

Járművek optimális lassítása a közlekedésben

Géczi Zsombor

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet,
Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország
zsombor98g@gmail.com

Összefoglalás — A személygépjárművek közlekedésének magas szintű automatizálása, vagyis az “önvezető autók” rendszerének létrehozása már a 3-as szinten tart és fejlesztések folynak a 4-es szintre való lépéshez, amely már a valódi, teljeskörű önvezetést teszi lehetővé. Ebben a cikkben az egyes szint egy elemére próbálok alternatívát találni, melynek keretében egy automata fékrendszert próbálok létrehozni. Mivel a mesterséges intelligencia alapját képező algoritmusok (mint pl.: a Fuzzy logika is) általában jól használhatók optimalizálásra, ez egy jó lehetőségnek tűnik, hogy új szemszögből vizsgáljuk ezt a már amúgy ismert és megannyi megoldással rendelkező problémát.

Kulcsszavak: féktávolság, útminőség, fuzzy, automatikus fékrendszer, önvezető jármű

1 BEVEZETÉS

Az autonóm önvezető autó előnyei közé tartozik, hogy az emberi tevékenység kiküszöbölésével elkerülhetők az emberi hibák, így jelentősen csökkenthető a közúti balesetek száma.[4]

A járművek szerepe most még csak az, hogy eljuttassanak a célállomásra emberi irányítással, de a fejlődés és a kényelemre való törekvés miatt kialakuló önvezetés a jövőben lehetővé teszi ennek a megváltozását. Gy fejlesztés alatt álló technológiáról van szó, ahol a közbeavatkozás lehetőségét veszik el, így a biztonság és megbízhatóság elengedhetetlen. [5]

A jelenlegi népességnövekedési ütem mellett a becslések szerint 2050-re az ingázás ideje várhatóan háromszorosára, a szállítási költség négyszeresére, a szén-dioxid-kibocsátás pedig a jelenlegi szint ötszörösére nő. Az egyetlen megoldás a hagyományos városkonceptió okos városá alakítása, automatizált mobilitással. Az okos városok fejlődésének egyik fontos része az autonóm önvezető autók megjelenése. [3]

A közlekedés bármely területét vizsgálva elmondhatjuk, hogy a költségek csökkentése mindig a kitűzött célok között szerepel. Természetesen ez nem lehet a minőség és a hatékonyság rovására, hanem egy olyan új állapot létrehozását kell, hogy jelentse, amely a régit teljes mértékben helyettesíti, és akár tudásában is túlmutat rajta. [7]

Az önvezető autóknál kulcsfontosságúak az érzékelők és navigációs eszközök, melyektől kapják a számításokhoz szükséges információkat. Ezen információk feldolgozására, azok komplexitása miatt bonyolult programkódokat és mesterségesintelligencia algoritmusait használják. A kapott információk feldolgozásakor az egyik legfontosabb feladat a képfeldolgozás, ami legtöbbször látványszámítási módszerek alkalmazásával történik, jó zajszűrő és lényegkiemelő tulajdonságaik, valamint

adaptivitásuk, tanulóképességük és kedvező számítási bonyolultságuk miatt.



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering.	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety.		When the feature requests, you must drive.	These automated driving features will not require you to take over driving.	
	These are driver support features			These are automated driving features		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance.	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver.	These features provide AND brake/acceleration support to the driver.	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met.		This feature can drive the vehicle under all conditions.
Example Features	• automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning	• lane centering OR • adaptive cruise control	• lane centering AND • adaptive cruise control at the same time	• traffic jam chauffeur	• local driverless taxi • precision steering wheel may or may not be installed	• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

1. ábra: Önvezető autók besorolása a SAE által [6]

Nehéz lenne rögtön egy minden lehetséges esetre jól reagáló modellt felépíteni, hiszen a közúti forgalomban minden nap más-más problémákkal kerülünk szembe, rengeteg ingert kell feldolgoznia a vezetőnek. Az egyértelmű közlekedési jelektől a közlekedők gesztusaiból és cselekedeteiből levonható következtetésekig (például mikor látjuk, hogy a zebránál a közeledő autó nem fogja megadni az elsőbbséget, vagy pont fordítva, pirosnál lelép valaki a járdáról).

