

<https://www.edutus.hu/cikk/jarmutrajektoriak-definialasahoz-szukseges-hatarertekek-meghatarozasa-klaszikus-modszerekkel/>

JÁRMŰTRAJEKTÓRIÁK DEFINIÁLÁSÁHOZ SZÜKSÉGES HATÁRÉRTÉKEK MEGHATÁROZÁSA KLASSZIKUS MÓDSZEREKKEL

FICZERE PÉTER PHD, egyetemi adjunktus
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
ficzere.peter@kjk.bme.hu

BORBÁS LAJOS PHD, Professor Emeritus
EDUTUS Egyetem
borbas.lajos@edutus.hu

DOI [10.47273/AP.2021.23.37-45](https://doi.org/10.47273/AP.2021.23.37-45)

ABSZTRAKT

Autonóm járműirányítás esetén a trajektória meghatározása az egyik legfontosabb feladat. A pályagörbe meghatározása azonban jócskán túlmutat a technológiai feltételeken, hiszen az esetek többségében ezek a járművek embereket szállítanak, és emberi sofőrökkel irányított közlekedési rendszerben mozognak. Így fontos, hogy az emberi tűrőképességet, reakcióidőket, komfortzónákat is figyelembe vevő rendszert tudjunk megvalósítani. Az ehhez szükséges, jelenleg emberi sofőrök által vezetett járműveken végeztünk méréseket, amelyek segítenek a komfortzónák határait meghatározni.

ABSTRACT

In autonomous vehicle control, trajectory determination is one of the most important tasks. However, trajectory definition goes well beyond the technological requirements, since in most cases these vehicles are transporting people and moving in a traffic system controlled by human drivers. It is therefore important to implement a system that takes into account human tolerance, reaction times and comfort zones. To this end, we have carried out measurements on vehicles currently driven by human drivers, which will help us to define the boundaries of the comfort zones.

1. Bevezetés

Az autonóm járműirányítás napjaink egyik legtöbbet kutatott területe. Az nehézségeket nem csak a technológiai kihívások jelentik, hiszen steril környezetben, lezárt pályákon nagyon biztatók az eddigi eredmények. Ugyanakkor a valós körülmények között forgalomban történő tesztelés, validálás már sok kérdést felvet.

Pontosan ilyen okok miatt a szimulációk szerepe az utóbbi időkben jelentős mértékben felértékelődött. A szimuláció ma már nem csak ellenőrzésre szolgál, hanem szerves része a tervezési folyamatnak. A szimulációk segítségével jelentős mértékben csökkenthető a fejlesztési idő és a fejlesztési költség is (Székely & Ficzer 2017). A fejlesztési folyamat elején hozott tervezési döntések jelentős hatással vannak a későbbi költségekre. Tehát a hibákat minél előbb ki kell szűrni. Fontos, hogy pl. egy járműdinamikai szimuláció esetében a járműmodell viselkedése függ:

- a jármű terheléseitől,
- a gumitól
- a gumiban lévő nyomástól
- a gumiban lévő levegő hőmérsékletétől (nyomás)
- a futómű paramétereitől stb.

Manapság már a futómű alkatrészeit is a mesterséges intelligencián alapuló generatív design segítségével állítják elő, így nem elegendő annak anyagjellemzőit ismerni, fontos meghatározni a teljes alkatrészt, vagy az alkatrész-csoportra vonatkozóan annak látszólagos rugalmasságát (Ficzere & Lukács 2020). Mivel azonban ezeket a generatív tervezési módszerrel létrehozott alkatrészeket többnyire csak additív gyártástechnológiákkal lehet létrehozni, legyártani ez további komoly megfontolásokat igényel (Seregi et al., 2021).

