

Borsos Döníz, Sándor Tamás: Környezeti paraméterek figyelésére alapozott mesterséges intelligenciát tartalmazó hajtásvezérlési rendszer problémái

¹ Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem [1034, Bécsi út 96/b, Budapest Magyarország], Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], borsos.doniz@uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Kommunikációs Rendszerek Intézet [1084, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország], sandor.tamas@uni-obuda.hu

Absztrakt: Az elektromos járművek esetében ma már a hajtásláncok hatékonyságának a növelése áll a kutatások egyik fő célpontjában. Jelen cikk is ezt a témakört kívánja körbejárni, ahol is a hajtásláncok irányítása szempontjából lényeges környezeti paraméterek hatásait mutatja be. A kutatásban kiemelten hangsúlyos még az autóbuszvezetői stílusok elemzése és hatásvizsgálata, valamint a jelenlegi fokozatváltási megoldások értékelése.

Kulcsszavak: elektromos járművek, mesterséges intelligencia, fokozatváltás, környezeti paraméterek

1. Bevezetés

Az elektromos járművek esetében ma már a hajtásláncok hatékonyságának a növelése áll a kutatások célpontjában. Elektromos járművek tekintetében számos publikációban is megjelenik az elektromos járművek energiafogyasztására gyakorolt hatástényezők összefoglalása. Ezen elemek közül a legtöbb átültethető az intelligens járműhajtás vezérlőrendszerek témakörébe is. Kiemelendő ezekből, hogy a járművezetési stílusok számos kulcsfontosságú tényezőt befolyásolnak az autóbuszok szempontjából, emellett számos olyan tényező határozható meg, amely a vezetési stílust befolyásolhatja ideiglenesen vagy állandósult jelleggel.

A sebességváltás problémájának hagyományos vezérlési módszere általában egy sebességváltó térképen alapul, amelyet manuálisan határozzák meg a korábbi tapasztalatok vagy a tesztpados tesztek kalibrálási eredményei. A jobb eredmények elérése érdekében előre megadják a jövőbeli hajtási szándékot. A megoldások teljesítménye azonban nagymértékben függ az előrejelzés pontosságától és a prediktív horizont hosszától, melyek fordítottan arányosak egymással. Az online számítási teher és az adatok frissítésével kapcsolatos problémák jelenleg még mindig nagy kihívást jelentenek, és a hatékonyság csak gyakran változó menetkörülmények között mérhető.

Jelen cikk is ezt a témakört kívánja körbejárni, ahol is a hajtásláncok irányítása szempontjából lényeges környezeti paraméterek hatásait mutatja be. A kutatásban kiemelten hangsúlyos még az autóbuszvezetési stílusok elemzése és hatásvizsgálata, valamint a jelenlegi fokozatváltási megoldások értékelése.

2. Hajtásszabályozásra kiható tényezők és az elektromos járművek energiafogyasztására gyakorolt hatástényezők kapcsolata

Elektromos járművek tekintetében több publikációban is feltűnik egy Ishikawa diagram az elektromos járművek energiafogyasztására gyakorolt hatástényezőkkel kapcsolatban. Az ott felsorolt elemek többsége átültethető az intelligens járműhajtás vezérlőrendszerek témakörébe is. 6 fő okozati tényezőt tartalmaz [1][2], melyek a következők:

- Technológia, jármű;
- Vezető;
- Utazási típus;
- Mesterséges környezet;
- Természetes környezet;
- Mérések.

Ezen kategóriák további alkategóriákra oszthatók, de járműhajtásvezérlés tekintetében az imént felsoroltak közül néhány tényező kizárható elektromos buszok tekintetében.

2.1 Technológia, jármű

Ebbe a kategóriába tartozik az akkumulátor, mely esetében a fő jellemzők a regenerációs ráta, a típus, a kor, a kapacitás, a tömeg és az energiasűrűség. Az akkumulátor állapota, jellemzői hatással vannak a hajtásra, de az nem kerül külön vizsgálatra. A kiegészítők, mint a navigációs rendszer, hűtés, fűtés, rádió és lámpák, inkább csak fogyasztási szempontból érdekesek.

Ami viszont hajtás tekintetében kiemelhető, az a motor jellemzői, a teljesítmény, a jármű tömege, a jármű mérete és alakja, a jármű áramlástechnikai tulajdonságai, a többlettömeg és a gumik jellemzői. A jármű tömege, alakja, mérete adott. A többlettömeg az utasok és csomagjaik súlyát jelenti. Ez több tényezőtől függ, ezek lehetnek: útvonal, napszak, évszak. A gumi jellemzői közül kiemelhető a kopás mértéke és a guminyomás.

