

Gépjárművek vezetést segítő rendszereinek fejlesztése

Investigations on driver assistant systems

Moharos István, Péczka Polett

Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország

moharos.istvan@bkg.uni-obuda.hu; peczka.polli@gmail.com

Összefoglalás: Kocsi, automobil, autó, verda, járgány, Opel, Audi, Ford,... még a végtelenségig folytatható lenne a felsorolás. A járműveknek nem csak a hajtó teljesítményt kell előállítani, és a talajra közvetíteni, hanem szükségünk van egy jó fékezést segítő rendszerre is. Nem elég a külsőség, praktikusnak, ergonomikusnak és biztonságosnak is kell lennie. Célom egy olyan rendszer megalkotása, ami segít időben reagálni és megállni. Kutatásom során megvizsgálom a kerék-talaj között fellépő súrlódási tényezőt különböző környezetben és hatások alatt. A kutatás eredménye képpen tudni fogjuk, hogy mekkora a fékezésre kifejthető ideális erő. Ez a fejlesztés elsősorban az úgynevezett okosautóknál lesz felhasználható. Ha sikeres lesz a kutatás, további előrelépéseket érhetünk el az önműködő autóknál.

Kulcsszavak: fékezést segítő rendszerek, önműködő autók, súrlódási tényező

Abstract: Car, automobile, can, gin, Opel, Audi, Ford... And we know lot of other name. We need a good system of brake assist. Not enough the beauty, it has to be practical, ergonomic and safe. My aim is I would like creat a brake assist. It can help to stop in time. I investigate the coefficient of friction in more nature and effects. We will know the force what we need to the stop. This innovate would be good the autonomous car. If the investigat be succesful, we can build up the driverless car.

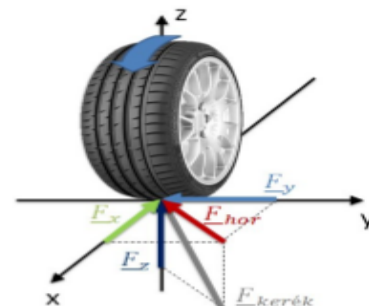
Keywords: system of brake assist, autonomous car, coefficient of friction

1 BEVEZETÉS

Karl Benz gépjárműve több, mint 130 évvel ezelőtt kapott szabadalmat. Az akkori utakra kiguruló járművek semmiféle, ma luxus kategóriának minősülő felszereltséggel nem rendelkeztek. Ma már külön kategóriákat képeznek az által, hogy mennyire biztonságos az autó. Minden gépjármű rendelkezik vezetést segítő rendszerrel, azonban csak a fékezést segítő rendszerekre térnénk ki. A legrégebbi rendszer, ma már szinte minden gépjárműben megtalálható, ABS, azaz a blokkolásgátló fékrendszer [1]. Ez a repülőgépiparból nőtt ki magát oly

addig, hogy ma már elképzelhetetlen, hogy ne legyen beépítve a járművekbe. Nem ez az egyetlen felszereltség, amely a repülők „tartozékaiból” merített ötletet. Az autóipar a virágkorát éli, azonban ma még sincs olyan rendszer, mely a súrlódási tényező meghatározásával megakadályozná az ütközést. Vajon miért nincs? Lehet-e alkotni ilyen? A válaszuk igen, azonban az ehhez szükséges ismeretek még nincsenek a birtokunkban. Mindenképpen igaz, hogy ez egy elengedhetetlen ismeret a biztonságos közlekedés eléréséhez. Épp ezért célunk egy mérési eljárás és eszköz kidolgozása, amely online adatot szolgáltat a fedélzeti elektronikának az úttest és a kerekek közötti súrlódási tényező pillanatnyi értékéről. [2]

Vannak olyan eszközök [3], melyekkel már közelítőértéket tudunk szolgáltatni. Tapasztalati úton, vizuálisan érzékeljük, hogy havazik, és egy fékpróba segítségével érzékelhetjük, mennyire csúszik az út. A meteorológiai előrejelzések is segíthetnek megállapítani az út csúszósságát. Repülőtereken gyakran mérik az aszfalt hőmérsékletét, ugyanis -3 és $+3$ °C között a legveszélyesebbek a csúszási viszonyok, ekkor még eső esik, azonban könnyen lejegesedhet a pálya. A kerék és az aszfalt érintkezési felületét általában csak pontként tekintjük. Erre a pontra ható erők segítségével lehet számítani a pillanatnyi súrlódási tényezőt. A horizontális és a normál irányú erő hányadosaként minden kerékre külön-külön kiszámítható (1. ábra)



