

VÁLASZ

Dr. Szeidl László egyetemi tanár, a matematika tudomány (MTA) Doktora
„Közúti járműforgalmi folyamatok nemlineáris modellezése nagyméretű hálózatokon” című
doktori értekezés opponensi bírálatára

Köszönöm Tisztelt Bírálóm doktori értekezésemmel kapcsolatos opponensi bírálatát, amelyre az alábbi bírálati pontok szerint válaszolok.

1. ÁLTALÁNOS MEGJEGYZÉSEK

Nagyon köszönöm Tisztelt Bírálómnak doktori értekezésem alapos áttekintését. Valóban pontos a megfogalmazás, hogy értekezésem „érdemi részét a 4., 5. és 7. fejezetek tartalmazzák, ... a részletesen bemutatott modellezési kutatási” eredményekkel.

A bírálata pontosan ismerteti a disszertáció tartalmi részeit, - a mellékletekre is kitérve - megállapítja, hogy „utóbbiak értékes adalékot nyújtanak a disszertációban vizsgált problémákhoz.”

Nagyon köszönöm és számomra nagyon fontos a doktori értekezésemre vonatkozó azon megállapítása, hogy „a témakör aktuális és mind elméleti, módszertani, mind pedig gyakorlati modellezési szempontból jelentős feladatokkal foglalkozik”.

Számomra igen értékes azon megállapítása is, hogy „A dolgozatban vizsgált kutatási feladatok jellegüknél fogva csak csoportmunkával oldhatók meg” és „A disszertáció témakörében felsorolt 100-nál több saját publikáció és az eredményeket alátámasztó kutatási jelentés többségében, Jelölt elsős helyes szerző, , társszerzői között több védett doktorandusza és volt hallgatója szerepel.”

Örömmel töltött el Bírálóm értekezésemre vonatkozó azon megállapítása is, hogy „Az értekezés szép kivitelű, jól strukturált, az ábrák és diagramok jól és szépen megrajzoltak, jelentős segítséget nyújtanak a sokirányú összetevőből álló anyag követéséhez.”

2. A TÉMAVÁLASZTÁS, AZ ÉRTEKEZÉS ÉRTÉKELÉSE

Kutatási területem szempontjából nagyon fontos Tisztelt Bírálóm azon megállapítása, hogy „a nagyméretű közúti hálózatok forgalmi folyamatainak vizsgálata és modellezése annak kiemelt gazdasági, társadalmi, közlekedésbiztonsági és környezetvédelmi szempontú jelentősége miatt ... aktuális”. Valóban, ez egy „igen bonyolult kutatási és gyakorlati feladat. A kutatási téma fontos a forgalomban lévő járművek és a telekommunikációs rendszerek változásai miatt is, amelyek kihatással vannak a közúti forgalmi folyamatokra és szabályozásukra.”

Külön köszönöm az értekezésemmel kapcsolatos azon megállapítását, hogy: „A nagyméretű közlekedési hálózatok és folyamataik modellezése számos kihívással párosul, amely minden vonatkozásában különös figyelmet és tapasztalatot követel.” Tisztelt bírálóm nagyon pontosan mutatott rá az értekezésem lényegi részeire is:

„A 2. fejezetben a szerző sokoldalúan elemzi a közúti közlekedés és a vele szoros összefüggésben lévő nagyméretű közlekedési hálózatok szerteágazó kutatási területét ... annak a jelentős gazdasági és társadalmi folyamatokra vonatkozó hatását.”

Továbbá, a modellre vonatkozó követelményekkel kapcsolatban azt, hogy „A modellezés során, azt is figyelembe kell venni, hogy alapvetően nagyméretű sztochasztikus dinamikus rendszerekről van szó és az ugyancsak nagyméretű közúti hálózatok esetén a feladat bonyolultsága és komplexitása irányításméleti megfontolásokkal kiegészítve is új megközelítést igényel.”

Köszönöm Tisztelt Bírálóm azon megállapítását is, hogy „a szerző által bevezetett modell kiinduló pontja az, hogy a geometriai úthálózat irányított gráfját alkalmas módon újra definiálja (37.o.) általánosított szakaszokkal (szektorokkal), valamint a hozzájuk rendelt forgalmi állapotokkal és hosszkapacitásokkal.”

