Autonóm járművek az ember, a technika és a jog metszéspontján: társadalmi elfogadás, tesztelés, felelősség és humán tényezők

Fehér-Polgár Pál

feherpolgar.pal@kgk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Az autonóm járművek megjelenése alapvetően alakítja át a közlekedési rendszereket, miközben új társadalmi, technikai, jogi és humán kihívásokat hoz magával. A tanulmány négy, egymással szorosan összefüggő dimenzió mentén értelmezi az önvezető járművek ökoszisztémáját. Egyrészt bemutatja, hogyan formálódik a társadalmi elfogadás, a bizalom és a technostressz az autonóm rendszerekkel kapcsolatban, különös tekintettel a kockázatészlelésre és a readiness-problémákra. Másrészt elemzi azokat a tesztelési és validációs megoldásokat, amelyek a fizikai tesztpályák, a szimulációs környezetek és a kritikus szcenáriók integrációjára épülnek. Harmadrészt feltárja az autonóm mobilitás jogi és felelősségi kihívásait, beleértve a polgári, büntetőjogi és nemzetközi dimenziókat, valamint a katonai autonóm rendszerek sajátos kérdéseit. Végül a humán tényezők fiziológiai és neurotudományi alapú vizsgálatán keresztül rámutat arra, hogy az autonóm járművek elfogadása szorosan kötődik a biztonságérzethez, a kontrollélményhez és az érzelmi komforthoz. A négy terület összeolvadó képe azt sugallja, hogy az autonóm járművek sikeres társadalmi bevezetése csak interdiszciplináris megközelítéssel érthető meg és támogatható.

Kulcsszavak: autonóm járművek, társadalmi elfogadás, bizalom, technostressz, tesztelés és validáció, kritikus szcenáriók, jogi felelősség, katonai autonóm rendszerek, humán tényezők, fiziológiai mérések

Bevezetés

Az önvezető járművek megjelenése a közlekedés történetének egyik legmélyebb strukturális átalakulását vetíti előre. Az autonóm rendszerek nem csupán a járművek műszaki konfigurációját változtatják meg, hanem azokat a társadalmi, jogi és pszichológiai kereteket is, amelyekre a modern mobilitás épül. Az a tény, hogy a vezetési feladat jelentős részét egy algoritmus veszi át az embertől, alapvető kérdéseket vet fel felelősségről, bizalomról, kockázatról és kontrollról. A diskurzus ezért szükségképpen interdiszciplináris: mérnöki, közgazdasági, jogi, pszichológiai és etikai szempontok egyszerre vannak jelen, gyakran eltérő nyelven és fogalmi készlettel.

A társadalmi elfogadás dimenziója kulcsszerepet játszik abban, hogy az önvezető járművek ígéretei – kevesebb baleset, hatékonyabb forgalom, hozzáférhetőbb mobilitás – ténylegesen megvalósuljanak. A kutatások következetesen azt mutatják, hogy a lakosság attitűdjeit nem pusztán a technológia objektív teljesítménymutatói formálják, hanem olyan szubjektív tényezők is, mint az észlelt kockázat, a bizalom különböző dimenziói és a technológiai önhatékonyság (Kurucz et al., 2022; Kenesei et al., 2022). A readiness, vagyis a társadalom felkészültsége az autonóm rendszerek befogadására, különösen akkor bizonyul törékenynek, amikor a felhasználók kevés közvetlen tapasztalattal rendelkeznek, miközben a technológiai változás tempója gyorsnak érződik (Szikora & Szatmáry, 2023). Ezzel párhuzamosan a technostressz jelensége – a technológiai túlterheltségből fakadó feszültség – új szempontként jelenik meg az elfogadás vizsgálatában, jelezve, hogy az autonóm rendszerek bevezetése nem szigetelhető el az általános digitalizációs folyamat társadalmi hatásaitól.

A technikai oldalról nézve az önvezető járművek validációja olyan tesztelési logikát igényel, amely túlmutat a hagyományos gépjármű-fejlesztési eljárásokon. A valós közúti környezet komplexitása – a többi közlekedő viselkedése, az infrastruktúra hibái, az időjárási és forgalmi változók – olyan tesztkörnyezeteket tesz szükségessé, amelyek képesek a kritikus szcenáriók reprezentatív halmazát előállítani (Tóth & Szalay, 2023). Az a törekvés, hogy a végtelen számú potenciális helyzetből egy „minimum kritikus" forgatókönyv-készletet állítsanak össze, új mérnöki és módszertani kihívást jelent (Tóth, 2025). A fizikai tesztpályák és a nagyfelbontású szimulációs rendszerek összekapcsolása olyan hibrid validációs keretrendszert hoz létre, amely egyszerre igyekszik biztosítani a biztonságot, a reprodukálhatóságot és a mérési költségek kezelhetőségét.

Ezzel párhuzamosan a jogi és szabályozási térben is alapvető újrarendeződés figyelhető meg. A felelősségi viszonyok eltolódása – a vezetői szereptől a gyártók, fejlesztők és üzemeltetők hálózata felé – a polgári jog, a büntetőjog és a biztosítási rendszerek egyaránt kritikus kérdéseit érinti (Kecskés, 2020). A nemzetközi kereskedelmi és szabványosítási folyamatokban az autonóm járművek olyan határterületként jelennek meg, ahol a technológiai innováció, a nemzetbiztonsági megfontolások és a piaci verseny egyszerre vannak jelen (Mezei & Harkai, 2021). Még élesebben vetődnek fel ezek a kérdések a katonai autonóm rendszerek esetében, ahol a harctéri alkalmazás, a halálos erő alkalmazásáról hozott döntések és a humanitárius jog érvényesíthetősége áll a középpontban (Szikora, 2023; Szikora, 2025a).

