Magyari Zsófia

Közúti csomópontok láthatóságának értékelése távérzékelési módszerekkel

Témavezetők:

Dr. Koren Csaba, professzor emeritusz

Dr. habil. Borsos Attila, egyetemi docens

Ph.D. doktori tézisek

Széchenyi István Egyetem

Infrastrukturális Rendszerek Modellezése és Fejlesztése
Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola
Győr

2023

Tartalom

1. A téma ismertetése és motiváció 3
2. Célkitűzések 4
3. A kutatás során alkalmazott módszerek 5
4. Saját eredmények 6
5. Következtetések és további kutatási irányok 16
6. Saját publikációk 18

1. A téma ismertetése és motiváció

Doktori kutatásomban a szintbeni, jelzőtáblával szabályozott közúti csomópontok láthatóságvizsgálatával foglalkozom a közlekedésbiztonság javítása érdekében.

A közúti csomópontok balesetek szempontjából kifejezetten kritikus helyszínek, melynek oka, hogy a csomópontokban a járművek vagy gyalogosok keresztezik egymás útvonalát. A járművezetőnek pillanatok alatt kell tájékozódnia a forgalmi szabályozásról és a közlekedésben résztvevő társainak helyzetéről, valamint megfelelő döntést hozni a továbbhaladásáról. A csomópont közvetlen környezete alakítható, azonban gyakori az olyan eset, ahol nehéz vagy szinte lehetetlen biztosítani a csomópont szükséges mértékű beláthatóságát.

A korszerű mérőeszközöknek és a számítástechnikai fejlődésnek köszönhetően lehetőség nyílt a láthatóságot jellemző takarási ábrák háromdimenziós elkészítésére, amelyeknek vizsgálatát jelenleg csak vízszintes értelmű terveken vagy térképlapokon követelik meg, annak ellenére, hogy a látási akadályok elemzése térbeli probléma.

A mobil lézerszkennerek adatgyűjtése mellett fotogrammetriai módszerekkel lehet olyan adatokat tömegesen előállítani, amelyek megfelelő pontosságot biztosítanak a láthatósági vizsgálatokhoz.

A másik kérdéskör, hogy az előírásokban alkalmazott látómezőket sok esetben nehéz biztosítani, továbbá a vizsgálat eredménye „igen vagy nem”, holott a kérdés sokkal árnyaltabb. Például egy kerítés lehet közel átlátszó vagy tömör, azaz közlekedés szempontjából átlátható vagy okozhat teljes kitakarást is.

Az előírások elsősorban gépjárművekre koncentrálnak, bár meg van határozva, hogy kerékpáros átvezetés esetén hogyan kell vizsgálni a látómezőt, de a gyalogosok, kerékpárosok és a sérülékeny úthasználók látótereit nem veszik figyelembe.

Nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy a jövőben várható az autonóm járművek elterjedése, amelyek számára szintén fontos a szabad láthatóság, azaz felmérhetőség biztosítása, de ez jelentősen eltérhet az emberi igényektől.

2. Célkitűzések

A munkám elsődleges célja a csomóponti láthatósági vizsgálatok fejlesztése, hogy a feltárt összefüggések és következtetések segítségével a közúti csomópontokban előforduló, megközelítőleg évi háromezer baleset számát megfelelő infrastruktúra-átalakítással csökkenteni lehessen.

Részcélok a láthatósági problémák feltárásához:

- A láthatóságot befolyásoló tényezők feltárása, megismerése, figyelembe vételi lehetőségek kidolgozása és rendszerezése.
- A közlekedési csomópontok láthatóságának átfogó vizsgálatához szükséges adatgyűjtési tevékenység meghatározása.
- Olyan vizsgálati módszer kialakítása, amely a kitakarási ábrák készítése mellett alkalmas a különböző közlekedési szituációk kiértékelésére is.
- A csomópontok környezetének és infrastrukturális kialakításának láthatósági értékelésére alkalmas minősítő rendszer kidolgozása.

Célom továbbá vizsgálni és értékelni a különböző felmérésekből származó adatok alkalmazhatóságát térbeli vizsgálatokra, valamint a többféle térbeli kiértékelési eljárás során szerzett tapasztalatok összefoglalása és ajánlás készítése a hatékonyabb megoldásokról.

