

## Úthálózat elemeinek helymeghatározási és diagnosztikai feldolgozása fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározási modell felépítéséhez

Busznyák Tibor\*. Prof. Dr. habil Lakatos István\*\*

\*Széchenyi István Egyetem  
Magyarország, Győr, Egyetem tér 1. (e-mail: busznyak.tibor@sze.hu)

\*\*Széchenyi István Egyetem  
Magyarország, Győr, Egyetem tér 1. (e-mail: lakatos@sze.hu)

**Abstract:** Cikkünkben adott útvonal speciális felbontási lehetőségeit elemezzük. Célunk útvonal jellemzők, emelkedés és lejtés alapján besorolni az útvonalakat, ezzel segítve a fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározási modell felépítését. Első lépésben nagypontosságú helymeghatározási mérésekkel térképezzük fel a gépjármű útvonalát. Második lépésben a fedélzeti diagnosztika tüzelőanyag fogyasztási adatait elemezzük ugyanazon a bejárt útvonalon, adott sebességtartományban. Vizsgálataink során arra keressük a választ, hogy a különböző útvonal kategóriák részletezése milyen hatásokat fejt ki a későbbi adatelemzésre. A változók meghatározásánál fontos ismerni az attribútumok két független mérősorozat közti megfeleltethetőségre kifejtett hatását. A megfeleltethetőség mértékét számszerűsítjük nemcsak a teljes bejárt útvonalra vonatkoztatva, hanem az útvonal különböző jellegzetes részleteire is. A módszer tanulságait a fedélzeti diagnosztikán alapuló pozíció meghatározási módszer számítógépes interpretációjánál is felhasználjuk, ennek elméleti alapjait a cikkben leírjuk.

### 1. BEVEZETÉS

A modern közlekedés alapvető kérdéseire tartozik a navigáció. Legyen szó gyalogosan közlekedőről, gépjármű felhasználóról, a közlekedésben résztvevők valamilyen helymeghatározásra képes eszköz alapján tájékozódnak. A fenntartható közlekedésre irányuló fejlesztések fontos elemei a Smart City koncepciók, melynek tárgyalta pontjai például az automatizálás, fogyasztás hatékonyság, az online kommunikációs rendszerek fejlesztése, az autonóm közlekedés (Péter és mtsai. 2013), vagy a transzport koncepciók is (Péter–Bokor 2010) (Rudas és mtsai 2018). Mindez kiterjedt együttműködést feltételez az autópálya cégektől, a településfejlesztésen át az infokommunikációig (Péter–Bokor 2011) (Pokorádi–Lázár–Fülep 2017). A gyalogos közlekedők okostelefonjai, a járművek és az infrastruktúra együttműködése hozzájárulhat a balesetek számának csökkenéséhez és az ITS (Intelligent Transport System – Intelligens Transzportrendszer) elterjedéséhez.

A navigációs alkalmazások valós időben segítik a közlekedést az aktuális pozíció és az utazási cél kijelzésével, képesek akár a gyors újratervezésre is. Az online navigáció szinte kivétel nélkül műholdas segítséggel jöhet létre adott kommunikációs hálózaton. Ezen a ponton felmerülhetnek adatforgalom stabilitási kérdések, műhold és bázisállomás meghibásodások, amelyek kritikus időpontokban hatással lehetnek a közlekedésbiztonságra is, ezért gondolkodtunk el azon, hogy egy offline lehetőség mennyire és milyen esetekben lehet lokális alternatívája, kiegészítője a műholdas rendszernek.

