

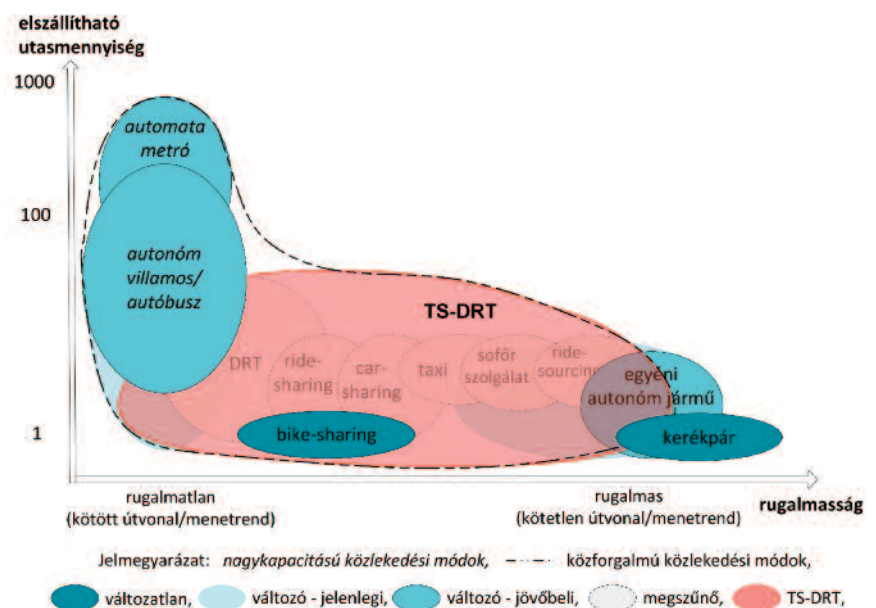
Az autonóm járműveket alkalmazó mobilitási szolgáltatások modellje

DR. CSISZÁR CSABA, FÖLDES DÁVID

A városokban eltérő dinamikával fejlődik a technológia, a társadalom és az épített környezet. A technológiai fejlődés sok esetben választ ad a társadalmi és az épített környezettel összefüggő kihívásokra, azonban gyakran újabb kihívásokat is előidéz. Az autonóm, környezetbarát (elsősorban elektromos) energiával hajtott járművek fejlesztése és fokozatos terjedése jelentősen megváltoztatja a jelenlegi közlekedést. A közlekedési módok átalakulnak, a szokások megváltoznak; a járműtulajdonlás helyett a mobilitási szolgáltatások kerülnek előtérbe. A változatos és kombinált szolgáltatási formák minden eddiginél összetettebb rendszertervezési és üzemeltetési módszereket igényelnek.

Az automata rendszerek előre programozott, egyértelműen leírt algoritmusok szerint működnek. Az autonóm megoldások már önálló döntéseket is hoznak kognitív és öntanuló képességeiket felhasználva. A működés során fellépő valamennyi szituáció esetében a beprogramozott válaszok helyett a gépek érzékelik a környezetet, azonosítják az elemeket és a tulajdonságokat, feltárják (megértik) az összefüggéseket és arra megfelelő választ adnak.

Az újfajta technológia társadalmi elfogadottsága az egyik kulcseleme az autonóm közlekedési módok bevezethetőségének. A járműfejlesztések



1. ábra: Az autonóm járművekre épülő jövőbeli „mobilitási paletta”

mellett a felhasználói elvárások kutatása is különösen kiemelt jelentőségű. Az autonóm járművek használati hajlandósága összefügg a felhasználók technológiai nyitottságával [1]. Magas jövedelemmel rendelkező, a technológia iránt érdeklődő férfiak általában szívesebben használják az autonóm közlekedési szolgáltatásokat [2].

