

MICHELBERGER MESTERDÍJ SZAKMAI BESZÁMOLÓ

2020/2021

Új mesterséges intelligencia alapú eljárások fejlesztése téradatok átfogó elemzésére

Benedek Csaba ösztöndíjas kutatómunkájának összefoglalása



ELKH SZTAKI



MAGYAR MÉRNÖKAKADÉMIA

„Michelberger Mesterdíj” szakmai beszámoló 2020/2021

Új mesterséges intelligencia alapú eljárások fejlesztése téradatok átfogó elemzésére

Benedek Csaba ösztöndíjas kutatómunkájának összefoglalása

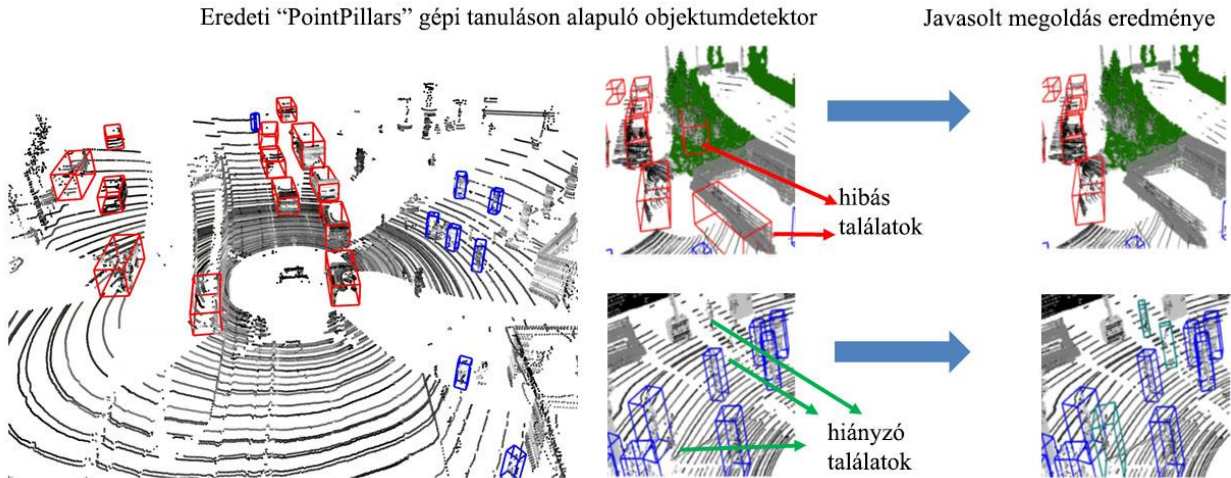
Napjaink korszerű érzékelői forradalmasították az információgyűjtést. A forgalomban közlekedő járművek „látórendszerei” a navigációhoz szükséges tájékozódáson kívül lehetőséget adnak a környezet valós idejű feltérképezésére, statikus (jelzőablák, távvezetékek, növényzet, utcabútorzat) valamint dinamikus környezeti elemek (járműforgalom, tömeg-csoportosulások, szokatlan események) észlelésére és felismerésére. Az újgenerációs térinformatikai rendszerek (GIS) rendkívül nagy térbeli részletzettségű háromdimenziós térképet tárolnak a várossal sűrű 3D pontfelhők, és tájolt fényképek, valamint szemantikai információkat tartalmazó metaadatok formájában. Egyre nagyobb jelentősége van a gyorsan fejlődő minőségű és felbontású orvosi 3D adatok automatikus szűrésének és feldolgozásának, emellett téradatokat használnak régészeti lelőhelyek 3D dokumentációjához, filmes jelenetek megtervezéséhez, vagy építészeti megoldások energetikai elemzéséhez is.

A Michelberger ösztöndíjas időszakban Benedek Csaba és SZTAKI-s kutatócsoportjának munkatársai olyan eljárásokat fejlesztettek ki, melyek lehetővé teszik különböző térinformációt rögzítő szenzorok méréseinek automatikus feldolgozását és összerendelését, célul tűzve ki, hogy minél teljesebb képet kaphassunk a környezetünkről.