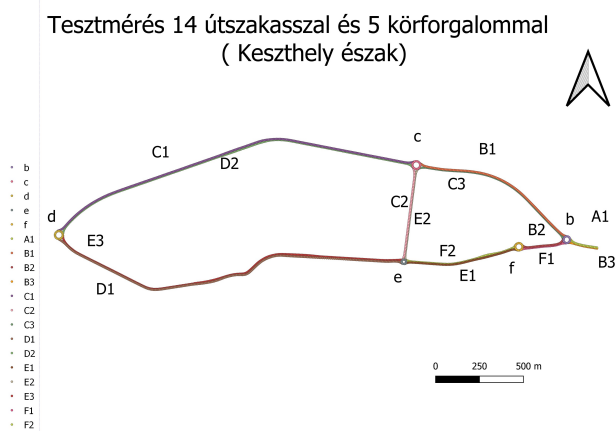
Korábbi kutatásunkban azt a kérdést tettük fel, hogy milyen kapcsolatrendszer írható fel a globális helymeghatározásból származtatott tengerszint feletti magassági téradatak és a jármű saját eszközrendszeréhez sorolható fedélzeti diagnosztika tüzelőanyagfogyasztási adatai között. Ennek megválaszolásához felállítottunk egy mérési apparátust, mely lehetővé tette a két, egymástól teljes mértékben független adatbázisból származó adatok mérését. Elvégeztünk nagypontosságú terepi felmérést GPS-szel, illetve diagnosztikai mérősorozatot is (Busznyák-Lakatos 2018). Az adatok felvétele után GIS-elemzésre került sor, fontos volt a precíziós mérés alatt esetlegesen fellépő pontatlanságokat korrigálni. Az adatsorokat egymáshoz illesztettük az időbélyegek alapján, és elvégeztük a statisztikai feldolgozást. A kérdés az volt, hogy az OBD adatok mekkora százalékban követik le a domborzatot, erről a determinációs együttható ad információt. Ahhoz, hogy minél jobb elemzési modellt állítsunk fel, a gépjármű valós viselkedését elemeztük, adott körülmények között. Általánosan vizsgáltuk a gépjárművek menetegyenletét, és megállapítottuk a szükséges magyarázó változókat, amelyek a sebesség és a menetemelkedési szög voltak.

A felmért útszakaszra vonatkozóan elkészítettünk egy MATLAB implementációt is, ahol, mint idősor szerűen folyamatosan beérkező adatokként tekintettünk az OBD adatokra, ezeket referenciaadatbázishoz hasonlítottunk, melyet GPS terepi felméréssel állítottunk elő (Xia és mtsai. 2017). Az algoritmus működött és létjogosultságát adja annak, hogy a módszert fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározásnak nevezzük (Busznyák és mtsai. 2019).

## 2. MÉRÉS

Az új méréssel célunk tovább bővíteni az adatbázist, útvonal elágazások hatásait elemezni, a megfeleltethetőség és a számítógépes implementáció terén is. Első körben könnyen bejárható útvonalhálózatra volt szükség mely tartalmaz elágazásokat, és különböző típusú részleteket, így sík részeket, szignifikáns emelkedőket és lejtőket, valamint ezek kombinációját. A címben megjelenő közlekedési hálózatok elemzése szóösszetétel is erre utal. A bejárhatóság, és a kedvezőtlen beavatkozások, mint a fékezés és gázadás elkerülése érdekében olyan hálózatot választottunk, ahol az elágazásokat körforgalmak jelentik.

Gráfelméleti példával élve, a csomópontok jelen esetben a körforgalmak, ahol feltételezzük, hogy valamilyen változás történik, az élek pedig maguk az útvonalak a hálózatban.



1. kép: GIS feldolgozás, úthálózat

Az 1. kép szemlélteti az új mérési útvonalat, amely tartalmaz 5 körforgalmat és 12 teljes értékű útvonalat egy kilépő és egy belépő szakasszal. Ezt az útvonalhálózatot szükséges felbontani, a besorolásokat meghatározni, és a különböző determinációs együtthatókat meghatározni. Kíváncsiak vagyunk, hogy az útvonal attribútumok (emelkedő, lejtő, sík részek) milyen hatást fejtenek ki a megfeleltethetőségre.

A tanulságok segítenek minket a későbbi mérések tervezésénél, szemléltetik az illesztés pontosságát, előre vetítik a nagyobb sebességtartományokra vonatkozó kritériumokat.