Bírálóm modellezéssel kapcsolatban tett további megállapításai is tömörek és a lényegre foglalkoznak össze: „Az összes szektort, illetve egy részüket vizsgálja a szerző univerzális, illetve szűkített hálózati modell esetében. ... A belső és külső részhálózat együttes vizsgálatának a szintézise megadja az egész rendszer jellemzőit. A modell alkalmas arra, hogy beépítésre kerüljenek olyan paraméterek, amelyek pl., a különböző útminőségeket, vagy a meteorológiai jellemzőket is figyelembe tudják venni.”

Az 5. fejezettel kapcsolatban tett megállapításai is pontosak és a lényegi részeket emelik ki. A disszertáció itt „foglalkozik a hálózati forgalom általános matematikai modelljével. A felépített modell ... egy speciális tulajdonságokkal rendelkező kooperatív dinamikus rendszer, ami lehetővé teszi a pozitív rendszerek elméletének alkalmazását. Ugyanakkor ... egy valós rendszer nagyon összetett lehet, nagyszámú változóval és összetett kölcsönhatásokkal rendelkezhet, így elemzésük nagy kihívást jelenthet.”

Nagyon köszönöm azon megállapítását is, hogy „A modell matematikai formalizmussal történő leírását több jellemző példa és ábra bemutatásával szemlélteti. ... A folytonos modellre tett korábbi feltételek alapján levezetésre kerültek a belső, illetve külső szektorok esetén a járműsűrűségeket leíró differenciálegyenletek (ld. (5.7) és (5.9)).”

Valóban fontos és praktikus megközelítés a disszertációmban az, hogy „...a vizsgálatokat kiterjeszti általánosabb, (5.11) alakú sebesség-sűrűség függvénykapcsolatokra” és bemutatja, „hogy a korábban említésre került szabadáramlás feltétele esetén az n változós sebesség-sűrűség függvényre érvényes az (5.12) formula.” Továbbá „...vizsgálja a globális hálózat (5.15), illetve a szűkített hálózat (5.16) differenciálegyenlet-rendszerét”.

Nagyon köszönöm Tisztelt Bírálóm mellékletekre vonatkozó észrevételét is, így a 3. melléklettel kapcsolatban tett megjegyzését: „a szimulációval kapott numerikus eredmények és diagramok megvilágítják a modellezés gyakorlati alkalmazhatóságát, valamint illusztrálják a modellre kapott eredményeket”.

Szintén fontos Bírálóm disszertációmmal kapcsolatos azon kiemelése, hogy „A közúti forgalmi folyamatot a modellben a belső és külső tartományhoz tartozó belső-belső, külső-belső és belső-külső kapcsolatok határozzák meg a szektorok közötti dinamikus kapcsolati mátrixokkal.” Továbbá a „...” forgalomszabályozási szempontból” a modell „alapvető tulajdonságával, a stabilitás kérdésével foglalkozik. A szerző megmutatja, hogy ez a probléma analízálható pozitív rendszerek esetén a lineáris (7.2) Lyapunov-függvény segítségével”

Nagyon köszönöm Tisztelt Bírálóm eredményekkel kapcsolatos összegző megállapítását is, miszerint „Ezek az eredmények alátámasztják a Jelölt közúti forgalmat leíró általános modelljének alkalmazhatóságát és rávilágítanak arra, hogy a modellek felhasználásával új elvű, tartományi szinten a csomópontokon optimális átbocsátást és optimális járműsűrűséget lehet elérni.” Továbbá, hogy munkám „Fontos része, ... az eredmények validálása.”

Megköszönöm téziseim alábbi pozitív értékelését is:

„A T1 tézis altéziseit, valamint a T2 és T3 tézis megállapításait elfogadom új, gyakorlati számításokkal is alátámasztott eredményeknek. A T4 tézist egészében el tudom fogadni, mint lehetséges modellezési megközelítést.”

3. KÉRDÉSEK A JELÖLTHÖZ

Az egyes kérdéseket és ezekre adott válaszaimat az alábbiakban foglalom össze.

1. A járművekben elterjedő kommunikációs és a járművezetést befolyásoló eszközök milyen mértékű hatást jelenthetnek az eddigi forgalomszabályozási rendszerekhez képest? Mit jelent a modellezés számára és hogyan lehetne figyelembe venni a közlekedésben résztvevők mobil kommunikációs rendszerét (pl. Waze), illetve annak hatását a közlekedési folyamatokra, amelyek valós idejű forgalmi adatokon és jelentéseken alapulva segítenek a valós idejű útvonalak időben történő optimális kiválasztásában?

