

Válasz

Dr. Kató Zoltán professzor úr

a „Térinformatikai módszerek és technológiák a felszíni közúti közlekedésben”
című MTA doktori értekezésemre írt opponensi véleményére

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Professzor úrnak, hogy rendkívül alaposan és lényegre törő kérdésekkel elkészítette bírálatát. Válaszomban szeretnék egyenként reagálni az általános és a részleteket érintő felvetéseire.

Általános megközelítés – mielőtt válaszolnék

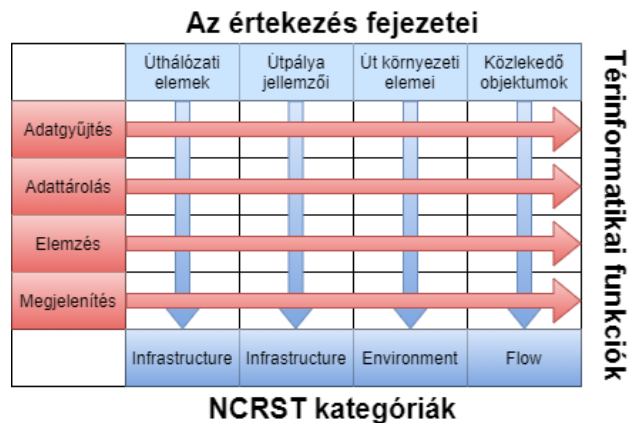
Doktori témavezetőm, Detrekői Ákos professzor úr azzal indított útnak 1994-ben, hogy a Villamosmérnöki és Informatikai Karon „fertőződjek meg” minél jobban az informatikával. Több ottani tantárgyat javasolt felvennem, számos professzornak mutatott be, jó pár oktatóhoz küldött el. Mentorom vélekedése ugyanis az volt, hogy olyan háttér kell egy magamfajta kutatónak, aki megérti az általuk beszélt nyelvet, tőlük rengeteg ismeretet megtanulva, ötletet merítve eredményes lehet a saját tématerületén. Tanácsát igyekeztem megfogadni, ezért az indíttatásért mindig rendkívül hálás vagyok neki!

A későbbi kutató munkámban ezért folyamatosan azon dolgoztam, hogy minél nagyobb szegmensre legyen rálátásom, beleértve az eszközöket, módszereket, adatokat. Jelen értekezésem egyfajta szintézise kívánt lenni ennek a negyedszázados törekvésnek. Értekezésemet az így elsajátított informatikai háttérrel, de a magam területén, a térinformatika és a közlekedés témájában írta meg és adtam be azt a Közlekedés- és Járműtudományi Bizottsághoz. Célom tehát nem informatikai értelemben újdonságot jelentő fejlesztés volt – noha a SONG például így is egyedi –, hanem a létező komponensek innovatív integrációja és adaptációja a közlekedési térinformatikában.

Észrevételek az értekezés felépítésével, stílusával és kidolgozottságával kapcsolatban

A módszerek és eszközök bemutatását az eljárások ismertetésénél a folyamatábrák mellett pszeudokódok, blokkdiagramok vagy a fejlesztés során kialakított felhasználói felület szolgálják. A klasszikusnak nevezhető eljárások részletezése a hivatkozott szakirodalomban megtalálható. Az új eredménynek tartott módszerek képletszerű összefüggései az értekezésben megtalálhatók.

A dolgozatban megfogalmazott célok elérése érdekében elvégzett tudományos kutató munka dokumentációjának összefoglalását (értekezés és tézisfüzet) jól meghatározott hierarchia szerint szerveztem. Az értekezésben az amerikai *National Consortium for Remote Sensing in Transportation* (NCRST) kutatási konzorcium csoportosítását vettem a legmagasabb szintnek: ezek a csoportok adták a fő fejezeteket. A második csoportosítási alapelv, így a második hierarchikus szint a térinformatikai tudományos közleményekben általánosan elfogadott funkcionális csoportok; ezek az egyes alfejezetek. A két rendező elv az 1. ábrán látható:



1. ábra: Az értekezés struktúrája

A kutatás összefoglalásának harmadik szerveződési szintjén találhatók a téziszűzet fő fejezetei, amelyek követik a hagyományos felépítést, azaz az anyag, módszer, eredmény, konklúzió. Ezt a téziszűzet római számozású fejezetei jelentik meg, míg a térinformatikai egységek a római számozással ellátott fejezetekben olvashatók.

