

**Opponensi vélemény**  
**Dr. Varga István**  
**„A közúti járműforgalom becslése és irányítása”**  
**c. akadémiai doktori értekezéséről**

**A témaválasztás**

Az értekezés napjaink egyik aktuális problémájával, a közúti járműforgalom becslésének és irányításának módszertani kérdéseivel foglalkozik.

*A témaválasztás időszerűségét és fontosságát* jelzi egyrészt a városlakók mindennapi életminőségét meghatározó mobilitás néhány jellemzőjének általános romlása, pl. a forgalmi torlódások okozta stressz hatások vagy a dugóban töltött utazási idő növekedése, másrészt a közúti gépjárművek okozta levegőszennyezés, főleg a CO<sub>2</sub> kibocsátás és a klímaváltozás közötti kapcsolat erősödése, amely a növekvő gyakorisággal és intenzitással előforduló szélsőséges időjárási körülmények előidézésével befolyásolja kedvezőtlenül a hosszútávon fenntartható közlekedés feltételeit.

*A témaválasztás újszerűsége* abban rejlik, hogy a kutató a vizsgált mobilitási problémákat nem a hagyományos, főként a közúti infrastruktúra-hálózat további bővítésével járó extenzív fejlesztéssel kívánja megoldani. Értekezésében a szerző arra keres hatékony megoldási lehetőségeket és fejleszt ki új eljárásokat, hogyan lehet a városok meglévő közút-hálózatának átbocsátó-képességét a járműforgalommal kapcsolatos legkorszerűbb adatkezelési és modellezési módszerek alkalmazásával, a forgalomáramlás egyenletessé, egyúttal dinamikusabbá tételével, azaz a kapacitás-kihasználás intenzív növelésével javítani. A kutató által kialakított, új megközelítésű, több szempont együttes figyelembevételére alkalmas multikritériumos forgalomirányítási modell is a legújabb irányításelméleti alapok felhasználására támaszkodik.

**Az értekezés célkitűzése**

A kutató közel másfél évtizede foglalkozik a címben jelölt komplex témával szorosan összefüggő forgalomirányítási feladatok rendszerszemléletű vizsgálatával. Ennek során, publikációiban jól nyomon követhetően, szisztematikus megközelítéssel, szinte lépésről-lépésre haladva, folyamatosan tárta fel a közúti közlekedés legfontosabb modellezési, állapotbecslési és irányítási problémájának jelentős részét. A legfrissebb tudományos eredményekre is támaszkodva értékelte a forgalomirányítás tervezésének becslési, szabályozási feladatait megoldó, egymásra épülő módszereit, illetve ezek ökonomikus, új minőséget biztosító, kombinált alkalmazhatóságát. Az új megközelítésen alapuló megoldási lehetőségeket felismerve tárta fel és dolgozta ki az adaptálhatóság feltételeit. Akadémiai értekezésében a hálózat sajátos jellemzőit figyelembe vevő, korszerű, robusztus irányítási algoritmuson alapuló, rendszerszintű megoldási módszerek kidolgozását tűzte ki célul.

**Az értekezés felépítése, szerkezete és általános értékelése**

A szerző értekezését 6 érdemi fejezetre tagolva, 95 oldal terjedelemben mutatja be.

A 4 oldalas 1. (bevezető) fejezet részletes szakirodalom áttekintést és elemzést ad a közúti forgalomtechnika elmúlt másfél évszázados fejlődéstörténetéről, egyben kijelöli a tudományos munka célját.

Az 5 oldal terjedelmű 2. fejezet a közúti közlekedés és a forgalomirányítás sajátosságait ismerteti. Bemutatja a közúti forgalomirányítás felépítését, majd a közlekedés irányítástechnikai leképezésének keretébe ágyazva veszi számba, milyen lehetséges szempontok szerint határozható meg az irányítás

hatására elvárt cél, mely tényezők figyelembevételével és azok milyen súlyozott kombinációja alapján állítható fel az optimalizálandó irányítási célfüggvény.

A 34 oldal terjedelmű 3. fejezet a közúti járműforgalom becslésének legfontosabb összefüggéseit négy alpontra tagolva tárgyalja. Az elvégzett vizsgálatok eredményeként a fejezet ötödik alpontjában a városi hálózatok forgalmi folyamatainak becslésére vonatkozó új, a korábbinál ökonomikusabb, mégis kellő megbízhatóságú megoldási javaslatokat fogalmaz meg. Az új felismerésekre épülő állítások helytállóságát tudományos módszerekkel igazolja. Az új eredményeket az 1. és a 2. tézisben mutatja be.