Válasz: Nagyon fontos hatása van a különböző mobil eszközöknek a forgalomszabályozási rendszerek információval történő ellátására, a forgalom tervezésére, ill., újra tervezésére.

Utalva az általam elvégzett modell-kutatásokra, ha pl. csak néhány járműtől érkezik GPS információ a sebességéről és a forgalomirányító központ birtokában van a szektorra az adott időpontban jellemző sebesség-sűrűség függvény, akkor a fentiekből következtetni tud a szektoron becsülhető járműsűrűsége is. Számos területen folyik igen modern és érdekes kutatás, így pl. a BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszékén is, mivel a mobiltelefonok jelzési eseményei értékes információként használhatók fel a közúti forgalom mérésére, előrebecslésére vagy akár irányítására is. A telefonok automatikusan generálnak ún. handover (HO) és location area update (LAU) eseményeket, amelyeket hatékonyan tovább lehet hasznosítani. A HO/LAU események lehetséges alkalmazásainak köre rendkívül széles és napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő kutatási iránya. Mobiltelefon-hálózati események anonim módon való felhasználásával lehetőség nyílik a közúti forgalom makro-szintű becslésére, ezáltal modellezésére. Mindez akár valós időben futó algoritmusként is megvalósítható, alapot adva akár az adaptív forgalomirányításhoz. A mobiltelefon jelzési eseményeken alapuló, makroszkopikus forgalombecslési módszertan dolgozható ki városi, közúti közlekedési hálózathoz. A módszer alapja, hogy a városi közlekedési modell adaptálható a mobiltelefon-hálózat cella szintű modelljéhez. A mobiltelefon jelzési események mérésével és szűrésével előállítható az adott location area-hoz tartozó célforgalmi mátrix, amely alapján forgalmi ráterhelés végezhető. A ráterheléssel kapott forgalombecslés megbízhatósága tovább finomítható a cellaváltások alapján számolt átlagos utazási időkkel. Az eljárás során az utazási idők, addicionális korlátozásként jelennek meg a ráterhelés optimalizálási feladatában.

2. A modell paramétereinek megválasztásánál, illetve ezzel összefüggésben az állapotok osztályozásánál (pl. útminőség jellemzői, meteorológiai paraméterek kategorizálása, jármű jellemzők) milyen gyakorlati problémák merültek fel a szimulációs vizsgálatok során? Mi lehet az empirikus és szimulációs vizsgálatok esetében a reális határa az állapotkategóriák bevezetésének?

Válasz: Ha a hálózati modellnél figyelembe kívánjuk venni az útminőségi jellemzők és a meteorológiai paraméterek változását, akkor ezt praktikusán a sebesség-sűrűség függvények megfelelő paraméterezésével lehet végrehajtani. Esetemben ezt 5 paraméter alkalmazásával sikerült megvalósítanom.

A szakirodalomban a járműsebesség és járműsűrűség kapcsolatára alkalmazott függvények empiriák. Figyelembe veszik, hogy maximális sebességgel lehet haladni, ha a sűrűség kicsi, viszont egye csökken a sebesség, ha növekszik a járműsűrűség. Ez alapján a sebesség-sűrűség függvény egy monoton csökkenő függvény a $[0, 1]$ járműsűrűség tartományon.

Az általam felírt ötparaméteres általánosított Greenshields függvénynél a kiindulási alap a lineáris Greenshields függvény volt, amely létezik a közlekedési modellezések körében, sőt a járműsebesség és járműsűrűség kapcsolatának feltárásánál az első méréseken alapuló empirikus függvény volt. Ez, az általam bevezetett általánosított Greenshields függvény nemlineáris sebesség-sűrűség függvény:

$$V(x) = \frac{e_4 V_{max}}{e_3 + e_2 \left(\frac{x}{1-x} \right)^{e_1}}$$

ahol: az e_i ($i=1, \dots, 5$) a paraméterek és speciális esetben, ha minden e_i paraméter értéke 1, akkor visszakapjuk a lineáris Greenshields függvényt.

