Hegyi Pál

Városi úthálózat-topológiák és a balesetek térbeliségének elemzése

doktori tézisek

Témavezetők:

Dr. Koren Csaba, Professzor Emeritus

Dr. habil. Borsos Attila, egyetemi docens

Széchenyi István Egyetem

Infrastrukturális Rendszerek Modellezése és Fejlesztése
Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola

Győr, 2023

TARTALOMJEGYZÉK

1 Bevezetés 3

1.1 Kutatási probléma 3

1.2 Kutatási célok 5

1.3 Kutatási módszertan 6

2 Az értékezés téziseinek összefoglalása 8

3 Összegzés 16

3.1 Javaslatok a gyakorlati munkához 16

3.2 További kutatási irányok 16

4 Irodalomjegyzék 17

1 Bevezetés

A nemzetközi szakirodalom szerint – melyet a disszertáció irodalmi feldolgozás fejezetében részletesen bemutatok – a városi úthálózatok kialakítása befolyásolja a balesetek előfordulását. A kutatók egyfelől a csomópontokat, mint a leginkább potenciális baleseti helyszíneket, másfelől pedig a megtett út hosszát említik baleseti kockázati tényezőként (Rifaat et al., 2009). A két tényező a városi úthálózaton egymásnak ellentmond, hiszen a sok csomóponttal rendelkező hálózat jól átjárható, ezért két pont között rövidebb úton érhetjük el a kiválasztott célt. Ellenkező esetben, azaz kevésbé átjárható úthálózat esetén hosszabb távolsággal, azonban kevesebb kereszteződéssel kell számolni. Az átjárhatóság a hálózati elemek összekapcsolódásával, más néven konnektivitásával jellemezhető. Ennek az egyik fő ismérve, hogy egy kiválasztott kiindulási pont és végpont között több útvonalon is közlekedhetünk (Guinn and Stangl, 2011). A hálózatok és a balesetek közötti összefüggések kutatása az Amerikai Egyesült Államokból indult (Dill, 2004) (Tresidder, 2005), ahol akár egész városok úthálózati kialakítása azonos mintát követ. Ezekben a városokban kimutathatók a fenti összefüggések az úthálózat és a balesetek előfordulása kapcsolatában.

Egy másik megközelítés szerint a közlekedési mód választása is hatással van a balesetek alakulására. Az aktív környezetbarát közlekedési módok (pl. kerékpározás, gyaloglás) arányának növelése csökkenő hatást gyakorol a balesetekre. A jól kialakított közlekedési infrastruktúra ösztönözi az aktív közlekedési módok választását. Az ilyen szemlélettel kialakított közlekedési infrastruktúrában a motorizált közlekedőknek többletutat kell megtenniük a céljuk eléréséhez. (Krenn et al., 2015).

1.1 Kutatási probléma

1. A városi úthálózatok csomópontokból és folytonos útszakaszokból épülnek fel. A csomópontokban forgalomirányító készülék, jelzőtábla, vagy a jobbkéz szabály határozza meg az elsőbbségi viszonyokat. Ez a helyzet

akkor ideális, ha a jármű vezetője könnyen felismeri a forgalmi helyzetet a kereszteződésben. Potenciális veszélyforrásként jelenik meg azonban, ha a járművezető elé táruló geometriai kialakítást nem követi az elsőbbségi viszonyok hasonló kialakítása, azaz az alárendelt útról érkezve nem észleli időben a kereszteződést és annak elsőbbségi viszonyait. Nem ismerjük azonban annak módját, hogy hogyan lehetséges a kis forgalmú utakon beazonosítani azokat a helyeket, amelyek potenciálisan baleseti helyszínekké válhatnak, hiszen minden egyes kereszteződés helyszíni elemzése időben és anyagi erőforrások tekintetében is csak jelentős ráfordítással valósítható meg.

