



Közúti adatbázisok valós idejű frissítése közösségi megoldás alkalmazásával

Szántó Mátyás

Kivonat: Az alábbi cikkben bemutatott eljárás segítségével egy olyan közösségi közreműködésen alapuló rendszer hozható létre, melyben az egyes mozgó ágensek (járművek) az általuk az utak felületéről készített képfolyamot egy felhőbe továbbítják, ahol ezek feldolgozásra kerülnek, és az így létrejövő információval egy útdatbankot támogatnak. Cikkemben ismertetek néhány manapság használatos útminőség-vizsgálati rendszert és azok korlátait, bemutatom egy crowdsourcing alapú útfelület ellenőrző rendszer tervezett struktúráját. Kitérek e rendszer működéséhez elengedhetetlen szenzor megvalósíthatóságának vizsgálatára, melyet egy általam készített működési modell bemutatásával szemléltetek.

Kulcsszavak: útfelület-ellenőrzés, közösségi közreműködés, crowdsourcing, közúti adatbázisok, gépi látás, úthibák, felhőalapú feldolgozás

1. Bevezetés

Napjainkban folyamatosan növekszik az úthálózatok kihasználtsága, terheltsége, ami szükségszerűen az útfelületek gyorsuló romlását, elhasználódását vonja maga után. Az Európai Unió 28 tagállamában 1995 és 2011 között éves szinten átlagosan 1,1%-kal növekedett a gépjárműhasználók (utasok, autóvezetők, kamionsofőrök, motorosok stb.) által az úthálózatokon megtett távolság. Ennek ellenére a közúti közlekedésbiztonság folyamatos javuló tendenciát mutat: 2001 és 2010 között 43%-kal csökkent a tagállamokban a halálos kimenetű balesetek száma. Ez a trend nagyban köszönhető annak az irányelvnek, melynek értelmében az Európai Unió szerette volna a végzetes balesetek áldozatainak számát 2001-hez képest 2010-re a felére csökkenteni, és mivel ezt a számot nem sikerült elérni, ezért a következő 10 évre is ugyanezt a célt tűzte ki. Ez a direktíva hajtórugója a közúti beruházásoknak, melyek segítségével a tagállamok az úthálózatukat tudják karbantartani [Gleave et al., 2014].

A közlekedési kapcsolatok, útszakaszok karbantartási-felújítási munkálatait megelőző döntés-előkészítési folyamatok során elengedhetetlen egy több tényező figyelembevételével végrehajtott átfogó elemzés lefolytatása. Az ilyen elemzési módszerek szempontjai, kritériumai [Gulyás, 2012]:

- a vizsgált útszakaszon realizálódó forgalom nagysága,
- a tervezett beavatkozás becsült költsége és élettartama,
- a hálózati és elérhetőségi jellemzők,
- a közösségi közlekedés megléte,
- az adott út relatív társadalmi-gazdasági jelentősége,
- az útállapot-jellemzők.

Ezen adatok legnagyobb része az útfelügyeleti hatóságok által létrehozott és üzemeltett közúti adatbázisokban elérhető.

Az Országos Közúti Adatbázisban (OKA) található adatok egy része ún. nem változó adat. Ilyen például egy adott szakasz hálózati szerepe, melyet az adat keletkezésével egyszerre visznek be a rendszerbe. Ezen



1. **Ábra.** ROADMASTER-G terepi adatfelvő készülék [Tóth, 2015]

adatok frissítésére – természetükből adódóan – nincs szükség.

Az időben változó adatok aktualizálását azonban ismétlődő mérésekkel tudják megtenni, melyek periódusideje az adattípustól függően adott. Ilyen információ például az útburkolat pillanatnyi minősége [Szakos, 2015]. Az útburkolat minőségének felmérésére napjainkban alkalmazott technikák:

- vizuális felmérés, amely főleg projektmérésekben alkalmazható,
- manuális adatrögzítés automatikus tárolással és feldolgozással, amely hálózatrészek mérésére alkalmazható,
- automatikus felmérés, amely hálózati és projektmérésekre egyaránt alkalmazható.