Végül célom a fejlesztés alatt lévő autonóm járműveken alkalmazott érzékelők vizsgálata a csomópontok beláthatósági szempontjából, lehet-e a járművek felmérései alapján utólagos kiértékeléssel láthatóságot vizsgálni?

3. A kutatás során alkalmazott módszerek

A kutatás során elméleti modellekre és helyszíni felmérésekre támaszkodtam. Az eredményeket látási akadályokra vonatkozóan egyesével és összesítve az általam definiált teljes referencia síkra határoztam meg. A kiértékelés során kritikus arányszámok segítségével osztályokat alkottam.

Az előírásokban megfogalmazott geometriai követelmények alapján olyan modelleket tudtam készíteni, amelyek segítségével meg tudtam határozni a következő paramétereket.

A maximális fejelfordítás szögének meghatározásához kiszámítottam a csatlakozó csomóponti ág becsatlakozási szögértékeihez tartozó megfigyelési pont maximális látószögét és ugyanezt a módszert alkalmaztam az autonóm jármű LiDAR érzékelőjének minimálisan szükséges csomóponti látószög meghatározásához. A látótávolságra vonatkozó paramétereket az AASTHO (2018) kézikönyv kritériumai szerint vettem fel, az autonóm járművek számára egy másodperccel csökkentett reakcióidőt feltételezve.

Második elméleti modellem az irányszög jelentőségét mutatja be. Két azonos méretű tárgy, amelyek azonos távolságra helyezkednek el a nézőponttól, eltérő kitakarást okoznak a látótávolságra vetítve az irányszögtől függően. A látótávolság széleihez közelítve egyre kedvezőtlenebb a geometria a növekvő távolság és irányszög értékek miatt. A zavartalan csomóponti keresztezéshez viszont éppen ezeken a széleken kell észlelni a látómezőbe belépő járművet. Ez a modell az alapja az első tézisemnek és a szögfelbontási paraméter fontosságának.

A terepi felméréseket öt helyszínen hajtottam végre, egyik helyszínen kiegészítettem drónnal készített fotogrammetriai méréssel, valamint az egyik helyszínről kaptunk autonóm jármű által felmért pontfelhőt is. E két utóbbi eltérő felmérési mód segítségével tesztelni tudtam a referencia síkon történő elemzés módszerét és összehasonlítottam pontosság szempontjából a pontfelhő alkotási technológiákat.

A referencia sík láthatósági aránya egy százalékos számérték, ami egyszerűen használható minősítő mérőszám. Az értékelésnél azonban figyelembe kellett venni azt is, hogy a látható részek mennyire összefüggőek vagy szétszórtak. Ennek a vizsgálatával foglalkozik az 5. fejezet, ahol bevezettem a gépjármű láthatóságát. A negyedik tézis a csomóponti ág láthatósági értékelése a gépjármű 90%-os láthatósága alapján.

Az autonóm közlekedés kapcsán két kérdést vizsgáltam meg. Az első a járművekre szerelt LiDAR érzékelőkből származó adat alkalmazhatósága csomóponti láthatósági elemzésre, láthatósági problémák kiszűrésére. Ezt a vizsgálatot a 6. fejezet mutatja be a drónfotogrammetriai eljárással párhuzamosan. Az egy helyszínen történt vizsgálat alapján összehasonlítva a statikus lézerszkenneres felméréshez képest 4,2%-os eltérést találtam. A második kérdés, hogy az előírt láthatósági követelmények alapján, egy másodperccel csökkentett reakcióidőt feltételezve milyen geometriai követelmények adódnak az ilyen járművek számára.

4. Saját eredmények

1.tézis

Felülvizsgáltam a csomóponti láthatósági követelményeket. Bevezettem a kritikus kitakarási hossz fogalmát, ami egy személygépkocsi méretének felel meg. Meghatároztam a csomóponti láthatóság síkbeli mérőszámait, melyek a látótávolság kitakart része, a látószög takart része és az akadályok irányszöge. Meghatároztam a kritikus kitakarási értékekhez tartozó irányszög és látószög párokat, amelyek fölött már az okozott kitakarás meghaladja a kritikus értéket.

