

Kecskés Evelin – Lukovics Miklós

Az önvezetőjármű-használat techno- ökonómiai megközelítése

The Techno-economic Approach to Autonomous Vehicle Use



Összefoglalás

A világszerte dinamikusan növekvő utcai önvezető jármű-tesztekkel párhuzamosan növekszik a társadalomtudományi kérdések, bizonytalanságok köre. Erre a kihívásra reagálva egyre több társadalomtudományi kutatás övezi az önvezető járművek technológiai fejlesztését, melyek eredményeképpen egyre több információval rendelkezünk az önvezető járművek technológiaelfogadási, szabályozási, etikai aspektusairól. Kevés információval rendelkezünk ugyanakkor arról, hogy az önvezető járművek milyen költségstruktúra mentén lesznek elérhetőek a felhasználók számára. Kutatásunk célja, hogy egy igen komplex, ugyanakkor egyszerűsített modellben meghatározzuk a saját autó tulajdonlásának, illetve az önvezető járművek használatának magyarországi becsült költségeit. Az elérhető tapasztalati adatok szűk köre valamint a technológia korai fázisa miatt techno-ökonómiai elemzést alkalmaztunk.

Journal of Economic Literature (JEL) kódok: O32, O33, Q55

Kulcsszavak: önvezető jármű, techno-ökonómiai elemzés, költség-haszon elemzés

Summary

As the worldwide testing of autonomous vehicles continues to grow dynamically, so does the range of social science issues and uncertainties surrounding them. In response to this challenge, an increasing number of social science studies are focused on the development of autonomous vehicles, resulting in more information about their technological acceptance,

KECSKÉS EVELIN, okleveles közgazdász, Szegedi Tudományegyetem Gazdaságtudományi Kar (kecskesevelin@gmail.com); DR. HABIL LUKOVICS MIKLÓS PHD, egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem Gazdaságtudományi Kar (miki@eco.u-szeged.hu).

regulatory and ethical aspects. However, we have limited information on the cost structure of autonomous vehicles and how they will be made available to users. Our research aims to determine the estimated cost of owning a personal vehicle versus using an autonomous vehicle in Hungary using a complex yet simplified model. Due to the limited availability of empirical data and the early stage of the technology, we resorted to a techno-economic analysis.

Journal of Economic Literature (JEL) codes: O32, O33, Q55

Keywords: autonomous vehicles, techno-economic analysis, cost-benefit analysis

BEVEZETÉS

Az önvezető járművek még mindig kísérleti fázisban lévő technológiáknak tekinthetők annak ellenére, hogy a kísérletek bizonyos esetekben már a közutakon zajlanak (Cohen et al., 2018). Mint ilyenek, kiváló lehetőséget rejtenek széles körű társadalomtudományi kutatások számára, azonban ezek jelenleg nagyon szűk területen mozognak: legtöbbjük kizárólag arra összpontosít, hogy az emberek elfogadják-e és használnák-e az autonóm járműveket (Prónay et al., 2022).

Figyelemre méltó továbbá, hogy a nemzetközi szakirodalom már nem csupán önvezető járművekről (Autonomous Vehicles, AV), hanem kapcsolódó önvezető járművekről (Connected Autonomous Vehicles, CAV) értekezik (Gaber et al., 2021; Jiang et al., 2022), arra irányítva a figyelmet, hogy ezen járművek egymással (Vehicle to Vehicle, V2V), az infrastruktúrával (Vehicle to Infrastructure, V2I) és bármi mással (V2X) összekapcsolva biztonságosabb és dinamikusabb városi közlekedést eredményeznek (Mitteregger et al., 2022; Shepard et al., 2022).

Annak ellenére, hogy az önvezető technológia napi szintű alkalmazását a felhasználói elvárások alapján (Földes et al., 2018) egyre pontosabban megtervezik műszaki oldalról (Földes–Csiszár, 2018), valamint, hogy egyre többet tudunk a társadalom technológiaelfogadási attitűdjeiről (Choi et al., 2015; Koul–Eydgahi, 2018; Müller, 2019; Baccarella et al., 2020), nagyon kevés információ áll rendelkezésünkre arról, hogy mindez milyen költségeket eredményez a végső felhasználók számára.

Kutatásunk célja, hogy egy igen komplex, ugyanakkor egyszerűsített modellben meghatározzuk a saját autó tulajdonlásának, illetve az önvezető flotta használatának magyarországi becsült költségeit. Az elérhető tapasztalati adatok szűk köre, valamint a technológia korai fázisa miatt techno-ökonómiai elemzést (Techno-Economic Assessment, TEA) alkalmaztunk.

A TEA-nak egy fontos feladata az, hogy a különböző döntések meghozatalát segítse (Mahmud et al., 2021). Kutatásunk szempontjából ennek jelentősége abban áll, hogy a TEA által előállított becslések segítségével megítélhető az önvezető autók és önvezető taxi szolgáltatások várható költségei is. Ezeket a saját tulajdonú autó költségeivel összevetve a fogyasztók értékelni tudják, hogy számukra melyik közlekedési alternatíva kiválasztása jelenti a jobb befektetést, így képesek pénzügyi tekintetben a legoptimálisabb döntést meghozni.

AZ ÖNVEZETŐ TECHNOLÓGIÁK ALKALMAZÁSÁNAK KÖLTSÉGBECSLÉSI
MÓDSZEREI ÉS EREDMÉNYEI

A nemzetközi szakirodalomban már található néhány olyan kutatást, amely a saját tulajdonban lévő autók és használaton alapuló mobilitási szolgáltatások költségeinek összegyűjtésével vagy becslésével foglalkozik (1. táblázat).

1. táblázat: A saját autó és önvezető flotta költségeit összehasonlító legfontosabb kutatások

Forrás	Vizsgálat tárgya	Vizsgálat módszere	Eredmény
Burns et al. (2013)	Saját tulajdonú hagyományos autó és megosztott önvezető flotta	A térség adottságain és utazási adatokon alapulva a flotta méretének és költségeinek modellezése	A megosztott önvezető járművek használata által jelentős megtakarítás érhető el
Wadud (2017)	Saját tulajdonú hagyományos és önvezető autó, megosztott hagyományos és önvezető flotta	Tulajdonlás teljes költsége (TCO), üzemeltetői bázison	Saját autó esetén az önvezető drágább, míg taxik esetén az önvezető olcsóbb
Bösch et al. (2018)	Saját tulajdonú hagyományos és önvezető autó, (nem önvezető) flotta	Fix és változó költségek megállapítása	A flották költségének alacsonyabb értéke a csoportos kedvezmények által érhető el
Wadud–Mattioli (2021)	Saját tulajdonú hagyományos és önvezető autó, megosztott hagyományos és önvezető flotta	Tulajdonlás vagy használat teljes költsége (TCOU), üzemeltetői bázison	A legolcsóbb választásnak sok esetben továbbra is a saját autó bizonyul