### 2.1 GIS feldolgozás

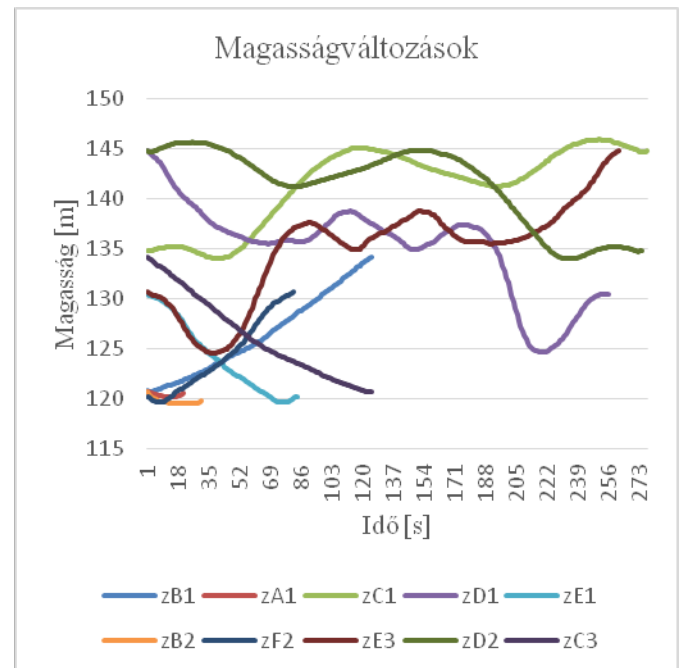
Az első kép a hálózat topográfiája mellett a GIS elemzés – Geographic Information System, földrajzi információs rendszer - utáni koordináták megjelenítése. A Trimble 5800-as GPS eszköz szolgáltatja nekünk a geodéziai pontosságú téradatokat. Vízszintes síkban 4-5 cm, függőleges síkban 6-8 cm pontosság garantálható, ezt nevezzük RTK – Real Time Kinematic, valós idejű mozgás közbeni felmérés - módszernek. Folyamatos topográfiai felméréssel 10 Hz-es mintavételezési frekvenciával, másodpercenként felvételezzük az adatokat, Egységes Országos Vetületben. Az EOVS, a Magyarországon hivatalos térképi vetület, ahol x, y és z koordinátákkal, metrikus rendszerbe dolgozunk.

A GIS elemzés során lokalizáltunk pontatlan adatokat és jelkimaradásokat. A pontatlan adatok a DOP – dilution of precision, pontatlanság - értékekkel lekövethetők, a jelkimaradások pedig az időbélyegeknél érzékelhetőek. Ezek fő okai általában az égbolt kitakarása valamilyen útvonalat szegélyező tereptárgy által (fa, felsővezeték), vagy probléma a bázisállomással való kommunikációs hálózattal. Előbbi a megfelelő 5 műholddal való egyidejű kapcsolatot gátolhatja, utóbbi az adatforgalomstabilitás és a lefedettség adott útvonalon való hiányosságaira vezethető vissza. Mindez a méréstervezésnél minimalizálható, de tökéletes mérést ilyen hosszán nehéz kivitelezni. A mi esetünkben is felmerültek ilyen típusú hibák, a mért adatok 5%-a lett hibás.

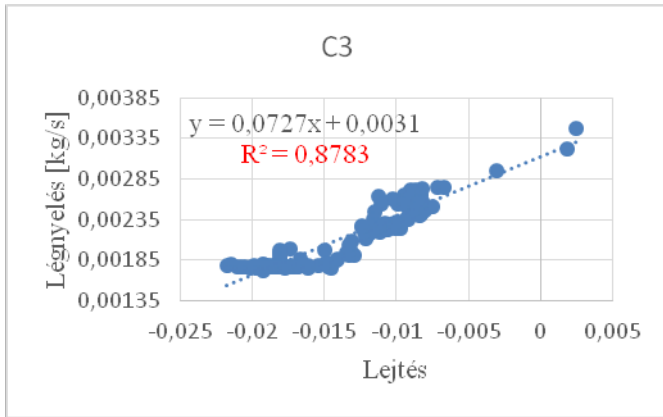
### 2.2 Fedélzeti diagnosztikai adatfeldolgozás

A diagnosztikai méréssorozatot egy CarChip Pro dataloggerrel végeztük, szélcsendben, üzemlemez motorral. Az OBD eredmények feldolgozásánál tekintettel kellett lennünk arra, hogy a mintavételezési frekvencia nem egyezik meg a GPS eszköz mintavételezési frekvenciájával, előbbi rendszer 5, utóbbi 1 másodpercenként szolgáltat adatokat, ezért az OBD adatsoron spline típusú interpolációs műveletet végeztünk. Ezen lépések után illeszthetjük egymáshoz az adatsorokat az időbélyegek alapján és elkezdhetjük a szakaszokra bontást.