2. Útfelület-ellenőrzési eljárások Magyarországon

Magyarországon a manuális adatrögzítés eszköze a ROADMASTER útfelületállapot-minősítő eljárás. Ennek során egy felkészült útvizsgáló szakember a vizsgálandó szakaszon (autóval) végighaladva szemrevételezi az út felületét, majd szakszerűen definiált burkolathibatípus-osztályokba sorolja az azon látható anomáliákat. A hiba észlelésének helyén a szakember a ROADMASTER-G terepi adatfelvő készülék (1. ábra) segítségével rögzíti az adatokat, melyekhez az eszköz GPS-koordinátákat és adatrögzítési időpontot rendel [Tóth, 2015].



2. **Ábra.** A Magyarországon használthoz hasonló Ramböll RST tesztjármű [Ramböll: Vagytemätning – Vagnät]

Egy ehhez hasonló, azonban jobban automatizálható módszert javasol Markó és Primusz: az eljárás során az út egy-egy 10 m-es hosszúságú szakaszáról fényképet készítenek, majd a fényképeket egy egyedi szoftver segítségével kiértékelik. Az eljárás eredményeként rögzíthető a vizsgált szakasz felületi hibáinak pontos helye, valamint összes területe. A szerzők a mérési eljárást sikeresen tesztelték is a 81114 jelű közúton [Markó–Primusz, 2013].

Az automatizált felmérést megvalósító berendezések rendszeres használata segítségével lehet az útburkolatgazdálkodási rendszerek adatszükségletét legjobban kielégíteni. Az ilyen megoldások nagy előnye az előzőekben felsoroltakkal szemben, hogy sokkal gyorsabb működésük mellett a felmérés eredménye objektív, hiszen emberi tényező nem játszik szerepet az adatrögzítésben. Ennek köszönhetően az eltérő időben rögzített adatok összevethetők, a különbségek pedig az útburkolat-állapot tényleges megváltozásának tekinthetők.

Magyarországon is használatos ilyen automatizált mérési céleszköz, a Magyar Közút Nonprofit Zrt. a svéd Ramböll által gyártott RST rendszerrel (Road Surface Tester) végez gyakori útburkolat-felméréseket. A 2. ábrán látható mérőjármű elülső részére rögzített detektor egységben legalább 11 darab lézertriangulációs elven működő távolságmérő található. A mérőrendszer 15 és 90 km/h közötti haladási sebesség esetén képes az út felületére jellemző állapotmutatók (egyenetlenség, nyomvályú, felületi textúra) és geometriai adatok



3. Ábra. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen fejlesztett PHORMS rendszer [Kertész, 2011]

(hosszirányú esés és emelkedés, vízszintes ívsugár) mérésére és továbbítására. A rendszer éves futásteljesítménye cca. 80 000 km (2004-ben) [Kertész, 2011].

Mivel a fentihez hasonló automatikus útburkolat-felmérő rendszerek megvásárlása akár több százmillió forintos költséget is jelenthet az útkezelők számára, ezért Magyarországon vagy mellőzik használatukat, vagy bérlik őket. A bérlet azonban hosszú távon sokkal nagyobb anyagi megterhelést jelent (futott kilométerenként 1000 Ft [2004-es adat]) egy megvásárolt rendszer üzemeltetésével szemben. Egyebek mellett ez a gazdasági megfontolás is hajtórugója volt hazai automatizált útburkolat-felmérő rendszerek fejlesztésének.

A Fővárosi Közterület-fenntartó Zrt. megbízásából a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék a BME Út- és Vasútépítési Tanszék együttműködésével fejlesztette ki a PHORMS (Photogrammetric Road Measurement System) rendszert. A berendezés első változata a burkolat háromdimenziós modelljének előállítására volt képes az egymás után regisztrált keresztirányú profilok összeillesztésével. A rendszer felhasználásával 2008 és 2011 között Budapesten több mint 800 kilométernyi útburkolat felmérését végezték el [Kertész, 2011].

