



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET
MŰSZERTÉCHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK



SZAKDOLGOZAT



OE-KVK
2022.

Héjja Bertold János
T009225/F112904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Héjja Bertold János

Szakedolgozat száma: SZD2208301116528905

Törzskönyvi száma: T009225/FI12904/K

Neptun kódja:

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Műszer-automatika specializáció

A dolgozat címe: Elektromos busz fokozatváltásának optimalizálása mesterséges intelligencia segítségével

A dolgozat címe angolul: Optimizing the gear shifting of electric buses using artificial intelligence

A feladat részletezése: Készítsen megoldást egy elektromos busz fokozatváltásának optimalizálására mesterséges intelligencia segítségével!

Intézményi konzulens neve: Sándor Tamás

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 08. 30.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 26.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET
MŰSZERTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 20.23 December 15.....



.....
hallgató aláírása

1 Tartalomjegyzék

1	Tartalomjegyzék	4
2	Bevezetés.....	6
3	Automatikus sebességváltás	8
3.1	Történelem	8
3.2	Automata sebességváltók gyakoribb típusai	10
3.2.1	iMT (intelligent Manual Transmission).....	10
3.2.2	AMT (Automatic/Automated Manual Transmission).....	10
3.2.3	CVT (Continuously Variable Transmission).....	10
3.2.4	Nyomatékváltó	11
3.2.5	DCT / DSG (Dual Clutch Transmission / Direct-Shift Gearbox)	11
4	Megvalósítási módszerek	13
4.1	Hidraulikus rendszer.....	13
4.2	Többtárcsás kuplung.....	13
4.3	Bolygóműves.....	14
5	Integráció.....	16
5.1	Mechanikai alrendszer	16
5.2	Hidraulikai és pneumatikai alrendszer	16
5.3	Elektronikai alrendszer	16
5.4	Szoftveres alrendszer	16
6	A szoftveres alrendszer fejlesztési lehetőségei	18
6.1	Jelenlegi bemeneti paraméterek, adatok.....	18
6.1.1	A jármű sebessége.....	18
6.1.2	A kerekek szögsebessége	18
6.1.3	A gázpedál pozíciója	18
6.1.4	Tengely sebesség.....	18
6.1.5	Váltó folyadék hőmérséklet	19
6.1.6	Fékpédál pozíciója	19
6.1.7	Kipörgésgátló és blokkolásgátló rendszerek	19
6.1.8	Jelenlegi terepviszonyok.....	19
6.2	Potenciális bementi paraméterek, adatok	19
6.2.1	Vezetési mód	19
6.2.2	Vezetési stílus	20
6.2.3	Időjárési körülmények	21

6.2.4	Jövőbeli terepviszonyok	21
6.3	Hatékonyabb, szofisztikáltabb váltási algoritmusok	22
7	Mesterséges intelligencia, mint sebességváltási algoritmus	23
7.1	Gépi tanulási módszerek	23
7.1.1	Lineáris regresszió	23
7.1.2	Megerősítéses tanulás.....	25
7.1.3	Logisztikus regresszió	26
7.1.4	Naive Bayes	26
7.1.5	Döntési fa	27
7.1.6	Random erdő.....	28
7.1.7	K legközelebbi szomszéd (KNN).....	28
7.1.8	K közép	28
7.2	A megfelelő algoritmusok kiválasztása	30
8	Potenciális optimalizálási stratégiák	32
9	Példa rendszerterv	36
10	Összefoglalás	39
11	Conclusion	40
12	Irodalomjegyzék	41

2 Bevezetés

A mai, gyors ütemben fejlődő világban egyre sűrűbben előkerülő beszédtema a minél környezettudatosabb, fenntarthatóbb életmód megvalósítása, különösen a közlekedéssel kapcsolatban, mivel a lakossági károsanyag kibocsátás jelentős hányada a mai napig a közlekedésre vezethető vissza. Ez a kibocsátás nagyban csökkenthető, ha a személyes járművek helyett tömegközlekedési eszközöket veszünk igénybe, illetve egyéb, emberi erővel hajtott járművekkel közlekedünk (kerékpár, roller, görkorcsolya stb.).

A tömegközlekedési eszközök között a legtöbb esetben a legflexibilisebb, így a legkönnyebben elérhető opció az autóbusz, tekintve, hogy nem igényel a legtöbb helyen már létező közúti infrastruktúrán kívül sok erőforrást, szemben a kötött pályás alternatívákkal (vonat, villamos, HÉV stb.) és az elektromos meghajtású trolibuszokkal szemben.

A hagyományos, robbanómotoros autóbuszok környezetre gyakorolt hatása azonban fontos kérdés, mivel a városi tömegközlekedés legtöbb károsanyag kibocsátásáért ezek a felelősek. Ezt a hatást ellensúlyozni igyekezve, az elmúlt években egyre nagyobb teret hódítottak a városi tömegközlekedésben az elektromos meghajtású autóbuszok a robbanómotoros társaikkal szemben. Ezek az elektromos buszok nem bocsátanak ki kipufogógázokat, emellett hatékonyabbak és csendesebbek, azonban nehezebbek, rövidebb hatótávolsággal bírnak és lassabban tölthetők újra a robbanómotoros buszokhoz viszonyítva.

Ezek közül a legnagyobb probléma, hogy a viszonylag rövid hatótávolság és lassú újratölthetőség egymással kiegészítve sok szempontból praktikátlan alternatívává teszi az elektromos meghajtású autóbuszokat, a vitathatatlan előnyeik ellenére.

A fedélzeten eltárolható energia mennyiségét a jelenlegi akkumulátorgyártási technológiák nagyban korlátozzák, azonban a hatótávolság növelését elősegíthetjük a már létező rendszerek hatékonyabb kihasználásával, különös tekintettel az automatikus sebességváltó technológiákra, amelyek nagyban befolyásolják az autóbusz, mint egység teljes hatékonyságát.

Az egyszerűbb automatikus sebességváltók számos tekintetben hagynak kívánni valót maguk után, még az ember által történő sebességváltáshoz viszonyítva is, mivel nem képesek figyelembe venni a környezeti változók megfelelően széles spektrumát, hogy a leghatékonyabb döntést hozzák meg, akár proaktív módon is. Különös tekintettel érdemes figyelembe venni a

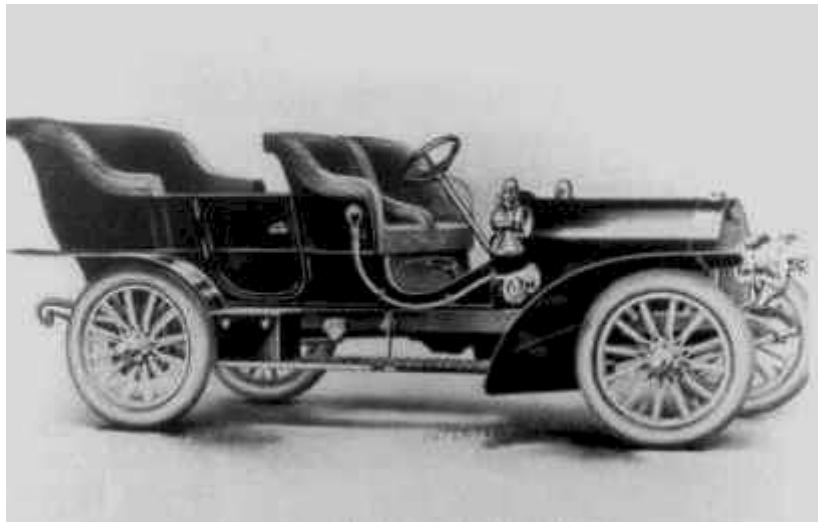
domborzati viszonyok alakulását, amelyek a menet közbeni dinamikus fogyasztásváltozás legnagyobb befolyásoló hatásai közé tartoznak.

3 Automatikus sebességváltás

3.1 Történelem

Az automatikus sebességváltók első formái tisztán mechanikus szerkezetek voltak, majd fokozatosan átadták helyüket a hidrodinamikus, hidraulikus megoldásoknak.

Az 1904-es, Bostonban kifejlesztett Sturtevant ló nélküli kocsí sebességváltóját gyakran említik, mint az automatikus sebességváltás legelső formáját. [1] Ez a sebességváltó kettő sebesség fokozat között tudott váltani, a motor által hajtott lendkerekek segítségével, amelyek magasabb sebességnél átváltottak a magasabb sebességfokozatba, míg alacsonyabb sebesség esetén visszaváltottak.



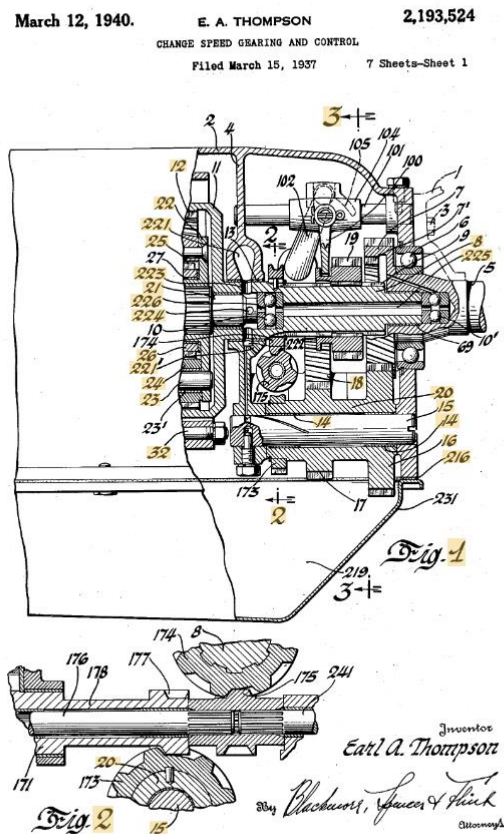
3.1.1

1904 Sturtevant Automatic Drive Touring, Sturtevant Mill Co., Boston, MA [2]

Az első, szélesebb körben is használt automatikus sebességváltó szabadalma Henry R. Hoffman nevéhez fűződik. [3] A szabadalmat Hoffman 1921-ben nyújtotta be, de csak 1923-ban kaphatta meg a szabadalmi jogot. Hoffman sebességváltója kuplungok sorozatát használta a különböző sebességfokozatok kiválasztásához.