A kritikus kitakarási hossz alkalmasabb a csomópont beláthatóságának értékelésére, mint a látómezőben található akadályok méretére vonatkozó korlátozások. A látótávolság takart részének hossza (sd_1, sd_2) ugyanis nemcsak az akadály méretétől, hanem más tényezőktől is függ. Ezek a következők:

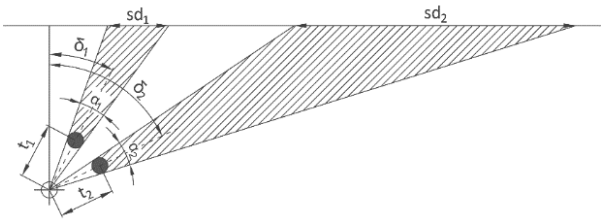
- látószög takart része (α_1, α_2):

  A szükséges térrészből az egyes látási akadályok által kitakart szögérték,

- akadályok irányszöge (δ_1, δ_2):

  Két azonos távolságban lévő, azonos látószög alatt látszó tárgy közül amelyik a látótér szélén helyezkedik el, az nagyobb kitakarást eredményez.

Ezen mérőszámok segítségével határozható meg a látótávolság takart részeinek a hossza.



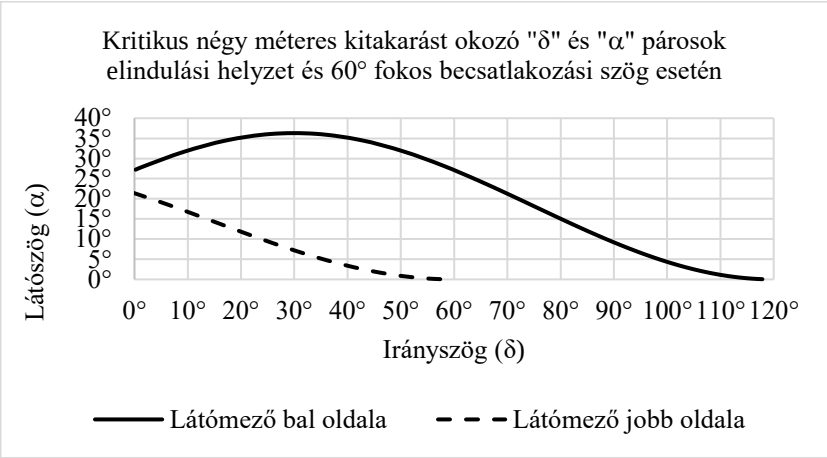
1. ábra: Csomóponti láthatóság mérőszámai

Kritikus kitakarásokat könnyen előidéznek nagyobb irányszög mellett észlelt közeli tárgyak, ezért kiszámoltam és grafikonokon ábrázoltam, hogy melyek a kerülendő irányszög és látószög együttesek.

Az értékek meghatározásakor figyelembe vettem az alárendelt útszakasz becsatlakozási szögét és a forgalmi sávok szélességét. Az eredményeket elindulási és közeledési szituációk látómezeire számoltam, valamint külön-külön tüntettem fel a látómező jobb és bal oldalához tartozó paramétereket, mert 90 foktól számottevően különböző becsatlakozási szögek esetén jelentősek az eltérések a két oldal között.

Fentiekre személygépjárművek esetén mutat példát a 2. ábra, melyet 4 m kritikus hossz, 60° becsatlakozási szög, 3,5 m forgalmi sáv szélesség és az úttest szélétől 3 m-re elhelyezkedő megfigyelési pont esetére mutatok be. Az ábrán a görbe feletti terület jelöli azokat az irányszög és látószög párokat, amelyek esetén kritikus

kitakarás jön létre. A görbe alatti szögértékekkel jellemezhető objektumok nem okoznak kritikus kitakarást.



