

PÁNIK PRÓBÁJA A MÉRÉS – AVAGY ÖNVEZETŐ TECHNOLÓGIÁK ELFOGADÁSÁNAK VALÓS IDEJŰ VIZSGÁLATA NEUROTUDOMÁNYI MÉRÉSEKKEL

THE ROLE OF TEST DRIVING AND NEUROSCIENCE MEASUREMENTS IN EXPLORING CONSUMER ACCEPTANCE OF SELF-DRIVING TECHNOLOGY

Széles nemzetközi kutatói érdeklődés övezi az önzetű technológia fogyasztói elfogadásának vizsgálatát, melyet a kutatók jelentős része a közismert TAM és UTAUT modellek különböző generációira épített kérdőívekkel tár fel. A válaszadók jelentős többségének azonban általában nincs lehetősége kipróbálni semmilyen önzetű technológiát. E limitációra reagálva a pilot kutatás célja annak feltárása, hogy miképpen befolyásolja a technológia elfogadását az önzetű jármű kipróbálásának lehetősége, továbbá az annak során átélt biológiai folyamatok mérése mennyiben járulhat hozzá a technológiai elfogadás megértéséhez. A kutatás alanyai egy rövid próbaúton utasként kipróbáltak egy önzetű járművet, melynek során valós idejű elektroencefalográfias (EEG) és szemmozgáskövetéses méréseket végeztek rajtuk. A regressziós modell alapján magas magyarázó erőt (97%) értek el, ha a fiziológiai mérést és az UTAUT-2 modellt együttesen alkalmazták utólagos megkérdezéssel. Eredményeik arra utalnak, hogy érdemi különbségek lehetnek feltételezett (önbevallásos) reakciók és valós (biológiailag is mérhető) reakciók között önzetű járművek kipróbálása során. Az utóbbiak detektálásában fontos szerepe lehet a neurotudományos méréseknek.

Kulcsszavak: önzetű járművek, technológia elfogadás, használati szándék, neurotudomány, neuroökonómia

There is a broad international research interest in the study of consumer acceptance of self-driving technology. Most researchers use questionnaires based on different versions of TAM and UTAUT models to investigate this topic. However, the vast majority of respondents fill out the questionnaires, without any first-hand experience of self-driving technology. Addressing this limitation, the authors offered their participants a short test drive as passengers in a self-driving vehicle. In addition to the questionnaires, in the course of these trials they collected real-time electroencephalography (EEG) and eye movement data from each participant. A linear regression model revealed high explanatory power (97%), when physiological measurements were combined with a follow-up UTAUT-2 questionnaire. The results suggest that when surveys are combined with in real-time in-situ measurements, explanatory variables for technology adoption relate to experience and emotion. Neuroscientific measures may play an important role in detecting the latter.

Keywords: self-driving vehicles, technology adoption, intention to use, neuroeconomics

Finanszírozás/Funding:

A szerzők a tanulmány elkészítésével összefüggésben nem részesültek pályázati vagy intézményi támogatásban. The authors did not receive any grant or institutional support in relation with the preparation of the study.

Szerzők/Authors:

Dr. Prónay Szabolcs^a (pronay.szabolcs@eco.u-szeged.hu) egyetemi docens; Dr. habil. Lukovics Miklós^a (miki@eco.u-szeged.hu) egyetemi docens; Dr. habil. Kovács Péter^a (kovacs.peter@eco.u-szeged.hu) egyetemi docens; Dr. Majó-Petri Zoltán^a (majoz@eco.u-szeged.hu) egyetemi docens; Ujházi Tamás^a (ujhazi.tamas@eco.u-szeged.hu) PhD-hallgató; Dr. Palatinus Zsolt^a (zsolt.palatinus@gmail.com) egyetemi oktató; Dr. Volosin Márta^a (volosinmarta@gmail.com) egyetemi adjunktus

^aSzegedi Tudományegyetem (University of Szeged) Magyarország (Hungary)

A cikk beérkezett: 2022. 01. 15-én, javítva: 2022. 05. 05-én és 2022. 05. 23-án, elfogadva: 2022. 06. 10-én.
The article was received: 15. 01. 2022, revised: 05. 05. 2022 and 23. 05. 2022, accepted: 10. 06. 2022.

Az önvezető járművek (autonomous vehicles - AV) olyan radikális innovációk (EC, 2019), melyek jelenlegi ismereteink szerint a következő évtizedben felforgatják minden civilizációban élő ember napi életvitelét és több évtizedes szokásait – függetlenül attól, hogy autóvezetőként, kerékpárosként, gyalogosként, vagy más szerepben vesznek részt a közlekedésben (Cohen et al., 2020).

Az önvezető közúti járművekhez köthető technológiai fejlesztések napjainkra felgyorsultak: a bevont városok és a közúti teszt engedéllyel rendelkező cégek száma egyre nagyobb. 2021 decemberében a világ közel 200 városában zajlottak utcai közúti tesztek, és Kalifornia államban már 53 cég rendelkezett közúti teszt engedéllyel.

A közutakon zajló tesztek ellenére az önvezető járművek még mindig kísérleti fázisban lévő technológiáknak tekinthetők (Cohen, Stilgoe & Cavoli, 2018), kiváló lehetőségeket rejtenek széles körű társadalomtudományi kutatásokra, hiszen az önvezető járművek elterjedése nemcsak a technológia fejlettségétől függ, hanem a jogszabályoktól, az infrastruktúrától, illetve a társadalmi elfogadástól is (KPMG, 2018).

Az innováció szétterjedésére meghatározó befolyással bírnak a fogyasztói döntések. Az innováció térhódításához szükséges elfogadás, vagy az éppen azt gátló elutasítás az emberek ítéletein, döntésein alapul (Rogers, 2003). Szükséges tehát a műszaki-természettudományi kutatások kiterjesztése a társadalmi elfogadás minél pontosabb feltérképezésének irányába, ezáltal a társadalmi adaptáció felgyorsítása annak érdekében, hogy az emberiség képes legyen a prognosztizált drasztikus változást feldolgozni.

Az önvezető technológia fogyasztói elfogadásának megismerése és megértése ennél fogva kiemelten fontos feladat, mely nagy felelősséget ró a társadalomtudósokra. A technológiák fogyasztói elfogadásának azonosítására széles körben alkalmazott modellek állnak rendelkezésre, melyek közül legszélesebb körben a technológiaelfogadási-modellt (TAM) (Davis, 1989) és a technológiaelfogadás és -használat egységesített elméletét (UTAUT) (Venkatesh, Morris, Davis & Davis, 2003) alkalmazzák.

A TAM és UTAUT modellek különböző generációira alapozva számos kutatás vizsgálta a fogyasztók önvezetőtechnológia-elfogadását megkérdezéses módszerrel, például Nordhof et al. (2020), Choi & Ji (2015), Moták et al. (2017), Madigan et al. (2017), Wu et al. (2019), Zhang et al. (2021), Koul & Eydgahi (2018), Panagiotopoulos et al. (2018), Leicht et al. (2018), Müller (2019), Baccarella et al. (2020).

Keszey (2020) több tucat autonóm járműtechnológia-elfogadást feldolgozó munkájában limitációként fogalmazza meg, hogy a válaszadóknak anélkül kell véleményüket alkotniuk, hogy találkoztak volna az önvezető technológiával. Ezzel összecseng Csizmadia (2021) eredménye, aki rámutatott arra, hogy a már most is elérhető önvezető megoldásokkal, automatizált funkciókkal felszerelt járművek használatából fakadó közvetlen élmények és tapasztalatok még csak a népesség egy nagyon szűk szegmensében (4-5%) jelentkeznek: a legtöbben a parkolási asszisztenciáról, a sebességkontrollról, az automatikus követési távolságtartásról, illetve sávtartásról hallottak

már bizonyos információkat. Csizmadia (2017) hívja fel a figyelmet az innováció kipróbálásának jelentőségére annak elfogadása során. Minél több lehetőség nyílik az adott újítás kockázatmentes kipróbálására és minél nyilvánvalóbbak, átláthatóak az eredmények, annál gyorsabb ütemű adoptálásra lehet számítani (Csizmadia, 2017).

Mindez felveti azt a kérdést, hogy egy olyan radikális innováció, mint az önvezető jármű elfogadása hogyan ragadható meg a lehető legpontosabban?

A fenti kihívásokra reagálva egy olyan komplex mérési módszer pilot tesztelését hajtottuk végre, amely az ismert technológiaelfogadási modelleket valós idejű neurotudományi vizsgálattal egészíti ki, azaz

- a kísérletbe bevont alanyok számára lehetővé teszi az önvezető technológia kipróbálását,
- a próbaút előtt és után egyaránt lekérdezi az UTAUT-2 kérdőívet,
- a hagyományos kérdőíves módszereket kiegészíti valós idejű fiziológiai-biológiai (elektroencefalográfiás - EEG és szemmozgáskövetéses - ET) mérésekkel,
- a biológiai reakciókat az önvezető járműben történő utazás közben folyamatosan rögzíti.

Kiemeljük, hogy eredményeink még pilot eredmények, ugyanakkor alkalmasak a módszer alátámasztására, és egy lehetséges választ adnak a korábban hivatkozott limitációkra.

Jelenlegi módszerek az önvezető járművek fogyasztói elfogadásának feltárására

Az önvezető járművek fogyasztói elfogadása egyre szélesebb körben kutatott terület. Ez már abból is látszik, hogy 2018-ban 474, 2019-ben 619, 2020-ban 626, 2021-ben 805 és 2022-ben már meghaladta a 110-et a kapcsolódó új tanulmányok száma a nemzetközi szakirodalomban. Braun (2020) mobilitással kapcsolatos elemzése arra a megállapításra jut, hogy az érintettek társadalomtechnikai képzelete nagyban befolyásolhatja az előttünk álló folyamatok alakulását. Az új technológiák fogyasztói elfogadásának megértéséhez használt kutatási módszertan igen sokrétű: az észszerű cselekvés elmélete (Fishbein & Ajzen, 1975), a tervezett magatartás elmélete (Ajzen, 1991), a technológiaelfogadási modellek (TAM) (Davis, 1989; Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh & Bala, 2008), vagy a technológiaelfogadás és -használat egységesített elmélete (UTAUT) (Venkatesh & Bala, 2003; Venkatesh, Thong & Xu, 2012). A gazdasági szakirodalomban leginkább a TAM és az UTAUT modellek alkalmazása terjedt el az önvezető járművek fogyasztói elfogadásának vizsgálatára során (Koul & Eydgahi, 2018; Müller, 2019; Smyth, Chen, Donzella & Woodman, 2021). A fenti modellekben módszertani szempontból közös, hogy függő változójuk a használati szándék (BI – Behavioural Intention), melyet az adott modell által definiált független változók befolyásolnak. Másrészt a fogyasztó használati szándék-kutatása minden esetben kérdőíves megkérdezésen alapul (Keszey & Zsukk, 2017).