A humán tényezőkre és fiziológiai reakciókra koncentráló kutatások mindezt egy további, eddig kevésbé látható réteggel egészítik ki. Az önvezető járművekben ülő utasok nem csupán kognitív szinten értékelik a technológia működését, hanem testük is reagál: megemelkedett pulzus, változó bőrellenállás, izomfeszülés és mikromozgások jelzik a stressz, a bizalom vagy a bizonytalanság pillanatait (Palatinus et al., 2022; Palatinus et al., 2025). Az a felismerés, hogy a verbális bizalomnyilatkozatok nem mindig esnek egybe a fiziológiai mintázatokkal, új

megvilágításba helyezi a kérdőíves adatokra épülő elfogadási modelleket, és rámutat a neuro- és pszichofiziológiai módszerek hozzáadott értékére (Lukovics et al., 2023).

E tanulmány kiindulópontja az a feltevés, hogy az önvezető járművek ökoszisztémája csak akkor érthető meg mélységében, ha a társadalmi elfogadás, a technikai tesztelés, a jogi-szabályozási keretek és a humánfaktor-szempontok nem egymás mellé rendelten, hanem egymást kölcsönösen alakító, szoros összefüggésrendszerben jelennek meg. A következőkben e négy dimenzió átfogó, szakirodalmi alapú elemzésére kerül sor, azzal a céllal, hogy hozzájáruljon egy olyan interdiszciplináris keret felvázolásához, amely alkalmas az autonóm mobilitás felelős és emberközpontú bevezetésének támogatására. A következőkben bemutatásra kerül a kutatás módszertani keretrendszere, amely meghatározza a szakirodalmi elemzés logikai struktúráját.

Szakirodalmi Elemzés Módszere

Jelen tanulmány az autonóm járművek ökoszisztémájának interdiszciplináris feltárására összpontosít, ezért a kutatás alapját egy kritikai, narratív és tematikus szakirodalmi szintézis képezi. A módszertani keretrendszer célja annak biztosítása volt, hogy a négy kulcsdimenzió – a társadalmi elfogadás, a technikai tesztelés, a jogi-szabályozási keretek és a humán tényezők – ne elszigetelten, hanem egymást kölcsönösen alakító, integrált rendszerekként jelenjenek meg. Ez a szemlélet lehetővé teszi olyan interdiszciplináris megközelítés kialakítását, amely alkalmas az autonóm mobilitás felelős, fenntartható és emberközpontú bevezetésének értelmezésére.

A szakirodalmi gyűjtés során a tudományos publikációk primer forrásai kerültek előtérbe, elsősorban a Scopus, a Web of Science (WoS) és a Google Scholar multidiszciplináris adatbázisokra támaszkodva. A keresési időszak elsődlegesen a 2017 és 2025 között megjelent tanulmányokat fogta át, tekintettel arra, hogy az autonóm járművek – különösen az SAE 3–5. automatizációs szintek – kutatása ebben az időszakban gyorsult fel jelentős mértékben. A keresési kulcsszavakat a tanulmány négy központi dimenziója mentén alakítottuk ki; angol és magyar terminusok egyaránt alkalmazásra kerültek, mivel a vizsgált szakirodalom számos hazai kutatási eredményt is felölel. A kulcsszó-csoportok az autonomous vehicles, social acceptance, trust, technostress, critical scenarios, liability, human factors és physiological measurements témakörökre terjedtek ki, különféle szinonimákkal és variációkkal kiegészítve. A gyűjtés során kiemelt figyelmet kaptak azok a publikációk, amelyek több dimenzió metszetében helyezkednek el, például a fiziológiai mérések és a társadalmi bizalom kapcsolatát elemző tanulmányok.

A releváns cikkek beválogatása két fő kritérium alapján történt. Egyrészt tematikus relevancia szükségességét határoztuk meg: kizárólag azok a publikációk kerülhettek be az elemzésbe, amelyek érdemben hozzájárultak az autonóm járművekről szóló szakmai diskurzushoz, és amelyek a négy vizsgált dimenzió valamelyikére vagy azok kölcsönhatására fókuszáltak. Másrészt a tudományos minőség követelménye biztosította, hogy a vizsgálat alapját elsősorban lektorált nemzetközi folyóiratokban és magas impaktfaktorú konferenciakötetekben megjelent tanulmányok alkossák, ezzel is növelve a felhasznált irodalom megbízhatóságát és érvényességét. Az adatok feldolgozása a tematikus szintézis módszerével történt: a kiválasztott publikációkat tartalmi jellemzőik és a kulcsdimenziókhoz való hozzájárulásuk alapján csoportosítottuk. Az elemzés célja nem csupán a meglévő tudás rendszerezése volt, hanem annak kritikus összekapcsolása is, különös hangsúlyt helyezve azokra a metszéspontokra, ahol a technikai megbízhatóság, a jogi-szabályozási környezet és az emberi reakciók egymásra hatnak (például a verbális bizalomnyilatkozatok és a fiziológiai mutatók eltérései). E megközelítés hozzájárult ahhoz, hogy a tanulmány új, integrált perspektívát kínáljon az autonóm mobilitás összetett kihívásairól. Az alábbiakban ennek a módszertani keretnek megfelelően kerül bemutatásra a szakirodalmi elemzés négy dimenziója, amelyeken keresztül átfogó képet adunk az autonóm járművek bevezetésének társadalmi, technikai, jogi és humán aspektusairól.