Ugyanakkor a technológiai kihívásokon túl sok más kérdés is felvetődik e témakörben. A szimulációk során ugyanis gyakorlatilag bármilyen a technológiával megvalósítható értéket ki tudunk vezérelni, de kérdéses, hogy ezt hogyan viseli el például az emberi szervezet. Nem mindegy ugyanis, hogy pl. egy előzési manővert milyen rátartással tudunk megvalósítani, hiszen hiába számítjuk ki, hogy még pont visszaérünk, lehet az utas szívrohamot kap az ijedtségtől. Ezért nagyon fontos felmérni, hogy pl. milyen gyorsulásértékek azok, amik még az emberi komfortzónán belül maradnak, ami pedig nagy mértékben különbözhet pl. az eltérő korosztályok között. Ugyanígy fontos az is, hogy pl. egy adott gyorsulásérték milyen hosszú ideig áll fenn, és nem mindegy annak iránya sem (Griffin, 2007). Itt kell megjegyezni, hogy nagyon fontos az is, (hol mérjük ezeket az értékeket, pl. vázszerkezet, ülés, kormány stb (Fichera et al., 2007).

Mindezek alapján látható, hogy már az is egy összetett és nehéz feladat, hogy megbecsüljük, az autonóm járműirányítás során milyen tartományokon (pl. gyorsulásértékek) között kell tartanunk a járműveket. Ehhez legalább kiinduló értéként szolgálhatnak a jelenlegi, nem autonóm járművekben mérhető gyorsulásértékek. Mivel ezek az értékek - valós körülmények közt - nagymértékben különbözhetnek egymástól, ezért célszerű egy alapos vizsgálat, majd egy statisztikai kiértékelés is. Továbbá egy ilyen vizsgálat eredményei jól felhasználhatók egyes dinamikus igénybevételnek kitett alkatrészek kifáradásra történő méretezése során is.