Észrevételek az úthálózati elemek térképezésével kapcsolatban

Az International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science (ISPRS Archives) a legismertebb fórum a fotogrammetrián belül. A Scimago rangsorában (SJR) 'photogrammetry' kulcsszóval végzett keresés esetén 15 kiadványból a 3., ezért közltem itt a legtöbb írásomat. A 'computer science/information system' kategóriában a 4116 tételből az 1142. helyre rangsorolt (27.7%).

A 2.2.2 fejezetben összefoglalt kutatásnál mind a Radon-transzformációs eljárást, mind a Hough-transzformációt felhasználtam; a Radon-transzformációra egy szinkrotronnal nyert képsorozat feldolgozási projektjének előkészítése során irányult a figyelmem, később egy doktoranduszom, jelenlegi kollégám, Dr. Kapitány Kristóf kutatási témájához tartozott.

Az értekezés 2.2 táblázatában közölt SVM-eredmények (Barsi, 2012) cikkben kerültek közlésre. A cikkben három módszerrel végeztem el az osztályozást: *Support Vector Machine* (SVM), önszerveződő térkép (SOM) és hiperbox eljárással. A három eljárás tévesztési mátrixai a cikkben közölt formátumban az 1. táblázatban láthatók.

SVM		Classified		Σ	OE	PA	SOM		Classified		Σ	OE	PA
		Road	Non-road						Road	Non-road			
Test	Road	1146	0	1146	0,00%	100,00%	test	Road	1144	2	1146	0,17%	99,83%
	Non-road	142	481	623	22,79%	77,21%		Non-road	179	444	623	28,73%	71,27%
Σ		1288	481	1769			Σ		1323	446	1769		
CE		11,02%	0,00%		91,97%	88,60%	CE		13,53%	0,45%		89,77%	85,55%
UA		88,98%	100,00%		OA	AA	UA		86,47%	99,55%		OA	AA

Box-m		Classified		Σ	OE	PA
		Road	Non-road			
Test	Road	1041	105	1146	9,16%	90,84%
	Non-road	43	580	623	6,90%	93,10%
Σ		1084	685	1769		
CE		3,97%	15,33%		91,63%	91,97%
UA		96,03%	84,67%		OA	AA

1. táblázat: Tévesztési mátrixok a vizsgált eljárásokkal

A táblázatban szereplő rövidítések rendre OE – Omission error, PA – Producers’ Accuracy, CE – Commission error, UA – Users’ accuracy, OA – Overall accuracy, AA – Average accuracy. Definíciójuk megtalálható például (Barsi *et al.*, 2018):

$$PA = \frac{TP}{TP + FN}; UA = \frac{TP}{TP + FP}; OA = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN}; OE = 1 - PA; CE = 1 - UA$$

A három eljárás közül az értekezésben bemutatott SVM hozta a legjobb teljes pontosságot és a többi minőségi mérőszámban is a legjobban teljesített. A cikkben további részletes értékelést közöltem.

A GNG-algoritmus leírása alapvetően azonos a B. Fritzke által kidolgozott (és habilitációs írásában közölt) eljárással, amire annak leírása előtti bekezdésben hivatkozom. A módszert Matlab környezetben, a nyelv sajátosságainak figyelembe vételével implementáltam. Az eljárás használatkor (19. oldal alja) színtranszformáció és küszöbölés, majd bináris morfológia után nyert pixelek koordinátái jelentették a kétdimenziós adatpontokat. A GNG-paraméterek beállításait a dolgozat 2.3 táblázatában adom meg.