Társadalmi elfogadás, attitűdök, bizalom és technostressz az önvezető járművek kapcsán

Az autonóm járművek társadalmi integrációja nem elsősorban a technológiai fejlődés tempóján múlik, hanem azon a kulturális, pszichológiai és társadalmi közegen, amelybe a technológia megérkezik. A felhasználók reakciói egy új közlekedési rendszerrel szemben nem pusztán racionális megfontolásokból erednek, hanem mélyen gyökerező attitűdökből, kockázatészlelésekből és bizalmi mechanizmusokból. E sokrétű emberi válaszkészséget az autonóm járművekkel kapcsolatos kutatások következetesen igazolják. A társadalmi elfogadás egyik legmeghatározóbb komponense a bizalom, amely nemcsak a technológiai megbízhatóság megítéléséből, hanem a felhasználó személyes tapasztalataiból és az új rendszerekhez kapcsolódó észlelt kiszámíthatóságból is fakad. A hazai környezetben végzett kutatások arra mutatnak rá, hogy a bizalom sokdimenziós, és erősen függ a technológiával kapcsolatos előzetes tapasztalatoktól, illetve a technológiai önhatékonyságtól (Kurucz et al., 2022; Hőgye-Nagy et al., 2023).

A bizalom és kockázatérzékelés kapcsolata különösen érzékeny terület. A felhasználók a veszélyt nem kizárólag objektív paraméterek alapján ítélik meg: gyakran társadalmi reprezentációk és korábbi technológiai élmények alakítják. Ezt a mechanizmust világosan tükrözi az a kutatás, amely az autonóm járművekkel

kapcsolatos észlelt kockázati tényezőket vizsgálta, és kiemelte, hogy a meghibásodástól való félelem, az algoritmusok feletti kontroll hiánya és a felelősségi kérdések bizonytalansága olyan pszichológiai tényezők, amelyek jelentősen csökkentik a nyitottságot (Kenesei et al., 2022). A kockázati tényezők hatása tovább erősödik azokon a területeken, ahol a felhasználók nem rendelkeznek közvetlen személyes élménnyel az autonóm rendszerekkel kapcsolatban, ami érthető módon a legtöbb társadalmi csoport esetében fennáll. A technológia elfogadásának egyik legfontosabb feltétele tehát nem a technikai teljesítmény bemutatása, hanem az a kommunikációs keret, amely a bizonytalanság érzését képes csökkenteni. Ez összhangban van azokkal a vizsgálatokkal, amelyekben az UTAUT-modell bizalommal és kockázattal kiegészített változata jelentősen jobb magyarázóerőt mutatott az autonóm járművek elfogadására (Kenesei et al., 2025).

Az autonóm rendszerek társadalmi elfogadásának egyik rejtett dimenziója az érzelmi és fiziológiai reakciók szerepe. A felhasználók viselkedése ugyanis gyakran eltér a saját maguk által deklarált attitűdöktől. A neuromarketing-alapú vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy az autonóm járművek használatával kapcsolatos belső reakciók sokkal inkább ambivalensek, mint amit a kérdőíves önbeszámolók sugallnak (Prónay & Majó-Petri, 2022). A fiziológiai válaszok mérése – amely a keringési rendszer, az arckifejezések vagy a mikromozgások változásaiban jelentkezik – rávilágít arra, hogy a felhasználók még akkor is feszültséget élnek meg, amikor tudatosan elfogadónak vallják magukat. Ez a kettősség különösen az olyan váratlan forgalmi helyzetekben figyelhető meg, amelyek az autonóm rendszer döntéshozatali sebességéhez és előrelátásához kötődnek (Palatinus et al., 2022; Palatinus et al., 2025). A kutatások egységes képet alkotnak arról, hogy a fiziológiai stressz nagymértékben befolyásolja a felhasználók biztonságérzetét, és ezáltal a technológia elfogadását is.

A társadalmi elfogadás tágabb értelmezésben nem pusztán a lakosság általános attitűdjeit foglalja magában, hanem a technológiai változásokhoz való kollektív alkalmazkodóképességet is. A „readiness” fogalma, amely a társadalom technológiai adaptációra való felkészültségét jelenti, több tényezőt egyesít: a társadalmi bizalmi szintet, az intézményi stabilitást, a technológiai kultúrát és a közlekedési rendszerek fejlődési állapotát. Az autonóm járművekkel szembeni felkészületlenség mögött meghúzódó tényezők elemzése rámutat, hogy az ismerethiány és a kontrollélmény csökkenése univerzális gátlóerőként működik (Szikora & Szatmáry, 2023). A readiness problémaköre különösen élesen jelenik meg ott, ahol az új technológia hirtelen jelenik meg a társadalomban, és nem előzte meg széleskörű edukáció vagy fokozatos bevezetés.

Az autonóm járművekkel szembeni ellenállás másik fontos komponense a technostressz, amely a felhasználók technológiai túlterheltségével függ össze (Szikora, 2025b). A digitalizáció általános gyorsulása olyan kognitív terhelést hozott létre, amely nem csupán a munkahelyi, hanem a mindennapi élet automatizált rendszereihez való viszonyban is megjelenik. A technostressz hatásai az autonóm járművek esetében is egyértelműen kimutathatók: a felhasználók gyakran

tapasztalnak bizonytalanságot, amikor a jármű olyan döntést hoz, amely nem egyezik saját intuitív választásukkal (Szatmáry & Szikora, 2023). A jelenség különösen erősen jelenik meg azoknál, akik korlátozott technológiai jártassággal rendelkeznek, és nagyobb igényük van a közvetlen kontrollra.

A társadalmi dimenziók közé sorolható az a kognitív bizonytalanság is, amely a humán és gépi döntések összevetéséből fakad. A felhasználók hajlamosak az autonóm rendszereket a „tökéletesség" elvárásával kezelni, vagyis ugyanannak a hibának más súlya van, ha ember, illetve robot követi el. A humán oldalt előtérbe helyező kutatások szerint az emberi tényező megítélése gyakran túlértékelt, miközben a gépi döntéshozatal minőségét sokszor irreálisan magasra pozicionálják (Szikora & Madarász, 2017). Ez a kettősség tovább mélyíti a társadalmi ellenállást, és rávilágít arra, hogy az autonóm rendszerek bevezetése során a kommunikáció legalább olyan fontos, mint maga a technológiai fejlesztés.