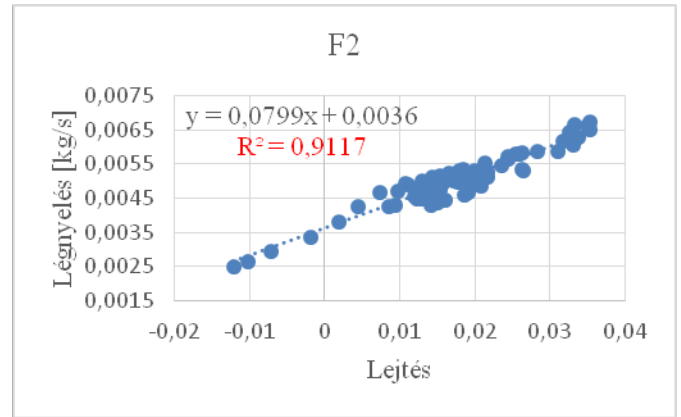
A topológiából adódóan a körforgalmak közti útszakaszokat igyeckszünk kiválasztani. Az adott körforgalomba bevezető és kivezető összes szakasz a körforgalomhoz elméletileg már nem tartozó meghatározott pontját tekintjük a megfelelő szakasz kezdő vagy végpontjának. A felvázolt elmélet után meghatározott szakaszok magasságváltozásainak diagramját a 2. kép szemlélteti.



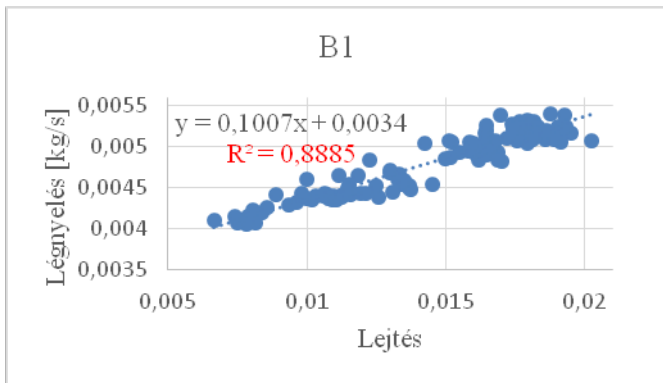
2. kép: Az egyes útvonalak a felbontás után



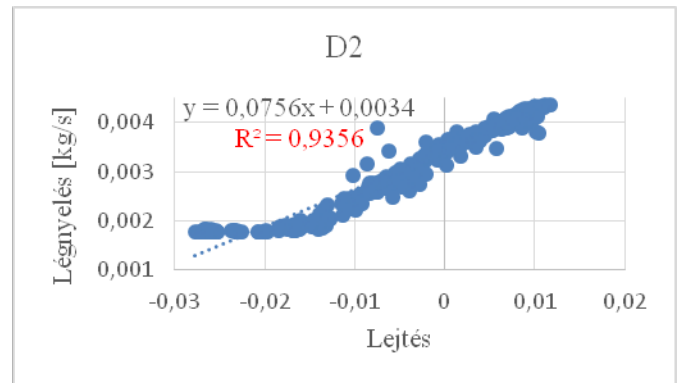
3. kép: Determinációs együttható a C3 útvonalon



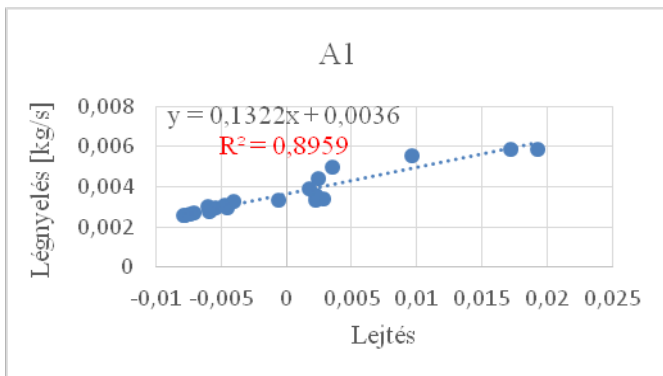
7. kép: Determinációs együttható az F2 útvonalon



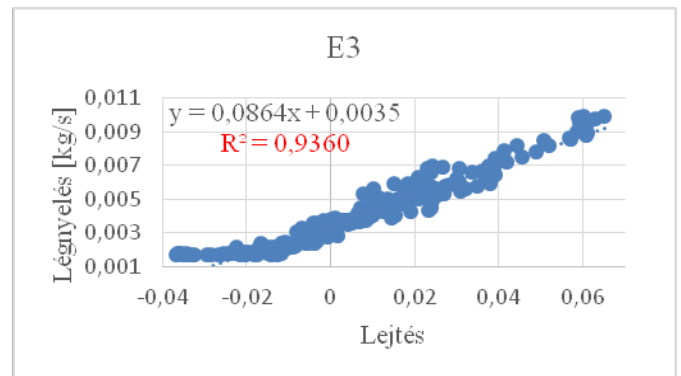
4. kép: Determinációs együttható a B1 útvonalon