A szakirodalmi ismertetés a fejezet elején olvasható. Az irodalom szerint az ember által készített/épített tárgyak (*man-made objects*) nagyon sok és sokféle módszerrel térképezhetők, így igen terjedelmes lett volna a bemutatásuk, ehelyett inkább az iskolateremtő munkákból vettem példákat. Kiemelném a kérdezett J. Zerubia munkáját, akinek egyik módszerét az útfelismerés rendszerezésénél hozom fel példaként (Zerubia & Merlet, 1993).

A JEANS-projektben használt neurális hálózat architektúráját tartalmazza összehasonlító vizsgálatokkal (a szintén hiányolt kvantitatív eredményekkel) a (Barsi, Heipke & Willrich, 2002) cikkünk. Ez az összehasonlítás a 2. táblázatban látható:

	method name	total accuracy %	Junction accuracy %	non-junction accuracy %
traditional methods	LF	91.5	86.4	93.3
	MD	79.3	97.7	72.5
	ML	84.1	100.0	78.3
neural methods	NN1	97.6	95.5	98.3
	NN2	97.6	90.9	100.0
	NN3	97.6	97.7	97.5

2. táblázat: Kereszteződés-detektálás összehasonlító mérőszámai

A 2. táblázatban hagyományos módszerként lineáris diszkrimináns módszer (LF), minimum távolság (MD) és maximum likelihood (ML) osztályozó, valamint három – mai szóhasználattal – *shallow* neurális hálózat szerepel. A neurális hálózatok 3-rétegű hibavisszaosztásos (*backpropagation*) hálózatok voltak, rendre 3-3-1, 3-7-1 és 9-9-1 neuronnal. A hálózatok az előfeldolgozás során levezetett 6-elemű feature-vektort kapták meg, majd a training Levenberg-Marquard optimalizálással történt. A 2. táblázat értékeiből szerkesztettem az értekezés 2.17 ábráját.

Az önszerveződő neurongráf (SONG) saját kutatáson alapuló, korábban még nem létezett hálózat-típus. Az önszerveződés megvalósítása a kompetitív neurális hálózatok „winner-takes-all” tanulási szabályán alapul, s ilyen elvet követ a később még alkalmazott T. Kohonen-féle önszerveződő térkép (SOM), ezért a módszert úgy mutatom be, hogy a SOM összefüggéseit adom meg a (9)-(13) képletek és az utána lévő pszeudokód segítségével. Ezután ismertetem a SONG ettől való eltérését a gráf-struktúra kezelésében, amihez a (14)-(15) összefüggések mutatják matematikailag a súlyfüggvényt az általam megadott gráf általánosított adjacencia- illetve távolságmátrixainak felhasználásával. A gráf hálószerkezete feladatonként szabadon megválasztható; néhány példát a dolgozat 2.23-2.26 ábrái mutatnak. A GUI megmutatásával a kísérletek elvégzéséhez kényelmesebben használható felhasználói interfész implementációját illusztrálom.

Észrevételek az útpálya jellemzőinek mérésével és térképezésével kapcsolatban

Köszönöm a Bíráló megjegyzését, hogy a 3. fejezethez kapcsolódó tézis alátámasztására szánt T20 jelzésű irodalmi hivatkozás hiányos. A pontos adatok a következők: (Barsi, Poto & Tihanyi, 2018).