A tanulmányban egy ideális környezetben fogok mindössze néhány közlekedési jellel foglalkozni és azokra egy megfelelő választ adni a Fuzzy modell által. Ezek a stoplábla, 3 színű szemafor, illetve egy előttünk haladó autó.

Képfelismeréssel lehetséges ezen objektumok meghatározása, illetve a járműtől való távolság meghatározása szenzorok segítségével. Így elsősorban ezek lesznek azok a változók, amelyek alapján felállítok egy szabályrendszert.

Összesen 4 fuzzy alrendszert fogok tárgyalni, egy féktávolságot becslőt, amely a továbbiakban bemenetként fog szolgálni a többi alrendszernek és 3 lassulást becslő modell, amelyek a már felsorolt közlekedési jelzéseket figyelve számolnak.

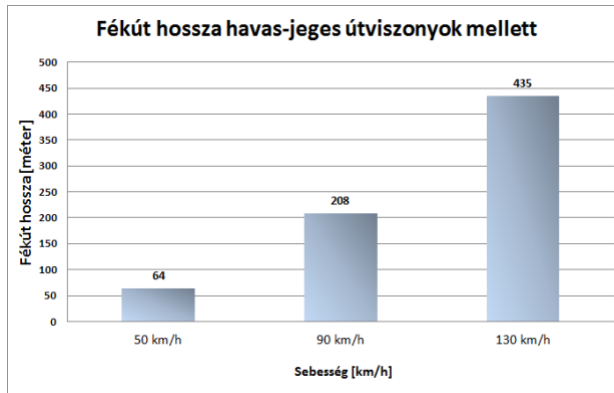
2 A FUZZY TOOLBOXRÓL

A Matlab Fuzzy Logic Toolboxát használtam a modellek előállítására. Itt két fajta modell közül, Mamdani és Sugeno, én az utóbbival dolgoztam, hiszen a mozgásokat leíró egyenletekhez az kompatibilisebbnek tűnik. Ezen a rendszeren belül lehetőség van a kimenetek konstans

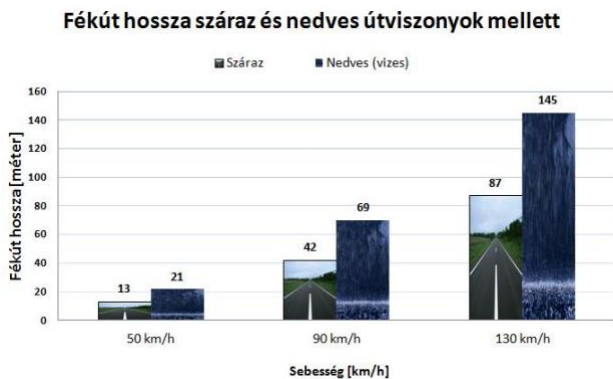
(nulladrendű-Sugeno), illetve a bemenetek lineáris függvényeként történő előállítására (elsőrendű-Sugeno), ezen felül pedig egy perceptronhoz hasonló neuro-fuzzy modell létrehozására is. Ezen hármat fogom használni a modelljeimnél.

2.1 Bemenetek

Az útminőségekhez és sebességekhez tartozó féktávot [1] alapján határoztam meg. Jeges, vizes és száraz útnál; 50, 90 és 130 km/h-s sebességnél:

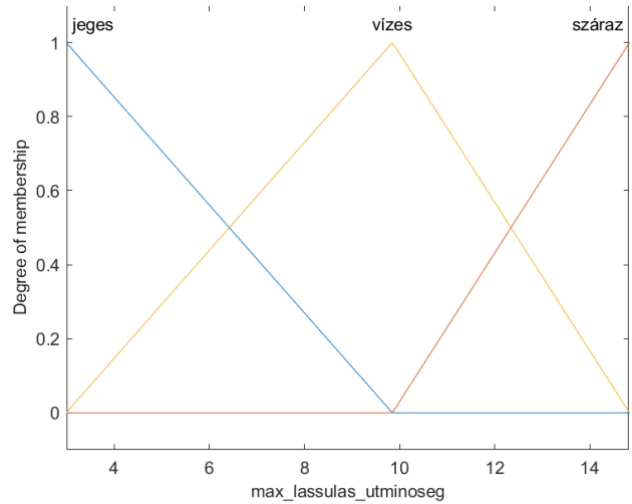


2. ábra Fékút hossza havas-jeges útviszonyok mellett [1]



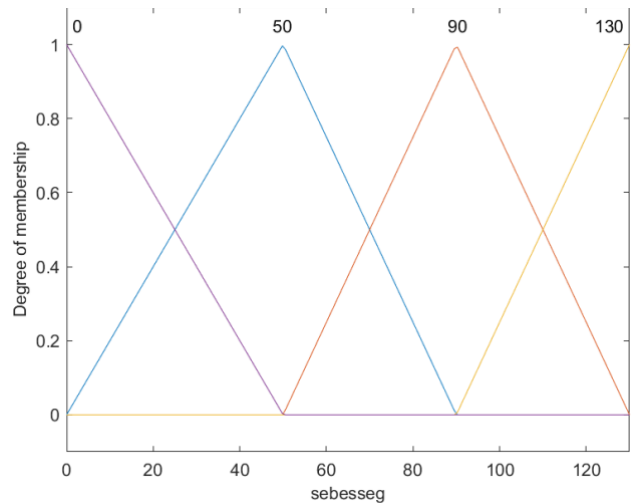
3. ábra Fékút hossza száraz és nedves útviszonyok mellett [1]

Ezekből az értékekből visszaszámoltam azt a sebességet, amellyel az adott sebességről, az adott fékúton le lehet fékezni. Végül természetesen a sebességtől független értéket kaptam. Jeges úton a lassulásunk 3,14 m/s², vizes úton 9,85 m/s² és száraz úton 14,83 m/s² adódott. Így az első bemenet ennek megfelelően az útminőség, azaz a maximális lassulás.



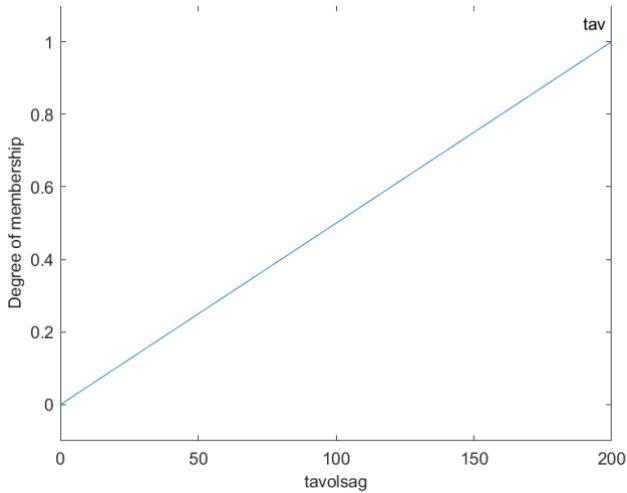
4. ábra: A maximális lassulás tagsági függvényei

A következő bemenetem a sebesség, mivel 50, 90 és 130 km/h-ás sebességeknél számoltam a lassulási értékeket így bemenetnél is ezeket az értékeket vettem az egyes tagsági függvények b paraméterének, illetve egy 0-ás függvényt, hogy kezelni tudjuk az 50 km/h alatti sebességeket is.



5. ábra: A sebesség tagsági függvényei

Számolásaimhoz természetesen elengedhetetlen bemenet a rendelkezésünkre álló távolság, továbbiakban csak táv, amely ugyan csak közvetetten fog megjelenni a modellek tényleges bemenetében (féktáv-táv arány), de a modell rendelkezésére áll ez az információ is az esetleges bővítés lehetőségét fenntartva.