2. ábra: Kritikus kitakarások

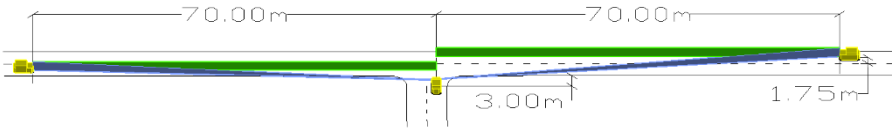
A tézishez kapcsolódó publikációk:

1. Magyari, Z., Koren, C.: Visibility Studies at Roundabouts Entries. Pollack Periodica, 14(3) (2019), pp. 63–74.
2. Magyari, Z., Koren, C.: A közúti csomópontok beláthatóságát befolyásoló tényezők. Kutatási jelentés: Kutatási jelentés 1, Universitas-Győr Nonprofit Kft. (2019) pp. 42–53.
3. Magyari, Z., Koren, C.: Visibility Indicators for Intersection Safety Investigations Konferenciakiadvány: 4th International Conference on Traffic and Transport Engineering. Belgrád (2018), pp. 751–757.
4. Magyari, Z.: Közlekedési csomópontok láthatósági nehézségei és a balesetek összefüggései. Műszaki Katonai Közlöny, 2018/1 (2018), pp. 49–59.

2. tézis

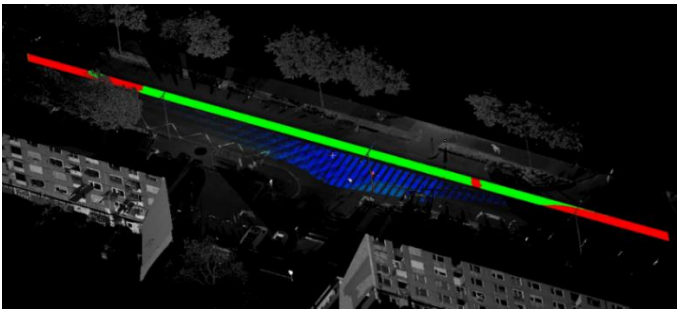
Az elsőbbséggel rendelkező út láthatóságának elemzésére bevezettem a referencia sík fogalmát, amely az úttengely, ill. a forgalmi sáv tengelyvonalában elhelyezkedő függőleges sík, ill. felület (3. ábra). A megfigyelési pontból az akadályokat erre vetítve meghatározhatók a látható és a takart pontok. A látható pontok és a sík területének arányaként definiáltam a referencia sík láthatósága elnevezésű mérőszámot a csomópont láthatóságának globális jellemzésére.

Megállapítottam, hogy a térbeli pontfelhős modellben a referencia sík hatékonyabban alkalmazható, mint az eddigi vízszintes síkbeli tengelyvonal.



3. ábra: A referencia sík értelmezése

A kiértékelési eljárás során lézerszkenneres felméréseket végeztem öt helyszínen, helyszínenként két-három eltérő megfigyelési pontból. Elindulási és közeledési látómezőkre vonatkozóan határoztam meg a referencia sík láthatóságát. Mindegyik esetben 100 méter hosszú látótávolságot alkalmaztam az eredmények összehasonlíthatósága érdekében.



4. ábra: Látható és takart részek a referencia síkon

Az eredményeket az 5. ábra mutatja, ahol a referencia sík látható részeit zöld színnel, a takart részeket pirossal jelenítettem meg. A sávokon a referencia sík láthatósági arányán túlmenően vizuálisan azonosítható az akadályok térbeli eloszlása is.

Helyszín	Szituáció	Látható pontok aránya	Referencia sík
Egyetem	közeledési v.2	20.6%	
Egyetem	közeledési	40.8%	
Szabadhegy	közeledési	41.7%	
Kodály	közeledési	44.1%	
Szabadhegy	elindulási	47.6%	
Egyetem	elindulási	51.5%	
Zólyom	közeledési	52.0%	
Kodály	elindulási	60.7%	
Kálóczy	közeledési	62.6%	
Kálóczy	elindulási	71.1%	
Zólyom	elindulási	95.1%	

5. ábra: Látható és takart részek az egyes mérési helyszíneken

A tézishez kapcsolódó publikációk:

1. Magyari, Z., Koren, C.: Lézerszkennerrel felmért közlekedési csomópontok láthatósági vizsgálata referencia sík segítségével. Geodézia és Kartográfia. 2023. évi 1. sz. (2023) (Megjelenés alatt)
2. Magyari, Z., Koren, C.: Spatial Visibility Investigation Methods of Road Intersections. Kutatási jelentés: Kutatási jelentés 2. – Research Report, Universitas-Győr Nonprofit Kft. (2020) pp. 127–134.
3. Magyari, Z., Koren, C.: Visibility Indicators for Intersection Safety Investigations. Konferenciakiadvány: 4th International Conference on Traffic and Transport Engineering, Belgrád (2018), pp. 751–757.

