

A jövő intelligens járművei és az infokommunikáció hatása

VARGA ISTVÁN, TETTAMANTI TAMÁS

*BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék
{ivarga, tettamanti}@mail.bme.hu*

Kulcsszavak: önvezető autó, autonóm jármű, intelligens infrastruktúra, forgalommodellezés, forgalomirányítás

Napjaink egyik új fejlődési iránya és innovációja az önálló döntéshozásra képes, autonóm módon közlekedő járművek kutatása és fejlesztése, amelyben az infokommunikációnak meghatározó szerepe van, és amely számtalan további kapcsolódó szakterület innovációját is magával hozza. Az emberi beavatkozástól független működés a közlekedés minden ágazatában megjelenik, legyen az vízi, légi vagy a földfelszíni közlekedés.

Cikkünkben elsősorban a közúti járműforgalomban megjelenő autonóm járművek hatását vizsgáljuk.

1. Bevezetés

Napjainkban jelentős változáson megy keresztül a közlekedés. Ennek talán legfőbb oka, hogy ezen a területen is rohamtempóban gyűrűznek be az informatika és az infokommunikációs technológia legkorszerűbb megoldásai. Ezek a gyorsan bekövetkező változások nagy hatással vannak a közlekedésben részt vevő járművekre, az infrastruktúrára és a közlekedő személyekre, általában véve a társadalom egészére.

Jelen cikkünkben az autonóm jármű és a kapcsolódó infrastruktúra fejlesztések jövőben várható új kihívásait kívánjuk megvilágítani, ezen belül is elsősorban a közlekedési rendszer és a közlekedésmérnöki megközelítésből fontos változásokat megfigyelve. Ez a terület olyan új irány, amely erősen interdiszciplináris jellegű problémákat feszeget, hiszen figyelembe kell venni a műszaki, a gazdasági, a jogi és a társadalmi aspektusokat egyaránt.

2. A járművek és a közlekedés fejlődési iránya

A járművek és különösen a közúti gépjárművek fejlődése az elmúlt időszakban felgyorsult. A változás egyik kézzelfogható eredménye, hogy a gépjárművekben egyre több a számítástechnikai feldolgozó egység. Egy mai, átlagosnak nevezhető, középkategóriás gépkocsiban például 40-50 darab ECU (Electronic Control Unit) található. Ezek a jármű alapvető működtetésén (pl. motorvezérlés) túl, növelik a jármű biztonságát (pl. menetstabilizáló rendszer), segítik a járművezetést (pl. gépjárművezetés-támogató rendszer), és nem utolsósorban emelik a vezető és az utasok komfortját az utazás során. Természetesen ezek az egységek is egyre intelligensebbé válnak, így egyre több funkció integrálódik bennük. Mindemellett a legtöbb mai új járműben már megjelenik valamilyen kommunikációs rendszer is, amely más járművekkel

vagy a környező infrastruktúrával képes kapcsolatot létesíteni. Ezek az úgynevezett V2V (Vehicle to Vehicle, azaz járművek közötti) és V2I (Vehicle to Infrastructure, azaz jármű és infrastruktúra közötti) kommunikációs technológiák. Természetesen ezek fejlesztése, szabványosítása is folyamatosan halad előre [3].

A kifejezetten közlekedés specifikus műszaki megoldások mellett ma már kulcsszerepet játszanak a közlekedő személyek által generált adatok is. Egyre több és részletesebb információ keletkezik az utazásokról, amelyeket egyelőre leginkább szeparáltan használnak fel. Ugyanakkor a közlekedésszervezés szempontjából óriási lehetőségek nyílnak meg ezen – ma már gyakran csak big data néven illetett – információk intelligens kiaknázásával. Például megfelelő adatfúziós eljárással a mindenhol érkező „adatmorzsákból” a jelenleginél sokkal pontosabb forgalmi modellezés és előrejelzés érhető el, továbbá a forgalmi igények befolyásolásával – és nem kényszerítésével – az adott közlekedési hálózatok kapacitáskihasználása is optimalizálhatóvá válhat (pl. dinamikus útdíj-rendszer).