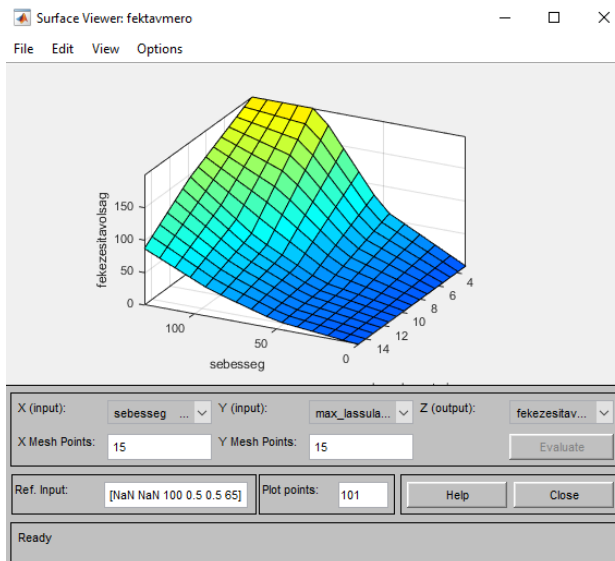
6. ábra: Távolság

A közlekedési lámpa és stoptábla bemenete csupán hagyományos logikai 0,1 értéként értelmezendők, vagy van stoptábla vagy nincs.

A másik autó sebessége pedig a mi sebességünkkel megegyező tagsági függvényekből áll.

1. táblázat: Féktávolság szabályrendszere (az értékek méterben értendők)

sebesség [km/h] /útminőség	száraz	jeges	vizes
nagyon lassú	0	0	0
normál tempó	13	21	64
gyors	42	69	208
nagyon gyors	87	145	435



7. ábra: Fékezési távolság

A 7. ábrán láthatjuk a féktávolságot a sebesség és az útminőség függvényében.

2.2 Fékezés mértékének meghatározása

Hogy a megfelelő bemenetekkel dolgozzak azon adatokból indultam ki, amelyek alapján az ember is meghozza döntéseit vezetés közben, viszont ezeket csak becsülni képes, illetve értelmezése nagyon szubjektív, függ az egyéntől. Ez a három kulcsfontosságú változó:

-milyen gyorsan megyek

Ugyan ezt a vezető folyamatosan nézheti, sokan nem a műszerfalat figyelve, hanem saját maguknak becslik a sebességüket, illetve ha figyelik is a pontos pillanatnyi sebességüket, változó hogy ugyan abban a szituációban az adott sofőr lassúnak az előtte haladó akár veszélyesen soknak tartja az adott sebességet.

-mekkora úton tudok megállni

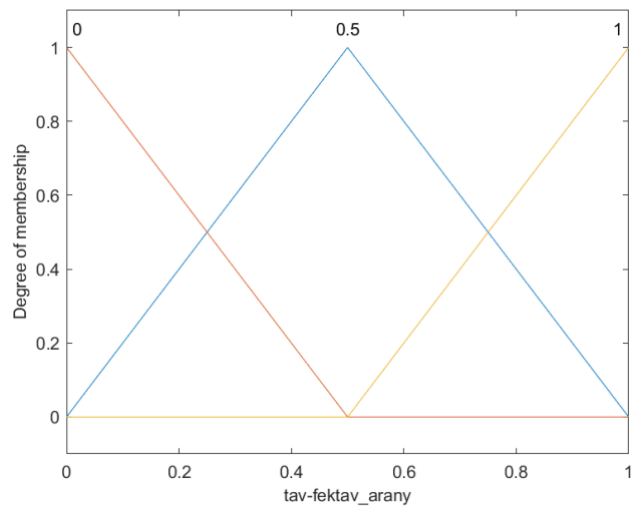
Az emberben kialakul egy jó viszonyítás, ha mozgó objektumok megállási helyének meghatározásáról van szó. Viszont eredetileg ez a "viszonyítás" nem 130 km/h-s sebességre lett "kalibrálva" az evolúció során. Így ez is egy nagyon szubjektív meghatározás.