A BKK Közút Zrt. 2012-ben indult fejlesztésének eredményeként létrehozott KARESZ (Közúti Adatgyűjtő Rendszer, 4. ábra) berendezés egy olyan mérőrendszer, amellyel a közutakon, közterületeken található tereptárgyak és geometriák geodéziai szintű felmérése végezhető el [Kovács, 2015]. A működés során a rendszer a



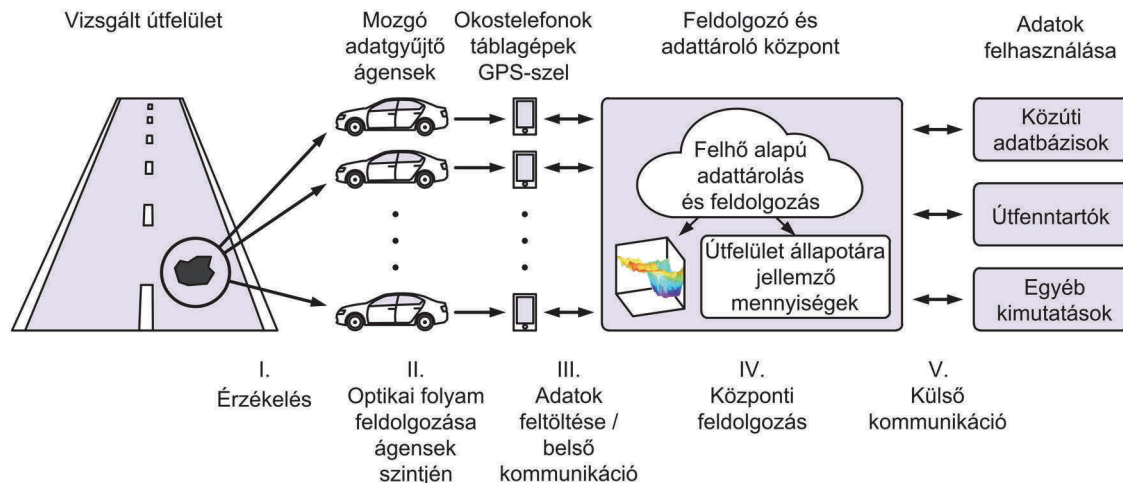
4. Ábra. A BKK Közút Zrt. Közúti Adatgyűjtő Rendszere [BKK Közút, KARESZ ismertető]

vizsgált térrészekről 3D pontfelhőket generál, melyekből az adott útfelületen található nyomvályú(k) helyzete(i), IRI- (International Roughness Index) értékek, és további – a közúti adatbázisokban használatos – adatok, útállapot-jellemzők is kinyerhetők. A közúti adatgyűjtő rendszer használatával 2014. január és 2015. február között Budapest 1300 kilométer hosszúságú fő- és tömegközlekedési útjairól készítették pontfelhőket [Almássy, 2015].

3. Crowdsourcing alapú útfelület-ellenőrző rendszer

Az útfelújítási források leggazdaságosabb elosztásának érdekében, vagyis az úthálózatok karbantartási-felújítási munkálatainak döntés-előkészítési folyamatában folytatott elemzések eredményességéhez elengedhetetlenül fontos, hogy a bemenetükként felhasznált útállapot-jellemző adatok a lehető legnaprakészebbek legyenek. A fent bemutatott rendszerekkel azonban az aktualitás elérése és fenntartása – bérelt berendezés esetén – rendkívül költséges feladat, a nem számottevő mennyiségű saját tulajdonban lévő rendszerrel pedig – a vizsgálandó utak összes hosszúsága miatt – szinte kivitelezhetetlen lenne.