A TAM (Davis, 1989) és UTAUT (Venkatesh et al., 2003) modelleknek számos adaptációja használatos. Az

eredeti modellben használt változók mellett (várható teljesítmény, várható erőfeszítés, szociális hatás, elősegítő feltételek, hedonista motiváció, ár-érték percepció) a kutatók gyakran új független változókat emelnek azokba – így az önzetű technológiák elfogadása során is találunk olyan új tényezőket, melyekkel a kutatók igyekeznek minél sokoldalúbban feltárni a használati szándékot meghatározó tényezőket. A terjedelmi korlátok miatt, a teljesség igénye nélkül, cikkünkben csak néhány érdekes megállapítást közlünk:

- **innovációs nyitottság:** számos kutatásban kap szerepet az egyének innovációs nyitottsága, mivel azok, akik negatív attitűddel állnak az új technológiákhoz, eleve negatívan látják a használat észlelt egyszerűségét, míg az innovációs nyitottság szignifikáns pozitív hatást gyakorol a használati szándékra (Kapsner et al., 2021; Leicht, Chtourou & Youssef, 2018; Bacarella et al., 2020),
- **észlelt zöld hasznosság:** Wu és szerzőtársai (2019) tanulmányukban az észlelt „zöld” hasznosság használati szándékra tett szignifikáns pozitív hatására mutattak rá,
- **kiberbiztonság:** Kaur és Rampersad (2018) kutatásukban megállapították, hogy az emberek jelentős hányada attól tart, hogy önzetű járműben történő utazás közben egy az esetleges hackerek általi helyzetmeghatározás, követés vagy megfigyelés okán sérül autonómiájuk,
- **észlelt kockázat:** Zhang és szerzőtársai (2021) rámutattak, hogy az észlelt kockázat negatív hatással bír a használati szándékra,
- **változók eliminálása:** találunk arra is példát, hogy a modellek független változói közül némelyeket eltávolítottak. Nordhoff és szerzőtársai (2020) számos országot érintő, több ezer elemszámú mintán azt tapasztalták, hogy a használat észlelt egyszerűsége nem befolyásolja a használati szándékot. Madigan és szerzőtársai (2017) hasonló eredményre jutottak, azonban esetükben az észlelt egyszerűségeon kívül a hedonista motiváció sem gyakorolt szignifikáns hatást a használati szándékra.

Magyarországon egyre több kutatási eredmény jelenik meg az önzetű járművekkel kapcsolatos társadalomtudományi kérdésekben, ezek döntő többsége azonban elméleti jellegű. A magyar kutatók az önzetű autók morális kérdéseit (Miskolczi et al., 2021), jogi kérdéseit (Ambrus, 2019; Kecskés, 2020), a felelősségteljes innovációval való kapcsolatát (Lukovics et al., 2018), a kormányzati költségvetésre és foglalkoztatottságra (Gyimesi, 2019), életmódra és gazdaságra gyakorolt hatását (Banyár, 2019), városokkal való kapcsolatát (Lados & Tóth, 2019; Smahó, 2021), társadalmi hatásait és elfogadottságát (Csizmadia, 2019; Páthy, 2019; Szemerédi, 2019) vizsgálják elméleti szempontból.

Az önzetű járművek társadalmi megítélését több hazai szerző is vizsgálja. Madarász és Szikora (2018) leíró statisztikai elemzés használatával fogalmazták meg megállapításaikat. Majó-Petri és Huszár (2020) PLS útelemz-

séből kiderül, hogy az attitűdnek, a biztonságnak, illetve a szociális hatásnak van érdemi befolyása az önzetű járművek kipróbálási szándékára. Fontos megállapításuk emellett, hogy Magyarországon még nem található meg az önzetű technológiával kapcsolatos érdeklődés kritikus tömege, így nem láthatók sem a fogyasztói elvárások, sem a szignifikáns elfogadás vagy elutasítás. Csizmadia (2021) az önzetű járművekkel kapcsolatos lakossági ismereteket, tapasztalatokat és általános vélekedést vizsgálta. Megállapította, hogy az önzetű járművekkel kapcsolatos hírek, ismeretek egyre szélesebb körben (60-70%) terjednek, viszont a már most is elérhető önzetű megoldásokkal, automatizált funkciókkal felszerelt járművek használatából fakadó közvetlen élmények és tapasztalatok még csak a népesség egy nagyon szűk szegmensében (4-5%) jelentkeznek. Páthy (2021) az önzetű járművek néhány konkrétan körülírható előnyös, illetve hátrányos tulajdonságával való egyetértés mértékén keresztül vizsgálta az önzetű technológiához való viszonyulást. Eredményeiben kiemeli, hogy az önzetű autók várható előnyeivel és hátrányaival való egyetértés mértéke és az azt meghatározó tényezők vizsgálata során általánosságban megállapítható, hogy a bizonytalanság és kockázat erőteljesebben jelenik meg a lakosság részéről, mint a pozitív hatások elfogadása.

A fent tárgyalt kutatások eredményeiben közös, hogy a kutatók eltérő független változókat találtak a használati szándékkal kapcsolatban, sőt egyes független változók eliminálása is megtörtént (Pelsöci, Nagy & Gáti, 2021; Semenova, 2020). A kutatásokat elemezve, elmondható, hogy nagyrésztük online kérdőíves módszert alkalmazott, illetve a válaszadók csak egész kicsiny hányada rendelkezett friss, valós tapasztalatokkal az önzetű járműben történő utazásról. Ebből adódóan a kitöltők csak feltételezéseik alapján tudhattak választ adni a feltett kérdésekre, melyek egy kipróbálást követően megváltozhatnak.

A neurotudomány által kínált mérési, módszertani lehetőségek

A kísérleti pszichológia és a neurotudomány mérés-technikai fejlődése korábban elérhetetlen lehetőségeket kínál arra, hogy életszerű, valós helyzetekben vizsgáljuk a viselkedés olyan aspektusait, mint például a szemmozgás, vagy az agy idegsejtjeinek aktivitása. Ezeket neurotudományos eszközöket előttünk is bevetették már az önzetű járművekkel kapcsolatos méréseknél, de a laboratóriumi mérőeszközök miatt e kutatások jelentős része videó vagy szimulátor segítségével igyekezett illusztrálni, vagy utánozni az önzetű autóban való utazás élményét (pl. Lee & Yang, 2020; Park, Shahrardar & Nojumian, 2018; Seet et al., 2020). A hordozható mérőeszközök megjelenésével azonban lehetőség nyílt arra, hogy “in situ” vizsgáljuk a fiziológiai reakciókat (pl. Abdur-R. et al., 2016), még pontosabb képet adva akár az utazás közben átélt reakciókról, hiszen bár a szimulációs környezetben végzett kutatások előnye, hogy jól kontrollálhatók, ez a kontroll gyakran a validitás rovására megy (Xu et al., 2021; Zoellick, Kuhlmeier, Schenk, Schindel & Blüher, 2019). A

mérőeszközök fejlődése mellett az elemzési eljárások is egyre több lehetőséget nyitnak a valós helyzetekben mért adatok részletesebb vizsgálatára. A komplex, nemlineáris idősoros elemzések többek között lehetővé teszik, hogy az adatok teljes spektrumát figyelembe véve vonjunk le következtetéseket. Módszertani szempontból három fronton igyekeztünk előrelépni: neurotudományos mérések valódi jármű navigálása során, szemmozgás és EEG együttes alkalmazása, valamint hagyományos és komplex analitikus eljárások párhuzamos bevetése.

A neuroökonómia egyre szélesebb körű elterjedését néhány példával az 1. táblázatban szemléltetjük, kiemelve azokat a vizsgálatokat, melyek az önzetítő technológiák fogyasztói megítélését vették górcső alá.

a viselkedés alakulásával. Ezen utóbbi megközelítés különösen sok érdekes eredményt hozott az utóbbi évtizedben. A szem, a fej, a kéz mozgása megbízható kapcsolatot mutat pl. (Palatinus et al., 2014; Wallot, 2015; Story, 2016; Freije, 2018). Ezért tartottuk fontosnak, hogy az önzetítő járművekben való utazások alatt gyűjtött adatokat is komplex elemzési eljárásokra támaszkodva vizsgáljuk meg.