2. A városokban a fajlagosan legnagyobb lélekszámmal rendelkező városrészek a lakótelepek. A motorizáció fejlődése során a gépjárművek száma emelkedett. A lakótelepek megjelenésétől eltelt idő alatt itt is jelentős mértékben növekedett a gépjárműforgalom. A lakótelepek úthálózat-topológiái is változásokon mentek keresztül. A topológiai kialakítás befolyásolja az egyes kereszteződéstípusok és zsákutcák arányát. Ezek az arányok az egyes lakótelep-építési korszakok úthálózat-topológiájában is eltéréseket mutatnak.
3. A potenciális baleseti helyek megállapítása összetett és bonyolult művelet. A balesetveszélyes helyek, illetve góchelyek azonosítása a városi úthálózaton mindig nehéz feladat, hiszen a geometriai adatok megbízhatóságától kezdve a baleseti adatfelvitelig számos tényező befolyásolja az adatbázis jóságát. Az elfogadott elemzési paraméterek, úthálózati topológiák esetén találkozhatunk olyan helyzettel, amikor egy-egy útszakasz nem jelenik meg veszélyes- vagy góchelyként, azonban a valóságban mégis több hasonló baleset történik rajta.

1.2 Kutatási célok

A dolgozatomban a városi úthálózatok kialakításaihoz, valamint a balesetek térbeliségéhez kapcsolódóan három altémában fogalmaztam meg kutatási célokat az alábbiak szerint.

A városi, eltérő beépítésű lakóövezetek úthálózatainak vizsgálata során a Marshall-féle úthálózati modellből indultam ki (Marshall, 2005). Marshall egyfajta referencia úthoz viszonyítva alkotta meg a modellt, amit továbbfejlesztve azt a kérdést tettem fel, hogy változik-e maga a modell eredménye, amennyiben a kezdő referenciaút eltér a korábban referenciaútként kijelölttől. Ennek a célja az volt, hogy az úthálózatok geometriai (térképi) és elsőbbségi viszonyok alapján előállított modelljei összehasonlíthatóak legyenek. Ezáltal olyan potenciális baleseti helyeket tudunk feltérképezni, ahol a személyi sérüléses baleseti számok alacsony volta miatt statisztikai elemzésre nincs érdemben lehetőség. A modellek összehasonlításának eredményeként meghatározhatóvá válnak azok a helyek, amelyeknek részletesebb forgalomtechnikai felülvizsgálata javasolt.

A második kutatási altéma a 100 000 és 250 000 közötti lakosszámú városok lakótelepeinek úthálózati kialakítása, illetve azok változása az 1950-es és az 1990-es évek között hazai és külföldi példákon keresztül. A kutatási cél a különböző úthálózat-topológiák meghatározása az egyes évtizedekben, és azok egyedi jellemzőinek leírása, mint a három-, illetve négyágú csomópontok, valamint a zsákutcák egymáshoz viszonyított arányai, illetve a hálózatok konnektivitása. Ezáltal kategorizálhatók az egyes úthálózat-típusok. További kérdés, hogy a XX. században kialakult úthálózat-topológiák mennyire felelnek meg a jelenkor mobilitási igényeinek.

A harmadik részben a hazai nagyvárosok személyi sérüléses baleseteinek térbeliségével foglalkoztam. Célom volt megállapítani azt, hogy meghatározhatók-e az egyes balesettípusok előfordulási gyakoriságai a városi úthálózatokon. Kerestem a választ arra a kérdésre, hogy a térinformatikai szoftverrel futtatható DBSCAN

eljárás alkalmazása során használt bővítési sugár hol eredményez klasztereket, illetve balesetsűrűsödési helyeket a városok területén. További célom volt a kialakult klaszterek homogenitásának vizsgálata, ami azt jelenti, hogy az összes balesettípus vizsgálata esetén megfigyeltem, hogy egy-egy klaszter mennyiben tartalmaz azonos kategóriába eső baleseteket.

1.3 Kutatási módszertan

A kutatást a hazai és nemzetközi szakirodalom feldolgozásával kezdtem, amit a dolgozat 2. fejezetében ismertetek. Bemutatom a hálózati topológiák főbb jellemzőit, majd ezt követően a városi utak hálózatát ismertetem. Áttekintést adok a városi úthálózati topológiákról, azok mérőszámairól, valamint a balesetek előfordulása és az úthálózatok kialakítása közötti összefüggésekről.