Forrás: saját szerkesztés

Burns és társai (2013) számításai szerint jelentős megtakarítás érhető el önvezetőflotta-használat esetén a saját autó tulajdonlással szemben. Egy USA-beli kisebb városban (Ann Arbor) a jelenlegi napi átlagos 21 dollár összegű autó tulajdonlás a flotta használata által napi 2 dollár alá csökkenthető. Egy nagyobb városban (Babcock Ranch) ez ennél valamivel többbe, naponta 3 dollárba kerülne személyenként, vagy 1 dollárba utazásonként, a saját autó napi átlagos 17,5 dolláros költségével szemben. A harmadik település (Manhattan) esetén pedig a taxi használatot vetették össze a megosztott önvezető autókkal, ami a jelenlegi 5 dollár/mérföld árról 0,40 dollár/mérföld árra való elmozdulást tenné lehetővé. A megtakarításokat több tényező eredményez: a saját autó 5%-os kihasználásával szemben az önvezető flotta 75%-os kihasználást tesz lehetővé. Parkolási költséggel sem kell számolni, továbbá az automatizáltság hatására a vezetéssel töltött időt másra is lehet fordítani, ami éves szinten fogyasztónként 6250-12500 dollár költségcsökkenést eredményez.

Wadud (2017) az Egyesült Királyság viszonylatában, a közlekedési ágazat 3 különböző járművén, a magántulajdonú autókon, a taxikon és a kamionokon keresztül modellezi azok költségét, illetve a teljes automatizáció bevezetése esetén elérhető megtakarítást. A magánszemélyek által birtokolt autók esetén fix költségnek tekinti az útdát, a biztosítást, az értékcsökkenést és az asszisztencia biztosítást, míg változó költségnek véli az üzemanyagot, a kerékcserét, a szerviz munkadíját, a szervizelt alkatrészek árát, illetve a parkolást és a vámokat. A saját tulajdonú önvezető autók esetén többletkölségként merül fel az autonóm technológiához szükséges szenzorok és számítógépek értéke, megtakarításként jelenik meg a biztosításon és üzemanyagon megspórolt összeg, illetve az utazási idő praktikusabb kihasználásának a költsége. Az önvezető flotta költségének becsléséhez a jelenleg is működő taxikat vette alapul. Itt nem a fogyasztók által fizetendő árat számolta ki, hanem üzemeltetői oldalról elindulva, a felmerülő költségeket összesítve egy adott járműre fordítandó összeget. Számításai alapján megállapítható, hogy a saját önvezető autó valamivel drágább választásnak ígérkezik, mint a saját hagyományos autó. A taxik költségeit tekintve azonban nagymértékű költségcsökkenés várható, amennyiben azok önvezetővé válnak.

Bösch és szerzőtársai (2018) svájci viszonylatban végeztek modellszámításokat. A fix költségek közé a vételárát (értékcsökkenést), a biztosítást, az adót, a parkolást, és a vámot, míg a változó költségek közé a karbantartást, a tisztítást, a kerékcserét, az üzemanyagot, és a vámot sorolják. Az önvezető technológia autóra való ágyazását tekintve százalékos formában mutatják be a lehetséges megtakarításokat, vagy éppen többlet kiadásokat. Az önvezető autókhoz szükséges technológia a vételárát 20%-kal növelni fogja, ami magasabb értékcsökkenést hoz magával. A flottánál hagyományos módon, emberi sofőrök által vezetett autók költségeit vették figyelembe. Ennek tekintetében azt állapították meg, hogy a megtakarítások eredője a méretgazdaságosság. Mivel több autót vesznek, több biztosítást kötnek, több üzemanyagot vásárolnak stb., csoportos kedvezményeket kaphatnak. A járművek vételára így 30%-kal, a biztosítás 20%-kal, a fenntartás és kerekek 25%-kal, az üzemanyag pedig 5%-kal kerülhet kevesebbe. A parkolási, illetve tisztítási költségek azonban magasabbak, a parkolás a normál érték 133%-a, míg a tisztítást minden 40. utazás után szükséges megvalósítani.

Wadud és Mattioli 2021-es munkájukban a saját tulajdonú autókat a mobilitási szolgáltatási rendszerekkel hasonlítják össze. Munkájukban nagyrészt Wadud 2017-es kutatására építenek, azonban kiegészítik azt, illetve frissebb adatokat használnak. Saját tulajdonú autók költségeinél ugyanazokat a tényezőket veszik számba, mint Wadud 2017-ben, azonban sokkal specifikusabb adatokat alkalmaznak. A beszerzési árat például modellenként külön tárgyalják, a biztosításban pedig szerepet játszik a tulajdonos kora és a jármű típusa is. Így az egyes jellemzők alapján eltérő járműtípusokra külön-külön megállapítják azok költségeit. Az önvezető flották tekintetében szintén üzemeltetői oldalról kiindulva vizsgálják a költségeket, melyeket korrigálva megkapják a mobilitási szolgáltatásokba illesztett önvezető flotta fogyasztók által fizetendő költségeit. Mivel az egyes autótípusokat külön vizsgálták, ezért nagy számban figyelhető meg eltérés ezek költségeiben. E miatt pedig nem minden esetben a megosztott önvezető flotta használata lesz a legolcsóbb választás. Az esetek 32,8%-ában bizonyul a megosztott önvezető flotta költségek szempontjából a legjobb választásnak. 42,4%-ban a saját tulajdonú önvezető autó, míg 24,8%-ban a saját tulajdonú hagyományos autó tekinthető a legolcsóbb mobilitási lehetőségnek.

A szakirodalmak alapján tehát megállapítható, hogy milyen típusú költségekkel kell számolni egy saját autó tulajdonlása és egy önvezető flotta használatát során. Látható az is, hogy a fogyasztók által fizetendő költségek tekintetében nagy változások történhetnek, amennyiben a tulajdonlást felváltja a használat. Ez mutatja azt is, hogy érdemes ezzel a területtel tovább foglalkozni. Az azonban az eredmények ellentmondásossága miatt, illetve jelenlegi tudásunk mellett nem teljesen ismert, hogy milyen irányú ez a változás, így szükséges lehet egyéb nézőpontból is megvizsgálni a témát.

AZ ÖNVEZETŐ TECHNOLÓGIÁN ALAPULÓ MOBILITÁSI SZOLGÁLTATÁSOK KÖLTSÉGEI

Néhány nagyvárosban (Pl. Phoenix, San Francisco, Peking) már találkozhatunk olyan rendszerrel, amelyben önvezető taxik szállítják az utasokat. Ezen rendszerek még önmagukban működnek, nincsenek integrálva más mobilitási módokkal, így nem képezik az ún. mobilitás, mint szolgáltatás (Mobility-as-a-Service, MaaS) rendszer részét. A költségbecslések ebben az esetben is ellentmondásosak: vannak, akik alacsonyabb díjakat becsülnek, vannak azonban olyanok is, akik egészen magas árakat társítanak a szolgáltatáshoz. Nagyon kis számban találkozhatunk azonban olyan rendszerrel is, ami már fizetős alapon működik, és így ismert már néhány adat. Az árak megállapítását tekintve két lehetőséget azonosítottunk.

