

Opponensi vélemény

Dr. Csiszár Csaba

„Személyközlekedési rendszerek és szolgáltatások informatikai elemzési, fejlesztési és integrálási módszerei”

c. akadémiai doktori értekezéséről

1. A témaválasztás

Az értekezés mind műszaki-gazdasági, mind pedig társadalmi-emberi szempontból nagy jelentőségű kérdéssel, nevezetesen a személyközlekedési rendszereknek az informatika eszközei és módszerei rohamos fejlődésével együtt járó, tapasztalt és jövőben várható átalakulásának elemzésével foglalkozik.

A témaválasztás *időszerűségét és fontosságát* jelzi, hogy már eddig is bebizonyosodott: az informatika rohamosan fejlődő eszköztára (pl. a folyamatos és rendszeres két-és többoldalú információ-áramlás megteremtése, automatizálás és a mesterséges intelligencia alkalmazása a forgalomirányításban, stb.) komoly mértékben hozzájárulhat a létező, vagy éppen kialakulóban lévő személyközlekedési rendszerek környezetvédelmi és energiafelhasználási szempontból fenntarthatóvá tételéhez, illetve a személyközlekedési rendszer gazdasági-társadalmi hatékonyságának növeléséhez, minőségének javításához.

Értekezésében a szerző az évek során elvégzett tudományos kutatásai során kidolgozott, a személyközlekedés rendszeréhez illeszkedő, illetve abba integrálható, rendszertervezési, elemzési és értékelési feladatok megoldására alkalmazható *közlekedésinformatikai modelleket* mutat be. Igyekezett átfogó, több szempontú megközelítést alkalmazni, de figyelmét kiemelten a *műszaki* (járműtechnológiai) *fejlődés* és az említett feladatok megoldására alkalmas *közlekedésinformatikai módszerek* közötti összefüggések feltárására és átfogó vizsgálatára összpontosította. Számos más, a személyközlekedési rendszer fejlődését befolyásoló tényezőt (pl. a személygépkocsi-tulajdon és személygépkocsi-használat, a személyközlekedési kereslet és munkamegosztás, a közlekedési szokásjellemzők várható változásának iránya) is figyelembe vett, ám ezek részletes alátámasztására, indokolására (többek között terjedelmi okokból) nem tért, nem is térhetett ki. Ezekre vonatkozóan többnyire valószínűnek tekinthető és az értekezés céljával is összhangban álló, elfogadható feltételezésekkel élt.

Az értekezésben bemutatott, felhasznált matematikai, rendszerelméleti, modell-alkotási és informatikai (adatgyűjtési, adatfeldolgozási, elemzési és értékelési, irányítástechnikai stb.) eszközök és módszerek meggyőzően bizonyítják és igazolják a témaválasztás helyességét, a szerző alapos jártasságát e tudományterületeken; széleskörű és alapos ismeretekre, gondosan és lelkiismeretesen elvégzett kutatásokra és önálló alkotó munkára utalnak.

2. Az értekezés kitzűzött célja

Az értekezés szerzője több mint két évtizede foglalkozik az informatikának a közlekedésben, ezen belül elsősorban a személyközlekedésben való alkalmazási lehetőségeinek feltárásával és a gyakorlatban is hasznosítható módszereinek kutatásával. Kitzűzött célja tudományos módszerek alkalmazásával új közlekedésinformatikai modellezési, elemzési, értékelési, valamint rendszertervezési módszerek kidolgozása és azok gyakorlati alkalmazhatóságának bemutatása, igazolása volt. Eredményeit az értekezésében e célokkal összhangban, a hozzáférhető magyar és nemzetközi szakirodalom és a legfrissebb gyakorlati alkalmazások ismeretében, saját, önálló kutatásai alapján foglalta össze. Felismerve, hogy az informatika ma már a közlekedési rendszer egészét átszövi - ezért a hagyományos három (pálya, jármű, ember) alkotóelem mellett negyedik rendszerlemként kezelhető -, átfogó megközelítést alkalmazva e tudományterületre vonatkozó ismereteinket jelentősen gyarapította. Az átfogó megközelítés keretében néhány (összességében esetenként véletlenszerűen kiragadottnak tűnő, de valójában a kitzűzött célok eléréséhez vezető) részterületen sikerült elméletileg jól

megalapozott, a gyakorlatban is igazoltan használható új informatikai modelleket és eljárásokat kidolgozni, egyúttal kijelölve a szükséges további kutatások lehetséges fő irányait és céljait is.

3. Az értekezés felépítése, szerkezete és általános értékelése

A **97 oldal** terjedelmű értekezés **8 fő fejezetre tagolódik**, ezeket *Fogalomtár* (4 old.), *Ábra- és Táblázatjegyzék* (1,5 old.), *Publikációs jegyzék* (8 old.), *Saját közlemények jegyzéke* (5,5 old.) egészíti ki. A csatolt *Mellékletek* terjedelme 40 oldal.

A **9 oldal** terjedelmű **1. fejezet** (*Bevezetés*) négy alpontra tagolva mutatja be (i) a kutatás motivációját és céljait; (ii) az elvégzett kutatások előzményeit; (iii) az alkalmazott vizsgálati és kutatási módszereket és (iv) az értekezés szerkezeti felépítését.

A **15 oldal** terjedelmű **2. fejezet** (*Személyközlekedési rendszerek elemzési módszerei*) a közlekedési rendszer általános leírását, alrendszereinek és azok kapcsolatainak bemutatását követően négy alpontra tagolva mutatja be (i) a személyközlekedési rendszer szerkezeti modelljét és annak típusait, a rendszer-összetevők csoportosítását; (ii) a személyközlekedési módok csoportosítását, elemzésük általános szempontrendszerét és a személyközlekedési munkamegosztás várható átalakulásának jellemzőit; (iii) a személyközlekedésben kialakuló utazási láncokat és azoknak a mobilitás mint szolgáltatás (MaaS) elterjedésével együtt járó, várható változásait, illetve az utóbbi minőségének ellenőrzésére alkalmazható informatikai modellt és (iv) az 1. sz. tézisbe foglalt új tudományos eredményeket.

A **16 oldal** terjedelmű **3. fejezet** (*Személyközlekedési információs rendszerek integrációja*) megállapítja, hogy nincs olyan szervezet, amelynek a tevékenysége a közlekedés egészére térbeli korlátok nélkül kiterjedne, ezért az integrációs folyamatok „szabályozása” és a kutatások-fejlesztések ösztönzése nehezen oldható meg, négy alpontra tagolva foglalkozik (i) a komplex közlekedésinformatikai rendszerek elemzési és modellezési módszereivel, az ún. információs csomópontok meghatározásával; (ii) az integrált személyközlekedési információs rendszer modelljével és a személyközlekedési informatika alkalmazási, beavatkozási és hatásterületeinek meghatározásával; (iii) a személyközlekedési alrendszerek (pl parkolás és légi személyszállítás) integrált információs rendszerének modelljeinek megalkotásával és (iv) bemutatva a 2. sz. tézisbe foglalt új tudományos eredményeket.

A **20 oldal** terjedelmű **4. fejezet** (*A közúti elektromobilitást támogató informatikai módszerek*) a környezetbarát energiaforrások és az alternatív hajtásláncok közúti gépjárművekben való alkalmazása terén folyó intenzív kutatások alapján, az elektromos járművek várható fejlődésére összpontosítva öt alpontra tagolva tartalmazza (i) az elektromos közúti gépjárművek töltési igényének számítására, illetve (ii) az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások és (iii) a városi publikus elektromos töltőállomások helyszíneinek kijelölésére alkalmas, a szerző által kidolgozott eljárásokat; (iv) az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer működésének modellezésén alapuló töltési terv optimalizálásának ismertetését és (v) bemutatva 3. sz. tézisbe foglalt új tudományos eredményeket.

A **18 oldal** terjedelmű **5. fejezet** (*Az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások informatikai fejlesztése*) az autonóm járműveknek a közúti forgalomban való megjelenésétől és jövőbeni elterjedésétől a kereslet szerkezetében várható változásokat is figyelembe vevő integrált személyközlekedési információs rendszer kialakítására törekedve öt alpontra tagolva foglalkozik (i) a mobilitási szolgáltatástípusok csoportokba rendezésével; (ii) az utazói elvárásokkal; (iii) az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatások szerkezeti modelljével és az automatizálási szintekkel; (iv) az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatás működési modelljével és a hatásterületek feltárásával, majd a kidolgozott modellnek a budapesti személyközlekedési teljesítmény-arányok várható változásának előrejelzésével és (v) bemutatva a 4. sz. tézisbe foglalt új tudományos eredményeket.

A **16 oldal** terjedelmű **6. fejezet** (*Az utazóval kapcsolatos információkezelés fejlesztése*) abból kiindulva, hogy az utazót fel kell készíteni az új technológiával kapcsolatos alapvető ismeretekre, a szolgáltatások igénybevételére, a tudatos viselkedésre/döntésekre és a várható következményekre, az „okos utazó” fogalmát bevezetve, négy alpontra tagolva foglalkozik (i) a multimodális mobilitásszervező és -irányító alrendszer modelljeivel, az eljutási lehetőségek közötti választással; (ii) az utazót támogató mobil alkalmazásokkal és az útvonaltervek értékelési módszereivel; (iii) az utaskezelési funkciók automatizálásával és az utazói képességek változásaival, bemutatva a kidolgozott módszer gyakorlati kipróbálásának eredményeit; (iv) bemutatva az 5. sz. tézisbe foglalt új tudományos eredményeket.

A **2 oldal** terjedelmű **7. fejezet** (*Új tudományos eredmények összefoglalása*) az 5 tézis felsorolását és az új tudományos eredmények hasznosíthatóságának ismertetését tartalmazza, amelyet az **1 oldal** terjedelmű **8. fejezet** (*Összefoglalás*) egészíti ki, bemutatva az elért eredményeket.

Az értekezéshez csatolt

- **4 oldal** terjedelmű **Fogalomtárban** a közlekedési rendszerre (14 db), a mobilitási szolgáltatásra (18 db) és az információs rendszerre (24 db) vonatkozó, az értekezés témájával kapcsolatos fogalom-meghatározások találhatók;
- **1 oldal** terjedelmű **Ábrajegyzék** 48 ábrát tartalmaz;
- **1 oldal** terjedelmű **Táblázatjegyzékben** 17 táblázat szerepel;
- **8 oldal** terjedelmű **Irodalomjegyzék** 103 közleményt tartalmaz;
- **5,5 oldal** terjedelmű **Saját közlemények jegyzéke** 136 tételt tartalmaz
- **40 oldal** terjedelmű **Mellékletek** 48 mellékletet sorol fel.

Ezekkel együtt az értekezés **teljes terjedelme 157 oldal**.

A valószínűsíthetően az értekezésekre előírt terjedelmi korlát miatt a Mellékletek tartalmazzák az alkalmazott módszerekkel, a kidolgozott modellekkel összefüggő ábrák, illetve táblázatok egy részét, a módszerek gyakorlati alkalmazhatóságát bizonyítani hivatott példaszámításokat, az egyik modellhez kapcsolódó felmérés kérdőívét és az arra adott válaszok feldolgozását.

Az értekezés szerkezeti felépítése jól áttekinthető, logikus. A kutatási téma előzményeinek, legfrissebb eredményeinek, megoldandó problémáinak a nemzetbemutatása és a célok világos kijelölése megfelelő alapul szolgál a 2-3-4-5-6. fejezetekben kidolgozott és kellő részletességgel bemutatott, gyakorlati vizsgálatokkal, példaszámításokkal is igazolt, összetett elemzésekkel alátámasztott *új megoldási javaslatokhoz*, illetve *tézisekben összefoglalt új tudományos eredményekhez*.

4. Nyelvi, alaki és formai értékelés

Az értekezés szövegezése jól érthető, világos, teljes mértékben megfelel az akadémiai doktori értekezésekkel szemben támasztott magyar nyelvhelyességi követelményeknek. A fogalmazás módja tömör, szakszerű, a lényeges megállapítások, a felhasznált forrásokra hivatkozó jelölések, a szöveg bekezdésekre és alpontokra bontása, az alkalmazott felsorolások/listázások megkönnyítik a szerző gondolatmenetének követését, állításai, következtetései és bizonyításai helyességének ellenőrzését.

Hasonló megállapítások tehetők az *ábrákkal* és *táblázatokkal* kapcsolatban is: azok jól áttekinthetők és összhangban vannak a szöveggel, szövegrésszel, amelyben a szerző utal rájuk. A matematikai képletekben, egyenletekben használt jelölések szintén megfelelnek az előírásoknak, a használt indexelési, képlet- és egyenlet-számozási rendszer elősegíti a mondanivaló jó megértését.

Mindezek alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a szerző a személyközlekedési rendszer egészére és az annak keretében nyújtott szolgáltatásokra, mint előbbi összetevőire vonatkozó informatikai fejlesztési és integrálási módszerek elemzésével és értékelésével,

kidolgozásával és gyakorlati alkalmazhatóságuk igazolásával magas színvonalú, arányos és áttekinthető szerkezetű értekezést készített.

5. Az értekezésben alkalmazott kutatási módszerek és a felhasznált adatok

A választott kutatási témához igazodóan, a szerző értekezésében elsősorban a *személyközlekedési rendszer egészére* illeszthető, döntően a rendszertervezés és rendszerirányítás területére eső *informatikai folyamatok és összefüggések* feltárásával és leírásával foglalkozik, majd a rendszer néhány kiragadott összetevőjére vonatkozóan dolgoz ki. Ez az egészről a részek felé haladó megközelítésmód teljes mértékben logikus, helyeselhető és elfogadható. Ugyanakkor érdemes lett volna **nyomatékosabban rámutatni** arra, hogy az információtechnológia korunkban megfigyelhető rohamos fejlődésével *új lehetőségek* (valós idejű adatgyűjtés és adatfeldolgozás, gyors visszacsatolás, stb.) nyílnak meg. Ezeknek a közlekedési (ezen belül a személyközlekedési) rendszerben való kihasználása – elsősorban a döntések támogatására, így a jó döntések arányának jelentős növelésére –, (verseny)előnyhöz (többség-haszonhoz) juttat(hat)ja az erre képes és alkalmas közlekedőket, valamint a szakmai közigazgatást és a közlekedési szolgáltatókat (gazdasági szervezeteket) egyaránt. Az információtechnológiának a közlekedési rendszerbe való „*behatolását*” bizonyító példák közül az értekezésben (a témaválasztással és a kutatási célok kitűzésével összhangban), csupán a személyközlekedési fuvarmegosztással kapcsolatosak találhatók (pl. Uber), hiszen a szerző ezekkel foglalkozott; de érdemes lett volna **legalább megemlíteni** az útvonalválasztást segítő, működő navigációs rendszereket (pl. Waze, iGO, Mio, Garmin, stb.) és az országos, illetve városi útdíj-szedő rendszereket (HU-GO, London, Szingapur, stb.) is (1. fejezet; 5.1. pont.)

A szerzőnek a kitűzött célokkal összhangban választott kutatási módszerei alapvetően helyesek és célravezetők, de a tisztánlátás érdekében **hasznos és szükséges lett volna** az *elemzés* és az *értékelés* fogalmának szigorúbb a módszertanon belüli egyértelmű megkülönböztetése (az értekezéshez csatolt Fogalomtárban ezek nem is szerepelnek). *Elemzésen* (lat. analysis) ugyanis egy rendszer, jelenség, folyamat alkotórészekre, *összetevőkre bontását*, ezek *leírását* és a *közöttük feltárható összefüggések, kapcsolatok vizsgálatát* – végső soron az egyes részekről és összefüggéseikről észlelt *tények felsorolását* értjük. Az *értékelés* (lat. appreciatio/evalvatio) viszont az előbbieken meghatározott összetevők, illetve a közöttük feltárt összefüggések *bizonyos szempontból való megfelelésének*, illetve az ehhez a szemponthoz kapcsolódóan kitűzött *cél-együttes megközelítése mértékének* szöveges, vagy számszerűsített *minősítése*. Ha ezeket a fogalom-meghatározásokat elfogadjuk és alkalmazzuk, nyilvánvaló, hogy az *elemzés* nem, vagy nem magától értetődően és nem minden esetben foglalja magába az *értékelést* is, hiszen az összetevők szerepének és a közöttük lévő összefüggéseknek a fontossága, jelentősége *egy rendszeren belül* számos szempontból értékelhető. Matematikai megközelítésben alapvető fontosságú, hogy bármely összetevőnek, vagy az összetevők közötti összefüggésnek több szempontra is kiterjedő *értékelése* esetén az eredmény csak akkor tekinthető objektívnek, ha ezek a választott szempontok egymástól bizonyíthatóan *függetlenek*. Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor fennáll *a kettős számbavétel lehetősége*, ami az értékelés eredményeit torzítja, azok hihetőségét és hitelességét csorbítja, döntéselőkészítés céljára való felhasználhatóságát korlátozza. Az elemzés és értékelés egyértelmű megkülönböztetésének hiánya, e fogalmak egymással való esetenkénti felcserélése elsősorban az 1. tézist megalapozó kutatási eredmények bemutatásakor zavaró (2.1-2.3. pont.)

Az értekezésben található *értékelésekre* vonatkozóan általánosságban megállapítható, hogy meglehetősen **hiányos** mind az értékelési szempontok, mind az értékskála és értéktartomány megválasztásának **alapos és meggyőző indokolása**. Erre különösen akkor lenne szükség, amikor a szerző súlyozatlan értékeket és lineáris értékskálát (pl. 1-5 tartományba eső osztályzatokat) használ. Nem zárható ki, hogy megfigyelt és kinyilvánított preferencia-vizsgálatok eredményein alapuló súlyok használata, vagy exponenciális

értékkála alkalmazása esetleg a bemutatottaktól eltérő eredményekre és azok alapján az értekezésben levontaktól eltérő következtetésekre vezetne (4.3-4.4. és 5.4. pont; ill. 5.2. melléklet.)

A modellezés során – különösen, ha a jövőben várható folyamatok leírására is alkalmas modell kidolgozására törekszünk -, elkerülhetetlen, hogy bizonyos, a jövőben várható változásokra vonatkozó *feltevéseket* érvényesnek fogadjunk el. Ezért minden egyes ilyen modell létrehozása előtt elengedhetetlen az alapfeltevések pontos megfogalmazása, megfigyelési és/vagy mérési adatokkal való alátámasztása, illetve rövid-, közép-, vagy hosszú távon való *érvényességük valószínűségének* becslése. A személyközlekedési rendszerre vonatkozóan ilyen alapfeltevéseknek tekinthetjük (többek között) pl. a személygépkocsi-tulajdon, a személygépkocsi-használat, a személyközlekedési kereslet szerkezetének és a személyközlekedési munkamegosztásnak (modal share/split) a változásával, a „mobilitás, mint szolgáltatás”, valamint az elektromos, illetve autonóm járművek elterjedésével kapcsolatos előrejelzéseket, becsléseket. Bár az értekezésben leírt és a szerző által alkalmazott kutatási módszerek célszerűségét és alkalmazhatóságát ezen alapfeltevések térbeli és időbeli *érvényességének* pontosabb lehatárolása alapvetően nem befolyásolja, e feltevések térbeli és időbeli érvényességének valószínűségeivel, az azok alapjául szolgáló becslések pontosságával a különböző modellalkotási koncepciók elfogadásakor ***célszerű és szükséges lett volna bővebben és alaposabban foglalkozni.*** Rendkívül óvatossá kell lennünk, amikor külföldi - tehát a magyarországitól jelentősen eltérő - közlekedési infrastrukturális és gazdasági körülmények (kínálat), valamint társadalmi hagyományok és érdekviszonyok (kereslet) között érvényes feltevések elfogadásáról és hazai adaptálásáról van szó. Itt ***fokozott mértékben szükséges*** a feltevések érvényességének vizsgálata, tényekkel és adatokkal való igazolása, alátámasztása. (5.1-5.4. pont.)

A modellalkotás, illetve az informatikai elemzési, fejlesztési és integrálási módszerek kidolgozása során felhasznált adatok helyességét és hitelességét a források pontos megjelölése biztosítja. A szerző több alkalommal utal a saját maga által kezdeményezett és elvégzett kérdőíves felmérésekre és azok eredményeire. Bár ezek a Mellékletben megtalálhatók, de ***módszertani hiányosságnak tekinthető***, hogy ilyen esetekben a szerző nem mindig adja meg a vizsgált statisztikai minta nagyságát és nem igazolja, vajon a minta reprezentatívnak tekinthető-e, vagy sem, illetve az eredmények milyen megbízhatósági intervallumban tekinthetők pontosnak és érvényesnek (3.3, 4.3, 5.2-5.4 és 6.2-6.3. pont.)

Az értekezés érdemi (2-6.) fejezeteiben foglaltak megfelelően és meggyőzően bizonyítják, hogy a szerző a hazai és a nemzetközi szakirodalomról átfogó és részletes ismeretekkel rendelkezik. Elemző képessége, alapos módszertani felkészültsége, matematikai és informatikai modellezésben való jártassága, az alkalmazható modellekkel kapcsolatos gyakorlati tapasztalatai egyaránt alkalmassá teszik az értekezésben kitűzött célok elérése érdekében felhasznált bőséges eszköztár eredményes kezelésére. Ezt támasztja alá a mellékletként csatolt ábrákban, táblázatokban, számításokban és leírásokban megtestesülő igen gazdag tartalom is.

6. Az új tudományos eredmények részletes értékelése

Helyesen állapítja meg, hogy a közlekedés és azon belül a személyközlekedés önálló, lehatárolható rendszernek tekinthető, amelynek stabilitását az összetevők közötti kapcsolatok, kölcsönhatások befolyásolják döntően. A személyközlekedési rendszer egyrészt biztosítja az emberek szabad áramlásának feltételeit, másfelől negatívan hat a környezetre a közlekedési balesetek, az energiafogyasztás, a környezetterhelés, valamint a területfoglalás következtében. A fenntartható mobilitás tartós, kiegyensúlyozott viszonyt jelent a környezet, a társadalom, a gazdaság és a közlekedési rendszer között – ez pedig csak a rendszer alkalmazkodóképességét biztosító innovatív megoldások bevezetésével segíthető elő. ***Értékes eredménye***, hogy kidolgozta a személyközlekedési rendszer szerkezeti modelljét, amelyben a hagyományos (pálya, jármű, ember) összetevők mellé negyedikként beiktatta a rendszer működését alapvetően befolyásoló *információt* és a

személyközlekedési módok közé új szolgáltatásként felvette a *fuvarmegosztást*. **Elfogadható** az a megállapítása, hogy a személyközlekedési rendszerben a kapacitáskihasználás ideális szintje a fuvarszervezés informatikai támogatásával közelíthető. A személyközlekedési szolgáltatások elemzéséhez és értékeléséhez **jól használható szempontrendszer**t dolgozott ki. Feltevése szerint elsősorban a nagyvárosokban az egyéni gépjármű tulajdonlás és használat visszaszorul, a tulajdonlás alapú gondolkodást felváltja a szolgáltatás alapú gondolkodás és a megosztott járműhasználat – **ennek alapos és meggyőző indokolásával, várható időbeli ütemezésével azonban adós marad**. Kidolgozta az utazási láncok modelljét, **helyesen rámutatva**, hogy a parkolás érzékelt minőségének fokozásával az utazási lánc megítélése a jelenleginél jóval kedvezőbbé tehető. A mobilitási szolgáltatás elemzésére és minőségének értékelésére **alkalmas informatikai modellt hozott létre**.

1. **tézisben** bemutatta a személyközlekedési rendszer és szakterületeinek rendszerszemléletű modelljét. Megállapította, hogy az átmeneti közlekedési módok a kiszolgálás minőségi jellemzőit tekintve közel folytonos átmenetet képeznek az egyéni személygépkocsi-használat és a hagyományos közforgalmú közlekedés között. Rámutatott, hogy az átmeneti közlekedési módok alkalmazásával a személyközlekedési rendszer kapacitáskihasználása jelentősen növelhető. Feltételezte, hogy a jövőben a közlekedési módok egy részét kiváltják az új, jellemzően kereslet alapú, infokommunikációs bázisú, mobil alkalmazáson előzetes rendeléssel igénybe vehető, megosztott, kis kapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatások; az információkezelés fejlődésének következtében tehát a személyközlekedés egyre inkább adaptív és dinamikus rendszerré alakul át. Bevezette a mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) kibővített minőségi hurok modelljét és kidolgozta a minőségelemzés informatikai modelljét - utóbbi az elemzési feladatokhoz használandó adatbázisokat és azok kapcsolatait tárja fel. A közforgalmú közlekedési menetrendszerűségének elemzéséhez és előrejelzéséhez adatbázis-kezelésen alapuló módszert fejlesztett ki (2.1.-2.3. pont)

Helyesen állapította meg, hogy nincs olyan (közigazgatási, vagy gazdasági) szervezet, amelynek a tevékenysége a teljes közlekedésre térbeli korlátok nélkül kiterjedne, ezért az integrációs folyamatok „szabályozása” és azokkal kapcsolatos kutatások-fejlesztések finanszírozása és ösztönzése nehezen oldható meg. Ezért az integrációt jogi, gazdasági és műszaki területen együttesen szükséges megvalósítani. Egy utazó személyes utazási láncának tervezésekor az információkezelés csak néhány elemre és alrendszerre terjed ki, míg egy városrész fenntartható közlekedésének tervezése sokkal több alrendszer bonyolult együttműköd(tet)ését igényli. **Jól összefoglalta** a közlekedésinformatikai elemzés és modellezés szempontjait és bevezette az összetevők felbontási szintjeit. Kimutatta, hogy az integrált rendszerekben a működési folyamatok összehangolásával, új összetett funkciók kialakításával több részrendszerre, illetve a teljes rendszerre vonatkozó magasabb szintű optimalizálás valósítható meg. Az adatáramlási elemzésekhez információáramlási táblázatot dolgozott ki, amely az integrált információs rendszerekben áramló adatcsoportokat tartalmazza. Ennek alkalmazásával **valóban meghatározhatók** az ún. információs csomópontok, azaz olyan szervezetek, amelyek feladata a számos forrásból érkező információk rendszerezése, egyesítése, értéknövelt információk előállítása és azok továbbítása a többi érintett szervezet részére. A három fő összetevőtípus (információ, információkezelő elem, információkezelés) összefüggéseinek ábrázolásához **szemléletes három-dimenziós térbeli modellt** alkotott. A bemutatott elemzési és modellezési módszereket a **gyakorlatban is alkalmazta** a repülőtéri taxi-irányítás, az utazásmegosztás, a parkolás-támogatás, a sofőrszolgálatok, a rugalmas közforgalmú közlekedés információs rendszereire vonatkozóan. Az informatika alkalmazási, beavatkozási és hatásterületeit meghatározva **kidolgozta az integrált személyközlekedési információs rendszer érvényes modelljét**, amely olyan elektronikus fuvarbörzének tekinthető, ahol a járműmozgások (mobilitási szolgáltatások), mint felkínált kapacitások jelennek meg (3.1.-3.3. pont.)

2. **tézisben** meghatározta a közlekedésinformatikai elemzés és modellezés szempontjait és definiálta az összetevők felbontási szintjeit. Bevezette az információszerkezeti és információáramlási táblázatokat. A három fő összetevő-típus összefüggéseinek ábrázolásához háromdimenziós térbeli modellt hozott létre. Azonosította és csoportosította a személyközlekedési informatika alkalmazási, beavatkozási és hatásterületeit. Kidolgozta az integrált személyközlekedési információs rendszer modelljét. Ennek keretében létrehozta az integrált parkolási információs rendszernek és a légi személyszállítási integrált információs rendszerének szerkezeti és működési modelljét.

Mivel rendkívül intenzív kutatások folynak a környezetbarát energiaforrások és az alternatív hajtásláncok közötti gépjárműveknél történő alkalmazása területén, ezt az információ-technológia közlekedési alkalmazására kínáló lehetőségként kezelve, **indokoltan foglalkozott** a közúti elektromobilitást támogató informatikai módszerek fejlesztésével. Módszereket dolgozott ki az elektromos közúti gépjárművek töltési igényének számítására. **Helyesen állapította meg**, hogy az elektromos járművek elterjedésének alapfeltétele az országos átjárhatóságot biztosító publikus töltőállomás hálózat létrehozása, elsősorban az autópályák és az országos főutak mentén. A potenciális helyszínek értékeléséhez **aggregált értékelő számot bevezetve** olyan, pont- és szakasz-orientált kombinált módszert fejlesztett ki, amely akkor is **használható** mind országosan, mind pedig városi léptékben, amikor nem állnak rendelkezésre részletes adatok a közlekedési áramlatokról (pl. honnan-hová utazások), továbbá figyelembe veszi a potenciális helyszínek szolgáltatási színvonalát is, ami jelentősen befolyásolja a felhasználói élményt. Ezt **példákkal is igazolta**. Modellezte az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer működését és foglalkozott a töltési terv optimalizálásával is (4.1.-4.4. pont.)

3. **tézisben** az elektromos közúti gépjárművek töltési igényének számítására alkalmas módszert dolgozott ki, amely tetszőleges járműtípusra vagy járműállományra, területi egységre, illetve időpontra adaptálható. A lehetséges helyszínek értékeléséhez súlyozott összeg modellt választva módszert alkotott az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszínének kiválasztására és a városi publikus töltőállomások helyszíneinek kijelölésére. Ezek gyakorlati alkalmazhatóságát példákkal igazolta. Az információkezelési funkciókat az elektromos jármű negatív jellemzőiből levezetve modellezte az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer működését. Decentralizált töltési terv-optimalizáló módszert dolgozott ki, amely támogatja a kétirányú energiaáramot és igazolta, hogy a módszer alkalmazásával és tudatos felhasználói viselkedéssel a töltési költségek csökkenthetők.

Az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások informatikai fejlesztését tanulmányozva **helyesen állapította meg**, hogy ilyen járművek megjelenése jelentősen megváltoztatja a jelenlegi közlekedési rendszert. Ezért olyan modellek és módszerek kifejlesztésére van szükség, amelyek alkalmazásával az autonóm közúti járművek és a körük épített mobilitási szolgáltatások integrálhatók az átalakuló közlekedési rendszerbe, figyelembe véve a társadalmi-környezeti-gazdasági kapcsolatrendszert is. Négy jellemző tulajdonság alapján megkülönböztetve a mobilitási szolgáltatás-típusokat, **helyesen mutatott rá arra**, hogy minél inkább kereslet-vezérelt egy szolgáltatás, annál inkább jellemző rá az autonóm járműirányítási jelleg. Kérdőíves felmérést alkalmazva egy nagymintán (v. ö. 5.2. Melléklet) kutatta és elemezte a közlekedők igényeit. **Kimutatta és igazolta**, hogy a fedélzeti szolgáltatások tervezése során az utazáshoz közvetlenül kapcsolódó tájékoztatás, valamint a saját okos eszköz használatát támogató megoldások a legfontosabb befolyásoló tényezők. Az automatizálási szintek megkülönböztetését bevezetve az autonóm közúti járművekre épülő közlekedési rendszer összetevőinek és az azok közötti információs kapcsolatoknak az azonosítását követően szerkezeti modellt dolgozott ki. Itt **sajnálatosan hiányzik** annak minden esetben érvényes meghatározása, hogy milyen mértékben épül autonóm járművekre a vizsgált rendszer, azaz hány százalékát teszik ki a

forgalomnak az autonóm járművek. Ugyanakkor helyes az a megállapítása, hogy a tervezési funkciók dinamizmusa egyre jobban megközelíti az üzemeltetési funkciók dinamizmusát. A mobilitási szolgáltatások automatizáltsági jellemzőit komplex módon leíró **elemző módszert dolgozott ki**, amellyel a szolgáltatás-tervezési, irányítási és utaskezelési funkciók jellemezhetők (5.1.-5.4. pont.)

- 4. tézisben** meghatározta az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatástípusokat és azok jellemzőit. A felhasználói elvárásokra (kinyilvánított preferencia) vonatkozó (kérdőíves) módszert alkalmazva, annak eredményei alapján megállapította, hogy az utazók személyes és mobilitási szokásjellemzői jelentősen befolyásolják az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szembeni elvárásokat. A mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjét meghatározó módszert dolgozott ki, amely felhasználható szolgáltatástervezési, irányítási és utaskezelési funkciók értékelésére. Kidolgozta az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatás működési modelljét és a felhasználói elvárásokat figyelembe vevő módszert fejlesztett ki a közlekedési kereslet várható szerkezeti változásának számszerűsítésére. Megállapította, hogy az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető rugalmas, megosztott autonóm járműves szolgáltatásokkal.

Az utazóval kapcsolatos információkezelés problémáit tárgyalva **helyesen állapítja meg**, hogy az utazót fel kell készíteni az új technológiával kapcsolatos alapvető ismeretekre, a szolgáltatások igénybevételére, a tudatos viselkedésre/döntésekre és a várható következményekre. Ezért **bevezette az okos utazó fogalmat**, ami lefedi a gyalogost, kerékpárost, utast és az egyéni gépjárművezetőt is, rámutatva, hogy ezekhez az utazói szerepkörökhöz eltérő információkezelési jellemzők tartoznak. Multimodális mobilitás-szervező és -irányító rendszert dolgozott ki, amely az infokommunikációs eszközökkel integrált személyközlekedés „utazó közeli” alrendszere, a kapacitás adatokat és az utazói igény adatokat rendeli egymáshoz; működtetése pedig a mobilitás-menedzsment feladatkörbe tartozik. **Helyesen állapítja meg**, hogy az adatátviteli rendszerek teljesítőképességének fejlődése lehetővé teszi a közlekedési rendszerek „tehermentesítését”, hiszen számos tevékenység, mely korábban fizikai helyváltást igényelt, elvégezhető az infokommunikációs rendszereken keresztül (táv munka, távoktatás, ügyintézés stb.). Megfelelő szempontrendszer alkalmazásával több alágazatra és mobilitási szolgáltatásra vonatkozóan is **kidolgozta az integrált információs mobilalkalmazás koncepcióját** és az értékelés módszerét. Utóbbi alkalmazásának eredménye egy időalapú ráfordítási érték (értékelő szám), mely az útvonaltervhez tartozó érzékelt idő. Kidolgozott egy olyan multimodális személyközlekedési hálózati modellt is, amely a különböző közlekedési módok é mobilitási szolgáltatások tulajdonságait is figyelembe veszi (6.1.-6.3. pont).

- 5. tézisben** kidolgozta a multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer működési és funkcionális modelljeit, azonosította és csoportosította az eljutási lehetőségek közötti választást befolyásoló tényezőket. Bevezette az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempont-rendszerét, különös tekintettel a személyre szabási beállításokra. Többkritériumos értékelő módszert dolgozott ki az utazástervező alkalmazások értékeléséhez és a multimodális útvonaltervek értékelésére. Utóbbi a fizikai jellemzők és az utazói elvárások alapján adja meg a hálózati elemekhez az érzékelt időt, mint ráfordítási értéket. Az utaskezelési funkciók automatizálásának jelentőségét és az emberi képességek igénybevételének változását értékelő módszert alkotott. Megállapította, hogy a gépi támogatás és az automatizálás hatására az igényelt humán kognitív kapacitás mértéke csökken, az okos eszköz kezelésével összefüggő képességek jelentősége fokozódik.

7. Kisebb hiányosságok, elütések

- A 8. oldalon szereplő, sorszámozott felsorolás 1-es helyett a 2-es ponttal kezdődik;
- A 12. oldalon a 2.1. táblázatban szereplő hw és sw rövidítések feloldása hiányzik;

- A 13. oldalon a 2.3. ábrán a jelmagyarázat számomra érthetetlen: ki által „művelt” szakterületekre utal? ;
- A 18. oldalon az első bekezdést követő második alpontban célszerű lenne megadni ennek a hányadnak a becsült nagyságát is;
- A 18. oldalon a 2.7. ábra utáni első mondatban szereplő megállapítás indokolása, érvényességi határainak, várható időbeli ütemezésének megadása hiányzik;
- A 28. oldalon a 3.1. táblázat jelmagyarázatában a „féldinamikus” jelző magyarázata hiányzik;
- A 34. oldalon a felsorolás 2. pontjában helyesen: „útvonalszakaszon *lebonyolódó forgalom* átlagsebessége”;
- A 37. oldalon hiányzik a kérdőíves kikérdezés minta-nagysága és a válaszok statisztikai kiértékelési módjának leírása
- A 41. oldal első bekezdéséből hiányzik a közép- és hosszú időtáv számszerűsítése és az EU környezetvédelmi céljainak és azok elérésének előmozdítására alkalmazni ajánlott eszközeinek, valamint a hatóságok járműgyártókat és járműárakat befolyásoló intézkedéseinek említése;
- A 65. oldalon az 5.3. ábra alatti bekezdésben „díjbeszedés” helyett díjbeszedés írandó;
- A 66. oldalon a 3. bekezdés utolsó három mondatában, a 4. és az 5. bekezdés utolsó mondatában szereplő megállapítások triviálisak (azaz magától értetődőek, kézenfekvők), erre célszerű lenne utalni;
- A 66. oldalon a 4. bekezdés utolsó mondatában „átlagos” helyett átlagos írandó;
- A 68. oldal 2. bekezdésének első mondatában az „épülő” kifejezés a forgalomban részt vevő autonóm járművek mekkora hányadára utal? ;
- A 69. oldal 3. bekezdésében a biztonságot is szükséges megemlíteni;
- A 69. oldal utolsó bekezdésében említett nemzetközi szervezet elnevezése helyesen: *Union Internationale des Transports Publics* (franciául), *International Association of Public Transport* (angolul);
- A 73. oldal utolsó bekezdésében hiányzik a kérdőíves kikérdezés minta-nagysága és a válaszok statisztikai kiértékelési módjának leírása
- A 75. és a 76. oldalon használt „modal share” angol nyelvű kifejezés a szakirodalomban általában „*modal split*”-ként szerepel (magyarul: közlekedési munkamegosztás, vagy tejesítmény-arány);
- A 77. oldal utolsó mondatában megfogalmazott állítás „jelentős” jelzője magyarázatra és igazolásra szorul;
- A 84. oldalon a 6.5. ábrán a *közlekedés*, mint „motiváció” szerepel a *kikapcsolódás* mellett – ez magyarázatra szorul;
- A 84. oldal utolsó előtti bekezdésének utolsó mondatában említett kérdőíves felmérések minta-nagysága és a válaszok statisztikai kiértékelési módjának leírása hiányzik;
- A 86. oldalon a 6.2. táblázat jelmagyarázatában az angol kifejezések magyar nyelvű megadása (*betanulás/elsajátítás, személyre-szabás*) hiányzik;
- A 88. oldalon a 6.7. ábra címe kiegészítendő, hiszen az csupán az „értékelő módszer folyamatábrája”;
- A 89. oldal 2. bekezdésében az „érzékelte időérték” fogalmának magyarázata szükséges (t. i. hogy algebrai átlagos értékről, vagy a szórás figyelembe vételével számított értékekről van-e szó);
- A 90. oldal első bekezdésében szereplő állítás bizonyítására célszerű lenne igazolni, hogy a hivatkozott fejlesztéshez valóban a szerző által kifejlesztett modell szolgált alapul;

