

Autonóm önvezető robot autók

Absztrakt: Az autonóm önvezető robot autók megvalósítását, intelligens kerekeken gördülő mobil robotok, utóbbi 20 évben megjelent kutatási és fejlesztési eredményei teszik lehetővé. Az autonóm önvezető autó (self-driving car, robotic car) emberi beavatkozás nélkül képes közlekedni a közúti forgalomban, érzékeli és értékeli a környezetet, digitális technológiák segítségével ütközésmentesen irányítja, navigálja önmagát. Áttekintjük az automata járművezető rendszer 5 szintjét.

Kulcsszavak: autonóm önvezető robot autó, érzékeli és értékeli a környezetet, digitális technológiák, automata járművezető rendszer szintjei, elektromos autók, hatótáv, autó megosztás, közösségi autók

1. Bevezetés

Az autóiipar, kutatás és fejlesztés szempontjából, az elektromos és önvezető autók megjelenésével, napjainkban robbanásszerű változáson megy keresztül. Az önvezetés nem fejlődés, hanem maga a forradalom. Az autonóm önvezető autók fejlesztése a közúti közlekedés biztonsága szempontjából időszerű. Az autonóm önvezető autó (self-driving car, robotic car) a közúti forgalomban emberi beavatkozás nélkül képes közlekedni, érzékeli és értékeli a környezetet, digitális technológiák segítségével ütközésmentesen irányítja, navigálja önmagát.

Az autonóm önvezető autó előnyei közé tartozik, hogy az emberi tevékenység kiküszöbölésével elkerülhetők az emberi hibák, így jelentősen csökkenthető a közúti balesetek száma. Egyaránt alkalmazhatók személyszállítás (autó, taxi, autóbusz) és teherszállítás (teherautó) esetében is. Meghajtásuk elektromos, így a benzin és dízel motoros autók gyors értékcsökkenésével kell szembenéznünk.

Autonóm önvezető autók kutatása és fejlesztése, a robotkutatási és fejlesztési eredmények felhasználásával és alkalmazásával a 90-es években Japánban kezdődött [1-3]. A szerző, 1996-ban részt vett Kauai (Hawaii) szigeten megrendezett tudományos konferencián [4], ahol Japán vezető robotkutatói bejelentették, hogy Japánban a robotkutatók elkezdik az önvezető autók fejlesztését.

* Dr. Mester Gyula, c. egyetemi tanár, a Magyar Mérnökakadémia rendes tagja, Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest

Önvezető autók elterjedésével az egyéni tulajdon szerepe háttérbe szorul és a közösségi autók (car sharing), az autó megosztás használata mindinkább teret hódít [5-7].

Az autonóm, önvezető autó kutatásán, fejlesztésén, egymástól függetlenül több cég, így a Google, a Tesla Motors, Nissan, Toyota, Volkswagen/Audi, Mercedes-Benz, Delphi Automotive és a Bosch is dolgozik [8-12].

2. Az automatizáltság szintjei

A SAE (Society of Automotive Engineers) International 2014-ben egy szabvány formájában definiálta az autonóm önvezető robot autók szintjeit az automatizáltság tekintetében [13]. Áttekintjük tehát az automata járművezető rendszer szabvány 6 szintjét:

2.1. A gépjárművezető felügyeli a közlekedési környezetet

0. szint - Level 0, No Automation: a hagyományos autó teljes mértékben emberi irányítás alatt áll, nincs automatizáltság, vezetési környezetet az ember figyeli.
1. szint - Level 1, hands on, Drive Assistance: az autó teljes mértékben emberi irányítás alatt áll, autóvezetés támogatása kormányzás vagy fékezés/ gyorsulás esetében, vezetési környezetet az ember figyeli.
2. szint - Level 2, hands off, Partial Automation: az autó teljes mértékben emberi irányítás alatt áll, részleges automatizáltság, az autóvezetés-támogató rendszer a kormányzási és a fékezési/gyorsítási műveleteket egyszerre átveheti, vezetési környezetet az ember figyeli.

2.2. Az automatizált rendszer felügyeli a közlekedési környezetet

3. szint - Level 3, eyes off, Conditional Automation: feltételes automatizáltság, az autót teljes mértékben ember irányítja, az autóvezetés-támogató rendszer a kormányzási és fékezési/gyorsítási műveleteket egyszerre átveheti, vezetési környezetet az automata rendszer figyeli.
4. szint - Level 4, mind off, High Automation: magas szintű automatizáltság, az automata autóvezető-rendszer irányítja az összes dinamikus vezetési műveleteket, vezetési környezetet az automata rendszer figyeli.