A 3.2.1 fejezetben az általunk PHORMS-nak nevezett felmérő rendszer kerül bemutatásra. A sztereokamera felhasználásával végzett 3D objektummeghatározást legszűkebb szakterületünk, a fotogrammetria módszerével ismertetem. Ez számunkra napi gyakorlatként alkalmazott technika, ugyanakkor a közlekedési szakemberek számára nem ismert, a gépi látással foglalkozók pedig eltérő, „homogén koordinátás projektív geometriai megközelítést” követnek. (Igaz, e két elv manapság egyre közelebb kerül, azáltal, hogy a fotogrammetria is alkalmazza ezt a projektív geometriai módszert.) A megfeleltetések előállítása lényegében a lézervetítők pontjaival megvalósul, így a homogén útfelület minta-hiányossága nem korlátozó tényező, továbbá a felülnézeti képeket rögzítő kamerákkal a takarások problémája sem merül fel. A vetített pontok érzékelése nappali körülmények között is történhet, de az erős napsütés ennek hatékonyságát jelentősen rontja. A bevezetett technológia éppen ezért éjszakai időszakra teszi a munka terepi részét. A vetített pontok megfeleltetése – asszociációs feladat – nem kimagasló kihívás összesen 21 elemű sor esetén. Az általunk nyújtott ritka megfeleltetés már akkoriban (2004-2008) meghaladta a svéd RST mérőjármű 11 pontos rendszerének keresztirányú sűrűségét.

A GPS/IMU által szolgáltatott hely- és helyzetadatok abszolút pontossága valóban alatta marad a mai megoldásokénak. A kamera által észlelt vetített pontok révén számított objektumkoordináták relatív pontossága azonban megfelel a közúti elvárásoknak.

A PHORMS validációjának többször is az RST rendszerét terveztük; sajnos azzal a projekt futamideje alatt nem történt élő magyarországi mérés. Ehelyett alkalmaztuk az ismert méretű betonkockákat, illetve ez indokolta azt is, hogy az egyenetlenség jellemzésére nem a nemzetközi IRI (*International Roughness Index*), hanem az újonnan létrehozott hasonló tartalmú BEI (Burkolat Egyenetlenségi Index) jellemzőt adtuk meg.

A monokamerás változatnál a mostani szakirodalom jelentőségét elismerem. A fejlesztői csapat vezetőjeként azonban a már terepen használt PHORMS képességeinek továbbfejlesztése volt a célom, így annak „leszármazottjának” tekintem. Mérnöki modelljét saját erőnkből elkészítettük, de sajnos nem kaptunk forrást az igazi változat létrehozására.

A 3.2.3 fejezetben „csak jól ismert technikák (mint pl. a Lidar működési elve vagy a CRG szabvány)” szerepelnek. Professzor úr szerint dolgozatomban. Ezzel szemben a Lidar működési elvének leírását nem gondoltam egy ilyen értekezés részének, ráadásul erről a témáról kollégáimmal néhány évvel ezelőtt szakkönyvet írtunk (Lovas, Berényi & Barsi, 2012).

Az OpenCRG szabvány meglátásom és tapasztalatom szerint 2007-es megjelenése óta nem tudott igazán elterjedni, nem vált a széles szakma előtt ismertté. Csak az OpenDRIVE erőteljesebb térnyerése (~2010 után) után kezdett a figyelem a CRG felé fordulni. A lézerszkennerek felhasználói szoftverei a valóban sok hasznos funkció mellett azonban nem törekedhetnek minden alkalmazási igény kielégítésére, így a bírálattal nem értek egyet, ugyanis az OpenCRG formátuma egyedisége miatt egyikben sem támogatott.

A 3.3 fejezetben leírt CT-s vizsgálat bemutatásával a teljes infrastruktúra-felmérési spektrumot szerettem volna illusztrálni. Ebben a kutatásban nem foglalmaztam meg altézist, mivel ezen a területen kari kollégám, Dr. Lublós Éva dolgozik erőteljesebben. A vele végzett intenzív kollaboráció alkalmával dolgoztuk ki doktoranduszommal, jelenlegi tanszéki kollégámmal, Dr. Kapitány Kristóffal a Fourier-transzformáción alapuló nyalábkeményedés-korrektúrákat. Mindketten szándékoznak a jövőben MTA doktori értekezést benyújtani a saját eredményeikből.