2.2 Vezető

A vezető agresszivitása határozza meg a lassítások és gyorsítások számát, dinamikáját. Ezt kifejezetten befolyásolhatja a nem, a tapasztalat, a kor vagy a hangulat. Minél agresszívebb egy sofőr vezetési stílusa, annál több váltásra van szükség. A vezetési stílusból adódó menetdinamika a mérések számának növelésével egyre jobban közelíthető. A vezetési stílusokkal, hatásaival és mérési lehetőségeivel külön fejezet foglalkozik. Ide sorolható még egy faktor, még hozzá a hatótávolságtól való félelem. Ez nagyban befolyásolhatja a menetdinamikát, mivel túl óvatos vezetést eredményezhet.

2.3 Utazás típusa

Az utazás típusát az útvonal gyakorisága, hosszúsága, az időpontja és a sürgőssége adja [2]. Elektromos buszok esetében ezek közül az egyik releváns információ lehet a gyakoriság, hogy egy adott útvonalat milyen időközönként kell megtennie az adott járműnek vagy sofőrnek. Az útvonal hossza is befolyásoló tényező, mely normál menetútvonal esetén előre meghatározható. A menetsűrűség és a menetrend megadja, hogy milyen napszakban vagy napszakokban kell a járműnek üzemben lennie. A sürgősség kevésbé jelentős, hiszen fix indulási és viszonylag jól tervezhető megállási ütemezéssel közlekednek ezek a járművek. A sürgősségnek rendkívüli helyzetek esetén lehet jelentősége, mikor például valamilyen oknál fogva a jármű haladása

akadályozott és esetlegesen a fennmaradó útvonal szakaszon kell a kését csökkenteni. Előfordulhat olyan eset is, amikor a megszokottnál gyorsabban halad a forgalom és a jármű a menetrend betartása érdekében várakozásra vagy lassabb haladásra kényszerül az átlagosnál.

2.4 Mesterséges környezet

A mesterséges környezetet alkotják az emberekkel kapcsolatos infrastruktúrák és környezetek, például keresztezések, közlekedési és jelzőlámpák, az urbanizáció szintjei. A forgalom a torlódások mennyiségével, áramlásával és átlagos sebességével jellemezhető [2]. A forgalom növekedésével nő annak a száma, hogy egy adott járműnek hányszor kell lassítania és gyorsítania, azaz változtatnia a sebességét, megállnia és elindulnia. Ez közvetlen hatással van a járműhajtásra, a váltások számát egyértelműen befolyásolja. Ugyanilyen hatással lehet a keresztezéseknek, a gyalogosátkelőknak, közlekedési lámának is, illetve a sebességkorlátozásoknak is. A menetsebességet befolyásoló tényező lehet még az út felülete, az útburkolati jelek felfestésének minősége és az adott út szélessége. Mindhárom esetben egy jóminőségű, jól látható módon felfestett, széles útszakasz esetében stabilabb menetsebesség alakítható ki alacsony forgalom mellett.

2.5 Természetes környezet

A természetes környezet paraméterei közé sorolhatók a domborzati viszonyok és az éghajlat. A domborzat tekintetében jellemző paraméter lehet az átlagos meredekség, a teljes emelkedés vagy süllyedés [2]. Ezek az adatok az útvonal ismeretében adóttak, illetve a jármű aktuális pozíciójából kinyerhetők, esetlegesen további szenzoradatok segítségével pontosíthatók. Az évszakok eredendően meghatározzák az időjárást, de még adott évszakon belül is jelentős eltéréseket tapasztalhatunk Magyarországon. Hatása három területen jelentkezik. Az egyik ilyen terület a látási viszonyok romlása, melyet befolyásol a csapadék mennyisége és minősége, az erős napsütés. A másik terület a jármű stabilitását befolyásolja, ez a szél mértéke és a csapadék. A harmadik terület a hőmérséklethez köthető, itt a hűtés és fűtés rendszerek használata lehet befolyásoló tényező.

2.6 Mérések

A mérések csoport hajtásszabályozás szempontból speciális esetnek számítanak, mely visszajelzésként szolgál és az eredmények megállapításában játszik szerepet. Ennek következtében, az aktuális vizsgálatok esetén más-más mérések és befolyásoló tényezők kerülhetnek előtérbe. Ez a további részekben még kifejtésre kerül.