A 37 oldal terjedelmű 4. fejezet a városi járműforgalom irányításának kérdéseit állapotter-elmélet alapú megközelítésben tárgyalja, ahol a közlekedési folyamatok paramétereit és változóit állapotbecslési eljárások segítségével lehet meghatározni. A fejezet első 3 alpontjában vizsgált modellek elemzéséből levont következtetései alapján, két új lehetőség felismeréséből kiindulva dolgoz ki új forgalomirányítási megoldásokat. Az egyik továbbfejlesztett módszer a városi hálózatokban, több csomópont jelzőlámpás irányításában, változtatható irányítási célok esetén is igazoltan használható megoldást képes biztosítani, a másik új felismerés pedig a decentralizált irányítás, illetve a bizonytalanságok kezelésére bizonyítottan alkalmassá tett robusztus irányítási modell előnyeit hasznosítja. A fejezet negyedik alpontja ezeket az új tudományos eredményeket a 3. és a 4. tézisben fogalmazza meg.

A 14 oldal terjedelmű 5. fejezet a többkritériumos közúti forgalomirányításra fejleszt ki és alkalmaz új módszert, melyet a szerző, állításainak tudományos igényű bizonyításával együtt, ugyancsak új eredményként az 5. tézisben mutat be.

A kutatás eredményeit összefoglaló szöveges megállapításokat az 1 oldal terjedelmű 6. fejezet ismerteti.

Az értekezés fentiekben áttekintett érdemi fejezeteit, összesen *40 oldal terjedelemben*, további *13 db metodikai tartalmú, "függelék"-nek minősített fejezet egészíti ki*. Az egyenként 2~6 oldal terjedelmű, különböző módszertani vonatkozásokat tárgyaló „A,...,M” jelzéssel ellátott kiegészítő fejezet jórészt az egyes kutatási eredményeket részletesen kifejtő tézis-magyarázatok alátámasztására szolgál. Funkciójuk szerint e fejezetek tartalma többféle: módszertani háttér összefoglalása (A), módszer alkalmazásának példa keretében történő bemutatása (B, C, D, E, F, L), tézisben szereplő állítás bizonyításának leírása (G), tézisben használt algoritmus szimulációs vizsgálata (H, K), tézisben felhasznált minimax feladat szemidefinit relaxációjának (I), illetve állapotkorlátozások robusztus teljesülésének levezetése (J), valamint forgalomirányításhoz használt különböző algoritmusok működési folyamatának leírása (M). A valószínűsíthetően az értekezésekre előírt 100 oldalas terjedelmi korlát miatt függelékként jelölt fejezetekbe foglaltak (módszer ismertetés, alkalmazással összefüggő példák, algoritmus vizsgálatok, levezetések, bizonyítások) szorosan kapcsolódnak az értekezés érdemi részének 1.,..., 6. fejezetében tárgyalt gondolatmenethez, az ott hivatkozott vagy a szerző által fejlesztett tudományos módszerekhez, modellekhez és eljárásokhoz, illetve az új eredményként megfogalmazott tézisekhez; azokkal szerves egységet képeznek. A kapcsolódási pontokat pontos hivatkozások jelölik.

Végül az értekezés záró részét a 4 oldalon felsorolt, az értekezésben hivatkozott 61 *saját publikációt* és a további 9 oldalon megadott 140 *idegen hivatkozást* tartalmazó összeállítás képezi. Az említetteken túl a (római számmal ellátott) 8 oldalas jegyzékkel (Tartalomjegyzék, Ábrák és Táblázatok jegyzéke, valamint Szakkifejezések) kiegészülő értekezés *teljes terjedelme 159 oldal*.