- Egyrészt, a szolgáltatás várható költségeit az Uber és Lyft utazásmegosztók áraihoz hasonlítják (Internet-1, 2018). Az Uber esetén egy út átlagosan 25,37 dollárba, míg a Lyft esetén egy út átlagosan 25,51 dollárba kerül (Internet-2, 2022).
- Másrészt ismert néhány utazó által megosztott konkrét példa: 3 mérföld és 8 perc kicsivel több, mint 7 dollárba került, egy közeli iskolába 5 dollárért cserébe jutott el egy diák, egy 11,3 mérföldes út pedig 19,15 dollárba került (Internet-3, 2018).

Ahhoz, hogy ezen rendszerek árait a későbbiekben használni tudjuk, szükséges egy kilométer út árának kiszámítása. Az Uber és Lyft esetén egy utazás alatt megtett átlagos táv 6 mérföld (Internet-4, 2018), azaz 9,66 km, míg a Pekingben használt taxik átlagos távja 9,59 km (Jiang et al., 2018). Egy út árának és egy út hosszának hányadosa adja az egy kilométerre jutó fogyasztók által fizetendő költséget. Ez alapján két kiemelt önvezető taxi szolgáltató, a Waymo One egy kilométerre jutó ára a rendelkezésre álló adatok átlagával számolva 1,94 dollár, míg az Apollo Go kilométerenkénti ára 0,48 dollár (2. táblázat).

2. táblázat: A Waymo One és az Apollo Go önvezető taxik különböző becslések alapján számolt árai (dollár/km)

Megnevezés	Waymo One	Apollo Go
Becsült érték alapján 1	1,45	0,48
Becsült érték alapján 2	1,05	-
Uber árai alapján	2,63	-
Lyft árai alapján	2,64	-
Átlagosan	1,94	0,48

Forrás: saját szerkesztés

AZ ÖNVEZETŐ MOBILITÁS KÖLTSÉGSTRUKTÚRÁJA MAGYARORSZÁGON

Módszertan

Az előzőekben bemutatott eredmények kiváló alapot adnak arra, hogy meghatározzuk a saját autó tulajdonlás és az önvezető flotta-használat költségstruktúráját magyarországi viszonyrendszerben. Ennek módszertanát tekintve techno-ökonómiai elemzés (Techno-Economic Assessment, TEA) elvégzésére vállalkozunk. Ezen módszer – leegyszerűsítve – a költség-hason elemzés speciális formája (Gargalo et al., 2016): a technológiák korai fázisaiban próbál meg becsléseket végezni, amikor is még hiányzó, vagy korlátozottan elérhető adatokkal (Thomassen et al., 2019), illetve a végső specifikációk ismeretlenségével kell megküzdeni (Mahmud et al., 2021).

A techno-ökonómiai elemzés egy olyan módszertani megközelítés, amely egyes folyamatok, termékek, vagy szolgáltatások technológiai és gazdasági aspektusait vizsgálja (Yun et al., 2020). A technológiai paraméterek meghatározzák a költségeket, azok változása így közvetlenül hatással lesz a költségekre (Khan et al., 2023).

Mivel nincs egységes módszertan a TEA alkalmazásában, így a számításaink alapjául az ún. tulajdonlás vagy használat teljes költségének (Total Cost of Ownership or Use, TCOU) mutatója szolgál, mely alkalmas a gépkocsi tulajdonlás vagy gépkocsi használat költségeinek meghatározására (Wadud–Mattoli, 2021). Ennek lehetséges változatai közül modellszámításaink során a Wadud (2017) által is használt, egy évre lebontott verziót alkalmazzuk.

Saját tulajdonú hagyományos személygépkocsi átlagos költségei Magyarországon

A saját tulajdonú autó költségeinek megállapítása érdekében (mivel azok szorosan függenek az autó típusától, korától, fogyasztásától, súlyától, méretétől stb.) kiinduló lépésként meghatároztuk a vizsgálat alapját képező referenciajárművet, melynek költsége modellünkben a saját autók átlagos költségét reprezentálja. Mivel egy autótípus többféle felszereltséggel is rendelkezhet, Bösch és társai (2018) alapján egy közepes felszereltségű jármű adataival kell számoljunk. Ennek alapján a kutatásaink során alkalmazott referenciajármű a Suzuki Vitara 1.4L Boosterjet Hybrid 48V GL+. Saját jármű esetén a birtoklás költségeinek megállapítására a tulajdonlás teljes költségének éves szinten számolt mutatója két főcsoportból áll össze:

- fix költségek: ilyenek például a vételár (mint értékcsökkenés), a biztosítás, a gépjárműadó, a parkolás díjai vagy az útdíj. Ezek mellé társulnak még Magyarországon a forgalomba helyezés költségei, amelyek új autó vásárlása esetén a rendszám ára, új és használt vásárlása esetén pedig az eredetiségvizsgálat, a forgalmi engedély, vagy a gépjármű tulajdonjogának megszerzése okán fizetendő vagyonszerzési illeték.
- változó költségek: ilyenek lehetnek az üzemanyag, a karbantartás, a tisztítás vagy a kerekek.

Abban az esetben tehát, ha a saját autóra fordítandó összegeket egy évre vonatkozóan számítjuk ki, megtudhatjuk, hogy egy átlagos fogyasztó átlagosan 2.007.276 Ft-ot költ az autójára évente (3. táblázat).

3. táblázat: Saját tulajdonban lévő referencijármű egy évre vetített költségei

Fix költségek (Ft/év)		Változó költségek (Ft/év)	
Értécsökkenés	1.101.413	Karbantartás	62.940
Gépjárműadó	32.775	Üzemanyag	410.972
Biztosítás	120.000	Tisztítás	27.200
Parkolás	28.350	Kerekek	178.966
Útdíj	44.660		
Összesen	1.327.198	Összesen	680.078
Összköltség (Ft/év): 2.007.276			

Forrás: Wadud (2017), Bösch et al. (2018) alapján saját szerkesztés

Saját tulajdonú önvezető személygépkocsi becsült költségei Magyarországon

A következőkben azt mutatjuk be, hogy hogyan változik az előző pontban ismertetett tulajdonlás teljes költsége amennyiben a saját tulajdonú autó önvezető funkcióval rendelkezik. Az önvezető autók a megfelelő tájékozódáshoz és a környezet érzékeléséhez sokkal több kiegészítővel kell, hogy rendelkezzenek, mint a hagyományos társaik: szenzorok, lézerradarok és videokamerák, a fedélzeti számítógépek, vagy a naprakész GPS rendszer (Wadud, 2017). Ezen technológiák árai az egyes irodalmakban és létező autók esetén is nagymértékben eltérnek. Bansal és Kockelman 2017-es írásában az USA-ban 30.951 dolláros extra díjat becsültek az önvezető technológiának, éves szinten pedig annak 5%-os csökkenését várják. Wadud 2017-es kutatásában 11.400 fontnak véli az önvezető technológia kiegészítő díját. Wadud és Mattioli (2021) 5000 fontnak becsüli ezeket a költségeket.