Az első tömeggyártott automatikus sebességváltó az amerikai General Motors Cadillac márkája által kifejlesztett Hydra-Matic sebességváltó lett, amely 1940-ben került forgalomba. A váltó egyszerre használt egy viszkózus csatolást és három hidraulikusan vezérelt bolygóművet, így

négy előremeneti és egy hátrameneti sebességfokozat között volt képes kapcsolni. Ennek a sebességváltó modellnek a szabadalmát E. A. Thompson nyújtotta be 1937-ben. [4] [5]



2.1.2

E. A. Thompson 1940-es szabadalma [4]

A viszkózus csatolást először az 1948-as Buick Dynaflo cserélte le nyomaték váltóra.

Az idő előrehaladtával egyre több és több elektromos alkatrészt iktattak be az automatikus váltó modellekbe, ahogy a korábban mechanikus vezérléseket, mint például a rugós szelepeket kiváltották szolenoidokkal ezzel lehetővé téve a váltások pontosabb beállítását, a gyorsabb és finomabb váltást és manuális vezérlést.

A legmodernebb automatikus sebességváltók vezérlései már teljes mértékben elektronikus módon működnek, szoftveres módon beállítható és testre szabható paraméterekkel, így sokkal

könnyebben elérhetik a kívánt és szükséges váltási karakterisztikát, a korábbi, hagyományos mechanikus és hidraulikus társaikhoz képest.

3.2 Automata sebességváltók gyakoribb típusai

Az autópárhban számos különböző automata sebességváltó típus létezik, amelyek különböző technológiákat és működési elveket alkalmaznak. Ezek a sebességváltók manuális társaikkal szemben kényelmesebb vezetést és magasabb üzemanyag-hatékonyságot kínálnak a sofőröknek. A különböző automata sebességváltó típusok különböző előnyöket és hátrányokat kínálnak, és a megfelelő választás attól függ, hogy milyen vezetési stílust kell kiszolgálnia és milyen igényeket kell kielégítenie az adott esetben a sebességváltó rendszernek. A választott típus befolyásolhatja az autó teljesítményét, üzemanyag-hatékonyságát és kényelmét is, de akár a felhasználhatóságát, sokoldalúságát is.

3.2.1 iMT (intelligent Manual Transmission)

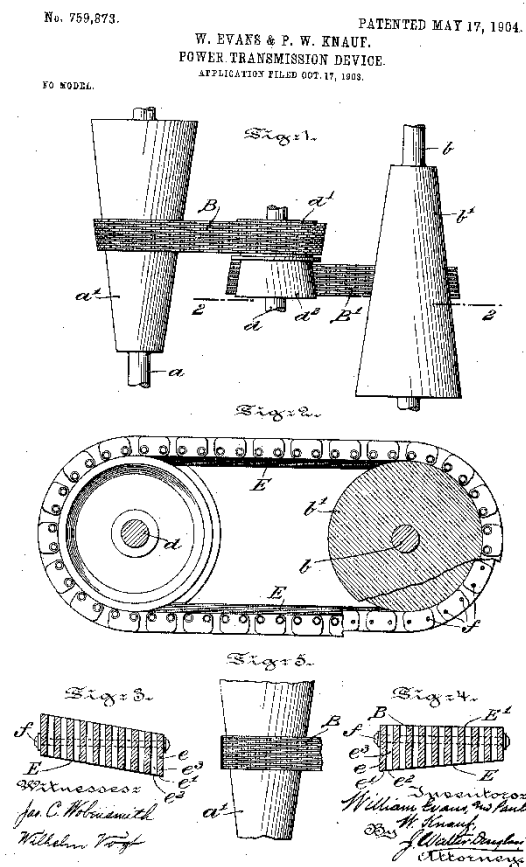
Az iMT, vagyis az Intelligent Manual Transmission, a legolcsóbb „automata” sebességváltó típusok egyike. Ebben a rendszerben a sofőrnek manuálisan kell váltania a sebességeket a hagyományos sebességváltó kar segítségével, azonban a kuplung kezelését az autó beépített automatikája végzi. Ez a rendszer gyakran nevezik kuplung nélküli manuálisnak is, mivel a váltásokat manuálisan, de kuplungpedál használata nélkül végezheti a sofőr. Az iMT rendszer egyszerűsége miatt viszonylag olcsó a karbantartása, szerelése.

3.2.2 AMT (Automatic/Automated Manual Transmission)

Az AMT, vagyis az Automatic Manual Transmission, teljesen automatizálja a kuplung kezelését, míg a sebességváltás félautomata módon működik. Ez azt jelenti, hogy a sofőrnek továbbra is manuálisan kell váltania a sebességeket, de a kuplung használata nem szükséges. Az AMT képes bizonyos szintig automatikusan váltani sebességek között, de a képességei korlátozottabbak a teljesen automatikus rendszerekhez képest.

3.2.3 CVT (Continuously Variable Transmission)

A CVT, vagyis a Continuously Variable Transmission, az egyik legszélesebb körben elterjedt automata sebességváltó típus, mivel könnyen használható, kényelmes és üzemanyag-takarékos. A CVT nem használ előre meghatározott sebességi fokozatokat, ehelyett fokozatmentesen módosítja az áttételeket az igényeknek megfelelően. Ez lehetővé teszi egy sima és folyamatos gyorsulást, és segít optimalizálni az üzemanyagfogyasztást. Az első CVT szabadalom 1904-ben lett elfogadva. [6]



2.2.3.1

Paul W. Knauff és William Evans 1904-es szabadalma [6]

3.2.4 Nyomatékváltó

A nyomatékváltók kiváló egyensúlyt kínálnak a CVT-k üzemanyagtakarékosága és a DCT / DSG-k (Dual Clutch Transmission / Direct-Shift Gearbox) teljesítménye között. Ezek hasonlóan kényelmesen használhatók, mint a CVT váltók, de gyorsabb váltásokat képesek végrehajtani, közelítve a DCT / DSG sebességváltók sebességéhez. A nyomatékváltók kifejezetten jól alkalmazhatók magas nyomatékot igénylő felhasználási területeken, például SUV-ok (Sport Utility Vehicle, városi terepjáró) vagy teherautók esetében.

3.2.5 DCT / DSG (Dual Clutch Transmission / Direct-Shift Gearbox)

A DCT, azaz a Dual Clutch Transmission, vagy más néven DSG, azaz Direct-Shift Gearbox, jelenleg az egyik legfejlettebb automata sebességváltó típus. Ezen felépítésű rendszer gyors, rezponzív váltásokat tesz lehetővé, és kiválóan alkalmas sportos vezetésre. A legtöbb nagy teljesítményű autó ilyen rendszerrel van felszerelve. Azonban a DCT / DSG rendszer

komplexitása miatt a fenntartása és a telepítése drágább lehet más típusokhoz képest. Az első tömeggyártott DCT-vel felszerelt autó a Hillman cég 1961-ben kiadott Minx modellje volt.



3.2.5.1

Hillman Minx [7]

4 Megvalósítási módszerek

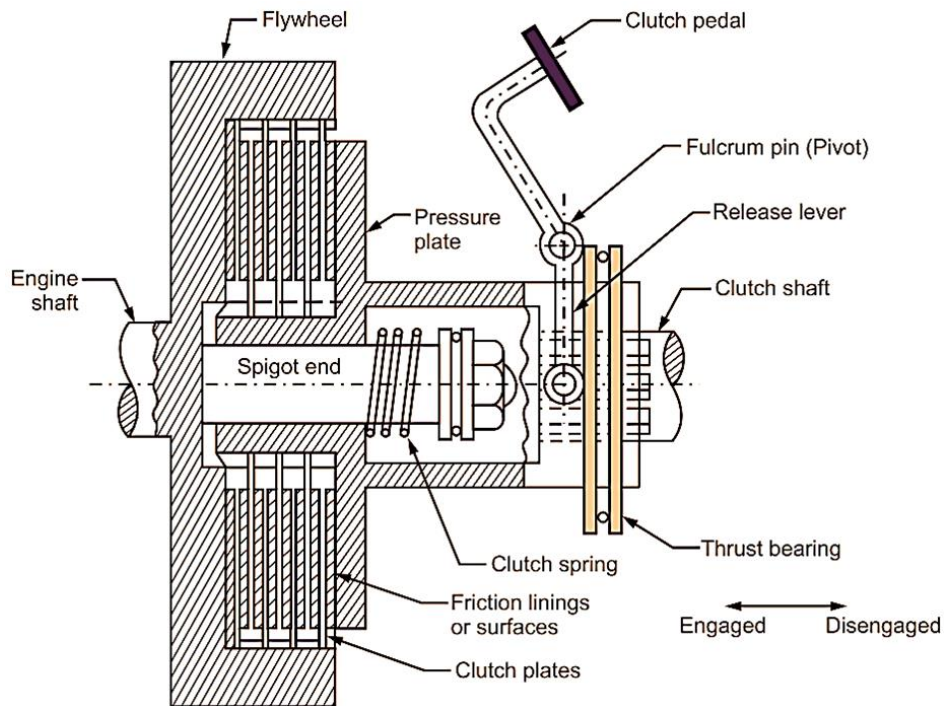
Az automatikus sebességváltók működési elveik és megvalósítási módszereik alapján különböző csoportokba sorolhatók. Az alábbiakban részletesebben ismertetem ezeket a megvalósítási módszereket. Ezen kívül fontos megjegyezni, hogy a legtöbb modern automata sebességváltó kombinálja ezeket a különböző technológiákat és megvalósítási módszereket, hogy optimalizálja a működést és növelje az üzemanyag-hatékonyságot. Az integrált hidraulikus, többtárcsás kuplungos és bolygóműves rendszerek lehetővé teszik a sebességváltók számára, hogy a legjobb teljesítményt nyújtsák a különböző vezetési helyzetekben.

