítja az automatizált, több nyelvi szinten működő gépi szövegelemzési képességet; az 1 : 1 alapú gépi szöveg-összehasonlítást (kérdéses írásmű vs. szöveg minta); a lexikai keresést (szóelem, szó, szerkezet), valamint a nyílt és a zárt halmazú (adatbázis-alapú) gépi szerzőazonosítási képességet.

A jelen tanulmány a beszédleiratok gépi feldolgozásából kinyert információk szakértői felhasználási lehetőségeit mutatja be arra a kérdésre keresve a választ, hogy a szövegnyelvészeti beszédleirat-feldolgozási vizsgálatok milyen mértékben járulnak hozzá a beszélő azonosításához.

2. Hátér

Az összehasonlító szövegvizsgálat (forensic text comparison, FTC) mint szerzőazonosítási módszer történhet manuálisan és gépi úton. Az utóbbi területen Ishihara és munkatársai (2024) az Amazon-termékekről írt vásárlói értékelésekkel végeztek kísérleteket. A különböző témákban íródott értékelések kapcsán a szerzői variabilitást vizsgálták, mely reflektál a szakértői gyakorlatra: az összehasonlító vizsgálat során ritkán fordul elő, hogy az inkriminált írásműnek és a konkrét személytől származó szöveg mintának azonos a témája. A tanulmány rávilágított arra, hogy a tematikus eltérés hogyan torzíthatja a szerzőségvizsgálati eredményeket. A szövegeket gépi úton dolgozták fel, az azonos szerzősége vonatkozóan valószínűségi arányokat (likelihood ratio, LR) állapítottak

meg. Saxena és munkatársai (2023) NLP-t (Natural Language Processing) alkalmaztak a szerzők azonosítására az emberkereskedelemmel kapcsolatos nyomozásokban. Közösségimédia-bejegyzések (eszkorthirdetések) alapján nagy pontossággal azonosították a potenciális emberkereskedői csoportokat. A szerzők a több mint 80 000 hirdetést tartalmazó adathalmazt stílusreprezentációkra betanított gépi osztályozó segítségével dolgozták fel. A beszédleíratok kriminalisztikai célú feldolgozása témakörében Sztahó Dávid és munkatársai (2022) kísérleteztek beszélőazonosítással az LR-keretrendszerre épülő módszerrel, nem hagyományos nyelvi jellemzők vizsgálata mentén. A bekezdések kontextusát és szemantikáját kódoló, sűrített, numerikus vektoros reprezentációkat nyertek ki a beszédleíratból, amelyeket alkalmasnak találtak a beszélő azonosítására. Aggazzotti és Smith (2025) különböző NLP-modelleket próbáltak ki beszédleíratok feldolgozásában, és arra az eredményre jutottak, hogy a hagyományosan írott szövegre kidolgozott gépi elemzési módszerek jól adaptálhatók a beszédleíratokra is, azonban figyelembe kell venni a témát (lehetőleg ne legyen kontrollált) és a leírás módját (a legtöbb modell jobban teljesített gépi leíratokon, melyekben nincsenek írásjelek és nagybetűk). A beszédleíratokban megjelenő beszédjellemzők NLP-eszközökkel történő vizsgálata az orvosi szakirodalomban is megjelenik, elsősorban az Alzheimer-kór, a bipoláris zavar (BD) és egyéb kognitív betegségek automatikus felismerését célozva. Anmella és szerzőtársai (2024) a BD nyelvi (pl. szintaktikai, szemantikai, lexikai) és akusztikai paramétereit vizsgálták abból a célból, hogy objektív jellemzőket találjanak a BD tüneteire és súlyosságára a diagnosztika megtámogatására; úgymint a mellékmondatok száma, a szókészlet nagysága, a kollokációk gyakorisága, a koherens tartalmi egységek száma. Vincze és társai (2015) az enyhe kognitív zavar

automatikus azonosítási lehetőségeit vizsgálták beszédleiratok elemzésével. Az eredmények alapján statisztikailag igazolható különbség van a kontrollcsoport és a betegek szemantikai, morfológiai és beszélt nyelvi jellemzőiben.

Az összehasonlító szövegelemzés során a lexikális elemek (Turell 2011) és egyéb stilometriai jellemzők vizsgálatának (pl. type-token arány) is nagy szerepe van (Ishihara 2017). Arra vonatkozóan vannak vizsgálati eredményeink, hogy az egyes, a beszédleiratokban megjelenő beszédjellemzők (pl. a diskurzusjelölők) előfordulása alapján lehet-e a beszélő életkorára vagy nemére vonatkozóan következtetést levonni (Markó et al. 2022), vagy hogy mennyire egyediek a beszédleiratokban a diskurzusjelölő-kapcsolódások (Markó et al. 2024). A Longitudinális adatbázis (Gráczai et al. 2020) 36 beszélőjével már korábban is végeztünk kísérletet az egyéni beszédjellemzők 10 év elteltével bekövetkező változásának felmérésére vonatkozóan (Főző 2023), azonban komplex módon (manuális és gépi úton) mindezidáig nem dolgoztunk fel beszédleirat-korpuszt.

3. Korpusz

A jelen vizsgálattal a célunk annak felmérése volt, hogy a beszédleiratok (elsősorban) gépi elemzése – hasonlóan az írott szövegek elemzéséhez – alkalmas-e a beszélőazonosítási művelet megtámogatására, és ha igen, melyek azok az idiolektális stílusjegyek, melyek gépi elemzés útján automatikusan kinyerhetők a beszédleiratból, és azonosító értékkel bírnak a beszélőazonosítás művelete során.

A korpusz összeállításának szempontjai között szerepelt

1. a nemi kiegyenlítettség (fele-fele arányban legyenek a női és férfi beszélők), hogy a későbbiekben nemek közötti stílusjegy-összehasonlítást is végezhesünk;
2. a beszélők életkori megoszlásának arányossága;
3. a beszélők azonos iskolázottsági szintje;
4. a beszélőnként legalább két, azonos időben rögzített hangfelvétel (a természetes beszéd minél teljesebb körű feltérképezéséhez);
5. a beszédfeladatonként legalább 3 perces felvétel (a beszédleirat legalább 300 token (szóelőfordulás));
6. valamint a beszélőn belüli variabilitás mint változó vizsgálatához szempont volt, hogy az egyes, a korpuszban szereplő beszélőkhöz – lehetőség szerint – időben később keletkezett felvételek is tartozzanak.

A Longitudinális adatbázis valamennyi szempontnak tökéletesen megfelel, ti. a beszélőkkel 10 évvel korábban már készült felvétel a BEszélt nyelvi Adatbázisba (BEA) is (Gósy et al. 2012). A BEA és a Longitudinális adatbázis azért is ideális a szövegnyelvészeti szempontú beszélőazonosítás vizsgálatához, mivel minden beszélőnél azonosak a vizsgált beszédfeladatok (interjú, vélemény, társalgás), azonosak a felvétel körülményei (stúdió), azonos bizonyos esetekben a felvételvezető (interjúkészítő) személye, olykor még a beszédtema is („10 évvel ezelőtt arról beszélgettetek, hogy...”). Minél több vizsgálati körülmény, tényező egyezik a beszélőknél, annál nagyobb jelentősége van a többségtől való eltérésnek (egyediség).

A vizsgálat lefolytatásához kiválasztottunk a Longitudinális adatbázisból 34 beszélőt, majd a spontán és félspontán beszédproduktumaikból (interjú, társalgás, vélemény) összeállítottuk a korpuszt. A korpusz 17-17 női és férfi

beszélőt tartalmaz, életkoruk az első (BEA) és a második (Longitudinális) felvétel idején 20 és 56 év közötti, vagyis a beszélők 100%-a a kriminalisztikai szempontból releváns életkori csoportba esik (Tatár 2013, Skarnitzl–Vaňková 2017). A beszélők mindegyike legalább érettségi vizsgával rendelkezik, és az iskolázottság foka a férfi és női beszélők-nél közel azonos eloszlású (1. táblázat).

		BEA			Longitudinális	
nem		férfi	nő		férfi	nő
életkor		20–46 év		→	30–56 év	
iskolai végzettség	középfokú	7	8	→	3	4
	felsőfokú	10	9	→	14	13

1. táblázat:
A korpusz beszélőinek adatai

A korpusz terjedelme összesen 231 009 token (ez hozzávetőlegesen 560 db A4-es oldalnyi szöveget jelent), melyből 124 092 token női, 106 917 token pedig férfi beszélőhöz tartozik, vagyis a korpusz a nemekhez tartozó szövegmennyiség szempontjából is viszonylag kiegyensúlyozott, azonban sem az adatközlők iskolázottságát, sem életkori eloszlását illetően nem reprezentatív. Azáltal, hogy ugyanazon beszélőtől több (6 db), eltérő keletkezési idejű beszédleírat is rendelkezésre áll, lehetőség nyílik nem pusztán az egyéni nyelvhasználati jegyek megbízhatóbb feltérképezésére (több szövegben ismétlődő idiolektális elemek alapján levont következtetések), hanem a nyelvi jegyek 10 év elteltével bekövetkező változásainak a vizsgálatára is. Emellett az azonos időből származó, azonos csoportjegyekkel rendelkező beszélők felvételei arra is lehetőséget teremtenek, hogy a beszélőazonosítást célzó vizsgálatások mellett a csoportszájtosságokat is megfigyeljük.

4. Módszerek

A beszédfeladatokban csak az adatközlő megnyilatkozásait elemeztük, a beszélgetőpartnereket nem. A beszédleiratok gépi (Alrite [web2]) és manuális lejegyzéssel készültek, a gépi leiratok átestek humán ellenőrzésen is. Az adatvesztést elkerülendő a BEA és a Longitudinális adatbázis beszédleirataiban

1. egységesítettük a vizsgált beszélt nyelvi jellemzők jelölését (pl. hezitálás: *ööö* ← *ÖH*; *AM*; *öhm*; *öm*);
2. a kiejtés szerinti írásmóddal írt szavakat standardizáltuk, hogy a szófaji kategóriák felismerése helyes legyen (pl. *tát* → *tehát*, *mer* → *mert*, *mér* → *miért*; a *tát*, *mer*, *mér* szavak szófaja ige), és a gépi szövegfeldolgozást megkönnyítsük (pl. *azér* → *azért*, *há* → *hát*, *má* → *már*, *szal* → *szóval*, *naon* → *nagyon* stb., *mitomén* → *mit tudom én*; *nemtom* → *nem tudom*; *asszem* → *azt hiszem*, *aszittem* → *azt hittem*);
3. a manuális leiratokban az elírásokat, hibákat javítottuk (pl. *rendzvényekre* → *rendezvényekre*, *eszköz* → *eszköz*, *jejölt* → *jelölt*, *feltudjam venni* → *fel tudjam venni*, *melett* → *mellett*, *bevonultam a sarokba egy könyvvel* → *könyvvel*);
4. a jelen vizsgálat szempontjából irreleváns, valamint az általunk alkalmazni kívánt gépi szövegfeldolgozó rendszer által fel nem ismerhető jelöléseket töröltük (pl. *PAUSE*; *<noise>*; *<simoultaneous>*; *SIL*; *<lgh>*; *<breath>*; *KÖH*; *<swallow>*; *CSET*);
5. a megakadásjelenségek és javításuk jelölését egységesítettük, ti. hol írásjellel (pl. *kétezertizen- - hétig*, *ezrelék- -ket*, *f- főleg*, *e- előbb*), hol anélkül (pl. *f igen*, *ezt f ezt* *főlszámolták*, *e engem*) voltak jelölve.

A vizsgálat során a gépi elemzések az NBSZ gépi szövegfeldolgozójával (SZIRA 2.1.0, Vincze et al. 2022), manuálisan és konkordanciaprogrammal (pl. AntConc 4.3.1, Lawrence

2024) készültek. A SZIRA több mint 200 nyelvi/nyelvhasználati jellemzőt képes kinyerni automatikusan a szövegből. Mivel a vizsgálatunk célja kifejezetten a beszélt nyelvi sajátosságok gépi feldolgozása volt, leszűkítettük a feldolgozandó nyelvi kategóriákat a morfológiai (pl. feltételes mód, felszólító mód, műveltetés, igei személyragok, középfok, felsőfok), szófaji (pl. ige, főnév, melléknév, határozószó, névmás, igenév, kötőszó, névutó), szemantikai (pl. vulgáris szavak, bizonytalanság, emóciószavak), valamint pragmatikai sajátosságokra (pl. diskurzusjelölő, hezitálás, ismétlés, újraindítás, meggyőzés). Bizonyos jellemzők témafüggőnek bizonyultak (pl. érzelem, bizonytalanság), így azon beszélt nyelvi jellemzőkhöz tartozó értékek összehasonlítására koncentráltunk, melyek a témától és a beszédfeladattól függetlenek. A most bemutatott elemzés nem tartalmazza valamennyi felsorolt nyelvi kategória kiértékelését.

A korpuszban a BEA- és Longitudinális-leiratok tokenszáma közel azonos (BEA: 106 330; Longitudinális: 124 679), az egyes beszélőkhöz tartozó összes beszédleirat-terjedelem (BEA + Longitudinális) különbözőségével ugyanakkor számolnunk kellett: a legkevesebb szöveg a 26. sz. női beszélőhöz tartozott (3443 token), a legtöbb a 23. sz. férfi beszélőhöz (12 818 token). Az összehasonlítandó szövegmennyiségek közötti nagy eltérés megfelel a szakértői gyakorlatnak: igen ritka, hogy a szövegnyelvészeti összehasonlítás során az összehasonlítandó írásművek terjedelme (illetve az egyéb keletkezési körülmények, pl. címzett, téma, hangnem, műfaj) hasonló. Ebből adódik, hogy a jelen vizsgálatban – ahogy általában a szakértői gyakorlatban is – az egyes nyelvi jellemzőknek nemcsak az abszolút (darabszám), hanem a relatív gyakoriságával is dolgozunk (100 szóra vetítve hányszor fordul elő).

A BEA- és Longitudinális-részkorpuszokra a továbbiakban „B” és „L” jelöléssel hivatkozunk.

5. Eredmények

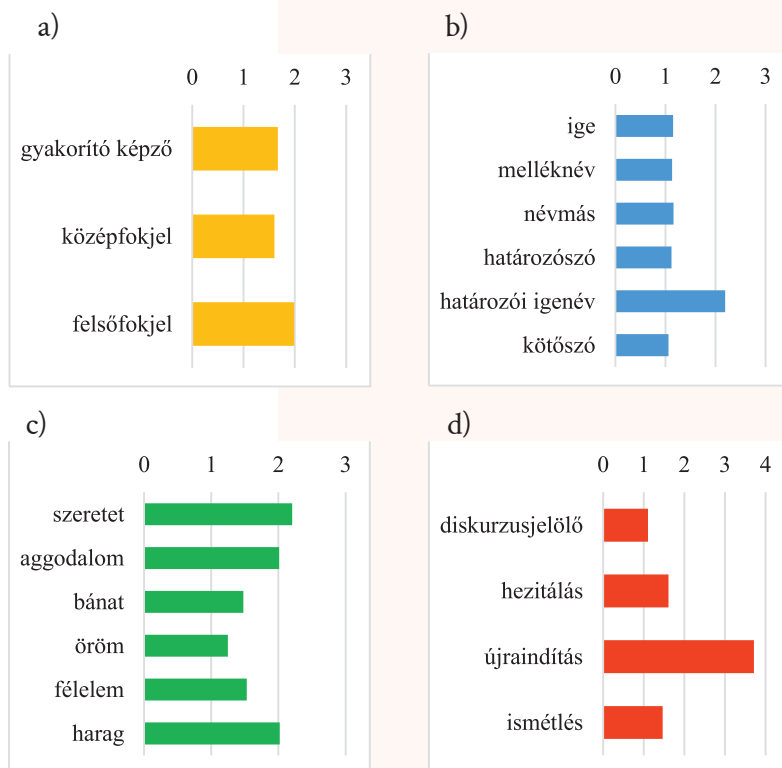
A vizsgált kategóriákban egy-egy nyelvi jellemző relatív gyakoriságát tekintve nagyfokú eltérések vannak nemcsak a beszélők között, hanem ugyanazon beszélő „B”- és „L”-értékeit tekintve is. Ha megvizsgáljuk az egyes nyelvi kategóriák minimum- és maximumértékeit, azt láthatjuk, hogy akár 31-szeres különbség is lehet közöttük (pl. a gyakorító képző relatív előfordulása: minimum: 4B: 0,0027 vs. maximum: 32L: 0,0836), míg van olyan nyelvi jegy, mely a korpusz beszélőinél hasonló relatív gyakoriságot mutat (például a funkciószónál a minimum- és maximumértékek között mindössze 1,45-szörös az eltérés: minimum: 15B: 0,3951 vs. maximum: 21L: 0,5732). De nemcsak a nyelvi kategóriákon belül, hanem a beszélőkön belül is lehetnek extrém eltérések: például a 22. sz. női beszélőhöz kapcsolódik a korpusz legnagyobb beszélőn belüli nyelvi változása: 10 év elteltével több mint 21-szeresére nőtt nála a hezitálás relatív gyakorisága („B”: 0,0013; „L”: 0,02712).

E tapasztalatokból kiindulva a gépi relatív gyakorisági értékek feldolgozásánál

1. azt figyeltük, hogy a beszélőknél a nyelvhasználati kategóriákban hogyan változott a relatív előfordulás, vagyis hányszorosa a „B”-érték az „L”-ének (vagy fordítva, attól függően, melyik a nagyobb), tehát a „B” és az „L” relatív előfordulások hányadosával dolgoztunk (≥ 1). Ezzel megtudtuk, hogy a beszélőknél milyen mértékű változás detektálható az egyes nyelvi jellemzők használatában 10 éves intervallumban nézve, illetve ez a változás hogyan viszonyul a korpusz többi beszélőjénél bekövetkező változás mértékéhez.
2. Az egyes nyelvi kategóriák vizsgálatánál nem a 34 beszélő nyelvhasználati változásának („B” és „L” relatív

gyakoriságok hányadosa) átlagával (számtani középértékével), hanem a mediánnal dolgoztunk, hogy a szélsőséges esetek (1. korábban a 22. sz. beszélő hezitálása) ne torzítsák az eredményeket.

A gépi elemző által kinyert „B” és „L” relatív előfordulási arányszámai között valamennyi vizsgált nyelvi jellemző tekintetében 1,53-szoros az eltérés, vagyis elmondható, hogy korpuszszinten általánosságban nincs nagy különbség a beszélők nyelvhasználatában 10 év elteltével (1. ábra).



1. ábra:
Néhány a) morfológiai, b) szófaji, c) szemantikai
és d) pragmatikai nyelvi jellemzőhöz tartozó „B” és „L”
relatív előfordulási érték hányadosa

Megvizsgáltuk, hogy melyek azok a nyelvi jellemzők, amelyek a korpusz beszélőinél a legkevésbé vagy a leginkább változtak 10 év elteltével. A 34 beszélő esetén a „B” és az „L” relatív gyakorisági értékek közötti eltérések mediánja a diskurzusjelölők és a hezitálás esetében 1,1 és 1,6, vagyis ezek a nyelvi kategóriák a korpusz kevésbé változékony pragmatikai jellemzői között vannak, míg a leginkább változékony morfológiai és pragmatikai jellemzők sorában található a trágárság és az újraindítás (itt a „B” és az „L” relatív előfordulási arányok hányadosa 2,03 és 3,71). Ezen nyelvi jellemzők korpuszbeli viselkedését részletesebben is bemutatjuk később.

A vizsgált nyelvi kategóriák 60%-ában az idő múlásával („L”) csökkent a nyelvi jellemző előfordulása, vagyis a korábban rögzített felvételek leirataiban („B”) voltak nagyobbak a relatív gyakorisági értékek. A leglátványosabb különbség a „B” és az „L” relatív előfordulásaiban az undor érzelmnél mutatkozik: a 34 beszélő 85%-ánál a „B”-ben magasabbak voltak a relatív előfordulási értékek az „L”-hez képest, vagyis a beszélők jelentős része több undorhoz érzelmhez köthető szót használt a 10 évvel korábban rögzített felvételen. Ezzel ellentétben az újraindítás relatív előfordulása a korpusz beszélőinek 76%-ánál éppen az „L”-ben volt magasabb, vagyis az életkor előrehaladtával ennek a nyelvi jellemzőnek nagyobb arányú volt az előfordulása.

Amennyiben a „B” és az „L” közötti eltéréshez hozzávesszük a csoportjellemzőket, azt találjuk, hogy valamennyi vizsgált nyelvhasználati jellemzőt figyelembe véve a korpusz 17 férfi beszélőjének az esetében a „B” és az „L” relatív előfordulások hányadosának a mediánja 1,49, a női beszélőknél 1,56, vagyis a női beszélők nyelvhasználati jegyei valamivel

nagyobb fokú eltérést mutatnak, de mindkét érték közel van a korpuszmediánhoz (1,53). A 17 női beszélőhöz tartozó „B” és „L” relatív gyakorisági hányadosok az esetek 62,7%-ában megfelelnek a korpuszmediánnak ($\leq 1,53$); a férfi beszélőknél ez a szám 58,8%.

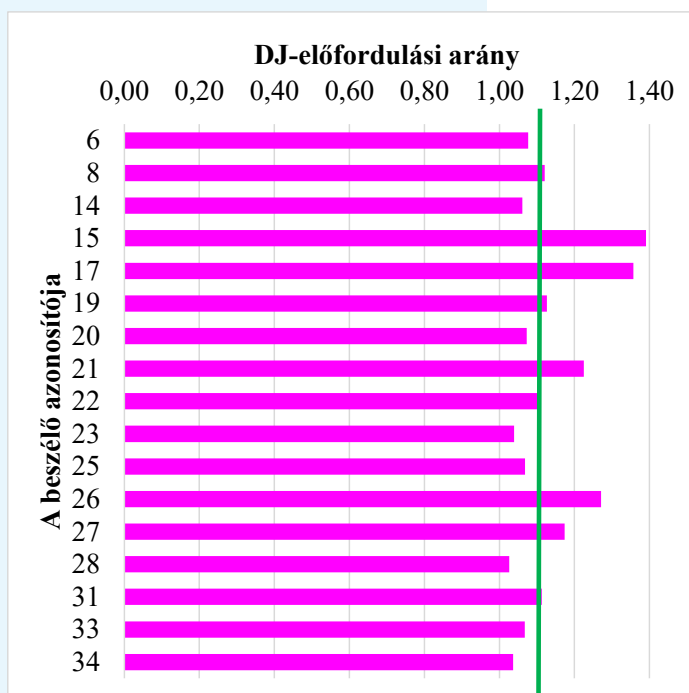
Valamennyi vizsgált nyelvi kategóriára nézve a legkisebb változás a 32. sz. férfi beszélőnél mutatkozik (a „B” és az „L” relatív gyakorisági értékek között átlagosan 1,18-szoros a különbség), vagyis ő mondható a korpusz „legstabilabb” (legkongruensebb) beszélőjének. A vizsgált nyelvi kategóriák 60,7%-ában a „B” és az „L” relatív gyakorisági értékek közötti különbség ennél a beszélőnél átlagos vagy átlag alatti. A legnagyobb eltérés egy női beszélőhöz köthető (22. sz.), nála 1,65-szörös a nyelvi kategóriákban mutatott „B” és „L” relatív gyakorisági értékek közötti különbség. Ez a beszélő az összes vizsgált nyelvi kategória 72,5%-ában átlag feletti eltérést mutat a „B” és „L” relatív gyakorisági értékek közötti különbséget tekintve ($> 1,53$), vagyis ő mondható a korpusz legvariábilisabb beszélőjének.