Az EEG-vizsgálat

Vizsgálatunkban a marketingben már jól ismert szemkamera mellett EEG-módszert is alkalmaztunk. Az EEG-vizsgálat alapja az emberi agy azon tulajdonsága, miszerint folyamatosan aktív, akkor is, ha éppen nem gondolunk semmire vagy alszunk (Luck, 2014). Ez az

1. táblázat

A neuroökonómia eddigi alkalmazási területei

Alkalmazási terület	Vizsgálat tárgya	Szerzők	Kutatási eszközök	Vizsgálat
neurotudomány a marketingkutatásban	termék észlelés	Alvino (2008)	EEG	Bor, fogyasztói preferenciák, szociális hatás
		Bruce et al. (2014)	fMRI	McDonald's, csomagolástervezés hatása az íz érzetere, gyermekek
		Ford (2019)	fMRI	IPhone, termékekhez való kötődés, érzelmek
		Khusbaba et al. (2013)	fMRI, EEG, ET	Rágcsálnivalók, termékjellemzők, termékpreferenciák
		Yoon et al. (2006)	fMRI	Termékek és személyek megítélése, összehasonlítás
	fogyasztói magatartás	Ariely & Berns (2010)	fMRI	Élvezeti cikkek, fizetési hajlandóság, jutalmazási központ
		Barnett & Cerf (2017)	EEG	Filmelőzetesek, fizetési hajlandóság, előrejelzés
		Pozharliev (2017)	EEG	Márkázott termékek, szociális hatás
		Venkatraman et al. (2015)	fMRI	Reklámfilmek, reklámhatás vizsgálat, előrejelzés
		Vorster (2015)	EEG	Hanghatások használata a márkaépítésben
Neurotudomány az önzetítő járművek kutatásában	ember-gép reakció (HMI)	Arakawa et al. (2019)	EEG, ET, HRP	Szimuláció, vezetési módok közötti váltás, nyugtalanság
		Lee & Yang (2020)	EEG	L3 AV, értesítés a vezetés visszavételéről
		van der Heiden et al. (2018)	EEG	Szimuláció, reakció külső hangokra, AV vs. vezet, vs. egy helyben
		Yang et al. (2018)	EEG	Szimuláció, vezetési stílus, csoportosítás
		Navarro et al. (2016)	ET	Szimuláció, AV vs. vezetés, figyelem
	önzetítő járművek használati szándéka	Park (2018)	EEG	AV bizalom, pozitív vs. negatív tapasztalat, bizalom újjáépíthető
		Stephenson et al. (2020)	ET	L4 AV, idősebb emberek, szorongás változik a próba után
		Strauch et al. (2019)	ET	Szimuláció & AV, vezetési stílus, bizalom
		Hochman et al. (2020)	ET	Szimuláció, gyalogosok reakciói AV-re
		Cisler et al. (2019)	EEG, ET, HRP	Sofőr kognitív bevonódása vezetés közben

Rövidítések: HRP: szívritmus megfigyelés, ET: szemmozgáskövetés, EEG: elektroencefalográfia, fMRI: funkcionális mágneses rezonancia vizsgálat

Forrás: saját szerkesztés

A szemmozgáskövetés-vizsgálat

A XX. század vége óta ismeretes, hogy a szemmozgás szoros kapcsolatban áll egy sor kognitív és affektív folyamattal és ez fontos információforrása emeli általában a kognitív viselkedés, a tanulás és az érzelmi változások vizsgálatában. Itt is megkülönböztethetünk két megközelítést. A kutatók vagy a tekintet fókuszának helyét és fixációs időket választják ki a rögzített adatok közül további elemzésre, vagy a szem mozgásába fektetett energia változásának egészét, annak teljes spektrumát vetik össze

aktiváció elektromos jelek formájában elvezethető a hajas fejbőrrel és non-invazív módon EEG segítségével mérhető. Az EEG oszcillációkat különböző frekvenciatarományokra oszthatjuk, amelyek egymáshoz való aránya a koponya meghatározott területein különféle affektív (Harmon-J. & Gable, 2018; Hartikainen, 2021; Sun, Peräkylä & Hartikainen, 2017) és kognitív állapotokat tükröz (Lee & Yang, 2020; Jun & Smitha, 2016; Kim, Ko & Kim, 2020; Minguillon, Lopez-G., & Pelayo, 2016; Yi Wen & Mohd A., 2020).

Vizsgálatunkban két EEG-n alapuló mutatót alkalmaztunk az önvezető autóban átélt tapasztalatok vizsgálatára, amelyek már korábbi tanulmányokban is megbízhatónak bizonyultak. Az affektivitás mérésére az úgynevezett frontális alfa aszimmetriát alkalmaztuk, amely a jobb és a bal agyfélteke közti alfa (8-12 Hz közti tartomány) hullám tevékenységére épül. A magasabb értékek motivált, megközelítő, vagyis pozitívabb érzelmekeket tükröznek, míg az alacsonyabb értékek inkább az elkerülésre utalnak (Harmon-J. & Gable, 2018; Hartikainen, 2021; Sun et al., 2017). A másik mutató az arousal, vagyis az általános éberség, izgatottság mértékével függött össze: mivel a magasabb frekvenciájú agyi elektromos tevékenység magasabb éberségi szintre, stresszre utal, így amennyiben a magasabb (béta, illetve gamma: 13-60 Hz között) frekvenciák vannak túlsúlyban az alacsonyabbakhoz (alfa: 8-12 Hz) képest, magasabb arousalszintről beszélhetünk (Lee & Yang, 2020; Jun & Smitha, 2016; Kim et al., 2020; Minguillon et al., 2016; Yi W. & Mohd A., 2020).

Korábbi kutatások már tettek kísérletet arra, hogy a résztvevők EEG-tevékenységét vizsgálják, miközben önvezető jármű szimulátorban ültek vagy vezették azt. Park és munkatársai (2018) azt találták, hogy amennyiben a résztvevők passzívan ültek egy szimulátorban, a magasabb frekvenciák aránya megnőtt akkor, amikor a jármű veszélyes helyzetekbe került (például megszegte a közlekedési szabályokat), szemben a nyugodt vezetéshez képest. Hasonlóképp, a hatékony figyelmeztető jelzések szintén magasabb éberségre utaló magasabb frekvenciájú agyi tevékenységgel jártak együtt (Lee & Yang, 2020). Az affektivitás tekintetében pedig elmondható, hogy az autó feletti kontroll igényével mutatott összefüggést, tükrözve a rendszer iránti bizalmat (Seet et al., 2020).

Bár a szimulációs környezetben végzett kutatások előnye, hogy jól kontrollálhatók laboratóriumi közegben, ez a kontroll gyakran az ökológiai validitás rovására megy (Xu et al., 2021; Zoellick et al., 2019). Ebből kiindulva célunk volt egy olyan kísérleti elrendezés kialakítása, amelybe mind a kérdőíves, mind az elektrofiziológiai módszerek jól integrálhatóak, miközben az ökológiai validitás sem sérül jelentősen.

A primer kutatás: valós idejű vizsgálatok önvezető járműben

Primer kutatásunk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy miként tudnak hozzájárulni a kipróbálás során alkalmazott neurotudományi mérési módszerek az önvezető járművek használati szándékának jobb megértéséhez. Kiindulásként az üzleti tudományok terén általánosan alkalmazott UTAUT-2 modellt vettük alapul.

Az UTAUT-2 modellt már számos iparágban és változatos kutatási helyzetekben validálták, így ahhoz nem férhet kétség, hogy képes a használati szándék előrejelzésére. Mégis érdemes kiemelni néhány korlátját az önvezető technológiák elfogadásának előrejelzése során:

- Az UTAUT-2 kérdőíveket a legtöbb esetben olyan egyénnel töltetik ki, akik még nem ültek önvezető autóban – vagy, ha ültek is, akkor sem a kérdőív kitöltését közvetlenül megelőző időben. Feltételez-

hetjük, hogy a tényleges kipróbálás releváns hatással lehet(ne) véleményükre.

- Az egyének gyakran nehezen tudnak beszámolni érzelmi reakcióikról, azok akár nem is tudatosak, mégis befolyásolják az átélt eseményekről képződő élményüket, így hatással lehetnek attitűdjükre, és jövőbeli (újabb) kipróbálási szándékukra.

Az első korlátra akként kívántunk reagálni, hogy a kutatásban résztvevőket egy lezárt kísérleti pályán önvezető autóba ültettük és az UTAUT-2 kérdőívet minden résztvevővel kétszer töltöttük ki: egyszer közvetlenül önvezető autó kipróbálása után egyszer pedig pár nappal korábban.

Az érzelmi tényezők hatását neurotudományi mérőeszközök és módszerek alkalmazásával vizsgáltuk. Egyfelől az érzelmi reakciók mérését megkérdéztetéses módon a PANAS (Positive and Negative Affect Schedule – magyarul: Gyollai et al., 2011) skálával mértük, amely során a kitöltőnek egy ötfokú Likert-skálán (1-5) kell kifejeznie az egyetértését azzal, hogy bizonyos érzelmi állapotok mennyire jellemzőek rá az adott pillanatban. A skála 20 tételt tartalmaz, amelyből tíz pozitív, tíz negatív hangulatra utal. Másfelől pedig szemkamerát és mobil EEG-t alkalmazva igyekeztünk beazonosítani az egyének azon fiziológiai reakcióit (pupillareakció, agyi hullámtevékenység változása), melyek érzelmi folyamatokra utalhattak.

A vizsgálat során használt változókat a 2. táblázatban összegeztük – ahol a mesterséges változók mögött feltüntetettük az eredeti változókat. Az UTAUT-2 dimenziók méréséhez használt kérdéseket minden esetben ötfokú Likert-skálán kérdeztük le.

Mindezek alapján az alábbi három hipotézis vizsgálatát végeztük el.

Mivel a tényleges kipróbálás jelentősen befolyásolhatja az önvezető autóról kialakult véleményt (Liu, Xu & Zhao, 2019; Raue et al., 2019; Xu et al., 2018; Park, 2018; Stephenson et al., 2020; Arakawa et al., 2019; Strauch et al., 2019), így feltételezhetjük, hogy egy előzetesen (kipróbálás nélkül) kitöltött kérdőív esetében másként nyilatkoznak az alanyok bizonyos független változókról (például érzelmi tényezőkről), így azok használati szándékra történő hatása is más, mint a kipróbálást követően.

H1: Eltérő tényezőkkel magyarázható az önvezető jármű használati szándéka kipróbálása előtt, mint kipróbálás után.

Ahhoz, hogy az UTAUT-2 modellt neurotudományi módszerekkel egészíthessük ki először is el kell fogadnunk azt, hogy az alkalmazott neurotudományi módszerek képesek ugyanazt a jelenséget megragadni, mint az UTAUT-2 modell. A nemzetközi szakirodalomban számos példát találunk arra, hogy neurotudományos módszerekkel vizsgálták az önvezető járművekhez kapcsolódó fogyasztói reakciókat (Park, 2018; Stephenson et al., 2020; Strauch et al., 2019; Hochman et al., 2020). Jelen kutatásban arra teszünk kísérletet, hogy neurotudományi módszerekkel meghatározott független változók és az UTAUT-2 modellben szereplő függő változó (használati szándék) között találjunk összefüggést.