Ezek a korábbi kutatások előrejelzéseken alapulnak, ha azonban a gyakorlatot nézzük, a Tesla a jelenleg is elérhető járműveire 10.000 dollár felszámítása ellenében biztosítja az autók önvezető képességét¹. Azt azonban érdemes megjegyezni, hogy a Tesla modellek már eleve úgy vannak kiépítve, hogy az önvezető szoftver megvásárlása után azt azonnal használni is lehet. Ha viszont a saját autónkra szeretnénk önvezető funkciót, a navigációhoz szükséges hardverelemeket még külön meg kell vásárolni és be kell szereltetni. A szakirodalom által taglalt technológia költségei ez utóbbiakat is magukba foglalják.

Összességében tehát megállapítható, hogy az önvezető tulajdonságokkal felruházott autó jelentős többletköltséget vonz maga után. Számításaink során mindkét lehetőséget számba vettük. Egyrészt a szakirodalom által megbecsült érték átlagával, 5.672.124 Ft-tal, másrészt a Tesla által használt szoftver árával számolunk. Ezeket a vételárhoz hasonlóan éves szintre kell hozni, amelyhez az előbbieken használt, 4 éves leírási idő alatti összesen 60%-os, egy évre viszonyítva 15%-os ráta nyújt segítséget, amely alapján az automatizáció költsége egy évre hardveres kiépítés esetén 850.819 Ft, csak szoftver esetén pedig 484.500 Ft.

A kötelező biztosítás létrejötté az okozott károk megfizetéséhez kapcsolódik. Megállapítható, hogy a balesetek 90%-át emberi hiba okozza, amit az önvezető technológia használata nagymértékben csökkenthet (Bojic et al., 2019). Celent 2012-es kutatása szerint a biztosítási díjak 90%-kal csökkenhetnek, ha az önvezető technológia széleskörűen elterjed (Wadud, 2017). Wadud (2017) és Wadud–Mattioli (2021) nem vár csökkenést a biztosításokban a saját autóhoz képest. A nagyfokú bizonytalanság miatt a biztosítás jelenlegi értékével számolunk.

Az önvezető autók általi sokkal egyenletesebb vezetés az üzemanyag felhasználás csökkenését eredményezi. Wadud (2017) szerint a hagyományos autókhoz képest 5%-kal hatékonyabb üzemanyag felhasználást eredményeznek, ami a költségek tekintetében 5%-os csökkenésben mutatkozik meg.

Az önvezető autók esetében megjelenik egy új típusú tényező is, amely megtakarítás formájában jelentkezik: az időnyereség. Míg a hagyományos autó esetén rengeteg időt töltünk vezetéssel, ami teljes figyelmet igényel, önvezető autó esetén ezt az időt bármilyen más tevékenységgel helyettesíthetjük (pl. dolgozhatunk a számítógépünkön). Ennek kiszámításához a Wadud (2017) által alkalmazott becslések jelentenek kiindulópontot. Szerinte a teljes vezetéssel töltött idő 40%-a az, amelyet valójában más tevékenységek végzésére tudnánk fordítani és így költségcsökkenést realizálni. A teljes elvesztegetett időt hozzáadja a saját autó TCOU-jához, és az automatizáltság hatására az önvezetőnél levonja ennek 40%-át. Fontos megemlíteni, hogy számításainkban olyan járművet veszünk figyelembe, ahol már nem szükséges egy személynek folyamatosan készen állni a beavatkozásra az esetleges problémák felmerülése esetén.

Magyarországon ezen tétel becsléséhez nagyon kevés aktuális adat áll rendelkezésre. A Hungarytoday cikke (Internet-5, 2018) szerint 2018-ban összesen 162 órát töltöttek a budapestiek közlekedéssel. A KSH 2012-es statisztikája szerint az utazások 40%-a munkába járás, 14%-a ingázás (ennek tekinthető az iskolába, óvodába, bölcsődébe járás), és 46%-a egyéb célt szolgál (magáncélú ügyintézés, vásárlás, rászoruló családtag kíséréte, kulturális és egyéb szabadidős tevékenység, egészségügyi intézmény felkeresése, sportolás, rokonlátogatás) (KSH, 2012). Arra vonatkozóan nincs információ, hogy ezek óránként mekkora költségcsökkenést eredményezhetnek, így a Wadud (2017) által meghatározott összegeket alkalmazzuk. Ez alapján a munkába járás 10.606 Ft, az ingázás 3176 Ft, az egyéb utazás pedig 2821 Ft óránkénti megtakarítást jelenthetne, ha abban az időben nem az autóvezetés lenne a fókusz. Ez azonban nem tekinthető reálisnak magyar viszonylatban, ugyanis míg az Egyesült Királyságban 2021-ben havonta átlagosan 1.115.831 Ft-nak megfelelő összeget keres egy teljes munkaidőben dolgozó (Internet-6 2023), addig Magyarországon 285.047 Ft-ot (Internet-7 2023). A magyarok fizetése a britek fizetésének 25,5%-a. Ennek alapján a következő értékekkel számolok: munka: 2705 Ft, ingázás: 810 Ft, egyéb: 719 Ft. Ezeket megszorozva az utazási célok arányával, évente összesen az az összeg, amely a vezetéssel töltött idő miatt nem áramlik be: $(0,4*2705+0,14*810+0,46*719)*162=247.235$ Ft. Ennek 40%-a, vagyis a valóban hasznosan töltött idő értéke: 98.894 Ft.

Egy nehezen számszerűsíthető tényezőként azonosítottuk azt, ahogyan az önvezető autók az egészségre nézve hatnak, azok használata által ugyanis csökkenthető az a stressz, amit a járművezetés képes okozni. Egy reggeli dugóban így nem kell aggódnunk amiatt, hogy ho-

gyan fogjuk kezelni más sofőrök cselekedeteit. Egy önvezető autó várhatóan könnyedén fog manőverezni az autók között, ráadásul, ha az automatizáció széles körben elterjed, a városok forgalma sokkal kiszámíthatóbbá válhat. Erre pontos számszerű adat nem áll rendelkezésre, egyes statisztikák alapján azonban megbecsülhető ez az érték. A stressz által okozott egészségügyi kiadások az Európai Unióban 104 milliárd eurót tesznek ki (Internet-8 2014), ami fejekenként 232 eurót, vagyis 84.912 Ft-ot jelent. Ennek 27%-a az, amit a lakosság fizet, a többit az állam biztosítja (OECD 2019). Így ez az összeg 22.926 Ft lesz. A saját tulajdonú hagyományos autóhoz képest történő költségváltozásokat a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Saját tulajdonú önvezető autó TCOU-jának változása a saját, hagyományos autóhoz képest, Ft/év