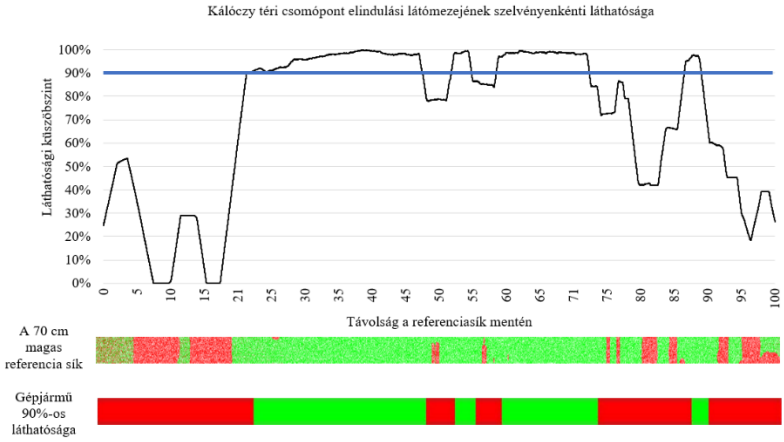
3. tézis

Bevezettem a gépjármű láthatóságán alapuló vizsgálatot, mellyel azonosítható, hogy a vizsgált helyszínen hol vannak olyan látási akadálytól mentes egybefüggő szakaszok, ahol a fölérendelt úton közlekedő 4 m hosszúságú jármű látható. A vizsgálat eredményeként megadható a láthatósági nehézséggel terhelt szelvények hossza és helyzete. Bevezettem a gépjármű láthatósága értéket, amely a teljes referencia síkra vonatkoztatva értékeli a relatív láthatóságot.

A módszer annyiban tér el a 2. tézisben ismertetettől, hogy referencia síkon a gépjárművek méretének megfelelő összefüggő szabad területeket keresünk. A gyakorlati példák és a felmérési technika sajátosságai miatt kisebb takarásokat 10% mértékben elhanyagolhatónak vettem, a kritikus hosszúság (felület) láthatóságát legalább 90 százalékos mértékben határoztam meg.

A vizsgálat alapjául a referencia sík szolgál, melyen egy szelvénypont láthatóságát a hozzá tartozó ablak láthatósága adja (pl. szelvénypont ±2 m). Az ablak hossza megegyezik a kritikus látótávolsággal (személygépjármű esetén 4 m), melynek középpontja a szelvénypont.

A 6. ábra a felmérési helyszínek egyikén (Kálóczy tér) mutatja a csomóponti ág referencia síkján a személygépjármű láthatósági vizsgálatának eredményét. A négy méteres szelvényt tíz centiméterenként léptettem előre és határoztam meg a szelvényhez tartozó ablak láthatósági arányát. A diagram függőleges tengelye az adott szelvényponthoz tartozó ablak láthatóságát mutatja meg. Nincs látási akadály és a négy méter folyamatosan biztosított, ahol ez az érték megközelíti a 100%-ot. A 6. ábrán a 90%-os láthatóság 45,4 méteren teljesül.



6. ábra: Egybefüggő 4 méteres szabad láthatóság változása a referencia sík mentén

A referencia sík értékelése többféleképpen lehetséges. Az egyik az itt bemutatott kritikus hosszúság (4 méter) biztosítottságának vizsgálata, de gondolkodhatunk úgy is, hogy egy adott méretet meghaladó kitakarásokat keresünk. A 90%-os értéket úgy határoztam meg, hogy szigorúságában közelebb legyen a jelenlegi szabályozáshoz.

A láthatósági vizsgálatokat a kereszteződéstől meghatározott távolságban kell elvégezni, azonban a gyakorlatban, ha takart a csomópont, akkor a járművezető előrébb gurul, hogy jobban beláthassa a látómezőt.

