

**Barsi Árpád**  
**Térinformatikai módszerek és technológiák a felszíni közúti közlekedésben**  
**című MTA doktori értekezésének bírálata**

Az értekezés a térinformatika területén foglalkozik több nyitott kérdéssel elsősorban a közlekedési feladatokhoz kötődően. A megközelítés több szinten tárgyalja a problémákat geometriai, radiometriai, topológiai, funkcionális, végül kontextusra vonatkozó bontásban. Ennek megfelelően foglalkozik az úthálózatok, kereszteződések detektálásának és minőségellenőrzésének vizsgálhatóságával, a környezeti elemek feltérképezhetőségével és a közlekedő objektumok (járművek, gyalogosok) elemzésével. A dolgozat módszertani megoldásokat és alkotás-jellegű fejlesztési eredményeket mutat be ezeken a területeken.

A 130 oldalas dolgozat egy bevezető, négy funkcionális, egy összefoglaló és egy, az új eredményeket tézispontokban megfogalmazó fejezetből áll; a megértés javítását egy rövidítésjegyzék is szolgálja.

Az alábbiakban a dolgozat fejezeteinek megfelelően írom le a véleményemet, amit ezt követően összegzek. Felmerülő kérdéseimet aláhúzással is jelzem.

Az 1. fejezet (Bevezetés) egy alapos általános térinformatikai bevezetőt nyújt, különös tekintettel a közlekedéssel kapcsolatba hozható irányokkal. A tartalom kissé általános, sokkal inkább a térinformatika általános küldetését magyarázza el részletesen, kevesebb szó esik a kapcsolódó metodológiai/technológiai elemekről. Nem igazán tisztul le az a kérdés, hogy az elvégzett munka mennyire volt igényvezérelt, van például olyan megjegyzés, hogy hol kereshető alkalmazás az egyes modellekhez.

A 2. fejezet az úthálózati elemek térképezésével, utak/kereszteződések detektálásával foglalkozik. A fejezetben bemutatott eredmények közül a genetikus és mesterséges-intelligencia alapú eljárások ötvözése tűnnek számomra a legértékesebb eredménynek. Az irodalmi áttekintés olyan szempontból kevésbé releváns, hogy mások által felsorolt eljárások említésre kerülnek, de nem történik összehasonlítás a saját módszerekkel. A hivatkozások minden szakterületen meglehetősen régiek (főleg az 1990-es évek) az utak/kereszteződések kinyerésére. A fejezet végén mindenképpen célszerű lett volna foglalkozni vele, hogy napjainkban hol tart a terület és a bemutatott eredményekből mi az, ami felhasználható jelenleg. Különösképpen azért, mert a mélytanulás is említésre kerül, ami valóban nagyon erős módszertan jelenleg, de semmilyen technika nem kerül bemutatásra/megvitatásra vele kapcsolatban.

Kérdések a 2. fejezethez:

- A 2.1. ábrán is látható téglalap modellen túl lehetne-e picit rugalmasabb reprezentáció, ami görbületet is képes visszaadni (körcikk, stb.)?
- A dolgozat nem magyarázza el pontosan, hogyan történik a pontosság mérése, így például a 2.2. táblázatban szereplő accuracy értékek definíciója nem részletezett. Hogyan vannak ezek pontosan definiálva?
- Miért 200 a kezdeti populáció egyedszáma? Ez az érték hogyan került meghatározásra?
- A 2.2.1 szakasz utolsó bekezdésében említésre kerül a mesterséges neurális hálózatok használata, de nem világos, hogy ebben a szakaszban hol jelennek meg a neurális hálók?
- A 2. fejezet minden szakaszával (2.2.1, 2.2.2, 2.3.1, 2.3.2) kapcsolatban felmerül az alábbi két kérdés:

- mi volt pontosan a metodológiai újszerűség, melyek azok az elemek, amik még nem jelentek meg az (akkori) szakirodalomban ezekhez a feladatokhoz?
- miért nincsenek összehasonlítva kvantitatív módon mind a saját módszerek egymással (különös tekintettel erre a megjegyzésre: „...ugyanerre az eredményre vezető”, dolgozat 22. oldal), mind más irodalmi útdetektálási módszerekkel? Hogyan látható a pontosság javulása?
- A 2.3.2 szakaszban egyszerű küszöbölés kerül említésre előfeldolgozásként. Más eljárások nem kerültek megvizsgálásra? Remélhetünk jobb eredményt kifinomultabb előfeldolgozással?