Az egyéves kutatómunka eredményeként, az ösztöndíj támogatását feltüntetve, elkészült egy Springers szakkönyv kézirat [1], megjelent *három* publikáció a *Scimago D1* besorolású *Remote Sensing* folyóiratban [2,3,4], valamint publikálásra került négy jegyzett nemzetközi konferenciaközlemény [5,6,7,8], közöttük egy meghívott cikk, mely a pályázó által tartott meghívott plenáris előadás összefoglalója a ROBOVIS 2020 konferenciáról [8]. A Michelberger díjról interjú készült Benedek Csabával és Szirányi Tamással a Novum TV 2020 márciusi adásában [9], valamint a Pázmány Péter Katolikus Egyetem blogján [10].

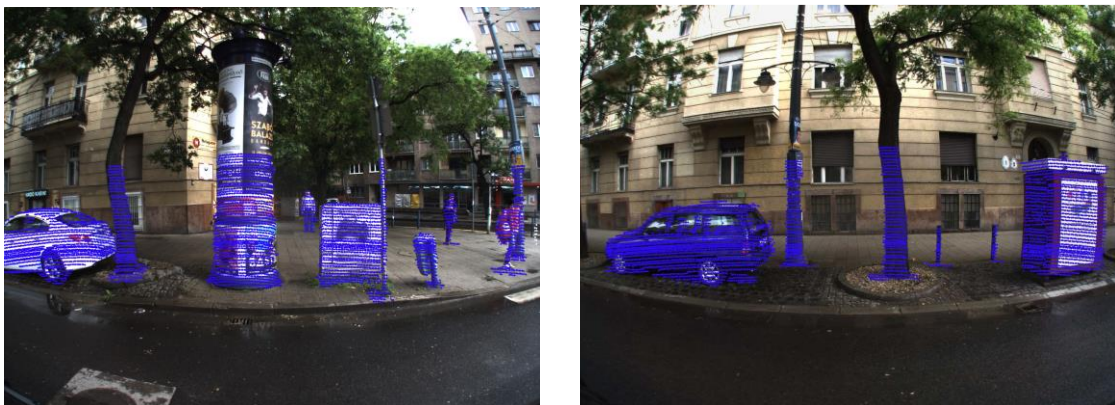
Az eredmények összefoglalása:

A megvalósított kutatómunka egyik központi eredménye az érzékelő autók és a térinformatikai rendszerek adatainak összekapcsolásával egy kölcsönös előnyöket hozó együttműködés kialakítása, amely valós idejű részletes adatokat szolgáltat a jövő önjáró autóinak, kiterjesztett szolgáltatásokat nyújtva az utasoknak, míg a városfelügyelet birtokában lévő adatbázisok gyors és olcsó karbantartását teszi lehetővé. A pályázó kutatócsoportjának munkatársai új módszert dolgoztak ki a járművek különböző szenzorainak és nagyfelbontású háromdimenziós térképek együttes kihasználására. Az eljárás egy közelítő, például fedélzeti GPS/IMU szenzorok becslésén alapuló pozíció és orientáció információ ismeretében, a járművekre szerelt Lidar szenzorok alacsony felbontású méréseit hatékony algoritmussal képes centiméteres pontosságon belül hozzáilleszteni a környezetről előzetesen készített nagyfelbontású háromdimenziós térképhez. Az összerendelés eredményeként közvetlenül megkapjuk a jármű pontos lokalizációját, ezen felül a háttérmodell kivonásával pontosíthatjuk a kizárólag fedélzeti méréseken alapuló környezeti információkat [5]. A munkánk során bemutattuk, hogy a szakirodalom legjobb hatékonyságú gépi tanulás alapú objektumfelismerő megoldásainak megbízhatósága is jelentősen javítható a javasolt térkép alapú eljárásunkkal (1. ábra), valamint a megoldás alkalmas a 3D térkép automatikus frissítésére is.