4.1 Hidraulikus rendszer

Az automata sebességváltók gyakran hidraulikus rendszert használnak a sebességváltások kivitelezéséhez. Ebben a rendszerben speciális sebességváltóolajat használnak, amely hidraulikus nyomást képes generálni. A hidraulikus rendszer segítségével történik a sebességváltás. A folyadéknomás növelése vagy csökkentése szabályozza a váltólapok mozgását és a sebességek átvitelét. A hidraulikus rendszer lehetővé teszi a sima és zökkenőmentes sebességváltást.

4.2 Többtárcsás kuplung

Az automata sebességváltókban található többtárcsás kuplungok felelősek az egyes sebességek kapcsolásáért és leválasztásáért. Ezek a kuplungok hidraulikus vagy elektromos vezérléssel működnek, és a váltólapokat kapcsolják be vagy ki az adott sebesség fokozatának megfelelően. A többtárcsás kuplungok segítik a sebességváltót a gyors és sima váltásban, és lehetővé teszik az automata sebességváltók folyamatos működését.

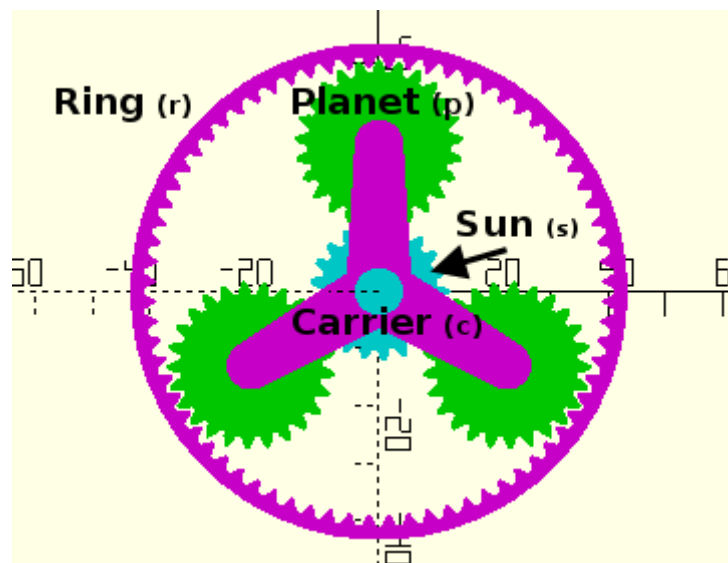


4.2.1

Többlépcsős kuplung sematikus rajza [8]

4.3 Bolygóműves

Az automata sebességváltók bolygóműves fogaskerékrendszert is alkalmazhatnak a sebességek áttételére. A bolygóműves rendszer olyan fogaskerekekből áll, amelyek képesek különböző sebességfokozatok közötti átvitelre. A bolygóműves rendszer működésének eredményeként különböző áttételek alkalmazhatók a jármű sebességének és terhelésének függvényében. Ezek az áttételek a váltólapok és kuplungok segítségével kerülnek bekapcsolásra és kikapcsolásra.



3.3.1

Tipikus bolygómű rendszer [9]

5 Integráció

Az automata sebességváltók összetett rendszerek, amelyek számos különböző alrendszer integrációjával működnek együtt. Ezek az alrendszerek közötti integráció nélkül az automata váltó nem lenne képes hatékonyan és zökkenőmentesen működni. Az alábbiakban bemutatom ezeket az alrendszereket és az integrációjuk szerepét. Az integráció a lejjebb említett alrendszerek együttműködését jelenti, hogy a sebességváltó zökkenőmentesen működjön, és az autóvezető számára kellemes és hatékony vezetési élményt nyújtson. Az automata sebességváltók korszerűsítése és optimalizálása során ezek az alrendszerek folyamatos fejlődésen mentek keresztül, hogy javítsák az üzemanyag-hatékonyságot és a vezetési kényelmet.

5.1 Mechanikai alrendszer

A mechanikai alrendszer az alapja minden sebességváltónak, beleértve az automatikus sebességváltókat is. Ide tartoznak a fogaskerekek, tengelykapcsolók, szinkronizátorok és differenciálművek, amelyek felelősek a nyomaték átviteléért és az áttétel szabályozásáért. Ezek a mechanikai komponensek biztosítják, hogy a motorból származó energia megfelelően legyen átvitelre előre vagy hátra, valamint a sebességek közötti váltáshoz. [10]

5.2 Hidraulikai és pneumatikai alrendszer

A hidraulikai és pneumatikai alrendszer a sebességváltó működtetését végzi. Ide tartoznak a hidraulikus és pneumatikus kapcsolóhengerek, szelepek, nyomáskorlátozók és olajhűtők. Ezek a rendszerek segítik az olaj és/vagy levegő nyomásának szabályozásával a váltási folyamatot, és biztosítják, hogy a váltólapok és kuplungok megfelelően működjenek. [10]

5.3 Elektronikai alrendszer

Az elektronikai alrendszer tartalmazza a vezérlőegységeket, az érzékelőket, a jeladókat, az aktuátorokat és az elektromos csatlakozásokat. Ezek az elektromos komponensek felelősek a sebességváltó működésének monitorozásáért és irányításáért. A vezérlőegység figyeli a sebességet, a motor terhelését, a fékezést és egyéb tényezőket, hogy optimális sebességváltást hajtson végre. [10]

5.4 Szoftveres alrendszer

A szoftveres alrendszer magában foglalja az algoritmusokat, a programokat és az interfészeket, amelyek segítségével az elektronikai alrendszer és a jármű további rendszereinek kommunikációja megvalósulhat. A szoftver lehetővé teszi a vezetői beavatkozások figyelembevételét és a rendszer viselkedésének optimalizálását. Változtatások bevezetésével a szoftveres rendszerben, a sebességváltó működését lényegesen befolyásolhatjuk anélkül, hogy

fizikailag módosítanánk a jármű más részeit. Ezáltal a vezérlő szoftver lehetőséget biztosít a jármű menetdinamikai tulajdonságainak és hatékonyságának változtatására és optimalizálására, a már elkészült jármű esetében is.

6 A szoftveres alrendszer fejlesztési lehetőségei

6.1 Jelenlegi bemeneti paraméterek, adatok

Az automatikus sebességváltók szoftveres alrendszerének fejlesztési lehetőségei számos bemeneti paraméter és adat figyelembevételét igénylik, hogy optimalizálják a váltó működését. Az alábbiakban bemutatom ezeket a bemeneti paramétereket és azok szerepét. A szoftveres alrendszer fejlesztése során az említett bemeneti paraméterek és adatok pontos érzékelése és elemzése kulcsfontosságú annak érdekében, hogy a váltó optimálisan reagáljon a vezetési helyzetekre és a vezető igényeire. A továbbfejlesztett szoftver lehetővé teszi az automata sebességváltók hatékonyabb és adaptívabb működését, ami javíthatja a jármű dinamikai tulajdonságait és üzemanyag-hatékonyságát.

6.1.1 A jármű sebessége

A jármű sebessége az egyik legfontosabb bemeneti adat a sebességváltónak, ugyanis közvetlenül vagy közvetve befolyásolja a jármű dinamikájának több komponensét is, így a váltó működését is. Többek között meghatározza a kerekek és tengelyek sebességét, valamint a jármű inerciáját. A sebességváltónak pontosan kell érzékelnie és reagálnia a jármű sebességváltozásaira.

6.1.2 A kerekek szögsebessége

A kerekek forgási sebessége egyenesen arányos a jármű sebességével, de minden jármű esetében eltérhet egymástól, illetve akár egy járműhöz tartozó különböző kerekek sebessége is eltérhet egymástól minimálisan, a tényleges paramétereik különbözőségei miatt.

6.1.3 A gázpedál pozíciója

A gázpedál pozíciója a járművezető által közvetlenül befolyásolja a hajtáslánc teljesítményét és a váltásokat. A gázpedál pozíciójával a vezető jelezheti a váltónak, hogy milyen viselkedést vár el a járműtől.

6.1.3.1 Padlógáz (kick-down) kapcsoló

A padlógáz kapcsoló szerepe, hogy ha a gázpedál a maximum értéken, végállásában van, külön jelet küld a hajtásláncnak és a váltó rendszernek, hogy az elérhető legnagyobb nyomatékra és teljesítményre van szükség a maximális gyorsulás eléréséhez.

6.1.4 Tengely sebesség

A tengely sebessége fontos a váltó számára, mivel ebből számítható ki a szükséges nyomatékarány a váltáshoz. Az egyes tengelyek sebességének pontos érzékelése alapvető fontosságú.

6.1.5 Váltó folyadék hőmérséklet

A váltófolyadék hőmérséklete befolyásolja a folyadék nyomását és a váltások időzítését. A szoftvernek ezért figyelembe kell vennie ezt a tényezőt és megfelelően kompenzálnia kell a váltó megfelelő működéséhez.

6.1.6 Fékpedál pozíciója

A fékpedál pozíciójával a járművezető közvetlen jelet szolgáltat a vezérlésnek a jármű kívánt viselkedéséről. A gázpedál pozíciójával együttműködve a járműdinamika befolyásolásában nagyon nagy szerepe van.

6.1.7 Kipörgésgátló és blokkolásgátló rendszerek

A jármű fölötti legnagyobb kontroll és így a biztonságos vezetés érdekében fontos, hogy a kerekek ne csússzanak az útburkolaton, illetve ne pörögjenek ki. Ezeknek a megakadályozásában segítenek a kipörgésgátló (Traction Control System – TCS) és blokkolásgátló (Anti Block System – ABS) rendszerek.

6.1.8 Jelenlegi terepviszonyok

Az út aktuális emelkedési vagy lejtési szöge is nagy szerepet játszik a szükséges leadandó nyomaték és sebesség meghatározásában. Emelkedőn fölfelé nagyobb energia befektetéssel, nagyobb nyomatékkal érhető csak el ugyanolyan mértékű gyorsulás, mint lejtőn.