A vizsgálat során használt változók

Hagyományos UTAUT-2 független változók		
Változó neve	Magyarázata és a mögöttes eredeti változók	Szakirodalmi alkalmazása
Várható teljesítmény [performance expectancy - PE] (Cronbach's α : 0,92)	<ul style="list-style-type: none"> – Mindennapjaim során hasznos – Gyorsabban elérném úticéljaim – Egyszerűbben közlekednék – Nem jelentene többé gondot a parkolás 	Venkatesh & Bala (2003)
Várható erőfeszítés [effort expectancy - EE] (Cronbach's α : 0,99)	<ul style="list-style-type: none"> – Egyszerű lenne megtanulnom használni – Felhasználóbarát lenne – Könnyű lenne használni – Nem kellene hozzá jogosítvány 	Venkatesh & Bala (2003)
Társadalmi hatás [Social influence - SI] (Cronbach's α : 0,87)	<ul style="list-style-type: none"> – Ösztönöznének a használatra – Büszkén megmutatnám másoknak – Ismerősök pozitívan állnának ahhoz, ha használnám – A barátaimat érdekelné, hogy használok-e 	Venkatesh & Bala (2003)
Elősegítő feltételek [Facilitating conditions - FC] (Cronbach's α : 0,99)	<ul style="list-style-type: none"> – Anyagi feltételekkel rendelkezem – A szükséges tudással rendelkezem – Kompatibilis technikai eszközökkel – Számíthatok mások segítségére 	Venkatesh & Bala (2003)
Hedonista motiváció [Hedonic motivation - HM] (Cronbach's α : 0,85)	<ul style="list-style-type: none"> – Élmeny lenne – Jól szórakoznék használat közben – A felszabadult időt szórakozással tölteném – Élvezném a használatot 	Venkatesh et al. (2012)
Utilitáriánus motiváció [Utilitarian motivation - UM] (Cronbach's α : 0,93)	<ul style="list-style-type: none"> – Több időm lenne dolgozni – Több időm lenne másokkal egyeztetni – Több időm lenne feladataimra – Több időm lenne ügyintézésre 	Kapser et al. (2021)
Ár – érték percepció [Price-value - PV] (Cronbach's α : 0,73)	<ul style="list-style-type: none"> – Elfogadható áron lehetne hozzájutni – Jó ár-érték aránnyal rendelkezne – Többletköltség árán is megvenném – Drágább lesz, mint a hagyományos autó – Tömegközlekedésnél azonos lesz az ár – Tömegközlekedés és taxi esetén drágább – Többlet ktsg. árán is megérne önzetítő taxiban és -tömegközlekedéssel utazni 	Venkatesh et al. (2012)
Az önzetítő autók használatára adaptált UTAUT-2 modell független változói		
Változó neve	Magyarázata és a mögöttes eredeti változók	Szakirodalmi alkalmazása
Észlelt kockázat [Perceived risk - PR] (Cronbach's α : 0,90)	<p>Pszichésen mennyire (lesz) megterhelő az önzetítő autózás.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Félek a használatától – Több balesetet okozna – Félek attól, ha csak önzetítő járművek AV-k közlekednek – Félek, hogy félrenavigál – Félek, hogy a rólam gyűjtött adatok rossz kezekbe kerülnek – Félek, hogy saját AV-m balesetet okoz – Félek, hogy hirtelen meghibásodik – Félek, hogy hackerek feltörik – Félek, hogy milyen lenne AV-ben ülve hagyományos járművel találkozni – Félek, hogy hibásan érzékelné a gyalogosok és kerékpárosok mozgását – Félek, hogy rossz időjárási viszonyok mellett nem működne megfelelően 	Liu et al. (2019)
Észlelt biztonság [Perceived safety - PS] (Cronbach's α : 0,87)	<ul style="list-style-type: none"> – Veszélyes lenne a használat – Fokozott figyelmet igényelne a használat – Biztonságban érezném magam benne – Csökkentené a balesetek számát – Rá merném magam bízni – Számomra fontos embereket rábíznék – Jobban bíznék AV-ben, mint emberben – Csak városi környezetben használnám – Csak nyílt úron használnám 	Xu et al. (2019)
Az önzetítő autók használatára adaptált UTAUT-2 modell függő változó		
Változó neve	Magyarázata és a mögöttes eredeti változók	Szakirodalmi alkalmazása
Használati szándék [Behavioral intention - BI] (Cronbach's α : 0,89)	<ul style="list-style-type: none"> – Kipróbálom majd, mikor elérhető lesz – Rendszeresen utazom ha elérhető lesz – Átállnék az AV használatára, mikor elérhető lesz 	Venkatesh & Bala (2003)

Psichológiai tényezők		
Változó neve	Magyarázata	Szakirodalmi alkalmazása
Átélt pozitív érzések	PANAS kérdőív pozitív érzésekre vonatkozó skáláinak összevont értékei: a skála 10 pozitív tételének összpontszáma. A magasabb értékek pozitívabb pillanatnyi hangulatra utalnak.	Gyollai et al. (2011); Wintersberger et al. (2016)
Átélt negatív érzések	PANAS kérdőív negatív érzésekre vonatkozó skáláinak összevont értékei: a skála 10 negatív tételének összpontszáma. A magasabb értékek negatívabb pillanatnyi hangulatra utalnak.	Gyollai et al. (2011); Wintersberger et al. (2016)
Szemmozgás 1	A szemmozgás multifraktál spektrum szélességében mért relatív különbség a sofőrös és az önvezető kondíciók között, a pálya első szakaszán.	Chhabra & Jensen (1989)
Szemmozgás 2	A szemmozgás multifraktál spektrum szélességében mért relatív különbség a sofőrös és az önvezető kondíciók között, a pálya második szakaszán.	Chhabra & Jensen (1989)
EEG Arousal	Százalékos változás a sofőröshöz képest az önvezető feltételben.* Az arousal szintjét az egyes feltételekben az alábbi módon határoztuk meg: (béta és gamma frekvenciakon mért aktiváció)/alfa aktiváció.	Lee & Yang (2020); Jun & Smitha (2016); Kim et al. (2020); Minguillon et al. (2016); Park et al. (2018); Yi Wen & Mohd Aris (2020)
EEG Affektivitás	Százalékos változás a sofőröshöz képest az önvezető feltételben. A százalékos változás a két feltételben az arousalal megegyezően került kiszámolásra.**	Harmon-Jones & Gable (2018); Hartikainen (2021); Seet et al. (2020); Sun et al. (2017)

* Mivel az abszolút különbségek a sofőrös és az önvezető feltétel között egyénekenként nagyban eltérhetnek, ami nehezen értelmezhető különbségekhez vezethet, ezért a két feltétel közti különbséget úgy definiáltuk, mint százalékos különbséget, ahol a 100% a sofőrös feltétel, és azt határoztuk meg, hogy ehhez képest hány %-ban tér el az önvezető feltétel. Így egyfajta normalása történt az adatoknak egyéneken belül, a százalékos különbségek pedig adekvát összehasonlítást tesznek lehetővé személyek között.

** Az affektivitást a frontális alfa aszimmetria jelezte, amely a jobb és a bal frontális terület aktiváció különbségeként került meghatározásra az alábbi módon: $F_{4_{log10}} - F_{3_{log10}}$. (Az F4 a jobb, az F3 a bal oldali frontális területre helyezett EEG elektródán mért elektromos aktivációt jelzi).

H2: Neurotudományi módszerekkel hatékonyan vizsgálható az önvezető járművekre vonatkozó használati szándék.

Célunk nem az UTAUT-2 modell helyettesítése, hanem kiegészítése volt egyfelől megkérdezéses módszerrel (érzelmekekre vonatkozó kérdésekkel), másfelől EEG és szemkamera alkalmazásával. Ahhoz, hogy e komplex kutatási megoldás jogosultságát igazoljuk, bizonyítanunk kellett, hogy hatékonyabb, a függő változót (használati szándék) jobban magyarázó megoldáshoz jutunk a neurotudományi vizsgálatok alkalmazásával.

H3: A neurotudományi mérések és az UTAUT-2 kérdőív hatékonyan alkalmazhatók együtt, a modell magyarázó ereje nagyobb, mint pusztán UTAUT-2 kérdőív esetén.

A kutatás menete és résztvevői

Adatfelvételünket a Szegedi Repülőtéren végeztük (ICAO: LHUD). A mérés előtti napokban vagy közvetlenül a mérés előtt a helyszínen a vizsgálati személyek kitöltötték egy kérdőívcsomagot, amely az UTAUT-2 kérdőívet és egyéb pszichológiai skálákat tartalmazott (utóbbi eredményeit jelen tanulmányban nem részletezzük). Miután a résztvevők elolvasták és aláírták az informált beleegyezést, kitöltötték a PANAS skálát, majd konduktív gél segítségével felhelyeztünk rájuk hat EEG-elektrodát. Az EEG felszerelése után a szemmozgáskövető szemüveget is feltettük a vizsgálati személyekre, majd annak érdekében, hogy meggyőződjünk arról, hogy a műszerek megfelelően működnek, egy baseline blokkot vettünk fel, amelyben a résztvevőknek egymás után 23, különböző érzelmet indukáló képeket mutattunk az Open Affective Standardized Images Set (OASIS; Kurdi et al., 2017) adatbázisból.