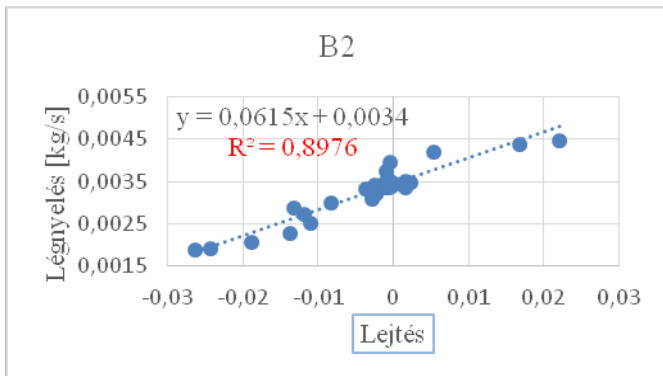
8. kép: Determinációs együttható a D2 útvonalon



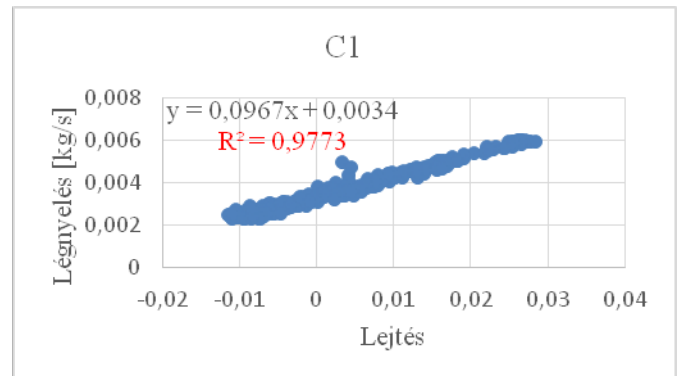
5. kép: Determinációs együttható az A1 útvonalon



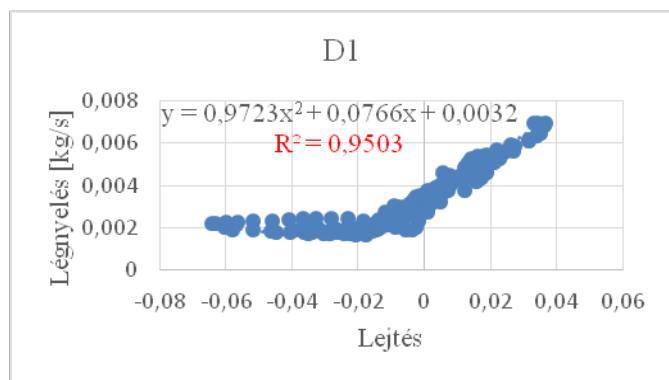
9. kép: Determinációs együttható az E3 útvonalon



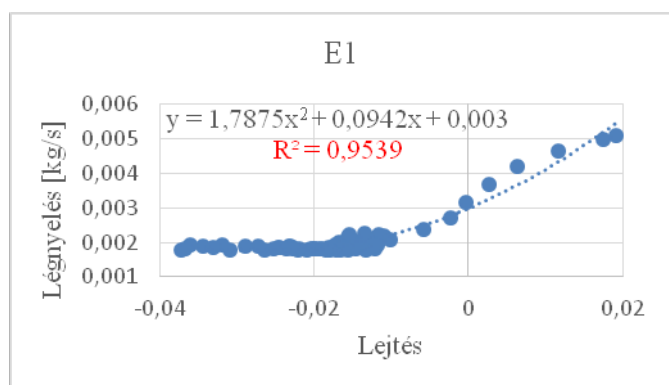
6. kép: Determinációs együttható a B2 útvonalon