A 3. fejezet az útpálya jellemzőinek mérésével és térképezésével foglalkozik. A probléma általános felvázolása jó, viszont az irodalmi áttekintés meglehetősen szegényes különös tekintettel arra nézve, hogy a felhasznált metodológia/technológia máshol már felhasználásra került-e, illetve a módszertanban melyek a ténylegesen új elemek (kapcsolódó kérdések részletesen lentebb). Velejáró problémaként – a 2. fejezethez hasonlóan – kvantitatív összehasonlításokat mások eredményeivel nem tartalmaz a fejezet. Pozitívumként kiemelhető, hogy a 3.2.1 szakaszban bemutatott sztereo rendszer tényleges alkalmazásra került, viszont például a 3.2.2 szakaszban javasolt módszertan (mono rendszer) validálása/használata nem történt meg. A 3.4. szakasz annyira részlethiányos (rövid), hogy a leírtak alapján az itt bemutatott eredmények nem értékelhetők.

Kérdések a 3. fejezethez:

- A következő részeknél nem találtam irodalmi áttekintést, ami segítette volna annak eldöntését, hogy a megközelítést/módszertant használták-e már mások?:
  - 3.2.1 szakasz, különös tekintettel az előmetszéses pontmeghatározási technikára (mik itt a saját, új módszertani elemek?), a két műszer adatainak egyesítésére használt Kálmán szűrésre (itt mi az új elem?), a Neutra eljárásra (itt mi az új elem/komponens?), az említésre kerülő automatikus pontdetektálási eljárásra (itt van-e/mi az újdonság?).
  - 3.2.2 szakasz (létezik a monokamerás megközelítés és bemutatott módszertan másoknál?).
  - 3.2.3 szakasz (mennyire új a megközelítés? mik az új elemek?)
  - 3.3. szakasz (használtak mások is tomográfias megközelítést a célra? a Fourier-transzformáción alapuló képjavító eljárás mennyiben új? a nyalábkeményedés effektusának korrekciójában vannak új elemek?)
- Az előző kérdéshez kötődően, ahol a megközelítés másoknál is létezik, milyen kvantitatív összehasonlítás végezhető el a saját eredményekkel kapcsolatban? Kimutatható javulás?
- A 3.2.1 szakaszban említésre kerül a „az elvárható legjobb geometriai pontosság” elérése a burkolatméréssel kapcsolatban. Ez a pontossági érték hogyan van pontosan definiálva?
- A 3.2.3 szakaszban szerepel a „Matlab és a sokkal hatékonyabb C++nyelven írt” megjegyzés. Itt pontosan mire vonatkozik a nagyobb hatékonyság (pl. Matlab alá is befordítható C/C++ kód)?
- A 3.3 szakaszban nem találtam arra vonatkozó információt, hogy hány fizikai minta állt rendelkezésre a burkolatokból. Az alacsony mintaelemszám statisztikai szempontból aggályossá teheti a levont következtetéseket. A bemutatott eredmények statisztikailag relevánsnak tekinthetők?

A 4. fejezet az úthálózat környezeti elemeinek térképezését tárgyalja, beleértve a 2D és 3D modelleket. Az irodalmi bemutatás megfelelő, különösen a 3D modellezés esetében. Alkalmazásokat

is látunk mindkét esetben, magam részéről a 3D modellekhez kapcsolódó eredményeket érzem erősebbnek, itt meggyőzőbben kerül bemutatásra (részben kvantitatív módon) az is, hogy az elért eredmények versenyképesek és javítást hoznak a szakterületen.

Kérdések a 4. fejezethez:

- A 4.1 szakaszban SVM típusú hálózatok (mint neurális hálózatok) említése történik, miközben az SVM klasszikusan egy egyszerű (neurális hálók nélkül is alkalmazott) osztályozási technika. Mi az oka ennek a megfogalmazásnak?
- A 4.3 ábra angol nyelvű. Ez saját ábra vagy átvételre került valahonnan?
- A 4.2 szakaszban az SOM technikán alapuló szegmentáció kerül bemutatásra, mint választott technika. Történt-e összehasonlítás más szegmentációs módszerekkel, hátha azok jobb eredményt adtak volna? Hogyan, milyen kiértékelési protokoll segítségével lett tesztelve az SOM szegmentáció hatékonysága? Mekkora adatbázison lett tesztelve?
- A 4.2 szakasz végén egy alkalmazás a szerző 2018-as cikkét jelöli meg (Barsi et al., 2018). Az eljárás szegmentációt is használ, viszont 2018-ban már bőven elérhetőek voltak a mélytanuláson alapuló szegmentációs eljárások. Miért nem kerültek be ezek az eljárások a megvalósításba (relatív magasságon alapuló szegmentálás)?