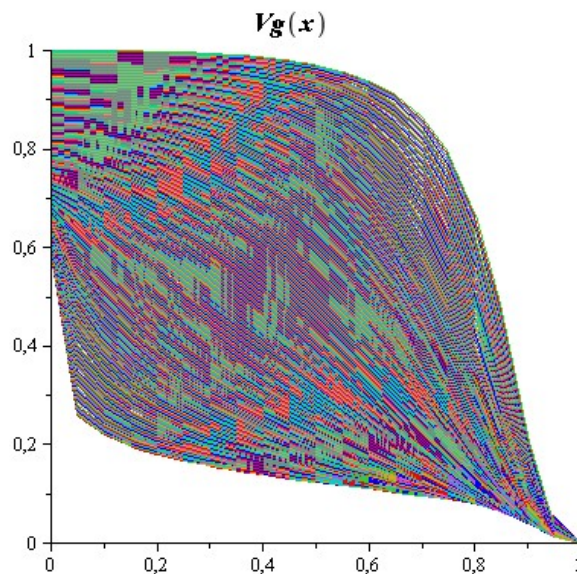
Megjegyzés: A fenti függvénynél e_4 , e_3 és e_2 helyettesíthető két paraméterrel is (pl. A és B-vel), ha a nemzérus e_4 -el osztjuk a számlálót és a nevezőt is.

$$V(x) = \frac{V_{max}}{A + B \left(\frac{x}{1-x} \right)^D}$$

Ekkor azonban nem vehető figyelembe az a jelenség, hogy ugyan maximálva van a sebesség értéke a V_{max} által, azonban a vezetőök választanak V_{max} -nál nagyobb, de kisebb értéket is az egyes forgalmi körülmények közepette.

| e | Paraméter | Kedvezőtlen | Kedvező | Távolabbi pontok | | Átlag ₁ | Közelebbi pontok | | Átlag ₂ |
|----------------|----------------------------------|-------------|--------------------|------------------|-----|--------------------|------------------|-----|--------------------|
| e ₁ | Útminőség | 0,1 – 0,3 | 3 – 4 | 0,1 | 4 | 2,05 | 0,3 | 3 | 1,65 |
| e ₂ | Kanyargós út | 3 - 4 | 0,1-0,2 | 4 | 0,1 | 2,05 | 3 | 0,2 | 1,6 |
| e ₃ | Csúszós út | 1,2 - 4 | e ₃ < 1 | 4 | 1 | 2,5 | 1,2 | 1 | 1,1 |
| e ₄ | Biztonságérzet, látási viszonyok | 0,5 – 0,7 | e ₄ > 1 | 0,5 | 1 | 0,75 | 0,7 | 1 | 0,85 |
| e ₅ | Út szélessége | 0,1 – 0,2 | e ₅ > 4 | 0,1 | 4 | 2,05 | 0,2 | 4 | 2,1 |

1. táblázat: Az általánosított Greenshields függvény paramétereit és paramétertartományait (a táblázatban e₃ és e₄ tekinthetők meteorológiai paramétereknek is)



1. ábra: Az általánosított Greenshields függvény képlete alapján meghatározott paraméteres görbesereg, ahol az alsó határgörbe a legkedvezőtlenebb, a felső pedig a legkedvezőbb esetet szemlélteti

A jármű jellemzőkkel kapcsolatban ki kell emelni, hogy: az egyedi járműhossz-paramétereket és az egyedi járműsebességeket tekintve, ezeknek az összetett hatása érvényesül a makroszkopikus folyamatoknál.

A szektorokon, a valós környezeti és forgalmi körülmények között, a saját dinamikai tulajdonságaik alapján haladnak előre és manővereznek az adott hosszúságú járművek. Ezt figyelembe véve, a t időpontban a szektoron a makroszkopikus folyamatra vonatkozó empirikus sebesség – sűrűség függvényt oly módon határozzuk meg, hogy a járműsűrűséget az összes járműhossz és szektorhossz hányadosa adja, a sebességet pedig, a járművek hosszával súlyozott átlagsebességek adja. (Az adott szektorra egy napszakban, ezen empiria felhasználásával történik a fenti görbeseregől a regressziós módszert alkalmazó kiválasztás.)