-mekkora út áll a rendelkezésemre

Térlátásunknak köszönhetően ezt az értéket is elég jól tudjuk becsülni, de az előzőhöz hasonlóan csupán szubjektíven.

A következő modelleknél megvizsgálva, hogy milyen közlekedési probléma merült fel, majd annak megfelelően összehasonlítva a távolságot és a féktávolságot, a jelenlegi sebességünktől is függően ad a modell egy lassulási értéket.

A következő modell bemenete a sebességünk az előzőhöz hasonlóan, illetve a féktávolság-távolság hányados:



8. ábra: Féktáv-távolság hányados (arány)

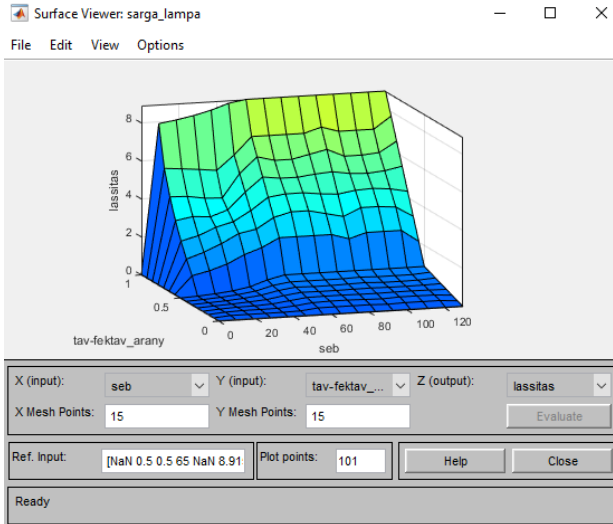
A sárga lámpa modelljének felülete megegyezik a stop táblával, hiszen mind a két esetben meg kell állnunk. Abban az esetben van csak eltérés, ha a féktávolság-távolság arány nagyobb, mint 1. Viszont ez a modellben egy nem kezelt szituáció, mivel ezt a problémát a programkódban egy egyszerű feltétellel kezeltem.

A kívánt cél, ezen két esetben, hogy megközelítsük a táblát vagy lámpát olyannyira, hogy még kényelmesen meg tudjunk állni. Tehát van egy pont ameddig nem fékezünk, majd ezen túlhaladva kissé intenzívebben szeretnénk lassulni.

2. táblázat: Sárga lámpa szabályrendszere

sebesség [km/h] / féktáv-táv arány	kicsi	enyhe	nagy
0	0	0.1	1
50	0	0.1	1
90	0	0.1	1
130	0	0.1	1

Az értékek a bemenetként megadott maximális lassulással szorzatot alkotva adja a kimeneti lassulást.

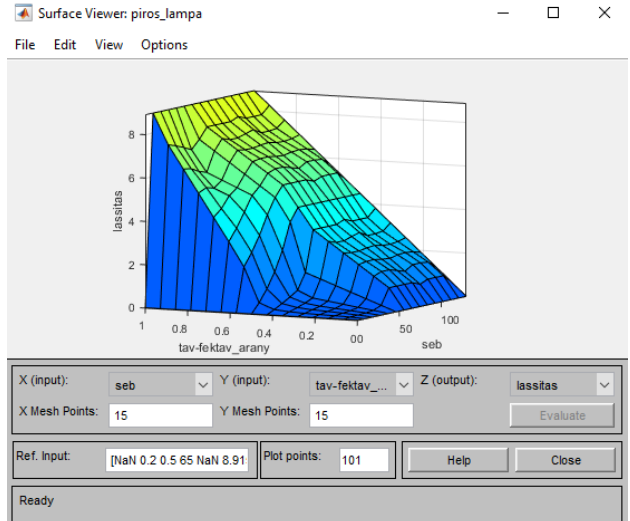


9. ábra: Fékezés a távolság-féktávolság arány és a sebesség függvényében

Piros lámpánál viszont reménykedve, hogy bármikor válthat a lámpa már hamarabb fékezünk, hogy minél tovább tartson a fékezés, ezzel késleltetve a megállás pillanatát, illetve minimalizálva a visszagyorsításhoz szükséges energiaigényt.