Megnevezés	Költség, hardveres kiépítés esetén (Ft/év)	Költség, csak szoftver esetén (Ft/év)
Saját tulajdonú hagyományos autó TCOU-ja	2.007.276	2.007.276
Teljes automatizáció költsége	+850.819	+484.500
Biztosítás	0	0
Üzemanyag	-20.549	-20.549
Idő jobb kihasználása	-98.894	-98.894
Egészséghatás	-22.926	-22.926
Saját tulajdonú önvezető autó TCOU-ja	2.715.726	2.349.407
Változás	+708.450	+342.131

Forrás: Wadud (2017), Wadud–Mattioli (2021) alapján saját szerkesztés

Ezek alapján megállapítható, hogy *egy önvezető autó tulajdonlása a hagyományos autóhoz képest Magyarországon többletköltséggel járna, így csupán a gazdasági racionalitást tekintve nem érné meg beruházni rá.*

Önvezetőflotta-használat becsült költségei Magyarországon

A korábbiakban kiszámolt költségek minden esetben egy saját autó tulajdonlására vonatkoztak. Ezt követően azonban már a használatra fókuszálunk. Ez azt jelenti, hogy az utazni vágyók, ahelyett, hogy saját autót birtokolnának, és azzal utaznának, elkezdene a mobilitás alternatív módjainak használatára áttérni.

Az önvezető mobilitási szolgáltatások költségeinek megállapítása nagyon összetett feladat, amely sok különböző tényezőtől függ: például a térség adottságaitól, a közlekedési szokásoktól, a flotta méretétől stb. A számításaink során ezen tényezőket átlagos tekintetben vizsgáljuk. Egy járműre vetítve határozzuk meg a költségeket, amelyek megbecsülésének az olvasott szakirodalmak és cikkek alapján kétféle lehetőségét azonosítottuk (Burns et al., 2013; Wadud,

2017; Bösch et al., 2018; Polydoropoulou et al., 2020; Wadud–Mattioli, 2021):

- A szolgáltató oldaláról elindulva: egy taxi éves összköltsége alapján történő számolás
- A jelenleg is létező önvezető taxi szolgáltatások költségeiből kiindulva

Szolgáltatói oldalról induló költségbecslés

A szolgáltató oldaláról elindulva az önvezető mobilitás fogyasztók által fizetendő költségének alapja az az összeg, amelyet a szolgáltató az egyes járműveket illetően kalkulál. Ehhez hozzáadódik a szolgáltató nyeresége, a profit. Ez lesz egy taxi teljes éves futásteljesítményére vetített összeg. Ezt az összeget arányosítani szükséges oly módon, hogy egy fogyasztó éves szinten mekkora távot tesz meg, illetve átlagosan hányan használnak egy adott járművet.

Ebben az esetben is a referencijárműből indulunk ki, melyet önvezető funkcióval felszerelve kapjuk a teljes bekerülési értéket, 10.572.750 Ft-ot. Wadud (2017) szerint az értékcsökkenésnél megállapítható, hogy egy megosztáson alapuló rendszerben egy autó 5 év alatt a jármű elveszíti értékének 90%-át, vagyis évente 18%-át, ami 1.903.095 Ft-ot jelent. Egy önvezető taxi biztosítása Wadud (2017) szerint a saját hagyományos autó háromszorosa, Wadud és Mattioli (2021) szerint viszont ez 1/3-a ennek, tehát valójában nincs érdemi változás a biztosítást illetően, azt így továbbra is 120.000 Ft-nak tekintjük.

Üzemanyag vonatkozásában szükséges ismerni a taxik éves futásteljesítményét. Magyarországon ez átlagosan 75.000 km-nek tekinthető. (A vezess.hu szerint Budapesten legalább 50-60.000 km, de a 100.000 km sem ritka (Internet-9 2017), így ennek átlagával számolok). Az éves szintű üzemanyagköltség tehát 1.813.110 Ft. Az önvezető funkciót is figyelembe véve, az egyenletesebb vezetés miatt ebből 5% megspórolható, így egy önvezető taxi esetén évente 1.722.455 Ft-ot kell költeni üzemanyagra. A gumik költségeit vizsgálva Bösch és társai (2018) megállapításai alapján egy téli-nyári szett 50.000 km-re elég, így ez egy évre összesen 610.731 Ft-ot jelent. A karbantartás költségeihez a saját autónál már megvizsgált elemeket veszem figyelembe, amelyek közül az olajcserét arányosítom a taxi által megtett éves távval, a műszaki vizsga árát pedig itt is 1 évre vetítve számolom. Így a karbantartás költsége 208.663 Ft.

A hagyományos taxihoz képest a járművezetők bérével ez esetben nem kell számolni, ugyanis az autonóm technológia a sofőrök helyét fogja átvenni. Ennek azonban csak 60%-a az, ami elhagyható, a maradék 40% továbbra is szükséges lesz, ugyanis a háttérben (back office) néhányan továbbra is nélkülözhetetlenek lesznek a biztonságos működés fenntartása érdekében (Wadud, 2017). A 24.hu adatai szerint egy magyar taxis havonta átlagosan 250.000 Ft-ot keres (Internet-10 (2016), évente tehát 3.000.000 Ft-ot. Ennek 40%-a marad meg az önvezető flotta esetén, ami 1.200.000 Ft.

Egy önvezető taxi üzemeltetői oldalról tehát évente 5.832.281 Ft-ba kerül. Ez azonban az az összeg, amennyibe egy jármű kerül a szolgáltatónak. Ehhez jön még hozzá a szolgáltatók által számolt 15%-os haszonkulcs (Wadud–Mattioli, 2021), ami itt 874.842 Ft. Így egy önvezető taxi teljes ára 6.707.123 Ft. Egy átlag magyar fogyasztó évente csupán 17.000 km-t utazik autóval, így arányosítani szükséges. Egy fogyasztóra egy taxi 1.520.269 Ft, a fennmaradó összeget más fogyasztók fizetik. Egyszerre azonban várhatóan nem csak 1 ember fogja használni ezeket a járműveket, így azzal is kell számolni, hogy egy időben átlagosan hányan

veszik igénybe ezeket. A KSH 2012-es felmérése szerint egy autóban átlagosan 1,5-1,6 ember ül egy időben, 1,5 emberrel számolva ez összesen 1.013.513 Ft fogyasztónként. A maradék 506.756 Ft-ot az egy időben utazó másik személy fogja, vagy személyek fogják fizetni.