A társadalmi elfogadás vizsgálata tehát több szinten zajlik: kognitív, érzelmi, fiziológiai és kulturális síkon egyaránt. A kutatások összképe azt mutatja, hogy az autonóm járművek bevezetésének sikeressége nagymértékben azon múlik, hogy a társadalom képes-e megérteni és belakni azokat a döntéshozatali folyamatokat, amelyek a technológia működési alapját jelentik. A felhasználói bizalom építése, a stressz csökkentése és a kockázatérzékelés mérséklése olyan összetett, egymást erősítő folyamatok, amelyek nélkül az autonóm rendszerek nem válhatnak a mindennapi közlekedés természetes részévé – ezt pedig a hazai és nemzetközi kutatások egyaránt következetesen alátámasztják.

Technikai tesztelés, szimuláció és kritikus forgatókönyvek az önvezető rendszerek validációjában

Az önvezető járművek fejlesztésének egyik legnagyobb kihívása, hogy a valós közúti környezet szinte végtelen számú közlekedési szituációját olyan tesztkörnyezetbe sűrítsék, amely egyaránt biztonságos, reprodukálható és kellően komplex. A validáció sikeressége alapvetően meghatározza, hogy a technológia milyen tempóban és milyen biztonsági szinten jelenhet meg a közúti forgalomban. A technikai tesztelés és szimuláció fókuszú szakirodalom azt a kérdést járja körül, hogyan lehet a valóság sokszínűségét modellálni úgy, hogy közben az önvezető algoritmusok teljesítménye és határai is jól láthatóvá váljanak.

A járműfunkciók tesztelésére létrehozott komplex tesztkörnyezetek célja, hogy kontrollált módon lehessen vizsgálni különböző automatizált funkciók viselkedését. A fejlesztések egyik hangsúlyos iránya az a fajta strukturált tesztrendszer, amelyben a fizikai tesztpálya, a virtuális szimuláció és az automatizált kiértékelés egységes keretrendszerben kapcsolódik össze. Ennek a szemléletnek a logikáját tükrözi az a megközelítés, amelyben az automatizált vezetési funkciók validációjára egy

integrált tesztkörnyezetet hoznak létre, ahol a jármű szenzorai, az irányító algoritmusok és a közlekedési szcenáriók úgy vannak összekötve, hogy a rendszer teljes spektrumát lehessen vizsgálni, az érzékeléstől a döntéshozatalon át a beavatkozásig (Tóth & Szalay, 2023). Az ilyen rendszerek legnagyobb előnye, hogy a különböző forgalmi helyzetek automatikusan generálhatók, ismételhetők, és objektív mérőszámok rendelhetők hozzájuk.

A validáció egyik kulcsproblémája, hogy nem lehet minden lehetséges szituációt végigtesztelni; ezért különösen fontos, hogy azonosíthatók legyenek azok a „minimálisan szükséges" kritikus szcenáriók, amelyek lefedik a legnagyobb kockázatot hordozó helyzeteket. A kritikus tesztforgatókönyvek kiválasztására irányuló munkák arra törekednek, hogy a tesztelési univerzumot egy olyan reprezentatív halmazzá sűrítsék, amely megfelelő garanciát ad a rendszer biztonságára, ugyanakkor ésszerű erőforrásigénnyel tesztelhető (Tóth, 2025). Ez a logika közel áll ahhoz, amit a hagyományos mérnöki validációban robusztus tervezésként ismerünk, de itt kibővül a komplex forgalmi interakciók és az emberi szereplők viselkedésének sokféleségével.

A közlekedési infrastruktúra és az autonóm járművek közötti kölcsönhatás vizsgálata külön fókuszt kap a tesztelési szakirodalomban. A jelzőlámpák, táblák, burkolati jelek és más infrastruktúra-elemek működésében fellépő anomáliák olyan speciális teszteseteket jelentenek, amelyek az emberi sofőr számára is problémásak, de az autonóm rendszerek számára különösen kritikusak lehetnek. Ennek rendszerezésére irányul az a megközelítés, amely a forgalomirányító rendszerek hibáit tipizálja, és az autonóm járművek környezeti tesztjeivel kapcsolja össze (Lengyel & Szalay, 2018). Az ilyen jellegű tipológiák lehetővé teszik, hogy a tesztpályákon ne csupán „ideális" infrastruktúrával próbálják ki az algoritmusokat, hanem kifejezetten hibás, hiányos vagy ellentmondásos jelzésekkel is, hiszen a valóságban ezek elkerülhetetlenek.

A tesztkörnyezetek fejlődése egyre inkább a fizikai és virtuális terek integrációja felé mutat. A szimulációs platformok segítségével nemcsak a jármű dinamikai viselkedése, hanem a szenzorfúzió, az időjárási körülmények, a forgalom sűrűsége és a többi közlekedő váratlan manőverei is modellezhetők. Ez a fajta „hibrid" tesztelés nemcsak költséghatékonyabb, mint a tisztán fizikai próbák, hanem olyan extrém szituációk vizsgálatát is lehetővé teszi, amelyeket valós környezetben etikai vagy biztonsági okokból nem lehetne reprodukálni (Tóth & Szalay, 2023). Ugyanakkor a szimuláció hitelessége kulcskérdés: a modellnek kellően realisztikusnak kell lennie ahhoz, hogy a rajta mért teljesítmény valóban közelítsen a valós közúti viselkedéshez.