Az itt bemutatott rendszer több mozgó adatgyűjtő ágens által szolgáltatott képi információ feldolgozásán alapul. A korábban bemutatottakhoz hasonlóan ez a megoldás is az útburkolatok minőségét, pillanatnyi állapotát képes rögzíteni, azt felhőbe (adatbázisba) továbbítani, és ott tárolni. E rendszer esetében azonban



5. Ábra. Mozgó ágensek adatgyűjtésén alapuló, útburkolat-minőségi adatbázist támogató rendszer felépítése [forrás: Szántó, 2015]

az egyes ágensek által szolgáltatott adatok összessége időben és térben is nagy adatsűrűséget biztosít. Ez a tulajdonság az, amely lehetővé teszi az adatbázis valós idejű frissítését (naprakészen tartását). A tervezett rendszer felépítése az 5. ábrán látható.

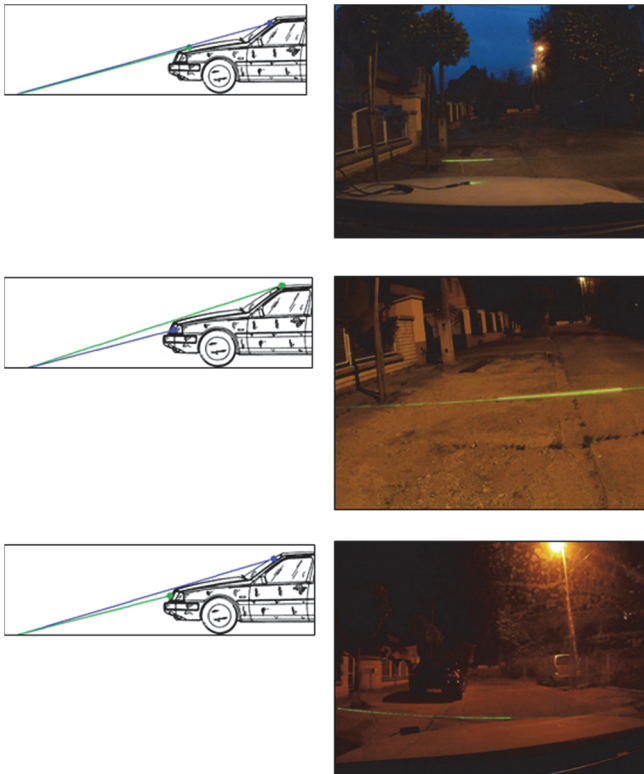
A crowdsourcing rendszerek működésének fontos tényezője, hogy az egyes közreműködők – vagyis a „tömeg” tagjai – minél kisebb kiadások árán tudjanak részt venni a projektben. A módszer kialakításánál így fontos szempont, hogy az adatgyűjtő ágensek (például buszok, kamionok, személyautók) feladata egy, a járművek egyre növekvő hányadában már megtalálható szenzor segítségével nagyrészt elvégezhető legyen, vagyis ne legyen szükség a járműtulajdonosok részéről speciális eszközök beszerzésére és felszerelésére. A napjainkban forgalomba kerülő közép- és felsőkategóriás járművek szinte mindegyikében megtalálható kamera alapú DAS-ek (driver assistance system / járművezetőt támogató rendszerek) funkcionalitása kibővíthető oly módon, hogy az általuk továbbított képek egy vonalas leképező rendszerbe (lézerskenner, vonalkamerás leképezők) illeszthetők legyenek. Az így keletkező vonalképek feldolgozásával a kamera alapú járművezetőt támogató rendszerek alkalmassá tehetők térbeli képek rögzítésére, olyan extrém nagy sebességgel, amelyet a fenti ábrán bemutatott struktúra megkívánhat.

Az itt bemutatott rendszer adatgyűjtési feladatát megvalósító mozgó ágensek – vagyis az egyes járművek –

(vonalas) optikai képfolyamok rögzítésére képesek. Az adatbázisok létrehozásának érdekében szükséges, hogy az utak felületéről nyert képeket az egyes résztvevők a feldolgozó és adattároló központba juttassák. Azért, hogy a hálózati kommunikáció során a képfolyamok által generált adatmennyiség ne terhelje meg túlságosan a „tömeg” tagjainak adatforgalmát, a készített képeket még az adatgyűjtő ágensek szintjén fel kell dolgozni. Az előfeldolgozás után továbbított adat(ok) lehet(nek) például egy keresztirányú profil vagy akár már kifejezetten a vizsgált útszakaszhoz tartozó felületi állapotjellemző(k).