5. szint – Level 5, steering wheel optional, Full Automation: teljes automatizáltság, az automata autóvezető-rendszer folyamatosan irányítja az összes dinamikus vezetési műveleteket, vezetési környezetet az automata rendszer figyeli, az autó ember nélkül is közlekedhet.

3. Elektromos autók

A világon legnagyobb számban értékesített elektromos autó a Nissan Leaf, 2010 decemberében jelent meg és 300 ezer autó talált gazdára. A Tesla Model S-ből 2012. júniusi bemutatása óta több mint 158 ezer darab talált gazdára (2016. decemberi adat). Az eladási rangsor harmadik helyét a 2013. novemberben bemutatott BMW i3 foglalja el, 65 500 darab fogyott belőle (2016. decemberi adat). Az elektromos autók világméretű elterjedését különféle tényezők: az akkumulátor-technológiák fejlettsége, a járműtöltési infrastruktúra és a bevezetett állami kedvezmények határozzák meg. 2013-ban egy japán taxivállalat, hagyományos taxikból álló flottáját, elektromos Nissan Leafekre cserélte. A Nissan szerint ez volt az elektromos taxik globális forradalmának első lépése [14].



1. ábra

Nissan Leaf elektromos autó (2018-as modell), hatótáv: 378 km

Ma a Nissan elektromos autói öt kontinens 26 országában és 113 városában teljesítenek taxiként szolgálatot [14]. Akár Budapesten is lehetőség van a GreenTaxi szolgáltatásait igénybe venni, melynek flottájá-

ban kizárólag elektromos Nissan Leaf-ek találhatóak (telefonszámuk: +3614000000, e-mail címük: in-fo@greentaxi.hu, taxirendelés: taxirendeles@greentaxi.hu) [14]. Az Óbudai Egyetem oktatási célra vásárolt egy Nissan Leaf-et.

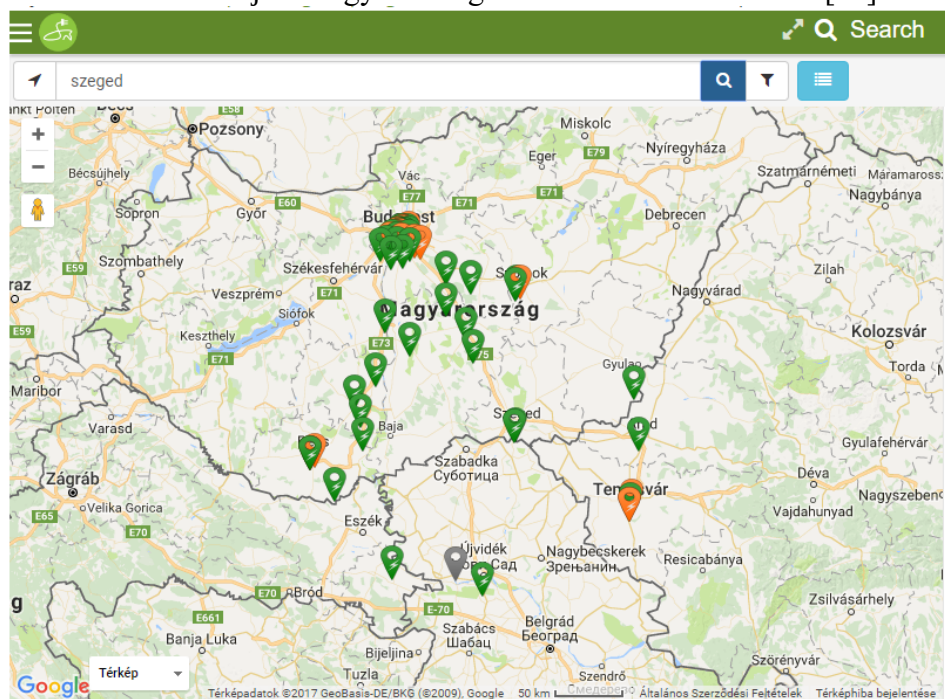


2. ábra
Nissan Leaf elektromos GreenTaxi Budapest [14,18].

A Toyota az első benzin-elektromos hibrid személyautó, a Prius sorozatgyártását 1997-ben indította el. Az elektromos autók előfutárának

tekinthető plug-in, azaz hálózatról tölthető benzin-elektromos hibrid járművek is egyre jobban terjednek.