A tesztelési és validációs szakirodalom fontos tanulsága, hogy a technikai rendszerek megbízhatósága nem választható el az emberi tényezőktől. A fiziológiai mérések bevonása olyan új generációs tesztkoncepciót hozott létre, ahol az utasok vagy tesztalanyok élettani reakcióit ugyanúgy elemzik, mint a jármű szenzorainak adatait. Az ilyen vizsgálatok azt mutatják, hogy az önvezető funkciók működése

közben nemcsak az algoritmusok teljesítménye a kérdés, hanem az is, hogyan reagálnak a járműben ülők a különféle forgalmi helyzetekre, különösen váratlan események során (Palatinus et al., 2022; Palatinus et al., 2025). Ebben az értelemben a tesztelési környezet „kétirányúvá" válik: nemcsak a gépet teszteli emberi kontroll mellett, hanem az embert is egy új technológiai környezetben.

Mindezek alapján a technikai tesztelés és validáció irodalma egy olyan paradigmát rajzol ki, amelyben az önvezető jármű nem csupán mérnöki artefaktum, hanem egy komplex, emberrel és infrastruktúrával kölcsönhatásban lévő rendszer. A tesztkörnyezetek feladata már nem az, hogy laboratóriumi steril körülmények között bizonyítsák egy algoritmus működőképességét, hanem az, hogy a valóság sokszínűségét koncentrált, de koncepcionálisan átlátható formában jelenítsék meg. Ez az a keret, amelyben a kritikus szcenáriók kiválasztása, az infrastruktúra-anomáliák tipizálása és a hibrid szimulációs megoldások egy közös célt szolgálnak: olyan validációs eljárások kialakítását, amelyek képesek kezelni az önvezető rendszerek komplexitását, miközben tényleges biztonsági garanciát adnak a társadalom számára (Tóth, 2025; Lengyel & Szalay, 2018).

Jogi, szabályozási és felelősségi kérdések, beleértve a katonai autonóm rendszereket

Az autonóm járművek elterjedése alapjaiban kérdőjelezi meg a hagyományos közlekedési jogi és felelősségi kereteket. A klasszikus modell a felelősséget egyértelműen a járművet vezető személyhez köti; az önvezető rendszerek megjelenésével azonban a döntéshozatal decentralizálódik, és szoftverfejlesztők, járműgyártók, infrastruktúra-üzemeltetők, illetve adat- és szolgáltatóplatformok hálózata vesz részt a végső kimenetel alakításában. Ez olyan felelősségi mátrixot hoz létre, amelyre a hagyományos jogintézmények csak részben adnak választ (Kecskés, 2020).

A nemzetközi és hazai jogi elemzések rámutatnak, hogy az autonóm járművek esetében nem pusztán új szabályokra, hanem gondolkodásmódbeli váltásra is szükség van. A felelősségi rendszer átalakulása nem csak abban áll, hogy az emberi vezető szerepe háttérbe szorul, hanem abban is, hogy a döntéshozatal „átkerül" egy algoritmikus fekete dobozba, amelynek működését sem a felhasználó, sem sok esetben a jogalkalmazó nem érti teljesen. Az autonóm rendszerek jogi megítélését tárgyaló munkák kiemelik, hogy a hagyományos vétkesség-alapú modell mellett a kockázatmegosztás és az objektív felelősségi konstrukciók szerepe felértékelődik (Kecskés, 2020; Lévayné Fazekas & Kecskés, 2020).

A jogi viták egyik központi kérdése, hogy az önvezető járművekkel kapcsolatos káresemények kapcsán milyen mértékben tekinthető „önálló cselekvőnek" az algoritmus, és mennyiben sorolható be az eszköz kategóriájába. A szakirodalom

domináns álláspontja szerint a jogi személyiség kiterjesztése a mesterséges intelligencia rendszerekre jelenleg több problémát vetne fel, mint amennyit megoldana, ezért a felelősség továbbra is emberi és szervezeti szereplők között oszlik meg, miközben a károsultak védelmét kiterjesztett termékfelelősségi és biztosítási struktúrák hivatottak erősíteni (Kecskés, 2020). E gondolatmenethez kapcsolódnak azok az elemzések is, amelyek az autonóm mobilitás jogi kérdéseit átfogó kötetben tárgyalják, szisztematikusan végigvéve a polgári jogi, közlekedési jogi, biztosítási és adatvédelmi vonatkozásokat (Lévayné Fazekas & Kecskés, 2020).

Különösen érzékeny alterületet jelent az autonóm járművek büntetőjogi megítélése. Amennyiben egy önvezető jármű halálos kimenetelű balesetet okoz, a hagyományos büntetőjogi dogmatika nehezen talál fogást a cselekményen: ki az, aki szándékosan vagy gondatlanul járt el? A szoftvermérnök, aki évekkel korábban megírta az algoritmust, a gyártó, amely piacra dobta a rendszert, a felhasználó, aki bekapcsolta az önvezető módot, vagy az a szervezet, amely nem gondoskodott megfelelő karbantartásról? A büntetőjogi elemzések egy része arra a következtetésre jut, hogy a tradicionális kategóriák (szándékosság, gondatlanság, okozati összefüggés) alkalmazása ugyan lehetséges, de csak jelentős értelmezési korrekcióval, és várhatóan új, speciális tényállások bevezetésére is szükség lesz (Karsai, 2022).

A közlekedési jogi szabályozás terén már ma is léteznek olyan modellek, amelyek megpróbálják integrálni az autonóm rendszerek sajátosságait. A német szabályozási gyakorlat elemzése például arra mutat rá, hogy kísérleti jelleggel olyan normák születnek, amelyek a felelősségmegosztást, a járműnyilvántartási rendszerek átalakítását és az adatkezelés sajátos aspektusait is érintik (Görög, 2025). Ezek a megoldások fontos előképeket jelentenek más országok számára is, ugyanakkor világossá teszik, hogy nincs egyszerű, mindenki által azonnal adaptálható modell: a szabályozási környezet szorosan összefügg a nemzeti jogrendszer szerkezetével és a társadalmi elvárásokkal.