10. kép: Determinációs együttható a C1 útvonalon



11. kép: Determinációs együttható a D1 útvonalon



12. kép: Determinációs együttható az E1 útvonalon

A 3-10. számú képeken a különböző útvonalak determinációs együtthatóit szemlélítettük. látható, hogy a legalacsonyabb is a C3 útvonalon 87,83%, esetünkben ez azt jelenti, hogy a fedélzeti diagnosztikával mért fogyasztási adatok (légnyelés) 87,83%-ban tudják lekövetni a domborzati értékek változásait. A 3-10. képeken elemzett útvonalakon lineáris, elsőfokú kapcsolatot írhatunk fel az adatsorok között, magas determinációs együtthatók mellett. A 11. képen és a 12. képen viszont másodfokú görbe írja le a kapcsolatot. Elvégeztük az elemzést lineáris illesztéssel is, ebben az esetben az E1 útvonalon 67,11%-ot, a D1 útvonalon pedig 75,27%-ot kapunk vissza. A két útszakaszban az a közös, hogy egyaránt tartalmaznak meredek lejtőt. Itt a menet során is megfigyelhető volt, hogy a jármű felgyorsult a sebességtartó automatika beállított 30 km/h sebességértéke fölé.



13. kép: Sebességugrás sebességtartó automatika mellett

Mivel az automatika nem fékezi a járművet így 35-40 km/h sebességre is felgyorsult, ahogy a 13. kép mutatja. A korábbi mérések során elvégzett regressziós számítások igazolták, hogy a nagyobb sebességtartományokban megjelenő determinációs együttható romlásának egyik oka, hogy a sebesség négyzetesen is befolyásolja a modellt. Ez egyébként a menetegyenletben is megjelenik, hiszen a légellenállás gátló hatása a sebesség négyzetével arányos. Ezért ilyen helyzetekben érdemes a másodfokú illesztést használni. A meghatározó különbség láttán elvégeztük az összes szakaszra az összehasonlítást a lineáris és a másodfokú illesztések között.

Az összehasonlítás eredményeit az 1-es, 2-es, 3-as és 4-es táblázatban foglaltuk össze.

### 2.3 Mérési hibák

A GIS szerkesztés során az 1723 koordinátából 98 volt hibás. Ezek az adatok 5,67%-át jelentik, ami elfogadható. A hiányzó adatokat lineáris interpolációval pótoltuk a két szomszédos adatot felhasználva. Az első ábrán megjelenített 14 lehetséges útvonalból hármat ki kellett vennünk GPS adathibák miatt. A C2 és E2 útvonalakon egymás utáni, sorozatos jelkimaradásokat lokalizáltunk, amely pótlása új mérés nélkül nem lehetséges. Tekintettel a precíziós mérés nehézségeire ezeket az útvonalakat most nem elemizzük. Az F1 útvonal elemzése során pedig adategyeztetési hibák léptek fel, ennek a közelítőleg sík szakasznak a helyére vettük be az A1-es, szintén közel sík, bevezető szakaszt.

## 3. EREDMÉNYEK

1. táblázat: Vízszintes szakaszok különbségei

| Közel vízszintes szakaszok |              |                     |
|----------------------------|--------------|---------------------|
| A1                         | $R^2=0,8959$ | Lineáris kapcsolat  |
|                            | $R^2=0,8979$ | Másodfokú kapcsolat |
| B2                         | $R^2=0,8976$ | Lineáris kapcsolat  |
|                            | $R^2=0,9062$ | Másodfokú kapcsolat |

2. táblázat: Emelkedő szakaszok különbségei

| Emelkedő szakaszok |              |                     |
|--------------------|--------------|---------------------|
| B1                 | $R^2=0,8885$ | Lineáris kapcsolat  |
|                    | $R^2=0,8886$ | Másodfokú kapcsolat |
| F2                 | $R^2=0,9117$ | Lineáris kapcsolat  |
|                    | $R^2=0,9118$ | Másodfokú kapcsolat |

3. táblázat: Lejtő szakaszok különbségei

| Lejtő szakaszok |              |                     |
|-----------------|--------------|---------------------|
| C3              | $R^2=0,8783$ | Lineáris kapcsolat  |
|                 | $R^2=0,8889$ | Másodfokú kapcsolat |
| E1              | $R^2=0,6711$ | Lineáris kapcsolat  |
|                 | $R^2=0,9539$ | Másodfokú kapcsolat |