6.2 Potenciális bementi paraméterek, adatok

Az eddig felhasznált adatok mellett több környezeti és belső változó is a rendelkezésünkre áll, amelyek befolyásolhatják a jármű hatékonyságát, menetdinamikai tulajdonságait. Ezen tulajdonságok, adatok gyakran a sofőr rendelkezésére állnak, így egy manuális sebességváltóval felszerelt jármű esetében figyelembe tudja azokat venni a hatékonyabb vezetés érdekében.

6.2.1 Vezetési mód

Több jármű rendelkezik már vezetési mód választással, amely különböző váltási stratégiákat, időzítéseket igényelnek. Ezek jellemzően a következők:

6.2.1.1 Normál vagy Standard mód

Ez a legáltalánosabb vezetési mód, amelyet a legtöbb autóban megtalálhatunk. Ebben a módban az autó az alapbeállításokon működik, és a teljesítmény, a fogyasztás és a kényelem egyensúlyban van. A motor és a váltó normális módon működik.

6.2.1.2 Sport mód

A sport mód aktiválása növeli a motor teljesítményét és lehetővé teszi a váltó gyorsabb váltásait. A kormányzás és a futómű beállításai is lehetnek agresszívebbek, és a gépjármű

vezetési élménye sportosabbá válik. Ezáltal a vezető élvezheti a gyorsabb gyorsulást és jobb menetdinamikát, azonban nagyobb energiafelhasználás és magasabb mechanikai terhelés jellemzik ezt a módot.

6.2.1.3 Eco (Economic) vagy gazdaságos mód

A gazdaságos vezetési mód célja az üzemanyag-hatékonyság növelése. Az autó ilyenkor gyengébben reagál a gázpedálra, és a váltó igyekszik az alacsonyabb fordulatszámon tartani a motort. Ez a módszer csökkenti a fogyasztást és a károsanyag-kibocsátást, ám gyakran a teljesítmény csökkenésével jár, így a vezetési élményt is csökkentheti.

6.2.1.4 Off-Road vagy Havas mód

Ezek a módok az általánoshoz képest megváltozott vezetési körülményekhez, például havas, csúszós utakhoz vagy terepjáróhoz vannak tervezve. Ebben a módban a jármű teljesítménye és stabilitása optimalizálva van az adott körülményekhez. A fékrendszer és a hajtás beállításai is megváltozhatnak a jobb tapadás és a jármű stabilizálása érdekében, illetve a terepviszonyok miatt szükséges nagyobb nyomaték miatt.

6.2.1.5 Manuális vagy versenypálya mód

Ez a mód lehetővé teszi a vezető számára, hogy „manuálisan” válassza az áttételeket a sebességváltóban. A vezető több kontrollt kap a váltó felett, ami különösen hasznos lehet például gyorsan változó terepen vagy amikor a vezetőnek specifikus váltásokra van szüksége, mint például versenypályán történő vezetéskor.

6.2.1.6 Komfort Mód

A komfort mód célja a zökkenőmentes és kényelmes vezetés. Ebben a módban a futómű és a kormányzás puha és kényelmes beállításokra áll, és a váltó simábban vált. Ideális hosszú utazásokhoz vagy városi közlekedéshez.

6.2.1.7 Egyedi módok

Néhány autóban egyéni vezetési mód is beállítható, ahol a vezető testre szabhatja a beállításokat az egyéni preferenciáihoz és vezetési stílusához, így a sofőr által kívánt menetdinamikai tulajdonságokat jobban meg lehet közelíteni.

6.2.2 Vezetési stílus

A vezetési módokkal valamilyen szinten beállítható a sofőr vezetési stílusához igazított menetprofil, de a különböző helyzetek miatt nem lehet teljes mértékben tökéletesen testre szabni az egyénre a jármű tulajdonságait.

6.2.3 Időjárási körülmények

Az időjárás jelentősen befolyásolhatja az autó automatikus sebességváltójának hatékonyságát és működését. A környezeti hőmérséklet például befolyásolhatja a váltó folyadék hőmérsékletét, amely a váltások simaságát és időzítését befolyásolja. Hideg időjárás esetén a váltó folyadék sűrűbb lehet, ami lassíthatja a váltásokat. Ellenkező esetben, meleg időjárás esetén a folyadék hőmérséklete emelkedhet, ami hatással lehet a váltások hőmérsékleti stabilitására.

Az útburkolat állapota is jelentős szerepet játszik. Csúszós vagy nedves utakon az automatikus váltóknak gyorsabban kell reagálniuk, hogy megtartsák a jármű tapadását és stabilitását. Ilyen körülmények között az elektronikus stabilitás- és vontatásellenőrző rendszerek (ESC és TCS) kulcsfontosságúak lehetnek a biztonságos vezetéshez.

A jelenlegi és korábbi csapadék mennyisége is jelentős lehet. Esős vagy havas időjárás esetén a csapadék az útburkolatot csúszóssá teheti, és így az automatikus váltóknak alkalmazkodniuk kell a megváltozott körülményekhez.

6.2.4 Jövőbeli terepviszonyok

A legtöbb modern személyes járműben elérhető pozicionáló és útvonaltervező rendszer (GPS, Glonass, Beidou, Galileo, QZSS stb.), akár beépített módon, vagy a sofőr személyes mobiltelefonjának csatlakoztatásával a jármű információs és szórakoztató rendszeréhez (Android Auto, Apple CarPlay stb.). Különösen a személyes eszközök kényelmesebb használatával egyre inkább elterjedté válik, hogy a már ismert útvonalakon is a népesség nagy része használja ezeket a rendszereket, főként az elérhető forgalom információk és így az okosabb útvonaltervezés miatt.

Ezeknek a rendszereknek köszönhetően a személyes járművekben gyakran előre ismert a jármű számára is az útvonal.

Tömegközlekedési járművek esetében az útvonalak szintén előre ismerhetők, ugyanis ezek a járművek a legtöbb esetben előre meghatározott menetrendet és útvonalat követnek.

Ezen útvonal információk alapján egy intelligens rendszer képes figyelembe venni a jövőbeli terepviszonyokat, emelkedőket, lejtőket, ugyanis különösen a sűrűbben lakott területeknek nagy részét műholdas, vagy egyéb módszerekkel feltérképezték és így szabadon hozzáférhetően rendelkezésre állnak a különböző helyszínek tengerszint feletti magasságának értékei, emelkedési / lejtési szögei.

Ezeket az adatokat figyelembe véve elkerülhetőek a felesleges sebességváltások, nem megfelelő paraméterek kiválasztása stb. az automatikus rendszerek részére is, amelyeket eddig csak a manuális sebességváltó rendszerrel felszerelt járművek tudtak figyelembe venni a sofőr érzékein keresztül.

6.3 Hatékonyabb, szofisztikáltabb váltási algoritmusok

A szoftveres megoldások komplexitási szintjei nagyban különbözhetnek. A legegyszerűbb megoldás nem vesz figyelembe semmit a motor fordulatszámán kívül, és azt hiszterézises módon figyelembe véve dönt a szükséges sebességfokozatról, míg a bonyolultabb, szofisztikáltabb megoldások 20-30 vagy akár több paraméter jelenlegi és korábbi értékeit is figyelembe vehetik.

A komplexebb megoldások elkerülhetetlenül nagyobb számítási teljesítményt igényelnek, azonban az ebből adódó plusz energiafelhasználást nagyban ellensúlyozza a használatából eredő energiamegtakarítás.

7 Mesterséges intelligencia, mint sebességváltási algoritmus

Mesterséges intelligenciát, gépi tanulási módszerekkel feltanított algoritmusokat gyakran alkalmaznak komplex rendszerek irányítására. Ezen módszerek gyakran hatékonyabb megoldásokat képesek létrehozni az adott, specifikus problémára, mint a korábban emberek által létrehozott algoritmusok. Ilyen komplex rendszerekre jó példa egy 2022-ben bemutatott eredmény, mi szerint azonos, vagy jobb tömörítési eredményt ért el a feltanított algoritmus videófájlok tömörítésében, mint a hagyományos HEVC kodek. [11]

A sebességváltási algoritmus egy különösen komplex rendszer, több be és kimeneti adatfolyammal, így hagyományos módon megvalósítani egy optimális váltási stratégiát meglehetősen nehéz feladat.

7.1 Gépi tanulási módszerek

Több általánosan elterjedt gépi tanulási módszer létezik, amelyek közül választhatunk. Mindegyik módszer más megkötésekkel rendelkezik, más típusú feladat elvégzésére alkalmas, más típusú be- és kimeneti adatstruktúrát igényelnek. A következőkben ismertetek néhány elterjedtebb módszert:

7.1.1 Lineáris regresszió

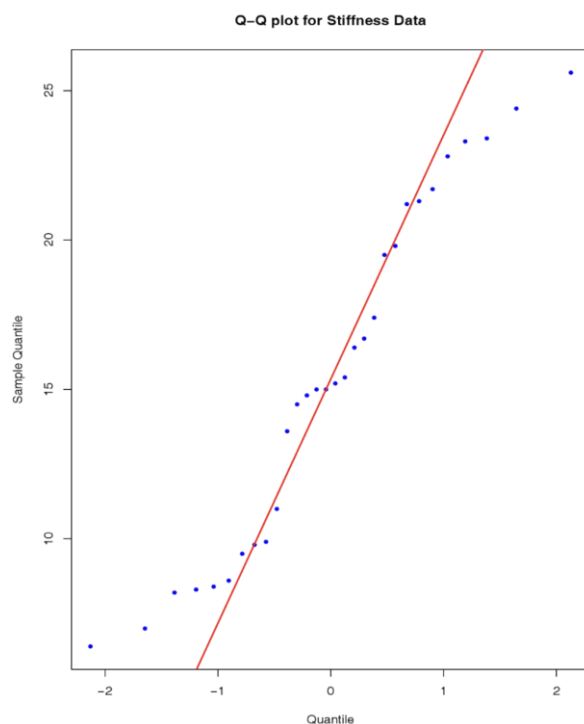
A lineáris regresszió egy felügyelt gépi tanulási technika, amelyet arra használnak, hogy előrejelzéseket és becsléseket készítsenek olyan értékekre, amelyek folytonos tartományba esnek, például értékesítési adatok vagy ingatlanárak. Ez egy statisztikából származtatható technika, amelyet gyakran használnak annak meghatározására, hogy van-e kapcsolat egy bemeneti változó (X) és egy kimeneti változó (Y) között, amelyet egy egyenes vonallal lehet reprezentálni.