A rendszer tervezésekor fontos szempont volt tehát, hogy a berendezés egy kamera alapú járművezetőt támogató rendszerből kiindulva, annak kis módosításával megvalósítható legyen. A sávellahagyás-felügyeleti rendszer kiindulásként való használata mellett az szölt, hogy az ilyen rendszerek kamerája – a rendszer alapfeladatának ellátása érdekében is – a jármű előtti útfelületet pásztázza. Ha e detektor felbontása és a képkészítési frekvenciája (fps, frame per second) a valós idejű kiértékelhetőséghez nem túl alacsony, akkor ez a rendszer a crowdsourcing megvalósíthatóság szempontjából ideális kiindulást jelenthet.

Egyes kamera alapú DAS-rendszerek egy kisebb módosítás árán – egy lézercsík vetítésével – fényképes elven működő profilométerre alakíthatók.



6. Ábra. Útfelület-ellenőrző vonalas leképezőrendszer lehetséges kialakításai (balra) és az adott struktúrában készített tesztképek (jobbra) [Szántó, 2015]

Ezt a módosítást elvégezve a rendszer korábbi funkcionalitása is megmarad, és csupán egy másodlagos funkció, alternatív felhasználási lehetőség jön létre. A járművek haladási irányába eső útfelület térbeli képének kiszámítása manapság már valós igény a járműiparban [Mercedes-Benz, 2013].

A lézerkéses trianguláció a profilometriai alkalmazások során egy elterjedten alkalmazott módszer, ezért várható, hogy a lézercsík-vetítés is fel fog merülni ilyen típusú DAS-rendszerek tervezésekor. Az autóiparban már megjelentek olyan világítási technikák is, amelyek lézerfényforrás alkalmazásán alapulnak. Ezek segítségével egy projektorhoz hasonlóan a fényszóró bármilyen mintát ki tud vetíteni az autó előtti felületekre, vagyis a strukturált fény (csík) vetítése az útburkolatra már megoldható ilyen járművekben [Göbolyös, 2015]. A korábban említettek mellett ezért is célszerű választás a lézerkéses triangulációs technikán alapuló szenzor választása a rendszer tervezése során.

3.1 Megvalósítás

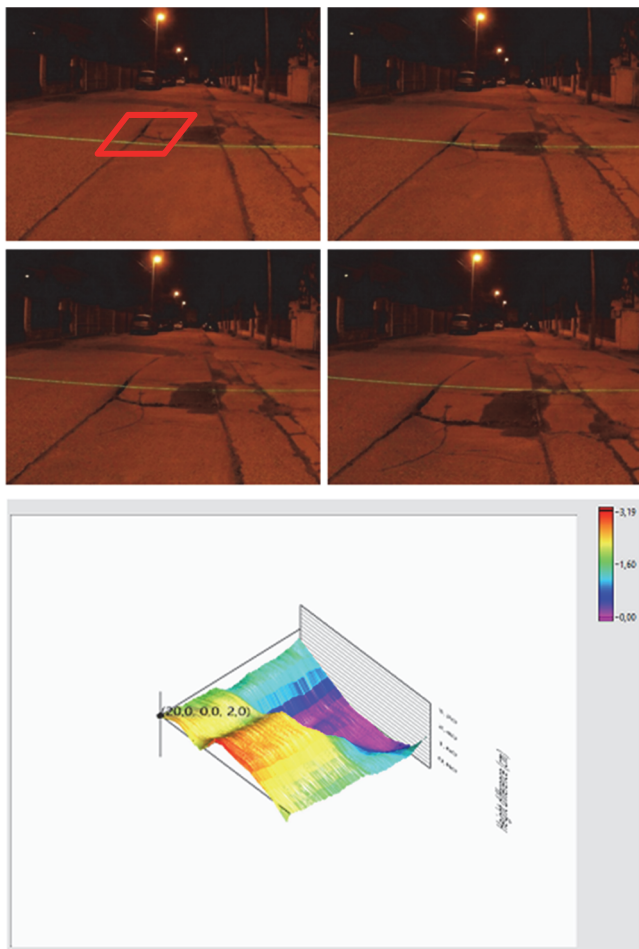
Az alábbi eljárás a fent ismertetett crowdsourcing alapú útfelület-ellenőrző rendszer egyes adatgyűjtő ágensein implementálandó szenzor megvalósíthatóságának vizsgálatára készült. A megvalósított érzékelő a következő elemekből épül fel:

- az alkalmazott jármű, amelyre a szenzor egyes részei felszerelésre kerültek (Volvo 440 típusú személygépjármű),
- ConCorde HD30 menetrögzítő kamera (1080p felbontás, 30fps)
- lézerforrás: vonalsugárzó ($P = 2\text{mW}$, zöld lézerfény, 120° -os vetítési szög).

A lézertriangulációs eszközök működését nagyban befolyásolja az ún. triangulációs szög nagysága, vagyis a lézerfény vetítési iránya és a detektorként használt kamera optikai tengelye által bezárt szög mértéke. A 6. ábrán a megvalósíthatóság-ellenőrzés során tesztelt különböző geometriai kialakítások láthatók. Az ábrákon a zöld pont a lézerforrás helyét, a zöld szakasz pedig ennek vetítési irányát jelöli. Hasonlóan, a kamera helyét kék pont, optikai tengelyét pedig kék szakasz jelöli. Az egyes geometriai kialakítások mellett látható képek az adott struktúrában készített tesztképek.

A képek feldolgozását LabVIEW környezetben elkészített algoritmus végzi, amely a mélységi képek kiszámítása során a differenciális trianguláció technikáját alkalmazza. Ez a módszer a lézertriangulációs és a differenciaképeken alapuló módszerek egyes előnyeit kihasználva jut el a felületi struktúra meghatározásáig. A feldolgozási folyamat legfontosabb lépései:

1. **Képek betöltése a szoftverbe:** A menetrögzítő kamera a rögzített videó(ka)t, illetve képe(ke)t egy microSD-kártyán tárolja. A memóriakártyát a számítógéphez csatlakoztatva lehet ezeket a programba betölteni.
2. **Kalibráció:** Mivel az itt bemutatott eljárás kialakítása során a struktúra állandósága nem volt garantálható, ezért minden kiértékelési ciklus előtt szükséges a rendszer újrakalibrálása. Ez egy referenciakép használatával tehető



7. Ábra. A vizsgált útszakaszról készített képek (felül) és a belőlük létrehozott felület (alul) [Szántó, 2015]

meg, ami minden mérési képsorozat első képe kell, hogy legyen.

3. **Differenciaképek kiszámítása:** A vizsgált felület ideális síktól való különbözőségei – a triangulációs elrendezés miatt – a kamera képén a lézercsík egyenestől való differenciáiként jelennek meg, így az eltérésekből kiszámítható egy mélységértékekből álló egydimenziós tömb, vagyis a lézervonal által megvilágított helyen a felületi profil.
4. **Mélységkép előállítás:** A profiloknak megfelelő tömböket összefűzve az eredmény egy kétdimenziós tömb, melynek elemei az adott pontokban mért magasságértékek. A feldolgozó algoritmus az egymást követő profilokat interpoláció (lépcsős, lineáris, spline) alkalmazásával összefűzi.