A térinformatika, mint Földrajzi Információs Rendszer a térképek és a hozzájuk kapcsolódó adatbázisok együttese. Napjainkban az angol kifejezés már jobban elterjedt, így gyakran találkozhatunk a GIS (Geographical Information System) mozaikszóval. E tudomány egyik legismertebb hazai képviselője Márkus Béla, aki a következőképpen fogalmazza meg a térinformatika jelentőségét: „A térinformatika az informatika egy speciális ága, a helyhez köthető adatok gyűjtésével, feldolgozásával, kezelésével, menedzselésével, elemzésével, a térbeli információk megjelenítésével, a térbeli döntések támogatásával, a térbeli folyamatok megfigyelésével és modellezésével foglalkozó tudomány.” Kutatásom során mind a városok úthálózata, mind a baleseti adatok kapcsán alkalmaztam a térinformatika nyújtotta lehetőségeket. A 3. fejezetben a kutatásom tárgyát képező városokat, illetve a felhasznált adatbázisokat mutatom be. Ismertetem a térképi adatbázisok feldolgozási módját és térinformatikai rendszerbe integrálását.

A dolgozat 4. fejezetében a kiválasztott lakóövezetek úthálózatainak geometriai (térképi) és elsőbbségi viszonyai alapján előállított modelleket hasonlítok össze. A modelleket Stephen Marshall útvonalakra vonatkozó konnektivitás, kontinuitás és mélység mérőszámai alapján készítem el. A modellek összehasonlítását Microsoft

Excel környezetben készített segédprogrammal, háromszög diagramban előállított pontfelhők alapján, ArcGIS térinformatikai szoftverrel végzem.

Az értekezés 5. fejezetében a hazai és külföldi városok lakótelepeinek úthálózati kialakításával foglalkozom. A hazai városokból 25, míg a külföldi városokból 12 lakótelepet vizsgáltam az úthálózati kialakítás szerint a következő mérőszámokkal: a zsákutcák, három- és négyágú csomópontok száma és aránya a hálózaton belül, valamint a konnektivitási index értéke. A számszerűsíthető adatokat ArcGIS térinformatikai szoftverrel állítottam elő.

A disszertáció 6. fejezetében nyolc hazai városban történt személyi sérüléses balesetek térbeliségével foglalkozom. A baleseti adatokat a WEB-BAL szoftverből szűrtem le a vizsgált városok belterületi útjaira vonatkozóan 2011 – 2019 közötti időintervallumra vonatkozóan. Az ArcGIS térinformatikai szoftver KDE (Kernel Density Estimation) és DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) alkalmazásaival térbeli elemzéseket végeztem, melynek során a három, legnagyobb arányú balesettípus térbeliségét, valamint a klaszterek helyeit és homogenitásait vizsgáltam a DBSCAN eljárás során eltérő bővítési sugarak használatával.

2 Az értékezés téziseinek összefoglalása

1. Tézis

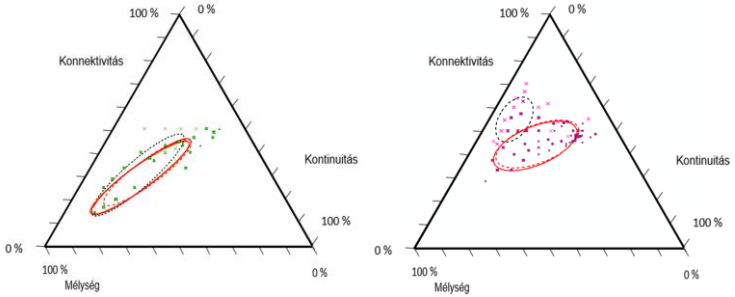
1/A Tézis: A vizsgált elméleti hálózat és a valós, városi úthálózatok alapján megállapítottam, hogy egy körzet úthálózatának különböző helyein definiált referenciaútja a ponthalmaz összképét és a hálózat hierarchiáját, valamint topológiai paramétereit csekély mértékben befolyásolja, ha az útvonalakat a geometriai hálózat szerint készítjük el, azaz útvonalnak az egymáshoz folytatólagosan, a járművezető szemszögéből egybefüggő útszakaszt tekintjük. A kismértékű eltérés lehetővé teszi a geometriai és az elsőbbségi viszonyok alapján készített ponthalmazok összehasonlítását.

1/B Tézis: Megállapítottam, hogy a geometriai (térképi) és az elsőbbségi viszonyok alapján előállított modellek abban az esetben mutatnak korrelációt, ha az utak elsőbbségi viszonyainak kialakítása követi az utak geometriai kialakítását. A korreláció hiánya a két modell disszonanciájára utal.