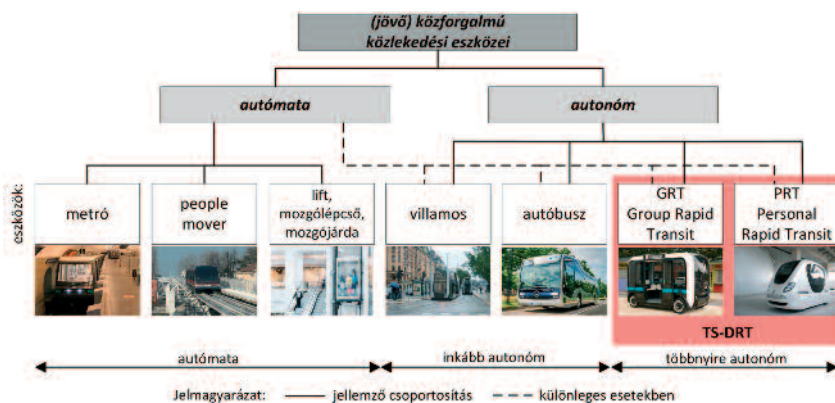
A jövő mobilitási palettája

Az újszerű, megosztáson alapuló városi személyközlekedési módok az erőforrásokkal (pl. terület, energia, idő) való hatékonyabb gazdálkodást célozzák az új folyamatszerkezési és működtetési eljárásokkal. Ezek a következők:

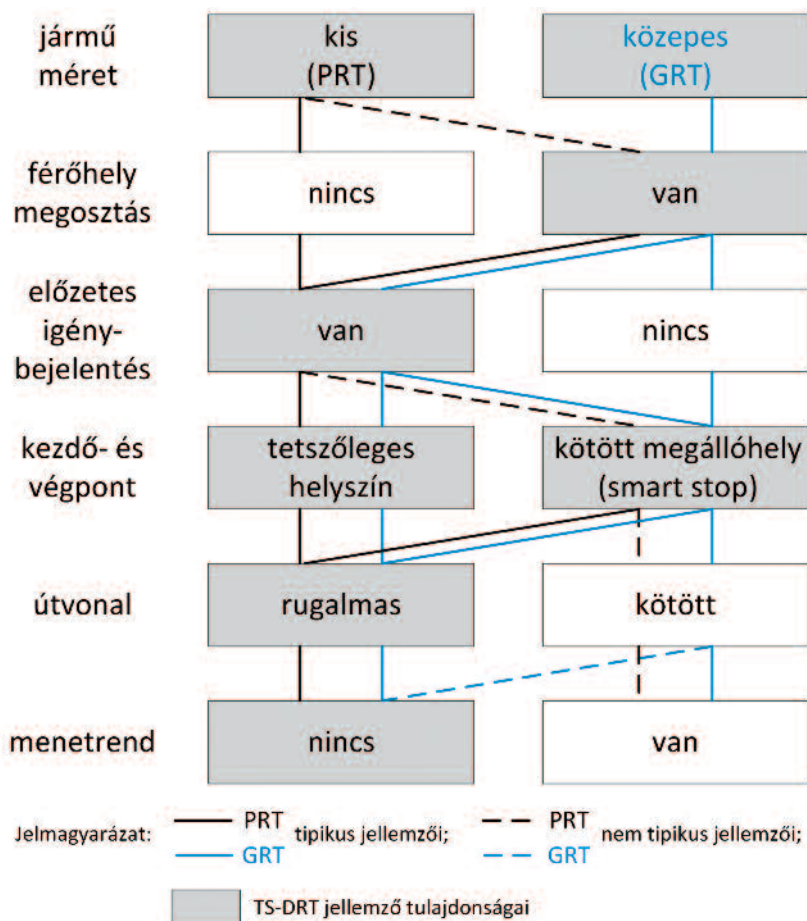
- car-sharing (autómegosztás): a jármű kapacitáskihasználásának növelése extenzív módon, az üzemidő növelésével; több felhasználó egymás után használja ugyanazt a járművet (pl.: Greengo),
- ride-sharing (carpooling, telekocsi): a jármű kapacitáskihasználásának növelése intenzív módon, a szabad férőhelyek megosztásával; több felhasználó egyidejűleg használja ugyanazt a járművet közös utazás során (pl.: Oszkár),
- ride-sourcing (ride-hailing): telematikai, mobil alkalmazás alapú fuvarközvetítés igényektől és kapacitásoktól függő tarifával (pl.: Uber). Ezen közlekedési módok jelenleg