A 3.4 fejezetben leírt hídmérés során alkalmazott feldolgozás részleteit azért hagytam el, mert ebben a témában kollégám, Dr. Lovas Tamás végez jelentősebb kutatást, tervez MTA nagydoktori értekezést

benyújtani és emiatt a közreműködésem ellenére sem fogalmaztam meg altézist. Az infrastruktúra felmérésének „nagy képét” legalább vázlatában teljesként szerettem volna ismertetni.

Professzor úr szerint „A megépített kamerarendszerhez hasonló rendszerek készen is megvásárolhatóak több gyártótól (pl. PointGray szetero kamera)”. Amikor 2004-ben elkezdtük a kutatás-fejlesztést, az akkori piaci eszközökből kellett választani képességek, árak stb. alapján. A teljes eszköz-költségvetésünk 5.2 millió forint volt (ebben a számítógép, vezetékek, mechanikai keret stb.). Nem tartom jónak összehasonlítani a mai árakkal és képességekkel az akkor elérhető hardverelemeket a hozzájuk kötődő szoftverekkel együtt. (A mobiltelefonok 2004-es és 2021-es kameráinak képességét és kezelhetőségét lehetne jó példának felhozni a technológiai fejlődéssel)

A kutatás folyamán a hardverkomponensek kiválasztása és bekábelezése (táp és adat), beüzemelése (driver), szinkronizálások (hardver-trigger készítése), tárolási mechanizmus kifejlesztése, a mérőhíd geometriai és mechanikai tervezése és elkészítése, az adatfeldolgozás módszertanának kidolgozása, tesztelése és riportálása egyaránt lényeges és ténylegesen megvalósított lépések voltak. Ehhez kapcsolódtak a laboratóriumi és terepi tesztek, mérések, kalibrációk is. A cél tehát nem a hatékonyságnövelés volt egy létező rendszerhez, hanem az elérhető komponensek felhasználásával integrált megoldás létrehozása.

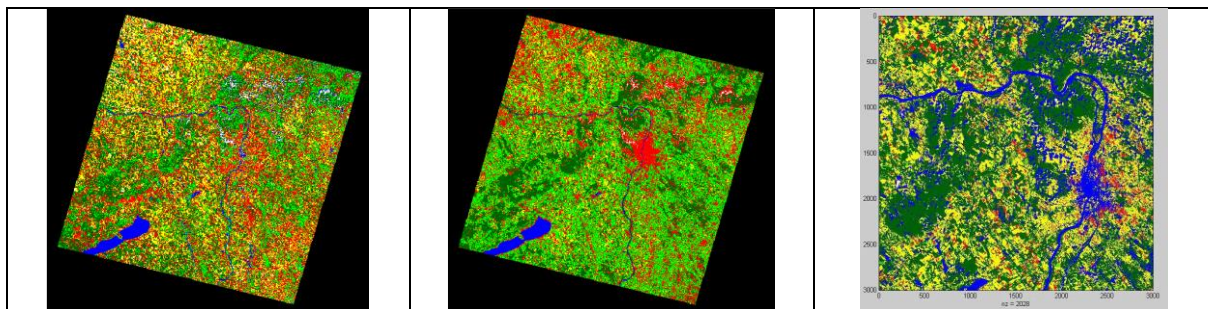
A PHORMS eszközeivel és fejlesztésével szerzett tapasztalatok bemutatása ezen túlmenően a mérnökhallgatóknak pótolhatatlan ismereteket jelent a mai modern mobil térképező rendszerek, mint például a BKK KARESZ rendszerének ismertetésekor!

Észrevételek az úthálózat környezeti elemeinek térképezésével kapcsolatban

Köszönöm a megjegyzést, hogy a 3. fejezethez kapcsolódó tézis alátámasztására szánt T30 jelzésű irodalmi hivatkozásom hiányos. Pontos adatai a következők: (Potó & Barsi, 2017).