A közlekedési rendszerrel kapcsolatos kutatások és alkalmazások jelenleg az intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transport Systems: ITS) megvalósítására törekednek. Az ITS rendszerekben megjelennek az intelligens közlekedési infrastruktúrák is, amelyek az intelligens funkciókkal felruházott vagy akár teljesen automata járművekkel közösen egy komplex hálózatot hoznak létre.

Mindehhez kapcsolódik napjaink egy másik érdekes kutatási iránya: az emberi élet hétköznapijainak és így a közlekedés kiszámíthatóságának vizsgálata. Barabási Albert-László – többek között – a mobiltelefonok mozgásának a megfigyelése alapján az emberek jövőbeli helyváltoztatásának becsülhetőségét vizsgálja [2]. Az ilyen kutatások is mind hozzájárulnak a közlekedési folyamatok alaposabb megértéséhez és tervezhetőségéhez. Ráadásul az autonóm járművek fejlődésével ezek az eredmények jelentősen átalakítják majd a közleke-

dési igényeket és szokásjellemzőket, amelyek végül visszahatnak az újonnan kialakuló intelligens infrastruktúra kialakítására.

A felsorolt műszaki újítások már egy évtizede lehetővé tették, hogy elgondolkodjunk az önvezető autóról, vagy más néven autonóm közúti jármű lehetőségéről. A közutakon ember nélkül cikázó autókat elképzelve ezt ma még természetesen sokan idegenkedve fogadják. Ugyanakkor gondoljunk bele, hogy a repülőgépeket vezető robotpilóta vagy a vezető nélküli metrószerelvények már mai is hétköznapjaink szerves részei.

3. Az autonóm közúti jármű „fogalma” és szintjei

Az autonóm közúti jármű fogalmi viselkedéséhez és a közlekedésben betöltött szerepéhez először bemutatjuk az autonóm jármű (autonomous vehicle) alapvető megfogalmazását és definícióját. Azt mondhatjuk, hogy azokat a közúti gépkocsikat, amelyek képesek a környezetük fejlett érzékelésére, valamint humán vezető nélküli, szabályozott haladásra, autonóm közúti járműnek hívhatjuk (ezen autókat gyakran vezetőnélkülinek, önvezetőnek, vagy robotjárműnek is nevezik).

A SAE (Society of Automotive Engineers) International 2014-ben szabvány formájában definiálta az autonóm gépjárművek terminológiáját, ill. megfogalmazta azok szintjeit az automatizáltság tekintetében [5]. Az 1. táblázat ezeket a szinteket ismerteti. A táblázat utolsó két oszlopa a SAE szintek körülbelüli megfeleltetését mutatja egyrészt a Német Szövetségi Útügyi Kutatóintézet (BASt: Bundesanstalt für Straßenwesen), másrészt az amerikai egyesült államokbeli Nemzeti Közúti Közlekedésbiztonsági Hivatal (NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration) szintjeihez képest.

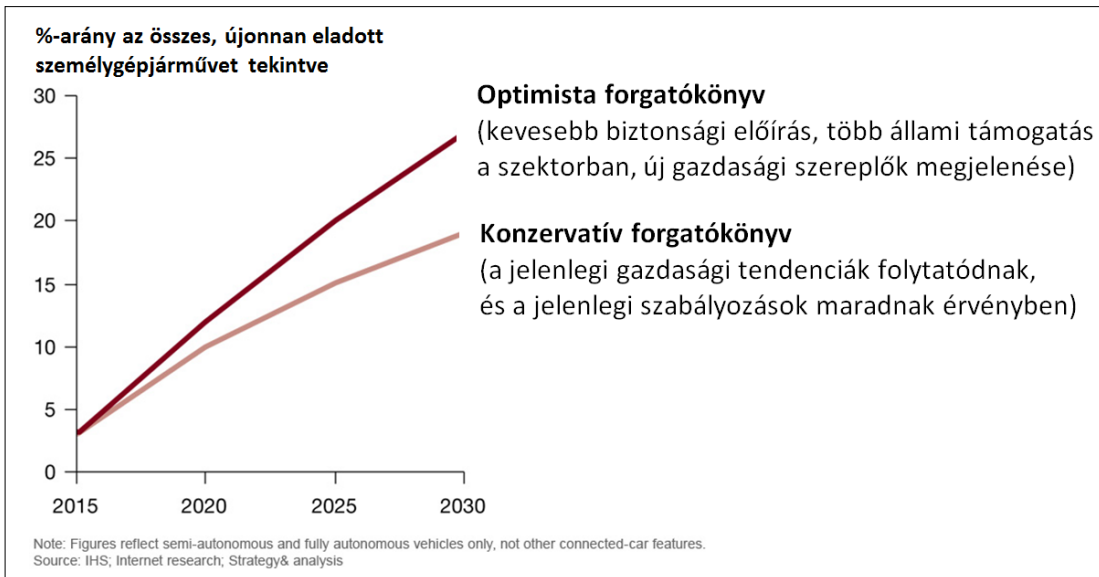
A táblázat értelmezéséhez a SAE a következőket fogalmazta meg:

„Ezek a szintek inkább irányadóak és technikai jellegűek, mint jogi definíciók. Nem utalnak a piaci bevezetés sorrendjére. Az egyes szinteken a minimális és nem a maximális rendszerképességek vannak definiálva. Egy adott gépjármű több automatikus vezetési tulajdonsággal rendelkezhet, ezáltal különböző szinteken üzemelhet attól függően, hogy mely képességeit alkalmazzuk.” [5]

A definiált szintek alapvetően azt mutatják meg, hogy a dinamikus vezetési műveletek hogyan oszlanak meg az ember és a gép között a 0. (nincs automatizáltság) szinttől az 5. (teljesen automata rendszer) szintig. A teljes

1. táblázat
Az autonóm gépjárművek SAE (Society of Automotive Engineers) által megfogalmazott szintjei (forrás: [5])

Szint	SAE szint	Definíció	Kormányzás, gyorsítás/llassítás	Vezetési környezet figyelése	A dinamikus vezetési műveletek átvétele az automatikus rendszerek teljesítményének visszaesése esetén	Az automata rendszer képessége a vezetési módokat tekintve	BASt szint	NHTSA szint
0	Nincs automatizáltság	A humán járművezető végez minden vezetési műveletet folyamatosan. A jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	Humán járművezető	Humán járművezető	-	-	Csak humán járművezető	0
1	Gépjárművezetés támogatása	A gépjárművezetés-támogató rendszer a kormányzási vagy a fékezési/gyorsítási műveletet átveheti, ill. segítheti a biztonságosabb működtetést. Mindemellett a jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	Humán járművezető és automata rendszer	Humán járművezető	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Támogatott gépjárművezetés	1
2	Részleges automatizáltság	A gépjárművezetés-támogató rendszer vagy rendszerek a kormányzási és a fékezési/gyorsítási műveleteket egyszerre átvehetik, ill. segíthetik a biztonságosabb működtetést. Mindemellett a jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	Humán járművezető és automata rendszer	Humán járművezető	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Részben automatizált	2
3	Feltételes automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányítja az összes dinamikus vezetési műveletet feltételezve, hogy szükség esetén a humán járművezető megfelelően reagál egy beavatkozási kérésre vagy át tudja venni a vezetési műveleteket.	Automata rendszer ¹	Automata rendszer	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Magas szinten automatizált	3
4	Magas szintű automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányítja az összes dinamikus vezetési műveletet, még akkor is, ha a humán járművezető nem megfelelően reagál egy beavatkozási kérésre.	Automata rendszer	Automata rendszer	Automata rendszer	Egyes vezetési módok	Teljesen automatizált	3/4
5	Teljes automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányítja minden dinamikus vezetési műveletet folyamatosan. Minden - a humán járművezető által is kezelhető - út, ill. környezeti körülményt képes kezelni. A jármű ember nélkül is közlekedhet.	Automata rendszer	Automata rendszer	Automata rendszer	Minden vezetési mód	-	