5.1. Alacsony változatosságú nyelvhasználati jegyek

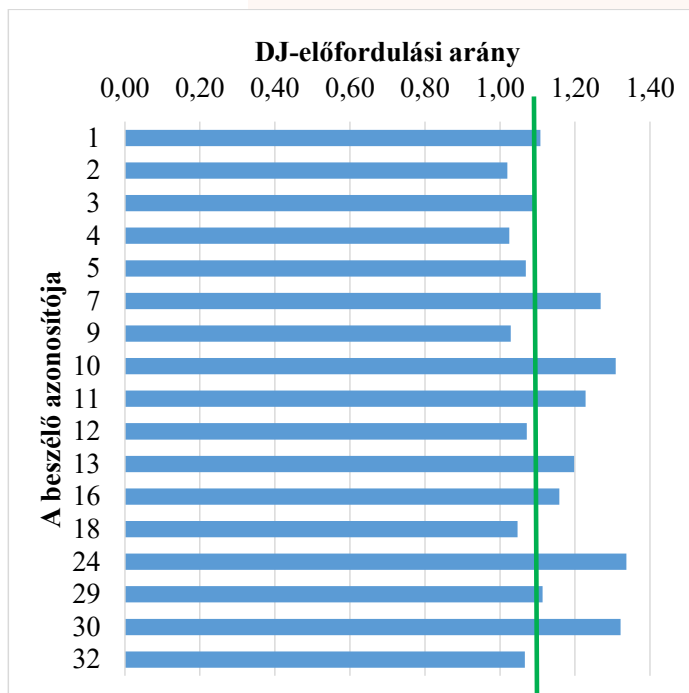
Egy felmérésben 36 igazságügyi szakértő (4 kontinens 13 országából) 76%-a válaszolta azt, hogy a **diskurzusjelölők** (DJ) és más társalgási jellemzők összehasonlító elemzése az igazságügyi beszélőazonosítási protokollnak részét képezi (Gold–French 2011). A korpusz beszélőinél a gépi elemző adatai alapján magas a DJ-k előfordulása, a női és férfi beszélők közel azonos arányban használják (a relatív gyakoriság a nőknél átlagosan 0,376, a férfiaknál

pedig 0,362). A „B”-ben és az „L”-ben a diskurzusjelölők közel azonos arányban fordulnak elő (az előfordulási arányok közötti eltérés legfeljebb 1,11-szeres, lásd fent). A korpusz beszélőinek 61%-ánál (21 beszélő) a „B”-ben voltak magasabbak a relatív gyakoriságok. A legmagasabb relatív előfordulás a 20. sz. női számú beszélőhöz tartozik („B”: 0,253; „L”: 0,236), a legkevesebb diskurzusjelölőt a 18. sz. férfi beszélő használta (nála a relatív gyakorisági értékek a „B”-ben: 0,139, a „L”-ban: 0,146). A korpusz 34 beszélőjénél a következőképpen alakul a diskurzusjelölők használatának változása (2. ábra a) és b) panel).

a)



b)



2. ábra:

A korpusz a) női és b) férfi beszélőinek DJ-használata
(a „B” és az „L” relatív gyakorisági értékek hányadosa;
a zöld vonal jelzi a korpuszmediánt)

A korpusz 100 leggyakoribb szava között több diskurzusjelölőt is találunk (zárójelben a listán elfoglalt hely és a darabszám), ilyen például a *hát* (10.; 2675 db), az *ugye* (25.; 1071 db), a *mondjuk* (36.; 835 db), az *úgyhogy* (39.; 709 db), a *szerintem* (43.; 602 db), a *szóval* (61.; 314 db), az *egyébként* (72.; 288 db) és a *gondolom* (75.; 269 db). Ezeknél a szavaknál a gyakorisági mutató nem minősült informatívnak, ti. a beszélők jelentős része hasonlít egymásra a relatív előfordulásokat illetően (lásd fent), ezért a diskurzusjelölők elő-

fordulási arányainak vizsgálata önmagában a beszélőazonosításra nem alkalmas. Mindazonáltal a diskurzusjelölők társulásaiban lehetnek egyedi és csoportmintázatok. Például a *de egyébként* szókapcsolat mindössze 37-szer fordul elő a korpuszban, 13 beszélőnél detektálható, de 7 női beszélőhöz tartozik a szókapcsolat összes előfordulásának 67,5%-a (25 db). Közülük is a legtöbbet a 8. sz. női beszélő használja (12 db, „B”: 5, „L”: 7), az összes előfordulás egyharmada nála fordul elő. A *hát szerintem* DJ-kapcsolódás 28 alkalommal fordul elő a korpuszban, ebből 25-ször a „B”-ban, vagyis a használata a korpusz beszélőinél sokkal jellemzőbb volt a 10 évvel korábban rögzített felvétel idején. Összesen 13 beszélőnél mutatkozik a szókapcsolat, ebből 9 nő (69%), akikhez az összes előfordulás 75%-a tartozik (21/28 db).

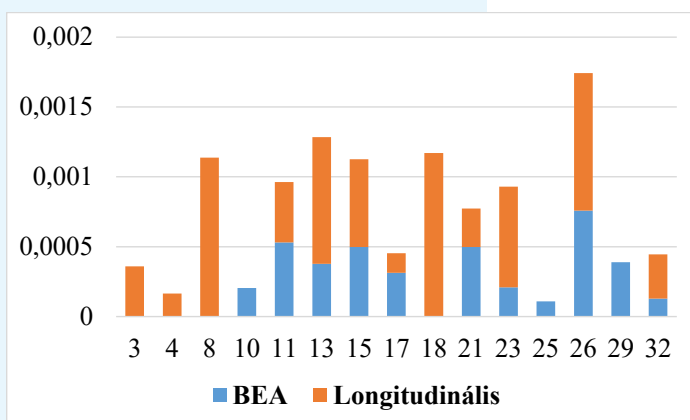
A **hezitálás** természetes velejárója a spontán beszédnek (Horváth 2014: 19), így megkerülhetetlen annak vizsgálata, hogy vajon a hezitálás mennyisége a beszédben hordoz-e valamilyen csoport- vagy egyedi sajátosságot. A beszélők 94%-ánál (32/34 beszélő) mindkét részkorpuszban megfigyelhető a hezitálás jelensége, 6%-nál (2/34 beszélő) csak az „L”-ben (a „B” és az „L” relatív előfordulásai közötti különbség 1,6-szoros). A női és férfi beszélőknél hasonló mennyiségben fordul elő hezitálás, a férfiaknál valamivel többször (a relatív előfordulási arány a nők esetében 0,023, a férfiakéban 0,03). Mint látható, a „B”-ben és az „L”-ben a hezitálás relatív gyakoriságát illetően alig van különbség, de az életkor előrehaladtával valamelyest gyakoribbá válik az előfordulása („B”: 0,024, „L”: 0,029). A legnagyobb arányban a 14. sz. női beszélőnél fordul elő hezitálás („B”: 0,089; „L”: 0,071), a legkisebb arányban a 23. sz. női beszélőnél („B”: 0,0036 és „L”: 0,0039). Azoknál a beszélőknél, akik többet és többször hezitálnak, a beszédfeladatnak ebben nincs jelentősége, akik kevesebbet, azoknál az interjú

és a véleményalkotás feladattípusokban fordul elő gyakrabban a hezitálás. Azt is érdemes megjegyezni, hogy akiknél a legmagasabb és a legalacsonyabb a hezitálás relatív gyakorisága, azoknál nincs nagy különbség a „B” és az „L” relatív gyakorisági hányados között, vagyis a hezitálás stabil stílusjegynek értékelhető.

5.2. Magas variabilitású nyelvhasználati jegyek

Az **újraindítás** mint megakadásjelenség a beszédprodukció tervezésével van összefüggésben, a beszélő bizonytalansága hozza létre (Bóna 2015), a spontán beszéd velejárója. A korpusz beszélőinek 73%-ánál fordul elő (25 beszélő), az „L”-ben lényegesen többször (18 beszélő) (lásd korábban), vagyis az életkor előrehaladtával megnőtt a gyakorisága. Ez a korpusz egyetlen olyan nyelvi jellemzője, amelynél gyakori, hogy a „B”-ben nincs az előfordulására példa, csak az „L”-ben (14 beszélő). A női beszélőkre jellemzőbb az újraindítás, 82%-uknál előfordul (14 beszélő), míg a férfi beszélőknek csak az 53%-ánál figyelhető meg (9 beszélő), de a férfi és a női beszélőknél ugyanannyiszor jelentkezik (a relatív előfordulási arány a nőknél 0,00067, a férfiaknál 0,00066). Vagyis kijelenthető, hogy a férfi beszélők közül kevesebben, de arányait tekintve többször alkalmazzák a beszédükben.

A korpusz 34 beszélője közül 15-nél találkozunk **káromkodással**, mint például *fasz-*, *(el)szar-*, *kurva anyád-*, *basz-* (3. ábra), ez a korpusz beszélőinek 44%-át jelenti. Közülük 8 beszélő férfi, 7 beszélő nő.



3. ábra:
A vulgáris szavak előfordulási aránya a korpuszban

Azon 8 beszélő közül, akik mind a „B”-ben, mind az „L”-ben használtak vulgáris szavakat, 5 nő (62%). A legtöbb trágár szó egy férfi (13. sz.) és egy női (15. sz.) beszélőhöz tartozik (7–7 db), azonban a beszédleirat szószámához viszonyítva a 26. sz. női beszélő bizonyult a legrágárabbnak, nála a legmagasabbak a relatív előfordulások („B”: 0,000757, „L”: 0,000985).

A szakirodalom szerint írásban inkább a nőkre jellemző a trágárság (Nagy et al. 1983). A (beszélt nyelvi) korpusz női beszélőinél szintén megfogalmazhatjuk ezt az állítást az előfordulási számadatok alapján (az 50 db trágár szó közül 30-at nők használtak). A korpusz 17 női beszélője közül csak 7 használt trágár kifejezést (41%), azonban a 7 nőből 5-nél (71,4%) mind a két részkorpuszban vannak trágár elemek, vagyis a fenti szakirodalmi kijelentés a beszélt nyelvre is igaz (akinél vulgáris szó mutatkozott a „B”-ben, annál nagyobb valószínűséggel jelentkezik 10 évvel később is, az „L”-ben).

5.3. Szóhasználat

A szókészlet vizsgálata során elsősorban a ritka előfordulású szavakra voltunk kíváncsiak, és életkori vagy nemi tendenciák megfigyelését céloztuk, azonban idiolektális sajátosságok is megfigyelhetők voltak. Például a *na/no* indulatszók 279-szer fordulnak elő a korpuszban; a *no* alak a női beszélőkre egyáltalán nem volt jellemző, és a férfi beszélők közül is csak egy használta (7. sz.), ő viszont következetesen („B”: 13 db, „L”: 3 db). A *na* alak éppen a női beszélőknél volt népszerűbb, hiszen a korpusz női beszélőinek 94%-a alkalmazta (16 beszélő), közülük többen mind a két részkorpuszban (14 beszélő), és a női beszélők leirataiban a darabszám is magasabb (nők: 154 db vs. férfiak: 109 db).

Az *abszolút* (a szövegkörnyezet alapján határozószó, pl. *abszolút kivédhető, abszolút ellenzem, abszolút így van, abszolút egyetértek*) 82-szer található meg a korpuszban, mindössze két női beszélő alkalmazza, ők viszont többször és következetesen (21. sz.: „B”: 10 db, „L”: 5 db; 25. sz.: „B”: 4 db, „L”: 3 db). A *gyakorlatilag* határozószóból 77 darabot találhatunk a korpuszban. Az összes előfordulás 78%-a férfi beszélőkhöz tartozik (60 db), és valamivel jobban jellemzi a 20-as éveikben járó férfi beszélők nyelvhasználatát („B”: 37 db vs. „L”: 23 db). A legmagasabb előfordulás a 7. sz. férfi beszélőnél detektálható, 26 db („B”), mely a szó összes előfordulásának egyharmada. Az *úgymond* szóból (a szövegkörnyezet alapján diskurzusjelölő, pl. *ez teljesen trendi úgymond; közelebb áll hozzánk, mint úgymond a klasszikus műzene; hogy kicsit úgymond visszavegyünk az arcunkból*) 39 darab van a korpuszban, a férfiak többet és többször használták (8 fő, 23 db), de nem jellemző, hogy következetesen mutatkozik mind a „B”-ben, mind az „L”-ben. A legtöbb előfordulás a 11. sz. férfi beszélőnél jelent meg („B”: 3 db, „L”: 5 db). Az „L”-

ben többször fordult elő, mint a „B”-ben (27 db), vagyis a használata valamivel jobban jellemezte a 30 év felettieket. Az *aránylag* határozószó (*aránylag ingerszegény, aránylag kevesebbet*) mindössze egyetlen férfi beszélőnél fordult elő (2. sz.), egy-egy előfordulással a „B”-ben és az „L”-ben.

A kollokációk szintén mutatnak csoport- és egyéni jellegzetességet. Például az *azt gondolom* szintagma (összesen 153 db) a beszélők 61%-ánál megtalálható (21 fő), nagyobb részt női beszélők használták (13 fő, a korpusz női beszélőnek 76%-a), a beszélőknek közel a felénél mindkét részkorpuszban előfordul (10 fő). Az „L”-ben lényegesen többször található meg, mint a „B”-ben („B”: 41 db vs. „L”: 112 db), amiből az következik, hogy az előfordulása sokkal inkább a 30 év felettiekre jellemző. A szerkezet a női beszélőknél többször fordult elő, de nem releváns a nemi különbség (nők: 89 db vs. férfiak: 64 db). A *mit tudom én* kollokációt (összesen 122 db) a korpusz beszélőnek 79,5%-a használta (27 fő), de csak 44%-uk mindkét részkorpuszban (13 fő). A női beszélőknél nagyobb arányú a szerkezet gyakorisága, de nem jelentős az eltérés (nők: 70 db vs. férfiak: 52 db), ugyanakkor a korpusz női beszélőinek 76,5%-a használta (13 fő). Az előfordulások száma az „L”-ben lényegesen magasabb („L”: 76 db; „B”: 46 db), vagyis ezt a szerkezetet is többször találhatjuk meg a 30 év felettiek beszédében. A legmagasabb előfordulások női beszélőkhöz tartoznak (8. sz.: „B”: 4 db, „L”: 9 db; 15. sz.: „B”: 3 db, „L”: 11 db).

6. Összegzés

A vizsgálat során arra voltunk kíváncsiak, hogy az azonos beszélőhöz tartozó, 10 év különbséggel rögzített felvéte-

lekről készült beszédleirat alapján milyen arányban változik a nyelvhasználat, mely nyelvi szinteken mutatkozik a legnagyobb változás, illetve hogy a beszédleiratokból kinyert szövegnyelvészeti kategóriák elemzése hozzájárul-e a beszélőazonosítási folyamathoz. Az eredmények alapján a gépi szövegelemzési adatok – bár számos információval szolgálnak a beszélő személyről, mind a csoport-, mind az egyéni nyelvhasználatot illetően – önmagukban nem elegendők a beszélőazonosítás műveletének nyelvészeti megtámogatásához. Az adatok kiértékeléséhez humán elemző (nyelvész) szükséges, aki képes a kinyert adatok interpretálására és magyarázatára, illetve további (manuális) vizsgálatok elvégzésére. A gépi szövegelemző által kinyert relatív gyakorisági értékek sok esetben nem voltak informatívak (ti. a beszélők között nem volt számottevő különbség), ekkor a konkrét előfordulások félautomata analízise hozhat eredményt. Összességében a vizsgálat megerősítette, hogy bizonyos beszélt nyelvi jellemzők elemzése (pl. nagy változatosságú nyelvi kategóriák) vagy éppen a ritka előfordulású szavak nemi, életkori és egyéni eloszlása, valamint a nyelvi jegyek 10 év alatti változásának egyéni mintázatainak lekövetése potenciálisan hasznos lehet a kriminalisztikai nyelvészeti beszélőazonosítást támogató művelet során, különösen akkor, amikor a hangtechnikai vizsgálati módszerek alkalmazása korlátozott.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFIH az FK128814-es és az Európai Unió az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében támogatta.

Irodalom

Anmella, Gerard – De Prisco, Michele – Joyce, Jeremiah B. – Valenzuela-Pascual, Claudia – Mas-Musons, Ariadna – Oliva, Vincenzo – Fico, Giovanna – Chatzisofofroniou, George – Mishra, Sanjeev – Al-Soleiti, Majd and et al. 2024. Automated Speech Analysis in Bipolar Disorder: The CALIBER Study Protocol and Preliminary Results. *Journal of Clinical Medicine* 13/17. 4997.
<https://doi.org/10.3390/jcm13174997>

Aggazzotti, Cristina – Andrews, Nicholas – Smith Elizabeth Allyn 2024. Can Authorship Attribution Models Distinguish Speakers in Speech Transcripts? *Transactions of the Association for Computational Linguistics* 12. 875–891.
https://doi.org/10.1162/tacL_a_00678

Bóna Judit 2015. Újraindítások fiatalok, idősödők és idősek beszédében. *Alkalmazott Nyelvtudomány* 15/1–2. 149–161.

Coulthard, Malcolm – Johnson, Alison (eds.) 2010. *The Routledge Handbook of Forensic Linguistics*. Routledge, Abingdon.

Főző Eszter 2023. A beszéd-sajátosságok változása 10 év elteltével – a beszédleírások lexikai vizsgálata és az eredmények felhasználhatósága a beszélőazonosítás műveletében. In Grácz Tekla Etelka (szerk.): *SpeakVar Workshop: A workshop on intraspeaker and interspeaker variability*. Hungarian Research Centre for Linguistics, Budapest. 66–68. <https://speakvar.nytud.hu/wp-content/uploads/2023/10/SpeakVar-Workshop-1.pdf>

Grácz Tekla Etelka – Huszár Anna – Krepsz Valéria – Száraz Bettina – Damásdi Nóra – Markó Alexandra 2020. Longitudinális korpusz magyar felnőtt adatközlőkről. In Berend Gábor – Gosztolya Gábor – Vincze Veronika (szerk.): *XVI. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia*. Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged. 103–115.

Gold, Erica – French, Peter 2011. International practices in forensic speaker comparison. *The International Journal of Speech, Language and the Law* 18/2. 293–307.

Gósy Mária – Gyarmathy Dorottya – Horváth Viktória – Grácz Tekla Etelka – Beke András – Neuberger Tilda – Nikléczy Péter 2012. BEA:

Beszélt nyelvi adatbázis. In Gósy Mária (szerk.): *Beszéd, adatbázis, kutatások*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 9–24.

Horváth Viktória 2014. *Hezitációs jelenségek a magyar beszédben*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.

<https://mek.oszk.hu/14900/14940/14940.pdf>

Ishihara, Shunichi 2017. Strength of forensic text comparison evidence from stylometric features: A multivariate likelihood ratio-based analysis. *International Journal of Speech Language and the Law* 24. 67–98. <https://doi.org/10.1558/ijssl.30305>

Ishihara, Shunichi – Kulkarni, Sonia – Carne, Michael – Ehrardt, Sabine – Nini, Andrea 2024. Validation in Forensic Text Comparison: Issues and Opportunities. *Languages* 9/2. 47.

<https://doi.org/10.3390/languages9020047>

Kicsi, András – Sánta, Péter – Horváth, Dániel – Kőhegyi, Norbert – Szvorenny, Viktor – Vincze, Veronika – Főző, Eszter – Vidács, László 2022. Computer-Aided Forensic Authorship Identification in Criminology. In Gervasi, O. – Murgante, B. – Misra, S. – Rocha, A. M. A. C. – Garau, C. (eds.): *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2022 Workshops. Lecture Notes in Computer Science* 13381. Springer, Cham. 576–592.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-10548-7_42

Lawrence, Anthony 2024. *AntConc* (Version 4.3.1) [Computer Software]. Waseda University, Tokyo.

<https://www.lauranceanthony.net/software/AntConc>

Leemann, Adrian – Perkins, Ria – Buker, Grace Sullivan – Foulkes, Paul 2025. *An Introduction to Forensic Phonetics and Forensic Linguistics*. Routledge, London – New York.

Markó Alexandra – Főző Eszter – Grácz Tekla Etelka 2022.

Alkalmazható-e a diskurzusjelölők vizsgálata a beszélői profilalkotásban? *Alkalmazott Nyelvtudomány 2022/1. különszám: Alkalmazott nyelvészet és kriminalisztika*. 74–93.

<https://doi.org/10.18460/ANY.K.2022.006>

Markó Alexandra – Főző Eszter – Grácz Tekla Etelka 2024. *Hát ugye egyébként szerintem*, avagy diskurzusjelölő-társulások mint egyéni beszédjellemzők a kriminalisztikai azonosításban.

In Fogarasi Katalin – Ittész Dániel – Máty Dániel (szerk.):
*A MANYE Kongresszusok Előadásai 14/1. XXIX. Magyar Alkalmazott
Nyelvészeti Kongresszus.* Akadémiai Kiadó, Budapest.
https://mersz.hu/dokumentum/m1262tia__102/

Nagy Ferenc – Szakácsné Farkas Judit – Vágóné Miklós Ilona 1983.
Nőies és férfias szövegsajátosságok. In Rácz Endre – Szathmári
István (szerk.): *Tanulmányok a mai magyar nyelv szövegtana köréből.*
Tankönyvkiadó, Budapest. 239–248.

Saxena, Vageesh – Bashpole, Benjamin – Van Dijck, Gijs – Spanakis,
Gerasimos 2023. IDTraffickers: An authorship attribution dataset
to link and connect potential human-trafficking operations on text
escort advertisements. In Bouamor, Houda – Pino, Juan – Bali, Kalika
(eds.): *Proceedings of the 2023 Conference
on Empirical Methods in Natural Language Processing.* Association for
Computational Linguistics, Singapore. 8444–8464.
<https://doi.org/10.18653/v1/2023.emnlp-main.524>

Skarnitzl, Radek – Vaňková, Jitka 2017. Fundamental frequency
statistics for male speakers of common Czech. *Acta Universitatis
Carolinae: Philologica 3. Phonetica Pragensia*, 2017/3. 7–17.
<https://doi.org/10.14712/24646830.2017.29>

Sztahó, Dávid – Beke, András – Szaszák, György – Fejes, Attila 2022.
Forensic Authorship Classification by Paragraph Vectors
of Speech Transcriptions. In Berend Gábor – Gosztolya Gábor – Vincze
Veronika (szerk.): *XVIII. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia.*
Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged. 271–279.

Sztahó, Dávid – Fejes, Attila 2023. Effects of language mismatch
in automatic forensic voice comparison using deep learning
embeddings. *Journal of Forensic Sciences* 68/3. 871–883.
<https://doi.org/10.1111/1556-4029.15250>

Tatár Zoltán 2013. Beszélőprofil-alkotás lehetőségei
a kriminalisztikai fonetikában. *Alkalmazott Nyelvtudomány*
XIII/1–2. 121–130.

Tatár Zoltán – Varga Zoltán – Főző Eszter 2021. Beszélőazonosítás
a kriminalisztikában. In Markó Alexandra (szerk.): *Tanulmányok
a beszédtudomány alkalmazásainak köréből.* ELTE Eötvös Kiadó,
Budapest. 229–251.

Turell, M. Teresa 2011. The use of textual, grammatical and sociolinguistic evidence in forensic text comparison. *International Journal of Speech Language and the Law* 17/2. 211–250.
<https://doi.org/10.1558/ijsl.v17i2.211>

Varga Zoltán 2026. Kriminalisztikai célú beszélőazonosítás – 10 év különbséggel. In Főző Eszter – Kóré Veronika – Markó Alexandra – Mell Péter – Nyiri Miklós (szerk.): *Szakértői kutatások a MILAB égisze alatt*. SZIMfonia IV. Nemzetbiztonsági Szakszolgálat, Budapest. 55–78.

Vincze Veronika – Hoffmann Ildikó – Szatlóczki Gréta – Bíró Edit – Gosztolya Gábor – Tóth László – Pákási Magdolna – Kálmán János 2015. Az enyhe kognitív zavar automatikus azonosítása beszédátiratok alapján. In Berend Gábor – Gosztolya Gábor – Vincze Veronika (szerk.): *XI. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia*. Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged. 249–256.

Vincze Veronika – Főző Eszter – Kicsi András – Vidács László 2022. SZIRA: Szövegfeldolgozó Információs Rendszer és Adattár a szerzőazonosítás szolgálatában. *Alkalmazott Nyelvtudomány* 2022/1 különszám: *Alkalmazott nyelvészet és kriminalisztika*. 52–73. <https://doi.org/10.18460/ANY.K.2022.005>

web 1 = <https://elo.hu/formansok-a-hangkepzes-akusztikai-jellemzoi-egyszeruen>

web2 = <https://arite.io/ai/hu>



The Use of Text Linguistic Analysis of Speech Transcripts in Speaker Identification

This study examines the possibilities of speaker identification in cases where acoustic phonetic methods cannot be used effectively (for example, when the recording is noisy or the voice is distorted). The main goal is to determine whether the analysis of extracted linguistic features from speech transcripts can assist experts identify speakers.

For the methodology, we built a database of 34 speakers (17 men and 17 women) using the BEA and Longitudinal speech collections. These collections contain spontaneous and semi-spontaneous speech samples recorded from the same individuals, with a 10-year gap between recordings. In the linguistic analyses, we focused on characteristics of spoken language (morphological, lexical, semantic, pragmatic), through the relative and absolute frequencies. For the analyses, we used a machine-based text analysis tool, the Text Processing Information System and Repository (SZIRA), which application is developed by the Special Service for National Security, Institute for Expert Services.

The results show that in the corpus there were no large differences in the relative frequencies of most linguistic features over a 10-year period (the difference was at most 1.5 times). The most variable linguistic features were, for example, restarts, certain emotion words, and the use of swear words. Some differences were observed between genders in the use of specific words and linguistic behaviour, and it also became clear that the use of certain linguistic features can be related to age. However, individual language use plays the most important role. This study confirmed that the analysis of extracted linguistic features from transcripts can be potentially useful for providing linguistic support in speaker identification.

SZIM $\textit{fonia}$



Kriminalisztikai célú beszélőazonosítás – 10 év korkülönbséggel

VARGA ZOLTÁN

1. A beszélőazonosítás fogalma, szakértői módszertan

Hétköznapi tapasztalatunk, hogy az általunk ismert embereket fel tudjuk ismerni a hangjuk alapján, hiszen „az emberi beszédben előforduló hangjelenségek mindig nagymértékben egyéniek és egyszeriek” (Laziczius 1979: 5). A beszédben azonban idővel változások következhetnek be, például előfordulhat, hogy rég nem látott ismerősök már nem ismerik fel a hangunkat telefonon. A beszéd-sajátosságok időbeli változása azonban nemcsak a régen hallott ismerősök-rokonok számára nehezíti meg a beszélő azonosítását, hanem nehézségeket okozhat a nyomozó hatóságok és a bíróságok munkájában is. Előfordul ugyanis, hogy egy régebben, akár tíz évvel korábban rögzített (ún. kérdéses) hangfelvétel alapján merül fel a beszélő személy kilétének a kérdése. Az összehasonlítás alapját azonban csak a jelenben rögzített hangfelvétel adhatja. Ilyen esetekben a hatóságok igazságügyi szakértőkre támaszkodhatnak, akik kirendelésre szakértői véleményt készítenek.