1. ábra: Kerekre ható erők x-y-z koordináta-rendszerben

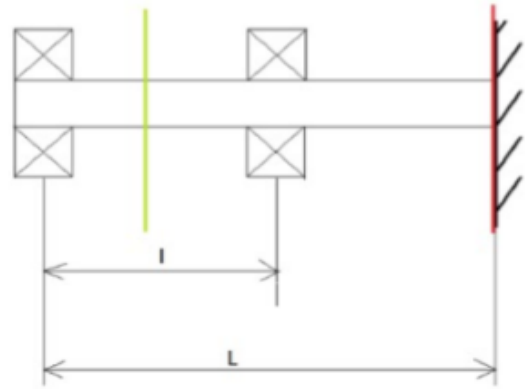
Ezekkel a tapasztalati tényezőkkel pontos értéket nem tudunk meghatározni, csak segítenek felmérni, felkészülni a lehetséges eshetőségekre. A súrlódási tényező meghatározására egy harmadik kereket szoktak alkalmazni. Ennek lényege, hogy szabadon gördüléstől kezdve állóra fékezik az utánfutóra szerelt eszközt, így megkapva a jelleggörbét. Másik mérőeszköz a „Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine”. Lényege, hogy egy alfa szöggel elforgatott kerék segítségével vizsgálják a kívánt útfelületen fellépő oldalirányú erőt. A kerekekre ható terhelés mellett képes az oldalirányú súrlódási együtthatót megadni. Ezek az eszközök kielégítő eredményeket szolgáltatnak, azonban drágák és személyautóba nem beépíthető megoldás. A tudomány mai állása szerint inkább indirekt, modell alapú, szoftveres eljárással becsülik meg a súrlódási tényező értékét. Ilyen modellezési eljárás például a Burckhardt-féle kerékmodell vagy az igen gyakran használt Kamm-kör

Egy doktori értekezés [3] is foglalkozik a súrlódási tényező online meghatározásával. Itt azonban teljesen más oldalról közelíti meg a témát a szerző, hiszen egy indirekt eljárással, algoritmus segítségével szeretné megoldani a problémát.

2 A KÍSÉRLET ELMÉLETE

Kutatásunk során egy Suzuki Swift GLS típusú gépjárművet vizsgáltunk, amelyre igaz, hogy hátsó kerekein kerékösszetartás van, valamilyen, hogy a fékezés dobfékkel van megoldva. A kerék tengelyére, mint egy befogott tartóra (2. ábra) a csapágyakon keresztül kétféle erő hat. Egyik a kerékösszetartásból származó súrlódási erő által okozott nyomatékból származó erőpár, a másik pedig az önsúlyból származó két azonos nagyságú feltételezett erő.

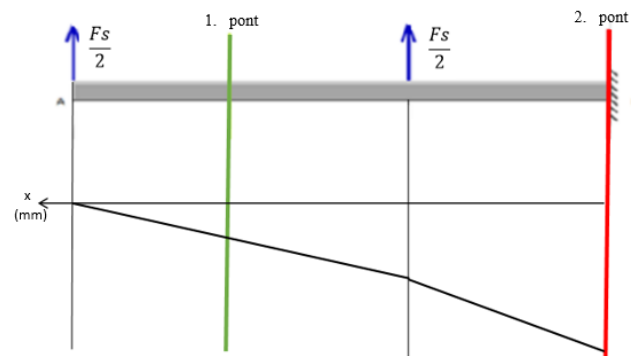
Az első szakaszban (továbbiakban I szakasz) a hajlítónyomaték értéke az önsúly függvényében lineárisan növekedik. Kétszeres önsúly hatására kétszeres lesz a nyomaték is. A második szakaszban (továbbiakban L-I szakasz) az önsúlyból származó nyomaték továbbra is függ a kerekeket terhelő súlyerőtől, azonban az összetartásból származó nyomaték független lesz tőle, és konstans értékű. Az összetartásból származó erőpár függ az önsúlytól, a legördülési sugártól, a súrlódási tényezőtől és az erőpár karjától.