Ez a fejezet áll legközelebb a térinformatikához a távérzékelés okán, ezért úgy gondoltam, hogy a valóban nagy terjedelmű szakirodalom bemutatása itt hagyható el leginkább. Ugyanakkor a korszerűbb módszerek, mint a *Structure-from-Motion* (SfM) és *Multi View Stereo* (MVS) alkalmazásának érthetőbbé tétele érdekében áttekinthető folyamatábrát szerkesztettem a formalizált bemutatás helyett. A nagyfelbontású űrfelvétel klasszifikációjára és a teljes jelalakú lézerszkennelt pontfelhő klaszterezésére használt önszerveződő térkép (SOM) matematikájának ismertetése értekezésem 26-28. oldala között olvasható.

A javasolt módszerek validációjával kapcsolatban több témakörben is választ kell adnom. A Quickbird űrfelvétel feldolgozásánál alkalmazott SOM-klasifikáció előtt Landsat 7 felvétel ISODATA feldolgozása történt meg 6 célklaszter megadásával Erdas Imagine 9.1 szoftver segítségével. A maximum 10 iterációs lépéssel és 95%-os konvergencia-küszöbvel elvégzett elemzés eredménye, továbbá a 6 osztályos maximum likelihood osztályozás eredménye volt összevethető a 16 SOM-klaszterből aggregált 6 tematikus kategória térképével. Az eredmény a 2. ábrán látható.



2. ábra: Klasszifikációs eredmények ISODATA, ML és SOM módszerekkel (A SOM-feldolgozás a képen kívüli elemek elhagyásával kapott kivágaton történt)

A voxelmodell hatékony tárolására kidolgozott *sparse*-tömörítési technika az irodalomból Wang és mtsai módszerével került összevetésre – igaz, a tömörítési hatékonyságot csupán egy-egy skalár levezetése fejezte ki (Wang, Lindenbergh & Menenti, 2015).

Észrevételek a közlekedő objektumok távérzékelésével és térinformatikájával kapcsolatban

A fejezethez kapcsolódó tézis alátámasztására szánt T30 jelzésű irodalmi hivatkozás pontos adatai a következők: (Lovas, Barsi & Toth, 2004), ahol az ASPRS az Amerikai Fotogrammetriai és Távérzékelési Társaság rövidítése.

A (22) összefüggéssel kapcsolatban elfogadom, hogy az egyszerű referenciaképes küszöbölés gyakran kétséges eredményt mutat. Céлом egy jól érthető példa felvázolása volt kameraképeken automatikus jármű-lehatárolásra és való igaz, hogy számos szofisztikált eljárás létezik ennek a feladatnak a megoldására.

A dolgozat 5.1 táblázatában a pontosságvizsgálat során tapasztalt hibás felismerések (*misclassification error*) olvashatók – ez sajnos lemaradt a táblázat fejlécéből. Az oszlopokban háromféle gépi tanulásos módszert mutatok be járműklasszifikációs alkalmazásban. A minimális távolság módszer általánosan elterjedt klasszifikáció a távérzékelésben, így talán ez a módszer tekinthető a klasszikus megoldásnak. A szabály-alapú döntés matematikai formalizmussal leírt emberi járműosztályozást jelent, mivel a 6-dimenziós eredeti tulajdonságtérrel PCA segítségével kétdimenziósra térünk át, majd manuálisan megjelöltük az osztályhatárokat. Végül a (*shallow*) neurális hálózat az egyes járműpéldányok képi előfordulásából nyert tulajdonságvektorok felhasználásával tanult, majd a teszt elvégzése történt meg döntéshozatalként.

Az 5.12 ábrán sajnálatosan lemaradt az irodalmi hivatkozás a KITTI mérőjárművéről: (Geiger, Lenz & Urtasun, 2012; Karlsruhe Institute of Technology and Toyota Technological Institute at Chicago, 2021).