3. Autóbuszvezetési stílusok

A járművezetési stílusok számos kulcsfontosságú tényezőt befolyásolnak az autóbuszok szempontjából, emellett számos olyan tényező határozható meg, amely a vezetési stílust befolyásolhatja ideiglenesen vagy állandósult jelleggel. A járművezetési stílusok alapvetően befolyásolhatják a járműdinamikát és összességében a hajtásvezérlésre is hatással vannak, jelentőségük a mérések során és tervezéskor nem elhanyagolható.

A koreai Hyundai által elvégzett kísérletek eredménye képen 36750 különböző vezetési stílust azonosítottak [3]. Természetesen a csoportok között minimális különbségek vélhetők felfedezni.

Ezek alapján 5 leggyakoribb vezetési stílus határozható meg: magabiztos, nyugodt, korrekt és kimért, ideges, agresszív [3]. Ezek százalékos eloszlása az 1. ábrán látható.



Ábra 1
Vezetési stílusok

A vezetési stílust számos tényező befolyásolhatja, melyek közül a jelentősebbek kerülnek kiemelésre. Alapvető befolyásoló tényező a vezető személye. Ez a nemét, korát, tapasztalatát és aktuális hangulatát jelenti. Maga a jármű hatása sem elhanyagolható, hiszen a típusa vagy akár a műszaki állapota is egy tényező lehet. Természetesen a környezetből is érkezhetnek ingerek, ilyen a forgalom vagy az időjárás aktuális alakulása. Jelentéktelennek tűnő befolyásoló tényező lehet a zene, ennek ellenére átmenetileg módosíthatja a vezetési stílust. Ide kell még sorolni további zavaró tényezőket, melyek időszakos jelleggel vannak hatással a vezetőre. Néhány példát kiemelve: navigációs rendszer figyelése, étkezés, telefonálás, beszélgetés [4].

A vezetési stílusok szintén számos tényezőt befolyásolnak. Különbség lehet, többek között, a hatótávolságban [5], a menetbiztonságban, a jármű élettartamában, szervízköltségekben és az utasok elégedettségében. Természetesen a hajtásszabályozás szempontjából sem elhanyagolható [6]. Sajnos többnyire intelligens hajtásszabályozás tervezésekor a vezetési stílust nem veszik figyelembe.

Mint minden, a vezetési stílus is mérhető a járművekben rendelkezésre álló berendezések által vagy kiegészítő rendszerek beiktatásával. Alapvetően a gázpedál és fékpedál használatát monitorozzák, gyorsulásszenzorokat alkalmaznak, felhasználják a fordulatszám és a nyomaték adatokat. Ennél komplexebb mérési módszerek a pupilla követése, arcfelismerés, pulzus és vérnyomásadatok értékelése, további, a kormánymarkolatba és a pedálokba helyezett érzékelők alkalmazása. Minél több adat áll rendelkezésre, annál pontosabban meghatározható a vezetési stílus, mely összetett algoritmusok vagy akár mesterséges intelligencia felhasználásával kategorizálható be és alkalmazható a hajtásszabályozásban.

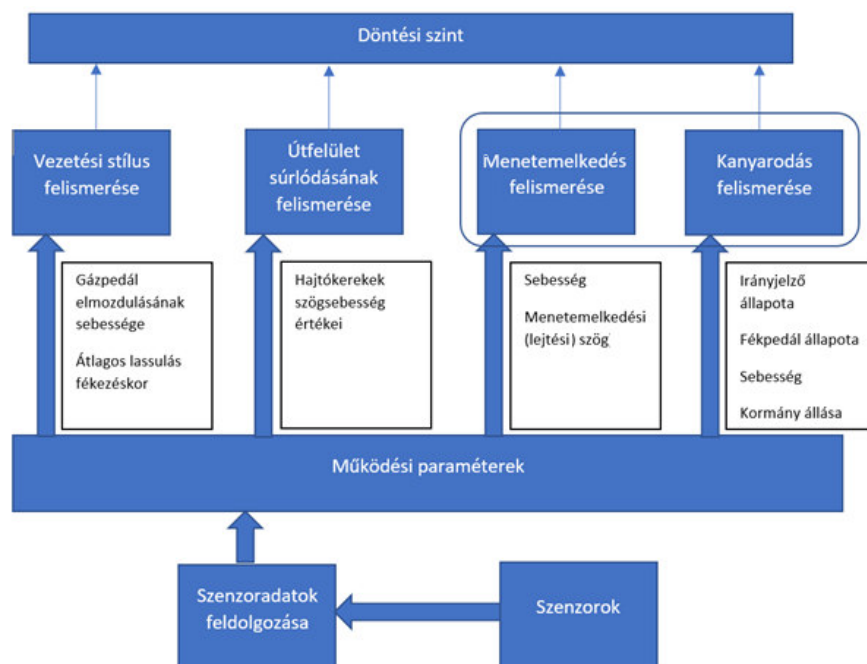
4. Környezeti paraméterek figyelésére alapozott hajtásvezérlési rendszer problémáinak azonosítása