1. ábra Fedélzeti Lidar méréseken alapuló objektumdetekció javítása 3D térkép segítségével [5]

A szenzorfüzió, azaz egyszerre több, akár különféle szenzor együttes használata egy döntés meghozatalában nagyban növelheti a különféle algoritmusok megbízhatóságát és pontosságát, még olyan extrém körülmények között is, mint a heves esőzések és rossz látási viszonyok. A képi és Lidar információk magas szintű fuzionálása az akadályelkerülés és eseményérzékelés feladataiban kiemelten aktuális kutatási területek. A kutatómunka során kidolgoztunk egy automatikus kamera-Lidar kalibrálási módszert, és megmutattuk a módszer előnyeit a jelenlegi legkorszerűbb szakirodalmi algoritmusokkal szemben [2]. A javasolt módszer fő célja kamera és Lidar szenzorok automatikus kalibrálása, melyek egy mozgó jármű tetején helyezkednek el. A módszerünk teljesen automatikusan működik, nem igényel sem felhasználói beavatkozást, sem különleges kalibrációs objektumokat, mint például 3D dobozokat és sakkábramintákat. A módszer másik fő előnye, hogy képes menet közben periodikusan újra kalibrálni az autórészegység miatt esetlegesen elmozdult szenzorokat, a jármű megállítása nélkül. Mivel releváns jellemzőmegfeleltetések kinyerése különböző 2D és 3D adatok között nagy kihívást jelent és gyakran nem megbízható, felhasználtunk egy mozgás alapú (Structure from Motion) eljárást, amely az egymás után beérkező kameraképekből 3D pontfelhőt szintetizál, és így a kamera-Lidar kalibrációs problémát egy már korábban is megoldott 3D pontfelhőregisztrációs feladatként értelmeztük újra. A kalibráció eredményét ezután visszavezethetjük a képtérbe, a Lidar pontfelhőket például nagy pontossággal vetíthetjük a kameraképre (2. ábra).



2. ábra Automatikus kamera-Lidar kalibráció eredménye [2]



(a) House



(b) Apartment Building



(c) Office Building



(d) Church



(e) Mosque



(f) Synagogue

3. ábra: Különböző épülettípusok, melyeket javasolt módszerünk automatikusan képes felismerni [3]

Virtuális városok generálása vagy digitális térképezés során fontos feladat az épületek helyzetének meghatározása mellett azok funkcióinak és stílusjegyeinek is az adatbázisba vétele. Ennek a folyamatnak az automatikus támogatására hoztunk létre egy új mély tanuláson alapuló módszert [3], amely hierarchikus megközelítéssel képes különböző épületeket kategorizálni a róluk készült egyszerű fotók alapján (3. ábra). Megmutattuk, hogy ha a neurális hálózatba a tanítás során magunk is közvetlenül táplálunk különböző szintű kategóriainformációkat azok hierarchikus kapcsolatait is megjelölve (például vallásos épületen belül megjelölünk templomot, mecsetet és zsinagógát, a kereskedelmi épületeken belül boltot szupermarketet és éttermet), akkor a felismerési hatékonyság növelhető a hagyományos, egyszintű módszerekhez képest.

A projektmunka során a kulturális örökségvédelem területén is új megoldások készültek különféle régészeti jelenségek, leletek, illetve az építészeti szerkezetek, tagozatok, anyagok alakfelismerésének automatizált megoldására 3D térinformatikai megközelítésben, amely jelentős mértékben gyorsíthatja meg és teheti pontosabbá a kulturális örökség értékeinek dokumentálását és kutatását. Eljárást fejlesztettünk ki [4], [6], amely különböző falazatokról készített fényképeken elkülöníti az egyes téglákat/építőelemeket, illetve a hiányzó/takarásban lévő részeket automatikusan kipótolja, szem előtt tartva az élethű hatás követelményét (4. ábra).