Ha egy adott, konkrét személy a kérdéses hangfelvétel feltételezhető beszélője, akkor a hangtechnikai szakértő hangfelvételt rögzít vele, amely alapján beszélőazonosítást végez. Ez azt jelenti, hogy a hangtechnikai szakértő elemzések alapján megbecsüli, hogy mekkora az esélye annak, hogy a gyanúsított és a kérdéses hangfelvételen beszélő személy azonos. Az így előállított szakértői vélemény bizonyítékként használható a bíróságon.

A hangtechnikai szakértői vélemény alapjául szolgáló elemzések többféle módszertannal készülnek: a szakértő a kérdéses hangfelvétel(ek)en percepciós, akusztikai-fonetikai és automatikus beszélőazonosítási vizsgálatokat egyaránt végez. Abban az esetben, ha a gyanúsítottól származó hangminta is rendelkezésre áll, valamint minden vizsgálandó hanganyag megfelel a vizsgálat elvégzéséhez szükséges minőségi és mennyiségi kritériumoknak, akkor a hangtechnikai szakértő el tudja végezni a beszélőazonosítást, és erős valószínűségi szintű véleményt tud alkotni (Tatár et al. 2021).

Az alábbiakban azt mutatom be, hogy hogyan és milyen módszerekkel zajlik a beszélőazonosítás a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat (NBSZ) Szakértői Intézetben.

A beszélőazonosítás során – mint említettem – többféle módszertant ötvöz a hangtechnikai szakértő. Egyrészt hallásalapú, azaz percepciós vizsgálatot végez: többször meghallgatja a hangfelvételeket, és megadott szempontrendszer szerint (pl. dallam, hangsúly, hangosság, hangszínezet, ritmus, tempó) elemzi. Ebben a tekintetben nagy jelentősége van a szakértői tapasztalatnak. A másik vizsgálat akusztikai fonetikai jellegű, ami azt jelenti, hogy az ilyen elemzések számára fejlesztett célszoftver(ek) (pl. ACU-Expert) segítségével végez méréseket, meghatáro-

zott protokoll alapján. Végül a biometrikus (automatikus) összehasonlító vizsgálatok ugyancsak célszoftverek (Bat-Vox, Phonexia Voice Inspector, VOCALISE/Bio-Metrics) segítségével történnek, amelyek referencia-adatbázis(ok) figyelembevételével állapítanak meg hasonlósági mértékeket. Mindezen elemzési eredmények birtokában a hangtechnikai szakértő valamilyen valószínűségi skálát alapul véve alkotja meg a véleményét (Tatár et al. 2019). Ez a skála akár szakértőnként, illetőleg szakértői intézetenként is kismértékben eltérő lehet a fokozatok számát tekintve. Az NBSZ Szakértői Intézet hangtechnikai szakterületén jelenleg egy 11 fokozatú skála használatos (NB. ebben a beszédhang terminus 'beszédminta' értelemben szerepel, nem pedig a nyelvészetben használatos jelentésében):

- +5 A két beszédhang a bizonyossággal határos valószínűséggel azonos személytől származik.
- +4 A két beszédhang nagyon nagy valószínűséggel azonos személytől származik.
- +3 A két beszédhang nagy valószínűséggel azonos személytől származik.
- +2 A két beszédhang valószínűleg azonos személytől származik.
- +1 A két beszédhang származhat azonos személytől.
- 0 A beszélők azonossága nem zárható ki, de nem is bizonyítható.
- 1 A két beszédhang származhat különböző személyektől.
- 2 A két beszédhang valószínűleg különböző személyektől származik.
- 3 A két beszédhang nagy valószínűséggel különböző személyektől származik.
- 4 A két beszédhang nagyon nagy valószínűséggel különböző személyektől származik.
- 5 A két beszédhang a bizonyossággal határos valószínűséggel különböző személyektől származik.

Ezek a kategóriák a legújabb módszertani fejlesztés eredményei (M-HSZL-02).¹ Minden egyes részmódszertani vizsgálat értékelése külön-külön történik a fenti skála segítségével. Az összes vizsgálat és mérés elvégzését követően a részmódszertani elemenként kapott pontszámot összeadjuk, és egy értékelési skála alkalmazásával meghatározzuk az összpontszámot és a szakértői véleménybe kerülő verbális megállapítást az összevetett beszélők azonosságának valószínűségéről, figyelembe véve, hogy hány részmódszertani elem volt elvégezhető a vizsgálatok során.

2. Kérdésfelvetés

A beszélőazonosítás műveletében többféle probléma nehezítheti egy hangfelvételen beszélő kérdéses személy és a gyanúsított hangjának összehasonlítását. Gyakori hátráltató tényező, hogy rossz minőségű a rendelkezésre álló hanganyag (zajos vagy frekvenciaszűrt, például telefonnal rögzítették), de az is, hogy túl rövid, vagy az, hogy torzított a beszéd (suttogás, alkoholos befolyásoltság stb.). Emellett ugyancsak nehézséget okozhat, ha a kérdéses (más szóval inkriminált) és az összehasonlítandó (a gyanúsítottól származó) hangfelvétel rögzítése között hosszabb idő, akár évek teltek el. Az ilyen esetekben annál nehezebb az elvégzendő feladat, minél több idő telt el az összehasonlítandó hanganyagok rögzítése között. A beszéd-sajátosságoknak az eltelt idő függvényében tapasztalható/lehetséges változásait figyelembe kell vennie a szakértőnek, amikor például egy beszélőnek a 10 évvel ezelőtti és a jelenben rögzített hanganyagával kell dolgoznia. Valószínűsíthető, hogy nagyobb eltérés mutatkozik az egy évtizednyi különbséggel ugyanazon beszélőtől felvett hangminták között, mint egyazon beszélő két,

rövidebb idő elteltével rögzített beszédmintájának összehasonlítása esetén. Ebből adódóan a hangtechnikai szakértőnek figyelemmel kell lennie az időtényezőre mind az összehasonlítás eredményeinek értékelésekor, mind pedig a vélemény megfogalmazásakor (Tatár et al. 2021).

A hangtechnikai szakértőnek tisztában kell lennie azzal, hogy milyen időeltérés esetén milyen mértékű és jellegű különbségekkel kell számolnia, és mely elemzett beszéd-sajátosságok tekintetében. Annak érdekében, hogy a beszélőazonosításra vonatkozó szakértői vélemény a bíróság előtt minden körülmények között kellően megalapozott legyen, a szakértőnek választ kell tudnia adni az ezzel kapcsolatban felmerülő kérdésekre. A válaszadáshoz pedig szükséges – a szakértői tapasztalaton túlmenően – a beszéd-sajátosságok változásainak alapos ismerete, amely az utánkövetéses adatbázison végzett kutatások eredményein alapul.

A Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézet a (korábbi HUN–REN) ELTE Nyelvtudományi Kutatóközponttal (NYTK) folytatott szakmai-tudományos együttműködés keretében hozzáférést kap az NYTK fonetikai laboratóriumában fejlesztett beszédatadbázisokhoz. A Szakértői Intézet nyelvész és hangtechnikai szakterületének munkatársai az ezekből az adatbázisokból kapott hangfelvételeken végeztek vizsgálatokat a beszéd-sajátosságok változásaira vonatkozóan, kifejezetten gyakorlati megközelítésből. A kutatási eredmények nemcsak az igazságügyi hangtechnikai szakértői módszertan fejlesztéséhez járulhatnak hozzá, hanem az igazságügyi nyelvész szakértői módszertan szempontjából is releváns kérdésekre adhatnak választ.

A beszédjellemzők egyéni voltát a kognitív-mentális, a fiziológiai-artikulációs és sok más sajátosság összessége adja.

Ez alapján feltételezhető, hogy minél több paraméter alapján végzünk összehasonlításokat, annál precízebb és megalapozottabb az azonosítás és a véleményalkotás. Arra azonban a mindennapi gyakorlati tevékenység során nincs mód, hogy a szakértő mindenre kiterjedő időigényes vizsgálatokat végezzen, ezért azon néhány paraméter vizsgálatára kell szorítkoznunk, amelyek bizonyítottan nagymértékben járulnak hozzá a beszédhangzás individuális voltaához. A fonetikai alapú beszélőazonosításban széles körben elfogadott paraméterek például az alaphangfrekvencia és a formánsok értékei (McMenamin 2002; Rose 2002; Jessen 2010).

Az emberi beszédképzésben részt vevő „hangszalagok rezgésének eredményét nevezzük zöngének, amely az alaphangból és a felhangokból (felharmonikusokból) áll” (Gósy 2004: 97). Az alaphangfrekvencia (más néven alaphangmagasság, alaphang) jele az f_0 . A formánsok „a zöngének a rezonátorüregben felerősödött felharmonikusai” (Gósy 2004: 99), amely rezonátorüreg a beszéd esetén a beszédképző szervek által alkotott tér. (A formánsokat F betűvel jelöljük, és az alaphangfrekvenciától való távolságuk alapján számozzuk őket.) Minthogy az egyének beszédképző szerveinek a méretei, arányai egyediek, az általuk létrehozott formánsok is magukon viselik bizonyos mértékig ezt az egyediséget. Ennélfogva a magánhangzók formánsainak az összehasonlítása alapján következtethetünk a beszélők artikulációjának egyes sajátosságaira, valamint a hangképző szervek hasonlóságára. Az első két formáns (F_1 és F_2) „a magyarban rendszerint egyértelműen meghatározza a magánhangzó minőségét” (Gósy 2004: 116), vagyis ezek inkább a nyelvre, a magánhangzóra, mintsem a beszélőre jellemző paraméterek. Az F_1 és F_2 különböző beszélők közötti eltérései (mivel elsődleges szerepüket a magánhangzók azonosításában töltik be) sok esetben nem mutathatók ki. Az egyének közötti különbség tekintetében

jelentékenyebb szereppel bír a harmadik és a negyedik formáns (F_3 és F_4), ugyanis ezek kevésbé függenek a beszédhang minőségétől, és nagyobb mértékben jellemzőek az egyénre. Ebből adódóan ezek összehasonlítása révén következtethetünk a hangfelvételen beszélő személy(ek) azonos vagy különböző voltára. Az F_3 és az F_4 ugyanakkor nem önmagában jellemző az adott beszélőre, hanem az első két formánssal együtt. Ha a két beszélő ugyanazt a beszédhangot egyformán ejti (pl. az e hangot hasonló F_1 - és F_2 -értékekkel), valamint az F_3 és az F_4 is hasonló értékeket mutat, akkor tekinthető az adott eredmény bizonyítéknak a beszélők azonossága mellett. (A formánsok beszélők közötti variabilitásáról és a formánsértékeknek a beszélőazonosításban betöltött szerepéről lásd például Cao és Dellwo (2019) tanulmányát.)

A beszélőazonosításban a formánsalapú összehasonlítás központi jelentőséggel bír. Ezért abban az esetben, ha a hangfelvétel gyenge minősége miatt nem jelenik meg a hangszínképen a harmadik és a negyedik formáns, akkor a hanganyag „akusztikai-fonetikai alapú beszélőazonosításra alkalmatlan” besorolást kap. Ha a vizsgált hanganyag arra is alkalmatlan, hogy automatikus (biometrikus) beszélőazonosításnak vessük alá, akkor a jelenleg érvényes módszertan szerint csak a „valószínűleg azonos” (+2) és a „valószínűleg különböző” (−2) közötti tartományban tehetünk megállapítást kizárólag a percepció vizsgálat alapján. Esetenként előfordul, hogy a vizsgálatok alapjául szolgáló hangfelvételek annyira rossz minőségűek, hogy hangtechnikai szakértői elemzésre nem alkalmasak, az elhangzottak mégis érthetőek, és nagy mennyiségű a rendelkezésre álló hangzó szöveg. Ilyenkor bevethetők a nyelvész szakértői módszerek, amelyek segítségével a beszédleiratok szövegnyelvészeti összehasonlítására és szakvélemény adására van mód.

Összegezve: a hangtechnikai szakértői módszertan fejlesztése érdekében feltétlenül szükség van arra a tudásra, hogy egy személy beszédében (jelen esetben 10 év távlatában) milyen mértékben változ(hat)nak az alaphangfrekvencia- és a formánsértékek. Ez alapján lehet állításokat tenni arról, hogy az adatoknak milyen maximális mértékű eltérése esetén tételezhetünk még fel azonosságot, és mekkora különbség utal már biztosan különböző beszélőkre. Ezekre a kérdésekre célzott kutatások adhatnak választ. Ezek közül mutatunk be egyet a következőkben.

3. A vizsgálat bemutatása

A vizsgálati anyagok az NYTK-val zajló együttműködés keretében a Beszélt Nyelvi Adatbázisból (BEA) és a „Longitudinális” (Longi) adatbázisból származnak.

2008-ban kezdődött az MTA Nyelvtudományi Intézetében (az ELTE Nyelvtudományi Kutatóközpont elődje) egy magyar nyelvű spontánbeszéd-adatbázis (BEA) kialakítása (Gósy 2008). Az alkotók 500 magyar anyanyelvű személytől vettek fel hangmintát meghatározott protokoll szerint. A Longi adatbázisban ezen személyek szűkített csoportjától 10 év elteltével újra rögzítésre kerültek hanganyagok (vö. Gráczy et al. 2021).

Mindkét adatbázisban az adatközlők feladatául szabták egy mondat sorozat felolvasását, a BEA esetén 25, a Longi esetén 15 mondatét. A megegyező 15 mondatot (1. sz. függelék) vizsgáltam az elsőként Longi-mintát adó 25 személy felolvasásában. Az adatközlők (14 férfi, 11 nő) a BEA-felvétel készítésének időpontjában 20 és 40 év közötti, 3 kivétellel nem dohányzó személyek voltak.

Azért választottam a felolvasást vizsgálati anyagnak, mert egyrészt a hangszakértői módszertan hangmintavételi metódusa is tartalmaz felolvasást, másrészt így nagy mennyiségű, ugyanazon hangkörnyezetű hang áll rendelkezésre.

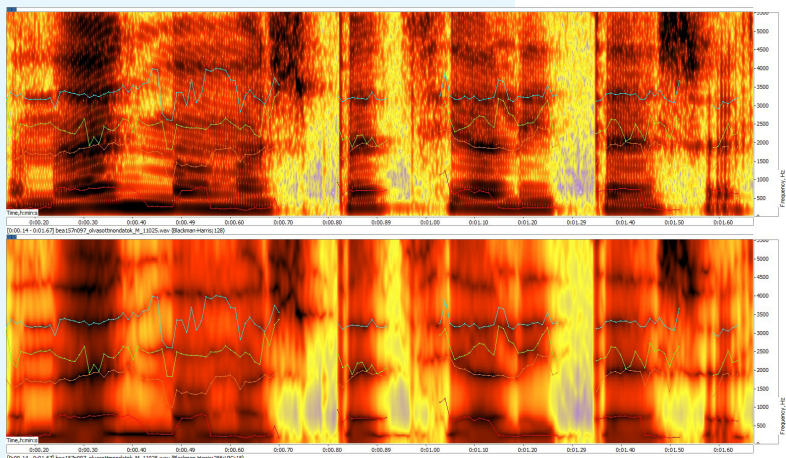
A lehetséges fonetikai paraméterek összehasonlító vizsgálatai közül a már korábban említett két fő jellemzőt elemeztem, az alapfrekvenciát és a formánsokat.

A fonetikai paraméterek összehasonlítására az ACU-Expert (web1) nevű szakértői szoftvert alkalmaztam. A beszélőket 1 és 25 közötti számmal azonosítottam; a 25 beszélő korábbi (BEA) felvételeit B1, B2 ... B25, a későbbi (Longi) felvételeit pedig L1, L2 ... L25 betű-szám kombinációval jelöltem.

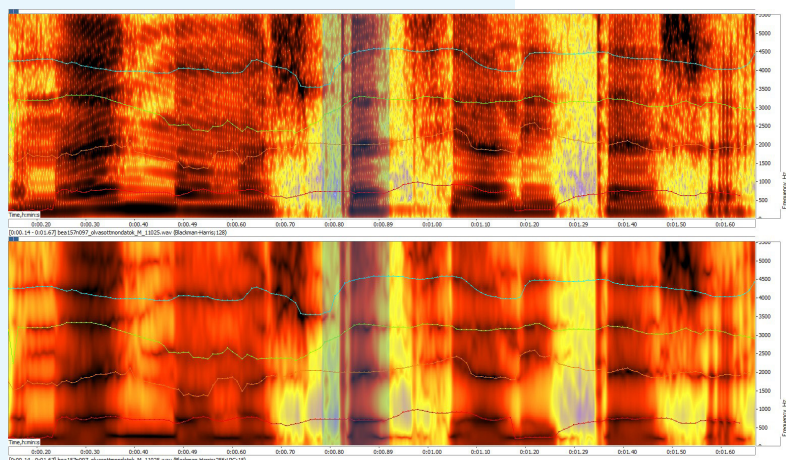
Első lépésként az egyes hanganyagokon az alapfrekvencia-mérést futtattam le, ezáltal megkaptam az egyes szémélyek hangjának f_0 -táblázatát és eloszlásgörbéjét. Ezután nyertem ki a formánsfrekvencia-értékeket, ugyancsak automatikus módszertannal.

Az 1. ábrán a felső ablakban a beszéd spektrografikus képét, az alsó ablakban az LPC-spektrogramját (Linear Predictive Coding) láthatjuk. Különböző színnel jelöli a program az F_1 , F_2 , F_3 , F_4 formánsokat. Mivel nem mindig pontos az automatikus formánsmeghatározás, ezért szükséges a formánsértékek manuális felülvizsgálata, szükség esetén javítása. A kiigazítás utáni kép látható a 2. ábrán.

A korrekció után került sor a hangszintű annotálásra, amely minden jól detektálható hangot érintett. Az alapfrekvencia-mérések esetén nem volt szükség manuális korrekcióra.



1. ábra:
„A nagymama specialitása” szövegrész
a B25 beszélőtől az automatikus formánskinyerés után



2. ábra:
„A nagymama specialitása” szövegrész
a B25 beszélőtől a formánsértékek manuális korrigálása után

Felvételenként mintegy 300 különböző hangrealizációt sikerült kinyernem a felvétel minőségétől és a beszélő

artikulációjától függően. Az összehasonlító elemzéshez csak azokat az azonos magánhangzókat használtam fel, amelyekből legalább 10 volt egy felvételen belül.

4. Az eredmények értékelése

4.1. Alapfrekvencia-vizsgálatok

Az egyes, azonos személyekhez tartozó átlagos alapfrekvencia-értékek és ezek relatív eltérése látható az 1. táblázatban, valamint a Longi-felvételhez viszonyított relatív eltérés abszolút értéke százalékban kifejezve (például az 1. számú beszélő esetén $|(127-118)/(127*100)|$).

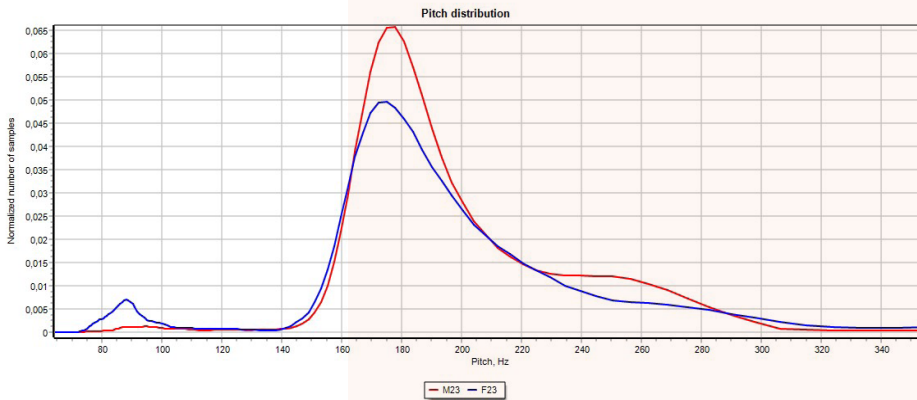
Az átlagos alapfrekvencia-értékek mellett még egyéb paramétereket is figyelembe lehet és kell venni ennél a vizsgálatnál (pl. mediánértékek, minimum- és maximumértékek). Az egyik legszemléletesebb ezek közül az alapfrekvencia eloszlásgörbéinek az összehasonlítása. Erre láthatunk példát a 3., 4. és 5. ábrán. Az ábrákon a vízszintes tengelyen az alapfrekvencia-érték, a függőlegesen az előfordulások száma látható.

Az analízis során összehasonlítjuk az eloszlásfüggvényeket, vizsgáljuk azok alakját, lefutását, összességében az egymáshoz való hasonlóságukat vagy különbözőségüket. A beszéd variabilitása következtében az azonos beszélők hangja alapján elkészített görbék nem teljesen egybevágóak, azonban nagyfokú hasonlóságot kellene mutatniuk egymással, míg különböző beszélők esetében az eltérésnek kellene dominálnia.

Beszélő	BEA (Hz)	Longi (Hz)	Relatív eltérés (%)
1	118	127	7,1
2*	116	108	7,4
3	100	98	2
4	93	84	10,7
5	124	114	8,8
6	123	106	16
7	208	194	7,2
8	201	188	6,9
9*	132	127	3,9
10	148	167	11,4
11	117	124	5,6
12	116	107	8,4
13	125	131	4,6
14	105	109	3,7
15*	110	158	30,4
16	220	206	6,8
17	163	168	3
18	115	114	0,9
19	207	170	21,8
20	101	101	0
21	193	195	1
22	201	180	11,7
23	187	175	6,9
24	204	200	2
25	179	188	4,8

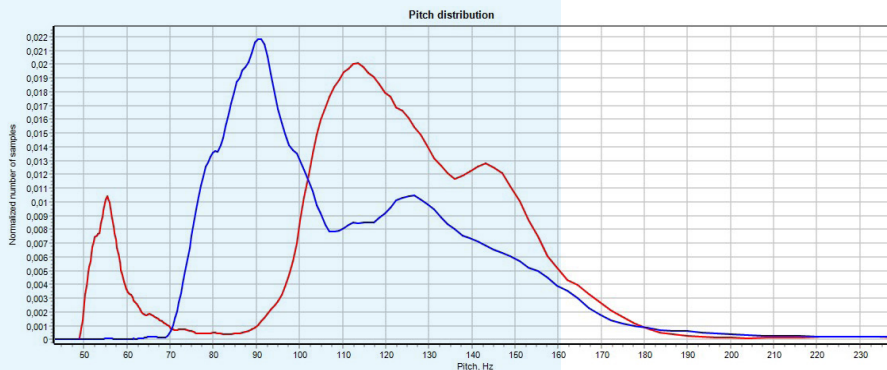
1. táblázat:
Átlagos alapfrekvencia-értékek
és relatív eltérésük a BEA-Longi páros esetén (* dohányzók)

Az alapfrekvencia-méréseket is komplex módon értékeljük, nem csak egy paraméter alapján. Így fordulhat elő, hogy például a 23-as személy – akinek az átlagos alapfrekvencia-értéke 10 évvel korábban (B23) 187 Hz volt, és 10 év elteltével (L23) 175 Hz-re módosult (relatív eltérés 6,9%) – +5 értékelést kapott, mert az alapfrekvencia-eloszlás görbéi (3. ábra) nagyon nagyfokú hasonlóságot mutatnak.



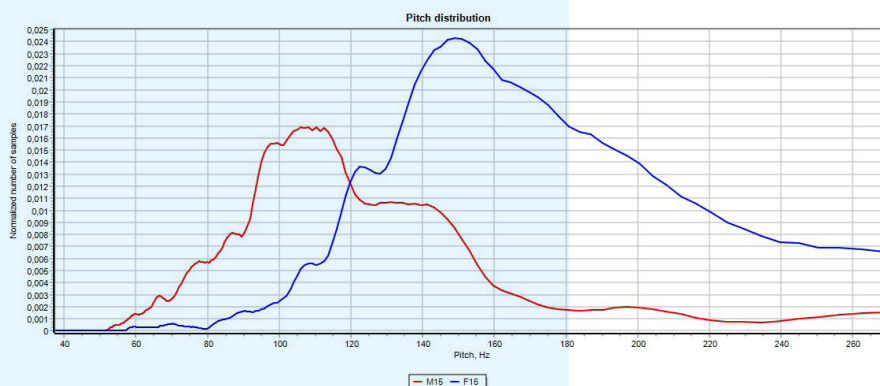
3. ábra:
Az alapfrekvencia-eloszlásfüggvények
a 23-as számú beszélő esetén (piros = B23, kék = L23)

Ellenpéldaként a 20-as személy eredményeit mutatom be, akinek a két időszakban adott hangmintájában ugyanazon alapfrekvencia-értékek mérhetők (101 Hz és ugyancsak 101 Hz), az eloszlásgörbék ugyanakkor meglehetősen különböznek (4. ábra), ezért a komplex minősítésnél +2 értékelést kapott.



4. ábra:
Az alaphfrekvencia-eloszlásfüggvények
a 20-as számú beszélő esetén (piros = B20, kék = L20)

Végül harmadik példának egy olyan személy eredményeit mutatom be (15-ös számú beszélő), akinek 10 év elteltével igen nagymértékben megváltoztak mind az átlagos alaphfrekvencia-értékei (110 Hz vs. 158 Hz, 30,4% relatív eltérés), mind pedig az alaphfrekvencia-eloszlás görbéi (5. ábra), ezért az értékelésnél –5 eredményt kapott. Az ő esetében a nagyfokú eltérésre magyarázatot adhatna a dohányzás, de a másik két dohányzó résztvevőnél nem mutatkozott nagyfokú alaphfrekvencia-eltérés.