A résztvevő és két kísérletvezető beült az önvezető járműbe, amelyet egy hivatásos taxisofőr vezetett. A résztvevő az anyósülésen foglalt helyet, míg a kísérletvezetők a hátsó ülésre ültek. A vizsgálati személynek semmi feladatot nem kellett végeznie az utazás során, csak nyugodtan kellett ülnie, ahogy a hétköznapiakban is tenné utasként, arra ügyelve, hogy kerülje a gyakori pislogásokat és a nagyobb mozdulatokat, hiszen ezek rontják az elektrofiziológiai jelek minőségét. A jármű kétszer tette meg az utat az erre a célra kijelölt, 1185 m hosszú és 30 m széles L-alakú kifutópálya végéig és vissza: először a sofőr vezette az autót (sofőrös feltétel), másodjára pedig a sofőr önvezető módba kapcsolta a járművet és levette a kezét a kormányról (önvezető feltétel). A tesztpálya egy lezárt repülőtér kifutópályája volt, így semmilyen érdemi külső veszély, vagy a vizsgálatot befolyásoló inger (jármű, gyalogos) nem befolyásolta a résztvevőket. Az utazás végén, miután a résztvevő elhagyta a járművet és az EEG és a szemmozgáskövető szemüveget leszereltük, ismét kitöltötte a PANAS és az UTAUT-2 kérdőíveket.

Szemmozgáskövetés adatfeldolgozás

A nyers szemmozgásadatokról minden próba esetében kiválasztottuk a legkevésbé zajos, 5000 adatpontból álló középső szakaszt és a Chhabra és Jensen (1989) által kidolgozott direkt multifraktálspektrum-elemzést végeztük el. Mindkét kondícióban külön elemeztük a kifutópálya végén történt forduló előtt és után rögzített adatokat. Ahhoz, hogy össze tudjuk hasonlítani az automatikus navigáció és a sofőr által vezetett próbákat kiszámoltuk minden vizsgálati személynél a fraktál spektrum szélességének különbségét és a különbségek arányát, vagyis százalékos eltérését. Végül a statisztikai modellek építése során pre-

diktorként szerepeltettük a multifraktál spektrum szélességét és a két kondíció összevetéséből származó különbségeket is.

Az EEG-adatfeldolgozás

A zajos EEG-szakaszok eltávolítása után a szakirodalom alapján minden egyes személy esetében kiszámoltuk az affektivitásra és az arousalra vonatkozó mutatóinkat (lásd 2. táblázat) külön a sofőrös és az önvezető feltételekben, valamint kiszámoltuk a százalékos változást a sofőrös és az önvezető feltétel között.

A kutatás eredményei

Az első hipotézis (H1: *Más tényezőkkel magyarázható az önvezető jármű használati szándéka kipróbálása előtt, mint kipróbálás után.*) vizsgálatát többváltozós lineáris regressziós modell segítségével végeztük el, amelyben a függő változó a használati szándék volt, míg magyarázó változóként a hagyományos UTAUT-2 modell független változóit szerepeltetjük. Ehhez egyfelől az önvezető autóban történő utazás előtt kitöltött kérdőív alapján, másfelől pedig az utazás után kitöltött kérdőív adatai alapján illesztett regressziós modellek eredményeit hasonlítottuk össze. A 3. táblázatban látszik, hogy a modell magyarázó ereje jelentősen emelkedett (92,3% vs. 62,8%) abban az esetben,

ha az utazás utáni értékekből következtettünk a használati szándékra.

Érdekes eredményre jutottunk a magyarázó változók parciális hatásainak vizsgálatakor, amelyet a standardizált regressziós együtthatók értékei alapján vizsgáltunk: más-más független változók hatásai váltak markánsná. A magyarázó változók parciális hatásainak vizsgálata előtt meg kell győződnünk azok függetlenségéről, azaz arról, hogy a modellben ne legyen káros mértékű multikollinearitás. Ennek vizsgálatát a VIF (Variable Inflation Factor) értékek alapján végeztük el (ahol öt alatti VIF-értéket vártunk el). Ahogy az a 4. táblázatban látszik, az utazás előtt a modellben nem volt káros mértékű multikollinearitás, és a várható teljesítménynek, valamint a várható erőfeszítésnek volt a legnagyobb hatása a használati szándékra. Az utazás után más tényezők voltak erős hatással a használati szándékra – meg kell azonban jegyeznünk, hogy ezen eredményeknél jelentős multikollinearitást tapasztaltunk két független változó esetében is (társadalmi hatás, ár-érték percepció). Mivel a VIF-mutató magyarázóváltozóhoz próbálja kötni a multikollinearitást, így ezt akként kezeltük, hogy a legnagyobb VIF-értékkel (6,9) rendelkező, Társadalmi hatás változót eltávolítottuk a modellből (így jött létre az Után 2 modell), így a multikollinearitást is határérték alá csökkentve.

3. táblázat

Az utazás előtt, illetve után kitöltött UTAUT-2 kérdőívekből képzett modellek magyarázó erejének összehasonlítása

Modell	Többszörös korreláció, R	Magyarázó erő, R ²	Korrigált R ²	Reziduális szórás
UTAZÁS ELŐTT	,793 ^a	0,628	0,405	0,62292
UTÁN 1	,960 ^a	0,923	0,835	0,38893
UTÁN 2*	,888 ^a	0,789	0,602	0,60511

*A Társadalmi hatás változót multikollinearitás miatt eltávolítottuk az UTÁN1 modellből, így jött létre az UTÁN 2

Forrás: saját szerkesztés

4. táblázat

A UTAUT-2 modell változóinak hatása a használati szándékra

Független változó	ELŐTT: standardizált regressziós együtthatók	UTÁN 1: standardizált regressziós együtthatók	UTÁN 2: standardizált regressziós együtthatók	ELŐTT:	UTÁN 1:	UTÁN 2:
				VIF	VIF	VIF
Várható teljesítmény – PE	0,446	-0,278	-0,110	1,273	2,015	1,804
Várható erőfeszítés – EE	0,410	0,222	0,287	2,141	1,925	1,893
Társadalmi hatás – SI	0,222	0,964	-	2,081	6,970	-
Elősegítő feltételek: FC	-0,147	-0,299	-0,099	2,475	4,172	3,872
Hedonista motiváció – HM	0,069	0,489	0,512	1,855	2,885	2,881
Utilitáriánus motiváció – UM	-0,149	-0,081	0,012	1,327	1,671	1,607
Ár – érték percepció – PV	-0,005	-0,357	0,120	1,820	6,448	4,744
Szorongás	0,069	-0,432	0,164	1,303	4,614	1,953
Észlelt biztonság – PS	0,164	0,113	0,369	2,286	2,973	2,484

Forrás: saját szerkesztés

Összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy az utazás után kitöltött kérdőívből képzett (Után 2) modell magasabb magyarázó erővel (79% vs 63%) bír, mint a kipróbálás előtti válaszokból képzett modell, és emellett a magyarázó változók hatásai is különböznek attól. Míg a kipróbálás előtt a funkcionális tényezők (várható teljesítmény, várható erőfeszítés) voltak jelentős hatással a kipróbálási szándékra, addig kipróbálás után az átélt élmény (hedonista motiváció) lépett elő legfontosabb magyarázó tényezővé. Ezek alapján a H1 hipotézist elfogadjuk.

A második hipotézis (H2) vizsgálatánál is regressziós modellt állítottunk fel, de itt független változóként csak a pszichológiai tényezőket vettük be a modellbe. Előbb pusztán az eszközös mérés szerzett adatokat (EEG és szemmozgáskövetés), majd ezek mellett a PANAS kérdőív adatait vettük be a modellbe. Arra voltunk kíváncsiak, hogy önmagukban az eszközökkel mért relatív változások magyarázzák-e a használati szándékot, amelyet a vezetési élmény után kérdeztük meg, továbbá arra, hogy a PANAS kérdőívvel mért pozitív és negatív érzelmi változás érdemben javít-e ezen modell magyarázó erején. A 5. táblázat eredményei alapján mindkét kérdésre igennel felelhetünk. Habár nem kifejezetten magas a pusztán EEG és szemmozgáskövetésből származó adatokra támaszkodó modell magyarázó ereje (50%). A PANAS kérdőív alapján mért érzelmi változásokat is a modellbe illesztve a magyarázó erő (65%) nő – bár nem haladja meg az Után 2 modell magyarázó erejét (79%). Vagyis a pusztán pszichológiai eljárásokon nyugvó modell is alkalmazhatónak bizonyult,

hiszen a használati szándék szoros kapcsolatban áll a pszichológiai magyarázó változók együttesével ($R=0,804$).

Azt is megvizsgáltuk, hogy a pusztán pszichológiai méréseken alapuló modellekben mely független változónak a legmagasabb a közvetlen hatása. Ennek eredményeit a 6. táblázatban összegeztük.

A használati szándékra a legerősebb hatással a nyugalmasabb útszakaszban mért szemmozgásadatok és a PANAS alapján mért pozitív érzelmi változás rendelkeztek. Mindezek alapján a H2 hipotézist elfogadjuk. A modell alapján elmondható, hogy a használati szándékot szignifikánsan bejósolta az, hogy a PANAS alapján mekkora mértékű változás következett be az átélt pozitív érzelmekben az utazás előtti állapothoz képest. Mivel a negatív értékek azt mutatják, hogy az egyén pozitív érzelmei nőttek az utazást követően, az eredmények arra engednek következtetni, hogy a pozitív érzelmekben megfigyelhető nagyobb növekedés hatására erősebb használati szándék feltételezhető.