járművezetővel működnek. Az autonóm járművekre épülő jövőbeli „mobilitási palettát” az 1. ábrán foglaltuk össze. Az átmeneti módok összeolvasdnak egy új közlekedési móddá: telematikai alapú, megosztott, igényvezérelt közlekedési mód (TS-DRT: Telematics-based Shared Demand Responsive Transportation) [3]. Az új mód egyesíti a jelenlegi közlekedési módok tulajdonságait. Így a sérült emberek, valamint a jogosítvánnyal nem rendelkezők számára is személyre szabott mobilitás áll rendelkezésre. A hagyományos közforgalmú közlekedési eszközök (vasút, metró, villamos, autóbusz) megmaradnak a nagy utasforgalmú viszonylatokon. Az egyéni autonóm gépjárműveket, mint a legrugalmasabb formát, csak speciális utazási motivációk esetében használják majd. A gyaloglás, a kerékpározás és a közösségi kerékpározás szerepe, különösen belvárosi területeken, rövid utazásoknál jelentős marad; szerepük a közepes távolságú utazásoknál nőhet is a pedelec (elektromos rásegítéses) kerékpárok terjedésével.

Az automata és autonóm járművek esetében lényegi kérdés, hogy az „intelligencia” a járműbe vagy az infrastruktúrába van beépítve. Automata járműveknél legtöbbször az infrastruktúra az „intelligens”. A jelenlegi autonóm járműfejlesztések azonban az „intelligenciát” a járműben helyezik el, jelentősen megnövelve azok árát. Az autonómia azonban relatív fogalom. Bár a járművek a forgalmi szituációkban képesek önállóan döntéseket hozni, mégis a járművek „köré” épített közlekedési rendszerek és szolgáltatások újfajta tervezési, szervezési, üzemeltetési és forgalomirányítási módszereket igényelnek, amelyekhez több, egymással együttműködő irányító központ kiépítése szükséges [4]. A zárt kötőtpályán



2. ábra: A jövő közforgalmú közlekedési eszközeinek automatizáltság szerinti csoportosítása



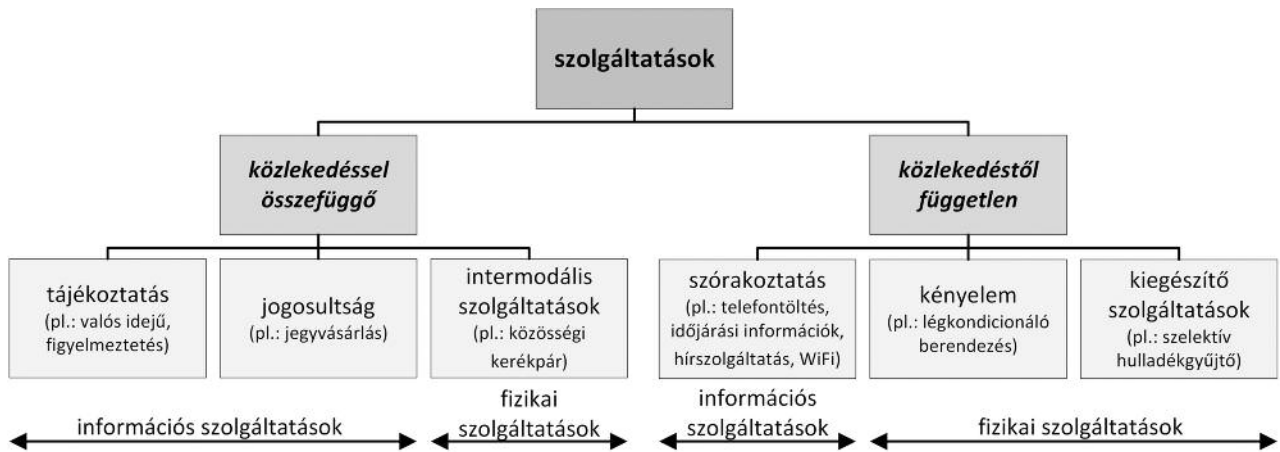
3. ábra: TS-DRT típusok rendszerezése

futó járművek esetében elegendő az automata üzem, míg a többi kötőtpályás, majd később a nagykapacitású autóbusz viszonylatokon az autonóm járművek alkalmazandók a jövőben. A 2. ábrán csoportosítottuk a jövő közforgalmú közlekedési eszközeit automatizáltságuk szerint. A PRT (Personal Rapid Transit) és GRT (Group Rapid Transit) kis és közepes befogadóképességű autonóm kapszulák