1. ábra
A részlegesen vagy teljesen automatizált személygépkocsi arányának változási trendje az IHS nemzetközi piackutató cég becslése alapján [6]

automatizáltságig két evolúciós út lehetséges: a „valami mindenhol” és a „minden valahol” koncepciók [1]. Az első variációban az automatikus vezetési rendszerek fokozatosan fejlődve kerülnek beépítésre a hagyományos gépkocsikba, követve az 1. táblázat szerinti lépéseket a 0. szinttől az 5. szintig. Ezen a fejlődési úton a járművezetők egyre több dinamikus vezetési műveletet engednek át az automata rendszereknek. (Az „automata rendszer” kifejezés a gépjármű vezetés-támogató rendszerre, azok kombinációjára vagy az automata járművezető rendszerre utal. A másik – „minden valahol” – variáció szerint viszont a legmagasabb szintű automatizáltságú gépjárművek egyből „bevezethetők” és közlekedtetők járművezető nélküli üzemmódban is a hagyományos autók mellett egészen addig, míg ki nem szorítják a régi, illetve részlegesen automatizált járműveket.

Az IHS nemzetközi piackutató szerint akár már 2025-re az összes újonnan eladott személygépjármű 20%-a részlegesen vagy teljesen automatizált lesz (lásd 1. ábra). Ugyanakkor még a kevésbé optimista forgatókönyv alapján is 2030-ig ez a szám 18% lesz. Ez pedig csupán 15 éven belül várható, ami a technológiai változás mértékét tekintve nagyon rövid idő.

4. Az autonóm járművek alkalmazhatóságának spektruma és a velük járó új kihívások

Amikor önvezető gépjárműveket vizionálunk a közutakon, akkor általában mindenki a személyautós felhasználásra gondol először. Ám az autonóm járművek alkalmazásának spektruma óriási. Gyakorlatilag teljes mértékben felölel minden – személy- és áruszállításban alkalmazott – technológiát.

A személyszállítást tekintve egyértelműen adódik a közösségi közlekedési járművek automatizálása, hiszen ezek egy része kötött pályán mozog eleve, másik részük pedig, ha közúton is, de általában kötött útvonalon

közlekedik. A másik nagy terület, ahol az autonóm járművek gyors előretörése várható, az a taxis és minden ehhez hasonló személyszállítási piac. Példaként említhetjük a népszerű Uber Technologies vállalatot, amely nem titkolt célja, hogy a közeljövőben vezető nélküli taxi szolgáltatást nyújtson (ehhez már saját fejlesztő központot is létrehozott, lásd www.uberatc.com). Mindemellett a magántulajdonú személyautók is új értelmet nyerhetnek, amennyiben autonóm üzemre képesek. A telekocsi szolgáltatásokkal (car sharing) például egy autótulajdonos csökkentheti a fenntartási költségeit vagy akár még kereshet is vele. Egy önvezető jármű esetén például már nem jelenthet gondot, hogy a telekocsi rendszerben üzemeltetett gépjármű akkor is fusson, amikor a tulajdonosa az irodában dolgozik, vagy éppen otthon alszik.

A bemutatott személyközlekedésen túl az áruszállítás területén már jelenleg is komoly tesztek és kísérletek folynak haszongépjárművekkel, pl. Volvo, Mercedes Benz (2. ábra). Az országúton vezető nélkül cirkáló kamionok és teherautók jelentősen átalakítják majd az áruszállítás piacát. Lerövidülnek a szállítási láncok, nő a gazdaságosság, miközben biztonságosabbá válnak a közutak. A vezető nélküli teherszállítás elterjedésével jelentős fejlődés várható a városok áruellátásában is (city logisztika). A változások hatására a jelenlegi logisztikai, áruszállítási rendszerek alapjaiban változhatnak meg.

A fentiek mellett érdemes szót ejteni még az autonóm járművek hatásáról a klasszikus közlekedési modellekre és a forgalomirányításra. A jelenlegi közúti forgalomirányítás a – klasszikus értelemben vett – járműforgalmi modelleken alapul. Ez azt jelenti, hogy minden statikusan vagy dinamikusan alkalmazott forgalomirányítási intézkedés kizárólag ember által vezetett járműforgalomra van felkészítve. Az önvezető gépkocsi megjelenésével azonban egy sokkal komplexebb irányítási feladatot kell majd ellátni. Ennek legfőbb oka az, hogy az autonóm járművek dinamikája sok esetben erősen eltérhet a hagyományos autókhoz képest.