Az elektromos autók elterjedése nem képzelhető el sűrű töltőhálózat nélkül, mely területen óriásberuházások indultak Európa-szerte. Norvégiában az elektromos autók mentesülnek a 25 százalékos forgalmi adó alól, a töltőállomásokon pedig ingyenes az akkufeltöltés, 2025-ben betiltják az új gyártású benzin- és dízelüzemű autók árusítását. Az elektromos autókhoz Európában százezer töltőhely van (1300 gyorstöltő). A 3. ábrán áttekinthetjük Magyarország elektromos töltőhálózatát [15].



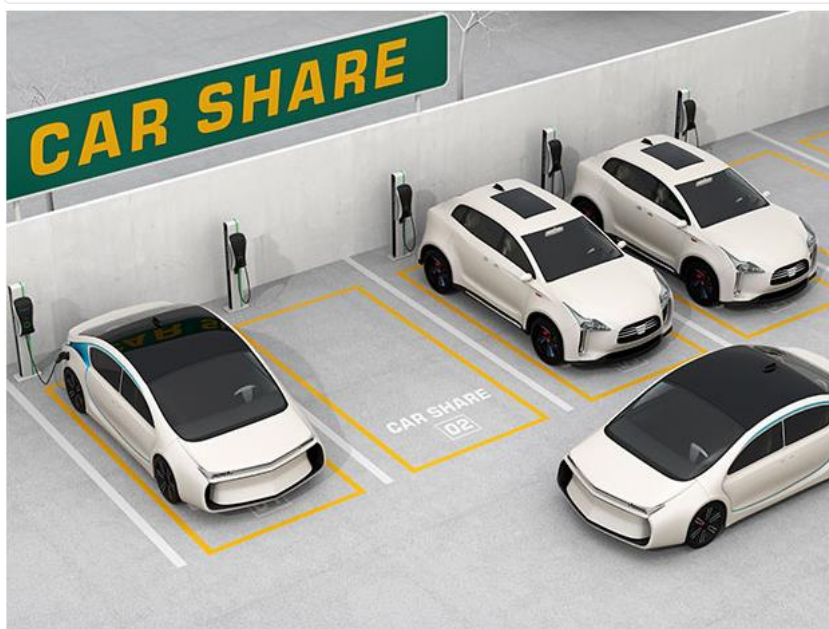
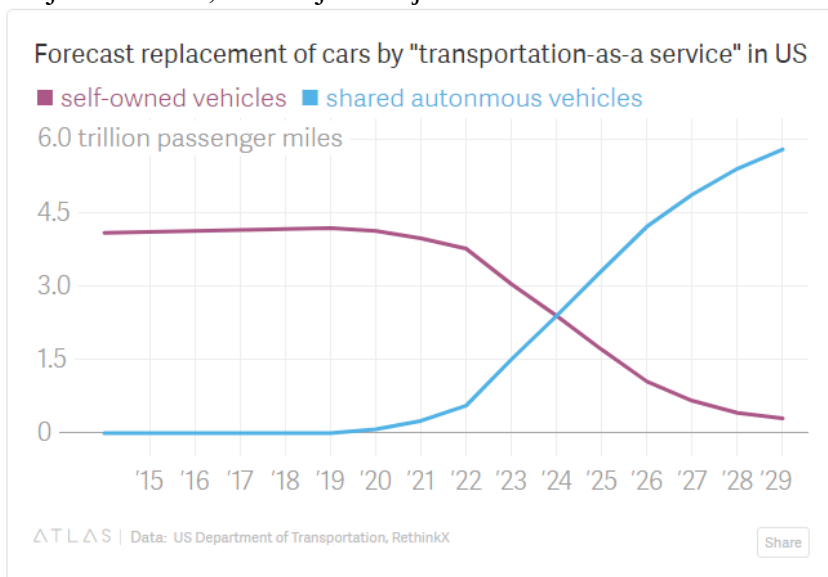
3. ábra
Magyarország elektromos töltőhálózata (2017.10.30) [15]

A hatótávot (driving range) számos tényező befolyásolja: haladási sebesség, légkondicionáló berendezés használata, külső hőmérséklet (így télen a hatótáv akár a felére is csökkenhet).