(„pod”), míg a people mover jellemzően a metrónál kisebb, de a villamosnál nagyobb kapacitású kötőtpályás automata eszköz.

A TS-DRT tulajdonságai

A lehetséges TS-DRT típusokat a 3. ábrán rendszereztük. A jellemző PRT és GRT szolgáltatások tulajdonságait a meglévő megoldások áttekintését követően foglaltuk össze:



4. ábra: Az okosmegállók szolgáltatásai

PRT: kis befogadó képességű kapszula (2-6 fő), férőhely megosztás, előzetes igénybejelentés, tetszőleges helyszínek között, rugalmas útvonal, menetrend nélkül,

GRT: közepes befogadó képességű kapszula (7-12 fő), férőhely megosztás, előzetes igénybejelentés, általában fix megállóhelyek között, kötöttebb útvonal és kötöttebb menetrend.

Mivel a közúti infrastruktúra kapacitása korlátos, ezért az autonóm mobilitási szolgáltatásoknál a gerincvonalakra történő ráhordó funkciót és a rövidtávú háztól-házig történő szállítást érdemes ösztönözni. Az elérhető előnyök (pl.: energiafelhasználás-csökkentés, kevesebb jármű) tovább fokozhatók, ha a járműveket megosztva használjuk [5], [6], azaz az egy irányba utazó személyeket egy járműhöz rendeljük.

Jelentősebb forgalomvonzó létesítmények és helyszínek közelében okos megállóhelyek (smart stop) helyezhetők el, melyek többféle, elsősorban információs szolgáltatásokkal növelik az utazó fizikai és mentális komfortját. Az okosmegállók egyfajta szolgáltató központok, ahol közlekedéssel összefüggő és közlekedéstől független szolgáltatások is elérhetők (4. ábra).

A TS-DRT működtetése

A TS-DRT rendszer modelljét az 5. ábrán foglaltuk össze, feltüntetve a legfontosabb rendszerelemeket és a közöttük lévő kapcsolatokat. A járművek több szolgáltató tulajdonában is lehetnek, azonban ideális esetben a szolgáltatás szervezéséért egy szervezet, az integrált mobilitási központ a felelős. A flottaüzemeltető központ feladatköre a jelenlegihez képest csökken; a járművek karbantartására és javítására korlátozódik. Az autonóm és nem autonóm járművek irányítása a forgalomirányító központ feladata. Az infrastruktúra-üzemeltető központ az infrastrukturális elemek (közút, okos megálló, töltőállomás stb.) karbantartásával foglalkozik. Az integrált mobilitási központ feladata a többi központ munkájának összehangolása, a flotta mozgásának szervezése, a fuvarok tervezése, az igények kezelése és az utastájékoztatás is. A legjelentősebb újdonság, hogy az előzetes helyfoglalások alapján az utazási igények és azok tulajdonságai előre és pontosan ismertek, így a kereslet és a kapacitások összerendelési hatékonysága fokozható.

A járművek automatikus mozgása mellett a tervezési, szervezési és az üzemeltetési funkciók automatizálása, az adatfeldolgozásnál pedig újszerű módszerek (pl. mesterséges intelli-

gencia) elterjedése várható. A központ „megtanulja”, hogyan kezelje az egyes forgalmi situációkat a forgalmi áramlatok (jármű, utazó) teljes hálózati optimalizálása érdekében. Az automatizált funkciók a személyzet számának csökkenéséhez és feladatkörük átalakulásához vezetnek. Bár az utaskezelési funkciók egy részét gépek veszik át, egyes funkciók esetében az emberi személyzet nélkülözhetetlen marad. Bizonyos speciális utazói csoportoknál (pl.: mozgássérültek, idősek, korszerű technológiát nehezen kezelő személyek) és helyzetekben (pl. vészhelyzetek kezelése) a személyes kapcsolat továbbra is fontos marad.