Különböző beépítésű lakóövezetekben megvizsgáltam az úthálózat geometriai kialakítását a Marshall által kidolgozott módszer szerint. Marshall egy úthálózatban lévő útvonalakat a konnektivitás, kontinuitás és mélység alapján határozta meg. A konnektivitás azt jelenti, hogy hány másik útvonal kapcsolódik a kiválasztott útvonalhoz, a kontinuitás megmutatja az élek számát egy útvonalon, a mélység definíciója pedig a legmagasabb és a kiválasztott útvonal azonosítója közötti eltérés, ami azt jelenti, hogy a körzet referenciaútjához viszonyítva a vizsgálandó útvonal hány másik útvonalon keresztül érhető el.

Megvizsgáltam az eltérő referenciautak alapján előállított úthálózati modelleket, és azok változásait a referenciaút változásának függvényében. Az „1/A” tézisben megfogalmazottak szerint a referenciaút változása csak kis mértékben befolyásolja a hálózat hierarchiáját. A kismértékű eltérés lehetővé tette, hogy a geometriai modelleket a körzetek elsőbbségi viszonyai alapján előállított modellekkel is összehasonlítsam. Az eltérés mértéke az egyes útvonalak alapján megmutatja a

körzet geometriai (térképi) kialakítása és az elsőbbségi viszonyok közötti eltérést. Korreláció abban az esetben áll fenn, ha a kétféle modell képe hasonló a háromszög diagramban.



1. ábra: Győr Adyváros (balra)és Szeged Alsóváros (jobbra) geometriai és elsőbbségi ponthalmaz képei a háromszög diagrammokban

1. táblázat: Ellipszisek átfedési mértéke a vizsgált körzetekben

Körzet neve	Geometriai modellek száma [db]	Geometriai pontok alapján készített ellipszisek közös része [%]	Geometriai pontok és az elsőbbségi viszonyok alapján készített ellipszis közös része [%]
Adyváros	4	78,9	54,3
Adyváros	3	93,9	65,3
Alsóváros	2	91,1	1,9
Odessza	3	92,4	61,2
Csapókert	2	80,7	45,9
Elméleti hálózat	2	62,0	-
Marcalváros II.	1	-	58,7
Bácsa	2	78,3	57,3

A tézishez kapcsolódó publikáció: (Hegyi, 2014)

2. Tézis

2/A Tézis: Meghatároztam a szélsőértékeket (típusokat) a vizsgált lakótelepek esetében az úthálózati topológia szerint. Ennek alapján megkülönböztettem kevés zsákutcával és átmenő főúttal rendelkező úthálózatot, szignifikánsan zsákutcás úthálózatot, valamint a helyi forgalom átjárhatóságát biztosító hálózati topológiát.

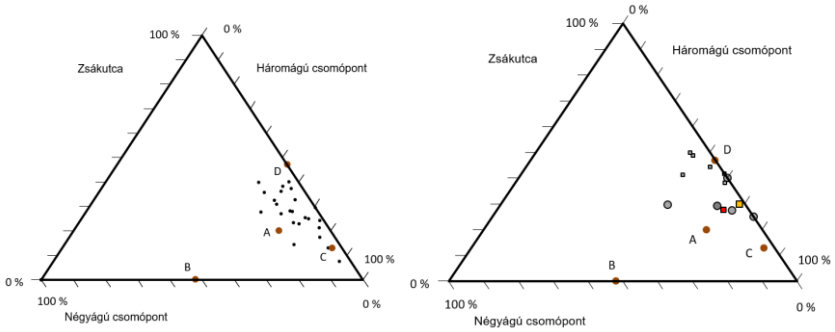
2/B Tézis: Kimutattam, hogy mind a hazai, mind a külföldi lakótelepek személygépjárművel járható úthálózatán a zsákutcák és a háromágú csomópontok aránya összefügg egymással. A vizsgált hálózatokon a zsákutcák és a négyágú csomópontok, valamint a háromágú és négyágú csomópontok aránya között viszont nem tapasztalható összefüggés.