A globális kereskedelmi rezsim szintjén az autonóm járművek kérdése szintén komplex problémákat vet fel. A nemzetközi kereskedelmi jog, különösen a WTO-rendszer, elsősorban áruk és szolgáltatások cseréjére koncentrál, és kevés tapasztalata van olyan technológiákkal, amelyek önálló döntést hozó rendszereket testesítenek meg. A kereskedelem liberalizációja, a technológiai standardizáció és a nemzeti biztonsági szempontok ütközése új típusú jogvitákhoz vezethet, amelyekben az autonóm járművek egyszerre jelennek meg kereskedelmi termékként, kritikus infrastruktúra-elemként és potenciális kockázati tényezőként (Mezei & Harkai, 2021). Ebben az összefüggésben az autonóm mobilitás szabályozása már nem csak közlekedéspolitikai, hanem geopolitikai kérdéssé is válik.

A katonai autonóm rendszerek külön fejezetet érdemelnek a szakirodalomban. A harctéren alkalmazott autonóm járművek és fegyverrendszerek esetében a

felelősség, az elszámoltathatóság és a jogállami kontroll még inkább központi jelentőségű. A közvélemény és a szakmai diskurzus egyaránt érzékenyen reagál arra a gondolatra, hogy halálos erő alkalmazásáról részben vagy teljesen automatizált rendszerek döntsenek. A katonai autonóm járművek iránti bizalom dimenzióit vizsgáló elemzések rávilágítanak, hogy a társadalmi attitűdök itt még inkább szkeptikusak, és a technológiai előnyöket gyakran elnyomja a visszaélés vagy a kontrollvesztés miatti aggodalom (Szikora, 2023). A harctéri autonóm rendszerek stratégiai potenciálját és kockázatait áttekintő munkák hangsúlyozzák, hogy a hadijog és a humanitárius jog keretei komoly próbatétel elé kerülnek, amikor olyan technológiák jelennek meg, amelyek a döntéshozatal egy részét algoritmusokra bízzák (Szikora, 2025a).

Összességében a jogi és szabályozási szakirodalom azt mutatja, hogy az autonóm járművek kérdése nem szűkíthető le a közlekedési normák módosítására. Egy átfogó, interdiszciplináris megközelítésre van szükség, amely egyszerre veszi figyelembe a polgári jogi, büntetőjogi, nemzetközi jogi és etikai dimenziókat. A jog nem csupán követi a technológiai fejlődést, hanem visszahat rá: meghatározza, milyen típusú rendszerek kerülhetnek piacra, milyen felelősségi struktúrák mellett és milyen társadalmi garanciák kíséretében.

Humán tényezők, fiziológiai és neurotudományi megközelítések

Az önvezető járművek elterjedése nemcsak a közlekedési rendszert alakítja át, hanem az ember és technológia közötti kapcsolat minőségét is radikálisan módosítja. A hagyományos vezetés során az ember folyamatosan aktív szereplő: érzékel, dönt, cselekszik. Az autonóm rendszerek megjelenésével a szerep hangsúlya áttevődik a felügyeletre, az ellenőrzésre és az esetleges beavatkozásra. Ez az átalakulás mélyen érinti az emberi kogníciót, a felelősségérzetet, a biztonságérzetet és a stresszreakciókat. A humán tényezőkre fókuszáló szakirodalom azt vizsgálja, hogyan reagál a szervezet és az elme egy olyan járműre, amely „magától vezet”.

A klasszikus kérdőíves és interjús módszerek fontos alapinformációkat adnak az attitűdökről, de korlátozottan alkalmasak a spontán, nem tudatos reakciók vizsgálatára. E hiányosság pótlására egyre inkább teret nyernek azok a kutatások, amelyek fiziológiai és neurotudományi mérőeszközöket integrálnak az önvezető járművekkel kapcsolatos vizsgálatokba. E megközelítés lényege, hogy az autonóm járművek által kiváltott reakciókat nemcsak verbális beszámolók, hanem élettani paraméterek – például pulzusszám, bőrellenállás, izomfeszülés vagy szemmozgás – alapján is elemzik (Palatinus et al., 2022; Palatinus et al., 2025).

A fiziológiai vizsgálatok egyik legfontosabb tanulsága, hogy az önvezető járművek használata során a stressz és izgalmi szint mintázata nem lineárisan csökken a technológia iránti bizalom növekedésével. Sok esetben megfigyelhető, hogy a felhasználók verbálisan magas bizalmat jeleznek, miközben a szervezetük valós időben fokozott éberséget és feszültséget mutat. Ez különösen igaz váratlan eseményeknél, például hirtelen fékezésnél, más járművek kiszámíthatatlan manővereinél vagy az infrastruktúra hibáiból adódó helyzetekben (Palatinus et al., 2025). A humán reakciók ilyen részletezettségű feltárása új fényt vet arra, hogy mit is jelent „biztonságban érezni magunkat" egy autonóm rendszerben.

A neuromarketing és kognitív pszichológia integrálása tovább mélyíti az ember–gép interakciók megértését. Amikor az autonóm járművek elfogadását neurofiziológiai szinten vizsgálják, kiderül, hogy a felhasználók nem egyszerűen egy technikai rendszert értékelnek, hanem saját kontrollérzetük, autonómiájuk és sebezhetőségük átalakulását is megélik. Az agyi és élettani reakciók arra utalnak, hogy az autonóm járművek egyfajta „megosztott felelősség" élményét hozzák létre: a felhasználó egyszerre számít a gép döntéseire és érzi magát érintettnek a lehetséges következményekben (Prónay & Majó-Petri, 2022; Lukovics et al., 2023).