A változás első időszakában feltételezhetően az önvezető autók óvatosabban fognak közlekedni, mint az ember által vezetett járművek. Ez azt jelenti, hogy – lévén minden szabályt betartanak – kezdeti penetrációjuk során a forgalomban meg fognak nőni a jelenlegi követési távolságok. Emellett az autonóm jármű szabálykövető sebességtartási magatartása következtében az átlagsebesség is várhatóan csökkenni fog (legalábbis addig, amíg heterogén járműállomány fog az utakon futni). Más részről azonban a fejlődő kommunikációs rendszereknek köszönhetően a járművek rengeteg adathoz jutnak majd hozzá az emberi vezető érzékszerveivel tapasztalt információhoz képest. Emiatt hosszabb távon, a járműmozgások becsült információja és a kooperatív járműirányítás segítségével várhatóan elkezdene majd csökkenni a követési távolságok és ezzel együtt az átlagsebesség is növekedni fog.

Mindezen változások azt eredményezik, hogy a jelenleg használt járműforgalmi modelleket jelentősen át kell írni. Különösen a mikroszkopikus járműkövetési modelleket, ahol az egyik legjelentősebb tényező a követési távolság, amelyben paraméterként megtalálható a járművezető reakcióideje. A makroszkopikus modellek esetében a járműmegmaradás törvényei továbbra is igazak lesznek, de a fundamentális diagram [4] jellemző küszöbértékei átalakulnak. A jelenlegi – kritikus forgalomsűrűség feletti – instabil tartomány dinamikája át fog alakulni, hiszen az ott kialakuló, hirtelen stabilitásvesztést alapvetően az emberi viselkedés véletlenszerűsége okozza.

Fontos kiemelni, hogy a fentebb felsorolt alkalmazási lehetőségek a technológiai fejlődéssel párhuzamosan számos újszerű gazdasági, társadalmi és jogi problémát hoznak magukkal. Ezekre a kihívásokra pedig az adott tudományágaknak és szakterületeknek kell a megfelelő válaszokat kidolgozni.

5. Társadalmi változások, várható hasznok

Legyen szó bármilyen közlekedési alágazatról is, a közlekedési rendszerek fejlesztési célkitűzéseivel szemben támasztott követelmények közül a legfontosabbak a balesetek számának és súlyosságának csökkentése, a környezetterhelés csökkentése, valamint a forgalomtechnikai paraméterek javítása (pl. az úticélbajutási idők csökkentése, a megállások számának csökkentése, az átlagsebesség növelése). Természetesen ezek egymással is összefüggnek, de egy mindegyiket átszövő fontos szempont a hatékonyabb, gazdaságosabb üzemeltetés.

Tételesen megvizsgálva a követelményeket látható, hogy mindegyikben a járműveket vezető ember szerepe kulcsfontosságú. Gondoljunk a balesetekre, ahol a balesetek okai döntő részben a vezetők felelősségére vezethetők vissza. Általában igaz az, ha a korszerű, összetett műszaki rendszerekben az ember részt vesz az irányítási láncban, akkor a fejlesztés szempontjából az ember maga az egyik „leggyengébb” láncszem. Ennek fő oka, hogy az emberi hibákra sokkal nehezebben lehet felkészülni, mint a potenciális műszaki meghibásodásokra.