Egyszerűen fogalmazva a lineáris regresszió egy adathalmazt vesz, amely ismert bemeneti és kimeneti értékeket tartalmaz, és megtalálja azt a vonalat, amely legjobban illeszkedik ezekhez a pontokhoz. Ezt a vonalat „regressziós vonalnak” nevezik, és ez szolgál prediktív modellként. Ezen vonal segítségével becsléseket vagy előrejelzéseket készíthetünk a kimeneti értékre (Y) egy adott bemeneti érték (X) esetében.

A lineáris megoldásokon túl léteznek többed fokú regresszív modellek is (négyzetes, köbös stb.) amikkel bonyolultabb összefüggéseket is tudunk közelíteni.

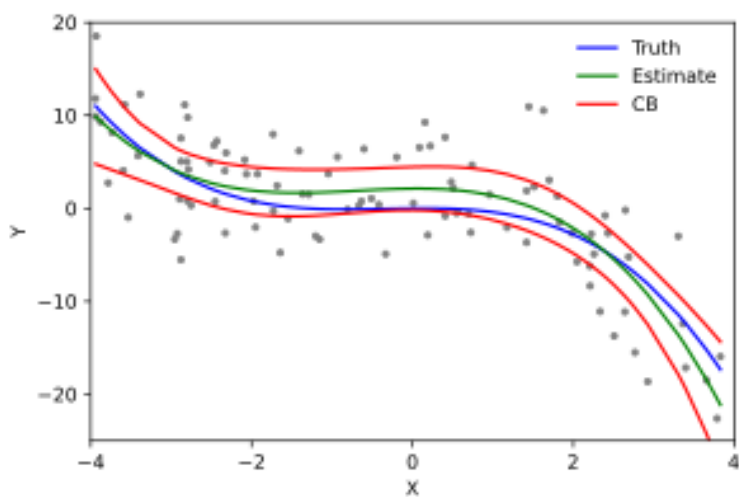
A lineáris (és egyéb) regressziót elsősorban prediktív modellezésre használják, nem pedig kategorizálásra. Hasznos, amikor meg akarjuk érteni, hogyan befolyásolja a bemeneti változó változásai a kimeneti változót. A regressziós vonal meredekségének és metszéspontjának

elemzésével betekintést nyerhetünk a változók közötti kapcsolatba, és erre az értékre alapozva előrejelzéseket készíthetünk.



7.1.1.1

Példa Lineáris regresszióra [12]



7.1.1.2

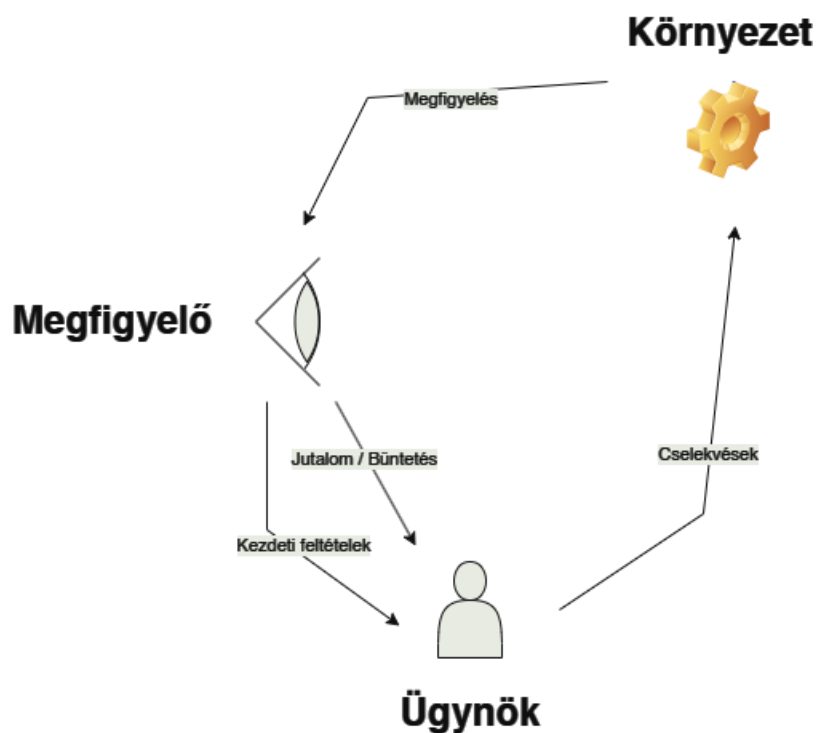
Példa köbös regresszióra [13]

7.1.2 Megerősítéses tanulás

A megerősítéses tanulás folyamán az algoritmus megtanulja, hogyan lépjen interakcióba a környezetével, hogy egy előre meghatározott értéket vagy értékeket az optimális cél felé közelítsen.

A tanulás közben az algoritmus visszajelzéseket kap a környezettől, jutalmak és büntetések formájában. Ezek alapján az algoritmus megtanulja, hogyan tudja a jutalmat maximalizálni.

A megerősítéses tanítást gyakran olyankor alkalmazzák, amikor a megfelelő algoritmus nem ismert előre, például játékoknál (pld. AlphaGo), automatikus vezérlés (pld. önvezető autók) vagy robotikus feladatok.



6.1.2.1

Megerősítéses tanulás sematikus ábrázolása

7.1.3 Logisztikus regresszió

A logisztikus regresszió, egy felügyelt tanulási algoritmus, amelyet főként bináris osztályozási feladatokhoz használnak. Általában olyan esetekben alkalmazzák, amikor azt szeretnénk meghatározni, hogy egy bemenet tartozik-e az egyik osztályhoz vagy a másikhoz, például azt, hogy egy kép macska-e vagy nem macska.

A logisztikus regresszió előrejelzi annak valószínűségét, hogy egy bemenetet egyetlen elsődleges osztályba sorolhassanak. Gyakorlatban azonban általában két kategóriára osztott kimenetre használják: az elsődleges osztályra és nem az elsődleges osztályra. Ehhez a logisztikus regresszió létrehoz egy küszöböt vagy határt a bináris osztályozáshoz. Például az 0 és 0,49 közötti bemeneti értékeket egyik csoportba lehet sorolni, míg az 0,50 és 1,00 közötti értékeket a másik csoportba.

Ennek eredményeként a logisztikus regressziót általában bináris kategorizálásra használják, nem pedig prediktív modellezésre. Lehetővé teszi, hogy az adatokat a valószínűségi becslés és egy meghatározott küszöb alapján a két osztály közül az egyikbe soroljuk. Ezáltal a logisztikus regresszió erőteljes eszköz olyan feladatokhoz, mint képfelismerés, spam e-mail észlelés vagy orvosi diagnózis, ahol az adatokat különböző osztályokba kell sorolni.

7.1.4 Naive Bayes

A Naív Bayes egy csoport felügyelt tanulási algoritmus, amelyet bináris vagy többosztályos kategorizációs feladatokra használnak prediktív modellek létrehozásához. A Bayes-tételen alapul, és feltételes valószínűségeken működik, amelyek az osztályozás valószínűségét becsülik meg a kombinált tényezők alapján, miközben függetlenséget feltételez közöttük.

Vegyünk például egy programot, amely növényeket azonosít egy Naív Bayes algoritmussal. Az algoritmus figyelembe veszi a növényeket azonosító képek alapján a növény méretét, színét és alakját. Bár ezeket a tényezőket külön-külön vesszük figyelembe, az algoritmus kombinálja őket annak érdekében, hogy megbecsülje a bemeneti adathalmaz alapján, hogy a növény milyen valószínűséggel esik az egyes kimeneti osztályba, azaz milyen eséllyel tartozik a növény az adott fajba.

A Naív Bayes kihasználja a tényezők közötti függetlenség feltételezését, amely egyszerűsíti a számításokat és lehetővé teszi az algoritmus hatékony működését nagy adathalmazokkal. Különösen alkalmas olyan feladatokra, mint dokumentumkategorizálás, e-mail spam szűrés,

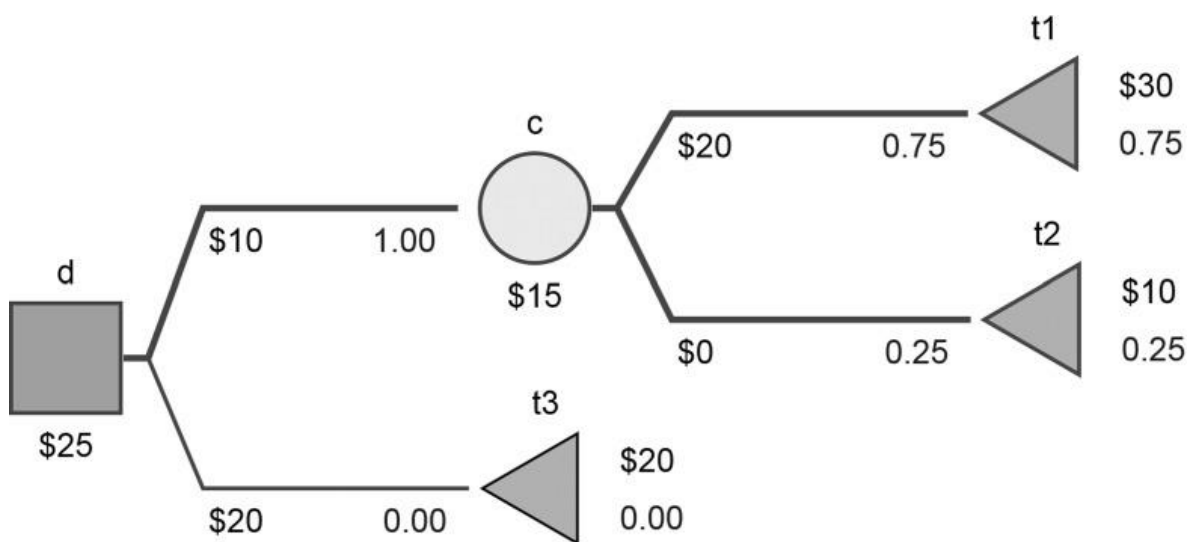
érzelmi elemzés és sok más alkalmazás, ahol a tényezőket külön-külön lehet figyelembe venni, de mégis hozzájárulnak az összesített kategorizációhoz.