A survey-alapú és neurofiziológiai méréseket kombináló kutatások egy új módszertani standardot jelölnek ki az autonóm technológiák elfogadásának vizsgálatában. Az ilyen tanulmányok azt mutatják, hogy a pusztán attitűdkérdőívekre épülő modellek – még ha bonyolult szerkezetű, többváltozós struktúrát alkalmaznak is – hajlamosak alulbecsülni az érzelmi és testi reakciók szerepét (Lukovics et al., 2023). A fiziológiai mérések révén láthatóvá válik például, hogy egy-egy adott vezetési manőver vagy forgalmi helyzet milyen időbeli lefutással vált ki stresszreakciót, és hogyan tér el ez a különböző felhasználói csoportok között.

A humán tényezőkre irányuló vizsgálatok másik fontos tanulsága, hogy az autonóm járművek nem egyformán hatnak minden felhasználói csoportra. Az életkor, a korábbi vezetési tapasztalat, a technológiai affinitás és a kockázattűrés mind olyan tényezők, amelyek befolyásolják, hogy az egyén hogyan reagál egy önvezető rendszer viselkedésére. A fiatalabb, digitálisan szocializálódott generációk esetében gyakran nagyobb a nyitottság, de ez nem feltétlenül jár alacsonyabb stressz-szinttel; sokszor inkább gyorsabb adaptáció figyelhető meg a váratlan helyzetekben (Hőgye-Nagy et al., 2023; Kurucz et al., 2022). Az idősebb felhasználóknál a bizalomépítés lassabb, ugyanakkor ha egyszer kialakul a bizalom, stabilabbnak bizonyul.

A humán tényezők vizsgálata arra is rámutat, hogy az önvezető járművek bevezetése nem értelmezhető pusztán technológiai innovációként. Az emberekhez való viszonyukat, a felelősségérzetről, döntésről és kontrollról alkotott elképzeléseiket is újra kell gondolniuk. Az a tény, hogy egyes döntéseket – például egy hirtelen fékezést vagy kikerülő manővert – a rendszer hoz meg helyettük, sokaknál egzisztenciális szorongást válthat ki, különösen, ha nem világos, milyen logika mentén születnek ezek a döntések. A fiziológiai és kognitív vizsgálatok

együttese azt sugallja, hogy az autonóm járművek elfogadásához nem elég a technikai megbízhatóság bizonyítása: szükség van az algoritmikus döntéshozatal emberközpontú kommunikációjára is (Lukovics et al., 2023; Palatinus et al., 2022).

Végső soron a humán tényezőkre fókuszáló kutatások abban segítenek, hogy az autonóm járművek fejlesztése ne szűküljön le a szenzorok, vezérlők és adatplatformok optimalizálására. Rámutatnak, hogy a „jó" önvezető rendszer nemcsak a balesetek számát csökkenti, hanem olyan interakciót kínál az ember számára, amelyben a biztonságérzet, a kiszámíthatóság és az érzelmi komfort is megőrizhető. Ez az a perspektíva, ahol a technikai, jogi és társadalmi dimenziók végül újra találkoznak: a jármű nem pusztán közlekedési eszköz, hanem annak a kérdésnek a gyakorlati terepe, hogy milyen jövőt képzelünk el az ember és a mesterségesen intelligens rendszerek együttélésére.

Összefoglalás

Az önvezető járművek fejlődése sokkal több, mint technológiai innováció: olyan társadalmi, jogi és humán tényezőket mozgósít, amelyek együtt formálják a mobilitás jövőjét. A társadalmi elfogadás kulcsfontosságú háttere meghatározza, hogy a technológiai ígéretek mikor és milyen mértékben válnak valósággá. A bizalom, az észlelt kockázat és a technológiai önhatékonyság dinamikája egyértelműen azt mutatja, hogy az autonóm rendszerek nem függetleníthetők az emberi tapasztalattól és érzelmi reakcióktól. A technikai oldal ehhez olyan validációs és tesztelési környezeteket biztosít, amelyek képesek a valós forgalom komplexitását reprezentálni, és a kritikus forgatókönyvek szisztematikus azonosításával megbízható információt nyújtanak a rendszerek teljesítményéről. Ezzel párhuzamosan a jogi és szabályozási környezet új felelősségi és elszámoltathatósági modelleket igényel, hiszen az autonóm jármű már nem egyetlen döntéshozóhoz, hanem egy hálózatos ökoszisztémához köthető. A humánfaktor-kutatások ezeket a dimenziókat azzal mélyítik tovább, hogy feltárják az autonóm rendszerek által kiváltott fiziológiai és kognitív reakciókat, rávilágítva a rejtett stressz- és bizalommechanizmusokra. Mindezek alapján világossá válik, hogy az autonóm mobilitás bevezetése csak akkor lehet sikeres, ha a technikai megbízhatóság mellé társadalmi átláthatóság, jogi koherencia és emberközpontú tervezés társul. Ez az integrált megközelítés biztosíthatja, hogy az önvezető járművek valóban egy biztonságosabb és inkluzívabb közlekedési jövő alapjai legyenek.

Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton fejezi ki őszinte köszönetét **Lazányi Kornélia egyetemi tanárnak** és **Szikora Péter egyetemi docensnek**, akik a TIG kutatócsoport mentoraként meghatározó szakmai támogatást nyújtottak. Nagyra értékelem a kutatócsoportban biztosított együttműködést és a folyamatos iránymutatást, amely az önvezető autók kutatásában való részvételemet jelentősen elősegítette. Hozzájárulásuk nélkül a jelen tanulmány nem jöhetett volna létre.

Források

[1.] Kurucz, G., Varró, G., Hőgye-Nagy, Á., & Kovács, G. (2022). Az önvezető járművek elfogadása kérdőív magyar nyelvű adaptációja és a technológia alkalmazására való hajlandósággal való összefüggései. ALKALMAZOTT PSZICHOLÓGIA, 2022(1), 103-118.