2. ábra: Kerékagy mechanikai modellje mérőhelyek megjelölésével

2.1 Összefüggések

A μ súrlódási tényezőt a nyomatékok számításával ki lehet fejezni. A két nyomatéki metszék egymással összefüggésben áll. Először is kifejezzük az önsúlyból származó nyomatékokat az első és második metszékben (az 1. ábrán sárga és piros színnel jelölve), majd ugyanitt a kerékösszetartásból származó nyomatékokat is.



3. ábra: Önsúlyból származó nyomatéki ábra

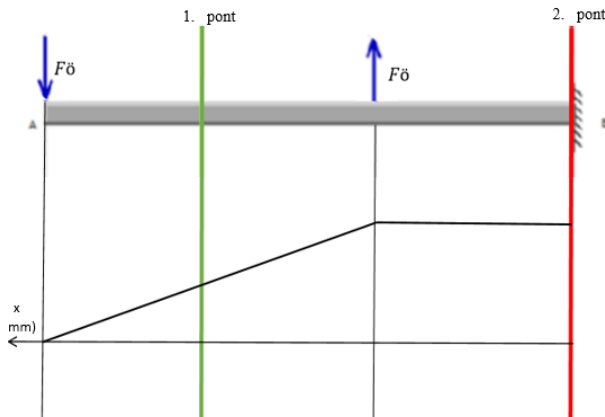
Önsúlyból származó nyomaték a két mérési helyen. (3. ábra)

1. egyenlet:

$$M_1 = \frac{F_s}{2} * \frac{l}{2}; \quad (1)$$

2. egyenlet:

$$M_2 = \frac{F_s}{2} * L + \frac{F_s}{2} * (L - l) \quad (2)$$



4. ábra: Kerékösszetartásból származó nyomatéki ábra

Kerékösszetartásból származó nyomaték a mérési helyeken (4. ábra):

3. egyenlet

$$M_1 = F_0 * \frac{l}{2} = F_s * \mu * \frac{r}{l} * \frac{l}{2} = F_s * \mu * \frac{r}{2}; \quad (3)$$

4. egyenlet

$$M_2 = F_0 * l = F_s * \mu * \frac{r}{l} * l = F_s * \mu * r \quad (4)$$

A kísérlet során ebben a két pontban tudunk mérni értékeket, azonban csak összegezve a kerékösszetartásból és az önsúlyból adódó nyomaték értékét. Az első mérési pontban keletkező nyomaték:

5. egyenlet

$$\sum M_1 = \frac{F_s * l}{4} + \frac{F_s * r * \mu}{2} = \frac{F_s}{4} * (l + 2 * r * \mu) \quad (5)$$

Második mérési pontban létrejövő nyomaték:

6. egyenlet

$$\sum M_2 = \frac{F_s * L}{2} + \frac{F_s * (L-l)}{2} + F_s * r * \mu = \frac{F_s}{2} * (L+L-l+2*r*\mu) \quad (6)$$

Azonban számunkra a két nyomatéki összeg hányadosa a jelentős, hiszen ennek segítségével ki tudjuk fejezni a súrlódási tényezőt:

7. egyenlet:

$$\frac{M_2}{M_1} = 2 * \frac{2L-l+2r*\mu}{l+2r*\mu} = \frac{4L}{l+2r*\mu} - 2 \quad (7)$$

8. egyenlet: μ kifejezése a 7. egyenletből

$$\mu = \frac{4L-x*l-2l}{2r*x+4r} \quad (8)$$

ahol x – nyomatéki hányados $x=M_2/M_1$

2.2 Konklúzió

Látható, hogy a kapott összefüggésben a mérhető két hajlítónyomatékon kívül csak a futómű geometriai adataitól és a nyúlásmérő bélyegek felszerelésének helyétől függ a súrlódási tényező értéke. Ebből következik, hogy eljutottunk egy olyan összefüggésig, ami teljesen független az önsúlytól és csak a súrlódási tényező az ismeretlen. A súrlódási tényező ilyen módon való meghatározása sajnos nem ilyen egyszerű. Természetesen be kell vezetni egy állandót a különböző egyéb befolyásoló tényezőknek, hogy a valóságos helyzetet tudjuk majd lemodellezni. Fontos a realitás megtartása, hogy valós képet kaphassunk a megoldásról.