Habár a H2 hipotézisben egymással összevetve ismertettük az UTAUT-2 és a pszichológiai mérések eredményeit, fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy ezeket nem egymás helyett, hanem egymás mellett kívánjuk alkalmazni. Amennyiben az UTAUT-2 modell összes magyarázó változóját és pszichológiai változókat (PANAS, EEG, szemmozgás) is be szeretnénk építeni a modellbe, akkor az eredményeket értelmetlennek tevé mértékű multikollinearitás lép fel a modellben. Emiatt a H3 hipotézis (A neurotudományi mérések és az UTAUT-2 kérdőív haté-

5. táblázat

Pszichológiai módszerekkel mért modell magyarázó ereje

Model	Többszörös korreláció, R	Magyarázó erő, R négyzet	Korrigált R négyzet	Reziduális szórás
EEG (önvezetéskor)+szemmozg	,707	0,500	0,101	0,88723
PANAS+EEG (önvezetéskor)+szemmozg	,804	0,647	-0,060	0,96321

Forrás: saját szerkesztés

6. táblázat

A pszichológiai méréseken alapuló modellek független változóinak hatása

Független változó	PANAS+EEG+szemmozg (önvezetéskor) standardizált regressziós együtthatók	EEG+szemmozg (önvezetéskor) standardizált regressziós együtthatók	VIF PANAS+EEG+szemmozg (önvezetéskor)	VIF EEG+szemmozg (önvezetéskor)
EEG arousal	-0,054	0,212	4,864	2,882
EEG affektivitás	0,174	0,165	1,437	1,342
PANAS alapján negatív érzelmeket élt át	-0,202	-	2,981	
PANAS alapján pozitív érzelmeket élt át	-0,496	-	1,679	
szemmozgás 1. szakasz	-0,916	-0,704	2,520	1,326
szemmozgás 2. szakasz	0,333	0,407	3,693	3,34

Forrás: saját szerkesztés

konyan alkalmazhatók együtt, a modell magyarázó ereje nagyobb, mint pusztán UTAUT-2 kérdőív esetén.) alátámasztására az összes független változó azon kombinációját kerestük, melyekkel a legmagasabb magyarázó erejű modellt tudjuk megalkotni, úgy, hogy a parciális hatások értelmezhetőek legyenek.

Ahogy a 7. táblázatban látható, az utólagos adatfelvétellel zajló UTAUT-2 modell és az EEG-s mérés kombinációja bizonyult a legjobb választásnak, ugyanis e változókból képzett modell használati szándékra vonatkozó magyarázó ereje közel 97%, mely jelentősen magasabb, mint (a multikollinearitással nem terhelt) UTAUT-2-n alapuló utólagos megkérdezéssel Után 2 modell értéke (79%).

A fentiek alapján a H3 hipotézist elfogadjuk, az UTAUT-2 modellen alapuló megkérdezéssel eljárás hatékonyan alkalmazható együtt a pszichológiai mérésekkel.

Diszkusszió

Az önzetítő technológiák társadalmi hatásának vizsgálata már hazánkban is egyre szélesebb körben elterjedt mind elméleti (Csizmadia, 2019; Páthy, 2019; Szemerédi, 2019), mind gyakorlati kutatások (Madarász & Szikora 2018, Majó-Petri & Huszár 2020) terén. Jelen pilot kutatásunk egyedi a tekintetben, hogy a hagyományos megkérdezéssel alapuló módszer mellett neurotudományos eszközök

7. táblázat

Az egyes regressziós modellek magyarázó erejének összevetése

Modell	Többszörös korreláció, R	Magyarázó erő, R ²	Korrigált R ²	Reziduális szórás
UTAUT ELŐTT	,793 ^a	0,628	0,405	0,62292
UTAUT UTÁN 1	,960 ^a	0,923	0,835	0,38893
UTAUT UTÁN 2	,888 ^a	0,789	0,602	0,60511
PANAS+EEG (önvezetéskor)+szemmozg	,804 ^a	0,647	-0,060	0,96321
EEG (önvezetéskor)+szemmozg	,707 ^a	0,500	0,101	0,88723
UTAUT UTÁN 2 + EEG (önvezetéskor)	,983 ^a	0,966	0,887	0,32896

Forrás: saját szerkesztés

8. táblázat

A használati szándékot meghatározó változók hatásainak összevetése az egyes modellek szerint

Független változó	ELŐTT: Std. Beta	UTÁN 2: Std. Beta	EEG +UTAUT Std. Béta
Várható teljesítmény – PE	0,446	-0,110	-0,061
Várható erőfeszítés – EE	0,410	0,287	0,552
Társadalmi hatás – SI	0,222	-	-
Elősegítő feltételek: FC	-0,147	-0,099	0,190
Hedonista motiváció – HM	0,069	0,512	0,318
Utilitáriánus motiváció – UM	-0,149	0,012	-
Ár – érték percepció – PV	-0,005	0,120	-
Szorongás	0,069	0,164	0,439
Észlelt biztonság – PS	0,164	0,369	0,600
EEG Arousal	-	-	0,138

Megjegyzés: Az EEG+UTAUT modellből eltávolítottuk azt a három változót (SI, UM, PV), melyek magas multikollinearitást mutattak

Forrás: saját szerkesztés

Érdekes eredményre jutunk, ha megvizsgáljuk, hogy a legerősebb magyarázó erővel bíró modellben mely független változók hatása a legnagyobb a használati szándékra, és ezt összevetjük a korábban már bemutatott UTAUT-2 utólagos megkérdezéssel alapuló verziójával (8. táblázat). Míg a kipróbálás utáni megkérdezéssel eljárás alapján a hedonista motiváció hatása volt a legerősebb (0,512), addig a magasabb magyarázó erővel bíró, EEG-vel kiegészített, módszer esetén az észlelt biztonság (0,600) és a szorongás (0,439) meghaladta a hedonista (0,318) motiváció jelentőségét.

bevonásával komplex módon igyekszik feltárni a használati szándék teljes spektrumát.

Kutatásunk eredményei alapján kijelenthetjük, hogy érdemes az UTAUT-2 módszert kiegészíteni valós idejű neurotudományos elemzésekkel. Mi több, arra az érdekes megállapításra juthatunk, hogy az általánosan elterjedt módszer (UTAUT-2 kérdőíves megkérdezés) ugyan statisztikailag alkalmas a használati szándék magyarázatára (R²=79%), mégis más tényezők által magyarázza azt, mint egy hatékonyabb (R²=97%), komplex módszer. Míg

előbbi esetben a funkcionális tulajdonságok dominálnak: a fogyasztó által remélt várható teljesítményből és a szükséges erőfeszítésből vezethető le a használati szándék, addig az utóbbi esetben, a kipróbálás után azt láthatjuk, hogy az érzelmi tényezők szerepe (szorongás, észlelt biztonság, hedonista motivációk) dominánssá válik a funkcionális tényezőkkel szemben. Különösen érdekes ez a jelenség annak tükrében, hogy e dominánssá váló érzelmi tényezők közül megkérdéssel pusztán az élményt (hedonista motiváció) tudjuk feltárni. A mélyebb érzelmi tényezők (szorongás, észlelt biztonság) csak abban a modellben bizonyultak jelentősnek, melyben az EEG-s mérés is szerepelt. Érdekes, hogy nem az eszközös mérésből származó tényezők önmagukban bírtak magas magyarázó erővel a modellben, hanem maga a komplex modell bizonyult hatékonynak.

Eredményeink megerősítik Park (2018) EEG-módszerrel végzett kutatásának megállapításait a bizalom fontosságát illetően. Egybevágunk továbbá Stephenson és szerzőtársainak (2020) szemkamerás módszerrel végzett kutatásából származó megállapításokkal, miszerint a kipróbálás megváltoztatja az alanyok véleményét, és a szorongás fontos befolyásoló tényező.

Mindezeket úgy foglalhatjuk össze, hogy a hagyományos kérdőíves módszerekkel ugyan be tudunk azonosítani olyan tényezőket, melyek a válaszadók szerint befolyásolják (majd) az önzetű technológia használatukat, de a tényleges befolyás ennél jóval komplexebb. Míg a kérdőívben kipróbálás nélkül a vélt funkcionális hasznokat tartják fontos tényezőnek, addig kipróbálást követően inkább az élményt. De műszeres vizsgálattal kiegészítve azt láthatjuk, hogy a félelem és szorongás (is) meghatározó tényezők.

Eredményeink elsődleges, releváns pilot eredmények tekinthetők, melynek nyilvánvaló limitációja az adatfelvétel eszköz- és időigényessége, valamint a fiziológiai adatok kiértékeléséhez szükséges módszertani felkészültség igénye. Mindezek jelenleg nem teszik lehetővé azt, hogy a kérdőíves lekérdezéshez hasonló mintanagyságot érjünk el egy-egy technológiaelfogadás vizsgálata során. A neurotudományos mérési eszköztár és módszertan fejlődési tendenciája ugyanakkor reálissá tesz olyan várakozásokat, hogy ezen limitáció már rövid távon kezelhető legyen.

Összegzés

Kutatásunk során vizsgáltuk, hogy miképpen befolyásolja a technológiaelfogadást az önzetű jármű kipróbálásának lehetősége. Valós időben, tudományos eszközrendszerrel, detektáltuk az önzetű autóban megélt fiziológiai folyamatokat. Módszertanunkat a nemzetközi és hazai tudományos körökben elfogadott, a szakirodalomban többször validált technológiaelfogadási modellekre (TAM, UTAUT) alapoztuk, melyek évtizedek alatt több módszertanfejlesztés eredményeképpen nyerték el mai formájukat. Kutatási módszerünk újszerűségét az adja, a korábban jellemzően statikus, nem valós idejű, csak álló helyzetben elvégezhető méréseket mobilizáltuk.

Olyan kísérletet végeztünk el, melynek során egyaránt vizsgáltuk kutatási alanyaink technológiaelfogadását az UTAUT-2 módszertan, valamint fiziológiai mérések segítségével: rövid próbaút során kipróbáltak egy önzetű járművet, miközben EEG és szemmozgáskövetéses méréseket végeztünk rajtuk. Regressziós modellünk alapján magas magyarázó erőt (97%) értük el, fiziológiai mérés és UTAUT-2 modell együttes alkalmazásával próbautat követő megkérdéssel. Elsődleges eredményeink rávilágítottak arra, hogy kipróbálás nélkül a modellben a funkcionális tulajdonságok, míg kipróbálás után az élmény és az érzelmekhez – köztük a félelemhez és szorongáshoz – kapcsolódó tényezők bírtak a legnagyobb magyarázó erővel. Erre alapozva a jövőben érdemes további – minél inkább valós helyzetet szimuláló – kutatásokat végezni a témában, ugyanis eredményeink arra utalnak, hogy érdemi különbség lehet feltételezett (önbevallásos) reakciók és valós (biológiailag is mérhető) reakciók között önzetű járművek kipróbálása során. Ehhez kapcsolódóan javasoljunk például összetettebb tesztpályán (pl. ZalaZone) történő tesztelést, illetve akár teljes sofőr nélküli önzetű helyzet vizsgálatát mind megkérdézéses, mind neurotudományos eszközökkel.