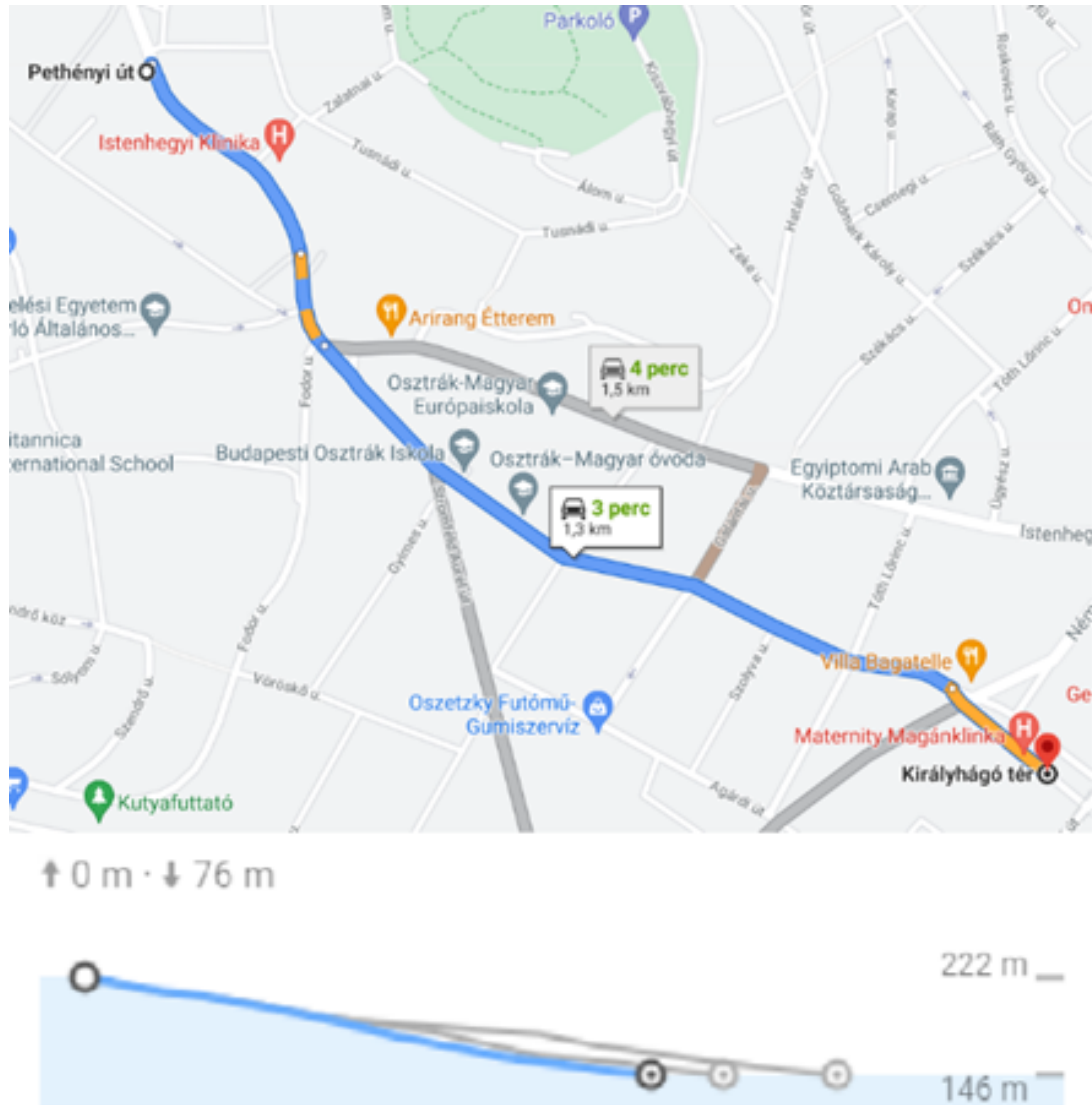
2. Módszer

Vizsgálatainkat közúti tömegközlekedési eszközön (azonos típusú menetrendszerinti BKV buszok) végeztem. Feltételezhető, hogy távolsági járatokon, valamint kötöttpályás járműveken, személygépjárműveken ettől akár jelentősen eltérő eredményeket kapnánk.

Több, egymástól eltérő jellegű (hegyes, sík) szakaszon is végeztünk mindkét irányban méréseket. A mérések minden esetben ugyanazon a helyen a vázszerkezet ugyanazon pontján történtek.

A mérések a 212-es járat Pethényi út - Királyhágó tér, Királyhágó tér - Pethényi út (1. ábra), valamint a Diószegi út – Újbuda-központ (2. ábra), Újbuda központ – Diószegi út megállók között történtek.