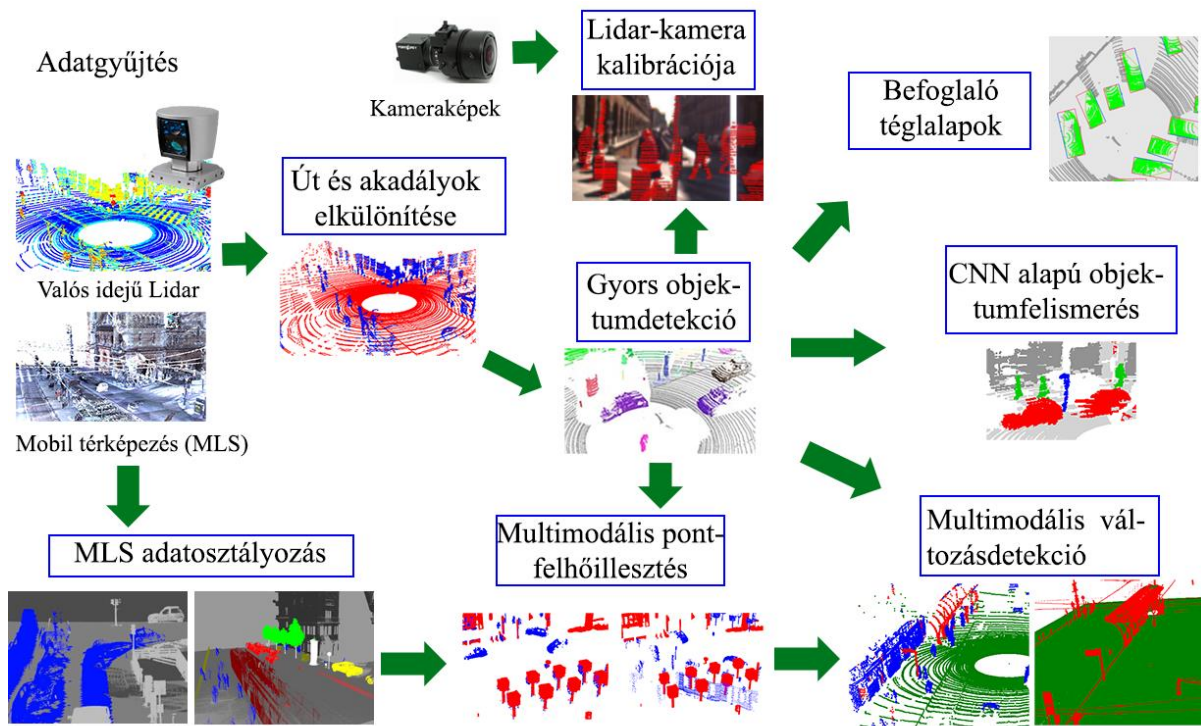
4. ábra: Falazatok automatikus elemzését, téglákra bontását és a hiányzó/takarásban lévő elemek virtuális kipótlását végző eljárás építészeti és régészeti alkalmazások számára [4], [6]

Az ásatások lehetséges helyszíneinek megtalálását szintén segíthetik távérzékelési technológiák. Az ösztöndíjas időszakban új, valószínűségi modellen alapuló módszert dolgoztunk ki vaskori halomsírok automatikus detekciójára légi Lidar felvételeket felhasználva [7]. A Lidar pontfelhőkből kinyert magasságtérképen a halomsírok kis kör alakú kiemelkedéseként jelennek meg, melyek magassága kicsi a felületmodell magasságintjének változásához képest, ami a mintafelismerési feladat nehézségét jelentette.

Az ösztöndíjas időszakban Benedek Csaba elkészített egy szakkönyvet [1] valószínűségi modelleken és gépi tanulási technikákon alapuló módszerekről amely a megfigyelt statikus vagy dinamikus környezetünk automatikus elemzésére használhatók fel különféle kép jellegű mérések alapján. A könyv célja a szerző és munkatársai által korábban kidolgozott különböző módszerek megalapozott elméleti háttérének ismertetése valamint a gyakorlati alkalmazhatóságuk kísérleti úton történő bizonyítása.