Kutatásunkkal elsősorban az önzetű járművekhez kapcsolódó társadalomtudományi kutatási szempontok fontosságára kívántunk fókuszálni, és a témában vizsgálódó kutatóközösség számára kívántunk alapot biztosítani olyan további kutatásokhoz, melyekben a neurotudományos és a hagyományos megkérdézéses módszerek hatékony kombinációját lehet alkalmazni. Ezen túlmenően eredményeink gyakorlati szakemberek számára is hasznosnak számítanak. Önzetű autót fejlesztő vállalkozások számára a műszaki megoldások mellett fontos szempont, hogy a potenciális utasok igényeire (vágyaira és félelmeire egyaránt) tekintettel legyenek (felelős) innovációs tevékenységük során. Ezen túlmenően az önzetű technológiák elterjedéséhez nélkülözhetetlen társadalmi támogatottság sem érhető el anélkül, hogy megértsük a (potenciális) fogyasztók attitűdjeit az új technológiára vonatkozóan.

Felhasznált irodalom

- Abdur-Rahim, J., Morales, Y., Gupta, P., Umata, I., Watanabe, A., Even, J., Suyama, T., & Ishii, S. (2016). Multi-Sensor Based State Prediction for Personal Mobility Vehicles. *PLOS ONE*, *11*(10), e0162593 1-29. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162593>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behaviour. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *50*(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alvino, L. (2018). *Consumer Neuroscience: New directions in predicting consumers' behavior and their preferences for product characteristics* (PhD thesis). Molise, IT: University of Molise. https://iris.unimol.it/bitstream/11695/83721/1/Tesi_L_Alvino.pdf
- Ambrus I. (2019). Az autonóm járművek és a büntetőjogi felelősségre vonás akadályai. In Mezei Kitti (szerk.),

- A bűnügyi tudományok és az informatika* (pp. 9-26). Budapest–Pécs: PTE ÁJK–MTA TK.
- Arakawa, T., Hibi, R. & Taka-A, F. (2019). Psychological assessment of a driver's mental state in autonomous vehicles. *Transportation Research: Part A*, 124, 587-610.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.05.003>
- Ariely, D., & Berns, G. S. (2010). Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business. *Science and Society*, 11, 284-292.
<https://doi.org/10.1038/nrn2795>
- Baccarella, C.V., Wagner, T. F., Scheiner, C. W., Maier, L. & Voigt, K-I. (2020). Investigating consumer acceptance of autonomous technologies: the case of self-driving automobiles. *European Journal of Innovation Management*, 24(4), 1210-1323.
<https://doi.org/10.1108/EJIM-09-2019-0245>
- Banyár, J. (2019). Az önzetű autók lehetséges hatásai az életmódra és a gazdaságra. *Polgári Szemle*, 4(6), 132–152.
<https://doi.org/10.24307/psz.2019.1210>
- Barnett, S. B. & Cerf, M. (2017). A Ticket for your Thoughts: Method for Predicting Content Recall and Sales Using Neural Similarity of Moviegoers. *Journal of Consumer Research*, 44(1), 160-181.
<https://doi.org/10.1093/jcr/ucw083>
- Braun, R. (2020). A digitális (auto)mobilitás évtizedei. *Vezetéstudomány*, 51(1), 46-54.
<https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.01.04>
- Bruce, A. S., Bruce, J. M., Black, W. M., Lepping, R. J., Henry, J. M., Cherry, J. B. C., Martin, L. E., Papa, V. B., Devis, A. M., Brooks, W. M. & Savage, C. R. (2014). Branding and a Child's Brain: an fMRI study of neural responses to logos. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(1), 188-122.
<https://doi.org/10.1093/scan/nss109>
- Cisler, D., Greenwood, P. M., Roberts, D. M., McKendrick, R., & Baldwin, C. L. (2019). Comparing the relative strengths of EEG and low-cost physiological devices in modelling attention allocation in semi autonomous vehicles. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13(109),
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00109>
- Cohen, T., Stilgoe J., Stares S., Akyelken N., Cavoli C., Day J., Dickinson J., Fors V., Hopkins D., Lyons G., Marres N., Newman J., Reardon L., Sipe N., Tennant C., Wadud Z. & Wigley, E. (2020). A constructive role for social science in the development of automated vehicles. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, 100133.
<https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100133>
- Cohen, T., Stilgoe, J. & Cavoli, C. (2018). Reframing the governance of automotive automation: insights from UK stakeholder workshops. *Journal of Responsible Innovation*, 5, 1-23.
<https://doi.org/10.1080/23299460.2018.1495030>
- Csizmadia, P. (2017). Everett Rogers innovációs elmélete és annak felhasználási lehetőségei az egészségfejlesztésben. *Egészségfejlesztés*, 5(4), 50-58.
<http://dx.doi.org/10.24365/ef.v5i4.208>
- Csizmadia, Z. (2019). Az autonóm, önzetű technológiák elterjedésének társadalmi következményei – kérdések, dilemmák és szempontok. *Tér Gazdaság Ember*, 1, 59-86. https://kgk.sze.hu/images/dokumentumok/folyoirat/TGE_VII_evf01.pdf
- Csizmadia Z. & Rechnitzer J. (szerk.) (2021). *Az önzetű járművek világa*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 137-340.
<https://doi.org/10.2307/249008>
- EC (2019). Autonomous driving in European transport. *Official Journal of the European Union*, C(411), 2-12. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0425_EN.html
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Boston, USA: Addison Wesley.
- Ford, J. B. (2019). What do we know about neuromarketing. *Journal of Advertising Research*, 59(3), 257-258.
<https://doi.org/10.2501/JAR-2019-031>
- Gyimesi, Á. (2019). Az autonóm gépjárművek hatása a kormányzati költségvetésre és a foglalkoztatásra. *Tér Gazdaság Ember*, 1, 137-158. https://tge.sze.hu/images/dokumentumok/K%C3%B6tetek%20%C3%B6sszes%20cikkel/2019.%20VII.%20%C3%A9vfolyam%201.%20sz%C3%A1m_Cikkek/2019_VII_evfolyam_I-szam_gyimesi_aron.pdf
- Gyollai, Á., Simor, P., Köteles, F., & Demetrovics, Z. (2011). Psychometric properties of the Hungarian version of the original and the short form of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS). *Neuropsychopharmacologia Hungarica*, 13(2), 73-79. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21677320/>
- Harmon-J., E., & Gable, P. A. (2018). On the role of asymmetric frontal cortical activity in approach and withdrawal motivation: An updated review of the evidence. *Psychophysiology*, 55(1), 1-23.
<https://doi.org/10.1111/psyp.12879>
- Hartikainen, K. M. (2021). Emotion-Attention Interaction in the Right Hemisphere. *Brain Sciences*, 11(8), 1-19.
<https://doi.org/10.3390/brainsci11081006>
- Hochman, M., Parmet, Y., & Oron-G, T. (2020). Pedestrian's understanding of a fully autonomous vehicle's intent to stop: A learning effect over time. *Frontiers in Psychology*, 11, 585280.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.585280>
- Jun, G., & Smitha, K. G. (2016). EEG based stress level identification. In *2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 003270–003274.
<https://doi.org/10.1109/SMC.2016.7844738>
- Kasper, S., & Abdelrahman, M. (2020). Acceptance of autonomous delivery vehicles for last-mile delivery in Germany – Extending UTAUT-2 with risk perceptions. *Transportation Research Part C*, 111, 210-225.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.12.016>
- Kaur, K. & Rampersad, G. (2018). Trust in driverless cars: Investigating the key factors influencing the adoption