*A szerkezeti felépítés értékelése szerint a kutatott téma előzményeinek, jelenleg ismert legfrissebb eredményeinek, megoldandó problémáinak rendszerszemléletű bemutatása és a célok világos kijelölése jól előkészíti a harmadik, a negyedik és az ötödik pontban kidolgozott, részletesen bemutatott, összetett vizsgálatokkal és elemzésekkel alátámasztott új megoldási javaslatokat, illetve téziseket.*

#### *Nyelvi, alaki és formai értékelés*

Az értekezés szövegezése, stílusa megfelel az akadémiai értekezéssel szemben támasztott nyelvi követelményeknek. Tömör és szakszerű fogalmazás, a lényeges megállapítások, a vonatkoztatott jelölések és a felhasznált forrás-azonosítók jól megkülönböztetett kiemelése, a bekezdések megfelelő tördelése hatékonyra teszi az állítások ellenőrzését, elősegíti az egymásra épülő bizonyítások jobb megértését. A hivatkozások jelölése az előírásoknak megfelelően egységes és pontos, biztosítja a jó áttekinthetőséget.

Az értekezés alaki és formai értékelését kedvezően befolyásolja a *matematikai formulák használatában gazdag tartalom*, amely magas minőségű kivitelezést mutat. A bonyolult összefüggésekkel és szimbólumokkal leírható matematikai képletek rendszere, az azokban szereplő jelölések magyarázata, az egyenletek számozása, szövegközi hivatkozása egyaránt igényes munka eredménye. A használt jelölésrendszer logikus és következetes. Igényesen kivitelezett ábrák és jól összeállított táblázatok segítik a mondanivaló jobb megértését.

*Az általános értékelés összegzéseként megállapítható, hogy a szerző a forgalomirányítási rendszer elemei közötti összefüggések matematika modellezésével, a szimulációs elemzésekkel, az új lehetőségek felismeréséhez vezető világos gondolatmenet bemutatásával, az állításokat alátámasztó bizonyításokkal és a feltételek teljesülésének igazolásával magas színvonalú, arányos szerkezetű értekezést készített.*

#### **Az értekezésben alkalmazott kutatási módszerek és a felhasznált adatok**

A választott kutatási téma olyan dinamikus, külső-belső sztochasztikus kapcsolatokkal rendelkező összetett rendszer vizsgálatával foglalkozik, amelynek működése bonyolult összefüggésekkel írható le, ezért a szerző a kutatási cél megvalósításához értekezésében a matematikai modellezési módszerek és eljárások, továbbá a rendszerirányítás és -szabályozás széles eszköztárát használja fel.

Metodikai szempontból különböző modellezési koncepciók érvényesülése jelzi a közlekedési folyamatok korszerű, irányításelméleti alapokon nyugvó megközelítéséhez vezető fejlődési utat. A főbb szakaszok az alábbiakkal azonosíthatók: forgalomáramlási elmélet, játékelmélet, hálózatok egyensúlyát leíró matematikai modell, a járművek időbeli, egymást követő mozgását leíró mikroszkopikus szemléletű modell, a folyadékáramlás analógiájára épített makroszkopikus szemléletű modell. Az állapotter-alapú megközelítés megjelenését követően a közlekedési folyamatok paramétereit és változóit már állapotbecslési eljárások segítségével lehet meghatározni. Ezzel a célforgalmi mátrixok becslésére is felhasználható az állapot-megfigyelő.

Fontos állomás a módszerfejlesztésben a Papageorgiu által fejlesztett integrált autópálya forgalomszabályozási rendszer, mely az autópálya felhajtó szabályozásoknak és az állapotter-alapú eseménydetektálásnak lesz az alapja. Mérföldkőnek minősül a Modell Prediktív Irányítás alkalmazása, melyet városi környezetre PhD értekezésében a szerző dolgozott ki. Legfrissebb kutatási eredményeivel munkatársaival (Tettamanti, Luspai és Csikós) együtt azóta is jelentős módszertani hozzájárulással gyarapította a korszerű forgalomirányítási megoldásokat. Az értekezésben használt, itt röviden említett, legfontosabb módszerek teljes metodikai „háttérét” a szerző közel fél száz

szakirodalmi forrás részletes elemzésével és értékelésével tárta fel. A felhasznált adatok hitelességét a források pontos megjelölése biztosítja. Az adatkezelés megfelel a követelmények.

Az értekezés érdemi (1--6.) fejezeteiben foglaltak megfelelően bizonyítják, hogy a kutató a hazai és a nemzetközi szakirodalomról átfogó és részletes ismeretekkel rendelkezik. Elemző képessége, széleskörű metodikai felkészültsége, matematikai modellezésben való jártassága, mérési és szimulációs modellekkel kapcsolatos gyakorlati tapasztalatai egyaránt alkalmassá teszik az értekezésben kitűzött célok elérése érdekében alkalmazott gazdag modellezési eszközrendszer kezelésére és célirányos fejlesztésére. Ezt támasztja alá a függelékként csatolt fejezetekben megjelenő gazdag tartalom is.