2/C Tézis: Megállapítottam, hogy a hazai nagyvárosok vizsgált lakótelepeinek személygépjárművel járható úthálózata az 1950 – 1990 évek között szignifikánsan változott. Az 1950-es és 1980-as évek lakótelepeinek úthálózatára a konnektivitás, míg az 1960-as és 1970-es évek hálózatára a fragmentáció a jellemző, amit a zsákutcák nagy aránya eredményez.

25 db hazai és 12 db külföldi lakótelep úthálózati modellje alapján meghatároztam az egyes hálózati topológiákat és azok alábbi jellemzőit:

- Hálózatsűrűség (km/km^2)
- Csomópontsűrűség (db/km^2)
- Csomópont-típusok aránya (%)
- Átlagos csomópont-távolság (m)
- Zsákutcák száma (db és %)
- Konnektivitási index

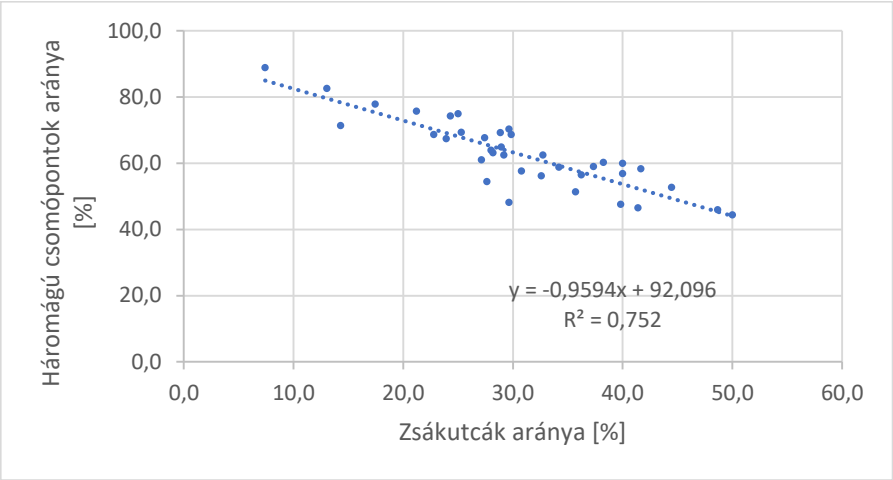
A hálózati topológiák alapján megvizsgáltam a zsákutcák, a három- és négyágú csomópontok arányait az egyes körzetekben, és ezeket háromszög diagramban ábrázoltam a szakirodalmi feldolgozásban ismertetett négy alaptípushoz viszonyítva.



2. ábra: Hazai (balra) és külföldi (jobbra) lakótelepek csomópont típusai és zsákutcák aránya, valamint a négy alaptípus

A csomópont típusok és a zsákutcák arányainak minimuma és maximuma alapján három kategóriába soroltam a vizsgált lakótelepeket, melynek eredményeit az 2/A tézisben fogalmaztam meg.

Megállapítottam a csomópontok és a zsákutcák egymáshoz viszonyított arányát a lakótelepek úthálózatain, melynek eredményeit a 2/B altézisben fogalmaztam meg.



3. ábra: Háromágú csomópontok és a zsákutcák aránya a hazai és külföldi lakótelepeken

Az egyes körzetekre vonatkozóan kiszámítottam a hálózat konnektivitási indexét, mely az élek és a pontok hányadosaként értelmezhető. Ez alapján az eltérő évtizedben épült lakótelepek úthálózataira Kruskal-Wallis próbát végeztem. Az eredmény, melyet a 2/C altézisben fogalmaztam meg, azt mutatta, hogy a hazai lakótelepek esetén szignifikáns eltérés tapasztalható a különböző évtizedek lakótelepeinek úthálózata között. A külföldi lakótelepek esetén az eltérés nem jelentős.

2. táblázat: Kruskal-Wallis próba a hazai (balra) és külföldi (jobbra) lakótelepek úthálózatának konnektivitási indexeire vonatkozóan

Kruskal-Wallis próba (hazai)		Kruskal-Wallis próba (külföldi)	
χ^2	16,173	χ^2	2,0028
df	3	df	2
p-value	0,001045	p-value	0,3674

A tézishez kapcsolódó publikációk: (Hegyi, 2015b), (Hegyi, 2020), (Hegyi & Koren, 2021)

3. Tézis

3/A Tézis: A vizsgált nyolc város tekintetében megállapítottam, hogy a térinformatikai szoftverben alkalmazott KDE algoritmus alapján előállított balesetsűrűsödési helyek közül az utoléréses balesetek előfordulási helyei jól korrelálnak a főutak térbeli elhelyezkedéseivel. A kerékpáros balesetek térbeli sűrűsödése a városok belső részeire jellemző, míg a „keresztező gépjárművek balesete" típusok helye nem függ össze az egyes útkategóriák térbeliségével.