7.1.5 Döntési fa

A döntési fa egy felügyelt tanulási algoritmus, amit osztályozási és prediktív modellezési feladatokra használnak. Egy áramlási diagramra hasonlít, amely egy gyöker csomóponttal kezdődik, amely egy konkrét kérdést tesz fel az adatról. A válasz alapján az adatot különböző ágakhoz irányítják további belső csomópontokhoz, amelyek további kérdéseket tesznek fel, és irányítják az adatot további ágakhoz. Ez a folyamat addig folytatódik, amíg az adat el nem jut egy végpontig, amit levélcsomópontnak is neveznek, ahol további elágazások nem történnek.

A döntési fa algoritmusok népszerűek a gépi tanulásban, mert könnyedén és egyszerűen kezelik a bonyolult adathalmazokat. Az algoritmus struktúrája lehetővé teszi a döntéshozatali folyamat egyszerű megértését és értelmezését. Egy sor kérdés feltevésével és a megfelelő ágak követésével a döntési fák lehetővé teszik az adatok jellemzői alapján történő osztályozást vagy előrejelzést.

Egyszerűségük és könnyű értelmezhetőségük miatt a döntési fák értékesek különböző alkalmazásokban a gépi tanulásban, különösen akkor, amikor bonyolult adathalmazokkal kell foglalkozni.



6.1.5.1

Egyszerű példa döntési fára [14]

7.1.6 Random erdő

A random erdő több döntési fát használ osztályozásra és előrejelzésre. Nem egyetlen döntési fa eredményét használja fel, hanem több kimenetét kombinálva pontosabb előrejelzésre képes.

A random erdőben sok (akár több száz, vagy akár több ezer) döntési fa algoritmust tanítunk fel különböző tanítási algoritmusokkal. A tanítási adatszettjeik is különbözőek, bár ugyan abból a szettből származnak, azokból véletlenszerű halmazokat kapnak csak meg.

Feltanítás után a bemenetek megegyeznek a szimpla döntési fáéval, azonban nem csak egy modell, hanem az összes megkapja ugyan azokat az adatokat, majd a leggyakrabban előforduló kimenetet kiválasztjuk, mint a teljes modell kimenetét.

A random erdők egy gyakran előforduló gépi tanulási hibára, a túltanításra adnak könnyen érthető választ. A túltanítás akkor következik be, ha a feltanított modell túlságosan a feltanítási adathalmazra lett igazítva, és az új adatokat emiatt kevésbé pontosan tudja feldolgozni.

7.1.7 K legközelebbi szomszéd (KNN)

A K-legközelebbi szomszéd (KNN) egy felügyelt tanulási algoritmus, amelyet általában osztályozási és prediktív modellezési feladatokhoz használnak. A "K-legközelebbi szomszéd" név azt tükrözi, hogy az algoritmus az adatpontok közelségére épülő kimeneteket osztályoz.

Az algoritmus címkézett bementi pontokkal dolgozik, amelyek osztályokba vannak sorolva. Egy új bemeneti pont esetében az algoritmus megvizsgálja a K darab legközelebbi szomszédját és azok osztályait. Az osztály, amibe a legtöbb szomszéd esik, lesz az új pont osztálya.

Osztályozáson kívül a KNN használható előrejelzési feladatokra is. Az osztálycímkék helyett az ismeretlen értékű adatpont a K legközelebbi szomszéd értékeinek átlaga vagy mediánja alapján kerül meghatározásra.

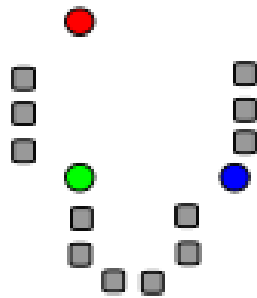
7.1.8 K közép

A K közép egy nem felügyelt gépi tanulási algoritmus, amelyet általában csoportba sorolás és mintázatfelismerési feladatokra használnak. A célja az adatpontok csoportosítása egymáshoz való közelségük alapján. Hasonlóan a KNN algoritmushoz, a pontok közelségét veszi alapul az új információk feldolgozásához.

A K közép algoritmus jól használható nagy méretű adathalmazokkal, azonban a nagyon szélsőséges adatok problémát jelenthetnek.

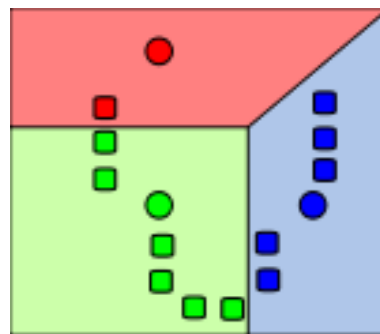
Példa a K közép algoritmus [15] működésére:

1. lépésként az adathalmazt elhelyezzük a többdimenziós térben (jelen esetben 2) és kijelölünk a területekbe tartozó elemeket. Első lépésként ezeket vesszük a területek közepeinek.
2. Az egyes elemeket a hozzájuk legközelebbi középhez társítjuk
3. Az egyes területekhez tartozó elemek helyzetének átlaga (centroidja) lesz a terület új közepe
4. Ismételjük a 2. és 3. lépést, amíg a területek közepei konvergálnak



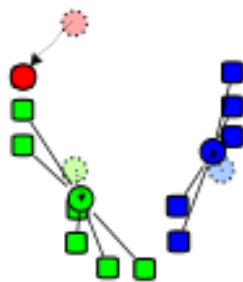
7.1.8.1

1. lépés



7.1.8.2

2. lépés



7.1.8.3

3. lépés



7.1.8.4

4. lépés

7.2 A megfelelő algoritmusok kiválasztása

Minden felhasználási eset különböző. Különösen fontos előre meghatározni a be- és kimeneti adathalmazok típusait, formátumait. Más algoritmus lesz a megfelelő, ha képeket akarunk osztályozni a rajtuk szereplő állatok fajtája alapján, vagy pénzügyi előrejelzéseket szeretnénk tenni.

Jelen probléma esetében a bemeneti adatsorok előre meghatározottak. Helyzetmeghatározási adatok, járműdinamikai tulajdonságok, jelenlegi sebességfokozat, pillanatnyi sebesség, pontos útvonal, terepviszonyok stb.

A kimeneti adatok azonban többféle módon is definiálhatók. A problémát felfoghatjuk osztályozási problémaként, amikor is a sebességváltók sebességfokozatai a kimeneti változók. Azonban, ha nagyobb befolyást kívánunk adni a feltanított algoritmusnak, akkor több kimenete is lehet a sebességfokozatok mellett, mint például a motorok fordulatszáma, nyomatéka stb.

Amennyiben csak a sebességfokozatot adja meg nekünk az algoritmus, használhatunk többféle feltanítási módszer közül is. A problémát felfoghatjuk osztályozási problémaként is, amikor is a különböző sebességfokozatok lesznek az algoritmusban meghatározott osztályok, de predikciós modellt is használhatunk, amely a bemeneti adatok változása alapján jóslást ad, hogy melyik sebességfokozat lehet a legközelebb az ideálishoz.

A komplexebb kimeneti adatok esetében szimpla osztályozás nem elegendő, mivel a motor(ok) fordulatszáma és nyomatéka egy analóg módon változó jel, két szélső érték között. Emiatt ebben az esetben érdemesebb predikciós modelleket használni.

A probléma felfogható megerősítéses tanulási feladatként is, mivel a jármű egy állandóan változó környezetben halad, és a sebességváltás közvetlenül befolyásol egy számunkra fontos értéket, a hatékonyságot. Hogyha ismert a járműben használt motor(ok) hatékonysági térképe, akkor fizikai szimuláció segítségével folytonos visszajelzést tudunk biztosítani a modell számára és így jutalmat számíthatjuk a hatékonyságból, illetve a végrehajtott váltások számából.

Az eddig is bizonyított hatékonysága és flexibilitása miatt érdemes a DRL (Deep Reinforcement Learning, Mély Megerősítéses Tanulás) használata. Ez kombinálja a Deep Learning és a Reinforcement Learning technikákat. A DRL esetében egy ügynök (agent) interakciókba lép a környezetével, és a cselekvéseiért (actions) jutalmat kap. A célja, hogy

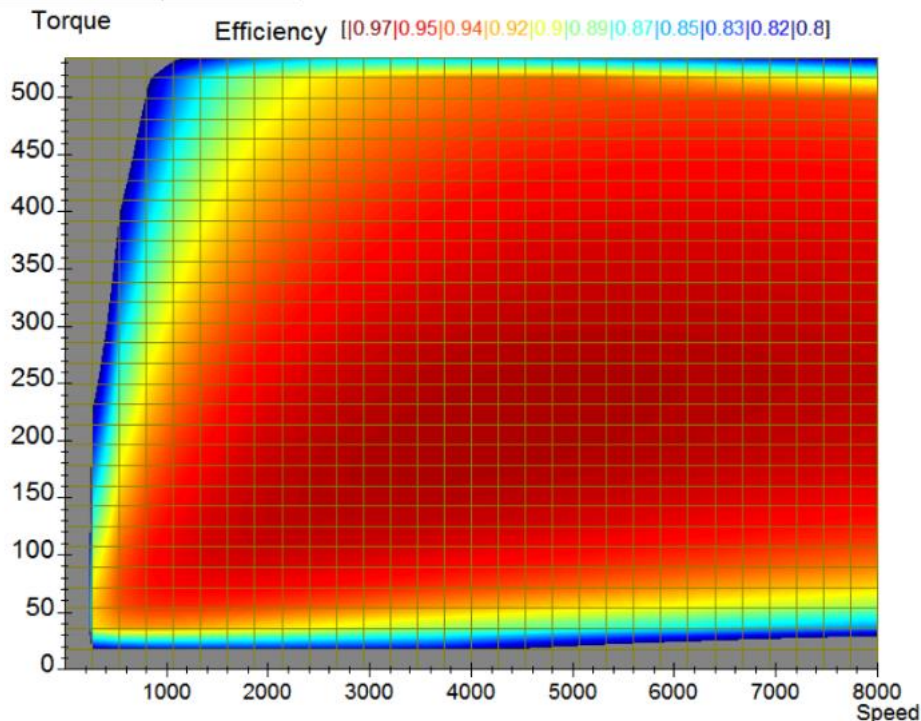
megtalálja azt a stratégiát, amellyel maximalizálni tudja a jutalmak összegét hosszú távon. A tanulásra egy mély neurális hálót használ, így képes nagy mennyiségű külső adattal dolgozni.