4. Közöségi autók, autómegosztás

Az elektromos és önvezető autók elterjedésével, a közlekedés szolgáltatás jellegű lesz (Transport-as-a-Service (TaaS)). Az autó tulaj-

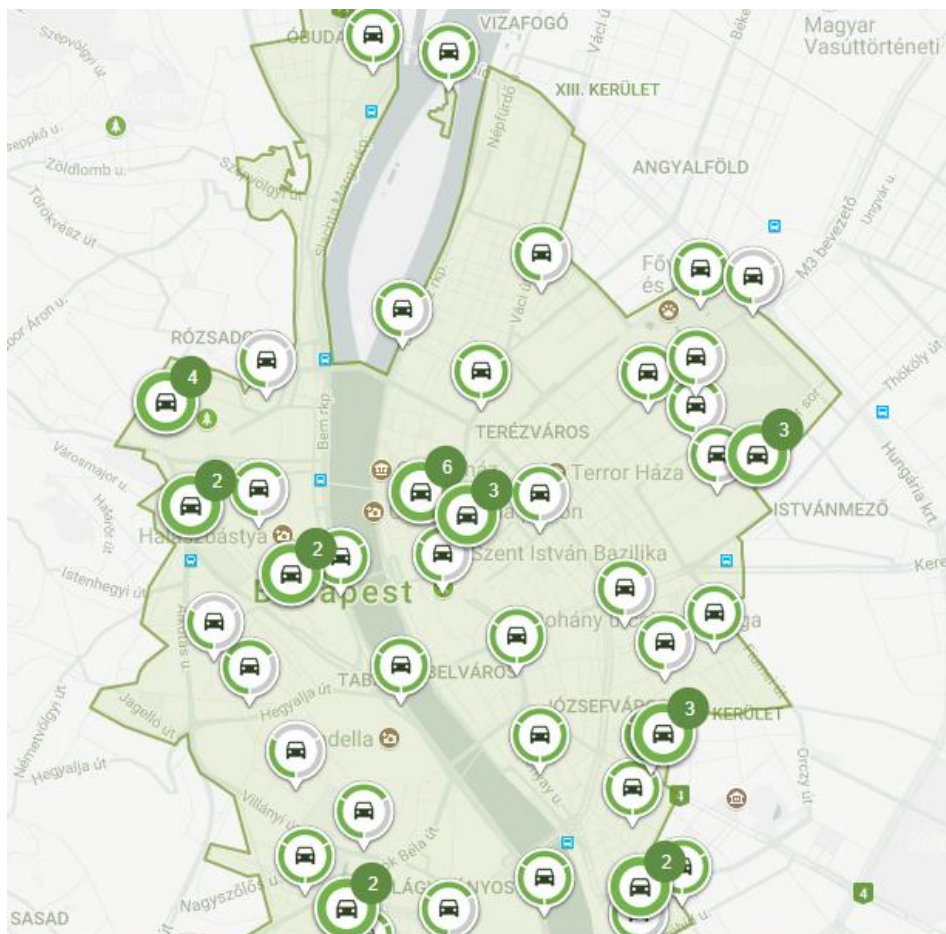
donosokból bérlők lesznek, a saját tulajdonú autók száma drasztikusan csökkenthet (The End of Individual Car Ownership). A 4. ábra (Data: US Department of Transportation, RethinkX) szerint 2025-re jöhet el a fordulópont, amikor már több kilométert tesznek meg az emberek megosztott járművekkel, mint saját autójukkal.



4. ábra

Közösségi autók, autó megosztás térhódítása, forrás: US Department of Transportation, RethinkX [16]

Ha az okostelefonunkra letöltjük és feltelepítjük a következő iOS-es vagy Androidos alkalmazások egyikét: GreenGo, GreenGo e-Carsharing vagy e-Carsharing service in Budapest, elérhetjük Budapest első e-Carsharing szolgáltatását és nap 24 órájában bérelhetünk elektromos autót. A szolgáltatás flottája Volkswagen e-Upokból áll.



5. ábra

GreenGo budapesti autóbérlés elektromos autóinak elérhető üresen parkoló pozíciója [17]

Kezdődhet a regisztráció: login név, jelszó, e-mail cím.

Regisztrálni a weboldalunkon keresztül lehetséges. Ehhez:

- egy évnél régebben szerzett érvényes jogosítványra,
- személyes adatokra és a
- bankkártyára lesz szükség.

Miután megadtuk a szükséges adatokat, a bankkártyát megterhelik a kártya regisztrációs díjjal, amiért cserébe 30 perc bónuszvezetést adnak. Ezután, a belvárosi GreenGo irodában: VII. Rumbach Sebestyén u. 15., személyesen is bemutatjuk az okmányokat és aláírjuk a szerződést.