A bemutatott berendezés tesztelésére Budapest XVI. kerületében, a Hámfa utcában került sor. A 7. ábrán láthatók a vizsgált útszakaszról készített felvételek és a kiértékelésükkel létrehozott háromdimenziós felület. Az algoritmus a háromdimenziós felületet csupán a vizsgált útszakasz azon részéről számítja ki, ahol a feldolgozási algoritmus első lépésében a kalibráció megtörténik. Ez a régió a 7. ábrán bemutatott képsorozat esetében az első képen pirossal bekeretezett rész.

Nagyobb kiterjedésű útszegmens vizsgálata esetén a kiszámított felületi képeken automatizáltan meghatározhatók az útfelület minőségére jellemző állapotmutatók. A megoldás jellegéből adódóan folyamatosan nagy mennyiségű adat érkezik az egyes adatgyűjtő ágensektől. Az érkező adatmennyiség feldolgozására hasznos megoldást kínálhatnak a manapság igen gyorsan fejlődő és egyre szélesebb körben elterjedő „big data”-feldolgozási módszerek.

5. Összegzés

Az itt bemutatott közösségi közreműködésen alapuló útburkolat-minőségi adatbázist támogató rendszer megvalósítása esetén alternatívát adhat a jelenleg is alkalmazott útfelület-vizsgáló berendezésekre. Kiterjedt alkalmazása esetén a közúti adatbázisokban tárolt útállapot-jellemzők a jelenlegi megoldásoknál nagyságrendekkel költséghatékonyabban, valamint valós idejűen frissíthetők, ideális esetben pedig teljesen naprakészen tarthatók lennének.

6. Felhasznált irodalom

Gleave et al. (2014): EU Road Surfaces: Economic and Safety Impact of the Lack of Regular Road Maintenance, Study

Gulyás, A. (2012): Pavement management of secondary roads in Hungary. 4th European Pavement and Asset Management Conference. Malmö, Svédország

Szakos, P. (2015): Az utak állapotminősítése, Közutak üzemeltetése 1., Üzemeltetés és útfenntartás 1., 4. előadás

Tóth, Cs. (2015): Útépítés és fenntartás, 3. előadás

Markó, G., Primusz, P. (2013): Útburkolatok felületi állapotának objektív minősítése fotogrammetriai eljárással. Útügyi lapok. 2013.06.08.

Kertész, I. (2011): Útállapot felmérés integrált mérőrendszerrel. PhD értekezés, Budapest, Magyarország

Kovács, D. (2015): KARESZ a kézenfekvő megoldás fővárosi egységes műszaki nyilvántartásra. II. KARESZ Konferencia Budapest. Budapest, Magyarország. 2015.04.27.

Almássy, K. (2015): A közterületi adatkezelés jövője. II. KARESZ Konferencia Budapest. Budapest, Magyarország, 2015.04.27.

Szántó, M. (2015): Vonalas leképező rendszerek alkalmazása optical flow vizsgálatokban. Diplomamunka. Budapest, Magyarország

Mercedes-Benz (2013): Magic body control. 2013. Forrás: <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/magic-body-control/>, Megtekintve: 2016. november.

Göbölös, Zs. (2016): Lézerrel fogunk világítani. 2015. http://totalcar.hu/magazin/technika/2015/02/26/audi_led_lezer/, Megtekintve: 2016. november

Real time update techniques of road databases using crowdsourcing based applications

Abstract: Using the method introduced in this paper, a crowdsourcing-based system can be created, in which the moving data-collector agents (vehicles) transmit the captured image flows and data gained from the road surface to a cloud, where these are processed and saved to a road databank. Some currently used pavement surveying systems are presented as well as their limitations, and a crowdsourcing based road survey system is introduced. The feasibility of a sensor for such a system is also described and demonstrated by the introduction of a formerly created operating model.

Keywords: road surface testing, road surface survey, crowdsourcing, road databanks, machine vision, road surface damages, cloud-based processing

Szántó Mátyás

Okleveles gépészmérnök, tanulmányait 2015-ben fejezte be a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem mechatronikai mérnöki mesterszakán. 2015 óta az IIT tanszék Gépi látás c. tárgyának laborvezetője.

e-mail: matyasszanto@gmail.com