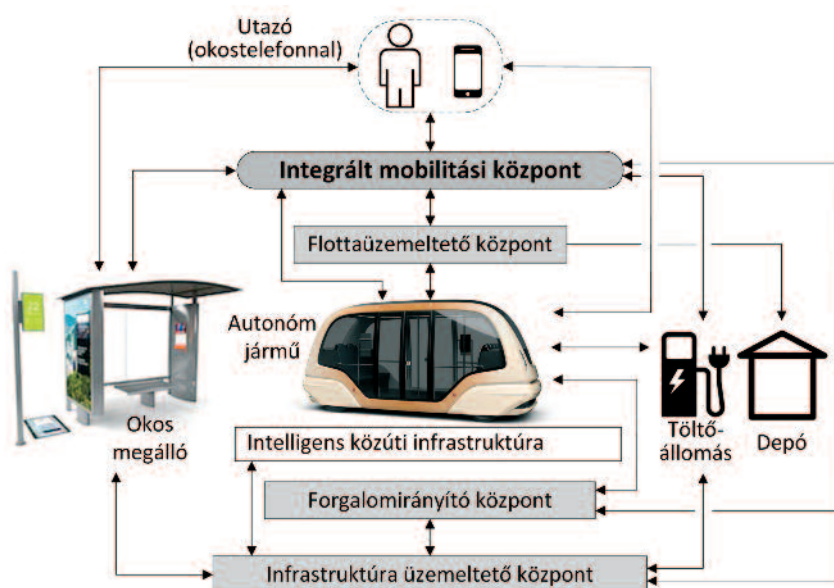
A szolgáltatás fejlett információs funkciókat igényel (pl.: helyfoglalás, jegykezelés, jogosultság ellenőrzése). Az utazói okoskészüléken futó alkalmazásokkal lehet a szolgáltatást igénybe venni. Az autonóm szolgáltatások az utazói készségek átalakulásához vezetnek. Az okoskészülékek használatához szükséges készségek jelentősebbé válnak (pl.: érintés, gépelés, rezgés-érzékelés). Az automatizált utaskezelési funkciók következtében kevesebb manuális feladat elvégzése szükséges, így a kézi műveletek száma csökken. A gépi támogatás következtében az utazók döntési folyamatai egyszerűsödnek [7].

A 6. ábrán foglaltuk össze a TS-DRT szolgáltatás tervezési és üzemeltetési funkciót, valamint a funkciók közötti kapcsolatot.

Tervezési funkciók

A TS-DRT egy öntanuló rendszer. Az üzemeltetés első fázisában a tervezés a keresleti adatok előrebecslésére és a valószínűsített elvárások feltárására terjed ki. Az üzemeltetés későbbi fázisaiban egyre több historikus adat áll majd rendelkezésre, amelyek alapján a tervezési pontosság javítható.

Új módszerek alkalmazása szükséges a kereslet tervezéséhez, mivel a kötelező igénybejelentés következtében több és pontosabb adat áll rendelkezésre az igényekről. Hasonlóan a megvalósult utazások jellemzőiről is rendelkezésre állnak az adatok. A kereslet tervezésének eredménye egy honnan-hová mátrix, amely felhasználható a járműtípusok meghatározásához, az okosmegállók és töltőállomások helyszínének meghatározásához, valamint a járművek elosztásához. Különösen fontos a kereslet térbeli és időbeli és egyéb jellemzőinek elemzése annak érdekében, hogy megállapítsuk, hogy mely igények rendelhetők össze. A tervezésnél előny, hogy a járművezetők gépi helyettesítésének következtében a munkarendi szabályokat nem szükséges figyelembe venni. Érdekes tervezési kérdés a járművek energiával történő utántöltése. Személyzet közreműködésével történő töltésnél az automata rendszer hatékonysága csökken; ezért érdemes újszerű, vezeték nélküli vagy pantográfos automata töltési technológiákat alkalmazni. Az okosmegállók egyben töltőpontként is használhatók, ahol a járművek utántöltése az utascseré ideje alatt valósul meg. A szükséges töltőállomások száma függ többek között az igények időbeli jellemzőitől,