A sebességváltás problémájának hagyományos vezérlési módszere általában egy sebességváltó térképen alapul, amelyet manuálisan határozzák meg a korábbi tapasztalatok vagy a tesztpados tesztek kalibrálási eredményei. A jobb eredmények elérése érdekében előre meghatározzák a jövőbeli hajtási szándékot, és megoldják az optimalizálási problémákat minden véges horizonton, ésszerű vezérlési sorrend elérése érdekében. A teljesítmény azonban nagymértékben függ az előrejelzés pontosságától és a prediktív horizont hosszától, melyek fordítottan arányosak egymással. Az online számítási teher és az adatok frissítésével kapcsolatos problémák jelenleg még mindig nagy kihívást jelentenek, és a hatékonyság csak gyakran változó menetkörülmények között mérhető. [7]

Tanulmányok és vizsgálatok alapján a következő problémák azonosíthatók [7][8][10][11]:

- Hiába hasonlóak és ismertek az útviszonyok a buszok közlekedése szempontjából, de a vezetési stílus és a forgalmi helyzet nem kerül figyelembevételre. Nem feltétlenül eredményez teljesítmény javulást, ha egy adott ciklus paraméterei kerülnek érvényesítésre minden körülmény között.
- Figyelmen kívül hagyásra kerül a sebességfokozatok mechanikai hatékonysága és a sebességváltás késleltetése.
- Általános járművekben használt feldolgozóegység számítási korlátjai nem kerülnek figyelembevételre.

Hatékonyabb eredmény érhető el, ha figyelembevételre kerül a sebességen és a nyomatékon kívül a fékpedál állapota, az irányjelző állapota és a kormány elfordításának mértéke [8]. Ezek mellett valamilyen módon a vezetési stílus is vizsgálatra kerül. Ez alapján felvázolható egy blokkvázlat a döntés meghozataláról. A 2-es ábrán olvasható, hogy a vezetési stílus behatárolható két egyszerű méréssel, mely a gázpedál elmozdulását és a fékezés alatti átlagos lassulást veszi figyelembe.



Ábra 2

Döntés lehetséges komponensei

Döntési szint kiegészíthető további paraméterekkel, melyek GPS koordinátákon alapulnak [9][12]. Ez alapján, ha ismert a sebesség belső szenzor adatai és GPS alapján, a magasság belső szenzor adatai és GPS alapján, a nyomaték, a váltó aktuális állapota, a fékezés mértéke és az elérhető műholdak száma, akkor a hajtási szándék kellő pontossággal becsülhető.

A figyelembe vett környezeti paraméterek sora tovább bővíthető az emelkedési faktor bevezetésével, melynek alapját a lejtők és az emelkedők adják [10]. Ezen kívül nem elhanyagolható a terhelési tömeg, a jármű gördülési és aerodinamikai tényezői, valamint a csúszási tényező [13][14].

Megállapítható, hogy az emelkedési faktor hangsúlyosan hatással van a járművek menetdinamikájára, főleg, ha hosszú útszakaszon állnak fent vagy a szintkülönbség jelentős [11]. Kiemelt jelentőséggel bíró hatástényezőként azonosítható még a fékezés és a kanyarodás. Az útburkolat csúszóssága és az időjárás hatása nem elhanyagolható, de nem tekinthető elsődleges döntési alapnak [15].

Konklúzió

Az összefoglaltak alapján belátható, hogy párhuzam vonható az elektromos járművek fogyasztását befolyásoló bizonyos tényezők és a hajtásszabályozásra kiható tényezők között. Ennek az egyik csoportja a vezető hatásai, méghozzá maga a vezetési stílus. A legtöbb rendszer kidolgozásában ezt figyelmen kívül hagyják.