5. Benzin és dízelmotoros autók gyors értékcsökkenése

Az 6. ábrán bemutatjuk az elektromos autók kínálatát Magyarországon, 2017.10.30:

Aktuális e-autó-kínálat		
Alapár (M Ft)	Modell	Egy töltéssel megtehető táv (km)
4,76	Renault Zoe Expression Nav	402
7,64	Volkswagen e-Golf	200
7,69	Ford Focus Electric	103
8,09	Nissan Leaf	172
8,5	Kia Soul EV	146
9,62	Chevy Bolt	305
9,88	BMW i3	290
10	Tesla Model 3	240
10,49	Mercedes-Benz	140
15,22	Honda Clarity	67,5

6. ábra

Elektromos autók kínálata Magyarországon [18]

Az elektromos önvezető autók alacsony karbantartási és üzemanyagköltsége, az autómegosztás térhódítása és a hagyományos autók drága üzemeltetése a benzin és dízelmotoros autók gyors értékcsökkenését eredményezi. A hagyományos autókat, sokkal kevesebbet, leginkább a ritkán lakott, vidéki területeken fogják használni.

6. Autonóm önvezető autók 2017

A 2017-es Tokiói Autókiállításon bemutatkozott a Nissan IMx – elektromos és teljesen önvezető crossover tanulmányautó, mely több mint 600 kilométeres hatótávot (driving range) kínál [19].



7. ábra

Nissan IMx elektromos önvezető tanulmányautó

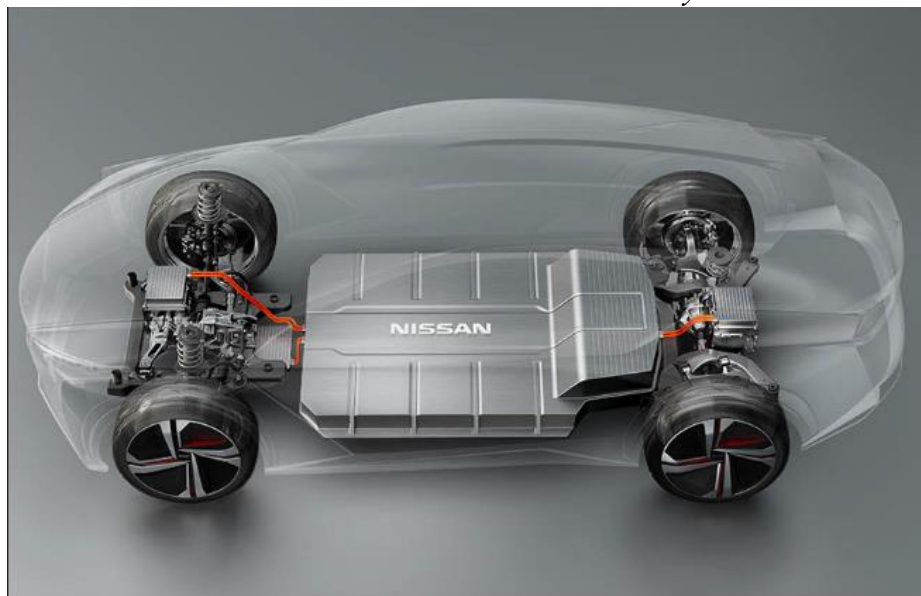
Az innovatív tanulmány bepillantást enged a 'Nissan Intelligent Mobility' jövőképebe, mely a Nissan válasza az autók meghajtásával, vezetésével és társadalmi integrációjával kapcsolatos kérdésekre, hogy kényelmesebb és élvezetesebb vezetési élményt nyújtson. A zéró emissziós IMx tanulmányautó megtestesíti a Nissan Intelligent Mobility jövőképét [19]. A Nissan célja, hogy a Nissan Intelligent Mobility-n keresztül rövid és hosszú távon is megváltoztassa az autók és az emberek kommunikációját, illetve azt, ahogyan az autók társadalmunk életébe illeszkednek [5-7]. Az IMx műszaki szolgáltatásainak központja a ProPILOT jövőbeni változata, mely teljesen autonóm működést tesz lehetővé. Ha a ProPILOT vezetési mód van kiválasztva, a rendszer behúzza a kormányt a műszerfalba és minden ülést hátra dönt, így több hely áll a vezető rendelkezésére és a jármű utasai is teljes nyugalomban élvezhetik az utazást [19].

Ha a manuális mód kerül kiválasztásra, a jármű eredeti helyzetébe állítja vissza a kormánykereket és az üléseket, zökkenőmentesen visszaadva az irányítást a vezetőnek.



8. ábra

Nissan IMx elektromos önvezető tanulmányautó belső tere



9. ábra

Nissan IMx elektromos önvezető tanulmányautó meghajtása

A Nissan IMx zéró két elektromotoros, négykerék meghajtású tanulmányautó a Nissan új maximális hatékonyságot kínáló EV-platformjára épül. A platform lehetővé teszi a teljesen sík padló kialakí-

tást, melynek eredménye a tágas utastér és a nagyszerű menetdinamika. Az alacsony tömegközéppontnak köszönhető nagyszerű kezelhetőség pedig teljesen új karaktert ad a crossover autónak.