1. ábra Pethényi út - Királyhágó tér útvonal és szintrajz

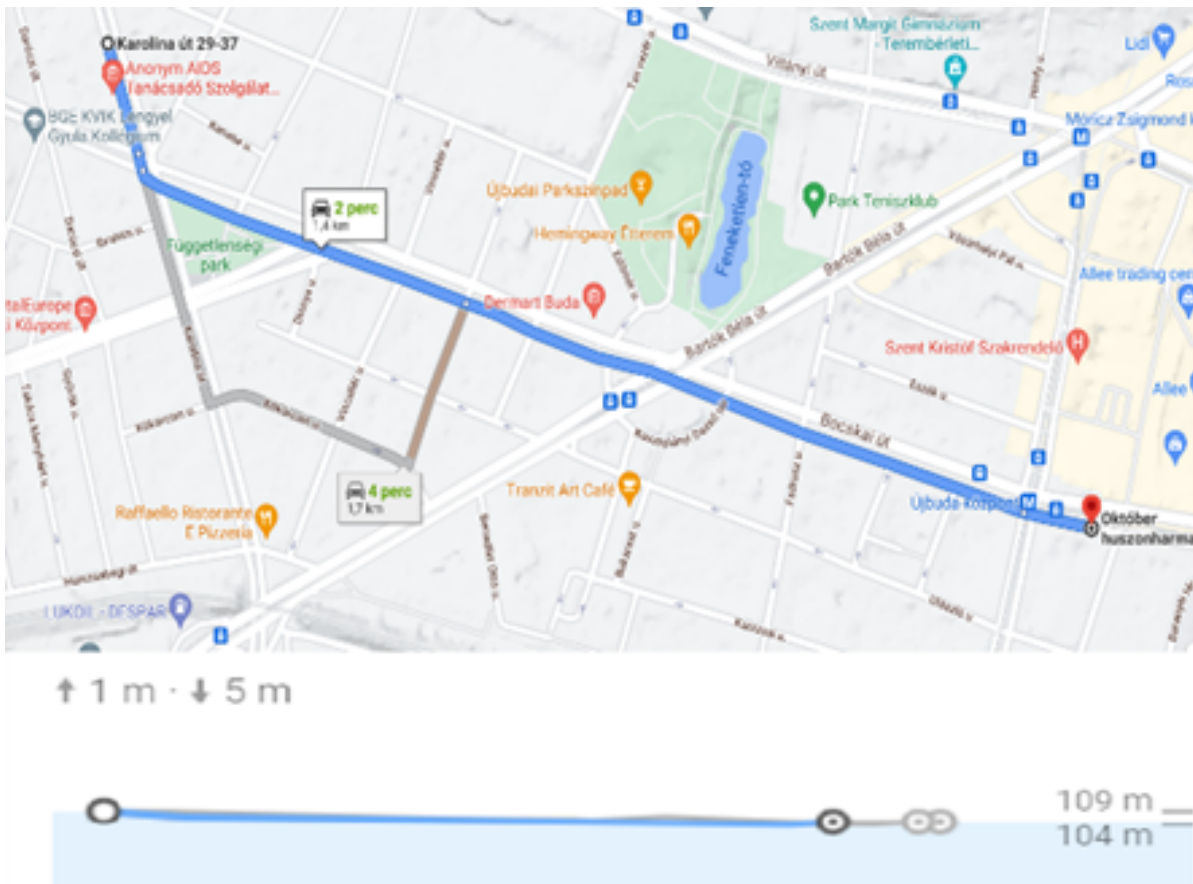


Forrás: Saját szerkesztés (www.maps.google.com)

Minden esetben mérésre kerültek az x, y, z irányú gyorsulásértékek, ahol az y irány a jármű hossz tengelyét, a z a függőleges irányt, az x értékek pedig az oldalirányú gyorsulásokat jelentik. A méréseket minden esetben 5-5 alkalommal végeztünk el.

Kérdés volt, hogy értelmezhető-e valós mérési körülmények között a hegymenet és lejtmenet között különbség, illetve, hogy az ellentétes irányok ugyanazon útvonalon megfeleltethetők-e egymásnak, valamint, hogy található-e szignifikáns eltérést a hegyi szakaszok és a sík szakaszok között.

2. ábra Diószegi út – Újbuda-központ útvonal és szintrajz



Forrás: Saját szerkesztés (www.maps.google.com)