3 KÍSÉRLET KIMENETELE

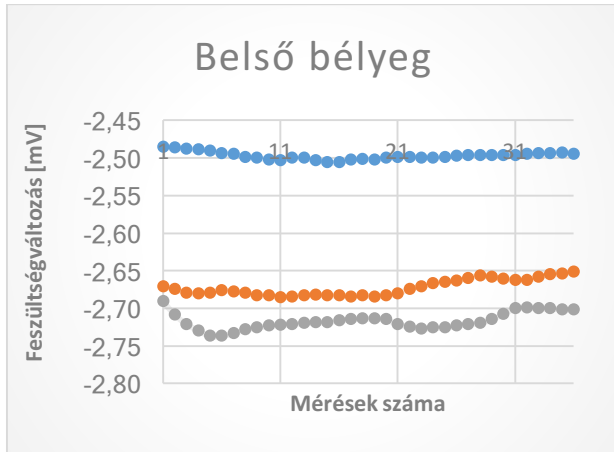
Első lépés a tengely lemodellezése volt, mivel már az első pillanatban tudtuk, hogy azt át kell majd alakítani. A nyúlásmérő bélyegek felszerelése és a kábelezés elvezetése nagy munkát igényelt. Nagyon fontos, hogy a bélyeg felhelyezéskor ne sérüljön, hiszen akkor nem kapunk hiteles eredményt. A tengely az agyba zslugorkötéssel van rögzítve, ez biztosítja, hogy az ne forduljon el. Összeszereléskor, fel kellett melegíteni az agyat, hogy a tengely beszerelhető legyen. Ezért egy olyan nyúlásmérő bélyeget kellett alkalmazni, amely magasabb hőmérsékleten is jól működik. Mivel a tengelyen jelentős változások következtek be, hiszen egy viszonylag nagy szakaszon megszűnt a zslugorkötés és a furatok különösen feszültséggyűjtő helyek, ezért ezt végeelem modellel is szükséges volt leellenőriznünk. A 40 mm-es zslugorkötést egy 20 mm-es váltotta fel. Furatok elhelyezésével elősegítettük, hogy a kábeleket könnyen el lehessen vezetni, valamint lelapolással könnyítettünk a bélyegek felhelyezését. Ezek a változtatások az iparban nem állnak meg a helyüket, épp ezért az ipari alkalmazást más módon kell megoldani.

3.1 Felhasznált eszközök

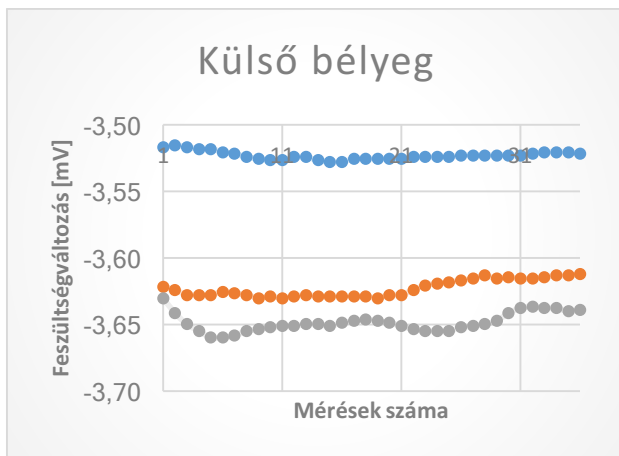
A kísérlethez nyúlásmérő bélyegeket [4] [8] (2 darabot), egy analóg DI-710-es adatgyűjtőt és 6 darab ellenállást használtunk fel. A nyúlásmérő eredetileg egy KFG-1-120-D17-11 L1M2S bélyeg, amely 120 ohmos, 3 állású és 100°C-ig hőkompenzáló. A bélyegen is változtatásokat hajtottunk végre, mivel tudjuk az általunk mérni kívánt normál feszültség irányát ezért csak egy kábelt kötöttünk be. Az adatgyűjtő felhasználásához szükség volt arra, hogy teljes Wheatstone-hídba kapcsoljuk a bélyegeket. Mivel az 1, 1-es szakasz és az L-1, 2-es szakaszon is külön vártunk mérési eredményeket, ezért 2 híd kialakítását kellett megvalósítani. Hogy kialakítható legyen egy-egy híd, a bélyegekhez 3-3, 120,1 ohmos, 0,1%-os ellenállást kötöttünk. Az adatgyűjtővel feszültségváltozásokat tudunk mérni, amely segítségével meghatározható a nyomaték is.