A Pix4D Mapper piaci szoftver drónos felméréseink során gyakran kerül felhasználásra. A szoftverben részletes elemzést lehet kapni a feldolgozás menetéről, továbbá adódott az az ötlet, hogy az SfM-algoritmus megvalósításával a *visual odometry* feladatára is fel lehet-e használni. A feldolgozási folyamatot (*pipeline*-t) készítői nem erre az alkalmazásra szánták, én ezzel szemben általános érvényességűnek tartom és megvalósítottam a megoldást. A kísérlet nagyon szépen igazolta az elvárást, ezért került be az értekezésbe is.

A 104. oldalon ismertetett algoritmus célja veszélyes útszegmensek automatikus kiválasztása. A leírt formalizmus megkeresi azokat a szakaszokat, amelyek a példában látható autópályacsomópontban oda-vissza irányban használatosak, majd a csatlakozó szakaszok esetén megvizsgálja, hogy vannak-e egyirányú kapcsolódó szakaszok. Amennyiben két eltérő irányú szakaszt találunk, akkor azok a forgalommal szembehajtó járművek számára lehetséges utak lehetnek.

Az 5.4 fejezetben leírt Gaussian Mixture Model (GMM) egy eljárás a sok közül, aminek használatával rögzített kamerával készített képfolyam mozgó objektumai szegmentálhatók. A GMM az általam gyakran használt Matlab környezetben elérhető implementált eljárás, ezért az volt az indítékom, hogy megmutassam, az egyetem kampuszán közlekedő gyalogosok a képeken követhetők és Kálmán-szűrővel ötvözve azok trajektóriái a képszegmentálás hibáitól szűrve meghatározhatók. A gyalogosok minimális befoglaló téglalapjának súlypontja alkotja a trajektóriájuk pontjait, így egyszerűen igazolható volt a képfeldolgozás és a szabályozástechnika ezen eszközeinek együttes előnye. Az Intelligens Közlekedési Rendszerek című MSc-s tantárgy számára ezáltal akciókamerás terepi adatgyűjtést követően képfeldolgozás, majd a gyalogos-folyamra vonatkozó forgalmi jellemzők meghatározásával izgalmas projektkörnyezetet lehetett teremteni. A forgalomsűrűség, térhasználat ilyen objektív megállapítása céljára karunkon eddig nem volt egyszerűen kezelhető eszköz. A kidolgozott módszer kapcsán a kamera leképezési hibáival, a kalibrációval és korrekciós módszer kialakításával, továbbá a videostream automatikus kiértékelését követően manuális validációjával lelkes hallgatóim foglalkozhattak.

A Sick-profil szkennelő és a Microsoft Kinect Flash-Lidar segítségével ezen projektekhez hasonlóan komplex terepi adatgyűjtő és -kiértékelő technológiát vizsgáltunk bel- és kültérben egyaránt. A validáció minden esetben a hallgatók manuális kiértékelésével történt meg; a folyosói mérések során a nagyelődobban (Aud.max) tartott előadásról távozó hallgatóknál a nagyobb számosságú gyalogos megbízható ellenőrzésére több kiértékelő nézte végig a rögzített adatfolyamot és validálta az automatikusan kapott eredményeket.