### **A doktori mű új tudományos eredményeinek részletes értékelése**

A kutató fontos kiindulási alapnak tekintette, hogy a közúti közlekedés sajátosságaiból adódóan a változások térben és időben szinte állandóak és a járműforgalom irányítása során nem állnak rendelkezésre teljes körű mérési adatok. Irányítástechnikából ismerve, hogy az ilyen jellegű rendszerek szabályozása csak a rendszer belső állapotának becslése révén, robusztus (azaz a zavarásokat, modellezési hibákat és bizonytalanságokat is figyelembe venni képes) irányítási módszerek segítségével lehetséges, ezzel összefüggésben végzett kutatásokat, melyek arra a következtetésre vezették, hogy a sztochasztikus jellegű közúti közlekedés járműforgalmi rendszereiben állapot-megfigyelő segítségével megoldható a változók és paraméterek becslése, s a becslés után kapott értékek elegendően pontosak a forgalomirányítás célú felhasználáshoz.

Fenti alapvetésből kiindulva vezette le az 1. és a 2. tézist

1. **tézisben** bemutatta, hogy a városi hálózatokban használt jármű-megmaradási modell hiányos mérések esetén is jól használható, mert a járműszám és a torlódási információ elegendő pontossággal becsülhetők. Az egyedi kereszteződés torlódási információját hibadetektáló szűrővel becsülte, majd felhasználta a jelzőlámpák irányítását végző átkonfiguráló szabályozó struktúrában. Megmutatta, hogy az alkalmazott sorfelépülési modellben kevés számú járműérzékelő pont adataiból is pontos járműszám-becslés adható Kalman-szűrő segítségével.

A tézisben foglaltakat alátámasztó megállapításokat és javaslatokat a 3. fejezet 3.1 és 3.2 pontjában ismertetett lépések, valamint az A, B, E függelékben közölt részletek validálják.

2. **tézisben** bizonyította, hogy az állapottérben felírt közúti közlekedési folyamatok változói korlátozások mellett is becsülhetők. A modell alapú, mozgó horizontú becslés módszerét közlekedési rendszerek célforgalmi mátrixának meghatározására használta fel.

A tézisben foglalt fenti megállapítások a részletes kifejtés során (3. fejezet 3.3 és 3.4 pont, valamint a C és D függelék) igazolást nyertek.

A tézisben szereplő harmadik megállapításhoz kapcsolódóan felmerül néhány gyakorlati kérdés. Állítása szerint bemutatta, hogy a világban elterjedt induktív járműérzékelők adatain túl a mobiltelefonok cellainformációi alapján is hatékony becslés adható a célforgalmi mátrix meghatározására. Ennek igazolásához azonban, a GSM-bázisú mobiltelefon-hálózati események alapján történő útválasztáshoz szükséges adatokhoz való hozzáférés, mint kiinduló feltétel teljesülése, jelenleg nem tűnik biztosítottnak,

A 3.4.1. alpontban (A mobilhálózat jelzéseinek felhasználása) a szerző megfogalmazása szerint: „A jelzési események felhasználásához első körben a megfelelő adatgyűjtés megvalósítása szükséges.” Kulcsfontosságú tehát az adat-hozzáférhetőség biztosítása. *Kérdés: Hogy áll jelenleg e tekintetben a hazai gyakorlat a telekommunikációs rendszert üzemeltető operátoroknál?*

A 3.4.2 alpontban (Az útvonalválasztás meghatározása becsléssel) bizonyos adatok hozzáférhetőségét illetően a szerző feltételes megfogalmazást használ: „Amennyiben egy

mozgó telefon HO/LAU (Handover/Location Area Update) jelzési adatai elérhetőek, akkor az általa bejárt útvonal cella szinten meghatározható.”

*Kérdés: mivel az adatgyűjtési és -feldolgozási kérdések e tekintetben a dolgozatban még jórészt tisztázatlanok, milyen forrásból gondolja beszerezni a szerző az általa kidolgozott és bemutatott forgalombecslési módszer további lépéseinek végrehajtásához szükséges anonimizált mobiltelefonos cellainformációkat?*

A szerző kutatási célként jelölte meg új, korszerű forgalomirányító módszerek fejlesztését is. Mivel az ismert állapottér alapú városi forgalomirányítási stratégiák alkalmazásának nagy hátránya, hogy nem képesek a korlátozások figyelembe vételére a szabad jelzések meghatározása során, ezért kutatásait e hiányosság kiküszöbölését lehetővé tevő megoldások keresésére fókuszálta. Vizsgálatai alapján kidolgozott módszer-fejlesztési eredményeit a 3. és a 4. tételben határozta meg.

**3. tételben** bizonyította, hogy a városi hálózatokban, több csomópont jelzőlámpás irányításához tervezhető olyan forgalomirányító rendszer, amely képes korlátozások figyelembevételével is forgalomtechnikailag optimális irányítást adni, miközben az irányítási célok széleskörűen változtathatók. A módszer az állapottérben felírt diszkrét idejű, időinvariáns, járműmegmaradási egyenleteken alapuló, prediktív szabályozó eljárást alkalmazza.

A tételben foglalt megállapításokat és javaslatokat alátámasztó szükséges modell-fejlesztési lépések indoklását és kifejtését a 4. fejezet 4.1, 4.2 és 4.5 pontjában, valamint az F, H, I függelékben közölt részletek mutatják be, illetve validálják.

**4. tételben** bemutatta, hogy a prediktív forgalomirányítás továbbfejleszthető olyan elosztott irányító rendszerré, ahol a hálózat forgalomfüggő jelzéstervét a csomóponti forgalomirányító berendezések párhuzamosan, egy időben számítják ki. Igazolta, hogy a kibővített állapottér modell alapján robusztus prediktív irányítás is megvalósítható, amivel lehetőség nyílik a városi közlekedési rendszer bizonytalanságainak a kezelésére is.

A tételben foglaltakat alátámasztó megállapításokat és javaslatokat a 4. fejezet 4.3, 4.4 és 4.5 pontjában, valamint a G, H, I, J, K függelékben ismertetett részletek igazolják.

Felismerte, hogy a meglévő modellek továbbfejlesztésével lehetőség nyílik több cél szerint optimalizált forgalomirányítás megvalósítására.

**5. tételben** módszert javasolt gyorsforgalmi utak többkritériumos forgalomirányítására (felhajtószabályozására), amelyben a modellezett járműforgalom, forgalomtechnikailag optimális elérendő állapota és a járműforgalom károsanyag kibocsátás szempontjából optimális állapota súlyozottan vehető figyelembe. Bizonyította, hogy a halmazelmélet alapú szabályozó a járműforgalom stabilitási feltételeit is képes kielégíteni, meghatározott zavarás, azaz a főpályán érkező, adott járműfolyam esetén.

A tételben foglaltakat alátámasztó megállapításokat és javaslatokat az 5. fejezet, valamint az L függelékben olvasható részletek validálják.

## Kisebb hiányosságok, elütések

Az értekezésben foglaltak megértését nem befolyásolja az a néhány pontatlanság, elütés, kisebb hiba, melyeket a helyesírás ellenőrző nem jelez korrigálandónak (ezért nem nélkülözhető a benyújtott változat végső gondos végig olvasással történő ellenőrzése). Itt csupán példaként említek néhányat:

1.old. 1.bekezd. 9. sor „segítenek” helyett „segít”

- 2. old.3. bekezd. 1. sor „amellyel” helyett „amelyekkel”
- 4. old.1. bekezd. 5. sor „leírásban” helyett „leírásában”
- 5. old.2. bekezd. 6. sor „ás” helyett „és”
- 35. old. 1. bekezd. 1. sor „mozog, különböző” (vessző)
- 3. sor „események” helyett „eseményeket”
- 9. sor „felhasználhatóság” helyett „felhasználhatóságot”, é.í.t.

...

- 108. old. A (D.1) jelű egyenletben a  $t_a(q_a)$  értékének meghatározására szolgáló jobb oldali kifejezésben az általános függvény jelölés a paraméterek jelölése nélkül szerepel, ezért itt az  $\alpha$  és a  $\beta$  modellparaméterek magyarázata nem indokolt, felesleges.

## Tézisfüzet értékelése

A tézisfüzet összeállítása minden tekintetben megfelel a tartalmi és formai követelményeknek.

## Összefoglaló megállapítások

A kutató doktori értekezésében olyan *új módszereket dolgozott ki* és javasolt közúti forgalomirányításban történő alkalmazásra, amelyek lehetővé teszik a közúti folyamatok állapotváltozóinak és paramétereinek korlátozások mellett végzett modell-alapú becslését.

*Bemutatta*, hogy a mozgó horizontú irányítás lehetőséget biztosít akár centrális, akár elosztott szabályozással is a több csomópontból álló városi hálózat robusztus irányítására. Szabad áramlású autópálya szakaszok felhajtóinak irányításával *igazolta*, hogy a javasolt módszerrel - a megadott feltételezések mellett - többkritériumú optimalizálással a forgalomtechnikai mutatókon túl a károsanyag kibocsátási szempontok is figyelembe vehetők.

A kutató által kidolgozott új módszerek gyakorlati alkalmazása összességében jelentősen növelheti a közúti forgalomirányítás gazdasági, társadalmi és környezeti hatékonyságát.

## Tézisek értékelése

**1. Tézis:** „Bemutattam, hogy a városi hálózatokban használt jármű-megmaradási modell hiányos mérések esetén is jól használható, mert a járműszám és a torlódási információ elegendő pontossággal becsülhetők. Az egyedi kereszteződés torlódási információját hibadetektáló szűrővel becsültem, majd felhasználtam a jelzőlámpák irányítását végző átkonfiguráló szabályozó struktúrában. Megmutattam, hogy az alkalmazott sorfelépülési modellben kevés számú (szakaszonként egy vagy két) járműérzékelő pont adataiból is pontos járműszám-becslés adható Kalman-szűrő segítségével.”

### Az 1. tézist elfogadom.

**2. Tézis:** „Bizonyítottam, hogy az állapot térben felírt közúti közlekedési folyamatok változói korlátozások mellett is becsülhetők. A modell alapú, mozgó horizontú becslés módszerét közlekedési rendszerek célforgalmi mátrixának meghatározására használtam fel. *Bemutattam, hogy a világban elterjedt induktív járműérzékelők adatain túl a mobiltelefonok cellainformációi alapján is hatékony becslés adható a célforgalmi mátrix meghatározására.*”

**A 2. tézis első két mondatában megfogalmazott állítást elfogadom. A kutatónak a feltett kérdésekre adott válaszaitól függően nyilatkozom a tézisben szereplő harmadik (dölt betűs) állítás elfogadásáról.**

**3. Tézis:** „Bizonyítottam, hogy a városi hálózatokban, több csomópont jelzőlámpás irányításához tervezhető olyan forgalomirányító rendszer, amely képes korlátozások figyelembevételével is forgalomtechnikailag optimális irányítást adni, miközben az irányítási célok széleskörűen változtathatók. A módszer az állapottérben felírt diszkrét idejű, időinvariáns, járműmegmaradási egyenleteken alapuló, prediktív szabályozó eljárást alkalmazza.”

**A 3. tézist elfogadom.**

**4. Tézis:** „Bemutattam, hogy a prediktív forgalomirányítás továbbfejleszthető olyan elosztott irányító rendszerré, ahol a hálózat forgalomfüggő jelzéstervét a csomóponti forgalomirányító berendezések párhuzamosan, egy időben számítják ki. A kibővített állapottér modell alapján pedig robusztus prediktív irányítás is megvalósítható, amivel lehetőség nyílik a városi közlekedési rendszer bizonytalanságainak a kezelésére is.”

**A 4. tézist elfogadom.**

**5. Tézis:** „Módszert javasoltam gyorsforgalmi utak többkritériumos forgalomirányítására (felhajtószabályozására), amelyben az LPV alakban modellezett járműforgalom, forgalomtechnikailag optimális elérendő állapota és a járműforgalom károsanyag kibocsátás szempontjából optimális állapota súlyozottan vehető figyelembe. A halmazelmélet alapú szabályozó a járműforgalom stabilitási feltételeit is képes kielégíteni, meghatározott zavarás, azaz a főpályán érkező, adott járműfolyam esetén.”

**Az 5. tézist elfogadom.**

**Javaslat**

**Fentiek alapján a doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez és javaslom a nyilvános védés kitűzését.**

Budapest, 2020 január

Tánczos Lászlóné  
az MTA doktora  
emerita professzor

Csatolmány: Kitöltött Hivatalos bírálói nyilatkozat