Végül ebből még ki kell vonni az önvezetés által felszabaduló idő, illetve a stressz és egészségügyi kiadások csökkenése okozta „egészséghatás” saját önvezető autónál már ismertetett költségét. Az idő jobb kihasználása Wadud és Mattioli (2021) szerint a saját hagyományos autó idővesztésének a 20%-a, azaz 49.447 Ft, amennyiben egyedül utazunk az adott járműben; és 10%-a, vagyis 24.724 Ft, ha mással is megosztjuk azt, ugyanis, ha egyedül vagyunk, produktívabban töltjük el az időt, mint más társaságában. Így egy fogyasztó éves szinten önvezető taxira költött összege utazásmegosztással 965.863 Ft, anélkül pedig 1.447.896 Ft. Ez lesz az a költség, amelyet, ha a szakirodalom becsléseire hagyatkozunk, a MaaS rendszerekben más módokkal kombinálva az utazásmegosztásért (önvezető taxikért) fizetni lehet majd (5. táblázat).

5. táblázat: Egy fogyasztó robot taxira fordított kiadása az üzemeltető költségeiből kiindulva (Ft/év)

Megnevezés	Költség, utazás megosztásával (Ft/év)	Költség, utazás megosztása nélkül (Ft/év)
Egy robot taxi összköltsége (amennyibe a szolgáltatónak kerül)	5.832.281	5.832.281
Szolgáltató profitja	+874.842	+874.842
Vetítési alap (teljes éves futásteljesítményre)	6.707.123	6.707.123
Egy fogyasztóra jutó éves használati díj a futásteljesítmény arányában	1.520.269	1.520.269
Egy út alatt a mások által fizetett összeg (amennyiben más is ül az autóban)	-506.756	0
Idő jobb kihasználása	-24.724	-49.447
Egészséghatás	-22.926	-22.926
Egy fogyasztó robottaxira költött összege	965.863	1.447.896

Forrás: Wadud (2017), Bösch et al. (2018), Wadud–Mattioli (2021) alapján saját szerkesztés

Létező önvezető taxi szolgáltatások díjaiból induló költségbecslés

Ha a jelenleg is létező robot taxi rendszerek távolság alapú díjaiból indulunk ki, akkor logikánkat a 2. táblázatban bemutatott díjakból indítjuk: a Waymo esetén 1,94 dollár/km, ami egy utazásra, az előzőekben már ismertetett 9,66 km-es átlagos távval számolva 18,74 dolláros árat feltételez önvezető flottajárművet használva.

Ha azt feltételezzük, hogy a jelenleg létező (önvezető jármű nélküli) MaaS-rendszerek üzleti modellje kiterjeszthető az önvezető taxi szolgáltatással is, akkor kedvezményekkel is számolhatunk. Például, ha a Helsinkiben (Whim nevű Maas-rendszer) elérhető kedvezmények érvényesek lehetnek ebben az esetben is, akkor minden utazásnál 5 km-ig ingyenes taxi használat biztosított. Egy átlagos út 9,66 km, ha azt vesszük alapul, hogy ennek árát 5 km-ig nem kell fizetni, akkor az út 48,24%-áért kell csak fizetni, ami egy útra 9,04 dolláros árban testesül meg. Ezt az egy út távolságával, 9,66 km-el osztva megkaphatjuk egy kilométer árát, ami így 0,94 dollár lesz. Az átlagos magyar autózási távolsággal, 17.000 km-el számolva ez 15.980 dollár, vagyis 5.161.540 Ft. A taxik árainak arányosítása által azonosítottuk, hogy Phoenixben 1,47-szer magasabbak az árak, mint Magyarországon, így magyar viszonylatban csupán 3.511.252 Ft-ot kellene fizetni egy ilyen típusú rendszerért évente.

Ha a Sydneyben (Tripi nevű MaaS-rendszer) elérhető csomag ajánlatát nézzük, akkor utazásonként 3 dollár kedvezmény lenne kapható (3 csomag közül 2-ben is ez az ajánlat szerepel, így számításaim során is ezt alkalmazom). Egy út ez által 15,47 dollárra, egy kilométer pedig 1,63 dollárra csökken. Az éves futásteljesítményre ez az összeg 27.710 dollár, azaz 8.950.330 Ft, ami az előbb ismertetett arányszámmal korrigálva 6.088.660 Ft.

A Baidu Apollo Go esetén ugyancsak a 2-es táblázat értékéből kiindulva (egy km ára 0,48 dollár) az előző logikát követve meghatározható mindkét bemutatott MaaS-rendszerbe (Whim, Tripi) illetve az önvezetőflotta-használat költsége. Mindezek alapján megkapjuk azokat a költségeket, amelyeket, ha a jelenleg is létező megosztott önvezető taxik elérhető árára hagyatkozunk, a MaaS rendszerekben más módokkal kombinálva az utazásmegosztásért (önvezető taxikért) fizetni lehet majd (6. táblázat).

6. táblázat: Az önvezető taxi árainak és a MaaS rendszerek taxira vonatkozó ajánlatainak egyesítése

Megnevezés	Waymo One-Whim	Waymo One-Tripi	Apollo Go-Whim	Apollo Go-Tripi
Egy km ára (dollár)	1,94	1,94	0,48	0,48
Egy utazás átlagos távolsága (km)	9,66	9,66	9,59	9,59
Egy utazás ára (\$)	18,74	18,74	4,60	4,60
Kedvezmény	5 km ingyen	-3 \$/utazás	5 km ingyen	-3 \$/utazás
Egy utazás ára a kedvezmény levonása után (\$)	9,04	15,74	2,20	1,60
Egy km ára a kedvezmény levonása után (\$)	0,94	1,63	0,23	0,17
Éves költség, éves futásteljesítményre (\$)	15.980	27.710	3910	2890
Éves költség, éves futásteljesítményre (Ft)	5.161.540	8.950.330	1.262.930	933.470
Magyarországra vonatkozó éves költség (Ft)	3.511.252	6.088.660	2.450.084	1.810.932

Forrás: saját szerkesztés

EREDMÉNYEK

Az általunk kiszámított lehetőségek összes költségtényezőjét a 7. táblázat foglalja össze. Ebből látható, hogy míg a saját tulajdonú autónál rengeteg féle költséggel kell számolni, és azokat külön-külön megfizetni, addig az önzvezető flotta esetén ezek mind bele vannak foglalva az árba, és azokat egy összegben, egy használati díjnak nevezett formában kell megfizetni a szolgáltató felé. Ez utóbbit, bár éves szinten szerepelnek a számításainkban, havonta (minden hónapban az éves összeg egy hónapra vetített részét) kell rendezni.