- of driverless cars. *Journal of Engineering and Technology Management*, 48, 87-96.
<https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2018.04.006>
- Kecskés, G. (2020). Az autonóm járművek jogi kérdéseinek nemzetközi kontextusa, különös tekintettel a környezetjogi vetületekre. *Állam- és Jogtudomány*, 61(4), 52-64. http://real.mtak.hu/118516/1/2020-04_KECSKES-tan.pdf
- Keszey, T. & Zsuk, J. (2017). Az új technológiák fogyasztói elfogadása. A magyar és nemzetközi szakirodalom áttekintése és kritikai értékelése. *Vezetéstudomány*, 48(10), 38-47.
<https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2017.10.05>
- Keszey, T. (2020). Behavioural intention to use autonomous vehicles: Systematic review and empirical extension. *Transportation Research Part C*, 119, 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102732>
- Khusbaba, R. N., Wise, C., Kodagoda, S., Louviere, J., Kahn, B. E. & Townsend, C. (2013). Consumer neuroscience: Assembling the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3803-3812.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.095>
- Kim, T.-Y., Ko, H., & Kim, S.-H. (2020). Data Analysis for Emotion Classification Based on Bio-Information in Self-Driving Vehicles. *Journal of Advanced Transportation*, 1-11.
<https://doi.org/10.1155/2020/8167295>
- Koul, S. & Eydgahi, A. (2018). Utilizing technology acceptance model (TAM) for driverless car technology adoption. *Journal of Technology Management & Innovation*, 13(4), 37-46.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242018000400037>
- KPMG (2018). *Autonomous Vehicles Readiness Index. Assessing countries' openness and preparedness for autonomous vehicles*. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2018/01/avri.pdf>
- Kurdi, B., Lozano, S., & Banaji, M. R. (2017). Introducing the Open Affective Standardized Image Set (OASIS). *Behavior Research Methods*, 49(2), 457-470.
<https://doi.org/10.3758/s13428-016-0715-3>
- Lados, M. & Tóth, M., L. (2019). Autonóm járművek az okos városokban. *Tér Gazdaság Ember*, 1, 159-174.
https://tge.sze.hu/images/dokumentumok/K%C3%B6tetek%20%C3%B6sszes%20cikkkel/2019.%20VII.%20%C3%A9vfolyam%201.%20sz%C3%A1m_Cikkek/2019_VII_evfolyam_I-szam_Toht_Marcell_Laszlo.pdf
- Lee, J., & Yang, J. H. (2020). Analysis of Driver's EEG Given Take-Over Alarm in SAE Level 3 Automated Driving in a Simulated Environment. *International Journal of Automotive Technology*, 21(3), 719-728.
<https://doi.org/10.1007/s12239-020-0070-3>
- Leicht, T., Chtourou, A. & Youssef, K. B. (2018). Consumer innovativeness and intentioned autonomous car adoption. *Journal of High Technology Management Research*, 29, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.hitech.2018.04.001>
- Liu, P., Xu, Z., & Zhao, X. (2019). Road test od self-driving vehicles: Affective and cognitive pathways in acceptance formation. *Transportation Research: Part A*, 124, 354-369.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.04.004>
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique* (Second edition). Cambridge, USA: The MIT Press.
- Lukovics, M., Udvari, B., Zuti, B., & Kézy, B. (2018). Az önvezető autók és a felelősségteljes innováció. *Közgazdasági Szemle*, 65(9), 949-974.
<http://dx.doi.org/10.18414/KSZ.2018.9.949>
- Madarász, N. & Szikora, P. (2018): Önvezető autók társadalmi elfogadottsága napjainkban. In: Csizsárik-Kocsir Á. & Garai-Fodor M. (szerk.), *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században* (pp. 159-171). Budapest: Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar.
- Madigan, R., Louw, T., Wilbrink, M., Schieben, A. & Merat, N. (2017). What influences the decision to use automated public transport? Using UTAUT to understand public acceptance of automated road transport systems. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 50, 55-64.
<https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.07.007>
- Majó-Petri, Z. & Huszár, S. (2020): Autonóm járművek, önvezető autók: mit gondol a közönség? *Közlekedéstudományi Szemle*, 70(1), 66-75.
<http://doi.org/10.24228/KTSZ.2020.1.2>
- Minguillon, J., Lopez-G., M. A., & Pelayo, F. (2016). Stress Assessment by Prefrontal Relative Gamma. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 10, 1-9.
<https://doi.org/10.3389/fncom.2016.00101>
- Miskolczi, M., Ásványi, K., Jászberényi, M., & Kökény, L. (2021). Hogyan döntsön a mesterséges intelligencia? Az önvezető autók morális kérdései. *Magyar Tudomány*, 182(3), 342-352.
<https://doi.org/10.1556/2065.182.2021.3.6>
- Moták, L., Neuville, E., Chambres, P., Marmoint, F., Monéger, F., Coutarel, F. & Izaute, M. (2017). Antecedent variables of intentions to use an autonomous shuttle: Moving beyond TAM and TPB? *European Review of Applied Psychology*, 67(5), 269-278.
<https://doi.org/10.1016/j.erap.2017.06.001>
- Müller, J. M. (2019). Comparing Technology Acceptance for Autonomous Vehicles, Battery Electric Vehicles, and Car Sharing—A Study across Europe, China, and North America. *Sustainability*, 11(16),
<https://doi.org/10.3390/su11164333>
- Navarro, J., Francois, M., & Mars, F. (2016). Obstacle avoidance under automated steering: Impact on driving and gaze behaviours. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 43, 315-324.
<https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.09.007>
- Nordhoff, S., Louw, T., Innamaa, S. & Lehtonen, E. (2020). Using the UTAUT-2 model to explain public acceptance of conditionally automated (L3) cars: A questionnaire study among 9,188 car drivers from eight European countries. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 74, 280-297.
<https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.07.015>

- Panagiotopoulos, I. & Dimitrakopoulos, G. (2018). An empirical investigation on consumers' intentions towards autonomous driving. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 95, 773-784. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.08.013>
- Park, C. (2018). *Using Electroencephalography and structured data collection techniques to measure passenger emotional response in human-autonomous vehicle interactions*. Florida, USA: Florida Atlantic University.
- Park, C., Shahrdrar, S., & Nojournian, M. (2018). EEG-Based Classification of Emotional State Using an Autonomous Vehicle Simulator. In *2018 IEEE 10th Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM)* (pp. 297–300). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SAM.2018.8448945>
- Páthy, Á. (2021). Kényelem és félelem – az önvezető járművek várható előnyeinek és hátrányainak megítélése. In Csizmadia, Z. & Rechnitzer, J. (szerk.), *Az önvezető járművek világa*. Akadémiai Kiadó, Budapest. <https://doi.org/10.1556/9789634546290>
- Pelsőci, B., L., Nagy, Á. & Gáti, M. (2021). Az értékesítés digitális átalakulása – Az egyéni és szervezeti technológiaelfogadást meghatározó tényezők empirikus elemzése. *Vezetéstudomány*, 52(10), 14-27. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2021.10.02>
- Pozharliev, R. I. (2017). *Social Neuromarketing: The role of social context in measuring advertising effectiveness* (PhD Thesis). Rotterdam: Erasmus University. <https://www.erim.eur.nl/doctoral-programme/phd-in-management/phd-tracks/detail/974-social-neuromarketing-the-role-of-social-context-in-measuring-advertising-effectiveness/>
- Raue, M., D'Ambrosio, L. A., Ward, C., Lee, C., Jacquilat, C. & Coughlin, J. F. (2019). The influence of feelings while driving regular cars on the perception and acceptance of self-driving cars. *Risk Analysis*, 39(2), 358-374. <https://doi.org/10.1111/risa.13267>
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations*. New York, USA: Simon and Schuster.
- Seet, M., Harvy, J., Bose, R., Dragomir, A., Bezerianos, A., & Thakor, N. (2022). Differential Impact of Autonomous Vehicle Malfunctions on Human Trust. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(1), 548–557. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3013278>
- Semenova, V. (2020). Technológiaadaptációs elméletek a blokklánc-technológia elterjedésének vizsgálatakor a funkcionalista és interpretatív paradigmák keretében. *Vezetéstudomány*, 51(11), 26-38. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.11.03>
- Smahó, M. (2021): Autonóm járművek a jövő városában. In Csizmadia, Z. & Rechnitzer, J. (szerk.), *Az önvezető járművek világa*. Budapest: Akadémiai Kiadó. <https://doi.org/10.1556/9789634546290>
- Smyth, J., Chen, H., Donzella, V. & Woodman, R. (2021). Public acceptance of driver state monitoring for automated vehicles: Applying the UTAUT framework. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 83, 179-191. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.10.003>
- Stephenson, A. C., Eimontaite, I., Caleb-S., P., Morgan, P. L., Khatun, T., Davis, J., & Alford, C. (2020). Effects of an unexpected event on older adults' autonomic arousal and eye fixation during autonomous driving. *Frontiers in Psychology*, 11, 571961. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.571961>
- Strauch, C., Mühl, K., Patro, K., Grabmaier, C., Reithinger, S., Baumann, M. & Huckauf, A. (2019). Real autonomous driving from a passenger's perspective: Two experimental investigations using gaze behaviour and trust ratings in field and simulator. *Transportation Research: Part F*, 66, 15-28. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.08.013>
- Sun, L., Peräkylä, J., & Hartikainen, K. M. (2017). Frontal Alpha Asymmetry, a Potential Biomarker for the Effect of Neuromodulation on Brain's Affective Circuitry—Preliminary Evidence from a Deep Brain Stimulation Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00584>
- Szemerédi, E. (2019). Autonóm járművek – biztonság, használat és észlelt hasznosság. *Tér Gazdaság Ember*, 1, 111-136. https://kgk.sze.hu/images/dokumentumok/folyoirat/TGE_VII_evf01.pdf
- van der Heiden, R. M. A., Janssen, C. P., Donker, S. F., Hardeman, L. E. S., Mans, K., & Kenemans, J. L. (2018). Susceptibility to audio signals during autonomous driving. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201963>
- Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L. & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Venkatraman, V., Dimoka, A., Pavlou, P. A., Vo, K., Hampton, W., Bollinger, B., Hershfield, H. E., Ishihara, M. & Winer, R. S. (2015). Predicting Advertising Success Beyond Traditional Measures: New Insights from Neurophysiological Methods and Market Response Modeling. *Journal of Marketing Research*, 52(4), 436-452. <https://doi.org/10.1509/jmr.13.0593>
- Vorster, I. A. (2015). *The Influence Of Sonic Logos In Television Advertisements: A Neuromarketing Perspective*.

- Stellenbosch, RSA: Stellenbosch University. <https://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/97892>
- Wintersberger, P., Riener, A., & Frison, A. K. (2016). Automated Driving System, Male, or Female Driver: Who'd You Prefer? Comparative Analysis of Passengers' Mental Conditions, Emotional States & Qualitative Feedback. In *Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 51–58). New York: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3003715.3005410>
- Wu, J., Liao, H., Wang, J. W. & Chen T. (2019). The role of environmental concern in the public acceptance of autonomous electric vehicles: A survey from China. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 60, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.09.029>
- Xu, Z., Jiang, Z., Wang, G., Wang, R., Li, T., Liu, J., Zhang, Y., & Liu, P. (2021). When the automated driving system fails: Dynamics of public responses to automated vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 129, 103271. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103271>
- Yang, L., Rui, M., Zhang, H., Wei, G., & Jiang, S. (2018). Driving behavior recognition using EEG data from a simulated car-following experiment. *Accident Analysis & Prevention*, 116, 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.010>
- Yi W., T., & Mohd A., S. A. (2020). Electroencephalogram (EEG) stress analysis on alpha/beta ratio and theta/beta ratio. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 17(1), 175. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v17.i1.pp175-182>
- Yoon, C., Gutches, A. H., Feinberg, F. & Polk, T. A. (2006). A functional magnetic resonance imaging study of neural dissociations between brand and personal judgments. *Journal of Consumer Research*, 33(1), 31-40. <https://doi.org/10.1086/504132>
- Zhang, S., Jing, P. & Xu, G. (2021). The Acceptance of Independent Autonomous Vehicles and Cooperative Vehicle-Highway Autonomous Vehicles. *Information*, 12(9), 346. <https://doi.org/10.3390/info12090346>
- Zoellick, J. C., Kuhlmeier, A., Schenk, L., Schindel, D., & Blüher, S. (2019). Amused, accepted, and used? Attitudes and emotions towards automated vehicles, their relationships, and predictive value for usage intention. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 65, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.07.009>