Az 5. fejezet a közlekedő objektumok távérzékelésével és térinformatikájával foglalkozik, azaz objektumokkal bővíti a korábban tárgyalt környezetet. A fejezet egy alapos általános áttekintést nyújt az objektumok – elsősorban járművek és gyalogosok – detektálását és jellemezhetőségét biztosító technológiákról, és relatíve jó képet kapunk a felhasználható módszertanokról is. A gyakorlati alkalmazhatóság szempontjából tett célkitűzések időnként nem egyértelműek – nem teljesen világos, hogy milyen kihívást igyekszik a szerző megoldani –, viszont találunk nagyon hasznos megvalósításokat. Ilyen például a forgalommal szembemenő járművek kiszűrése, bár a felhasznált módszertan nem túlságosan összetett.

Kérdések az 5. fejezethez:

- Az 5.2 szakaszban nem igazán világos, hogy milyen új elemek vannak a javasolt metodológiában, vagy az implementáció volt az elsődleges célkitűzés? Történt kvantitatív összehasonlítás más módszerekkel?
- Az 5.1. táblázat a leírás alapján a járműosztályozás pontosságát tartalmazza, viszont a százalékos értékek nagyon alacsonyak benne. Valószínű az értékek, vagy máshogy kell értelmezni?
- Az 5.4. szakaszban a gyalogosok detektálására a GMM modell kerül alkalmazásra. Gyalogosdetektálásra nagyon sok eljárás volt mindig is ismert, így természetesnek tűnik a kérdés, hogy miért ez a módszer került kiválasztásra? Történt összehasonlítás más potenciális eljárásokkal?
- Az 5.4. szakaszban helyet kap a Kinect szenzor is, ami gyakran használt emberek detektálására, viszont a leírás nem tartalmaz irodalmi kitekintést. Történt bármilyen összehasonlítás más Kinect-alapú megközelítésekkel a feladatra?

A 6. fejezet összegzi a dolgozat tartalmát, míg a 7. fejezet a tézispontokat tartalmazza.

Összegzésként elmondható, hogy a dolgozat és a téziszűzet jól szerkesztett, olvasmányos és nagyon szépen illusztrált munka. Elgépelést, szerkesztési hibát elvéve találtam. A szerző rendelkezik színvonalas publikációkkal, bár a dolgozat elsősorban konferenciaközleményekre épít. Számomra komoly hiányosság, hogy a bemutatott módszertanok esetében nagyon sokszor nem derül ki, hogy pontosan mi bennük az újszerűség. Egy másik komoly probléma, hogy a tudományos eredmények

igazolása rendszerint elméleti eszközökkel történik (itt ez nem releváns), illetve nagyon alapos kvantitatív összehasonlítással más módszerekkel az új módszertan előnyeinek igazolásához. A dolgozat ilyen jellegű összehasonlításokat lényegében nem tartalmaz és a tekintett adatbázisok pontos specifikációja (elemszám stb.) is gyakran hiányos. Az elkészült rendszerek összeállítása jól átgondolt, alkotás értékkel bír, de a korábban említettek alapján a tudományos hozzáadott értéket a dolgozatban leírtak nem támasztják alá kellőképpen. Ettől függetlenül, magam részéről látok jó ötleteket, amik innovatív értékkel bírnak.

A tézisek megítélésével kapcsolatban is hasonló a véleményem, így a fejlesztéseket megfogalmazó altéziseket megfelelőnek gondolom, viszont a módszertani altéziseket zömét akkor tartom elfogadhatónak, ha a kidolgozott eljárások innovatív tartalma és más eljárásokkal szembeni versenyképessége alátámasztást kap (például a válaszokban). Részletesen a tézisekről:

- Altézés 1.4, 2.1, 3.1, 3.2, 3.3, 4.3: részemről elfogadható,
- Altézés 2.2: elfogadom az altézist azzal a megjegyzéssel, hogy mivel nem történt meg a rendszer véglegesítése, így a validáció nem tekinthető teljes értékűnek,
- Altézés 1.1, 1.2, 1.3, 2.3, 4.1, 4.2, 4.4: a módszertan innovatív volta és versenyképessége alátámasztandó,
- Altézés 1.3 és 1.4: a két pont esetlegesen összevonható.

A fentiek alapján véleményem szerint a dolgozat elegendő értékes eredményt tartalmaz, ezért a nyilvános védés kitűzését támogatom. A felmerült kérdések meggyőző megválaszolása és sikeres védés esetén a cím odaítélését támogatom.

Debrecen, 2020. december 06.



Prof. Dr. Hajdu András  
tszv. egyetemi tanár