2017 november második felében mutatták be a Tesla Roadster 2 önvezető autót [20], 2020-as modell.



10. ábra
Tesla Roadster 2 elektromos önvezető autó [20]

A Tesla Roadster három elektromos (egy elektromotor elöl, kettő pedig hátul helyezkedik el), négykerékmeghajtású önvezető autó [21-31].

Fontosabb adatai:

akkumulátora: 200 kWh, hatótávja: 999 km, gyorsulása: 0 – 60 mérföld/h-ra 1.9 s, végsebessége: 402 km/h.

Tesla (<https://www.tesla.com>) elektromos, félig önvezető (sávtartó automatika, vészfékező rendszer) áramvonalas kamionját 2017 november második felében mutatták be.

Az akkumulátorokat a vezetőülés alatt helyezték el, a kamion hátsó kerekeit pedig összesen négy villanymotor hajtja meg.

Fontosabb adatai:

hatótávja 800 km, teljes terhelés esetében (36000 kg) gyorsulása: 0 – 100 km/h-ra 20 s.

A kamion utasterében, a kormány két oldalán két nagy, érintőképernyős kijelzőt helyeztek el (11. ábra).



11. ábra

Tesla elektromos kamion, © Tesla

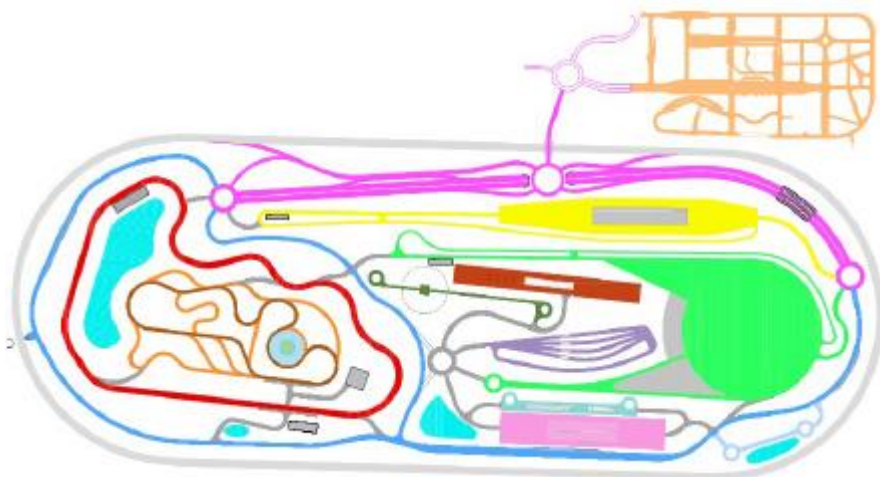
7. Autonóm önvezető autók engedélyezése a közúti forgalomban

A világon jelenleg nagyszámú jogász, kutató, informatikus és mérnök dolgozik az autonóm önvezető autók biztonságos közúti közlekedésének jogszabályi hátterén. Az Európai Bizottság 2015. október 19-én létrehozta a GEAR 2030 önvezető járművekkel foglalkozó fórumot [32]. Az ENSZ EGB WP.29 (WP.29 Világfórum - World Forum for Harmonisation of Vehicle Regulations) munkacsoportja is foglalkozik az önvezető autók közúti közlekedés biztonságának témakörével [33]. Jövő évtől autonóm önvezető autók is közlekedhetnek Kaliforniában, döntöttek az illetékes kaliforniai hatóságok. Az új szabályozás nem köti “a gépjármű vezetőülésén jelen lévő személy kötelező fizikai jelenlétéhez” a forgalmi engedély kiadását, csupán annyit ír elő, hogy “felügyelni kell az önálló technológia működését”. A kaliforniai gépjárműhivatal közle-

ményben szögezte le: az új szabályozás célja, hogy “ne akadályozza fölöslegesen a technológiai fejlődést” [34].

8. Zalaegerszegi tesztpálya

Az önvezető autók közúti közlekedés biztonságát Magyarországon a Zalaegerszegi tesztpályán tervezik vizsgálni, 10. ábra.