3.2 Kalibrálás

Beszerelést megelőzve egy kalibrálást hajtottunk végre, hogy legyenek adatok, amelyekkel össze lehet vetni a gyakorlatban mért értékeket. 200; 500 és 600N erő hatására megmértük, hogy milyen értékek mérhetők. Külön eredmények születtek a külső illetve a belső bélyeg feszültségváltozásaira.



5. ábra: Kalibrálási eredmények a belső bélyegen



6. ábra: Kalibrálási eredmények a külső nyúlásmérő bélyegen

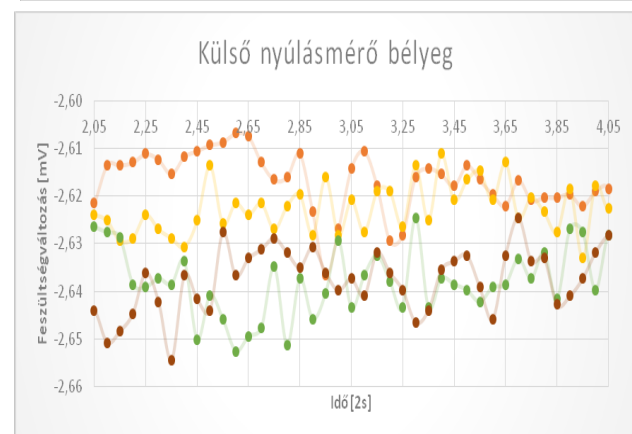
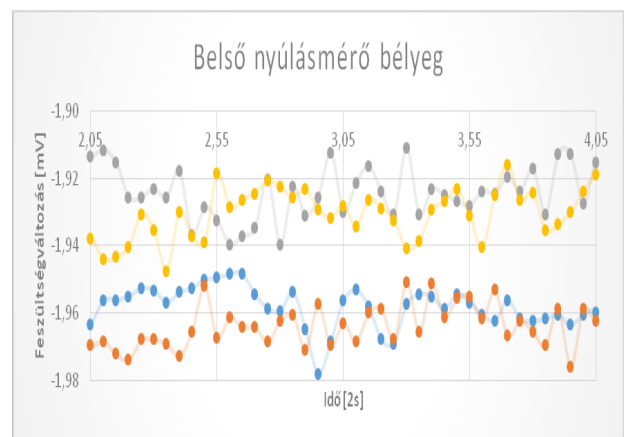
3.3 Körülmények

A tengelyt visszahelyeztük a kerékagyba, de mivel nagy hőnek volt kitéve, ezért le kellett ellenőrizni, hogy a bélyegek nem sérültek. Egy ellenállásmérővel lemérve a kimeneteleket, 120 ohmot mutattak, így alkalmasak a beszerelésre. Visszaszerelve a kereket, a felragasztott bélyeges tengellyel, elő kellett készíteni a pályát is.

A kísérlet végrehajtása az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar udvarán történt. Sajnos a pálya nem ideális, ezért ez okozott kisebb nehézségeket, pontatlanságokat. Négy időjárási helyzetet modelleztünk. A kísérleteket egy napsütéses, száraz időjárású napon hajtottuk végre, így a száraz aszfalt volt az

első időjárási helyzet. Másodikként esős időjárást modelleztünk úgy, hogy felloccsoltuk a pályát vízzel, különösen a jobb kerék alatt. A következő szituáció a „havazás” volt. Kísérletünk alatt a szappanos víz, kissé felhabosítva, idézte elő a meteorológiai helyzetet. Végezetül nem maradhat el természeti jelenségek közül, ami leginkább befolyásolja a tapadást, a „jeges” pálya sem. Ezt egy szappanos vízzel felloccsolt PVC fólia segítségével próbáltuk modellezni. Ezt a négy helyzetet dolgoztuk fel az adatgyűjtővel.

A kísérleteket minden esetben kétszer hatottuk végre, 10 másodpercet vizsgálva. A pálya, illetve a szerelésből adódó esetleges hibák kiküszöbölése miatt 5 másodperc értékeit vettem csak figyelembe. Ennek oka, hogy az első 4 másodpercben még időre volt szükség, hogy a kerék visszaálljon a helyére, valamint az utolsó másodpercben már elkanyarodott az autó. Mivel csak egyenes útviszonyok között vizsgáltunk, ezért az utolsó másodperc sem mérvadó a kísérletben. A kapott eredményeket mutatja be a 4. ábra.