8 Potenciális optimalizálási stratégiák

A jármű hatékonyságának növelésével azt érhetjük el, hogy a meghajtó motorok az általuk felhasznált elektromos energia lehető legnagyobb részét alakítják át a számunkra lényeges mozgási energiává, minimális veszteséggel. Ez a hatékonyság egy sok dimenziós vektortérrel modellezhető, amely a bemeneti adatok alapján (pl. fordulatszám, nyomaték, külső hőmérséklet stb.) megadja az adott motor energiahatékonyságát.

Laboratóriumi körülmények között lehetséges ennek a vektortérnek a számunkra lényeges felbontással és paraméterszámmal való feltérképezése, azonban az adott motor hatékonysági térképe gyakran elérhető a motor adatlapjában is, amely kiindulási alapként használható.

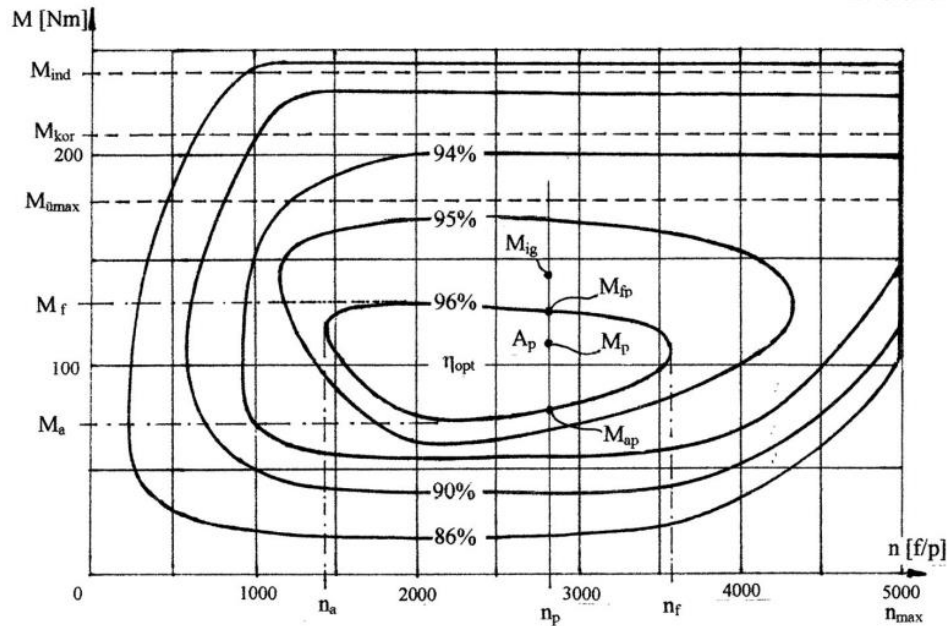
GVM210-300 in Motor operation mode :



7.1.1

Parker GVM210-300 elektromos motor hatékonysági térképe a katalógus alapján [16]

2. ábra



7.1.2

Példa mért hatékonysági térképre [17]

Ezt a hatékonysági térképet egy megfelelő váltási algoritmus közvetlen bementi adatként is kezelheti, de a tanulási módszerekkel saját maga is feltérképezheti, akár szoftveresen szimulált környezetben is [18], vagy fizikai szimulációban. A szoftveres szimuláció előnye, hogy könnyen és (viszonylag) olcsón párhuzamosítható, míg a fizikai szimuláció esetében több motorra és több tesztkörnyezetre van szükség, amelyek költségesek lehetnek.

A szimulált környezetben való tanulás azonban a szimuláció sterilsége, és a valós környezethez képesti egyszerűsége miatt nehezen generalizálhatók a fizikai környezetben működő eszközökre. Erre kínál megoldást a Real-SIm-Real módszer [19], amely először a fizikai valóságot tanítja fel a szimulációs környezetbe, majd a kívánt algoritmus feltanítása a szimulált környezetben történik. Ennek a módszernek az előnye, hogy az így feltanított algoritmusok fizikai térben való generalizálhatósága magas.

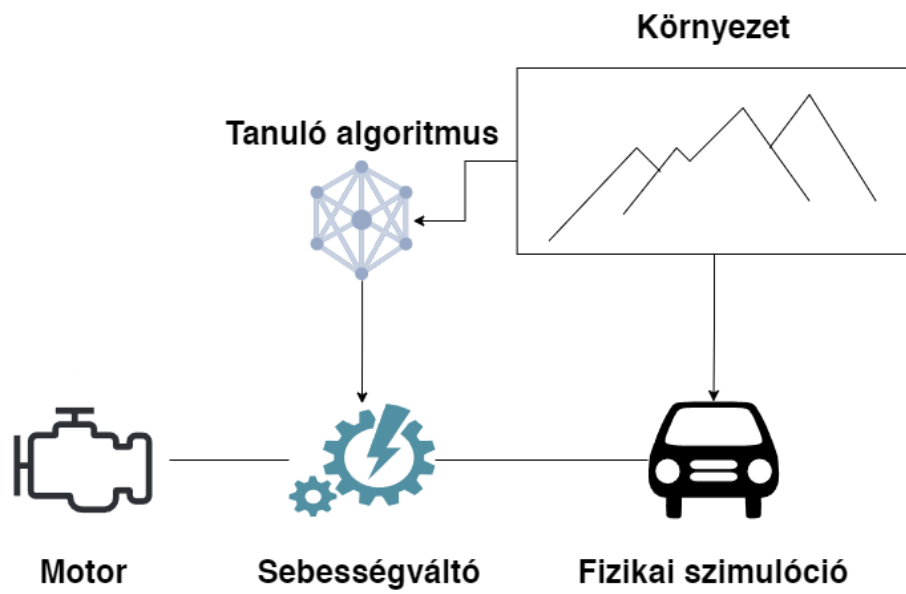
A motor adatlapjában is megtalálható térkép hátrányai közé tartozik, hogy a közlési formátum felbontása és színreprodukciós képessége által behatárolt lehet, míg egy egyéb módon, méréssel megszerzett térkép tetszőleges felbontású lehet, annyi és olyan paramétert tartalmazhat amire csak szükségünk van, feltéve, hogy a szükséges mérési környezet a rendelkezésünkre áll. Ezen kívül a tényleges térkép minden példánynál eltérhet a katalógusadattól, a gyártási

pontatlanságok, illetve a felhasznált anyagokban való apró hibák, eltérések miatt. Ezen problémát több módon is ki lehet küszöbölni. Minden egyes motor esetében újra lehet futtatni a tanulási folyamatot, azonban ez nagy mennyiségű példány esetében idő, energia és tőke igényes, viszont a tényleges futás folyamán hatékonyabban működhet a rendszer. Egy másik lehetőség, több motor hatékonysági térképének az átlagolása. Nagy számú példány esetében ez a megoldás gyorsabb, olcsóbb és kevesebb energiát igényel, mint az egyedenkénti feltanítás, azonban a tényleges futás folyamán a hatékonyság alacsonyabb lehet.

Ezen problémák miatt a legkönnyebben elérhető, mégis pontos adatokkal szolgáló kísérleti és tanulási környezetre a javaslat a következő:

- Fizikai mérésekkel feltérképezni a motor tényleges hatékonysági vektorterét
- A fizikai szimuláció helyett szoftveres szimulációs környezetben elvégezni a tanítási folyamatot
- A szimulált környezetet Real-To-Sim módszerrel a valóságos környezet minél pontosabb másaként létrehozni
- A tanulási folyamat végén a fizikai tesztkörnyezetben történő futtatással ellenőrizni és igazolni
- Az egyes motor példányok közötti különbségek kiküszöbölésére a kiválasztott stratégia attól függ, hogy hány járműbe kívánjuk a motorokat beépíteni. Kevés jármű esetében érdemes lehet az egyedenkénti feltanítás, míg nagyobb számú esetében a több motor hatékonysági térképének átlagán történő tanítás lehet az ideálisabb.

Ez a kísérleti környezet lehetővé teszi az egyes motorpéldányokra optimalizált döntési modellek létrehozását, de nem limitálja a nagyobb volumenű gyártás hatékonyságát sem, ha átlagolt hatékonysági térképpel dolgozunk. A szoftveres szimulációs környezet segítségével csökkenthetőek a feltanítás költségei és felgyorsíthatóak a tanítási folyamatok.



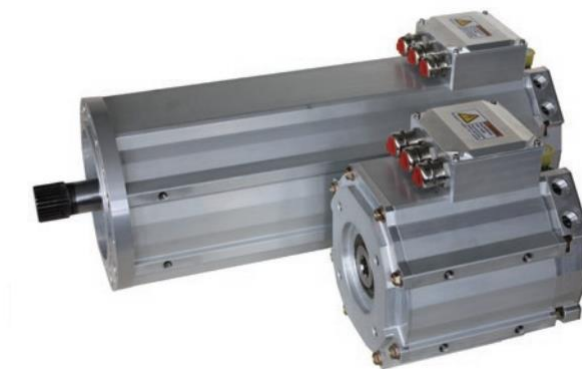
7.1.3

A szimuláció sematikus felépítése

9 Példa rendszerterv

A rendszer megvalósításakor rendkívül nagy számú opció áll a rendelkezésünkre mind az elektromos motor, a sebességváltó, illetve az autóbusz karosszéria tekintetében. Ennek fényében a következő specifikáció lista tipikusan elérhető alkatrészek adatait figyelembe véve jó kiindulási alapot adhat a szoftveres szimuláció paraméterezéséhez.