A tézishez kapcsolódó publikáció:

Magyari, Zs., Koren, Cs., Borsos, A.: Investigation of intersection visibility using a reference plane, Infrastructures, (2023) (megjelenés alatt)

4. tézis

A jármű láthatósági arányszáma alapján javaslatot tettem a csomópontok láthatósági besorolására. Háromfokozatú értékelési rendszert határoztam meg.

Az osztályokat A, B, C betűkkel jelöltem, melyek közül az „A” osztályú kereszteződéseket javaslom belátható csomóponti ágként kezelni. A gyengébb besorolású csomópontok felülvizsgálata javasolt:

- A: 80–100%, jó
- B: 40–79%, még elfogadható
- C: 0%–39%, nem megfelelő

Helyszín	Referencia sík azon részei, ahol 90%-ban látható a gépjármű	Személygépjármű láthatósága	Osztály
Zólyom – elindulási		86,4%	A
Kodály – elindulási		48,0%	B
Kálóczy tér – elindulási		45,4%	B
Egyetem – elindulási		34,7%	C
Szabadhegy – elindulási		28,5%	C
Zólyom – közeledési		25,0%	C
Kálóczy tér – közeledési		23,4%	C
Kodály – közeledési		22,3%	C
Egyetem – közeledési		17,9%	C
Szabadhegy – közeledési		15,7%	C
Egyetem – közeledési 2		5,1%	C

7. ábra: Vizsgált helyszínek osztályozása

A vizsgált helyszínek közül (7. ábra) egy helyszín „A”, kettő pedig „B” besorolást kapott. A többi helyszín „C”, azaz nem megfelelő. A helyszínek meghatározásánál szempont volt, hogy láthatósági akadályokkal terhelt belterületi csomóponti ágakat válasszak ki, annak érdekében, hogy hatásuk kimutatható legyen, ezért is „nem megfelelő” az eredmények többsége.

A kialakított osztályintervallumok megengedőbbek, mint a jelenlegi szabályozás szerinti merev követelmények, de a helyszíni tapasztalatok alapján reálisnak tekinthetők.

Az értékelés az alárendelt csomóponti ághanként külön-külön történik. Egy-egy ág eltérő minősítést kaphat a közeledési és az elindulási helyzetet feltételezve. Ezek a

minősítések egymással nem összevonhatóak. Hasonlóképpen nem vonhatóak össze a csomópont különböző ágai sem.

Az értékelési rendszer később finomítható nagyobb számú minta figyelembevételével.

A tézishez kapcsolódó publikáció:

Magyari, Zs., Koren, Cs., Borsos, A.: Investigation of intersection visibility using a reference plane. Infrastructures, (2023) (megjelenés alatt)

5. tézis

Kimutattam, hogy miután az autonóm járművek gyorsabb reakcióidejüknek köszönhetően egy másodperccel kisebb becsatlakozási időközt is el tudnak fogadni, ezért az ilyen járművek számára 15%-kal kisebb szabadon tartandó látótávolság is elegendő.

Az egy másodperccel csökkentett becsatlakozási időköz értéket Schoettle (2017)[1] munkájára és további szakirodalmi forrásokra alapoztam. A tézis arra az esetre vonatkozik, amikor a jármű kizárólag a saját szenzorjaira támaszkodik és a felmérések alapján navigál, nem elérhető HD térkép, pozíciómegosztás és a hálózatba kötött gépjármű technológiák (connected vehicles).

A hagyományos és az autonóm járművek látótávolságának ΔSD különbségét az alábbi egyenlet alapján határoztam meg.

$$\Delta SD = \frac{(t_R^{CC} - t_r^{AC}) \cdot v}{3{,}6}$$

ahol:

- t_R^{CC} = hagyományos jármű reakcióideje [s]
- t_r^{AC} = autonóm jármű reakcióideje [s]

[1] A hivatkozott irodalmak bibliográfiai adatai a disszertációban megtalálhatók

- v = a védett útvonal megengedett sebessége [km/h]

Amennyiben a szabadon tartandó látótávolság 15%-kal kisebb, akkor az 1. táblázat szerint alakulnak a 30, 50, 70 és 90 km/h sebességű elsőbbséggel rendelkező útszakasz és a balra kanyarodásához szükséges geometriai paraméterek. Az értékek meghatározásánál az AASTHO[1] 2018-as ajánlást vettem figyelembe és az ottani becsatlakozási időközt csökkentettem egy másodperccel.