12. ábra

A tesztpálya koncepcióterve [35]

A beruházás várhatóan három év alatt készül el, az első ütem 2018 tavaszán zárul le. 5G lefedettség lesz biztosítva a próbapálya teljes területén. A zalaegerszegi tesztpálya tervezett moduljai a következők: Smart City zóna mesterséges ipari, lakóövezeti és irodai környezettel, dinamikus felület, fékfelület, kezelhetőségi pálya (alacsony sebesség), kezelhetőségi pálya (nagy sebesség), országút, nagysebességű ovál, off-road, lejtők, emelkedők, rossz utak [35].

9. Összegezés

A közlemény autonóm önvezető autók korszerű témakörével foglalkozik. Az autonóm önvezető autó közúti forgalomban emberi beavatkozás nélkül képes közlekedni, érzékeli és értékeli a környezetet. Áttekintettük az automata járművezető rendszer 5 szintjét, az elektromos autókat, közösségi - megosztott autókat, a hagyományos autók értékcsökkenését. Külön kitértünk az autonóm önvezető autók engedélyezésé-

re a közúti forgalomban, a Nissan és Tesla új modellek és a Zalaegersze-
gi tesztpálya bemutatására.

Felhasznált irodalom:

- [1] Gyula Mester, Szilveszter Pletl, Gizella Pajor, Zoltan Jeges, Flexible Planetary Gear Drives in Robotics, Proceedings of the 1992 International Conference on Industrial Electronics, Control, Instrumentation and Automation - Robotics, CIM and Automation, Emerging Technologies, IEEE IECON '92, Vol. 2, pp. 646-649, ISBN 0-7803-0582-5, DOI: 10.1109/IECON.1992.254556, San Diego, California, USA, November 9-13, 1992.
- [2] Gyula Mester, Szilveszter Pletl, Gizella Pajor, and Imre Rudas, Adaptive Control of Robot Manipulators with Fuzzy Supervisor Using Genetic Algorithms, Proceedings of International Conference on Recent Advances in Mechatronics, ICRAM'95, O. Kaynak (ed.), Vol. 2, pp. 661-666, ISBN 975-518-063-X, Istanbul, Turkey, August 14-16, 1995.
- [3] Gyula Mester, Neuro-Fuzzy-Genetic Trajectory Tracking Control of Flexible Joint Robots. Proceedings of the I ECPD International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Automation, pp. 93-98, Athens, Greece, September 6-8, 1995.
- [4] Gyula Mester, Design of the Optimum Number of Membership Functions in Neuro-Fuzzy Control Systems, ETFA'96, IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Kauai, Hawaii, USA, 1996.
- [5] Lazányi, K., Do you trust your car?, Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI), pp. 309-314, 2016.
- [6] Lazányi K., Stressed Out by the Information and Communication Technologies of the 21st Century, Science Journal of Business and Management, 4:(1-1) pp. 10-14, 2016.
- [7] Lazányi, K., Marácz, G., Dispositional Trust – Do We Trust Autonomous Cars?, Proceedings of the 15th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY, pp. 131-136, 2017.
- [8] D. Tokody, I.J. Mezei, Gy. Schuster, An overview of Autonomous Intelligent Vehicle Systems, in: K. Jármay, B. Bolló (eds) Vehicle and Automotive Engineering, Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 287-307, ISSN: 2195-4356, ISBN 978-3-319-51188-7, Springer, Cham, DOI 10.1007/978-3-319-51189-4_27, 2017.
- [9] D. Tokody, I.J. Mezei, Gy. Schuster, Autonóm intelligens járművek helyzete Európában, Köztes Európa Társadalomtudományi Folyóirat a VIKEK Közleményei, pp. 199-206, Vol. 1-2, No. 19-20, ISSN 2064-437X, 2017.