4. ábra: A nyúlásmérő bélyegeken mért értékek

3.4 Eredmények kiértékelése

A mért adatokat az adatgyűjtő egy Excel táblázatban küldte el a számítógépre. Ezeket alakítottuk át

diagramokká, hogy jobban kiszűrhetőek legyenek. Azonban a kapott eredmények feszültségváltozások, nekünk pedig nyomatókokra van szükség. Ezért az eredmények kiértékelését követően meg kell határozni a nyomatókokat is, hogy a súrlódási tényező kiszámíthatóvá váljon. Ehhez a kalibrálási eredményeket használtuk fel. Külön a belső, illetve külön a külső bélyegre számoltunk egy konstans értéket, amellyel beszorozva minden feszültség értékhez megkaptuk az aktuális pillanatban keletkező nyomatókat:

$$\frac{M_b}{\bar{k}} = F * \frac{k_b}{\bar{k}}$$

Ahol: M a keresett nyomatók a belső illetve a külső bélyegre

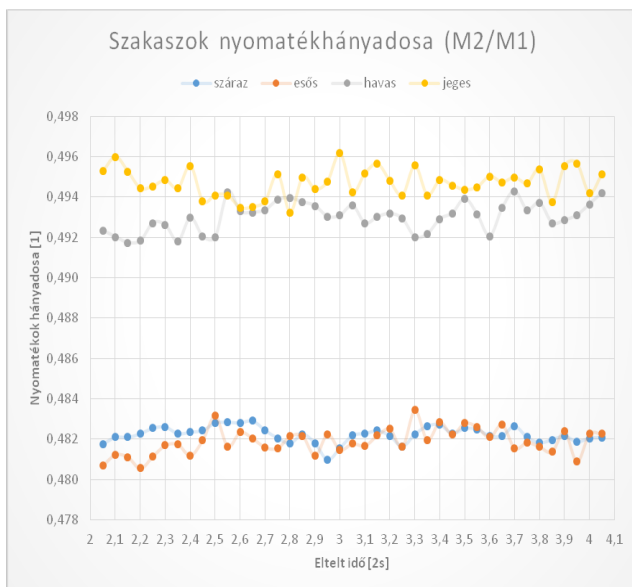
F az erőhatás

k a belső illetve a külső nyúlásmérő bélyeg erőkarja

$$x = \frac{M_b}{\Delta V}$$

Ahol: ΔV a(z) 200 vagy 500 vagy 600 N hatására

Minden mért értéket beszoroztuk az x értékével a 2,05-4,05 [2s] intervallumon. ΔV értékére mindig negatív számot kaptunk, amelynek oka, hogy a bélyeg nem megnyúlik, hanem zömül.



5. ábra: A nyúlásmérő bélyegeken mért értékek

Ennek segítségével meghatároztuk a nyomatók hányadosok értékét, ezt mutatja az 5. ábra. Jól látható, hogy a jegyes és a havas szimuláció valamint az esős és a száraz

pályákon számított nyomatók hányadosok közel együtt mozognak.

4 SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ MEGHATÁROZÁSA

Először a száraz aszfalton mért adatok alapján meghatározott nyomatók hányados $x=0,481$

$$\begin{aligned} \mu_{sz} &= \frac{4L - x * l - 2l}{2r * x + 4r} \\ &= \frac{4 * 60 - 0,481 * 31,5 - 2 * 31,5}{2 * 265 * 0,481 + 4 * 265} \\ &= \frac{161,8485}{1314,93} = 0,125 \end{aligned}$$

A szappanos főlán mért adatok közül a legnagyobb értéket választottam, mert akkor biztosan a jeges területen volt az autó, így $x=0,495$

$$\begin{aligned} \mu_j &= \frac{4L - x * l - 2l}{2r * x + 4r} \\ &= \frac{4 * 60 - 0,496 * 31,5 - 2 * 31,5}{2 * 265 * 0,496 + 4 * 265} \\ &= \frac{1681}{13780} = 0,122 \end{aligned}$$

Sajnos az számítási eredmények nem adják vissza a különbséget a két súrlódás között. A nagyon hasonló értékek magyarázata, hogy nem állt rendelkezésemre megfelelő erősítő ahhoz, hogy ennél pontosabb adatokat kapjak. A kísérlet újbóli megismérlésekor már erősítőt is fogok használni.