8. Tézisfüzet értékelése

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

9. Összefoglaló megállapítások

A kutató doktori értekezésében az információknak a rendszer összetevőjeként való kezelésén alapuló, olyan **új informatikai elemző és értékelési modelleket dolgozott ki és javasolt** a közlekedési, ezen belül elsősorban a személyközlekedési rendszerbe illesztésére, amelyek lehetővé teszik, illetve elősegítik egy ilyen integrált rendszer megbízható, biztonságos, fenntartható és felhasználóbarát működtetését.

Bemutatta, hogy az információtechnológia közelmúltban megfigyelt rohamos fejlődése során létrejött eszközök és módszerek széles köre sikeresen alkalmazható a személyközlekedési rendszerben, mind a közlekedés-tervezés, mind pedig a szolgáltatók és a közlekedők szintjén a szükséges döntések megalapozására és dinamikus támogatására. Ezt számos gyakorlati alkalmazás példáján sikeresen **igazolta**.

A kutató által elvégzett vizsgálatok eredményei, a kidolgozott döntéstámogató eljárások és integrált közlekedési-informatikai rendszer-modellek gyakorlati alkalmazása **összességében jelentősen növelheti** a személyközlekedési rendszer **fejlesztésének és működtetésének** társadalmi, gazdasági és környezetvédelmi **hatékonyságát**.

10. Tézisek értékelése

1. Tézis: „Bevezettem a személyközlekedési rendszer szerkezeti és működési modell típusait. Kidolgoztam a személyközlekedési rendszerek és a mobilitási szolgáltatások elemzésének általános szempontrendszerét. Megállapítottam, hogy a jelenlegi, és a jövőbeli közlekedési módokkal nyújtott kínálat is illeszthető a keresleti jellemzőkhöz. Ezért a kereslet és a kínálat összerendezésének egyre fontosabb eszköze az integrált információkezelés.”

Az 1. tézist elfogadom.

2. Tézis: „A személyközlekedési információs rendszerek fejlesztését és integrációját támogató elemzési és modellezési módszereket fejlesztettem, amelyek alkalmazásával a közlekedési rendszerek és folyamatok egyre kisebb összetevőkre bonthatók fel, így az információs leképezéssel jobban megközelíthető a valóság. Az informatikai integráció általános módszereit a teljes személyközlekedési rendszerre, több alágazatra és közlekedési módra alkalmaztam. A módszerek az áruszállítási rendszerek informatikai integrációs feladatainál is hasznosíthatók.”

A 2. tézist elfogadom.

3. Tézis: „A közúti elektromobilitást, elsősorban a töltőpontok helyszínének kijelölését és a töltési folyamatokat támogató, informatikai módszereket vezettem be, melyek alkalmazásával fokozható az üzemeltetési hatékonyság és az utazói elégedettség. A módszerek más alternatív energiaforrások esetében és más közlekedési módokra is adaptálhatók.”

A 3. tézist elfogadom.

4. Tézis: „Modelleztem az autonóm közúti járműveket alkalmazó közlekedési rendszer szerkezetét és működését. Megállapítottam, hogy az autonómia relatív fogalom; az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás több, eltérő funkciójú irányító központ koordinált együttműködésével valósítható meg; a forgalomirányítási és az üzemirányítási tevékenységek a jövőben szorosabban összekapcsolódnak. A rendszermodellek alapján szimulációs eljárások és döntéselőkészítési modellek fejleszthetők.”

A 4. tézist elfogadom

5. Tézis: „Az utazói döntéseket befolyásoló információs rendszerek és szolgáltatások fejlesztését támogató modelleket és módszereket dolgoztam ki. Alkalmazásukkal a személyközlekedési rendszer működtetési célkitűzései szerinti keresletbefolyásolás érhető el. Továbbá, az új közlekedési megoldások elfogadottsága és használati élménye is fokozható.”

Az 5. tézis első és harmadik mondatában megfogalmazott állításokat elfogadom. A második mondatban szereplő megállapítást csak az azt megalapozó feltevések érvényességi korlátainak megadásával kiegészítve, módosítva fogadom el.

11. Javaslat

Fentiek alapján a szerzőnek a doktori értekezésében bemutatott tudományos eredményeit **elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez és javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsátását.**

Budapest, 2021. június 7.



Timár András
a közlekedéstudomány doktora
professor emeritus