1. táblázat: Hagyományos és autonóm járművek láthatósági követelményei a 30, 50, 70 és 90 km/h sebességekhez tartozó látómezőkhöz

Követelmény	Hagyományos jármű				Autonóm jármű			
Sebesség [km/h]	30	50	70	90	30	50	70	90
Látótávolság [m]	65	105	150	190	55	90	125	165
Látószög, teljes látómező, amit vizsgálni kell [°]	114	117	118	118	113	116	117	118
Felbontási szög [°] *	0,33	0,13	0,06	0,04	0,45	0,2	0,1	0,06

* Ezen belül kell észlelni a látómezőben megjelenő négy méter hosszú járművet.

Miután a hagyományos és az autonóm járművek még sokáig együtt fognak közlekedni, a rövidebb szükséges látótávolság nem jelenti az előírások megváltoztatását. Megjegyzendő, hogy a jelenleg fejlesztés alatt álló önvezető járművek az egy másodperccel csökkentett becsatlakozási időközt még nem tudják teljesíteni. Fenti feltételezés mellett azonban az autonóm járművek képesek lesznek olyan csomópontokban is manőverezni, amelyek az emberi vezetők számára kockázatosak.

8. ábra: Pontfelhő, eltérő távolságokból felmérve (Forrás: www.hesaitech.com)

A tézishez kapcsolódó publikációk:

Magyari, Z., Koren, C., Kieć, M., Borsos, A.: Sight Distances at Unsignalized Intersections: A Comparison of Guidelines and Requirements for Human Drivers and Autonomous Vehicles. Archives of Transport, 59(3) (2021), pp.7–19.

Magyari, Z., Koren, C.: Alkalmasak-e az önvezető jármű LiDAR érzékelői a biztonságos közúti csomóponti látótávolságok vizsgálatára? Konferenciakiadvány: XXIV. Nemzetközi Építéstudományi Online Konferencia – ÉPKO, (2020), pp. 101–106.

Magyari, Z., Koren, C.: Impact of autonomous vehicles to visibility requirements in road junction design. Konferenciakiadvány: Közlekedéstudományi Konferencia. Győr 2019, Conference on Transport Sciences: Alternatív-Autonóm-Kooperatív-Komparatív Mobilitás, Győr (2019), pp. 1–6.

5. Következtetések és további kutatási irányok

A kutatást 2016 őszén kezdtem meg, az eltelt időszak alatt a témát érintő technológia hatalmas változásokon ment keresztül. A lézerszkenneres és fotogrammetriai eszközök technikai tudásának és a pontfelhőfeldolgozásoknak hatalmas lendületet adott az autóipari érdekeltség megjelenése. Ennek köszönhetően újabb szempontokkal egészült ki a munkám és változott a megvalósítás az eredeti kutatási tervhez képest.

A dolgozatot megelőző pontfelhős adatok alapján láthatóságot vizsgáló publikációkhoz képest fontos eredménynek tartom a referencia sík megfogalmazását. Ennek előnyét a könnyű kezelhetőségben és algoritmizálhatóságában látom. A referencia sík láthatósága ugyan egy százalékos érték, ami mellett azonban ott van egy ábra is, ami megmutatja, hogy mit lát és mit nem lát a járművezető. Ennek az ábrának a megfigyelésével már nagyon könnyű észrevenni a jelentősebb láthatósági nehézségeket.

A másik fontos eredmény a kiértékelésekből származik, melyek segítségével emberi vizuális áttekintés nélkül is számszerűsíthetők a referencia sík nem látható részei. Továbbá a gépjármű 90% láthatósági arányszámának meghatározásához használt ablakok segítségével pontosan megmondható, hogy a referenciasík melyik szelvényénél keletkezik a kritikus kitakarás.