Elektromos motornak a már korábban említett Parker cég GVM210-300-DPW [16] motorját választottuk 400 V akkumulátor feszültséggel, míg autóbusz karosszériának az Ikarus cég által 1995 és 2001 között gyártott 412-es modelljét [20]. A választás azért esett erre a motor konfigurációra, mivel a csúcsteljesítménye közel van a 412-es modell eredeti motorjához. A 412-es modell eredeti nyomatékváltója a ZF 4 HP 500.2-15 automata sebességváltó 4+1 fokozattal [21]. Ez a sebességváltó a szimulált modellben is használható, amennyiben az elektromos motor sebességét és nyomatékát a megfelelő áttétellel az eredeti motoréhoz közelítjük.



9.1

Parker GVM motor [16]



9.2

Ikarus 412 [20]

A motor adatai:

- Akkumulátor DC feszültség: 400 V
- Névleges teljesítmény: 113 kW
- Névleges nyomaték: 251 Nm
- Névleges sebesség: 4300 rpm
- Csúcs teljesítmény: 172.1 kW
- Csúcs nyomaték: 530 Nm
- Csúcs sebesség: 6450 rpm
- Súly: 54.5 kg

Az autóbusz karosszéria adatai:

- Hosszúság: 12000 mm
- Szélesség: 2500 mm
- Magasság: 2805 mm
- Tengelytávolság: 6230 mm
- Mellső túlnyúlás: 2690 mm

- Hátsó túlnyúlás: 3080 mm
- Saját tömeg: 11150 kg

A sebességváltó adatai:

- Fokozatok száma: 4+1
- Első fokozat áttétele: 3.43:1
- Második fokozat áttétele: 2.01:1
- Harmadik fokozat áttétele: 1.42:1
- Negyedik fokozat áttétele: 1.00:1
- Tolatási áttétel: 4.84
- Súly: 300 kg

A motor és a sebességváltó illesztésére egy 2.6:1 áttételt használunk, ezzel a névleges fordulatszámot 1650 rpm-re, míg a névleges nyomatékot 652.6 Nm-re módosítjuk. A motor hatékonysági térképét Real-to-Sim módszerrel felvesszük a szimulációs környezetbe, így a lehető legpontosabban áll a rendelkezésünkre.

Tanulási algoritmusnak Deep Reinforcement Learning-et használunk, a gyors tanulás és jó generalizálhatósága miatt, illetve a Real-Sim-Real rendszerekben már korábban bizonyított előnyei miatt.

10 Összefoglalás

Ebben a tanulmányban körbejártuk a mesterséges intelligenciával való sebességfokozatváltás lehetőségeit.

Egy elektromos autóbusz váltási stratégiájának a feltanításához a következő a javaslatunk:

- Bemeneti adatok:
 - A rendelkezésünkre álló összes statikus és dinamikus bemeneti paraméter és adatsor potenciális információ forrás a tanuló algoritmus számára, azonban a következők minden esetben a leghasznosabbak:
 - A jármű sebessége
 - A kerekek szögsebessége
 - Gáz- és fékpedál állásszöge
 - Az útvonal terepviszonyai
 - A jármű aktuális tömege
- Tanulási módszer
 - A Deep Reinforcement Learning (DRL) technika eddigiekben bizonyított hatékonysága és rugalmassága miatt, különösen az önvezető autók és egyéb bonyolult robotikai feladatok elvégzésében mutatott képességei alapján.
- Tanulási környezet
 - A költség, idő és energiahatékonyság érdekében a tanulási folyamatot érdemes szoftveresen szimulált környezetben elvégezni, különösen Real-Sim-Real módszerrel

Ezzel a tanítási stratégiával a modell feltanításának gyorsasága és az esetleges iterációk hatékonysága növelhető, miközben számos hatékonyság csökkentő körülményt ki tudunk küszöbölni.

A feltanítási stratégia tényleges hatékonyságát mindenképpen szükséges ellenőrizni valós tesztkörnyezetben, valós motor és hajtásláncmodellel valamint azok szoftveresen szimulált megfelelőikkel.

11 Conclusion

In this study, we have gone through the possibilities of using artificial intelligence as gearshifting logic.

To effectively train an AI for shifting gears on an electric bus, our recommendations are the following:

- Input Parameters:
 - All available static and dynamic input parameter and dataset can be a potential source of information for the learning algorithm, but the most useful are the following:
 - Speed of the vehicle
 - Angular speed of the wheels
 - Angle of the throttle and brake pedals
 - Topography of the route
 - The current weight of the vehicle
- Learning algorithm:
 - Deep Reinforcement Learning (DRL) has already proven its effectiveness and adaptability, especially in the field of self-driving cars and other complex robotics problems
- Training environment
 - Considering both cost, time and energy-efficiency, training the model in a simulated environment is highly beneficial, especially in a Real-Sim-Real scenario

Using this training strategy, the training of the model can be sped up and the efficiency of the iterations on the model can be increased, while several efficiency lowering factors can be avoided.

The actual efficiency of the strategy must be validated in a real test environment, using physical motors and drivetrains, and their simulated counterparts.

12 Irodalomjegyzék

- [1] E. A. Automobiles, „History of Early American Automobile Industry, 1891-1929,” [Online]. Available: <https://www.earlyamericanautomobiles.com/americanautomobiles2.htm>.
- [2] „Sturtivant and Sturtevant Genealogy Website,” Sturtivant and Sturtevant, 1 Február 2010. [Online]. Available: <https://www.sturtivant.org.uk/auto.html>. [Hozzáférés dátuma: 11 December 2023].
- [3] H. R. Hoffman, „Automatic Gear Shift and Speed Control”. USA Szabadalom száma: US1475265A, 1923.
- [4] E. A. Thompson.USA Szabadalom száma: US2193524A, 1940.
- [5] E. A. Thompson.USA Szabadalom száma: US2362418A, 1944.
- [6] P. W. Knauff és W. Evans.USA Szabadalom száma: US17743003A, 1904.
- [7] Wikipedia, „Wikipedia - Hillman Minx Series V,” 2 Július 2007. [Online]. Available: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Hillman_Minx_Series_V.jpg. [Hozzáférés dátuma: 11 12 2023].
- [8] ElectricalWorkbook, „Electrical Workbook,” 18 December 2021. [Online]. Available: <https://electricalworkbook.com/multi-plate-clutch/>. [Hozzáférés dátuma: 11 December 2023].
- [9] M. W. Buse, „Intuitive method for deriving equations of motion for,” [Online]. Available: http://www.buseco.net/planetary_gear_ratios/index.shtml. [Hozzáférés dátuma: 11 12 2023].
- [10] Á. Dr. Bereczky és Z. Dr. Varga, *Motor és erőátviteli rendszerek mechatronikája*, B. MOGI, Szerk., Budapest: BME MOGI, 2014.
- [11] T. Ladune és P. Pierrick, *AIVC: Artificial Intelligence based Video Codec*, Bordeaux, Franciaország, 2022.
- [12] X. Yan és X. G. Su, *Linear Regression Analysis*, USA: World Scientific Publishing CO, 2009.
- [13] Wikipedia, „Wikipedia - Polyreg scheffe.svg,” 9 Április 2009. [Online]. Available: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Polyreg_scheffe.svg. [Hozzáférés dátuma: 11 12 2023].
- [14] B. Kamiński, M. Jakubczyk és P. Szufel, *A framework for sensitivity analysis of decision trees*, 2018.
- [15] Wikipedia, „Wikipedia - K-means clustering,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering. [Hozzáférés dátuma: 11 december 2023].
- [16] P. H. Corporation, „GVM Global Vehicle Motor,” 2022.

- [17] T.-S. István, „Fokozatkapcsolási eljárás elektromotorral és ezzel összekapcsolt automata vagy automatizált mechanikus”. Magyarország Szabadalom száma: P 19 00265, 2022.
- [18] A. Goyal, J. Xu, Y. Guo, V. Blukis, Y.-W. Chao és D. Fox, *RVT: Robotic View Transformer for 3D Object*, NVidia, 2023.
- [19] N. Liu, Y. Cai, T. Lu, R. Wang és S. Wang, *Real–Sim–Real Transfer for Real-World RobotControl Policy Learning with Deep ReinforcementLearning*, 2020.
- [20] B. K. Központ, „Ikarus 412,” [Online]. Available: <https://www.bkv.hu/hu/jarmuveink/autobusz/ikarus-412>. [Hozzáférés dátuma: 11 12 2023].
- [21] Z. F. AG, „ZF 4 HP 500 Feature document,” [Online]. Available: https://www.wanderlodgeownersgroup.com/downloads/Transmission/ZF%20TRANSMISSION/ZF%20Ecomat_data.pdf.
- [22] A. Fodor és T. Sándor, *Study of vehicle dynamic properties and gear shifting mechanism of electric vehicles*, 2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE): IEEE, 2021.
- [23] T. Sándor és B. J. Héjja, *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): IEEE, 2021.
- [24] S. K. Somogyi és T. Sándor, *Efficiency optimization of electric buses through transmission control*, 021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE): IEEE, 2021.
- [25] A. Fodor és T. Sándor, *Development of a Drivecycle-based Twin Drive Control Procedure to Increase the Efficiency of Electric Motors*, 2023 IEEE 21st World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI): IEEE, 2023.
- [26] A. Fodor és T. Sándor, *Calculating the efficiency of an electric motor from the speed of the vehicle and the slope of the road*, 2022 IEEE 5th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE): IEEE, 2022.
- [27] H. R. Harrison és T. Nettleton, *Principles of Engineering Mechanics*, 1994.
- [28] A. C. Rencher és W. F. Christensen, *Multivariate Regression*, 2012.
- [29] T. Sándor és I. Bendiák, *Comparison of the propulsion of electric vehicles for passenger cars and buses in terms of efficiency optimization*, 2021.