- [10] Gy. Schuster, D. Tokody, I.J. Mezei, Software Reliability of Complex Systems Focus for Intelligent Vehicles, in: K. Jármai, B. Bolló (eds) Vehicle and Automotive Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering, ISSN: 2195-4356, Print ISBN 978-3-319-51188-7, pp. 309–321, Springer, Cham, DOI 10.1007/978-3-319-51189-4_28, 2017.
- [11] D. Tokody, Gy. Schuster, Driving Forces Behind Smart City Implementations - The Next Smart Revolution, International Journal of Emerging Research and Solutions in ICT, pp. 1–16, Vol. 1, No. 2 , eISSN: 1857-9981, DOI 10.20544/ ERSICT.02.16.P01, 2016.
- [12] D. Tokody, I. J. Mezei, Creating Smart, Sustainable and Safe Cities, Proce-edings of the IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY, pp. 141–145, Subotica, 2017.
- [13] https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf
- [14] <http://www.greentaxi.hu/>
- [15] <https://villanyautosok.hu/elektromos-toltoallomasok-magyarorszagon/>
- [16] <https://www.rethinkx.com/transportation>
- [17] <https://www.greengo.hu/>
- [18] http://www.piacessprofit.hu/kkv_cegblog/tarol-az-e-auto/
- [19] <https://auto.ndtv.com/news/tokyo-motor-show-2017-nissan-imx-all-etic-crosso-ver-concept-unveiled-1766909>
- [20] <https://www.tesla.com/roadster/>
- [21] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Ivan Stojković, Qualitative Evaluation of Flight Controller Performances for Autonomous Quadrotors, pp. 115-134, Intelligent Systems: Models and Applications, Endre Pap (Ed.), Topics in Intelligent Engineering and Informatics, Vol. 3, Part. 2, TIEI 3, ISSN 2193-9411, ISBN 978-3-642-33958-5, DOI 10.1007/978-3-642-33959-2_7, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [22] Gyula Mester, Improving the Mobile Robot Control in Unknown Environments, Proceedings of the YUINFO'2007, pp. 1-5, ISBN 978-86-85525-02-5, Kopaonik, Serbia, 11-14.03.2007.
- [23] Gyula Mester, Aleksandar Rodic, Autonomous Locomotion of Humanoid Robots in Presence of Mobile and Immobile Obstacles, Studies in Computational Intelligence, Towards Intelligent Engineering and Information Technology, Editors: Rudas Imre, Fodor Janos, Part III Robotics, Volume 243/2009, pp. 279-293, ISBN 978-3-642-03736-8, DOI 10.1007/978-3-642-03737-5, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009.
- [24] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Sensor-based Navigation and Integrated Control of Ambient Intelligent Wheeled Robots with Tire-Ground Interaction Uncertainties, Acta Polytechnica Hungarica, Journal of Applied Sciences, Vol. 10, No. 3, pp. 113-133, ISSN 1785-8860, DOI:10.12700/APH.10.03.2013.3.9, Budapest, Hungary, 2013.

- [25] Gyula Mester, Wireless Sensor-based Control of Mobile Robots Motion, Proceedings of the IEEE 7th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY 2009, pp. 81-84, ISBN: 978-1-4244-5349-8, DOI 10.1109/SISY.2009.52911190, Subotica, Serbia, Sept. 25-26, 2009.
- [26] Gyula Mester, Obstacle Avoidance of Mobile Robots in Unknown Environments, Proceedings of the 5th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY 2007, pp. 123-127, ISBN 978-1-4244-1442-0, DOI 10.1109/SISY.2007.4342637, Subotica, Serbia, August 24-25, 2007.
- [27] Simon János, Goran Martinović, Distant Monitoring and Control for Mobile Robots Using Wireless Sensor Network, Proceedings of the Conference CINTI 2009, pp. 1-9, Budapest, Hungary, 2009.
- [28] Simon, J. and Matijevics, I. : Simulation and Implementation of Mobile Measuring Robot Navigation Algorithms in Controlled Microclimatic Environment Using WSN, Proceedings of the IEEE 9th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics – SISY 2011, 275-279, Subotica, 2011,
- [29] Simon János, Concepts of the Internet of Things from the Aspect of the Autonomous Mobile Robots, Interdisciplinary Description of Complex Systems Vol.13 No.1, pp. 34-40, 2015.
- [30] Simon János, Zlatko Čović, Igor Fürstner, Laslo Gogolak, Dalibor Dobrilović, The Web of Things and Database Services, Proceedings of the International Conference on Applied Internet and Information Technologies, AIIT 2015, pp. 235-238, Zrenjanin, Serbia, 2015.ü
- [31] Nyikes, Z., Rajnai, Z., The Big Data and the relationship of the Hungarian National Digital Infrastructure, International Conference on Applied Internet and Information Technologies, ICAIT 2015, pp. 6-12, Zrenjanin, Szerbia, 2015.
- [32] http://ec.europa.eu/growth/content/commission-launches-gear-2030-boost-com-petitiveness-and-growth-automotive-sector-0_enu
- [33] <https://www.unece.org/trans/main/wp29/introduction.html>
- [34] <http://www.jarmuipar.hu/2017/10/zold-utak-kaptak-az-onvezeto-autok/>
- [35] Hamar Zoltán, Pataki Márton, Zalaegerszegi tesztpálya műszaki bemutatása, fejlesztés kivitelezésének koncepcionális kérdései, pp. 1-5, IFFK 2017 Konferencia, Budapest, 2017 aug. 30 – szept. 1.