7. táblázat: A vizsgált járműtípusok fogyasztók által fizetendő költségeinek részletes bemutatása (Ft/év)

Megnevezés	Saját tulajdonú hagyományos	Saját tulajdonú önzvezető hardverrel	Saját tulajdonú önzvezető szoftverrel	Flotta használat üzemeletői bázison megosztás nélkül	Flotta használat üzemeletői bázison megosztással	Flotta használat km alapon (Waymo One-Whim)	Flotta használat km alapon (Waymo One-Trip)	Flotta használat km alapon (Apollo Go-Whim)	Flotta használat km alapon (Apollo Go-Trip)
Értéksökkenés	1.101.413	1.101.413	1.086.000						
Gépjárműadó	32.775	32.775	32.775						
Biztosítás	120.000	120.000	120.000						
Parkolás	28.350	28.350	28.350						
Útdíj	44.660	44.660	44.660						
Karbantartás	62.940	62.940	62.940						
Üzemanyag	410.972	390.423	390.423						
Tisztítás	27.200	27.200	27.200						
Kerekek	178.966	178.966	178.966						
Teljes automatizáció költsége		850.819	484.500						
Megosztás megkarítás					-506.756				
Időmegtakarítás		-98.894	-98.894	-49.447	-24.724	-24.724	-24.724	-24.724	-24.724
Egészség hatás		-22.926	-22.926	-22.926	-22.926	-22.926	-22.926	-22.926	-22.926
Használati díj				1.520.269	1.520.269	3.511.252	6.088.660	2.450.084	1.810.932
Teljes TCOU	2.007.276	2.715.726	2.349.407	1.447.896	965.863	3.463.602	6.041.010	2.402.434	1.763.282
Változás a saját tulajdonú hagyományos autóhoz képest (Ft)	0	+708.450	+342.131	-559.380	-1.041.413	+1.456.326	+4.033.734	+395.158	-243.994
Változás a saját tulajdonú hagyományos autóhoz képest (%)	0	+35,29	+17,04	-27,87	-51,88	+72,54	+200,96	+19,69	-12,16

Forrás: saját szerkesztés

Számításaink alapján három olyan önvezető flotta lehetőség azonosítható, amely olcsóbban biztosítja a közlekedést, mint a saját, hagyományos autó:

- Az üzemeltetői bázison számolt, utazásmegosztás nélküli rendszer 27,87%-os megtakarítás mellett érhető el.
- Az üzemeltetői bázison számolt, utazásmegosztást is tartalmazó rendszer 51,88%-os megtakarítás mellett érhető el.
- Az Apollo Go és Tripi árai alapján számolt rendszer 12,16%-os megtakarítás mellett érhető el.

Ezek tehát olyan lehetőségek, amelyek a fogyasztók számára a tulajdonláshoz képest költségelőnyt képesek biztosítani. Ezekben az esetekben azonban el kell fogadnunk olyan tényezőket, mint az időmegtakarítás, vagy az egészséghatás létjogosultságát, amelyek a szakirodalom alapján is nagyban hozzájárulnak ahhoz, hogy ezek a rendszerek kedvezőbb árat biztosíthassanak a fogyasztók számára.

Fontos kiemelni, hogy jelen kutatás által számolt adatok nem teljesen stabilak, ugyanis az eredmények létrejöttét számos korlát nehezítette. Ezek közé sorolható az adatokkal kapcsolatos rengeteg bizonytalanság, és a minta reprezentativitásának hiánya, amely által csak hozzávetőleges eredmények jöhettek létre. További limitációként merül fel az empirikus kutatás során, az átlagos szinten való számolás, amely nem különbözteti meg az egyes autótulajdonosok és autótípusok eltéréseiből adódó hatásokat. A járművek típusának és a tulajdonosok autóhasználati, utazási szokásainak, jövedelmi helyzetének figyelembe vétele a helyzet további árnyalására nyújthatna lehetőséget. Érzékenységvizsgálatra sem került sor, amit azonban az empirikus kutatás nem indokolt. Ezek által a feltevéseinkben akadnak bizonytalan elemek, azonban az mégis némi segítséget jelenthet a továbbiakban, – főként amikor pontosabb adatok fognak rendelkezésre állni – amennyiben egy ilyen rendszer létrejöttére kerül sor.

ÖSSZEGRÉS

Eredményeink rámutatnak arra, hogy az önvezetőflotta-használat költségeinek megbecsülése rendkívül komplex feladat. Annak ellenére, hogy a technológiai fejlesztések már nagyon előrehaladottak, nagyon kevés információ áll rendelkezésre az önvezető flotta rendszerek költségstruktúrájának meghatározásához. Sok adatot így kizárólag becsülni tudunk, ami viszont kevésbé stabil eredményekhez vezet. Ennek ellenére azonban már kirajzolódik, hogy milyen költség típusok azonosíthatóak (beleértve a hagyományos járművek esetén fel nem merülő tételeket is), amelyek alapján felépíthető az önvezető járművek gazdaságossági számításaihoz szükséges modell. Ez lehetővé teszi azt, hogy amint pontosabb, tudományosan alátámasztott adatok állnak rendelkezésre, a modellbe beillesztve pontosabb eredményeket kapjunk, így aktualizálhatóvá válik a költségek és megtakarítások elérhető szintje. Ezen felül lehetőséget ad arra, hogy bárki, a saját személyes mobilitási adataival feltöltve saját magára szabja az elemeket, és megvizsgálja, vajon számára pénzügyi szempontból jobb megoldást jelenthet-e egy önvezető flotta használata.

Ezek mellett fontos feladatként jelentkezik a modellek bemeneti, jelenleg még csak becsült költségeinek a pontosítása, és a lehetséges költségelőnyök elérésének a lakosság irányába tör-

ténő kommunikálása. A rendszer műszaki és informatikai fejlesztései tehát egyre inkább kész állapotot mutatnak, ezután a társadalomtudomány egyre növekvő jelenlétére van szükség a társadalom irányából történő érdeklődés megteremtéséhez.

Lukovics Miklós kutatása az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

JEGYZETEK

- ¹ A Tesla önvezető funkciója képes a jármű irányítására, azonban a technológia jelenlegi szintje mellett még szükség van egy sofőr teljes körű figyelmére, aki bármelyik pillanatban át tudja venni az irányítást a jármű felett. <https://www.tesla.com/support/autopilot>