Értekezésemben az elmúlt néhány évtized olyan kutatómunkája olvasható, amelyben térinformatikusként (és építőmérnökként) megvizsgáltam annak a lehetőségét, hogy a mai 4. ipari forradalom (Ipar 4.0) szellemében milyen informatikai eszközöket és megoldásokat, hardver és szoftver együttesét, azaz nemcsak módszereket, hanem gyakran azok alapjához szükséges adatnyerés tárgyi megvalósítását lehet alkalmazni, s ezt hogyan lehetséges kivitelezni. Törekvésemmel nem kívántam a képfeldolgozás vagy a mesterséges intelligencia laboratóriumokban folyó kutatásokkal versenyezni, nem is az Informatikai Tudományos Bizottságba adtam be értekezésemet, hanem a megvalósíthatóságra törekedtem a térinformatika és a közlekedés területén. A munka így megkövetelte, hogy számunkra új szenzorokat (kamerákat, szkennereket, inerciális egységet stb.) állítsunk üzembe (a platform kidolgozásával, a tápellátás biztosításával, az adatkiolvasás, -továbbítás, szinkronizálás elvégzésével), majd a megfelelő adatformátum kifejlesztése után alkalmas feldolgozó módszerek, numerikus eljárások kimunkálását követően az eredményeket tárolni, megjeleníteni és értelmezni tudjuk. Emiatt a tiszta elméleti munka mellett például az RFID olvasók használatánál antennakarakteristikák, -interfészek, UDP-protokollon alapuló nagysebességű kommunikációs megoldásig, a PHORMS rendszer terepi használatához szükséges műanyagburkolat elkészítéséig igen változatos feladatok elvégzésére vállalkoztam, miközben nagyon gyakran egy csapat tagjaként, annak irányítójaként tevékenykedhettem.

Még egyszer szeretném megköszönni Professzor úrnak az igen alapos bírálatot. Remélem, hogy válaszaikkal pozitívabb képet sikerült kapnia és így a téziseket el tudja fogadni.

Budapest, 2021. február 14.

Barsi Árpád

Irodalom

- Barsi, A. (2012) 'Road Detection By Neural and Genetic Algorithm in Urban Environment', *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXIX-B3, No. September, pp. 247–252. doi: 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B3-247-2012.
- Barsi, Á., Kugler, Zs., László, I., Szabó, Gy. & Abdulmutalib, H. M. (2018) 'Accuracy dimensions in remote sensing', in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-61-2018.
- Barsi, A., Poto, V. & Tihanyi, V. (2018) *Creating OpenCRG road surface model from terrestrial laser scanning data for autonomous vehicles, Lecture Notes in Mechanical Engineering*. doi: 10.1007/978-3-319-75677-6_30.

- Barsi, Arpad, Heipke, Christian & Willrich, Felicitas (2002) 'JUNCTION EXTRACTION BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORK SYSTEM – JEANS', *INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (2002-)*, Vol. XXXIV, No. 3B, pp. 18–21
- Geiger, Andreas, Lenz, Philip & Urtasun, Raquel (2012) 'Are we ready for Autonomous Driving? The KITTI Vision Benchmark Suite', in *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Available at: www.cvlibs.net/datasets/kitti (Accessed: 11 February 2021).
- Karlsruhe Institute of Technology and Toyota Technological Institute at Chicago (2021) *The KITTI Vision Benchmark Suite*, www.cvlibs.net. Available at: <http://www.cvlibs.net/datasets/kitti/> (Accessed: 11 February 2021).
- Lovas, T., Barsi, A. & Toth, C. K. (2004) 'Detecting moving targets in laser scanning', in *ASPRS Annual Conference*. Denver: American Society for Photogrammetry & Remote Sensing, pp. 1–7
- Lovas, Tamás, Berényi, Attila & Barsi, Árpád (2012) *Lézerszkennelés*. Budapest PG - 166: TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
- Potó, Vivien & Barsi, Árpád (2017) 'Önvezető járművek helymeghatározása 3D városmodell segítségével', in Balázs, B. (ed.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII*. Debrecen: DE/TTK/FoldtI/Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, pp. 301–307
- Wang, Jinhu, Lindenbergh, Roderik & Menenti, Massimo (2015) 'EVALUATING VOXEL ENABLED SCALABLE INTERSECTION OF LARGE POINT CLOUDS', *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. II-3/W5, pp. 25–31. doi: 10.5194/isprsannals-II-3-W5-25-2015.
- Zerubia, J. & Merlet, N. (1993) *Classical Mechanics and Roads Detection in SPOT Images*. Sophia Antipolis