Ezen mutatók segítségével és építve arra az irányra, amerre a térbeli mérések lehetőségei haladnak, várhatóan pár éven belül hatalmas mennyiségű pontfelhős adat fog rendelkezésre állni. Ezáltal megvalósíthatónak tartom a hazai csomópontok térbeli láthatósági vizsgálatának felülvizsgálatát, esetlegesen beavatkozási sorrend felállítását, mellyel csökkenthető a hazai csomópontokban történő megközelítőleg évi háromezer baleset.

A disszertációban a következő további kutatási kérdéseket fogalmaztam meg.

- További összehasonlítás fotogrammetriai módszerekből származó pontfelhőkkel.
- További összehasonlítás autonóm járművek LiDAR adataival.
- Hatékony algoritmus készítése a referencia sík kiszerkesztésére és kiértékelésére.
- Figyelembe venni látómező a járműveinek mozgását és kialakítani egy észlelhetőségi mutatót.
- A megfigyelési pont helyett egy megfigyelési (közeledési) vektor mentén lépésenként megfigyelni a referencia sík változását.
- A láthatósági arányokon alapuló osztályok és a járművezetők valós helyzetekben hozott döntéseinek összehangolása.

6. Saját publikációk

1. Borsos, A., Koren, C., Makó, E., Miletics, D., Nagy, R., Fahad, M., Magyari., Z.: Road environment for autonomous vehicles. Konferenciakiadvány: XI. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia: „Közlekedés a Járvány után: folytatás vagy újrakezdés", Győr (2021), pp. 140−147.
2. Magyari, Z., Koren C.: Assessment of visualobstructions at unsignalized intersections. Konferenciakiadvány:12th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, Győr (2021), pp. 407–410.
3. Magyari, Z., Koren, C., Kieć, M., Borsos, A.: Sight distances at unsignalized intersections: A comparison of guidelines and requirements for human drivers and autonomous vehicles. Archives of Transport, 59(3) (2021), pp.7–19.
4. Magyari, Z., Koren, C.: Alkalmasak-e az önvezető jármű LiDAR érzékelői a biztonságos közúti csomóponti látótávolságok vizsgálatára? Konferenciakiadvány: XXIV. Nemzetközi Építéstudományi Online Konferencia – ÉPKO, (2020), pp. 101–106.
5. Magyari, Z., Koren, C.: A comparison of capabilities of human drivers and autonomous vehicles. Konferenciakiadvány: 8th Transport Research Arena, (2020), Paper 638.
6. Magyari, Z., Koren, C.: Spatial visibility investigation methods of road intersections. Kutatási jelentés: Kutatási jelentés 2. – Research Report, Universitas-Győr Nonprofit Kft. (2020) pp. 127−134.
7. Magyari, Z., Koren, C.: Visibility studies at roundabouts entries. Pollack Periodica, 14(3) (2019), pp. 63–74.
8. Magyari, Z., Koren, C.: A közúti csomópontok beláthatóságát befolyásoló tényezők. Kutatási jelentés: Kutatási jelentés 1, Universitas-Győr Nonprofit Kft. (2019) pp. 42-53.
9. Magyari, Z., Koren, C.: Impact of autonomous vehicles to visibility requirements in road junction design. Konferenciakiadvány:

Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2019 Conference on Transport Sciences: Alternatív-Autonóm-Kooperatív-Komparatív Mobilitás, Győr (2019), pp. 1–6.

10. Magyari, Z., Koren, C.: Visibility indicators for intersection safety investigations. Konferenciakiadvány: 4th International Conference on Traffic and Transport Engineering, Belgrád (2018), pp. 751–757.
11. Magyari, Z.: Közlekedési csomópontok láthatósági nehézségei és a balesetek összefüggései. Műszaki Katonai Közlöny, 2018/1 (2018), pp. 49–59.
12. Magyari, Z.: Települések közti hiányzó útkapcsolatok feltárása és elemzése. Az Aszfalt, 20(2) (2015), pp. 28–33.
13. Magyari, Z.: Települések közti hiányzó útkapcsolatok feltárása és elemzése. Konferenciakiadvány: 4. Közlekedéstudományi hallgatói és PhD konferencia, Budapest (2014), pp. 15–24.