3. táblázat: Piros lámpa szabályrendszere

sebesség [km/h]/ féktáv-táv arány	kicsi	közepes	nagy
0	0	0.5	1
50	0	0.5	1
90	0	0.5	1
130	0	0.5	1



10. ábra: Fékezés a féktávolság-távolság arány és a sebesség függvényében

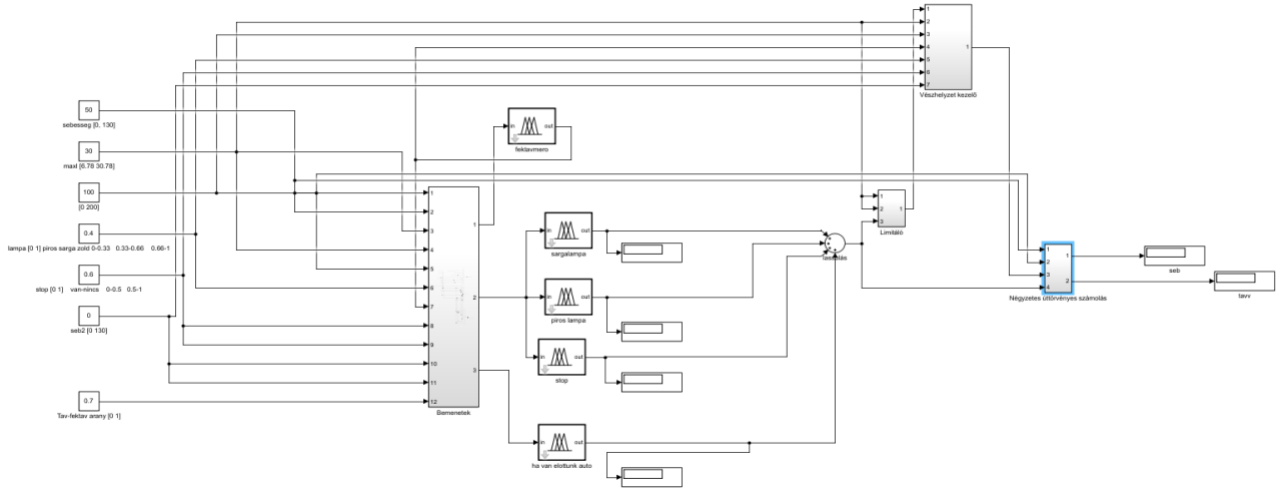
Érdeemes összehasonlítani az utolsó két felületet, láthatjuk, hogy az utóbbi „szigorúbb”.

Ha van előttünk másik autó (a modellben akkor, ha $seb2 > 0$, $seb2 = 0$ esetén „nincs” autó, de $seb2 = 0.1:130$ -ig már „van”) akkor a modell stoptáblának észleli a relatív sebességüket tekintve. Korrigálva végül a relatív sebesség 0 lesz. Vagyis ráállunk a másik autó sebességére.

3 A modell működése

Ezeket az elkészített fuzzy modelleket lehetőségünk van függvényként meghívni a Matlab programokban, így az egyik modell egyszerűen felhasználhatja inputként egy másik modell outputját. Ehhez változóként exportálni kell a modellt a munkatérre, majd az evalfis paranccsal használhatjuk a modellt. A scriptben megadhatjuk a kezdeti értékeket, majd a modell a kiszámolt lassulással megadott t időpillanatonként kiszámolja a megtett utat és a sebességváltozást, majd ezekkel az értékekkel módosítja a kezdeti értékeket ciklikusan mindaddig, amíg meg nem állunk.