[2.] Hőgye-Nagy, Á., Kovács, G., & Kurucz, G. (2023). Acceptance of self-driving cars among the university community: Effects of gender, previous experience, technology adoption propensity, and attitudes toward autonomous vehicles. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 94, 353-361.

[3.] Majó-Petri, Z., & Huszár, S. (2020). Autonóm járművek, önvezető autók: mit gondol a közönség?. Közlekedéstudományi Szemle, 70(1), 66-75.

[4.] Prónay, S., Lukovics, M., Kovács, P., Majó-Petri, Z., Ujházi, T., Palatinus, Z., & Volosin, M. (2022). Pánik próbája a mérés: Avagy önvezető technológiák elfogadásának valós idejű vizsgálata neurotudományi mérésekkel. Vezetéstudomány-Budapest Management Review, 53(7), 48-62.

[5.] Kenesei, Z., Ásványi, K., Kökény, L., Jászberényi, M., Miskolczi, M., Gyulavári, T., & Syahrivar, J. (2022). Trust and perceived risk: How different manifestations affect the adoption of autonomous vehicles. Transportation research part A: policy and practice, 164, 379-393.

[6.] Kenesei, Z., Kökény, L., Ásványi, K., & Jászberényi, M. (2025). The central role of trust and perceived risk in the acceptance of autonomous vehicles in an integrated UTAUT model. European Transport Research Review, 17(1), 8.

[7.] Ásványi, K., Miskolczi, M., Kökény, L., & Jászberényi, M. (2023). Önvezető járművek hatása a turizmusra hazai szakértők szemével. Turizmus Bulletin, 23(3), 5-14.

[8.] Lukovics, M., Udvari, B., Zuti, B., & Kézi, B. (2018). Az önvezető autók és a felelősségteljes innováció (Self-Driving Vehicles and Responsible Innovation). Közgazdasági Szemle/Economic Review-monthly of the Hungarian Academy of Sciences), Közgazdasági Szemle Alapítvány (Economic Review Foundation), 65(9), 949-974.

[9.] Ujházi, T. (2023). Önvezető járművekhez kapcsolódó fogyasztói preferenciák vizsgálata. Marketing & Menedzsment, 57(Különszám EMOK 2), 65-73.

[10.] Toth, B., & Szalay, Z. (2023). Development and functional validation method of the scenario-in-the-loop simulation control model using co-simulation techniques. Machines, 11(11), 1028.

[11.] Toth, B., & Szalay, Z. (2025). Minimum Critical Test Scenario Set Selection for Autonomous Vehicles Prior to First Deployment and Public Road Testing. Applied Sciences, 15(13), 7031.

[12.] Lengyel, H., & Szalay, Z. (2018). Classification of traffic signal system anomalies for environment tests of autonomous vehicles. Production Engineering Archives, 19, 43-47.

[13.] Palatinus, Z., Volosin, M., Csábi, E., Hallgató, E., Hajnal, E., Lukovics, M., ... & Majo-Petri, Z. (2022). Physiological measurements in social acceptance of self driving technologies. Scientific reports, 12(1), 13312.

[14.] Palatinus, Z., Lukovics, M., Volosin, M., Dudás, Z., Prónay, S., Majó-Petri, Z., ... & Szalay, Z. (2025). Passenger physiology in self-driving vehicles during unexpected events. Scientific Reports, 15(1), 7899.

[15.] Kecskés, G. (2020). Az autonóm járművek jogi kérdéseinek nemzetközi kontextusa, különös tekintettel a környezetjogi vetületekre. Állam-és Jogtudomány, 61(4), 52-64.

[16.] Lukovics, M., Prónay, S., Majó-Petri, Z., Kovács, P., Ujházi, T., Volosin, M., ... & Keszey, T. (2023). Combining survey-based and neuroscience measurements in customer acceptance of self-driving technology. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 95, 46-58.

[17.] Palatinus, Z., Volosin, M., Csábi, E., Hallgató, E., Hajnal, E., Lukovics, M., ... & Majo-Petri, Z. (2022). Physiological measurements in social acceptance of self driving technologies. Scientific reports, 12(1), 13312.

[18.] Palatinus, Z., Lukovics, M., Volosin, M., Dudás, Z., Prónay, S., Majó-Petri, Z., ... & Szalay, Z. (2025). Passenger physiology in self-driving vehicles during unexpected events. Scientific Reports, 15(1), 7899.

[19.] Szikora, P., & Madarász, N. (2017). Self-driving cars—The human side. In 2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics (pp. 383–387). IEEE.

[20.] Szikora, P., & Szatmáry, R. (2023). Autonomous cars–What lies behind the lack of readiness. Interdisciplinary Description of Complex Systems, 21(4), 399–411.

[21.] Szikora, P. (2023). Public perceptions and trust dimensions of military autonomous vehicles in the age of artificial intelligence. The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences, 44, 70–81.

[22.] Szikora, P. (2025a). Autonomous systems on the battlefield: The military potential and risks of self-driving vehicles. In Proceedings of the XXI International May Conference on Strategic Management (IMCSM25).

[23.] Szikora, P. (2025b). Technological challenges and self-driving cars: Acceptance and stress. In The Impact of the Energy Dependency on Critical Infrastructure Protection.

[24.] Lazányi, K. (2025). Cheese?—Exploring the inherent limits of safety and the human factor. In The Impact of the Energy Dependency on Critical Infrastructure Protection.

[25.] Lazányi, K. (2023). Are we ready for smart cities? Interdisciplinary Description of Complex Systems, 21(4), 375–389.

[26.] Szatmáry, R., & Lazányi, K. (2023). Are self-driving cars a safer solution? In IFIP International Conference on Human Choice and Computers (pp. 443–455). Springer.

[27.] Szatmáry, R., & Szikora, P. (2023). *Factors influencing technostress*. In 2023 IEEE 21st World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics. IEEE.