Az autós környezetértérzékelési témában elmúlt években elért eredményeinkről (5. ábra) a pályázó a nemzetközi ROBOVIS konferencia meghívott plenáris előadójaként tartott egy közel egy órás előadást [8].

A szerző az elmúlt évben sikeresen megvédte az MTA Doktori disszertációját, valamint egyetemi tanári pályázatot nyújtott be a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Karán, amely jelenleg bírálat alatt áll.



5. ábra: a pályázó kutatócsoportjában fejlesztett, Lidar alapú környezetelemzési eljárások rendszere

A Michelberger Mesterdíj támogatásával elkészült publikációk listája

Szakkönyv

[1] Cs. Benedek, Multi-level Bayesian Models for Environment Perception, Research Monograph, Springer Nature, 177 pages (under review)

Elérhetőség: kiadói szándéknyilatkozat készült a publikálásról, a kézirat szakmai bírálat alatt van

Folyóiratcikkek

[2] B. Nagy and Cs. Benedek: "On-the-Fly Camera and Lidar Calibration," Remote Sensing, vol 12, no. 7, article 1137, 2020, IF: 4.509

Nyílt hozzáférés: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1137>

[3] S. Taoufiq, B. Nagy and Cs. Benedek: "HierarchyNet: Hierarchical CNN-based Urban Building Classification," Remote Sensing, vol. 12, no. 22, article 3794, 2020, IF: 4.509

Nyílt hozzáférés: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/22/3794>

[4] Y. Ibrahim, B. Nagy and Cs. Benedek: "Deep Learning-based Masonry Wall Image analysis," Remote Sensing, vol. 12, no. 23, article 3918, 2020, IF: 4.509

Nyílt hozzáférés: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/23/3918>

Konferenciaközlemények

[5] Ö. Zováthi, B. Nagy and Cs. Benedek: "Exploitation of Dense MLS City Maps for 3D Object Detection", International Conference on Image Analysis and Recognition, vol 12131 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 393-403, 2020

Elérhetőség: <https://eprints.sztaki.hu/9936/>

[6] Y. Ibrahim, B. Nagy and Cs. Benedek: "A GAN-based Blind Inpainting Method for Masonry Wall Images", International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2021

Elérhetőség: megjelenés alatt az IEEE Xplore-ban

[7] Zs. Németh and Cs. Benedek: "Automatic tumuli detection in LiDAR based digital elevation maps," International Arc. Photogrammetry, Rem. Sens. and Spatial Inf. Sci, XXIV ISPRS Congress, volume XLIII-B2-2020, pp. 879–884,

Elérhetőség: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLIII-B2-2020/879/2020/>

[8] Cs. Benedek „Multi-sensorial Environment Perception in Urban Environment”, invited paper of a **keynote lecture**, International Conference on Robotics, Computer Vision and Intelligent Systems (ROBOVIS), Nov. 2020, to appear in the Springer Book Series *Communications in Computer and Information Science*, 2021

Elérhetőség: a cikk megjelenés alatt áll, a konferenciaelőadás Zoom-os felvétele elérhető:

<https://player.vimeo.com/video/480457538?title=0&portrait=0>

Publikus megjelenések

[9] Novum TV adása a 2020-as MMA közgyűlésről és díjátadóról Benedek Csaba és Szirányi Tamás interjúival (12:50-től): <https://youtu.be/tmMZ3Qwxjts>

[10] Benedek Csaba: „Hogy tudunk az ötletből tudományos eredményt faragni?“, Pázmány Blog, 2020 július:

https://pazmanyonline.blog.hu/2020/07/22/hogy_tudunk_az_otletbol_tudomanyos_eredmenyt_faragni