A legtöbb megjelent tanulmány alapja egy kétváltozós sebesség-nyomaték térkép, mely a váltásokat egy előre meghatározott tábla alapján ütemezi, azaz nem használ fel további paramétereket jobbminőségű váltási ütemezés kialakításához.

Kiemelt paraméterként jelenik meg a lejtés/emelkedés vizsgálata, mely fedélzeti szenzorok adatainak és GPS adatok felhasználásával kerül meghatározásra és becslésre is. Ezek mellett a kanyarodás, fékezés felismerése került azonosításra, mint további meghatározó tényező. Az időjárás elemei gyengén befolyásoló tényezőként jelennek meg.

Látszik, hogy rengeteg paraméter figyelhető és képezheti a hajtással kapcsolatos döntések alapját, de nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a növekvő adatszám a rendszer és az algoritmusok bonyolultságát is megnöveli, ezáltal nagyobb tárolási és számítási kapacitásra lesz szükség.

Források

- [1] A. Ibrahim and F. Jiang, "The electric vehicle energy management: An overview of the energy system and related modeling and simulation", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 144, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.111049.
- [2] W. Li, P. Stanula, P. Egede, S. Kara and C. Herrmann, "Determining the Main Factors Influencing the Energy Consumption of Electric Vehicles in the Usage Phase", *Procedia CIRP*, vol 48, 2016, pp. 352-357, doi: 10.1016/j.procir.2016.03.014.
- [3] Hyundai, "Hyundai reveals the Drive Different Test", 2019, [Online] Available: <https://www.hyundai.news/eu/articles/press-releases/hyundai-reveals-the-drive-different-test.html>
- [4] O. S. Liang, and C. C. Yang, "Determining the risk of driver-at-fault events associated with common distraction types using naturalistic driving data", *Journal of Safety Research*, vol. 79, 2021, pp. 45-50, doi: 10.1016/j.jsr.2021.08.003.
- [5] F. E. Zannikos, E. Tzirakis and S. Stournas, "Impact of driving style on fuel consumption and exhaust emissions: defensive and aggressive driving style", 10th International Conference on Environmental Science and Technology, 2007, pp. 1947-1504, [Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/258149928_Impact_of_driving_style_on_fuel_consumption_and_exhaust_emissions_defensive_and_aggressive_driving_style
- [6] E. Szumska and R. Jurecki, "The Effect of Aggressive Driving on Vehicle Parameters", *Energies*, vol. 13., 2020, pp. 1-16, doi: 10.3390/en13246675.
- [7] Lin, M. Zhao, H. Pan and J. Yi, "Blending gear shift strategy design and comparison study for a battery electric city bus with AMT", *Energy*, vol. 185, 2019, pp. 1-14, doi: 10.1016/j.energy.2019.07.004.
- [8] J. Hui and G. Anlin, "A New Vehicle Intelligent Shift System", *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 2013, 2013, pp. 1-9. doi: 10.1155/2013/303691.
- [9] P. Sahlholm and K. H. Johansson, "Road grade estimation for look-ahead vehicle control using multiple measurement runs", *Control Engineering Practice*, vol. 18, 2013, pp. 1328-1341, doi: 10.1016/j.conengprac.2009.09.007.
- [10] K. Jo, J. Kim and M. Sunwoo, "Real-Time Road-Slope Estimation Based on Integration of Onboard Sensors With GPS Using an IMMPDA Filter," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, no. 4, pp. 1718-1732, Dec. 2013, doi: 10.1109/TITS.2013.2266438.
- [11] L. Yulong, L. Ke, Y. Zhang, F. Yao, L. Hongbo, L. Ge and T. Hui, "Adaptive Gearshift Strategy Based on Generalized Load Recognition for Automatic Transmission Vehicles", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2015, 2015, pp. 1-12, doi: 10.1155/2015/614989.
- [12] A.Fodor and T. Sándor, "Study of vehicle dynamic properties and gear shift mechanizmus of Electrical vehicles", 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 177-180, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667815.

- [13] I. Bendiák and T. Sándor, "Comparison of the propulsion of electric vehicles for passenger cars and buses in terms of efficiency optimization," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 173-176, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667858.
- [14] S. K. Somogyi and T. Sándor, "Efficiency optimization of electric buses through transmission control," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 181-186, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667803.
- [15] B. J. Héjja and T. Sándor, "The role of traffic effects and environmental effects in optimizing the consumption of an electric bus," 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2021, pp. 187-192, doi: 10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667879.