3/B Tézis: Kimutattam, hogy térinformatikai szoftverben alkalmazott DBSCAN eljárás során az eltérő bővítési sugárral előállított klaszterek segítségével olyan helyszínek is megjelenhetnek a térképi ábrázolásban, amelyek a 100 méteres bővítési sugár alkalmazása esetén nem láthatók. Megállapítottam, hogy minden balesettípus együttes elemzése esetén a csomóponti balesetek vizsgálatára a kisebb, 25 – 50 méteres bővítési sugarak használata, míg városi útszakaszok esetén ezen értékeknél nagyobb, 100-150 méteres bővítési sugár alkalmazása célszerű a baleseti góchelyek feltérképezésében. A klaszterek homogenitásának mértéke megmutatja a potenciálisan balesetveszélyes helyeket, amelyek további, részletes vizsgálata javasolt. A homogenitás a leggyakoribb baleseti típuscsoport előfordulási arányát mutatja meg.

A hazai, személyi sérüléses baleseti adatbázisból (WEB-BAL) nyolc város belterületére vonatkozóan 2011.01.01 és 2019.12.31 közötti időintervallumra baleseti adatokat szűrtem le, amelyeket térinformatikai adatbázisba integráltam. A vizsgálat során A KDE és a DBSCAN eljárásokat alkalmaztam A KDE módszer során a nyolc baleseti típuscsoport közül kiválasztottam és külön-külön megvizsgáltam a három legnagyobb arányú baleseti típust. Ezek a következők:

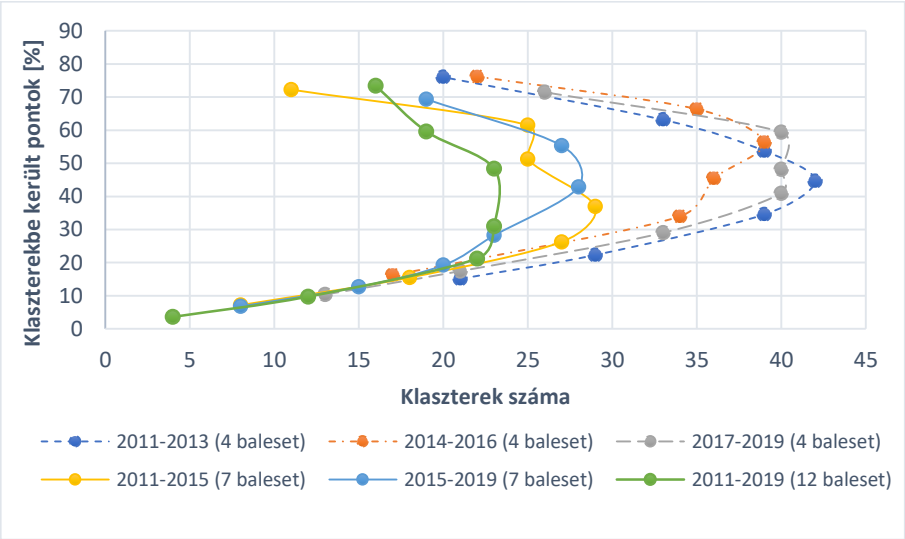
- gépjárművek utoléréses balesete
- kerékpáros balesetek
- keresztező gépjárművek balesete

A balesetek térbeliségét először a KDE módszerrel analizáltam, melynek eredményeit a „3/A” altézisben fogalmaztam meg. A kutatás kérdése az volt, hogy az egyes típusok térbeli sajátosságai meghatározhatók-e vagy sem. Az eredmény alapján a „gépjárművek utoléréses balesete” típusnál figyelhető meg, hogy a balesetek elsősorban a nagyobb forgalmú fő- és gyűjtőutakon fordulnak elő. A térképeket a disszertáció és a mellékletek tartalmazzák.