5 ÖSSZEZÉS

Látható, hogy a súrlódási tényező meghatározható, számítások alapján nagyon közelálló eredményeket kaptunk rá. Épp ezért a kísérleteket meg kell ismételni erősítő segítségével és egy ideálisnak tekinthető, folyamatosan ellenőrzött körülmények között egy műgyanta alapú pályán. Megoldást találunk arra, hogyan mérhetjük meg a súrlódási tényezőt. Vannak még kiküszöbölésre váró kihívások, amelyekre készek vagyok megtalálni a választ. Mindezek mellett tényekkel bizonyítottuk a téma jelentőségét, hogy nagy szerepet tölt be az autóiipar fejlődésének területén, időszerűségével felkeltette a figyelmét az iparban dolgozóknak is.

Az ipari használhatóság végett két megoldást lehetne alkalmazni. Az egyik, hogy egy csőtengely belsejébe szereljük fel a bélyegeket, vagy az agy külső átmérőjére.

A továbbfejlesztésére több ötlet is van már. Ehhez kutatást végeztem a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala oldalán a már kiadott szabadalmak ügyében. [5] [6] [7] Akár külön modulként is be lehet építeni, hogy a régebbi autókba is használható lehessen. Kátyúkat is feltérképezni

vele, ami sötétben, vagy nagy viharban hatalmas segítség a sofőrnek. A biztonságot nem csak maga a baleset elkerülése jelenti. Sajnos a kátyúkat nem mindig lehet elkerülni, azonban ha időben jelez a rendszer az autónk életét meghosszabbíthatjuk, ha kisebb sebességgel hajtunk át rajta. GPS jel alapon történő jelátadás. Nem csak magát a sűrűlódási tényezőnek a feltöltése, hanem a kanyarok sugara, a menetemelkedés és az út dőlése is meghatározható lesz, így sokkal pontosabb információkkal tudunk hozzájárulni a közlekedéshez. Ehhez hasonlóan, internetes alkalmazás segítségével, például WAZE, megosztani a többi autóssal az útviszonyokat, hogy aki nem rendelkezik vezetést segítő asszisztenssel, annak is elérhetőek legyenek az eredmények. Végezetül a jelenlegi online útvonaltervezők (MioMap, Waze, GoogleMaps.) csak a navigációs adatokat, mint például az átlagsebesség, és a felhasználók kézi adatbevitelét, hol van traffipax, valamilyen akadály az úton, baleset, osztják meg a neten, de a fedélzeti számítógépek adatait, mint pl. az út állapota nem. Szeretnénk, ha a rendszer ezeket az adatokat is megosztaná.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm Bánki Donát Mérnöki Kar Tanárainak, név szerint: Dunavölgyi Dávid, Kerekes Attila, Mucsi András és Nikitser Tamás Tanár Uraknak, akik hol szerelési, hol a mérési akadályokban való útmutatásukkal segítettek, hogy elkészüljön a Dolgozatom.

Szakdolgozatomat támogatta a KESACON Kft., Thyssenkrupp Presta Hungary Kft., Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala és az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP—17-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Péczka Polett-2016/'17 tavaszi Tudományos Diákköri Konferencia-Gépjárművek fékezést segítő rendszereinek fejlesztése az útkerék közötti kapcsolat online vizsgálatával
- [2] Péczka Polett-2017/'18 őszi Tudományos Diákköri Konferencia-Gépjárművek fékezést segítő rendszereinek fejlesztése az útkerék közötti kapcsolat online vizsgálatával
- [3] Enisz Krisztián-2015-Gumiabroncs és útfelület közötti sűrűlódási együttható online becslési módszereinek vizsgálata
- [4] <http://www.merleg-technika.hu/merleg-alkatresz/nyulasmerobelyeg> (2017.11.08. 14:50)
- [5] <https://www.sztnh.gov.hu/hu/mit-jelent/mi-a-szellemitulajdonvedelem-celja> (2017.12.06)
- [7] https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?adjaцент=true&locale=en_EP&FT=D&date=20150528&CC=WO&NR=2015074744A1&KC=A1 (2017.12.06)
- [8] https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?adjaцент=true&locale=en_EP&FT=D&date=20150429&CC=CN&NR=104554274A&KC=A (2017.12.06)
- [9] Strain gages for HIGH/LOW TEMPERATURE & ULTRA SMALL STRAIN - KESACON (2017. 09.16.)