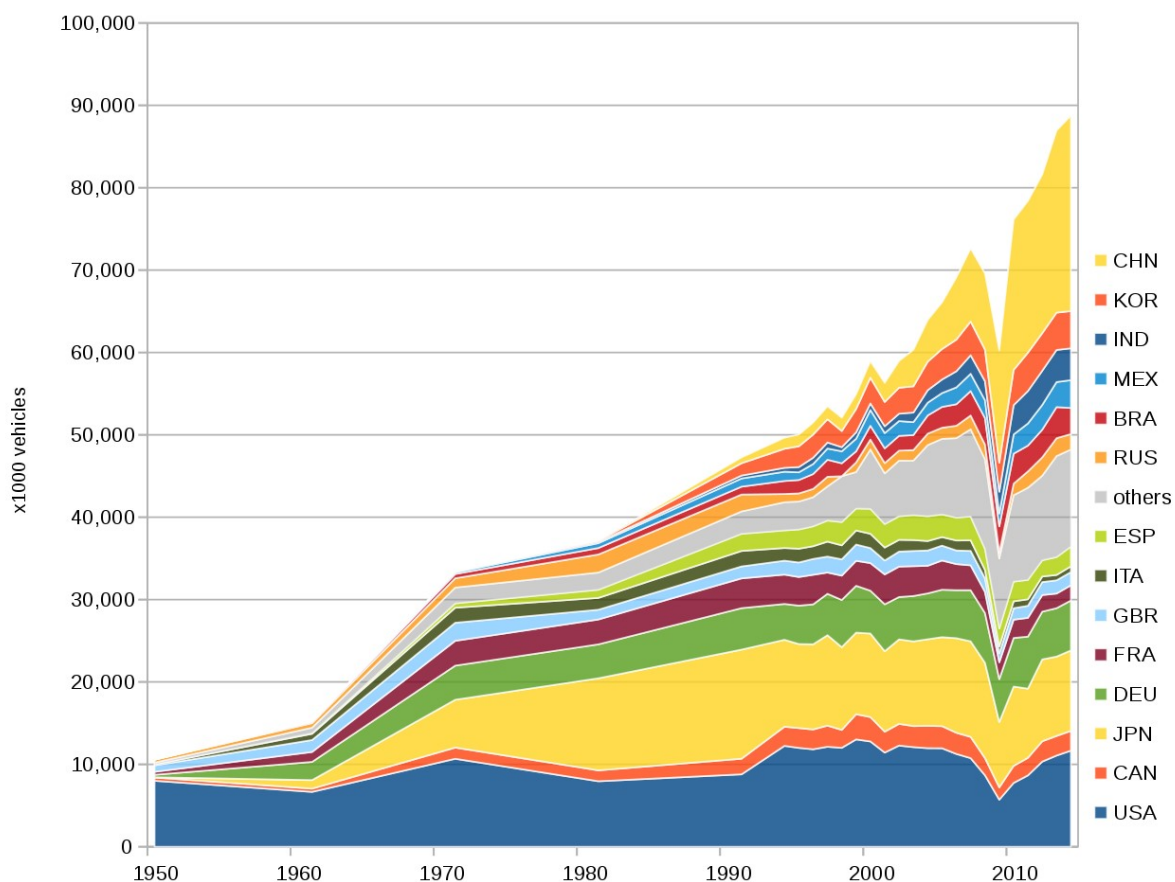
3. A sebességtartomány milyen felbontása mellett lett alkalmazva a 97.-on a kétmintás próba a homogenitás vizsgálatára?

Válasz: A budapesti városi hálózaton történő haladás során a gépjárműben elhelyezett mérőrendszer által kerültek rögzítésre a GPS alapú információk egy fedélzeti egységben, amely valós időben szolgáltatja a jármű aktuális sebesség értékét és pozícióját. Egy mérés időtartama 15 perc volt, a sebesség tartomány [0 km/h – 50 km/h] volt, a beosztásánál 5 km/h lépésközt választottunk.

4. Milyen konkrét kutatási eredmények vannak a járműtermelési és amortizációs folyamatok közötti forgalmi folyamatokra gyakorolt hatásaira nézve – különös tekintettel Magyarországra nézve?

Válasz: Bonyolult a kérdés, mivel elsősorban termelési adatok, statisztikák azok, amelyek jól elérhetőek. Napjainkban évente közel 100 millió autót gyártanak a világon (2. ábra és 2. táblázat), minden másodpercben egy újabb autó hagyja el valamelyik gyárat valahol a

világon. (Az amortizációra áttételesen jellemző, hogy pl. az európai gépjárművek átlagéletkora 9,7 év.)