Második lépésben DBSCAN eljárással, eltérő bővítési sugarak mellett, térbeli klasztereket hoztam létre, melyeknél az egyes klaszterek pontjait vizsgáltam a baleseti adatbázisból származó leíró adataik szerint. Ezen kutatásom eredményét a „3/B” altézisben fogalmaztam meg.

A baleseteket először hároméves bontásban vizsgáltam, mivel a szakirodalmi elemzések is a három év, négy baleset, száz méter feltételrendszert használják. A hároméves időszakokon kívül öt, illetve kilenc éves intervallumokban is elemeztem a rendelkezésre álló baleseti adatbázist. A baleseti küszöbszámokat egyenes arányban növeltem az időintervallumok nagyságával, így az öt év esetén 7, míg a kilenc év esetén 12 balesetet vettem alapul.

A bővítési sugár növelésével a klaszterek száma először növekszik, majd 100-150 méteres bővítési sugár után csökkenésnek indul a klaszterek összeolvadása miatt. A legtöbb klaszter képződése esetén minden esetben a vizsgált pontok hozzávetőlegesen 40 – 50 %-a tartozik valamelyik klaszterbe, a többi pont „zajként” jelenik meg.



4. ábra: Klaszterekbe került pontok aránya a klaszterek száma szerint

3. táblázat: Klaszterek száma és klaszterekbe került pontok aránya a bővítési sugár szerint hároméves időintervallumok esetén

	2011-2013 (4 baleset)		2014-2016 (4 baleset)		2017-2019 (4 baleset)	
Bővítési sugár [m]	Klaszterek száma	Klaszterekbe került pontok [%]	Klaszterek száma	Klaszterekbe került pontok [%]	Klaszterek száma	Klaszterekbe került pontok [%]
25	21	15,1	17	16,3	13	10,4
50	29	22,3	22	21,1	21	17,4
75	39	34,5	34	34,0	33	29,0
100	42	44,6	36	54,6	40	40,9
125	39	53,7	39	56,4	40	48,2
150	33	63,1	35	66,4	40	59,4
200	20	76,0	22	76,2	26	71,5

A klaszterek képződése a pontok koordinátájától függ. Csak egyfajta bővítési sugár használata nem fedi fel teljes mértékben a potenciálisan veszélyes helyeket a városi úthálózaton. A klaszterek másik vizsgált jellemzője a homogenitás, melyet a leggyakoribb baleseti típuscsoport előfordulási aránya alapján határoztam meg.

A tézishez kapcsolódó publikációk: (Hegyi, 2015a), (Hegyi et al., 2017), (Hegyi & Koren, 2018), (Hegyi, 2019), (Hegyi et al., 2023)

3 Összegzés

3.1 Javaslatok a gyakorlati munkához

- A geometriai és az elsőbbségi viszonyok alapján előállított modellek alkalmazása a forgalomtechnikai tervezés során mintaprojekt esetében.
- Városi úthálózaton végzett góckutatás eltérő bővítési sugarakkal a vizsgálandó úthálózati elem (csomópont vagy útszakasz) függvényében.
- DBSCAN eljárás esetén a bővítési sugár alkalmazásakor érdemes külön is vizsgálni a kiválasztott körzet vagy város átlagos csomópont távolságát.

3.2 További kutatási irányok

- A meglévő modellek alapján az egyes körzetek útvonalainak geometriai és elsőbbségi viszonyokból eredő eltérésének automatizálása, elsősorban a térinformatika eszközrendszerét felhasználva.
- A geometriai és elsőbbségi viszonyok alapján előállított modellek szerint egy körzet útvonalainak rangsorolása baleseti veszélyeztetettség szempontjából.
- A vizsgált úthálózatok bővítése a gyalogos, a kerékpáros és a nem hivatalos (zöldfelületeken, gyalogosok által kitaposott) utakkal, valamint a forgalomvonzó létesítményekkel, melyek komplexebb képet adhatnak az eltérő korokban épült és eltérő típusú lakótelepekről, ezáltal azok jövőbeni közlekedési igényeiről.
- További baleseti típuscsoportok térbeliségének elemzése és ezen eredmények, valamint az eddigi eredmények összehasonlítása.