Éppen emiatt az autonóm járművek elterjedésével, és ezáltal az emberi tényezők kiküszöbölésével jelentősen csökkenthetnek a balesetek, javulhatnak az emissziós értékek és a forgalomtechnikai célok. Ezzel együtt a társadalom szélesebb rétegének nyílhat lehetősége a mobilitásra. Olyanok is „vezethetnek” autót, akiknek nincs jogosítványa, gyerekek, idősek, mozgás-, hallás és látássérültek. Az autonóm járművek nem kötődnek már szorosan a személyek mozgásához, hiszen azok „egyedül” is tudnak majd mozogni. Sőt természetesen külső irányítással is el lehet küldeni egyik helyről a másikra üresen is, nem feltétlen kell embernek tartózkod-



2. ábra
A Mercedes vezető nélküli kamionja

(forrás: <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/the-long-haul-truck-of-the-future>)

nia a járműben. Ezzel párhuzamosan pedig olyan új közlekedési igények generálódnak, amelyek a jelenlegi, gazdasági és demográfiai alapú – például munkahelyek, iskolák, lakókörnyezetek alapján felállított – közlekedési modelljeinket is teljesen felülírják.

6. Összefoglalás

A gépjárművek fejlesztése területén is megfigyelhető, hogy az utóbbi évtizedekben folyamatosan nő az automatizáltság szintje, egyre nagyobb tért hódítanak az infokommunikációs technikák. Ebbe beletartozik a gépjármű környezetérzékelő szenzorainak fejlődése, a kommunikációs technológiák minden szinten történő megjelenése, a különböző irányítástechnikai és elektronikai vezérlők jelentős fejlődése.

Az elmúlt évek műszaki fejlesztései lehetővé tették az autonóm (önvezető) járművek kialakulását, amelyek most alapvetően változtatják meg a jövő fejlesztési irányait. Cikkünkben bemutattuk ennek a technológiának a kialakulását és felvázoltuk a lehetséges hatásait a közlekedésre és az infrastruktúrára. Ezen rendszerek szoros együttműködése révén jöhetnek majd létre az új, intelligens vagy „okos” közlekedési rendszerek, valamint a rájuk is épülő „okos” városok.

A szerzőkről



VARGA ISTVÁN a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerzett közlekedésmérnöki diplomát 1997-ben, majd PhD fokozatot 2006-ban. Jelenleg a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar dékánja, egyetemi docens a Közlekedési- és Járműirányítási Tanszéken, továbbá az MTA SZTAKI Rendszer- és Irányításelméleti Kutatólaboratóriumának tudományos főmunkatársa. A közlekedésirányításhoz kapcsolódó kutatásai keretében a közúti forgalomirányító rendszerek tervezésével és megvalósításával foglalkozik. Kutatási területei közé tartozik emellett a nagybiztonságú irányítórendszerek elmélete is. 2 könyv és több mint 100 publikáció szerzője, illetve társszerzője.



TETTAMANTI TAMÁS a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerzett közlekedésmérnöki diplomát 2007-ben, majd PhD fokozatot 2013-ban. Jelenleg a BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék adjunktusa. Kutatási területe a korszerű technológiák alkalmazása a közúti járműforgalom mérésére, becslésére és modellezésére, valamint az optimalizálási módszerek felhasználása a közlekedési irányítórendszerekben. Két könyv és több mint 50 publikáció szerzője, illetve társszerzője.

Irodalomjegyzék

- [1] Automated and Autonomous Driving, Regulation under Uncertainty, Corporate Partnership Board Report, OECD, International Transport Forum, 2015.
www.internationaltransportforum.org
- [2] A-L. Barabási:
Villanások – a jövő kiszámítható.
Nyitott Könyvműhely, 2010, ISBN 9789633100141.
- [3] Gáspár P., Aradi P., Décsei-Paróczy A., Aradi Sz., Szalay Zs.:
Highly Automated Vehicle Systems, BME MOGI, 2014, ISBN 978-963-313-173-2.
http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek_iranyitasa_angol/index.html
- [4] Luspay T., Tettamanti T., Varga I.:
Forgalomirányítás, Közúti járműforgalom modellezése és irányítása,
Typotex Kiadó, Budapest, 2011, ISBN 978-963-279-665-9.
- [5] SAE International: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems, SAE standard, nr. J3016_201401, 2014-01-16.
http://standards.sae.org/j3016_201401
- [6] R. Viereckl, D. Ahlemann, A. Koster, S. Jursch:
Connected Car Study 2015, Racing ahead with autonomous cars and digital innovation by Published: Sept. 16, 2015.
<http://www.strategyand.pwc.com/reports/connected-car-2015-study>