Így végül az elkészült program képes a már említett közlekedési ingerekre egy lassulási értéket megadni, ha pedig közlekedési lámpa és stoptábla mellett még egy autó is van előttünk, mind a két ingerre számol egy fékezési értéket, majd a nagyobbat veszi alapul.

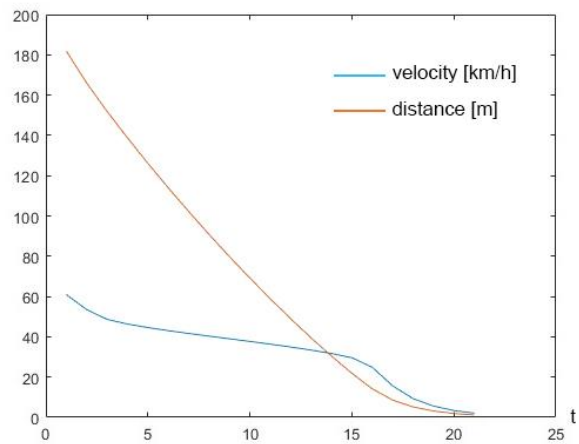


11. ábra: A modellek "összefűzése" Simulinkben

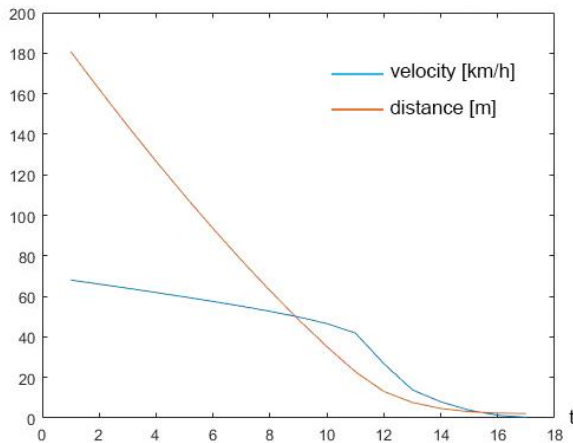
4 Esettanulmányok:

Ciklusonként elmentve a pillanatnyi sebességünket és a távolságot, kirajzolhatjuk a mozgás sebesség-Idő grafikonját, illetve az út-Idő grafikonhoz hasonló távolság-Idő grafikont, melyek jól ellenőrizhető és elemezhető visszajelzést adnak.

Az első példánál a kiinduló adatok:
 sebesség=70 [km/h],
 táv=200 [m],
 max lassulás=14 [m/s²]



12/b ábra: Piros lámpánál sebesség [km/h] (kék) és a távolság [m] (piros) az idő függvényében

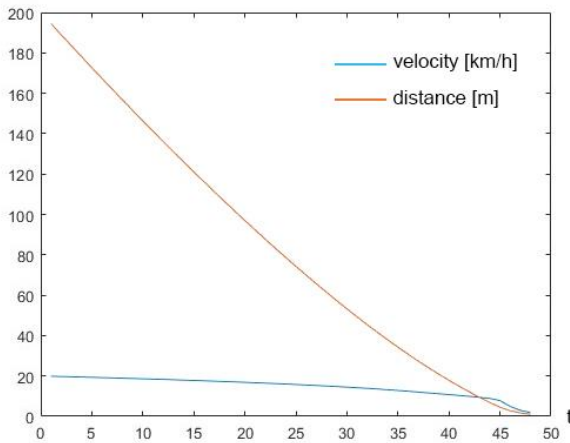


12/a ábra: Sárga lámpánál sebesség [km/h] (kék) és a távolság [m] (piros) az idő függvényében