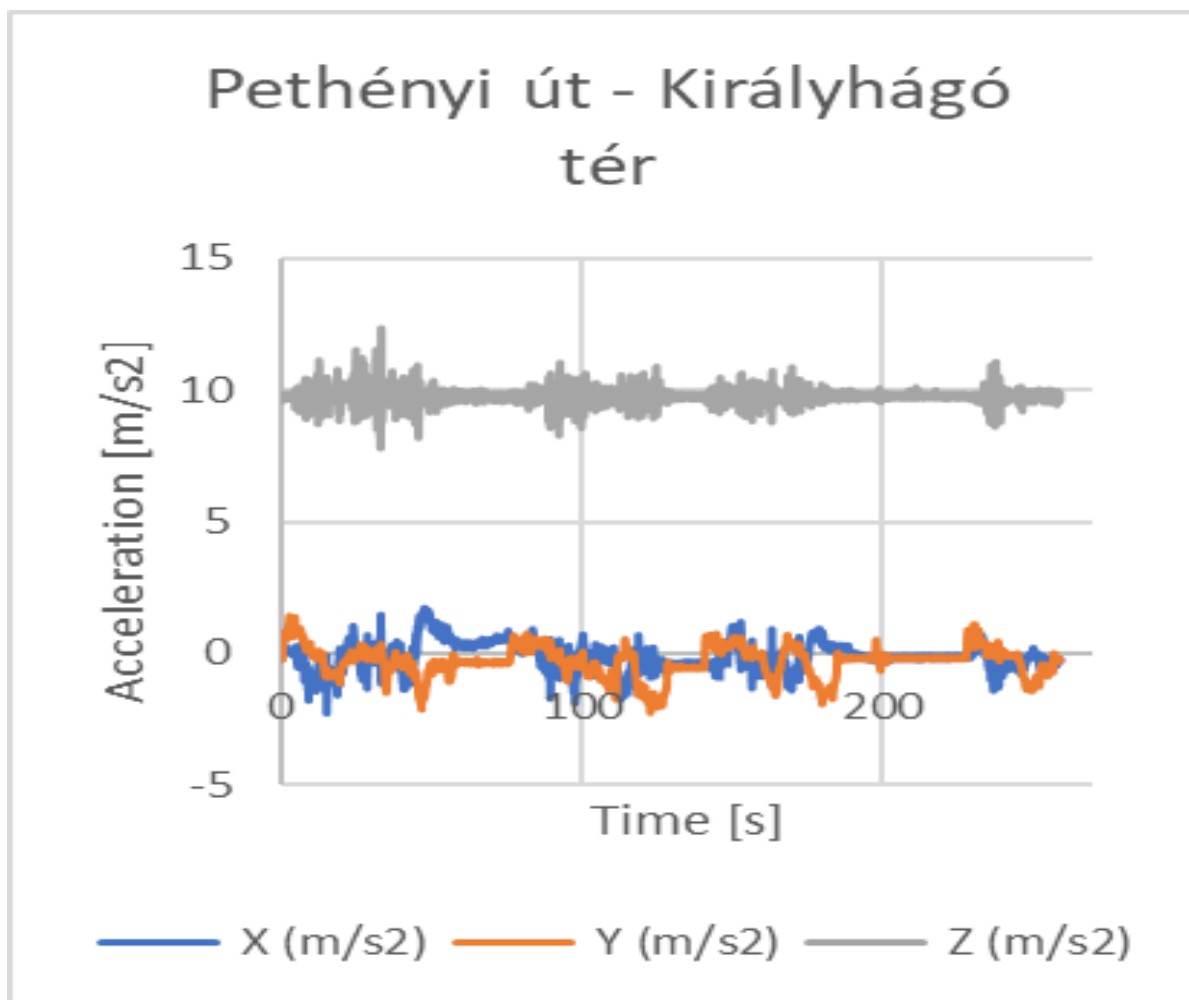
További méréseket végeztünk álló helyzetben járó motor mellett is, hogy ki lehessen szűrni a motor alapjáratú rezgéseit a z irányú gyorsulásokból.

3. Eredmények

A mérések során kapott adatsorokat – a megfelelő elemzés és értelmezés érdekében – meg kell tisztítani. Ez azt jelenti, hogy az adatsorok mindegyike ugyanott kell, hogy kezdődjön és végződjön (pl. indulás a megállóból). Ez a valós mérések esetén nem megvalósítható, adatvesztés nélkül, így inkább korábbi indítással esetlegesen megjelenő felesleges adatokat törölni kell.

Egy így kapott tisztított eredmény látható a 3. ábrán.

3. ábra Pethényi út - Királyhágó tér útvonalon felvett gyorsulásértékek

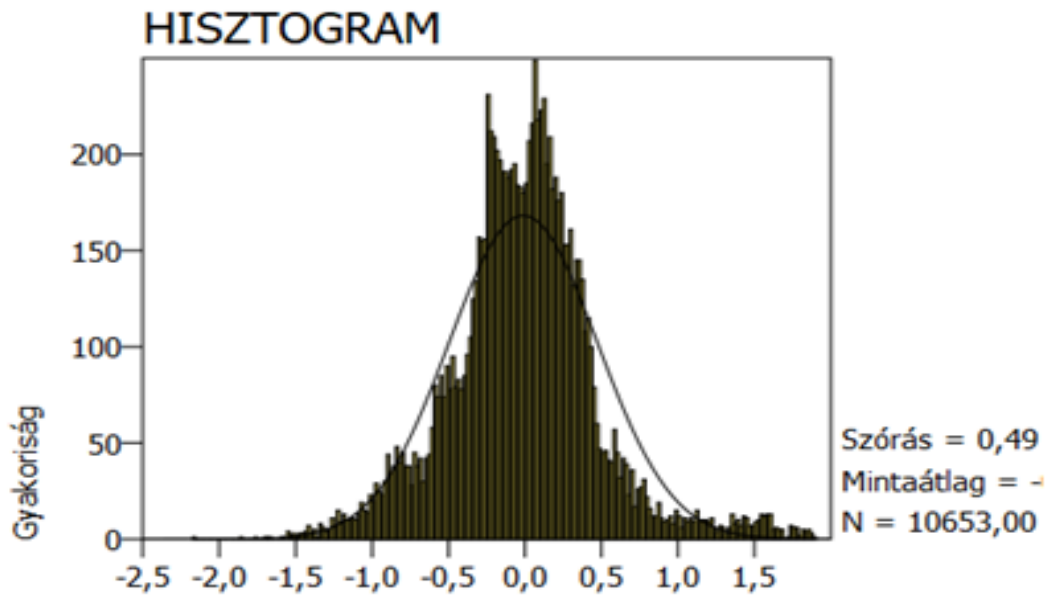


Forrás: saját szerkesztés

4. Analízis

A kapott eredmények megfelelő értelmezése érdekében célszerű statisztikai elemzést végezni. Egy ilyen statisztikai kiértékelés eredményét láthatjuk az alábbi ábrákon.

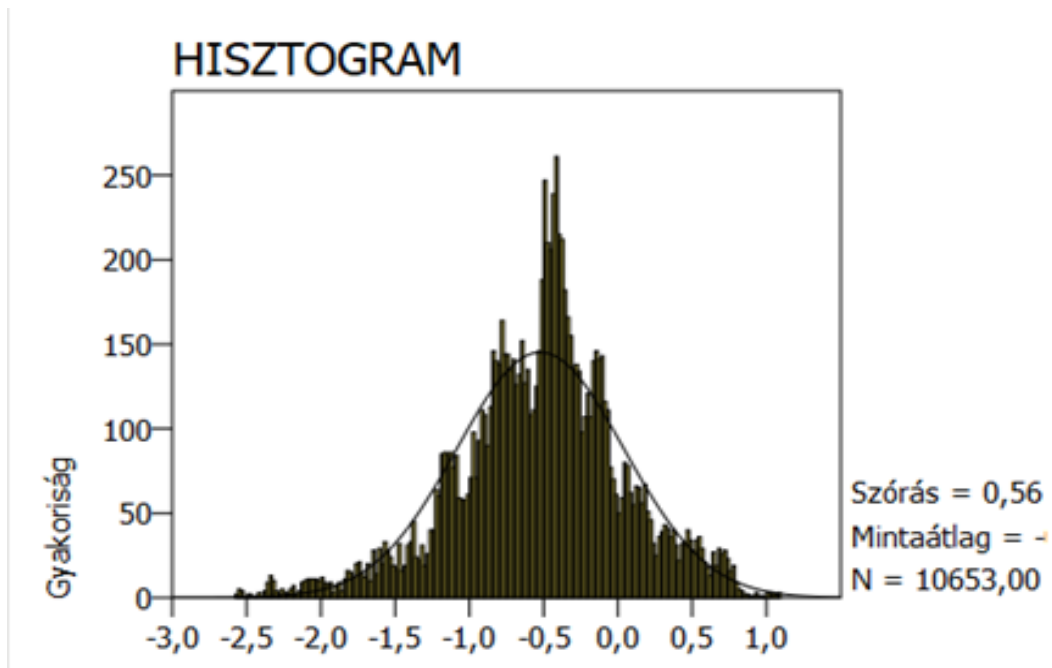
4. ábra Pethényi út - Királyhágó tér útvonalon felvett x irányú gyorsulásértékek statisztikai kiértékelése



Forrás: saját szerkesztés

A 4. ábrából könnyen leolvasható, hogy megközelítőleg nulla körül rendeződnek az értékek, kis szórással. Ugyanakkor a görbe nem teljesen szimmetrikus, ami - az x irányú gyorsulásértékekről lévén szó – azt jelenti, az egyik irányban feltételezhetően több volt a kanyar.

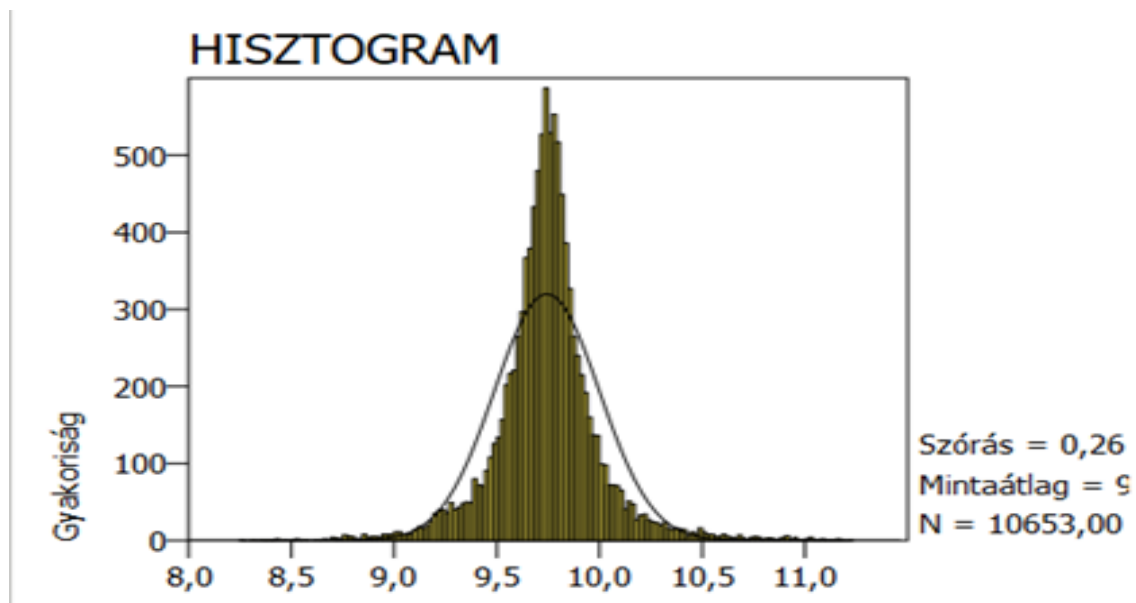
5. ábra Pethényi út - Királyhágó tér útvonalon felvett y irányú gyorsulásértékek statisztikai kiértékelése



Forrás: saját szerkesztés

Az 5. ábrán a hosszirányú gyorsulásértékek statisztikai kiértékelése látható ugyanazon a szakaszon. Az ábrából jól kivehető a haranggörbe ferdesége, az átlagérték $-0,52$ m/s ami egyértelműen arra utal, hogy lejtőn közlekedtünk. Tehát az eredmények jól tükrözik az 1. ábra alsó részén is látható szintrajzot, azaz a lejtőn történt vizsgálati körülményeket.

6. ábra Pethényi út - Királyhágó tér útvonalon felvett z irányú gyorsulásértékek statisztikai kiértékelése



Forrás: saját szerkesztés

A 6. ábrát vizsgálva rögtön feltűnik, hogy a középértéke $9,81 \text{ m/s}^2$ körülire adódik, ami normális, hiszen ez a gravitációból származó gyorsulásérték folyamatosan hat, az útgerjesztésből adódó gyorsulásértékek erre szuperponálódnak. Mind emellett kivehető a haranggörbe csúcossága is.

Bár a diagramok megmutatják a lényegét, a pontos számadatokat is érdekes lehet megvizsgálni. Így pl. látható, hogy pontosan számszerűen mik a középértékek, milyen a terjedelme a kapott értékeknek és mik a minimum és maximum értékek.

A kapott eredmények megmutatják, hogy jelenleg ember által irányított közúti tömegközlekedési eszközön - valós forgalmi körülmények között – megközelítőleg milyen gyorsulásértékekkel közlekedünk. Ez fontos kiindulópont az autonóm járműirányítás esetén, hiszen az emberi sofőrök jól képzettek és igyekeznek az utaskomfortot a lehető legmagasabb szinten tartani, miközben felveszik a közlekedő környezet (többi jármű) ritmusát. Amikor egy autonóm járműirányítást tervezünk, akkor ezekből az adatokból könnyen kiolvashatók a tervezési célértékek, a komfortzóna megengedett határai stb.

5. Összefoglalás

Összefoglalásképpen megállapítható, hogy napjaink egyik fő fejlesztési iránya az autonóm járműirányítás egy nagyon sokat vizsgált, ugyanakkor rendkívül szerteágazó, tudományterületeken átívelő téma. A megfelelő járműtrajektóriák megtervezéséhez a megfelelő célokat is meg kell tudni határozni. Ez sokszor nem technológiai kérdés. Ilyen eset pl. az emberek komfortérzete is, ami persze egyénekenként és utazási típusonként is nagyon eltérő lehet. Bár a technológia lehetővé tenne lényegesen erősebb hajtásokat, nagyobb sebességeket is, de a gyorsulásból származó igénybevételeket már sokkal kevésbé tolerálja az emberi szervezet. A jelenlegi nem autonóm járművek esetén is lehetséges volna nagyobb sebességekkel és nagyobb gyorsulásokkal közlekedni, de azt az utazóközönség nem igazán tolerálná, így a sofőrök tulajdonképpen egy megszokásokon és rutinon alapuló normát követnek. Ezt ugyanakkor egy autonóm jármű számára számszerűsített adatokkal kell megadni. Ehhez pedig szükséges a jelenlegi, komfortzónán belüli közlekedés során megvalósuló gyorsulásértékek számszerű ismerete. Mivel azonban ezek a gyorsulásértékek a különböző közlekedési helyzetektől függően jelentősen eltérhetnek, így célszerű hosszabb, releváns, az adott járműre jellemző összes körülményt tartalmazó helyzetet elemezni. Ez viszont sok mérési adatot eredményez, így szükségessé teszi az eredmények statisztikai kiértékelését.

A statisztikai kiértékelések alapján meghatározható a kapott eredmények alapján, hogy hegymenetben, lejtmenetben üzemelt-e a jármű (hossztengellyel párhuzamos y-gyorsulásértékek, melyekre vízszintestől eltérő esetben hatással van a g gravitációs gyorsulás), így ezen üzemek sajátosságaira is következtethetünk.

Az itt bemutatott módszer és az elvégzett mérések, illetőleg azoknak statisztikai elemzése alapján már könnyen meghatározhatóvá válnak a járműtrajektóriák tervezési paraméterei. Itt érdemes meghatározni, hogy pl. az eredmények belső 95%-át tekintjük elfogadhatónak.

6. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönik az FIKP TKP 2020, Járműtrajektória predikciós lehetőségeinek vizsgálata klasszikus módszerekkel című projekt támogatását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Fichera, G., Scionti, M., and Garescì, F., "Experimental Correlation between the Road Roughness and the Comfort Perceived In Bus Cabins," SAE Technical Paper 2007-01-0352, 2007, <https://doi.org/10.4271/2007-01-0352>.
2. Ficzeré, P., Lukács, N.: Examination of possibilities of the strength modification in the case of FDM/FFF manufacturing technology, Design of Machines and Structures, 10 : 2 pp. 27-34. 8 p. (2020)
3. M. J. Griffin (2007) Discomfort from feeling vehicle vibration, Vehicle System Dynamics, 45:7-8, 679-698, DOI:10.1080/00423110701422426
4. Seregi, B. L., Ficzeré, P., Borbás, L.: Fémalkatrészek additív és szubtraktív módon történő gyártásának összehasonlítása, Acta Periodica (Edutus) 22 pp. 18-32. , 15 p. (2021)
5. Székely, P., Ficzeré, P.: The Examination of Dynamic Effects of Shape Optimized Vehicle Components, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 45(2), pp. 90-93., (2017), <https://doi.org/10.3311/PPtr.9875>