2. ábra: A gyártott autók száma évenként és országonként. Jól látható, hogy a termelés rendkívül érzékeny a gazdasági válságra. /Wikipedia/

Az alábbi táblázat kiegészítés a 2015 – 2018 évekre vonatkozó autógyártással kapcsolatban.

| Év | Darabszám | Változás |
|------|------------|----------|
| 2015 | 90 086 346 | 0,40 % |
| 2016 | 94 976 569 | ▲ 4,50 % |
| 2017 | 97 302 534 | ▲ 2,36 % |
| 2018 | 95 634 593 | ▼ 1,71% |

1. táblázat: Az összesített autógyártás száma a világban, megjelölve a változást is az előző évhez képest

A világ autógyártásának megoszlását tekintve kitűnik a kínai autógyártás látványos fejlődése és jelenlegi egyeduralma. (Magyarország az EU-ban a személyautó-gyártók sorában a 7. helyet foglalja el, közel 440 000 darab számmal.)

Tisztelt Bírálóm kérdésével kapcsolatban úgy vélem, hogy ennél a kérdéskörnél a hálózatok fejlődésével együtt kell vizsgálni az új gépjárművek számának, a használt gépjárművek számának és élettartamának alakulását és az amortizálódott gépjárművek számának alakulását.

Ezek a vizsgálatok várhatóan széttartó eredményekre vezetnek. Nagyon valószínű, hogy másként alakul a helyzet a (I.) kategóriába sorolható gazdag országok és a (II.) kategóriába

tartozó közepesen fejlett, ill., szegény országok esetén. Miközben, mindenütt növekszik a motorizáció, az I. kategóriába tartozó országoknál az új és környezetbarát gépjárművek száma növekszik, továbbá fejlődik az úthálózat is. Tehát, a forgalmi és környezetterhelés nem feltétlenül növekszik, hanem stagnál, vagy inkább csökken. A II. kategóriába tartozó országoknál tovább növekszik a kevésbé korszerű gépjárművek száma és aránya – és lassabban fejlődik az úthálózat. Tehát a környezetterhelés és a forgalomtorlódások, itt inkább növekednek.

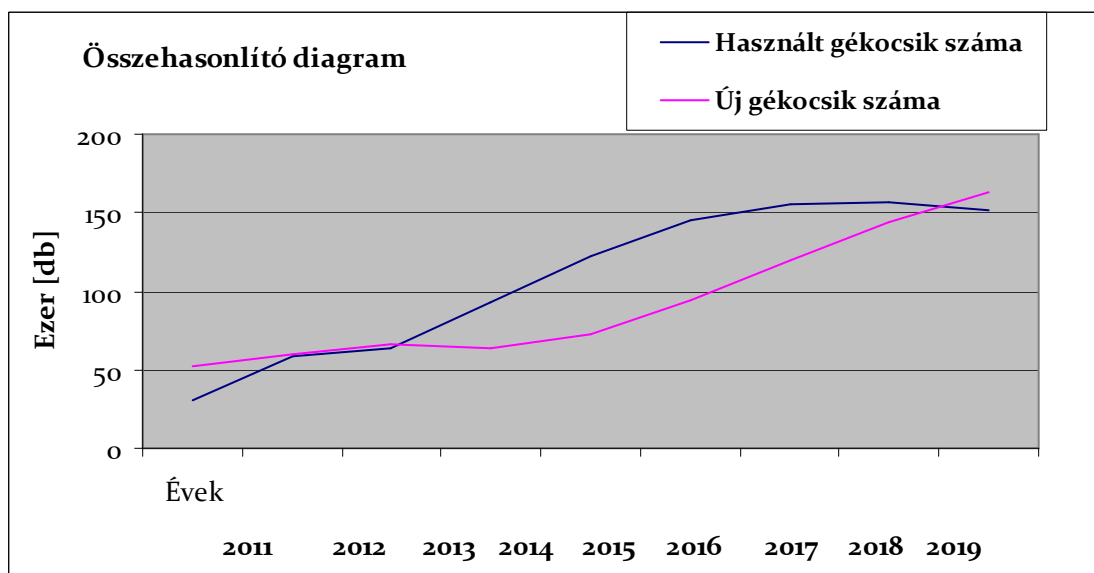
Magyarországra jellemző összefoglaló adatok:

A gépjárműpark öregedése terén sajnos, egy hosszabb időszakot felölelő, nem kedvező tendencia érvényesült (3. táblázat és 3. ábra). Az elmúlt 10 évben egyre több öreg autó futott a magyar utakon, így 2020-ra 14,7 évre nőtt a személygépkocsik átlagéletkora.

| Évszám | 2003 | 2005 | 2007 | 2009 | 2011 | 2013 | 2015 | 2017 | 2019 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Életkor[Év] | 11,4 | 10,5 | 10,3 | 10,8 | 11,9 | 13,0 | 13,7 | 14,1 | 14,7 |

(GKI Gazdaságkutató - KSH adatai alapján: **2021. március 4.**)

2. táblázat: a magyar gépjárműpark öregedése



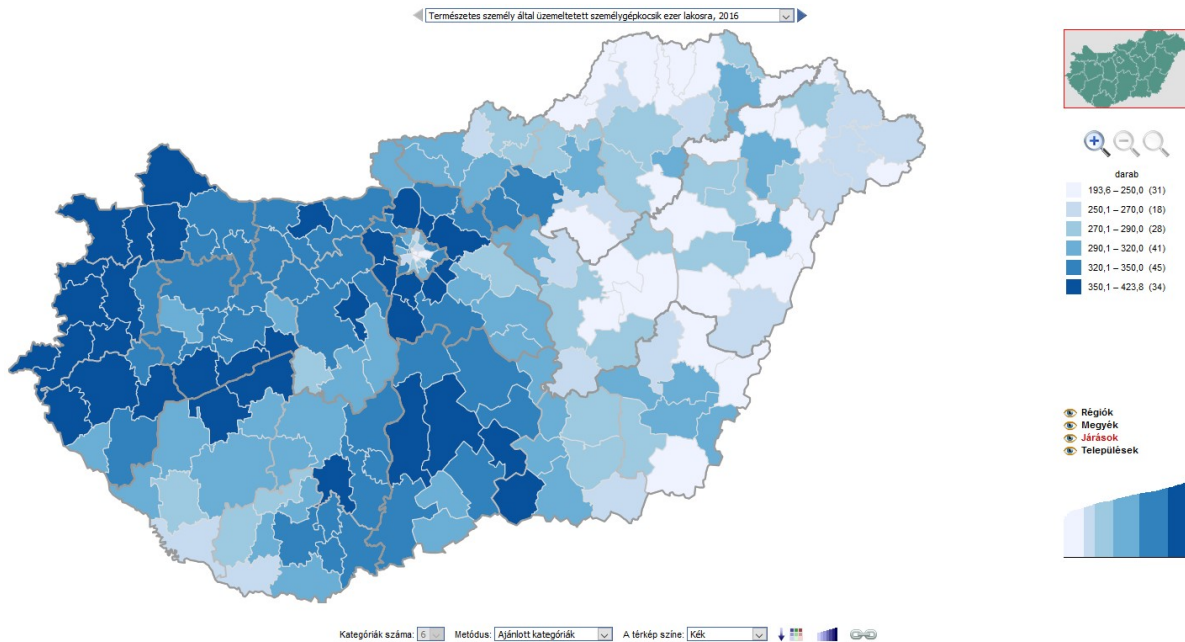
3. ábra: A használt és új gépkocsik belépése a forgalomba 2011-2019 években

Várhatóan a 2020 évtől fellépő kedvező fordulat stabil marad és a továbbiakban már tartósan csökken a személygépkocsik átlagéletkora! Ennek bekövetkezése mindenképpen pozitív hatást gyakorol hazánkban a forgalmi-környezeti terhelésre.

Jelenleg 4 700 000 gépjármű rendelkezik érvényes műszaki vizsgával Magyarországon. Az amortizációt tekintve évente 120 000 – 140 000 azon gépjármű szám, amely kikerül a KSH nyilvántartásából.

Magyarország közúthálózatának hossza: 203 601 km, így 1 km²-re több mint 2 km közút jut, amely nagyon jó mutató a világban! (Ez, az Egyesült Államokban pl., csak 750 méter.) Magyarország az autópályákat illetően is a régióban és Európában is, az elsők között van.

Az úthálózat terhelésével kapcsolatban, figyelembe kell venni az országon átmenő forgalmat és járműösszetételt, továbbá a hálózatok helyi forgalmi terhelését is! Ugyanígy, figyelembe kell venni azt is, hogy jelentős eltérés van az ezer főre jutó gépjárművek számában a megyék között is! Erre mutat rá a 4. ábra. A legnagyobb járműszám a sötétkék színnel jelölt járásoknál van. Ezeknél a szám: 350-424, míg a leghalványabb színűeknél 194-250.



4. ábra: Természetes személy által üzemeltetett személygépkocsik száma ezer lakosra vetítve.
Forrás: KSH (2016)

Végül, röviden foglaljuk össze a közúti hálózati folyamatok és a járműösszetételi (járműtermelési és amortizációs) hatások kutatásának modellszámításokkal kapcsolatos lehetőségeit és ennek kapcsán, a Magyarországon ajánlott fejlesztési irányokat:

1. A modellszámításoknál, a magyarországi hálózatra évente beérkező és üzembe helyezett gépjármű mennyiségnél reális azt figyelembe venni, hogy ez a korábbi évi gépjármű számot 6,4%-7,8%-al növeli meg. Az ezzel kapcsolatos modellszámításoknál és környezeti terhelésnél figyelembe kell venni, hogy ennek közelítően a fele használt, a másik fele pedig új gépjármű. Továbbá azt, hogy az évek során várhatóan, az új járművek aránya növekedni fog. A modellben fontos adat még az évente amortizálódott gépjárműállomány távozása is a hálózatról, amely a korábbi évi gépjármű szám 3,2%-5%-át teszi ki. Ennél a modellszámításnál, a szektorokat tekintve egy nagyobb léptékű modellt célszerű alkalmazni és az eredményeknél várhatóan évente kisebb változásokkal lehet számolni, ezért több évre vonatkozó tendenciákat érdemes majd vizsgálni. Ezek alapján megfogalmazhatóak még a 2. és 3. pontokban, a hazai fejlesztési irányok is.

2. Nagyon jók a magyarországi út adatok, ugyanakkor rossz a gépjármű állomány előregedési folyamata, amelynek nemkívánatos a hatása a környezeti terhelésnél. Ennek megfelelően, az elektromos járművekkel kapcsolatban tovább kell növelni a hazai gyártási kapacitást, az állami támogatást, valamint az energiaellátást és a töltőpontok kialakítását is ezen a területen.

3. A közúti hálózaton fel kell számolni a felesleges torlódásokat, a potenciálisan veszélyes baleseti pontokat és szakaszokat. Át kell gondolni a hatékony kéregalatti hálózati és mélygarázs fejlesztési stratégiát is a nagyvárosoknál.

4. ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

Végezetül, nagyon köszönöm disszertációm alábbi összefoglaló értékelését:

„Az értekezés egységes rendszerben, megfelelő formában mutatja be ... vizsgálati, modellalkotási eljárásait és tudományos eredményeit, amelyek a nagyméretű közúti hálózatok igen sokrétű forgalmi folyamataira vonatkoznak.”

Egyetértek azzal, hogy „Értelemszerűen az értekezésben nem található új elméleti matematikai megállapítások, ugyanakkor új általánosított hálózati modell kialakítása, a kidolgozott modell stabilitási tulajdonságainak elemzésére, új eredményekhez vezetett a közúti forgalmi folyamatok vizsgálatában.”

A „tárgyalt általános, forgalmi hálózat ... matematikai analízise és az eredmények... elméleti és gyakorlati szempontból is egyaránt fontosak ...”

„Jelölt a matematikai eszközöket, vizsgálati módszereket jól választotta meg ... a levont következtetések korrektek. A tézisekben megfogalmazott tudományos eredmények megalapozottak, elérésükben a Jelöltnek meghatározó szerepe volt, melyeket elfogadom új tudományos eredményekként.”

Összefoglalva: megköszönöm Dr. Szeidl László egyetemi tanár, a matematika tudomány (MTA) Doktora értékes bírálatát, az értekezés tartalmi részeire vonatkozó hasznos megjegyzéseit és kérdéseit! A kérdések több vonatkozásban is rámutatnak a téma további kutatásának fontosságára.

Megköszönöm a doktori értekezés eredményeivel kapcsolatos megállapításait is, amelyeket nagyon fontosnak ítélek és figyelembe veszek a kutatásom folytatásakor.

Budapest, 2021. 11. 01.

Tisztelettel:

.....
Dr. Péter Tamás

a műszaki tudomány kandidátusa