5. ábra:
Az alaphfrekvencia-eloszlásfüggvények
a 15-ös számú beszélő esetén (piros = B15, kék = L15)

Minden egyes személyhez tartozó BEA-Longi alaphrekven-
cia-táblázatra és eloszlásgörbére hangtechnikai szakértői
szempontrendszerű értékelést alkalmaztam (11 fokozatú skála,
lásd fent), és a következő eredményeket kaptam (2. táblázat).

BEA	Longi	Értékelés
B1	L1	+4
B2*	L2	+4
B3	L3	+5
B4	L4	+1
B5	L5	+2
B6	L6	-2
B7	L7	+3
B8	L8	+3
B9*	L9	+5
B10	L10	+2
B11	L11	+3
B12	L12	+3
B13	L13	+5
B14	L14	+5
B15*	L15	-5
B16	L16	+3
B17	L17	+5
B18	L18	+4
B19	L19	-4
B20	L20	+2
B21	L21	+5
B22	L22	+1
B23	L23	+5
B24	L24	+5
B25	L25	+5

2. táblázat:
Az alaphrekvenca-értékek összehasonlításának
szakértői értékelése (* dohányzók)

Az eredményeket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az értékek 25 beszélőnél 12 esetben (48%) nagyon magas valószínűségű azonosságot (+4, +5) mutatnak, 8 esetben (32%) nagy-közepes mértékű valószínűségű azonosságot (+3, +2) mutatnak, 2 esetben (8%) kismértékű valószínűségű azonosságot (+1) mutatnak, 3 esetben (12%) pedig különböző mértékű valószínűségű különbözőséget (-2, -4, -5) mutatnak.

4.2. Formánsvizsgálatok

A példaként bemutatott táblázatban (3. táblázat) a két különböző időpontban felvett felvételekből mért összesített, átlagolt formánsértékeket, a relatív eltérést (ennek számítási módja megegyezik az alapfrekvenciánál írtakkal), valamint azok hangtechnikai szakértői szempontrendszerű értékelését látjuk a 17-es beszélő esetében. A relatív eltérést a hangtechnikai szakértői tapasztalat segítségével alkotott konvertáló táblázat (4. táblázat) szerint váltottam át a 11 fokozatú skála szerinti hangtechnikai értékeléssé.

Minden egyes azonos személyhez tartozó BEA- és Longi-formánstáblázatot kiértékeltem a hangtechnikai szakértői szempontrendszerrel. Az értékelési eredmények mediánja adja a végső értékelést, melynek az eredményét az 5. táblázatban láthatjuk.

Magánhangzó	Formánsértékek (Hz)			Relatív eltérés (%)	Értékelés
	Paraméter	B17	L17		
<i>a</i>	F ₁	700	710	1,4	+5
	F ₂	1560	1540	1,3	+5
	F ₃	2890	2930	1,4	+5
	F ₄	3820	3890	1,8	+5
<i>e</i>	F ₁	680	710	4,2	+3
	F ₂	1940	2030	4,4	+3
	F ₃	3070	3030	1,3	+5
	F ₄	4020	4050	0,7	+5
<i>i</i>	F ₁	490	410	19,5	-4
	F ₂	2450	2500	2	+4
	F ₃	3180	3100	2,6	+4
	F ₄	4150	4090	1,5	+5
<i>á</i>	F ₁	830	880	5,7	+3
	F ₂	1880	1910	1,6	+5
	F ₃	3060	3000	2	+4
	F ₄	4090	4080	0,2	+5
<i>é</i>	F ₁	530	510	3,9	+4
	F ₂	2340	2520	7,1	+2
	F ₃	3160	3170	0,3	+5
	F ₄	4160	4120	1	+5
<i>o</i>	F ₁	560	600	6,7	+2
	F ₂	1340	1380	2,9	+4
	F ₃	3080	2960	4,1	+3
	F ₄	3800	3900	2,6	+4
<i>ö</i>	F ₁	550	540	1,9	+5
	F ₂	1730	1770	2,3	+4
	F ₃	2900	2900	0	+5
	F ₄	3940	4040	2,5	+4
Medián					+4

3. táblázat:
Formánsértékek a 17-es számú beszélő esetén

Relatív eltérés (%)	Értékelés
0–1,99	+5
2–3,99	+4
4–5,99	+3
6–7,99	+2
8–9,99	+1
10–11,99	0
12–13,99	–1
14–15,99	–2
16–17,99	–3
18–19,99	–4
20–	–5

4. táblázat:

A relatív eltérést hangtechnikai értékeléssé konvertáló táblázat

Az eredményeket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az értékek 23 esetben (92%) nagyon magas valószínűségű azonosságot (+5, +4), 2 esetben (8%) pedig közepes mértékű valószínűségű azonosságot (+3) mutatnak.

BEA	Longi	Értékelés
B1	L1	4
B2	L2	4
B3	L3	4
B4	L4	4
B5	L5	4
B6	L6	4
B7	L7	3
B8	L8	4
B9	L9	4
B10	L10	4
B11	L11	3
B12	L12	5
B13	L13	5
B14	L14	5
B15	L15	4
B16	L16	4
B17	L17	4
B18	L18	5
B19	L19	5
B20	L20	4
B21	L21	4
B22	L22	4
B23	L23	4
B24	L24	4
B25	L25	5

5. táblázat:

A formánsértékek összehasonlításának szakértői értékelése

5. Következtetések

Az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált beszélők alapfrekvencia-értékeinek és formánsértékeinek 10 év után is megmaradhatnak az egyedi jellemzői, és többnyire sikeresen beazonosíthatók ezzel a technikával az azonos beszélők. A némely esetben (pl. a 6-os, 15-ös, 19-es beszélő alapfrekvencia-értékeinél) előforduló, téves különbözőségekre vezető megállapítás esetén láthatjuk, hogy egy másik vizsgálati módszer (formánsvizsgálatok) már a helyes eredményre vezet. Fontos megjegyezni, hogy az akusztikai fonetikai módszer részeredményeit komplexen kell értékelnünk, és természetesen a komplex értékelési mód vonatkozik a percepciók jellemzők és az automatikus beszélőazonosítók eredményeire is. Egy ez utóbbi részmodszertani elemmel végzett korábbi vizsgálat eredményei (Fejes et al. 2023) is azt mutatják, hogy ugyan csökkenő valószínűséggel, de még jól beazonosíthatók a kérdéses személyek 10 év elteltével.

Ezek az eredmények alátámasztják a beszélőazonosítási gyakorlatunk és a jelenlegi módszertanunk helyességét, és feltételezhetjük, hogy a nagy időkülönbséggel rögzített hanganyagok összehasonlítása és a beszélők azonosítása egy éles beszélőazonosítási feladat során is sikeresen elvégezhető.

1

● számú függelék

A kiválasztott mondatok listája

A nagymama specialitása kétséget kizáróan a barackbefőtt.

A tulipánágyások gyomlálásával ütötte el az időt.

Hétvégén a gyerekek a Bakonyba mennek kirándulni.

Betegség miatt maradt el a tegnap estére tervezett színházi előadás.

A gyöngyhalászok hosszú ideig képesek a víz alatt maradni.

A kalauz szigorúan ellenőrzi a menetjegyeket és az igazolványokat.

A magyar úrturista kalandjait az egész országban figyelték.

Nem lehetett teljes bizonyossággal megítélni a vádlott elmeállapotát.

Külföldi festményeket raboltak el tegnap egy vidéki galériából.

Megéri biztosítást kötni minden külföldi utazás előtt.

Szerencsétlenül alakultak az események a tegnapi tűszmentő akció során.

Nem lehet egyértelműen kijelenteni, hogy kinek volt igaza.

Több héten keresztül nem esett az eső, így a föld kiszáradt.

A minap önmagát kiáltotta ki a legnagyobb énekesnek a világon.

Nem kötött biztosítást, ezért kisebb vagyonba került a kórházi ellátás.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió támogatásával valósult meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében.

Irodalom

Bíró Péter – Balla Gábor – Fényes Péter – Kiss Attila László – Varga Zoltán – Fejes Attila 2020. 3/2020. *Módszertani levél a beszélőazonosítási vizsgálatokról*. Magyar Igazságügyi Szakértői Kamara, h. n.
<https://bit.ly/3YfOJjk> (Utolsó megtekintés: 2024. 09. 30.)

Cao, Honglin – Dellwo, Volker 2019. The role of the first five formants in three vowels of mandarin for forensic voice analysis. In: Calhoun, Sasha – Escudero, Paola – Tabain, Marija – Warren, Paul (eds.) *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019*. Australasian Speech Science and Technology Association Inc., Canberra, Australia. 617–621.

Drygajlo, Andrzej – Jessen, Michael – Gfroerer, Stefan – Wagner, Isolde – Vermeulen, Jos – Niemi, Tuija 2015. *Methodological Guidelines for Best Practice in Forensic Semiautomatic and Automatic Speaker Recognition including Guidance on the Conduct of Proficiency Testing and Collaborative Exercises*. European Network of Forensic Science Institutions (ENFSI), h. n.
<https://bit.ly/3U35vzU> (Utolsó megtekintés: 2024. 09. 30.)

ENFSI 2022. *Best Practice Manual for the Methodology of Forensic Speaker Comparison*. ENFSI-FSA-BPM-003. Version 01.
<https://bit.ly/4dKMIpo> (Utolsó megtekintés: 2024. 09. 30.)

Fejes Attila – Huszár Anna – Krepsz Valéria – Grácz Tekla Etelka 2023. Beszélőazonosítás 10 év különbséggel rögzített hangmintákon. In Grácz Tekla Etelka – Horváth Viktória – Juhász Kornélia – Kohári Anna – Krepsz Valéria – Mády Katalin (eds): *Speech Research conference / Beszédkutatás konferencia*. Hungarian Research Centre for Linguistics / Nyelvtudományi Kutatóközpont, Budapest. 37–39.
<https://bit.ly/4gZIBEs> (Utolsó megtekintés: 2024. 09. 30.)

Gósy Mária 2004. *Fonetika, a beszéd tudománya*.
Osiris Kiadó, Budapest.

Gósy Mária 2008. Magyar spontánbeszéd-adatbázis – BEA.
Beszédkutatás 2008. 194–207.

Gósy Mária – Bóna Judit 2014. Magánhangzók ejtése fiatalok
és idősek spontán beszédében. *Magyar Nyelv* 110. 129–143.
<https://real.mtak.hu/15379/1/GosyBona14-2.pdf>

Grácz Tekla Etelka – Krepsz Valéria – Huszár Anna 2021.
Egyéni variabilitás a beszédben. In Markó Alexandra
(szerk.): *Tanulmányok a beszédtudomány alkalmazásainak
köréből*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 201–225.

Jessen, Michael 2010. The forensic phonetician.
Forensic speaker identification by experts. In Coulthard,
Malcolm – Johnson, Alison (eds): *The Routledge handbook
of forensic linguistics*. Routledge, New York. 378–394.

Laziczus Gyula 1979. *Fonetika*. Tankönyvkiadó, Budapest.

McMenamin, Gerald R. 2002. *Forensic linguistics advances
in forensic stylistics*. CRC Press, Washington D.C.

Rose, Philip 2002. *Forensic speaker identification*.
Taylor & Francis, London.

Tatár Zoltán – Osztertag János – Morber Szilárd Krisztián 2019.
Technikai szakértői szakterület fejlődése a feladatok tükrében. *Belügyi
Szemle* 2019/1. 108–117.

Tatár Zoltán – Varga Zoltán – Főző Eszter 2021. Beszélőazonosítás
a kriminalisztikában. In Markó Alexandra (szerk.): *Tanulmányok
a beszédtudomány alkalmazásainak köréből*. ELTE Eötvös Kiadó,
Budapest. 229–250.

web1 = <https://acustek.com/en/>

Jegyzet

¹ A hivatkozott dokumentum a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézet Hangtechnikai Szakértői Laboratóriumában (HSZL) a beszélőazonosításra irányuló hangtechnikai szakértői vizsgálatok folyamatára vonatkozó szabályokat, előírásokat foglalja magában az alábbi hazai és nemzetközi ajánlásokat is figyelembe véve: Drygajlo et al. 2015; Bíró et al. 2020; ENFSI 2022.

Speaker identification for forensic purposes - 10 years apart

Among forensic speaker identification tasks, it might be requested to carry out a comparative analysis of a speaker's voice recorded 10 years ago and in the present. In the paper, the author outlines the theoretical and practical aspects of this type of tasks, based on the experts' experience in a series of measurements of fundamental frequency and formant structure. The measurement series carried out enables a comparative analysis of recordings of 25 individuals recorded 10 years earlier and recently. It can be concluded that the comparison of audio material recorded with a large time difference and the identification of speakers can be successfully performed in a real speaker identification task.



SZIM*fonia*



Automatikus beszélőprofil-készítés: életkorbecslés

TATÁR ZOLTÁN

Bevetés

Egy személy életkorának a beszéde alapján történő megbecslése régóta foglalkoztatja a kutatókat, és a kriminálisztikában is jelentőséggel bír. A tudományos és a gyakorlati megközelítés célja különböző, hiszen amíg a kutatók például azt vizsgálják, hogy milyen változások mennek végbe a beszédünkben az életkor előrehaladtával, milyen különbségek és hasonlóságok mutathatók ki a különböző életkorú személyek beszéde között, vagy hogy az életkor előrehaladását hogyan érzékeljük a beszéd alapján, addig a bűnüldözés területén egy ismeretlen beszélő életkorának minél pontosabb megbecslése a feladat a sikeres nyomozás érdekében. A gyakorlatban ezt elsősorban a nyomozók végzik, hiszen az életkor megbecslése is része lehet az elkövetői profil elkészítésének, ami meghatározza az ismeretlen elkövetővel szemben folytatott nyomozást. Előfordul azonban, hogy a nyomozó a beszélőprofil kialakításához segítséget kér más szakembertől. Magyarországon beszélői profilt

a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézet készít az igazságügyi szakértői tevékenysége keretében.

A beszélőprofil-készítés gyakorlata a tudományos kutatások eredményeire támaszkodik, és olyan eljárások összessége, amelyek a beszédből következtetnek a beszélőre jellemző csoportspecifikus jegyekre, melyek elsősorban a nem, az életkor, az iskolázottság és a származási hely. Ezen felül esetenként további sajátosságokra is fényt deríthet a vizsgálat, úgymint bizonyos fiziológiai-egészségi állapot (Müller 2007; Singh 2019), dohányzás, beszédhiba, a beszélők viszonya, lelki állapota stb. A profilkészítés multidiszciplináris szakterület: fonetikai, szociolingvisztikai, pszicholingvisztikai, gépi tanulós és kriminalisztikai ismereteket egyesít (Coulthard–Johnson szerk. 2010/2013; Ránki 2021). A profil egy valószínűségi megállapításokból álló, korpuszadatokra és mérési bizonytalanságokra támaszkodó összefoglaló, amely megjelöli a módszer korlátait és az eredmények általánosíthatóságát (IAFPA 2020; Humayun et al. 2024). Ezek a módszertani alapelvek azt mutatják, hogy az adatbázisok és az automatikus módszerek egyre nagyobb szerepet kapnak a beszélőprofil-készítésben.

A beszéd alapján készített profilnak nemzetközi kitekintésben három fő alkalmazási köre van.

1. Igazságügyi kontextusban szűkítheti a nyomozási fókusz (pl. középkorú férfi, középfokú végzettségű, köznyelvi kiejtéssel), illetve segítheti a nyelvi eredet meghatározását menekültügyi eljárásokban (Cambier-Langeveld 2010).
2. Ipari, technológiai környezetben a beszédfeldolgozó rendszerek (ASR, hangalapú UX) testreszabását, torzításcsökkentését támogatja (Schuller et al. 2010).

3. Klinikai és oktatási területen a beszédprodukción befolyásoló állapotok feltárásához vagy a nevelés, oktatás támogatásához szolgáltat háttértudást (Voleti et al. 2019).

Az IAFPA (International Association for Forensic Phonetics and Acoustics) *Etikai és módszertani kódexe* hangsúlyozza, hogy a szakértők nem készíthetnek pszichológiai profilt, és a megállapításokat kellően körülírt bizonytalansággal kell közölni (IAFPA 2020).

A beszélőprofil-készítés módszertana olyan alapkutatásokra és speciális vizsgálatokra támaszkodik, amelyek alapja a gépi osztályozás, illetve a humán értékítélet. A legpontosabban a beszélők neme határozható meg, és miután csak két nemet kell elkülöníteni, a gépi osztályozás nagy hatékonysággal alkalmazható (Meinedo et al. 2010; Schuller et al. 2010; Beke 2018).

Az életkor megállapítása terén a gépi tanulások kutatások négy- vagy többosztályos életkor-csoportokra érnek el 60–80% körüli pontosságot rövid (10 másodpercnél rövidebb) beszédrészleteken (Schuller et al. 2010). A percepció tesztekben a hallgatói életkorbecslések pontossága is ehhez hasonló (Gocsál 1998, 2017; Gósy 2001).

Az akcentus vizsgálata a leginkább nyelvspecifikus, de fontos látni, hogy ezen a területen is a gépi osztályozás és a korpuszalapú kutatások kapják a legnagyobb hangsúlyt (Brown et al. 2022; Humayun et al. 2024). A nehézséget sok esetben az okozza, hogy a nyelvjárási sajátosságok nem mindig tiszta formában, hanem keverten vannak jelen a beszélők idiolektusában, és ha interjút készítünk a tesztalanyokkal, akkor még az interjúnyelv is befolyásolhatja a vizsgálat eredményét (Cambier-Langeveld 2010).

Az iskolázottságbecslési kutatások ritkábbak, és nagyrészt percepciós vizsgálatokat tartalmaznak (Erofeeva 2021). Az automatikus osztályozás ennél a profiljegynél még megbízhatatlan (Singh 2019).

A profilkészítő a kutatási eredményekre és a saját szakmai tapasztalatára támaszkodva alakítja ki a módszertanát, amely az automatizált módszerek elterjedése mellett a legtöbb helyen még humán szakértőt igényel. Ehhez több alapelvi, módszertani ajánlásról olvashatunk, illetve sok esetben a szerzők figyelmeztetnek a problémákra, és óvatosságra intenek.

Például a beszélő neme megbízhatóan becsülhető rövid, közepes minőségű felvételtől is; az életkor csak csoportszinten (pl. fiatal, középkorú vagy idős) határozható meg, pontos életkorbecslésnél nagy a hibaszórás (Gocsál 2017; Schuller et al. 2010). Az akcentus, nyelvi háttér esetén a többnyelvű élettörténet, valamint a stílus- és regiszterváltás is megnehezíti a végkövetkeztetéseket (Brown et al. 2022; Cambier-Langeveld 2010; Humayun et al. 2024), vagyis például egy olyan beszélőt, akinek a kiejtése eltér a köznyelvitől – különösen a falusi környezetben még ma is intenzíven jelenlévő nyelvjárás esetében –, idősebbnek gondolhatunk a köznyelvi beszélőkhöz képest. Ez nem csak a percepciós vizsgálatok alapján igaz, hanem az automatikus életkorbecsléseknél is, ahol pedig a populációs adatbázis a meghatározó, ami általában köznyelvi beszélőket tartalmaz, ezáltal a hasonló nyelvhasználatú beszélők életkorát tudja a rendszer a legpontosabban megbecsülni. A beszélőnek minden ettől eltérő nyelvi sajátossága nehezíti a csoportbehatárolási vizsgálatokat és a pontos következtetéseket.

Mind az automatikus, mind a humán beszélőprofil-készítő eljárásoknak megvannak az előnyei. A humán fonetikai elemzés (artikulációs, prozódiai, dialektológiai jegyek kvalitatív-kvantitatív leírása) különösen értékes rövid, zajos felvételeken és ritka nyelvjárásoknál. Az automatikus módszerek (x - vagy i -vektor, wav2vec2, SVM/DNN) reprodukálhatóak, objektív eredményt adnak nagy mintákon, de érzékenyek a doméneltérésre (a beszélők életkora, idiolektusa, a kommunikációs helyzet, a téma, a felvétel minősége) még akkor is, ha azonos a beszélők neme és anyanyelve (Humayun et al. 2024; Schuller et al. 2010). Optimális stratégia a hibrid megközelítés: a humán előszűrést automatizált hipotézistesztelés követi, majd a szakértői interpretáció, ahol felhívjuk a figyelmet a bizonytalansági tényezőkre (IAFPA 2020; Morrison 2018).

Látható, hogy az automatikus módszertan a beszélőprofil-készítésben is egyre nagyobb teret nyer. Ezirányú kutatásainkat egy beszélőazonosításhoz használt alkalmazással, a Vocalise 2021-gyel (web1) kezdjük. Miután ezt a szoftvert nem beszélőprofil készítésére fejlesztették, a vizsgálatunk egy kísérlet abból a célból, hogy megtudjuk: ennek ellenére alkalmazható-e életkorbecslésre. A cél az, hogy a percepció életkormeghatározásnál hatékonyabb automatikus behatárolást érjünk el. Kétféle megközelítést alkalmazhatunk, az egyik, amikor korcsoportokat határozunk meg, és ezekbe soroljuk az ismeretlen beszélőket a becsült életkoruk szerint, a másik megközelítés az, hogy pontos életkort állapítunk meg, ezt összevetjük a beszélő tényleges életkorával, ezáltal meghatározzuk a tévedésünk mértékét években mérve.

Az első módszer hatékonyságát azzal tudjuk számszerűsíteni, hogy a beszélők hány százalékát sikerül besorolni

helyesen az életkoruknak megfelelő korcsoportba. Több kisebb-nagyobb korcsoportot állítunk fel, és a legjobb eredményt akkor várjuk, amikor tágabb életkori intervallumokba kell besorolni a beszélőket. Például a 40 év alattiak és a 40 év feletti korcsoportjába nagyobb százalékban tudjuk helyesen besorolni a beszélőket, mint amikor öt-éves korcsoportokkal dolgozunk (20–24 éves, 25–29 éves, 30–34 éves, 35–39 éves, 40–44 éves, 45–49 éves, 50–54 éves, 55–59 éves, 60 éves és idősebb).

A második módszernél a leggyengébb eredményt a pontos életkorbecslésnél várjuk, és minél nagyobb tévedési határokat állítunk fel (± 5 , ± 10 , ± 15 év), annál nagyobb százalékban helyesnek értékelhetjük az életkor meghatározását.

Ezt szem előtt tartva a hipotéziseink a következők:

1. Az öt éves (20–24, 25–29, 30–34, 35–39, 40–44, 45–49, 50–54, 55–59, 60 év és felette) korcsoportokba sorolás hatékonysága mintegy 50%-os.
2. A tízéves (20–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60 év és felette) korcsoportokba sorolás hatékonysága mintegy 60%-os.
3. A három korcsoportba sorolás hatékonysága (30 év alatt, 30–49 éves, 50 év és felette) mintegy 80%-os.
4. A két korcsoportba sorolásnak a hatékonysága mind a 30 év alatti/feletti, mind a 40 év alatti/feletti, mind az 50 év alatti/feletti beszélők esetében mintegy 90%-os.
5. A pontos életkor-meghatározás tévedése legfeljebb ± 10 év az esetek legalább 90%-ában.

Anyag, módszer, kísérleti személyek

530 beszélőtől származó összesen 1102 spontánbeszéd-min-tát tartalmazó hangfelvételt használtam fel a BEA (Beszél

Nyelvi Adatbázis; Gósy et al. 2012), a Longitudinális korpusz (Grácsi et al. 2020) és az NBSZ saját rögzítésű spontánbeszéd-adatbázisának az anyagából. A beszélők kiválasztásának szempontjai a következők voltak:

1. Az ún. MINTA adatbázishoz a BEA adatbázisból legalább 100 férfi és 100 nő hanganyagát, azon belül az interjúkat használtam fel. Amikor a felvétel hossza megengedte, akkor 3 perc időtartamú spontán beszédet vágtam ki a beszélőtől, lehetőség szerint a társalgás második feléből, amikor már vélhetően alább hagyott az interjúalany kezdeti feszültsége. A beszélgetés témája általában véleménykifejtés egy általános témában, például gyerekek, nyaralás, közlekedés vagy valamilyen aktuális közéleti hír kapcsán. A 3 perces időintervallum nem minden esetben állt rendelkezésre a beszélőtől, a hanganyagok hossza 1'13" és 4'56" között volt. Az életkori és a nemi osztályozáson kívül más sajátosságokat (pl. iskolázottság, dohányzás, testsúly) nem vettem figyelembe.
2. Az ún. TESZT adatbázishoz szintén legalább 100 férfi és 100 női beszélő hanganyagának felhasználása volt a cél. A Longitudinális korpuszból minden rendelkezésre álló beszélő hanganyagát igyekeztem felhasználni, mert jóval kisebb adatbázisból választhattam, valamint ugyanazoknak a beszélőknek a BEA-ban rendelkezésre álló interjúit használtam fel az összehasonlításokhoz. Az NBSZ-hanganyagok teszik ki a TESZT hanganyagok legnagyobb részét, ezek is a BEA-interjúkhoz hasonló spontán beszélgetések, és rendelkezésünkre állnak mikrofonos és telefonon keresztül rögzített beszédminták is. A TESZT hanganyagok hossza 1'55" és 5'36" közötti.