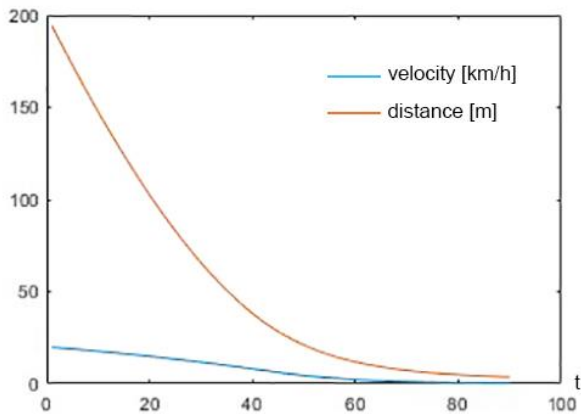
Láthatjuk, hogy sárga lámpánál egy nagyobb mértékű fékezés valósul meg, mikor kellő távolságon belül érkeztünk.

Piros lámpánál pedig már eleve elkezdünk fékezni, ezzel megnövelve a menetidőnket.

A második példánál a kiinduló adatok:
 sebesség=20 [km/h],
 távolság=200 [m]
 max lassulás=14 [m/s²]



13/a ábra: Sárga lámpánál sebesség [km/h] (kék) és a távolság [m] (piros) az idő függvényében



13/b ábra: Piros lámpánál sebesség [km/h] (kék) és a távolság [m] (piros) az idő függvényében

Páronként láthatjuk (12/a-12/b és 13/a-13/b), hogy a teljes megállás a piros lámpa esetében később következik be, ami lehetőséget ad arra, hogy a járműnek maradjon valamekkora mozgási energiája, ezzel csökkentve a gyorsításhoz szükséges energiát, amely egy városi forgalomban gyakori esemény. Ilyen vezetést segítő számításokat alkalmazva hozzájárulunk az üzemanyagfelhasználás és a környezetszennyezés csökkentéséhez. [3]

5 ÖSSZEGZÉS, CÉLOK

A mérnöki gyakorlatban (főleg programkódírásnál) az elsődleges látásmód, melyet kialakítunk a “gépi” gondolkodás, ahol teljes mértékben mi igazodunk a programozói felülethez, ismerjük a szöfordulatot, hogy “0-kban és 1-esekben gondolkodunk”. A fuzzy elmélet viszont sokkal inkább hasonlít, igazodik az emberi gondolkodáshoz, így nem meglepő, hogy egyszerűbben tudunk megoldani olyan összetett feladatokat, ahol rengeteg szubjektív, bizonytalan bemenettel kell számolnunk.

A jövőben szeretném kiegészíteni ezt a programot további közlekedési lehetőséggel, illetve a maximális lassulást meghatározó modult, amely majd a kerekek szögsebességéből és a szlipből kiindulva ad számunkra értékeket. Később pedig optimalizálva a programkódot

valamilyen mikrokontrollerre, egy kisméretű elektromos autón (roboton) futtatva szeretném tesztelni azt.

6 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a cikk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült.

REFERENCES

- [1] Ennyi az annyi! Csoda nincs!, 2013, https://tuke.blog.hu/2013/10/11/ennyi_az_annyi_csoda_nincs, [2021.01.29]
- [2] Laufer Edit, Fuzzy rendszerek mérnöki alkalmazása, Óbudai Egyetem, 2020.
- [3] Jelena Pisarov, Őnvezető autók okos városokban, Conference: European Smart Sustainable and Safe Cities Conference (SSCC 2020), Budapest, Hungary, p. 9.
- [4] Mester Gyula, Őnvezető autók fejlesztésének áttekintése, VAJDASÁGI MAGYAR TUDÓSTALÁLKOZÓ 2019, Subotica, Serbia, p. 9.
- [5] Kiss Gábor, Berecz Éva Csilla, Tóth László: A jövő közlekedése vagy sebezhető eszköz az űnvezető autó?, *Bánki Közlemények*, Vol. 2. No. 1, pp. 5-10.
- [6] SAE International Releases Updated Visual Chart for Its “Levels of Driving Automation” Standard for Self-Driving Vehicles, SAE International, 2018, <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles> [2021.01.29]
- [7] Jenes Géza, Intelligens jelzőfej alkalmazása a közúti forgalomirányításban, szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék