

Személygépjárművekben alkalmazható több szenzoros útfelület minőségmérő eszköz fejlesztése

Development of a multi-sensor road surface quality measurement device for passenger vehicles

NAGY Roland¹ (MSc), SZALAI István² (DSc)

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet
H-8900 Zalaegerszeg, Gasparich Márk u. 18/A. C. ép., www.mechatronikazeg.uni-pannon.hu

¹ nagy.roland@mk.uni-pannon.hu; ² szalai@almos.uni-pannon.hu

Abstract

We present the development and testing of a multi-sensor road quality measurement system for passenger cars. The measurement device includes piezoelectric accelerometers, an inertial measurement unit (IMU) and a laser range sensor. The compact design and ease of use of the device allow a wide range of applications without the need for special modifications to the test vehicle. The measurement system has been used to perform a wide range of measurements on both automotive test track surfaces and road surfaces of varying quality.

Keywords: road quality measurement, road vehicle, data acquisition, acceleration sensing

Kivonat

Közleményünk egy személygépjárművekben alkalmazható, több szenzort alkalmazó útminőségmérő rendszer fejlesztését és tesztelését mutatja be. A mérőeszköz piezoelektromos gyorsulásérzékelőket, inerciális mérőegységet (IMU) és lézeres távolságmérő szenzort tartalmaz. Az eszköz kompakt felépítése és egyszerű kezelhetősége széleskörű alkalmazhatóságot tesz lehetővé, a tesztjármű speciális átalakítása nélkül. A mérőrendszerrel számos mérést hajtottunk végre járműipari tesztpálya és különböző minőségű közutak felületein egyaránt.

Kulcsszavak: útminőségmérés, gépjármű, adatgyűjtés, gyorsulásérzékelés

1. BEVEZETÉS

Különböző frekvenciájú és amplitúdójú rezgések minden mozgó járműben előfordulnak, legyen az akár teher- vagy személygépjármű. A rezgések származhatnak a gépjárműből, főként a belső égésű motoroktól és adódhatnak külső tényezőkből, például az útfelületből, úthibákból. A modern gépjárműveket már egyre finomabb működésű, jól kiegyensúlyozott motorokkal szerelik, így a gépjárművet érő vibrációt főként az útfelület minősége, egyenletessége határozza meg.

A gépjárműben fellépő rezgések káros hatással vannak jármű komponenseire mechanikai szempontból és a járműben utazó személyekre egészségügyi szempontból egyaránt. Ezen hatások csökkenthetik az alkatrészek élettartamát, meghibásodásokat okozhatnak a futóműben, például a szilentblokkoknál. Ezen hatások egyúttal jelentősen növelhetik a jármű általános fenntartási költségeit. Számos egészségügyi probléma társítható a gépjárműben fellépő rezgésekhez. Gyakori a gerincfájdalom, máj sérülés és a mozgásszervi problémák, továbbá a karosszéria lengései és rázkódásai negatívan befolyásolhatják az utazási komfortot. Az előbb felsorolt egészségügyi, balesetbiztonsági és anyagi költségek miatt rendkívül fontos a közúthálózat megfelelő állapotban tartása, a fellépő úthibák minél előbbi javítása. [1]

Közgazgatási szempontból az egyes útszakaszok felújítási munkálatait megelőzően szükséges egy átfogó vizsgálat végrehajtása. Többek között ennek elengedhetetlen része az úthálózat állapotának felmérése és egy könnyedén értelmezhető, objektív adatokat tartalmazó adatbázis létrehozása.

Magyarország közúthálózatán az útminőség felmérése nagyrészt vizuális megfigyelés alapján, az útszakaszok minőségi kategóriába sorolása szubjektív módon történik. A rendelkezésre álló, speciális

kialakítású útfelület minőségmérő rendszerek alkalmazása rendszerint költséges alternatívát jelentenek, használatuk nagy méretük miatt problémás, felszerelésük csak az erre a célra kialakított járműre lehetséges. [2][3]

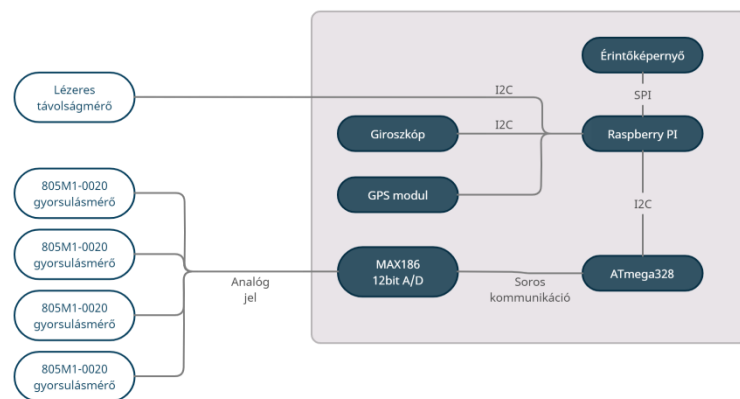
Munkánk célja ezen problémák alapján egy kompakt felépítésű, alacsony költségvetésből megvalósítható útminőség mérésére alkalmas berendezés fejlesztése, amely tetszőlegesen, bármely gépjárműre felszerelhető, annak átalakítása nélkül. A rendszer megbízhatóságát, pontosságát szenzorfüzió által és különböző adatfeldolgozási módszerekkel biztosítjuk.

2. A MÉRŐRENDSZER FELÉPÍTÉSE

A mérőeszköz alapja egy Raspberry PI 4 mikroszámítógép, mely az egyes hardveres részegységek vezérlését, az adatmentést és a külső perifériák vezérlését biztosítja. Az egylapkás számítógép elegendő számítási kapacitással rendelkezik több külső mikrokontroller vezérléséhez és a kommunikáció megvalósításához, közvetlenül elérhető digitális csatlakozói támogatják az elterjedt kommunikációs szabványokat, továbbá az USB és HDMI csatlakozók segítségével érintőképernyő is csatlakoztatható az eszközhöz.

Az útfelületi hibák detektálása három különböző szenzortípus alkalmazásával történik. A gépjármű futóművére 805M1-0020 típusú piezoelektromos gyorsulásérzékelőket helyezünk, melyek az útfelület egyenetlenségéből bekövetkező elmozdulásokat, az abból keletkező gyorsulást közvetlenül detektálják. Ezen érzékelőket a jármű négy sarkában, a lengőkarokon helyezük el, így a csillapító és rugalmas elemek kevésbé befolyásolják a mérés eredményét. [4] Az útminőségmérő rendszer tartalmaz egy VL53L0X típusú lézeres távolságmérő szenzort a jármű alvázára szerelve, mely folyamatosan rögzíti a jármű karosszériája és az útfelület közötti távolságot. A szenzor alkalmazásával meghatározható az egyes úthibák kiterjedése, mélysége, mely fontos szempont lehet útfelújítási munkálatok ütemezésekor. A jármű karosszériájának mozgásait az utastérben elhelyezett MPU6050 típusú inerciális mérőegységgel (IMU) detektáljuk. Az szenzoregység egy 3 tengelyű gyorsulásmérő és egy 3 tengelyű giroszkóp érzékelőt tartalmaz. Ezen adatok alapján elkülöníthetők a nagyobb úthibák, szenzorfüziós módszerek segítségével csökkenthetők a járművel végzett manőverek, például kanyarodás és fékezés hatása a mérési adatokra.

A vezérlőegységek, az egyes áramköri alkatrészek és az IMU egység egy tokozásban helyezkedik el. A mérőrendszer összefoglaló felépítését a fő részegységekkel és az alkalmazott kommunikációs szabványokkal az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra A mérőrendszer sematikus felépítése

A piezoelektromos gyorsulásérzékelők analóg kimenetei egyedileg tervezett jelkondicionáló áramkörökhöz csatlakoznak, melyek erősítő, eltoló és szűrőelemeket tartalmaznak. Az optimalizált analóg jel digitalizálása egy 12-bites MAX186 típusú A/D konverterrel történik, mely biztosítja a 0 - 5 V tartományú bemenő jel 1 mV pontosságú felbontását. A konverter kimenete soros kommunikációval érhető el, így a digitalizált értékek kiolvasásához egy ATmega328 típusú mikrokontrollert alkalmazunk, ezzel egyben adatpuffert létrehozva a Raspberry PI egység tehermentesítése és a mintavételezési frekvencia növelése érdekében. A mikrokontroller, a további szenzorok és a Raspberry PI között I²C kommunikációs protokoll biztosítja a kapcsolatot single-master, multi-slave rendszerben. Mivel a mikroszámítógép 3.3 V, a további elemek pedig 5 V jelszinten működnek, ezért a kommunikáció kiépítése egy kétszatos szintillesztő áramkör illesztésével történt. A mérések során a helyzet adatokat egy Waveshare SIM7600 típusú GPS modullal rögzítjük, amely közvetlenül csatlakozik a Raspberry vezérlőegységhez. A mérőrendszer

mintavételi frekvenciája 160 Hz, míg a helyzet adatokat az eszköz 10 Hz frekvenciával rögzíti. Az adatgyűjtő és -rögzítő elemek mellett megterveztük a rendszerhez illeszkedő tápegységet. Ennek 7.5 V – 35 V bemeneti feszültségtartománya lehetővé teszi a gépjármű szivargyújtó csatlakozójáról történő üzemeltetést. Az elkészült mérőrendszer belső felépítését a 2. ábra mutatja.



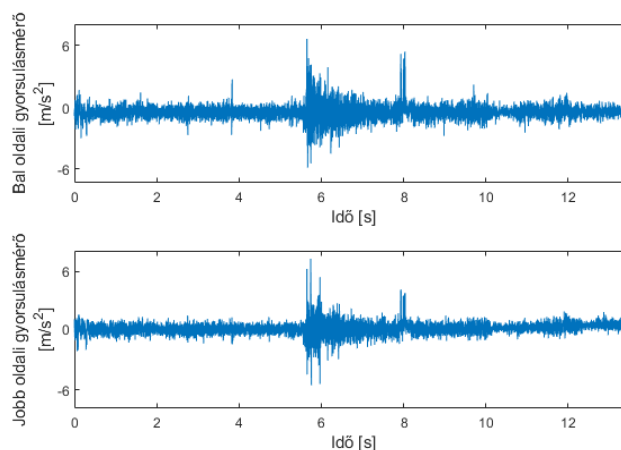
2. ábra Az elkészült útminőségmérő eszköz vezérlőegysége

A mérőrendszer vezérlése és az aktuális adatok kijelzése egy érintőkijelző segítségével történik. A mérési folyamat indítása és leállítása, az esetleges hibák kijelzése Python nyelven fejlesztett grafikus kezelőfelület (GUI) segítségével történik. Ezzel kiválaszthatók az aktuálisan használni kívánt szenzorok, ellenőrizhető a GPS kapcsolat, továbbá mobilinternet segítségével a mérési eredmények automatikus felhőtárhelybe menthetők, így gyorsítható a későbbi adatfeldolgozási folyamat.

3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK

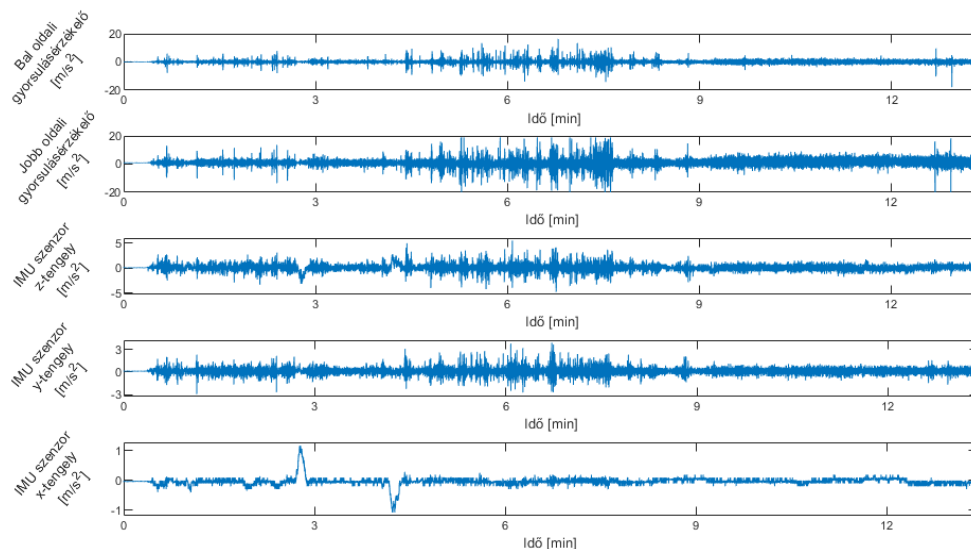
A mérőrendszer elkészítését követően a szenzorokat és az adatrögzítő egységet felszereltük egy Nissan Leaf ZE1 típusú gépjárműre. A kialakított eszközzel számos mérést végeztünk a zalaegerszegi ZalaZONE járműipari teszt pályán és közutakon egyaránt.

A teszt pályán végzett egyik mérés eredményét a 3. ábra mutatja, amelyen a jármű hátsó tengelyére rögzített gyorsulásérzékelők adatai láthatók az idő függvényében. A teszt során a járművel 60 km/h sebességről hajtottunk végre intenzív fékezést a jármű teljes megállásáig.



3. ábra A gyorsulásérzékelő szenzorok adatai az idő függvényében a ZalaZONE teszt pályán végzett mérés esetén

Az adatokból jól megfigyelhető a fékezés pillanatában nagyságrendekkel megnövekedett függőleges irányú gyorsulás, melynek amplitúdója a jármű megállásával jelentősen csökken. A teszt során az útfelület minősége változatlan volt, azonban a manőver végrehajtása jelentősen befolyásolta a mérés eredményét. A járműipari teszt pályán elvégzett mérések lehetőséget adnak a közlekedési manőverek vizsgálatára, melyek torzíthatják az útfelület egyenetlenségéből adódó jeleket. Egy közúti mérés során rögzített adatokat a 4. ábra mutatja a gyorsulásérzékelő és IMU szenzorokra vonatkozóan.



4. ábra A gyorsulásérzékelő és IMU szenzor által rögzített adatok egy közúti mérés esetén

Az útfelület minőségétől függően az adatsorok amplitúdója alapján több különböző, összefüggő szakasz rajzolódik ki. A mérés első szakaszát közepes minőségű útfelületen végeztük, míg az ezt követő szakasz minősége rosszabb volt. Az útvonalon nagy kiterjedésű kátyúk, felületi rétegleválások jelentkeztek. A mérés végső részében az útfelület jó minőségű, nagyobb hibáktól mentes volt. A mérés útvonalát a rögzített GPS koordináták alapján az 5. ábra mutatja.



5. ábra A közúti mérés útvonala a rögzített GPS koordináták alapján

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az útminőség mérésére kifejlesztett mérőeszköz az elvégzett tesztek során megfelelően működött, az eredmények minden esetben megegyeztek vizuális megfigyelésünkkel. A teszt pályán végrehajtott mérések eredményéből jól megfigyelhetők voltak a manőverekből adódó hibajelek. Az adatokból továbbá a jelamplitúdók jármű-sebességfüggése is kirajzolódott.

A bemutatott eredmények alapján a továbbiakban különböző szenzorfüziós módszerekkel és adatfeldolgozó algoritmusok segítségével növelnénk a mérőrendszer megbízhatóságát és pontosságát.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közlemény a TKP2020-NKA-10 számú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2020. évi Tématerületi Kiválóság Program pályázati program finanszírozásában valósult meg, továbbá a programot a ZalaZONE Autóipari Próbapálya Zala Kft. támogatja.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Raghavendra P., Sachin M., Srinivas P. S., Talasila V.: *Three dimensional road quality measurement and analysis*, International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing, 2014, 377-381.
- [2] Szántó M.: *Közúti adatbázisok valós idejű frissítése közösségi megoldás alkalmazásával*, Útügyi Lapok, Budapest, 2017, 5(1), ISSN 2416-2175, 13-18.
- [3] Kertész I., Lovas T., Barsi A.: *Measurement of road roughness by low-cost photogrammetric system*, 2007, https://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/5-c55/papers/kertesz_imre.pdf (Utolsó letöltés: 2022.02.16).
- [4] Kádár L., Varga F., Kófalusi P.: *Közúti járművek szerkezetana*, BME-MOGI, Budapest, 2014.