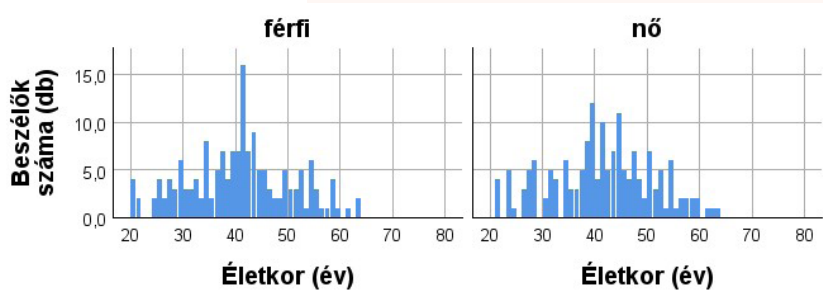
Az 1. táblázat mutatja, hogy melyik adatbázisból hány felvételt használtam a vizsgálatokhoz; azok férfitől vagy nőtől származnak-e; hogy mikrofonos vagy telefonon keresztül történt (GSM) beszélgetésekről van-e szó, továbbá azt, hogy hány TESZT hanganyagot használtam fel és hasonlítottam össze a MINTA adatbázis hanganyagaival. A BEA és a Longitudinális adatbázisban szereplő beszélők azonosak, a Longitudinális adatbázisban lévő hanganyagok 10 évvel később készültek, mint a BEA-ban lévők. Az NBSZ-adatbázisban a mikrofonos és a GSM-felvételek beszélői azonosak: a hanganyagok néhány hónap különbséggel készültek úgy, hogy a mikrofonos és az első GSM-felvételt egy időben rögzítettük, de két külön beszélgetés formájában, majd néhány hónappal később készült a második GSM-felvétel a beszélőkkel (ez a második hanganyag néhány beszélőnél hiányzik).

A MINTA adatbázisban szereplő beszélők nem szerepelnek a TESZT hanganyagokban.

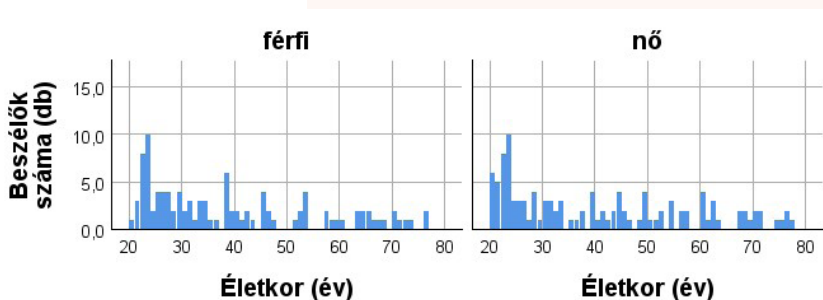
Adatbázis	A beszélő neme	A felvételi technika	
		Mikrofon	GSM
TESZT hanganyagok			
BEA	férfi	14	—
	nő	11	
Longitudinális	férfi	14	
	nő	11	
NBSZ	férfi	136	266
	nő	143	281
MINTA adatbázis			
BEA	férfi	109	—
	nő	117	

1. táblázat:
A felhasznált hanganyagok darabszáma

Az 1. és a 2. ábrán megfigyelhető életkor-eloszlásbeli különbségek az eredmények pontosságát hátrányosan érintik. Ha további kutatások lesznek indokoltak, akkor ezt a problémát újabb hangfelvételek bevonásával szükséges orvosolni.



1. ábra:
A TESZT hanganyagok életkori eloszlása



2. ábra:
Az életkor eloszlása a MINTA adatbázisban

A hanganyagok darabszámát ötéves életkori csoportokra lebontva a 2. táblázat tartalmazza.

	Öt éves életkori csoportok									
	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60+	
Teszt hanganyagok										
BEA, férfi	4	4	5	0	1	0	0	0	0	
BEA, nő	4	3	2	1	0	1	0	0	0	
Longitudinális, férfi	0	0	4	4	5	0	1	0	0	
Longitudinális, nő	0	0	4	3	2	1	0	1	0	
NBSZ, férfi, mikrofon	0	11	10	25	42	17	18	10	3	
NBSZ, nő, mikrofon	2	8	13	29	37	20	22	9	3	
NBSZ, férfi, GSM	0	21	19	48	83	33	36	20	6	
NBSZ, nő, GSM	4	16	24	57	73	40	44	17	6	
MINTA adatbázis										
BEA, férfi	28	18	12	10	6	7	7	4	17	
BEA, nő	32	12	11	8	10	8	7	4	25	

2. táblázat:
A felhasznált hanganyagok száma
öt éves korcsoportonkénti bontásban

A kísérlet során a beszélőket az alábbi korcsoportokba sorolom be:

- 5 éves intervallum: 20–24, 25–29, 30–34, 35–39, 40–44, 45–49, 50–54, 55–59 év, valamint 60 év és felette (60+).
- 10 éves intervallum: 20–29, 30–39, 40–49, 50–59 év, valamint 60 év és felette (60+).
- 3 korcsoport: 30 év alatt, 30–49 év, 50 év és felette (50+).
- 2–2 korcsoport: 30 év alatt és felett, 40 év alatt és felett, 50 év alatt és felett.

Pontos életkor: $\pm$ eltérés: 5/10/15 év.

A Vocalise alkalmazásban az x -vektoros beállítást alkalmaztam. A szoftver minden TESZT hanganyagot összevet a MINTA adatbázisban lévő összes hanganyaggal, és minden egyes összehasonlítás eredménye egy számérték, a *score*. Minél hasonlóbb a két beszélő hangja, annál nagyobb ez az érték. Feltételezésem szerint a hasonló életkorú beszélők értékei lesznek a legmagasabbak, vagyis például a TESZT hanganyagokból egy 32 éves férfi legmagasabb értékei a MINTA adatbázisban lévő 30–35 éves férfiak értékeihez lesznek a leghasonlóbbak, és ezt a 32 éves beszélőt például az 50 év feletti férfiakkal összevetve alacsonyabb értékeket ad a rendszer.

Az értékelést úgy végeztem el, hogy az összehasonlítás során kapott *score* értékek átlagát vettem korcsoportonként, és amelyik korcsoportban a legmagasabb volt ez az átlag, abba az életkori csoportba soroltam a beszélőt. Vegyük példaként a már említett 32 éves férfi hangmintáját. Ezt összehasonlítva a MINTA adatbázisban lévő 109 férfi hangfelvételével, a Vocalise 109 *score* értéket ad. Ha tízéves intervallumokba sorolom be a beszélőt, akkor a MINTA adat-

bázisban lévő 20–29 éves férfiakkal összehasonlítva kapott *score* értékek átlagát veszem, illetve a 30–39 éves férfiakkal összehasonlítva kapott *score* értékek átlagát, és így tovább. Amelyik korcsoport átlaga a legmagasabb, abba a korcsoportba sorolom a 32 éves TESZT beszélőt. Az ábrákon az összesített eredményeket mutatom be olyan formában, hogy a feltüntetett korcsoportba hány százalékban sorolta be a rendszer a TESZT beszélőket helyesen, illetve helytelenül. Így a rendszer hatékonysága százalékos formában határozható meg. Például: ha mindegyik 20–29 éves NBSZ férfi mikrofonos TESZT hanganyagot (azaz 11 fő felvételét) összehasonlítom a MINTA adatbázis minden beszélőjével, és a 11-ből 5 esetben a MINTA adatbázisban lévő 20–29 éves beszélőkkel való összehasonlításban kapott *score* értékek átlaga a legnagyobb a többi korcsoport átlagához képest, akkor 5 esetben helyes besorolást kapok, ami a 11-nek a 45%-a, tehát 45%-ban helyes az életkor meghatározása.

Amikor pontos életkort (tehát nem életkori intervallumot) határozok meg, akkor a 32 éves férfi TESZT hangmintáját összehasonlítva a MINTA adatbázisban lévő 109 férfival, annak a MINTA adatbázisban lévő személynek az életkorát veszem eredményül, akivel összehasonlításkor a legmagasabb *score* értéket kapom. Például: ha a 32 éves beszélő *score* értéke egy 45 éves férfival összehasonlítva a legmagasabb, akkor a 32 éves férfit 45 évesnek azonosította a rendszer. A kiértékelést úgy végzem el, hogy megállapítom, hogy hány évet téved a rendszer a TESZT beszélő valós életkorához képest. Például: ha a 136 db NBSZ férfi mikrofonos TESZT hanganyagot összehasonlítva a 109 db MINTA adatbázisban lévő férfi beszélővel azt az eredményt kapom, hogy a TESZT hanganyagbeli 32 éves személy a MINTA adatbázisban egy 32 éves személlyel összehasonlítva kapott *score* értéke a legmagasabb, akkor az életkorbecslés pontos. Ha

ilyen pontos meghatározásból csak ez az egy eset fordul elő, akkor a 136 beszélőnek ez a 0,7%-a. Ha kicsit téved a rendszer, és a 32 éves beszélőhöz egy 35 éves beszélő hasonlít a legjobban, akkor az a ± 5 év tévedés kategóriába sorolódik, és ha ilyenből van 12 db a 136 beszélőből, akkor azt állapítom meg, hogy a rendszer 8,8%-ban ± 5 évet tévedett, és így tovább minden tévedési kategóriában.

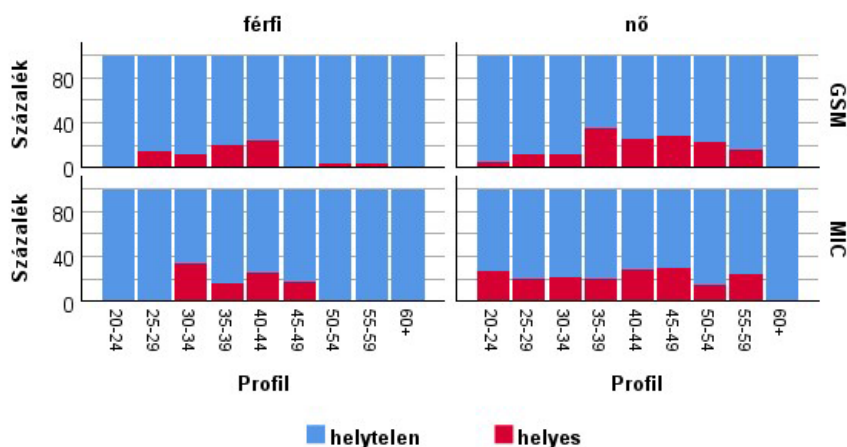
A hanganyagok sajátosságai lehetőséget biztosítanak arra, hogy olyan tényezőket is megvizsgáljak, amelyek befolyásolhatják az eredményeket. Például azt, hogy mikrofons felvételtől vagy GSM-vonalon keresztül rögzített hanganyagról van-e szó. Ez a kérdés az automatikus vizsgálatoknál mindig felmerül, ezért érdemes erre is kitérni a jelen kutatásban.

A másik tényező az életkor változásával jelentkező hang- és beszédbeli változások. A BEA és a Longitudinális adatbázis hanganyagait felhasználva vizsgálhatjuk ugyanazokat a beszélőket, és képet kaphatunk arról, hogy ezzel a módszerrel milyen hatékonysággal tudjuk ugyanannak a beszélőnek az életkorát megbecsülni 10 év korkülönbséggel. Arra voltam kíváncsi, hogy például egy BEA TESZT hanganyagból vett 26 éves férfi életkorát pontosabban meg tudjuk-e becsülni, mint ugyanennek a férfinak az életkorát a Longitudinális TESZT hanganyagból véve, amikor már 36 éves.

Az ábrákat az SPSS 26 statisztikai alkalmazással készítettem.

Eredmények

Az ötévenkénti korcsoportba sorolás eredményét a 3. ábra mutatja. Látható, hogy a helyes besorolás minden korcsoportban kisebb részt képvisel, mint a helytelen besorolás. Összességében a korcsoportba sorolás helyessége 18%-os. Leolvasható az ábráról, hogy sem a mikrofon vs. GSM, sem a férfi vs. nő viszonylatban nincs kiugró különbség.

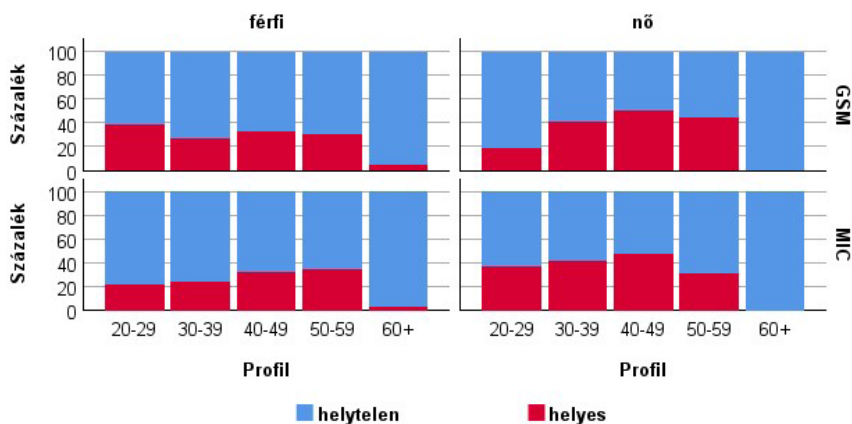


3. ábra:
A beszélők 5 éves intervallumokba sorolásának eredményei

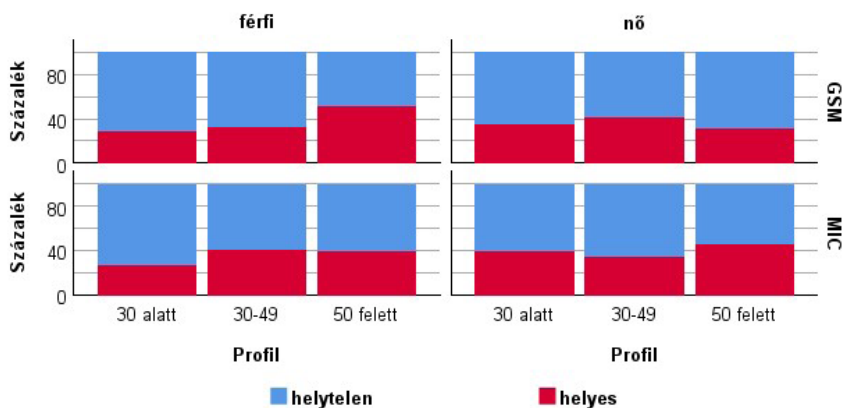
A 4. ábrán látható a beszélők 10 éves intervallumokba sorolása, amely azt mutatja, hogy a 3. ábrán látottakhoz képest a helyes életkor-besorolások aránya magasabb, de még mindig a helytelen besorolások vannak túlsúlyban. A rendszer hatékonysága összességében 34%, ami kismértékben magasabb, mint az 5 éves intervallumok esetében. Észrevehető különbség ebben az esetben sincs sem a mikrofon vs. GSM, sem a férfi vs. nő összehasonlításban.

Az 5. ábrán látható a beszélők 3 korcsoportba sorolása. Még

ebben a csoportosításban is a helytelen besorolások vannak többségben, a helyes besorolások mindössze 36%-ot képviselnek. A mikrofon vs. GSM és a férfi vs. nő relációban itt sincs különbség.



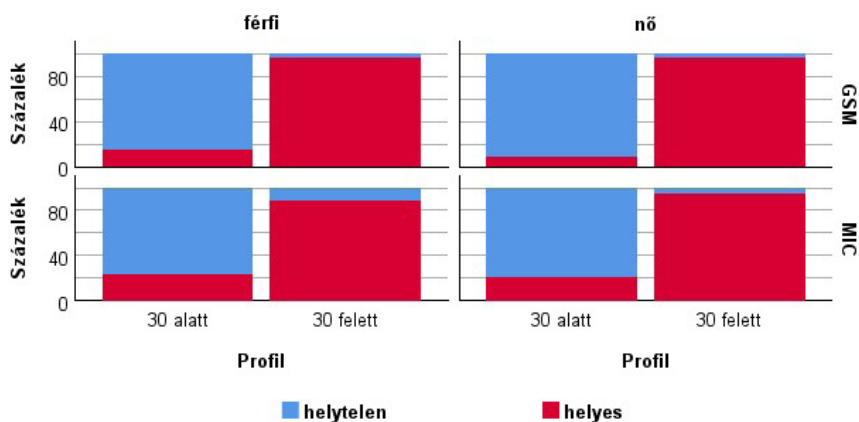
4. ábra:
A beszélők 10 éves intervallumokba sorolásának eredményei



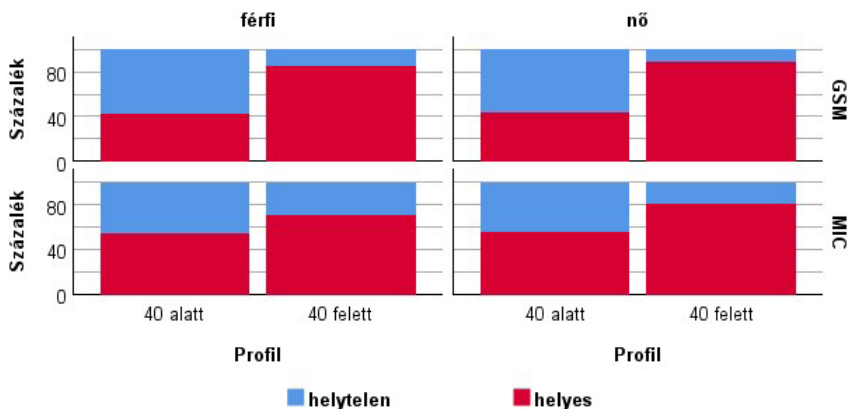
5. ábra:
A beszélők 3 korcsoportba sorolásának eredményei

A 6–8. ábrák mutatják a két korcsoportba való besorolás eredményeit. A helyes besorolások aránya a 30 év alatti/

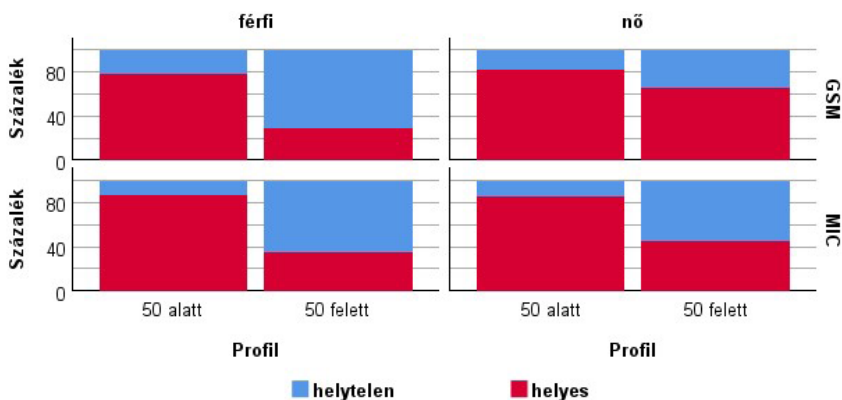
feletti elkülönítésben 53% (6. ábra), a 40 év alatti/feletti elkülönítésben 59% (7. ábra), az 50 év alatti/feletti elkülönítésben pedig 74% (8. ábra). Ezek a számok azt mutatják, hogy ezzel a módszerrel az 50 éves határ mentén tudjuk a legpontosabban elkülöníteni a beszélőket.



6. ábra:
A beszélők 2 korcsoportba sorolása 30 év alatt/felett



7. ábra:
A beszélők 2 korcsoportba sorolása 40 év alatt/felett

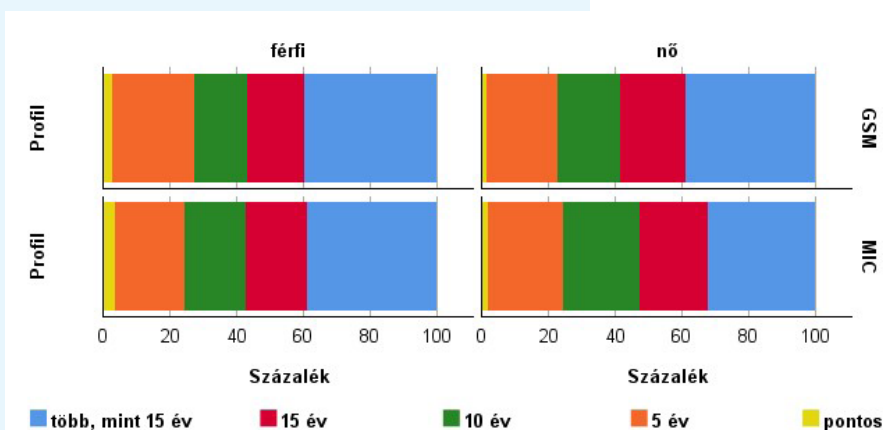


8. ábra:
A beszélők 2 korcsoportba sorolása 50 év alatt/felett

A felvétel típusa (mikrofon vs. GSM) és a beszélő neme (férfi vs. nő) egyik esetben sincs hatással az eredményre. Látható továbbá, hogy a helyes és helytelen besorolások a legtöbb grafikonon egyenletlenül oszlanak el a két csoport között, ami abból is adódhat, hogy a vizsgálati alanyok életkora nem egyenletesen oszlik el az adatbázisokban.

A 9. ábra a pontos életkor-besorolás eredményeit mutatja be. Ezzel a módszerrel 2,5%-ban becsültük meg a beszélők életkorát pontosan, az esetek 26%-ában legfeljebb 5 év, 44%-ában maximum 10 év tévedéssel, és 62%-os pontosságot ért el a rendszer 15 év tévedéssel. A felvétel típusa (mikrofon vs. GSM) és a beszélő neme (férfi vs. nő) ezúttal sem befolyásolták az eredményt.

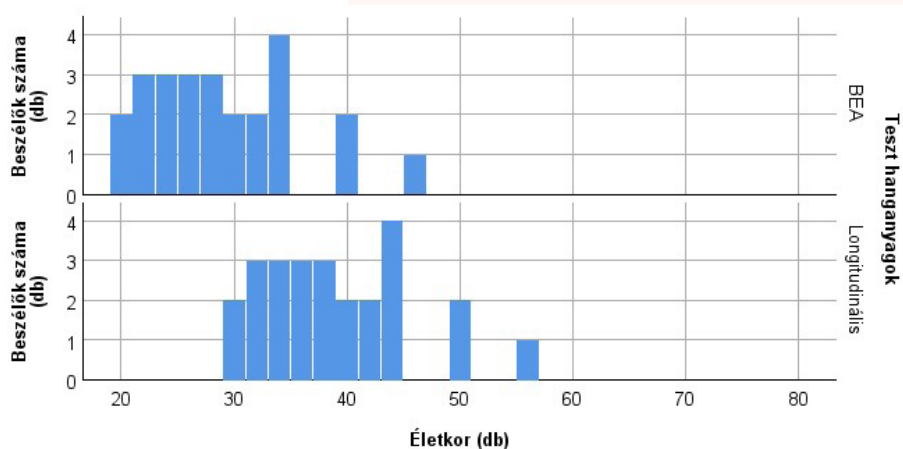
Minden fenti eredmény elmaradt a várakozásaimtól. Ezzel a módszerrel kevésbé hatékonyan működik az életkor meghatározása, mint a percepciós vizsgálatokkal, ahol a kutatók 60-70%-ban helyes életkorbecslést értek el (Gocsál 1998; Gósy 2004; Tatár 2013).



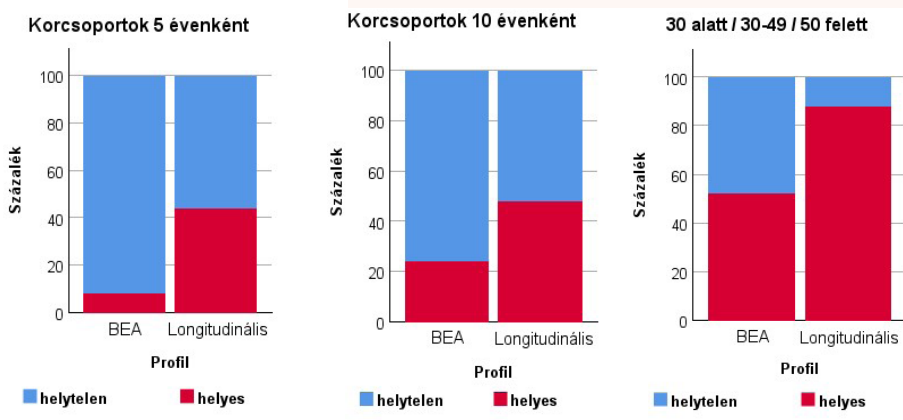
9. ábra:
Az életkor-meghatározás pontossága

A BEA-ban és a Longitudinális adatbázisban is szereplő beszélők felvételeinek összehasonlításával megvizsgálhatjuk, hogy a rendszer 10 év elteltével milyen hatékonysággal sorolja be ugyanazokat a beszélőket a helyes korcsoportba. A 10. ábra mutatja a TESZT beszélők életkori megoszlását a BEA-ban és a Longitudinális adatbázisban: az előbbiben 20 és 46 év között volt a kiválasztott beszélők életkora, az utóbbiban pedig 30–56 év között.

A 11. ábrán látható az életkor meghatározásának hatékonysága a BEA és a Longitudinális adatbázis összehasonlításában. Egyértelmű különbség látszik a grafikonokon, miszerint a beszélők 10 évvel későbbi, a Longitudinális adatbázisban lévő hanganyagait nagyobb százalékban tudtuk a helyes korcsoportba sorolni. Ez az eredmény tehát azt jelenti, hogy egy beszélőnek az életkorát pontatlanabban tudjuk megbecsülni ezzel a módszerrel akkor, amikor például 25 éves, mint akkor, amikor már 35 éves.



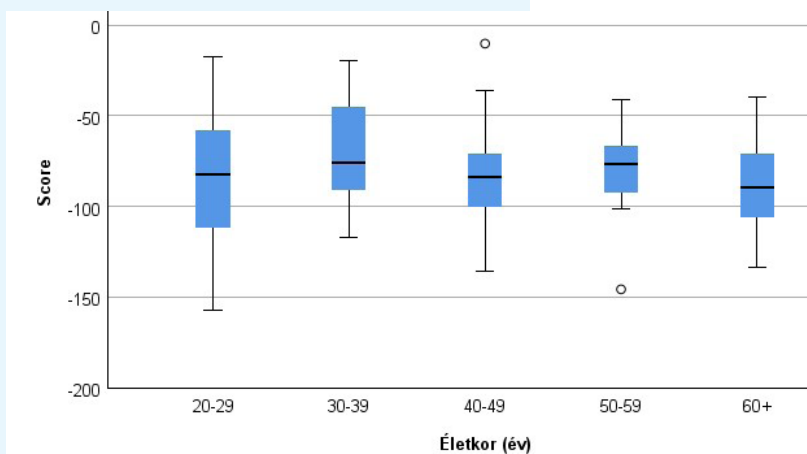
10. ábra:
A BEA-ban és a Longitudinális adatbázisban szereplő beszélők életkori megoszlása



11. ábra:
A BEA-ban és a Longitudinális adatbázisban is szereplő beszélők besorolása 5 és 10 évenkénti korcsoportokba, illetve 3 csoportba

Annak megállapítása érdekében, hogy mi lehet ennek az oka, megvizsgáltam a Vocalise összehasonlításával keletkező *score* értékeket az egyes beszélőknél. A 12. és 13.

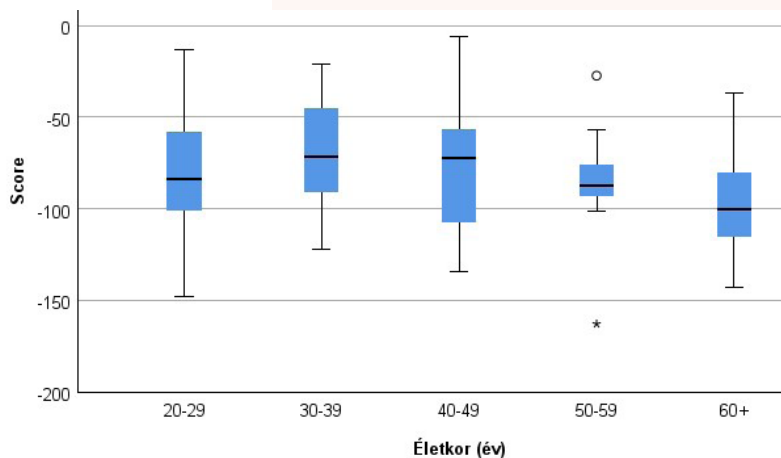
ábrán egyetlen beszélő, a 004-es tesztalany életkorának megállapításáról láthatunk dobozdiagramokat. Az ábrákon a vízszintes tengelyen a MINTA adatbázisban lévő beszélők életkora látható 10 éves intervallumokban, a függőleges tengelyen az összehasonlítás *score* értékei. Megfigyelhető, hogy mind a két ábrán a 30–39 éves korcsoportban a legmagasabb a *score* átlag, vagyis mindkét esetben a 30–39 éves korcsoportba soroltuk ezzel a módszerrel a tesztalanyt. Ez a személy a BEA adatbázis rögzítésekor 25 éves volt, ezért tévedett a rendszer, a Longitudinális adatbázis felvételekor 35 éves volt, ezért akkor helyes eredményt adott.



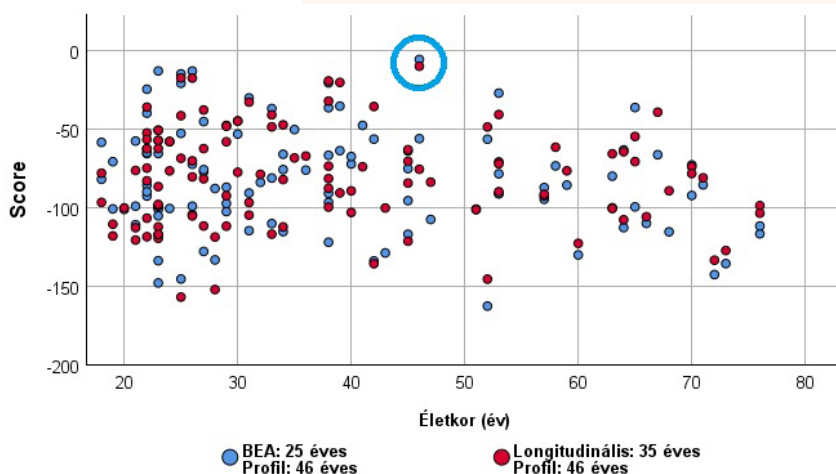
12. ábra:
004-es beszélő: 25 éves (BEA), a profil szerint 30–39 éves

Az életkor-meghatározásbeli következetlenséget megfigyelhetjük a 14. ábrán is, ahol a 004-es tesztalany pontos életkor-meghatározását elemezhetjük. A vízszintes tengelyen itt is a MINTA adatbázis beszélőinek életkori skáláját láthatjuk évenkénti felosztásban. A piros és kék pontok mutatják a BEA-ban és a Longitudinális adatbázisban szereplő tesztalanynak a MINTA adatbázis beszélőivel történő összehasonlításból származó *score* értékeit. Az ábráról leolvasható, hogy

a legmagasabb *score* mind a két esetben egy 46 éves beszélővel való összehasonlítás eredményeképpen mutatkozik. Ezt a két adatpontot bekarikázással jelöltem. Ez alapján arra következtethetünk, hogy nem az életkor számít a szoftver számára, hanem egyéb, a beszélőre jellemző egyedi sajátosságok.



13. ábra:
004-es beszélő: 35 éves (Longitudinális), a profil szerint 30-39 éves



14. ábra:
004-es beszélő: pontos életkor-meghatározás

Összegzés, következtetések

A Vocalise szoftverrel végzett automatikus életkor-meghatározás eredményei nem érték el azt a hatékonysági szintet, amelyet a percepció és más automatikus rendszerek vizsgálatai alapján ismerhetünk. A módszerünk logikusan működött abban a tekintetben, hogy a szűkebb csoportokba sorolás gyengébb eredményt adott a szélesebb korcsoportok besorolásához képest, tehát a legkevésbé pontos módszer az 5 éves korcsoportokba sorolás volt, a leghatékonyabb pedig a két korcsoportba sorolás lett. A pontos életkor-meghatározás eredménye is elmaradt a várakozásoktól. A két korcsoportos vizsgálati módszerrel látszólag el tudjuk érni azt, hogy egy ismeretlen beszélőről nagyfokú bizonyossággal meg tudjuk állapítani, hogy nem 50 év feletti, vagy hogy nem 30 év alatti. Az összesített eredményt a 3. táblázatban gyűjtöttem össze, ahol jeleztem az elvárt eredményt is.

	Eredmény (%)	Elvárás (%)
5 éves korcsoportok	18	50
10 éves korcsoportok	34	60
3 korcsoport	36	80
2 korcsoport a 30 év alatt/felett, a 40 év alatt/felett és az 50 év alatt/felett esetében	62	90
az 50 év feletti kizárása	83	nem volt
a 30 év alattiak kizárása	97	
Pontos (± 10 év)	44	90

3. táblázat:
A vizsgálat eredményei

A gyenge eredmény oka minden bizonnyal az, hogy a Vocalise alkalmazást beszélőazonosításra fejlesztették ki, és a jelen vizsgálatban alkalmazott módszerrel csak jelentős korlátozásokkal lehetne életkor meghatározására alkalmazni.

A profilkészítésben az automatikus módszer előnye a gyorsaság és a pontosság lenne. Az automatikus életkor-meghatározás további fejlesztési irányát egy új vizsgálati módszer kidolgozásában látom, amely egy hatékony célszoftver segítségével valósulhat meg.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFIH az FK128814-es és az Európai Unió az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében támogatta.

Irodalom

Beke András 2018. Kriminalisztikai alapú beszélőprofil-alkotás. In Vincze Veronika (szerk.): *XIV. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia (MSZNY 2018)*. Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged. 231–244.

<https://real.mtak.hu/86817/1/bekemszny.pdf>

Brown, Georgina – Franco-Pedroso, Javier – González-Rodríguez, Joaquín 2022. A segmentally informed solution to automatic accent classification and its advantages to forensic applications. *International Journal of Speech, Language and the Law* 28/2. 201–232.

<https://utppublishing.com/doi/10.1558/ijssl.20446>

Cambier-Langeveld, Tina 2010. The role of linguists and native speakers in language analysis for the determination of speaker origin. *International Journal of Speech, Language and the Law* 17/1. 67–93.

Coulthard, Malcolm – Johnson, Alison (eds.) 2010/2013. *The Routledge Handbook of Forensic Linguistics*. Routledge, London.

Erofeeva, Elena Valentinovna – Leshchenko, Yuliya Efimovna – Likhanova, Leonidovna Ulyana 2021. Accent In Speech Of Bilinguals And Identification Of Their Education Level. In Bataev, Dena Karim-Sultanovich et al. (eds): *Knowledge, Man and Civilization – ISCKMC 2020*. European Proceedings of Social and

Behavioural Sciences 107. London. 472–480.
<https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.05.64>

Gocsál Ákos 1998. Életkorbecslés a beszélő hangja alapján.
Beszéd kutatás '98. 122–134.

Gocsál Ákos 2017. Az artikulációs tempó és az átlagos alaphang szerepe a beszélő életkorának megbecslésében. *Beszéd kutatás* 2017. 151–167.

Gósy Mária 2001. A testalkat és az életkor becslése a beszéd alapján. *Magyar Nyelvőr* 125. 137–148.

Gósy Mária 2004. *Fonetika, a beszéd tudománya*. Osiris Kiadó, Budapest.

Gósy Mária – Gyarmathy Dorottya – Horváth Viktória – Grácsi Tekla Etelka – Beke András – Neuberger Tilda – Nikléczy Péter 2012. BEA: Beszélt nyelvi adatbázis. In Gósy Mária (szerk.): *Beszéd, adatbázis, kutatások*. Akadémiai kiadó, Budapest. 9–25.

Grácsi Tekla Etelka – Huszár Anna – Krepsz Valéria – Száraz Bettina – Damásdi Nóra – Markó Alexandra 2020. Longitudinális korpusz magyar felnőtt adatközlőkről. In Berend Gábor – Gosztolya Gábor – Vincze Veronika (szerk.): *XVI. Magyar Számítógépes Nyelvészeti Konferencia*. Szegedi Tudományegyetem Informatikai Intézet, Szeged. 103–114.

Humayun, Mohammad Ali – Shuja, Junaid – Abas, Pg Emeroylariffion 2024. A review of social background profiling of speakers from speech accents. *PeerJ Computer Science* 10:e1984.
<https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1984>

IAFPA 2020. *Code of Practice – IAFPA*.
<https://www.iafpa.net/about/code-of-practice/>
(Utolsó megtekintés: 2025. 11. 04.)

Meinedo, Hugo – Trancoso, Isabel – Mamede, Nuno 2010. Age and Gender Classification using Fusion of Acoustic and Prosodic Features. In: *INTERSPEECH 2010*.
<https://doi.org/10.21437/Interspeech.2010-745>

Morrison, Geoffrey S. 2018. Admissibility of forensic voice comparison. testimony in England and Wales. *Criminal Law Review* 1. 20–30. Reproduced on the author's website

http://geoff-morrison.net/#Admissibility_EW_1018 by agreement with the publisher.

Müller, Christian (ed.) 2007. *Speaker Classification I: Fundamentals, Features, and Methods*. Springer, Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74200-5>

Ránki Sára 2021. Nyelvi profilalkotás. *Belügyi Szemle* 69/12. 2155–2166. <https://doi.org/10.38146/BSZ.2021.12.6>

Schuller, Björn – Steidl, Stefan – Batliner, Anton – Burkhardt, Felix – Devillers, Laurence – Müller, Christian – Narayanan, Shrikanth S. 2010. The INTERSPEECH 2010 Paralinguistic Challenge. In: *INTERSPEECH 2010*. 2794–2797. <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2010-739>

Singh, Rita 2019. *Profiling Humans from their Voice*. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8403-5>

Tatár Zoltán 2013. Beszélőprofil-alkotás lehetőségei a kriminalisztikai fonetikában. *Alkalmazott Nyelvtudomány* XIII/1–2. 121–130.

Voleti, Rohit – Liss, Julie M. – Berisha, Visar 2019. A Review of Automated Speech and Language Features for Assessment of Cognitive and Tuff Disorders. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing* 14/2. 282–298. <https://doi.org/10.1109/jstsp.2019.2952087>

web1 = Vocalise 2021. Vocalise | Oxford Wave Research. <http://oxfordwaveresearch.com/products/vocalise/>
(Utolsó megtekintés: 2025. 11. 04.)



Automatic Speaker Profiling

In the field of automatic speaker profiling, automated analysis methods are gaining increasing prominence. The present study, conducted with the Vocalise software, represents the first stage of our methodological developments in this direction. The aim was to achieve more effective age estimation than is possible with perceptual speaker profiling. The results revealed that neither the recording channel (microphone vs. GSM) nor the speaker's gender (male vs. female) affected the outcomes. However, the analysis of speech samples recorded with a ten-year interval showed inconsistencies attributable to the operational characteristics of Vocalise as a speaker identification tool. Since the software was designed to evaluate the degree of similarity between speakers, it can only be applied to age estimation with significant limitations. The future direction of automatic age estimation lies in the development of a novel method, which may be realized through the use of a dedicated, purpose-built software solution.

SZIM*fonia*



A modern közúti közlekedés járműveinek szakértői vizsgálata módszertanának kialakítása és annak alkalmazási lehetőségei

RÉPÁS JÓZSEF*

Bevetés

Az intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transportation Systems – ITS) a kommunikációs, elektronikai és információs technológiák integrált alkalmazásával járulnak hozzá a közlekedési hálózatok tervezéséhez, üzemeltetéséhez és irányításához. A fejlettebb integráció révén a közlekedés hatékonyabbá, biztonságosabbá és környezetkímélőbbé válik. A járműveknek a közlekedési infrastruktúrával való összekapcsolása révén nagy mennyiségű információ áll rendelkezésre a közlekedés résztvevőiről mind a jármű, mind a közlekedési rendszerek oldalán (a jármű-jármű, jármű-infrastruktúra, infrastruktúra-infrastruktúra összekapcsolásának eredményeként). Ezek az információk a digitális forenzikus vizsgálatok lehetőségeit a modern járművek széles körű elterjedésével tovább bővítik. A hálózatba kapcsolt járművek (pl. egymással, a közlekedési rendszerrel, a felhasználó mobil eszközeivel), azok különböző elektronikus vezérlőegy-

ségei (ECU), az infotainment rendszer, az E-call rendszer, az eseményadat-rögzítő, az utángyártott eszközök bőséges adatforrást jelentenek a szakértői vizsgálatok elvégzéséhez. Legyen szó a baleset körülményeinek kivizsgálásáról, a biztosítási esetek vagy egyéb polgári vagy büntető eljárások kapcsolódó vizsgálatáról. Bűncselekmények szinte bárhol, bármikor megtörténhetnek, az esetek egy részében közúti járművek részvételével. A jármű tartalmazhat bizonyítékot valamilyen elektronikus adat formájában, emellett lehet egy (kiber)támadás célpontja vagy maga a bűncselekmény elkövetésének eszköze is (web1; Répás 2024a).

A szakértői vizsgálatok hozzájárulnak a jármű korábbi helyzetének, vezetőjének, utasainak kiléte feltárásához, műszaki állapotának, beállításainak elemzéséhez. A járművek egymás közötti és az infrastruktúra, közlekedési rendszerek közötti adat- vagy információcsere révén új információk állnak rendelkezésre többek között a szakértői vizsgálatot végzők számára is. A jelen tanulmányban a járművekben keletkező, továbbított, feldolgozott, tárolt digitális nyomok és azok forrásai kerülnek meghatározásra, figyelembe véve a szakértői vizsgálatokhoz kapcsolódó kihívásokat és szükséges szakértői ismereteket.

Az intelligens közlekedési rendszerek és a modern járművek

Az ITS-ek az EU 2010/40/EU számú irányelve (web1) alapján „olyan rendszerek, amelyekben információs és kommunikációs technológiákat alkalmaznak a közúti közlekedés területén, beleértve az infrastruktúrát, a járműveket és a felhasználókat is, a forgalomirányításban és a mobi-

litás kezelésében, valamint a más közlekedési módokhoz való kapcsolódási pontok vonatkozásában”. Az egyre inkább önvezetővé váló modern járművek az egymás közötti, valamint a pálya- és környezeti elemekkel kialakított kommunikáció során nagy mennyiségű információt gyűjtenek, dolgoznak fel vagy továbbítanak, telematikai rendszerük segítségével. „A telematika egy mesterségesen alkotott fogalom, a telekommunikáció és az informatika szavak összetételével képezhető” (Csiszár é. n.: 1). Egy „olyan multidiszciplináris terület, amely a telekommunikációt, a járműtechnológiát, a közúti szállítást, a közlekedésbiztonságot, az elektrotechnikát, a multimédiát, illetve a vezetékes és internetes technológiákat öleli fel” (web2). Segítségével a közlekedési információk küldése, fogadása és tárolása valósítható meg telekommunikációs eszközök által, például távirányítás, járműkövetés céljából. Emellett a mozgó járművek irányítása megvalósíthatóvá válik a telekommunikációs eszközök és az informatika integrált alkalmazásával, ami a kooperatív közlekedési rendszerek és az autonóm járművek tekintetében nélkülözhetetlen. A járműtelematika realizálja a navigáció, a mobil vagy vezetéki nélküli biztonsági kommunikáció, az ADAS (Advanced Driver-Assistance System), vagyis a fejlett vezetéstámogató rendszerek járművekben való alkalmazását, ami az önvezető járművek környezetükben való elhelyezését, elhelyezkedését teszi lehetővé (web2). Ezen támogató rendszerek (pl. ABS, adaptív tempomat, sávtartó asz-szisztens) a járművekben, azok környezetének felmérése alapján önállóan hoznak döntéseket, és szükség szerint a vezető tudta nélkül módosítják a jármű egyes beállításait. Ezzel csökkenthetik a kritikus járműállapotok és helyzetek kialakulását, javítva a jármű hatékonyságát és csökkentve a járművezetőt érő terhelést (Gáspár et al. 2019). Vagyis funkcionális biztonságot alakítunk ki annak érde-

kében, hogy a járművet olyan állapotban tarthassuk, hogy a jármű működése, a vezető és az utasok védelme a lehető legmagasabb szinten legyen biztosítva. Más szavakkal „a funkcionális biztonság azt a törekvést jelenti, amely során a jármű alapvető funkcióinak hibáit megakadályozzuk az utasok biztonsága érdekében” (Tokody et al. 2018: 74).

Gáspár Péter és szerzőtársai (2019) *Járműirányítás* című könyvükben már megállapítják, hogy „az önvezető járművek alkalmazása csökkentheti a balesetek számát és növelheti a közúti közlekedés hatékonyságát. Azonban a változás bizonyosan egy elhúzódó folyamat lesz, ami azt eredményezi, hogy az automatizált járművek kezdetben drágák lesznek.”¹ Ez a folyamat továbbra is húzódik, a valós környezetben történő gyártói tesztek, a több milliós önvezető autóval megtett kilométerek ellenére a valódi önvezetés széles körű elterjedésére még 5-10 évet várni kell, figyelembe véve annak társadalmi elfogadottságának kérdéseit is (Katona 2023).

A járműipar folyamatos fejlődése megjelenik például a hajtásláncoknál, ahol az alternatív megoldások (hibrid és elektromos hajtások) terjednek el egyre szélesebb körben, valamint a vezetéstámogató rendszerek területén, ahol a végső cél az, hogy az utakon teljesen automatizált járművek közlekedjenek (Gáspár et al. 2019). A járművek automatizáltságának szintjei az 1. ábrán láthatóak a Society of Automotive Engineers (SAE) által meghatározott módon.

A VEZETÉSAUTOMATIZÁLÁS SZINTJEI A SAE J3016 SZERINT

Bővebb információ: sae.org/standards/content/j3016_202104

Copyright © 2021 SAE International. A táblázat angol eredetűjét a SAE International készítette. Fordítás: Villanyautosok.hu

SAE 0. SZINT	SAE 1. SZINT	SAE 2. SZINT	SAE 3. SZINT	SAE 4. SZINT	SAE 5. SZINT
Mit csinál a humán sofőr a vezetőtűlésben?					
Minden esetben a sofőr vezet, amikor ezek a vezetőtámogató szolgáltatások aktívak, még akkor is, ha a sofőr lába nincs a pedálok, illetve nem kell kormányoznia.					
A sofőrnek folyamatosan felügyelnie kell ezeket a vezetőtámogató szolgáltatásokat. A biztonság érdekében szükség esetén a sofőrnek kormányoznia, fékeznie vagy gyorsítania kell.					
Amikor a szolgáltatás kéri át kell vevie a vezetést.			Ezek az automatizált vezetés szolgáltatások egyáltalán nem igénylik, hogy a sofőr átvegye az irányítást.		

EZEK VEZETŐTÁMOGATÓ SZOLGÁLTATÁSOK

EZEK AUTOMATIZÁLT VEZETÉS SZOLGÁLTATÁSOK

Mit csinálnak ezek a funkciók?	Ezek a funkciók csupán figyelmeztetést és pillanatnyi asszisztenciát nyújtanak a sofőrnek.	Ezek a funkciók kormányzás VAGY fékezés/gyorsítás támogatást biztosítanak a sofőrnek.	Ezek a funkciók korlátozottan, előre meghatározott helyzetekben képesek vezetni az autót, és nem működnek, amennyiben nem teljesül minden feltétel.	Ez a funkció minden helyzetben képes vezetni az autót.
	Automatikus vészfékezés • sávellhagyás figyelmeztetés	• sávközépen tartás vagy • adaptív tempomat	• automatizált vezetés forgalmi dugóban	• vezető nélküli helyi taxi • a pedálok és a kormány nem feltétlen szükségesek
	Példák ezekre a funkciókra			azonos a 4. szinttel, de ez a funkció mindenképp képes vezetni minden körülmény esetén

1. ábra:
Az automatizálás szintjei (web3)

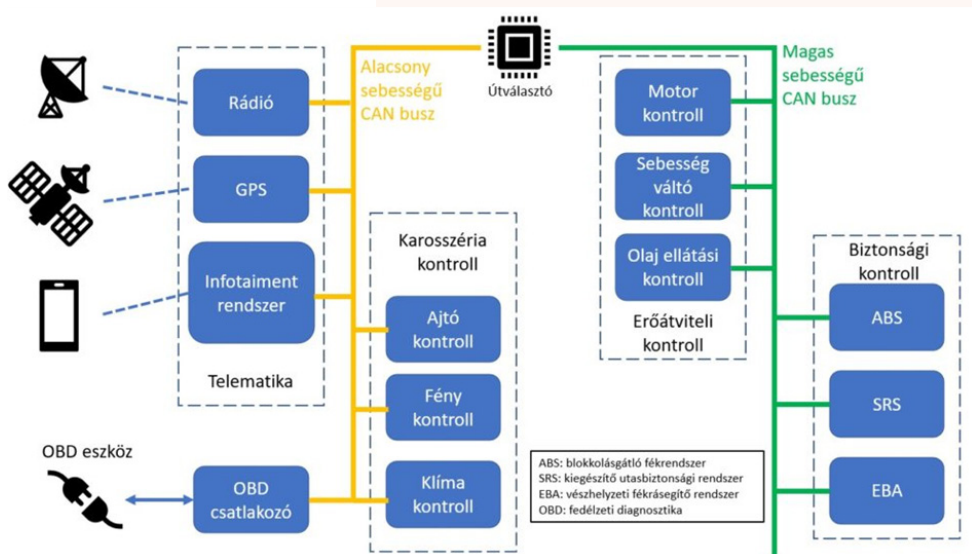
„A technológiai fejlődés – mindenekelőtt az összekapcsoltság és az automatizálás terén – új lehetőségeket teremt az emberi tényező kiiktatására és ellensúlyozására, a vezető nélküli járművekre való átváltás pedig hosszú távon nagyobb biztonságot eredményez a közlekedésben résztvevők számára. Az átmeneti időszakban azonban új kockázatok jelennek meg, amelyek részben a nagymértékben automatizált járművek vegyes forgalomban való működésével, részben pedig a vezető és a jármű közötti összetett interakcióval (ember-gép felület), valamint a kiberbiztonsági kérdésekkel kapcsolatosak” (web4).

A modern járművek elektronikus vezérlő egységei és kommunikációja

A járművekben is egyre jobban elmosódnak a határok az egyes információkezelési műveletek és az azokat megvalósító hardverelemek típusai között. Egy-egy vezérlőegység mind több művelet elvégzésére képes, vagyis megjelent a funkcionális integráció, illetve a kommunikációs költségek csökkenése és a technológia gyors fejlődése (a lefedettség és a sáv szélesség emelkedik) elősegíti a kommunikációs műveletek túlsúlyát az adatfeldolgozási, számítási műveletekkel szemben.

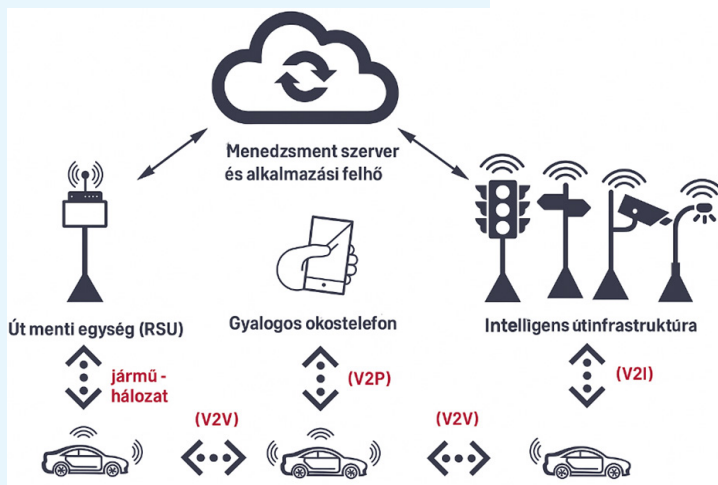
Az infotainment-rendszerek és az elektronikus vezérlő egységek (Electronic Control Unit – ECU) fejlődésével, teljesítményük növekedésével az általuk tárolt historikus adatok értéke a szakértői vizsgálatok során a bizonyítékok gyűjtése, feldolgozása és elemzése szempontjából is növekszik. A vezérlőegységek például a motorelektronika, a külső kommunikáció, a sebességváltó, a világítás, az elektromos

zár, a légszák, a járműalkalmazások működéséért felelősek. Jellemzően 50–100 ECU-t tartalmaznak a modern járművek, melyek adatai akár központosított formában is elérhetőek lehetnek. A vezérlők a járművön belül különféle kommunikációs csatornákon keresztül kapcsolódnak össze (2. ábra). Az autóipar általánosan elfogadott kommunikációs szabványa a CAN (Controller Area Network) protokoll, emellett a LIN (Local Interconnect Network), a FlexRay és az Automotive Ethernet is megjelent, melyek az egyre gyorsabb és biztonságosabb kommunikációt hivatottak megvalósítani. A modern autóipari hálózatok a LIN-t használják az alacsony költségű, elsősorban a karosszériaelektronikában, a CAN-t az általános kommunikációhoz (pl. hajtáslánc és karosszéria közötti kommunikáció), az egyre inkább elterjedő FlexRay-t vagy Automotive Ethernetet pedig a nagy sebességű szinkronizált kommunikációhoz veszik igénybe. Multimédia-tartalmak, jelek átvitele az A2B és a MOST protokollok alkalmazásával is történik.



2. ábra:
Járműkommunikációs megoldások (Katona 2022: 1. ábra)

Az ITS-ek szempontjából kiemelten fontos távközlési és adatátviteli technikák a V2X, azaz Vehicle to Everything megoldások, melyek a járművek közötti (Vehicle-to-Vehicle – V2V) és a járműinfrastruktúra-hálózatok (Vehicle-to-Infrastructure – V2I) és egyéb résztvevők közötti gyors és biztonságos kommunikációt biztosítják (3. ábra).

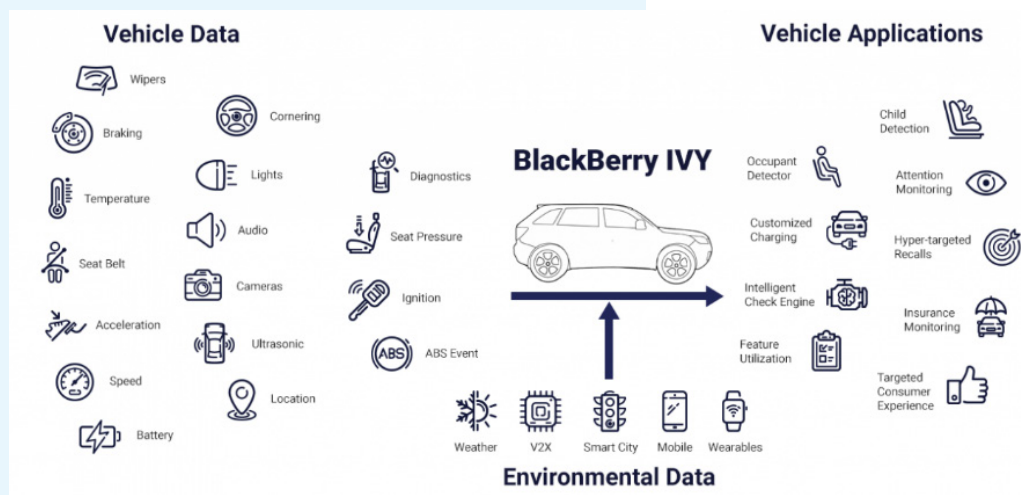


3. ábra:
V2X kommunikációs megoldások
(Aziz et al. 2021: 2, Figure 1 alapján)

A V2V kommunikáció segítségével megszerezhetőek például a járművek sebesség- és pozícióinformációi a balesetek és forgalmi torlódások megelőzése érdekében. A V2I kommunikáció során a jármű által – közlekedés közben – gyűjtött adatok kerülnek továbbításra az infrastruktúra irányában. A Vehicle-to-Cloud (V2C), vagyis a jármű-felhő közötti kommunikáció olyan információcserét biztosít, amely például a gyártói támogatást, a töltőinfrastruktúra elérését, az okos megoldások használatát segíti. A Vehicle-to-Pedestrian (V2P), vagyis a jármű-gyalogos közötti kommunikáció lehetővé teszi a járókelők biztonságának

növelését, a gyalogos mobileszközével való kommunikáció során jelezhető a gyalogos számára az adott közlekedési helyzet (Tokody et al. 2018).

A Dedicated Short-Range Communications (DSRC) volt az első elérhető V2X technológia, melyet korábban széles körben alkalmaztak például Ausztria és Németország közútjain. A DSRC WiFi-szabványon alapuló (IEEE 802.11p) kommunikációs megoldás, a Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) pedig 4G/5G-alapú mobilkommunikációs megoldás. Mindkét megoldás alapvetően ugyanazt a célt szolgálja: javítani a közúti biztonságot és az utazás hatékonyságát gyors és biztonságos adatkommunikációval, valamint alacsony késleltetést biztosítani 5,9 GHz-es frekvenciasávot felhasználva, rövid hatótávolságú adatküldéssel. A két megoldás nem átjárható, a gyártók jellemzően az utóbbi használatát preferálják. A C-V2X mobilkommunikációs technológiát is alkalmaz az 5,9 GHz-es frekvenciasáv mellett, a DSRC megközelítőleg 1 km-es hatótávolsága ezáltal tovább növelhető. A DSRC dedikált és szabványosított megoldást nyújt, alacsony késleltetéssel, azonban további infrastruktúra kiépítését igényli, míg a C-V2X a már meglévő mobilkommunikációs hálózatokat is képes használni, de valamivel nagyobb késleltetéssel működhet (web5; web6; web7; Gáspár et al. 2019). A járművek különböző kommunikációs csatornákon keresztül olyan adatokat forgalmaznak, melyek egy része vagy egésze a különböző vezérlőegységekben is megtalálható (4. ábra).



4. ábra:
Az intelligens járművek adatai, vezérlőegységei mint
adatforrások (web8)

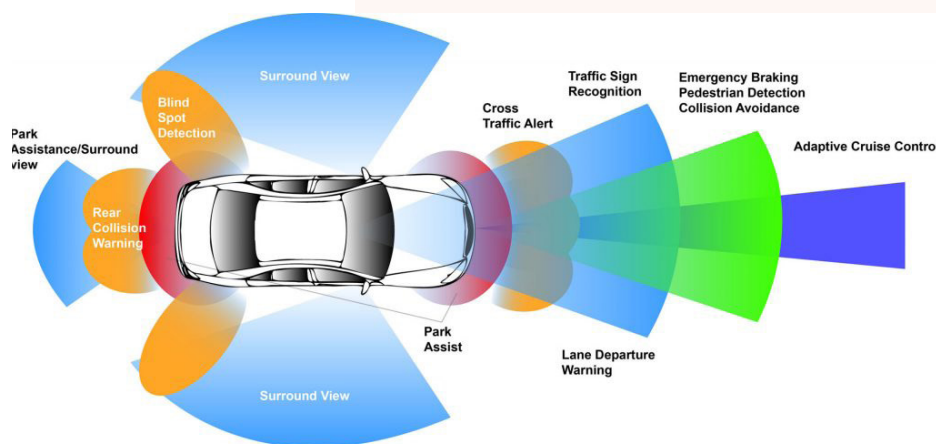
A modern járművekben található adatok és azok tárolóegységei

A modern és a jövőbeli autonóm járművek által hozzáférhető adatok forrása lehet a jármű saját szenzorhálózata vagy a hatósugáron belül észlelhető V2X kommunikációs egyéb jármű, infrastruktúra, gyalogos stb. adatai, a különböző felhőalapú rendszerek (pl. gyártói cloud, szolgáltatói cloud), műholdas kommunikációs rendszerek, a közúthálózat üzemeltetői informatikai rendszere stb. A jelen kutatás témakörébe elsődlegesen a járművekben tárolt és kezelt adatok tartoztak bele, melyek a jármű különböző adattárolóiban kerülnek rögzítésre. Ilyen tárolók például:

- az Event Data Recorders (EDR), vagyis eseményadat-rögzítő;

- a Telematics/Infotainment rendszer;
- a jármű központi egysége/fejegysége;
- a fedélzeti kamera (első és hátsó vagy 360°-os) adattároló képességgel;
- a „Self-Driving and Autonomous Vehicle ECU”-k;
- az egyéb ECU-k adattároló képességgel;
- az intelligens kulcsok;
- az E-call rendszer;
- az utángyártott és járműbe épített vagy csatlakoztatott eszközök.

A járművekbe integrált érzékelőhálózatok kamerákat, radarrendszereket, ultrahangos és lidarszenzorokat egyaránt magukban foglalnak (5. ábra). Az objektumok pontos azonosítása és a környezeti információk hatékony feldolgozása ezen érzékelők adatainak összehangolt, multimodális integrációját igényli, amely lehetővé teszi a környezet komplex, valós idejű értelmezését és a jármű döntéshozatali rendszereinek megbízható működését.



5. ábra:
A jármű irányítási funkcióihoz kapcsolódó érzékelők
és azok lefedettsége (web9)

Egyes gyártók megközelítésében elegendőek a tisztán kameraalapú megoldások, ezek azonban az elvárt megbízhatósági szintet várhatóan nem fogják tudni elérni. „Ezek a szenzorok figyelemmel kísérik a gépjármű környezetét, valamint állapotát. Eközben hihetetlen mennyiségű, másodpercenként több gigabájtnyi (sic!) adat keletkezik, szűretlenül” (web10). A beépítésre kerülő szenzorkészletek gyártónként eltérőek, az alapelvekben azonban széles körű az egyetértés. Az érzékelőkből, például a radarpontfelhőkből származó nagy mennyiségű adat feldolgozása neurális hálózatok segítségével történik (Kovács házy 2015; web11).

A modern járművek adatai mint a szakértői vizsgálatok alapelemei

A járművekben keletkező, feldolgozott, továbbított adatok tartalmazhatnak:

- a járműre, valamint a járműhöz vagy a közlekedési rendszerhez kapcsolódó információkat, mint például a gyári azonosítókat, sorozatszámokat, illetve az egyes komponensek egyedi alkatrész-azonosítóit;
- a jármű közlekedéséhez kapcsolódó működési, közlekedési paramétereket;
- ECU- és szenzorinformációkat (pl. az ajtó nyitása/zárása, a világítás be-/kikapcsolása, vezetékek nélküli kapcsolatok, USB-kapcsolatok, rendszer-újraindítás, GPS-időszinkron, sebesség, kormányaszög, a kilométeróra állása);
- információkat a járműben telepített különböző alkalmazásokból (pl. időjárás, navigáció, Facebook);
- a kommunikációs csatorna adatait (pl. felhőalapú rendszerek, környezeti és pályához kapcsolódó adatok);

- a járműhöz csatlakoztatott eszközökhöz kapcsolódó információkat vagy ezen eszközök adatait (pl. mobiltelefon, médialejátszó, USB-meghajtók, SD-kártyák, vezeték nélküli hozzáférési pont).

A modern és magas automatizáltságú járművek szakértői vizsgálatához a kiindulási alapot a bűnügyi informatika (digital forensics) eljárásai alapozzák meg. A terület a digitális eszközökben található információk kinyerésével és vizsgálatával foglalkozik. Az ilyen vizsgálatok elvégzése felhatalmazáshoz kötött. A feladat az elektronikus adatok azonosítása, gyűjtése, feldolgozása, elemzése és az eredmények laikusok számára is értelmezhető formában történő átadása. Olyan technikák és eszközök tartoznak ide, amelyek segítségével a vizsgálati eljárás céljának megfelelő információk előállíthatóvá válnak. Ilyen vizsgálati cél lehet:

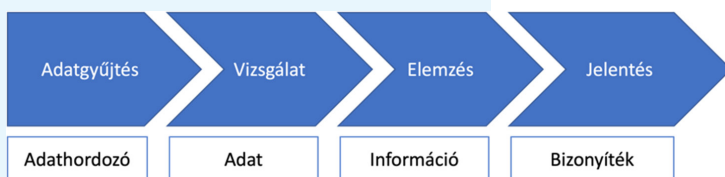
- a járművek által elszenvedett vagy okozott közlekedési balesetek utólagos vizsgálata, rekonstrukciója;
- a jármű érintettségével, közreműködésével elkövetett bűncselekmények/események/incidensek vizsgálata;
- a járművek ellen irányuló kibertámadás vizsgálata;
- biztosítási események vizsgálata;
- személyek vagy szállítmányok nyomon követése.

A szakértői vizsgálati módszerek egyrésztől eredeztethetők általánosan az igazságügyi szakértői vizsgálati módszertanokból, illetve a számítógépes környezetre vonatkozó ágból, másrészt lehetnek olyan elemei, amelyek a terület specialitásai miatt teljesen új, az eddigi módszertanoktól eltérő felkészültséget és eszközöket igényelnek (pl. autógyártó-specifikus adattárolási megoldások, egyedi operációs rendszerek). A modern járművekhez alkalmazandó vizsgálati módszertannak egyszerre kell lehetőséget adnia a már meglévő ismeretek integrálására, illetve az új területek felfedezésére és feltérképezésére.

A modern járművek szakértői vizsgálatának kihívásai és fázisai

Az igazságügyi szakértői tevékenységet számos szabvány, ajánlás, irányelv, valamint módszertani levelek szabályozzák. A vizsgálati fázisokat áttekintve a digitális adatok vonatkozásában az egyes módszertanok hasonló alapelveket követnek, azonban ezek felhasználási módja jelentősen eltérhet. A jelen kutatás során a digitális igazságügyi vizsgálat egyes doménjei is áttekintésre kerültek annak vizsgálatára, hogy mely módszerek vagy azok mely eleme lehet alkalmazható a modern járművek vizsgálata során. Maga a vizsgálat, a szakértői munka (a meghatározott vizsgálati fázisok és feladatok sorrendi végrehajtása) valamilyen felkérés, felhatalmazás (kirendelés) alapján kezdődik meg.

A NIST SP 800-86, azaz a National Institute of Standards and Technology ajánlása (Kent et al. 2006) a vizsgálatok elvégzésére négy alaplépést határoz meg – adatgyűjtés, vizsgálat, elemzés, jelentés –, amelyek az egyes domének tekintetében, így a járművek vizsgálatában is nélkülözhetetlenek (6. ábra).



6. ábra:
A NIST által javasolt digitális vizsgláti folyamat
(Kent et al. 2006 alapján)

A járművek, a pálya és a környezet sokszínűsége kapcsán szükséges további elemeket bevezetni, amelyek az eddigi

eljárásoktól, eszközöktől eltérő megoldásokat igényelnek. A modern járművek szakértői vizsgálatai vonatkozásában számos kihívás állapítható meg, melyek három fő csoportba sorolhatóak: általános kihívások, a vizsgálati eljárás kihívásai és a vizsgáló eszköz kihívásai. Az egyik általános kihívást például a járművek által hozzáférhető adatforrások jelentik. A vezérlőegységek, az infotainment-rendszerek, a jármű saját érzékelőhálózata, a háttérbeli felhőalapú rendszerek stb. miatt nem garantált, hogy egy vizsgálat lefolytatásához, a vizsgálat céljának eléréséhez elegendőek lesznek a járműben elérhető adatok. A járművek adataihoz való hozzáférés nem oldható meg centralizáltan, több egység, alrendszer elérése vagy kommunikációs csatorna (pl. USB, OBD-II) szükséges hozzá. Az adatok tárolása nem csak fizikai megoldásban térhet el egymástól, a különböző gyártók eltérő logikai tárolási megoldást alkalmazhatnak, különböző helyeken, különböző adatokat, eltérő struktúrában, egyre gyakrabban titkosított formában tárolnak el, ami befolyásolja azok használhatóságát és vizualizációját. A járművekben használt belső operációs rendszer is lényeges eltéréseket mutat az egyes gyártók között – a gyártók a járműtípusok között jellemzően azonos operációs rendszert használnak, de egy operációsrendszer-csere után már típusonként is lehet eltérés (Répás–Schmidt 2023).

A vizsgálat során elsődleges szempont a megbízhatóság, az agilitás, a rugalmasság és a moduláris kialakítás. A bizonyítékul szolgáló elektronikus adatok összefüggéseinek megtalálása a nagy mennyiségű adathalmazokban is megnehezíti a szakértői vizsgálat elvégzését. Sok esetben a járműben keletkező illékony adatok is szükségesek az elemzés elvégzéséhez, azonban ezek a jármű leállítása után törlésre kerülhetnek. További kihívást jelenthet az esemenylánc végig követése. A jármű mellett egyéb rendszerek, adat-

források is megjelenhetnek a vizsgálatban, melyek nem vagy nem minden esetben alkalmaznak valamilyen központosított időszinkronizációt. Az is előfordulhat, hogy nem azonos időbélyegeket használnak, és a vizsgálati szoftverek időbeállítása is eltérő lehet – ebben az esetben egy esemény/baleset megállapított ideje eltérhet a járműben lévő adatok idejétől (Répás–Schmidt 2023).

A technológia és szabályozás gyakran egymás ellentétéinek tűnnek, hiszen a technológia a haladást, a szabályozás pedig éppen a haladás gátját, a bürokratizmust testesíti meg (Wiener 2004). Az új technológiák, mint például az önvezető járművek, a joggal szemben hármass elvárást támasztanak:

- biztosítani kell, hogy a technológiai fejlődés ne ássa alá az emberi szabadságjogokat;
- biztosítani kell az önvezető képességgel rendelkező járművek prototípusai számára – a fejlettségi szintjüknek megfelelő – valós körülmények közötti tesztelését, egyben szavatolni kell a közlekedés többi résztvevőjének az élet-, egészség- és vagyonbiztonságát; valamint, hogy
- a jog ne korlátozza a technológiai fejlődést (Petersen et al. 2020).

Az európai adatvédelmi jogszabályi környezet sok esetben megnehezíti a járművekben található adatokhoz történő hozzáférést, valamint a gyártókkal történő szakértői együttműködést. A GDPR alapján vagy arra való hivatkozással a gyártók nem vagy nehezen biztosítanak hozzáférést az adatokhoz. Erre jó példa az eseményadat-rögzítő kiolvasásához szükséges szoftvermegoldás, ami az USA-hoz képest korlátozott információkat biztosít az európai piacon.

Az adatgyűjtés lépésében azonosításra kerülnek azok az adatforrások, adathordozók, amelyek relevánsak lehetnek a vizsgálati célok vonatkozásában. A vizsgálat tekintetében ez az egyik olyan fázis, amit a járművek állapota, gyártója és egyéb sajátosságai nagymértékben befolyásolnak, ezért indokolt e folyamat további lépésekre bontása. A vizsgálati tárgy, a jármű és annak adathordozója lehet sérült vagy balesetet szenvedett.

A járművek vizsgálatához kapcsolódóan az adatforrás meghatározása külön lépésként jelenik meg, ahol a lehetséges adatforrások beazonosítása történik meg, a jármű műszaki állapotától, gyártójától, típusától függően stb. Vannak olyan adatforrások (pl. EDR, infotainment), amelyeken a tárolt adatok közvetlenül kapcsolódnak az adott esemény rekonstrukciójához. A vizsgálatot végző szakértőknek azonban minden alternatív adatforrást azonosítaniuk kell, amelyek támogatják a vizsgálat elvégzését. Előfordulhatnak olyan esetek, amikor az elsődleges adatforrás nem érhető el (pl. az autóba szerelt adattároló – HDD – meghibásodott a baleset következtében), így a vizsgálatokat másodlagos adatforrások alapján kell elvégezni (pl. EDR).

Az adatforrások azonosítása és dokumentálása után az adatok begyűjtése az integritás biztosítása mellett történik meg – közvetlen csatlakozással vagy hálózati elérési útján –, ami jellemzően másolatkészítéssel történik, mely lehet fizikai és logikai másolat, letöltés vagy lemezkép.

A begyűjtött adatok elemzését a szakértő végzi, amely folyamat magában foglalja a bizonyítékok mélyreható és szisztematikus feltárását, azok hitelességének és érvényességének vizsgálatát, valamint az adott ügghöz kapcsolódó rejtett vagy törölt adatok azonosítását és visszanyerését. Ebben

a szakaszban minden bizonyítékot alaposan megvizsgálunk azok jellegének megfelelően. Az adatelemzés jellemzően interaktív eszközök használatát jelenti a megszerzett adatokban található adatszerkezetek és metaadatok felismerésére és elemzésére. Ez a folyamat magában foglalhatja olyan, a vizsgálat szempontjából hasznos információk megszerzését, mint a GPS-adatok, a járműmozgási információk, a hívásnaplók, a szöveges üzenetek, az eszközkapcsolatok és egyéb adatok elemzését. Ebben a szakaszban olyan technikák alkalmazhatók, mint a kulcsszavas keresés, az idővonal-elemzés és a hivatkozáselemzés. Szükséges lehet az adatok vagy adattípusok leválogatása is. Az elemzést olyan módon szükséges dokumentálni, hogy egy független szakértő képes legyen a vizsgálat és elemzés folyamatait követni, illetve ellenőrizni a következtetések helyességét (Máté et al. 2020).

Az adatok elemzése során jellemzően valamilyen interaktív eszközzel fel kell ismerni és elemezni a megszerzett adatokba ágyazott adatstruktúrákat és metaadatokat. Az adatfeldolgozásnak számos metódusa van, amelyek a szakértőt kirendelő határozatban előírt szakértői feladatok jellegéhez illeszkednek. Minden esetben a szakkérdések megválaszolására leginkább alkalmas metódusok kerülnek kiválasztásra. Ezt úgy kell végrehajtani, hogy a digitális adat módosításának lehetősége minimális legyen. Amennyiben az elemzés során az eredeti digitális nyom megváltozik, ennek okait, hatásait részletesen meg kell határozni, és dokumentálni kell.

Ez a fázis magában foglalja mindazon releváns adatok azonosítását, feltárását és összekapcsolását, amelyek szükségesek a vizsgált esemény idővonalának rekonstrukciójához, az incidensek és kibertámadások nyomainak feltárásához,

a jármű és a közlekedési rendszer működésében jelentkező anomáliák azonosításához, valamint az adatforrások és naplóállományok elemzéséhez és feldolgozásához. A folyamat célja továbbá a kirendelői kérdések megválaszolását megalapozó információk rendszerezése és értelmezése.

A fázishoz alkalmazható szakértői eszközök többek között:

- a törölt állományokat helyreállító szoftverek;
- szűrő és kereső algoritmusok;
- adatbázis-kezelő rendszerek;
- karakterfelismerő alkalmazások;
- adatfeldolgozó és -elemző szoftverek;
- a manuális elemzést segítő szoftverek;
- jelentéskészítő megoldások.

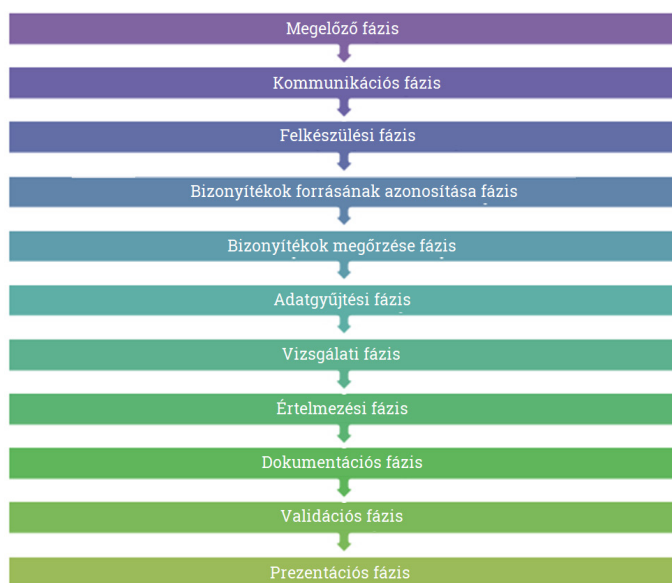
Mint a vizsgálathoz kapcsolódó kihívás megjelenik az adatok titkosítása és annak feloldásának nehézsége is. A titkosítás jellegének azonosítása, a szoftver és algoritmus azonosítása, a titkosító kulcs megszerzése és az adattartalom visszafejtése nehezíti a vizsgálati célok elérését.

A jelentési fázisban történik a vizsgálat és elemzés eredményeinek átadása. Ez tartalmazza az alkalmazott folyamatok, eljárások és eszközök leírását, azok kiválasztásának magyarázatát. A dokumentálás olyan folyamat, amelynek konzisztens módon jelen kell lennie a vizsgálat teljes életciklusa során. Az igazságügyi szakértőkről szóló 2016. évi XXIX. törvény meghatározza a szakvélemény tartalmát, melynek ez alapján tartalmaznia kell: a leletet, a vizsgálat módszerének rövid ismertetését, a szakmai ténymegállapításokat, a szakértő véleményét; ha az ügyben korábban vizsgálat lefolytatására került sor, és a kirendelés erre kiterjed, a korábbi vizsgálatra vonatkozó adatok és megállapítások értékelését; a módszertani levélre (Máté

et al. 2020) történő utalást, illetve a módszertani levélben foglaltaktól történő eltérés esetén ennek indokait és azt az információt, hogy az igazságügyi szakértő mely szakterületen jogosult szakvéleményt adni, valamint, hogy az igazságügyi szakértő vagy más személy eseti szakértőként járt-e el. A szakértői vélemény tartalmára vonatkozó további követelményeket tartalmaz az igazságügyi szakértői működésről szóló 31/2008. (XII. 31.) IRM rendelet. A digitális bizonyítékokkal kapcsolatos ügyekben a szakértői véleménynek kifejezetten tartalmaznia kell a keresett céladatok részleteit, a különböző eszközökön talált adatok meglétét vagy hiányát, a vizsgálatnak az eszköz működőképességére gyakorolt hatását. Az utóbbi a járművek vizsgálata esetén különösen releváns lehet, mert a vizsgálat során annak tárgyát (részben) szükséges lehet szétszerelni, és a tárgy eredeti állapotának visszaállítása nem mindig biztosítható (pl. chip-off eljárás után) (Répás 2023).

A modern járművek szakértői vizsgálatának további fázisai

A modern járművek esetén célszerű a négy fő lépést – mint az adatok összegyűjtése; az adatok vizsgálata; az adatok elemzése; a papíralapú (pl. szakértői vélemény), illetve digitális formátumú vizsgálati eredmények összegzése – további fázisokkal kibővíteni (7. ábra). Annak érdekében, hogy a szakértői vizsgálat eredményes és hatékony legyen, valamint a szervezeti és jogszabályi követelményeknek megfelelően kerüljön elvégzésre, az adatgyűjtési fázist megelőzően több vezetői és szakértői feladatot szükséges definiálni és végrehajtani (Répás 2025).



7. ábra:
**A modern járművek digitális szakértői vizsgálatának
módszertani lépései (Répás 2025: 331, Fig.1 alapján)**

A szakértői munka elvégzéséhez szükséges egy előzetes stratégia felállítása, amely alapján a szakértő el tudja kezdeni az egyes járművek vizsgálatát. A szakértői vizsgálat elengedhetetlen jogi és szakmai feltétele a vizsgálat lefolytatását elrendelő felhatalmazás/okirat átvétele és megismérése. A felhatalmazás, kirendelés alapján lehetőség szerint meg kell határozni a vizsgálatához kapcsolódó alapvető információkat, mint

- a vizsgálat hatóköre;
- a vizsgálat helyszíne és körülményei;
- a jármű paramétereinek meghatározása;
- a vizsgálati célok és a kapcsolódó adatigény;
- az adatforrások előzetes meghatározása;
- a vizsgálatához szükséges eszközkészlet, azok használatához szükséges tudáselemek;

- a vizsgálati módszerek;
- a vizsgálati feltételek,

annak érdekében, hogy a vizsgálat elvégzéséhez szükséges eszközök rendelkezésre álljanak.

A szakértői vizsgálat előkészítése, megtervezése során szükségessé válhat a kirendelő, megrendelő által meghatározott kérdések pontosítása, az alapvető információk egyeztetése, amely a kommunikációs fázisban, a megfelelő kommunikációs csatorna kialakításával kezdődik. Ezen fázisban a vizsgálati célok szükség szerint pontosításra kerülhetnek, illetve az adott esethez kapcsolódó feladatok megtervezéséhez, meghatározásához elengedhetetlen plusz információk is beszerezhetők.

A vizsgálati célhoz kapcsolódóan, a szakértői vizsgálat gyakorlati megkezdése előtti fázis a vizsgálat előkészítése, ami két részre osztható a vizsgálandó jármű vagy annak egységeinek hozzáférhetősége alapján:

- a jármű jelenléte nélkül elvégezhető előkészítő feladatok;
- a járművel kapcsolatosan elvégzendő előkészítő feladatok.

A jármű jelenléte nélkül elvégezhető előkészítő feladatok közé tartozik például a szükséges vizsgálati lépések és feladatok megtervezése, az erőforrás-allokáció és a vizsgáló eszközök (pl. hardver-, szoftverelemek) meghatározása. A járművel kapcsolatosan elvégzendő előkészítő feladatok közé tartozik a járműhöz laboratóriumi vagy külső helyszínen történő hozzáférés, a jármű szükség szerinti megbontása. Lehetséges ugyanis, hogy az egyes járműegységekben (pl. fejegység, ECU, EDR) tárolt adatok kigyűjtéséhez szükséges azok megbontása, illetve a járművekből való eltávolítása.

Az informatikai szakértői vizsgálati gyakorlatban a vizsgálati tárgy felkutatása – speciális esetek kivételével – nem a szakértői munka része. A szakértő a vizsgálati tárgyat az előző fázisok eredményeként kapja meg, és kezdi meg annak azonosítását. A járművekhez kapcsolódó szakértői vizsgálatok esetén ettől a gyakorlattól eltérő, speciális a helyzet. A vizsgálati tárgy fogalmi definíció szerint a jármű adattárolásra, -feldolgozásra, illetve -továbbításra használt eszköze, amelyet a szakértő dokumentált módon elemez, és az azokból kinyert adatokat felhasználja. Ezek az adattárolók járművek esetén a megelőző fázisban tárgyalt módon a jármű különböző részein, eltérő hozzáférhetőséggel érhetőek el, emellett a szakértői szoftver által sem minden esetben ismertek. Az adattárolókhoz való hozzáférés a jármű részleges megbontásával, szétszerelésével jár, amihez szükség lehet autószerelő szakember bevonására is. A járműben található adathordozók felismerése általános esetben az egyes adattároló egységek alapvető jellemzői alapján történhet, elsődlegesen azok fizikai jellemzői és a gyártói, üzemeltetői dokumentáció alapján. Amennyiben az adattároló eszköz elektronikus úton is kiolvasható digitális azonosítót tartalmaz, az az egyéb azonosítók mellett felhasználható az eszköz azonosítására.

A nyomrögzítési fázis előtt fel kell mérni a vizsgálat alá vont elemek állapotát. A vizsgálatot megelőzően a járműről, az adattárolók megbontás, szétszerelés előtti állapotáról, a szétszerelési folyamatról képi (digitális fénykép vagy videó, lásd például a 8. ábrán) dokumentáció készítése szükséges. Be kell azonosítani a jármű jellegét, gyártóját, típusát, egyedi azonosítóit, a jármű és az adattárolók általános állapotát (Répás 2024b; Berek–Répás 2025).



8. ábra:

Egy Mini Cooper műszerfala szétszerelés után (a szerző fotója)

A nyomrögzítési fázis során a járművekben hozzáférhető digitális adatok forenzikus módszerekkel, másolatkészítés útján kerülnek rögzítésre annak érdekében, hogy lehetővé váljon a további szakértői vizsgálatok elvégzése és a ki-rendelésben meghatározott szakkérdések megválaszolása. A digitális nyomrögzítés eredménye minden esetben maga az elektronikus adat, amely a bizonyítás alapját képezheti. Ebben a szakaszban történik az igazságügyi másolat vagy lemezkép (image file) létrehozása az egyes adattároló egységekről, amely történhet fizikai vagy logikai másolat formájában. A folyamat célja az adatok hiteles és megismé-

telhető módon történő rögzítése, miközben azok integritása és bizonyító ereje megmarad (Petrétei 2022: 978).

A mentési folyamat során a járműben található, illetve onnan letölthető adathordozók, adattároló- és vezérlőegységek, valamint az ezekhez kapcsolódó külső adathordozókon tárolt adatok kerülnek biztonságos rögzítésre. Ide tartozhat például a működőképes járműből történő adatkinyerés vagy a fejegység (head unit), illetve az elektronikus vezérlőegységek (ECU-k) adattárolóinak kiszerezelt állapotban történő mentése. A folyamat célja az, hogy a releváns digitális információk teljeskörűen, az adatintegritás megőrzése mellett kerüljenek megőrzésre, és hozzáférhetővé váljanak a későbbi szakértői elemzés számára.

Járművek esetén, a mobileszközök vizsgálatához hasonlóan, lehetőség nyílik több logikai adatgyűjtési mód végrehajtására, például:

- szelektív adatgyűjtés: a támogatott digitális adatok egy részének kinyerése a jármű valamely adattárolási kapacitással bíró egységéről;
- fájlrendszer kinyerése: a fájlrendszer szerkezetének és tartalmának kinyerése a jármű valamely adattárolási kapacitással bíró egységéről – ez lehetővé teszi a szakértő számára látható összes adat megszerzését;
- fizikai adatgyűjtés: másolat készítése a jármű fizikai memóriájáról – ez a módszer gyakran destruktív, azaz a memóriachip eltávolítását (chip-off) jelenti, egy, a memóriachipek elérésére szolgáló ipari szabvány (JTAG) használatával, ugyanakkor a legteljesebb módszer, és lehetővé teszi a törölt adatok helyreállítását;
- univerzális integrált áramkörüi kártyáról (UICC, például SIM) történő adatgyűjtés: támogatott adatok kinyerése;

- távoli adatgyűjtés: hálózaton keresztül történő hozzáférés az adatgyűjtés elvégzésére;
- vizuális adatkinyerés: ez esetben a járműbe épített kijelzőn megjelenő adatok begyűjtése történik meg képrögzítő technológiákkal.

Balesetet szenvedett vagy egyéb behatás által érintett járművek esetén szükség lehet az adathordozón tárolt adatok kinyerése érdekében az egység, eszköz működőképességének helyreállítására. A működőképesség helyreállítása nem a jármű teljes javítására irányul, csupán az adattárolón lévő adattartalom rögzítésének lehetővé tételére. Az elektronikai működőképesség helyreállítása a bűnjel eredeti állapotának megváltozásával járhat, ezért a módszer alkalmazása előtt a szakértőt kirendelő hatóság előzetes írásbeli hozzájárulása szükséges. Minden adatgyűjtési módnak megvannak az előnyei és korlátai, eszközei, így az adatgyűjtés módszerének kiválasztása a rendelkezésre álló eszközöktől és képességektől, valamint a jármű gyártmányától és típusától is függ.

A járművek – mint a közlekedési rendszer integrált elemei – többféle kommunikációs csatornán keresztül kapcsolódnak egymáshoz, a környezeti és pályainfrastruktúrához, valamint a szolgáltatói és gyártói felhőalapú rendszerekhez. Bizonyos vizsgálati célok esetén szükségessé válhat ezen szolgáltatóktól vagy a jármű gyártójától történő közvetlen adatigénylés, amely a járműhöz, annak vezetőjéhez vagy felhasználójához kapcsolódó, kizárólag ezen szervezetek rendelkezésére álló információk megszerzését jelenti. A szolgáltatói adatkérés kiterjedhet a vizsgált eszközökhöz, illetve az ahhoz kapcsolódó komponensekhez – például SIM-kártyákhoz – tartozó adatok beszerzésére is, amelyet a szolgáltató oldaláról, hitelesített eljárás keretében kell végrehajtani.

A jármű vizsgálata során történik a kinyert adatok verifikációja, annak bizonyítására, hogy azok nem változtak meg a kinyerés során, valamint a vizsgálati célokhoz szükséges információk azonosítása. A cél a rögzített adatokból a szakkérdések megválaszolását lehetővé tevő információtartalom kinyerése, rendszerezése, dokumentálása, valamint a digitális adatok laikus által is megjeleníthető formába hozása. Az összegyűjtött adatok vizsgálata során megtörténik:

- a fizikai vagy logikai lemezkép csatolása (mount);
- annak virtuális környezetben történő indítása, betöltése;
- a lehetséges Anti-Forensic tevékenységek nyomainak időbeni azonosítása;
- a jármű operációs rendszerének azonosítása;
- az adatredundancia megállapítása és ellenőrzése;
- a reverse engineering eszközök használata;
- a bizonyítékok mélyreható, szisztematikus keresése;
- a helyreállított adatok vizsgálata;
- a bizonyítékok validálása;
- az ügyrel kapcsolatos rejtett adatok visszanyerése;
- az idővonal elkészítése.

A vizsgálati szakaszban minden nyomot meg kell vizsgálni annak jellegének megfelelően. A hozzáférhetővé tett adatok feldolgozása és rendszerezése megvalósítható a törölt állományok helyreállításával, valamint a szakértőt kirendelő határozatban vagy végzésben meghatározott szempontok szerint végrehajtható az adatok célirányos keresése, szűrése, elemzése és dokumentálása a feltett szakkérdések megválaszolása érdekében.

A vizsgálat eredményei alapján az eljáró szakértő a kirendelő határozatban megfogalmazott kérdésekre válaszol.

A szakértő az általa megfogalmazott válaszban tényeket közölhet, illetve a nyomok értékelése alapján valószínűsítést alkalmazhat. Az elemzés olyan mélységű dokumentált-sággal készül, amely alapján végig követhető és megítélhető a vizsgálati eredmények helyessége, illetve a vizsgálat ismételt elvégzése azonos eredményre vezet (a megismételhetőség elve).

A vizsgálati eredmények értelmezése nagyban függ az azt megelőző fázisok eredményeitől, különös tekintettel az esetlegesen figyelmen kívül hagyott elemekre. Egyes szakértői szoftverek lehetővé teszik a strukturált adatok megjelenítését, azok értelmezésének elősegítésére. Többféle elemző, értelmező eszköz segítheti a szakértő munkáját a vizsgált eseményhez kapcsolódó adatok megértésében, például a térkép, az idővonal, amely az események közötti kapcsolatok vizsgálatát segíti elő. Az idővonal-rekonstrukció célja a szakkérdések megválaszolása érdekében a tényállással kapcsolatos releváns események digitális nyomainak időbeli sorrendben, esetlegesen vizuális formában történő megjelenítése.

A validálás, felülvizsgálat annak megerősítésére szolgál, hogy objektív bizonyítékok gyűjtésével és értékelésével megállapítást nyerjen, hogy a szakértői vizsgálat során a meghatározott követelmények teljesültek-e.

A szakértői vizsgálat eredménye a szakvélemény, amely leírja a vizsgálat és a digitális adatok elemzésének eredményeit, amely a teljes vizsgálatot vagy csak egy részét ismerteti a jogszabályi és szervezeti követelményeknek megfelelően. Egyes esetekben a jogi eljárás során a szakértő tanúként is beidézhető. A hazai jogrendszerben két fő esetet lehet megkülönböztetni, amikor a vizsgálati

eredményeket meg kell jeleníteni. Ezek egyike a szakértői vélemény és az azt alátámasztó adatok, amelyek alapján egy másik szakértő reprodukálni tudja a vizsgálatot és az eredményeket, a másik pedig a személyes prezentálás a bíróság előtt (Berek et al. 2025; Répás 2025).

Összefoglalás

Az intelligens közlekedési rendszerek egyik fő résztvevője a modern, magas automatizáltságú közúti közlekedési járművek. A járműveknek a közlekedési infrastruktúrával való összekapcsolása révén új adatforrások jelentek meg a szakértői vizsgálatok elvégzését elősegítendően. Nagy mennyiségű elektronikus adat kinyerése által mind a járművekre, azok vezetőire, felhasználóira vonatkozóan a vizsgálatot segítő információk állhatnak rendelkezésre, például egy baleset körülményeinek kivizsgálása, biztosítási esetek, egyéb polgári vagy büntetőeljárások során. A járművek nem csupán új adatforrásként jelennek meg, hanem kihívásként is a szakértői szakma számára. Az általános igazságügyi eljárásokban alkalmazott megközelítések a modern járművek esetében nem vagy csak korlátozott mértékben alkalmazhatók. A járművek sajátos technológiai és adatkezelési környezete miatt mind a használt eszközök, mind az alkalmazott eljárások és módszertanok adaptálása, módosítása és kiegészítése szükségessé válik a vizsgálatok érvényességének és megbízhatóságának biztosítása érdekében. A jelen tanulmány a járművek vizsgálatára irányuló, kiegészített elemzési folyamat lépéseit határozta meg. A módszertani kiegészítéseket és magyarázatokat a releváns tudományos szakirodalom, valamint a gyakorlati tapasztalatok szintézise alapján dolgoztuk ki, ezáltal biztosítva a vizsgálati eljárás elméleti megalapozottságát és gyakorlati alkalmazhatóságát.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió támogatásával valósult meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében. A szerző köszönetet mond az Alverad Technology Focus Kft. Kiberbiztonsági Kutatás, Fejlesztés és Innováció üzletág szakmai támogatásáért.

Irodalom

Aziz, Danish – Bohm, Chris – Hurley, Fionn 2021. Enabling 5G and DSRC V2X in Autonomous Driving Vehicles. *Analogue Devices*. <http://bit.ly/3W4OiXI>.

Berek Lajos – Répás József – Schmidt Miklós 2025. A célzott adatkinyerés szerepe a katonai és civil felhasználású közúti közlekedési járművek szakértői vizsgálatában. In Gőcze István – Padányi József (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből V. Hallgatói és oktatói kötet*. Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest. 81–96.

Berek Tamás – Répás József 2025. A magas automatizáltságú katonai és polgári közlekedési járművekben megtalálható digitális adatok hozzáférhetőségének és értelmezhetőségének kihívásai. In Gőcze István – Padányi József (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből V. Hallgatói és oktatói kötet*. Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest. 67–79.

Csiszár Csaba é. n. *Telematikai rendszerek alkalmazása a személyközlekedési igények menedzselésében*. <https://core.ac.uk/download/pdf/42934225.pdf>

Gáspár Péter – Németh Balázs – Bokor József 2019. *Járműirányítás*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Katona Gergő 2022. Autonóm járművek kiberbiztonsági kihívásai. 2. rész. *Cyberblog*. <http://bit.ly/4mIvOXo>.

Katona Gergő 2023. Az autonóm közúti gépjárművek kiberbiztonsági aspektusa és társadalmi megítélése. 1. rész. *Hadmérnök* 18/3. 161–176. <https://doi.org/10.32567/hm.2023.3.11>

Katona Gergő – Bányász Péter 2021. Autonóm járművek kiberbiztonsági kihívásai. 1. rész. *Cyberblog*. <http://bit.ly/4mNtQoW>.

Kent, Karen – Chevalier, Suzanne – Grance, Tim – Dang, Hung 2006. *Guide to Integrating Forensic Techniques into Incident Response. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*. National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-86. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-86.pdf>.

Kovácsházy Tamás 2015. *Kiber-fizikairendszerek jelentősége az Ipar 4.0 trendben*. Előadás az INFOTÉR 2015 konferencián. Balatonfüred. <http://bit.ly/48ZHO3y>.

Máté István Zsolt – Darabos Zoltán – Morber Szilárd Krisztián – Sándor Gábor 2020. *6/2020. módszertani levél az elektronikus adatok vizsgálatának általános alapelveiről*. Magyar Igazságügyi Szakértői Kamara. <http://bit.ly/4nd39dC>.

Petersen, Rodney – Santos, Danielle – Smith, Matthew C. – Wetzel, Karen A. – Witte, Greg 2020. *Workforce Framework for Cybersecurity (NICE Framework)*. NIST Special Publication 800-181. Revision 1. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-181r1>.

Petrétei Dávid 2022. Nyomelmélet és nyomtan a 21. században. *Belső Szemle* 70/5. 961–981. <https://doi.org/10.38146/BSZ.2022.5>.

Répás József 2023. Definition of Forensic Methodologies for Autonomous Vehicles. *Hadmérnök* 18/1. 125–141.

Répás, József 2024a. Examining the Application of Drone Forensics Methodology on Highly Automated Civil and Military Vehicles. *Hadmérnök* 19/2. 17–28. <https://doi.org/10.32567/hm.2024.2.2>.

Répás József 2024b. Magas automatizáltságú harctéri és közlekedési járművek digitális adatainak kinyerési módszerei. In Batori Annamária – Mezei József (szerk.): *A Haza Szolgálatában Konferencia 2024. Absztraktkötet*. Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest. 40.

Répás, József 2025. The Main Steps of the Digital Forensics Examination Methodology of Modern Transport Vehicles. In Zöldy, Máté (ed.): *Proceedings of the 3rd Cognitive Mobility Conference. COGMOB 2024. Lecture Notes in Networks and Systems* 1258. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-81799-1_30.

Répás József – Schmidt Miklós 2023. Forensics tevékenységek kihívásai a modern közlekedési járművek fejlődésének tükrében. In Göcze István – Padányi József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában: A katonai műszaki tudományok tudományág időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei. Hallgatói kötet*. Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest. 181–194.

Tokody Dániel – Albini Attila – Ady László – Temesvári Zsolt Marcell – Rajnai Zoltán 2018. Kiberbiztonság az autópárhán. *Bánki Közlemények* 1/3. 71–77.

Wiener, Jonathan B. 2004. The regulation of technology, and the technology of regulation. *Technology in Society* 26. 483–500. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2004.01.033>.

web1 = Az Európai Parlament és a Tanács 2010/40/EU irányelve (2010. július 7.) az intelligens közlekedési rendszereknek a közúti közlekedés területén történő kiépítésére, valamint a más közlekedési módokhoz való kapcsolódására vonatkozó keretről. <http://bit.ly/46Nv79m>.

web2 = MobilitásPlatform: Fogalomtár. <http://mobilitasplatform.hu/fogalomtar/>.

web3 = <https://villanyautosok.hu/2021/05/11/ezek-az-onvezetes-szintjei/#gid=1&pid=1>.

web4 = *Európa Mozgásban. Fenntartható mobilitás Európában: biztonságos, összekapcsolt és tiszta közlekedés.* A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának.
<http://bit.ly/46Lo0hB>.

web5 = DSRC vs. C-V2X for Safety Applications. *Autotalks*.
<https://auto-talks.com/technology/dsrc-vs-c-v2x/>.

web6 = DSRC vs. C-V2X: Understanding the Two Technologies.
Ettifos. <https://www.ettifos.com/post/dsrc-vs-cv2x>.

web7 = Driving the Future: V2X Systems and the role antennas play.
Poynting. Beyond a connected life. <http://bit.ly/4nNpDCX>.

web8 = BlackBerry's New Intelligent Vehicle Data Platform. *DVN*.
<https://www.design-engineering.com/blackberry-amazon-to-develop-vehicle-data-platform-1004035961/>.

web9 = <http://bit.ly/4q6G7HN>.

web10 = Új utakon jár a mesterséges intelligencia. *Bosch Magyarország IoT blog*. <http://bit.ly/4ocY99t>.

web11 = Tanulékony radarok. *Bosch Magyarország IoT blog*.
<http://bit.ly/46OVmh6>.

Jegyzetek

* A szerző az Alverad Technology Focus Kft. munkatársa.

1. https://mersh.hu/hivatkozas/m425jir_170_p22#m425jir_170_p22



The Development of Methodology for Forensic Examination of Modern Vehicles in Transportation and Its Application Possibilities

The paper reviews the fundamentals of the forensic examination of digital data generated in modern, network-connected and partially autonomous vehicles. It presents the development of intelligent transportation systems and vehicle telematics, and describes the types of data recorded by vehicle sensors, control units, infotainment systems and V2X communication solutions that can be used in the analysis of accidents, crimes, cyberattacks or insurance events. The text details the main data sources - such as EDR systems, ECUs, cameras, telematics units and cloud-based services - as well as the characteristics and possible applications of digital forensic methods. It addresses the specific technical and legal challenges of vehicle examinations, including access limitations, manufacturer-dependent solutions, difficulties in time synchronization and the diversity of data formats. The paper describes an examination process that, by considering the specific features of the automotive environment, defines the steps of data collection, forensic analysis and reporting, and supports reliable and reproducible forensic investigation in the modern vehicular context.

SZIM f onia

Az NBSZ Szakértői Intézetében készülő műhelytanulmányokat felvonultató könyvsorozat negyedik kötetét tartja kezében az Olvasó. A könyvsorozat célja, hogy bemutassa az igazságügyi és az okmánybiztonsági szakértőket foglalkoztató témákat, illetve a mindennapi munkájukban felmerülő elméleti és gyakorlati kérdésekre adható lehetséges válaszokat. A jelen kötetben olvasható tanulmányok a Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében végzett kutatásokról számolnak be, például a beszédleiratok szövegnyelvészeti elemzése, a tíz év különbséggel rögzített hangminták alapján történő életkorbecslés, a beszélőazonosítási feladatok, valamint a modern közúti közlekedés járműveinek szakértői vizsgálata kapcsán.



N B S Z
2026