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bansal, Prateek – Kockelman, Kara M. (2017): *Forecasting Americans' long-term adoption of connected and autonomous vehicle technologies*, Transportation research Part A: Policy and Practice. 95, 49-63. o.
- Baccarella, Christian V. – Wagner, Timm F. – Scheiner, Christian W. – Maier, Lukas – Voigt, Kai-Ingo. (2020): Investigating consumer acceptance of autonomous technologies: the case of self-driving automobiles”, *European Journal of Innovation Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/EJIM-09-2019-0245>
- Bojic, Iva – Braendli, Roman – Rattü, Carlo (2019): What will autonomous cars do to the insurance companies?. In Pierluigi, C., Domokos, E. K. (eds): *Autonomous Vehicles and Future Mobility*. Elsevier, Amsterdam, 69-84. o.
- Bösch, Patrick M. – Becker, Felix – Becker, Henrik – Axhausen, Kay W. (2018): Cost-based analysis of autonomous mobility services. *Transport Policy*, 64, 76-91. o.
- Burns, Lawrence D. – Jordan, William C. – Scarborough, Bonnie A. (2013): *Transforming personal mobility*. The Earth Institute, Columbia University, <http://wordpress.ci.columbia.edu/mobility/files/2012/12/Transforming-Personal-Mobility-Aug-10-2012.pdf>
- Choi, Jong Kiu – Ji, Yong Gu (2015): Investigating the importance of trust on adopting an autonomous vehicle. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31, 10, pp. 692–702.
- Cohen, Tom – Stilgoe, Jack – Cavoli, Clemence (2018): Reframing the governance of automotive automation: insights from UK stakeholder workshops, *Journal of Responsible Innovation*, DOI: 10.1080/23299460.2018.1495030
- Cohen, Tom – Stilgoe, J. – Stares, Sally – Akyelken, Nihan – Cavoli, Clemence – Day, Jenny – Dickinson, Janet – Fors, Vaïke – Hopkins, Debbie – Lyons, Glenn – Marres, Noortje – Newman, Jonathan – Reardon, Louise – Sipe, Neil – Tennant, Chris – Wadud, Zia – Wigley Edward (2020): A constructive role for social science in the development of automated vehicles, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 6, 2020, 100133, ISSN 2590-1982, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100133>.
- Földes Dávid – Csiszár Csaba (2018): *Framework for planning the mobility service based on autonomous vehicles*. Smart Cities Symposium, 24-25 May 2018. Prague, Czech Republic, p. 15-20 DOI: 10.1109/SCSP.2018.8402651
- Földes Dávid – Csiszár Csaba – Zarkeshev, Azamat (2018): *User expectations towards mobility services based on autonomous vehicle*. 8th International Scientific Conference, CMDTUR 2018. 04-05 October 2018. Žilina, Slovakia, p. 7-14
- Gaber, Hossam – Othman, Ahmed M. – Fahad, Abul H. (2021): *Future of connected autonomous vehicles in smart cities*. Solving Urban Infrastructure Problems Using Smart City Technologies, pp. 599-611, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816816-5.00027-9>. letöltve: 2023. 02. 16.
- Gargalo, Carina L. – Carvalho, Ana – Gernaey, Krist V. – Sin, Gürkan (2016): A framework for techno-economic & environmental sustainability analysis by risk assessment for conceptual process evaluation. *Biochemical Engineering Journal*, pp. 146-156. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2016.06.007>.
- Internet-1 (2018): <https://www.theverge.com/2018/7/31/17635472/waymo-self-driving-cars-pricing-ride-hail-arizona>

- Internet-2 (2022): <https://www.statista.com/statistics/890167/average-cost-per-ride-ridesharing-united-states/>
- Internet-3 (2018): <https://www.theverge.com/2018/7/31/17635472/waymo-self-driving-cars-pricing-ride-hail-arizona>
- Internet-4 (2018): <https://ride.guru/lounge/p/what-is-the-average-trip-distance-for-an-uber-or-lyft-ride>
- Internet-5 (2018): <https://hungarytoday.hu/budapest-congestion-162-hours-traffic-2018/>
- Internet-6 (2023): <https://www.statista.com/statistics/1002964/average-full-time-annual-earnings-in-the-uk/>
- Internet-7 (2023): https://www.ksh.hu/stadat_files/mun/hu/mun0176.html
- Internet-8 (2014): https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hu/SPEECH_14_692
- Internet-9 (2017): <https://www.vezess.hu/magazin/2017/10/25/benzin-dizel-cng-vagy-lpg/>
- Internet-10 (2016): <https://24.hu/fn/penzugy/2016/01/19/enyit-keres-ma-egy-taxisofer-budapesten/>
- Jiang, Shixiong – Guan, Wel – He, Zhengbing – Yang, Liu (2018): Exploring the intermodal relationship between taxi and subway in Beijing, China. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1-14. o.
- Jiang, Like – Chen, Haibo – Chen, Zhiyang (2022): City readiness for connected and autonomous vehicles: A multi-stakeholder and multi-criteria analysis through analytic hierarchy process. *Transport policy*, 128, 13-24.
- Khan, Usman – Ogbaga, Chukwuma C. – Omolabake Abiodun, Okon-Akan – Adeleke, Adekunle A. – Ikubanni, Peter P. – Okoye, Patrick U. – Okolie, Jude A. (2023): Assessing absorption-based CO₂ capture: Research progress and techno-economic assessment overview, *Carbon Capture Science & Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2023.100125>.
- Koul, Sahil – Eydgahi, Ali (2018): Utilizing Technology Acceptance Model (TAM) for driverless car technology. *Journal of Technology Management & Innovation*, 13(4), 37–46. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242018000400037>
- Mahmud, Roksana – Moni, Sheikh M. – High, Karen – Carbajales-Dale, Michael (2021): Integration of technoeconomic analysis and life cycle assessment for sustainable process design - A review. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128247
- Mitteregger, Matthias – Soteropoulos, Aggelos – Bröthaler, Johann – Dörner, Fabian (2019): *Shared, Automated, Electric: the Fiscal Effects of the “Holy Trinity”*. Proceedings of the 24th REAL CORP, International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society, Karlsruhe.
- Müller, Julian M. (2019): Comparing Technology Acceptance for Autonomous Vehicles, Battery Electric Vehicles, and Car Sharing – A Study across Europe, China, and North America. *Sustainability* 11, no. 16: 4333.
- OECD (2019): *Magyarország: Egészségügyi országprofil*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Párizs
- Polydoropoulou, Amalia – Pagoni, Ioanna – Tsimpa, Athena – Rouboutsos, Athena – Kamargianni, Maria – Tsouros, Ioannis (2020): Prototype business models for Mobility-as-a-Service. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 149-162. o.
- Prónay Szabolcs – Lukovics Miklós – Kovács Péter – Majó-Petri Zoltán – Ujházi Tamás – Palatinus Zsolt – Volosin Márta (2022): Pánik próbája a mérés: Avagy önvezető technológiák elfogadásának valós idejű vizsgálata neurotudományi mérésekkel. *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 53(7), 48–62. <https://doi.org/10.14267/VEZ-TUD.2022.07.05>
- Shepard, Erika – Napoline, Kimberly – Douma, Frank – Lari, Adeel (2022): *Opportunities and Challenges for Deploying Connected and Automated Vehicles to Address Transportation Disparities in Urban Areas*. *JL & Mobility*, 1.
- Thomassen, Gwenny – Van Dael, Miet – Van Passel, Steven – You, Fengqui. (2019): How to assess the potential of emerging green technologies? Towards a prospective environmental and technoeconomic assessment framework. *Green Chemistry*, 21 (18), 4868-4886. o.
- Wadud, Zia (2017): Fully automated vehicles: A cost of ownership analysis to inform early adoption. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 101, 163-176. o.
- Wadud, Zia – Mattioli, Giulio (2021): Fully automated vehicles: A cost based analysis of the share of ownership and mobility services, and its socio-economic determinants. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 151, 228-244.
- Yun, Seokwon – Oh, Se-Young – Kim, Jin-Kuk (2020): Techno-economic assessment of absorption-based CO₂ capture process based on novel solvent for coal-fired power plant, *Applied Energy*, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114933>.