## IRODALOMJEGYZÉK

4. táblázat: Vegyes szakaszok különbségei

| Vegyes magasságváltozású szakaszok |              |                     |
|------------------------------------|--------------|---------------------|
| D1                                 | $R^2=0,7527$ | Lineáris kapcsolat  |
|                                    | $R^2=0,9503$ | Másodfokú kapcsolat |
| E3                                 | $R^2=0,9360$ | Lineáris kapcsolat  |
|                                    | $R^2=0,9510$ | Másodfokú kapcsolat |
| D2                                 | $R^2=0,9356$ | Lineáris kapcsolat  |
|                                    | $R^2=0,9562$ | Másodfokú kapcsolat |
| C1                                 | $R^2=0,9773$ | Lineáris kapcsolat  |
|                                    | $R^2=0,9774$ | Másodfokú kapcsolat |

### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A táblázatokban összefoglalt együtthatók értékeit megvizsgálva a következő tanulságokat foglalhatjuk össze. Sík és emelkedő szakaszokon az illesztési módszerek közti különbség elhanyagolható:

- sík szakaszokon 1%-on belül van,
- emelkedő szakaszokon 0,1%.
- Meredek lejtőt nem tartalmazó vegyes magasságváltozású szakaszon alig van különbség.

A meredek lejtésű, és a meredek lejtőt tartalmazó szakaszokon viszont számottevő különbség adódik (akár 20%), ilyen esetekben elsőfokú, lineáris illesztés helyett érdemesebb másodfokú illesztést használni.

A 13. képen illusztrált példa megmutatta, hogy alacsony sebességtartományban a meredek lejtő okozhat problémát, ami annyit jelent, hogy számottevően kilépünk az előre definiált sebességtartományból.

Ezeket magasabb sebességtartományban végzett mérésorozatokkal korrigálhatjuk, ami a kutatás következő lépcsőjét is jelenti. Az eredmények megmutatták, hogy a módszer a különböző típusú szakaszokon egyaránt használható.

Továbblépési lehetőség a sebességtartományok kiterjesztése. A mintavételezési frekvenciák és helyek eltérése miatt érdemes a két független eszközrendszer méréseiből a megtett út alapján illeszteni az adatsorokat, ezzel biztosan ki tudjuk küszöbölni az adategyeztetési hibákat

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk kutatásaihoz az Új Széchenyi Terv keretein belül az „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában (EFOP-3.6.2-16-2017-00016)” projekt és a Széchenyi István Egyetem biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg

Busznyák, T., Lakatos, I. (2018) “Digitális eszközrendszerek a gépjárművekben, mint az autonomizálódó közlekedés fejlesztésének információforrásai” *IFFK 2018: XII. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, 2018.08.29-2018.08.31, Budapest, Hungary, MMA, Paper: 13. ISBN 978-963-88875-3-5

Busznyák, T., Pálfi, G., Lakatos, I. (2019) “On-Board Diagnostic-based Positioning as an Additional Information Source of Driver Assistant Systems” *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 16, Issue 5. pp. 217-234. ISSN 1785-8860

Péter, T., Bokor, J. (2010.2) “Modeling road traffic networks for control” *Annual international conference on network technologies communications: NTC 2010*. Thaiföld, 2010.11.30-2010.11.30. pp. 18-22. Paper 21. ISBN:978-981-08-7654-8

Péter, T., Bokor, J. (2011) “New road traffic networks models for control” *GSTF International Journal on Computing*, vol. 1, Number 2. pp. 227 -232. DOI: 10.5176\_2010-2283\_1.2.65 February 2011

Péter, T.; Derbel, O.; Zebiri, H.; Mourllion, B.; Basset, M. (2013) Modified intelligent driver model for driver safety and traffic stability improvement *IFAC Proceedings Volumes* 46(21): 744–749. <https://doi.org/10.3182/20130904-4-JP-2042.00132>

Pokorádi, L., Lázár-Fülep, T. (2017) “Jármű-irányítási rendszerek megbízhatósági és kockázatelemzési modellezése – Egy kutatási projekt beharangozója” In: Péter, Tamás (szerk.) *IFFK 2017: XI. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés* Budapest, Magyarország: Magyar Mérnökakadémia (MMA), pp. 181-186., 6 p.

Rudas, I., J., Haidegger, T., Takacs, Á., Bosl D., (2018) “Highly Automated Vehicles and Self-Driving Cars” *IEEE ROBOTICS & AUTOMATION MAGAZINE* 25: 4, pp. 106-112., 7 p.

Xia, J., Sun, Q., Foster, J., Falkmer, T., Lee, H. (2017) „Pursuing Precise Vehicle Movement Trajectory in Urban Residential Area Using Multi-GNSS RTK Tracking” *Transportation Research Procedia*, Volume 25, pp, 2356-2372. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.255>