4 Irodalomjegyzék

A tézisfüzetben hivatkozott saját publikációk

Hegyi, P.: "Continuity, connectivity and depth of road networks in Hungarians cities." Konferenciakiadvány: 10th International Miklós Iványi PhD & DLA Symposium, Pécs (2014) pp. 51

Hegyi, P.: "Baleseti adatok vizsgálata a városi úthálózat-topológia függvényében" Konferenciakiadvány: Tavaszi Szél Konferencia, Eger (2015a) pp. 317-338

Hegyi, P.: "Road patterns of housing estates in Hungary." *Pollack Periodica* (2015b) pp. 83-92.
Független hivatkozás: 2

Borsos, A., Hegyi, P., Koren, C.: "Searching possible accident black spot locations with accident analysis and GIS software based on GPS coordinates." *Pollack Periodica* (2017) pp. 129-140.
Független hivatkozás: 15

Hegyi, P., Koren, C.: "Road network topology and accidents in hungarian cities" Konferenciakiadvány: International Conference on Traffic and Transport Engineering, Belgrád (2018) pp. 758-764

Hegyi, P.: "Úthálózat topológia és a baleseti adatok közötti összefüggések vizsgálata." Kutatási jelentés: Dernóczy-Polyák, A., Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr (2019) pp. 19-24

Hegyi, P.: "Traversability of the urban road network according to the cycling network." Kutatási jelentés: Dernóczy-Polyák, A., Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr (2020) pp. 121-126

Hegyi, P., Koren, C.: "Housing estates in Central Europe: Similarities and differences of road network patterns" Konferenciakiadvány: 12th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, Online (2021) pp. 799-803

További saját publikációk

Hegyi, P., Mester, M., Miletics, D., Pesti, B., & Pöröntő, A.: "Földi lézerszkenner alkalmazhatósága közúti biztonsági helyszíni vizsgálatok során." Konferenciakiadvány: XII. Földmérő Találkozó, Nagyvárad (2011) pp. 50-55

Hegyi, P., Mester, M.: "Közúti biztonsági helyszíni vizsgálatok támogatása földi lézerszkennerrrel." Könyv: Koren, Cs (szerk.) A közúti infrastruktúra biztonsága, Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr (2012) pp. 261–267

Koren, C., Iván, G., Hegyi, P., & Horváth, Z.:"Az országos közutak keresztmetszeti forgalomszámlálási rendszerében alkalmazott forgalomjellegek felülvizsgálata az ED bevezetéséhez kapcsolódóan." Kutatási jelentés: Koren Cs. Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr (2013) 38 p.

Hegyi, P., Mester, M.: "Helyszíni vizsgálatok támogatása földi lézerszkennerrel." Könyv: Koren, Cs (szerk.) Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr (2015) pp. 190–196

Kongphunphin, C., Hegyi, P., Koren, C.:"Study on Relationship between Roles of Public Open Spaces and Pedestrians Inside Campus." *Acta Technica Jaurinensis* (2020) pp. 25–41

Hegyi, P., Koren, C., Borsos A., Fischer Sz.: (2023) "Road network topology of housing estates in Central Europe" Land (MDPI) (2023 - megjelenés alatt)

A tézisfüzetben szereplő egyéb hivatkozások

Dill, J.: "Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking" Konferenciakiadvány: Transportation Research Board, Washington DC (2004)

Krenn, P., Oja, P., Titze, S.: "Development of a Bikeability Index to Assess the Bicycle-Friendliness of Urban Environments." *Open Journal of Civil Engineering,,* vol. *05*, (2015) pp. 451-459

Marshall, S.: *Streets and patterns*. Könyv: Spon Press, London (2005) 320 p

De Barros, A., Perez, A., Rifaat, S. M., Tay, R.: "Effects of Neighborhood Street Patterns on Traffic Collision Frequency" *Journal of Transportation Safety & Security,* vol. 1, no. 4, (2009) pp. 241-253

Guinn, J. M., Stangl, P.: "Neighborhood design, connectivity assessment and obstruction" *Urban Design International,* vol. 16, no. 4, (2011) pp. 285-296

Tresidder, M.: "Using GIS to Measure Connectivity: An Exploration of Issues" Kutatási jelentés: School of Urban Stuies and Planning; Portland State University(2005) 37 p.

A hivatkozott adatbázisok, dokumentumok, alkalmazott szoftverek jegyzéke a disszertációban megtalálható.