5. ábra: TS-DRT rendszer modellje

a napi futásteljesítménytől, a járművek akkumulátor-kapacitásától, a töltési technológiától és az elektromos teljesítménytől. A járművek éjszakai és napközbeni tárolásához a parkolókat, valamint a karbantartáshoz szükséges depó helyszínt is a kereslet függvényében érdemes meghatározni, elkerülve a hosszú üresfutásokat.

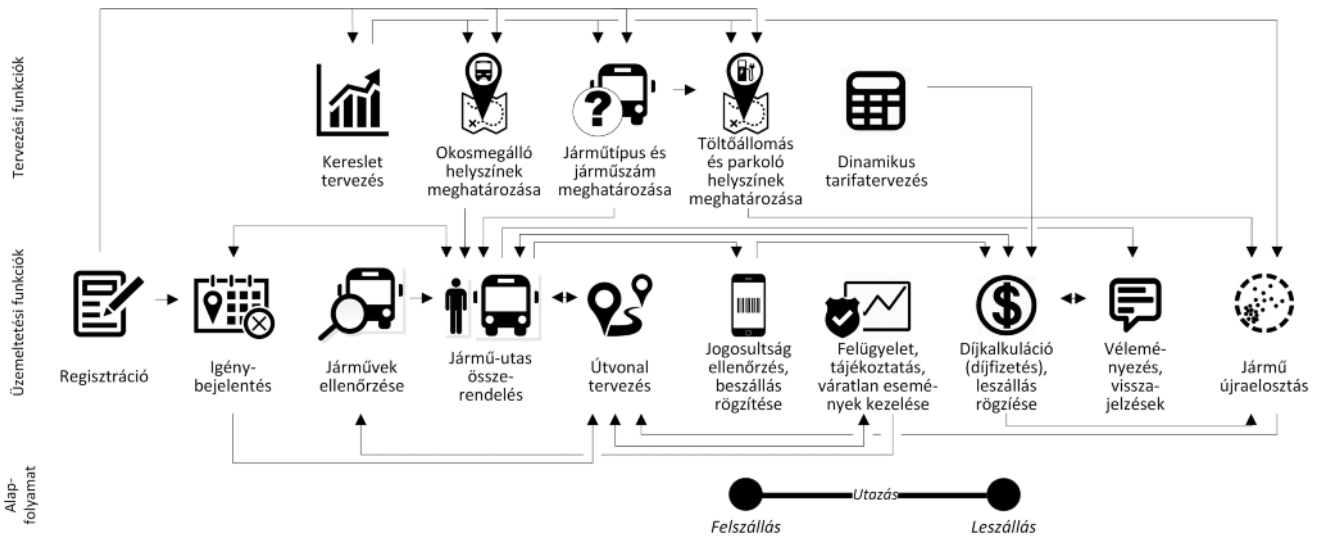
A kereslet és a kínálat ismeretében a dinamikus tarifarendszer alaptényezőinek megállapítása is a tervezéshez tartozik. Korrigáló tényezők vezetnek be egy-egy keresleti-kínálati szituációban (pl. magasabb díjtétel alkalmazása, ha az utazó nem hajlandó a járművet mással megosztani).

Üzemeltetési funkciók

Az üzemeltetési funkciókat az utazó oldaláról mutatjuk be. Az információszolgáltatás teljes egészében automatizált és személyes módon, okoskészüléken keresztül történik, a regisztrációt követően. Megfelelő ösztönzéssel (pl. kedvezmények) számos adat gyűjthető be az utazó szokásairól (pl.: gyakori úticélok, utazások jellemző időpontjai), amelyek a tervezési funkciókhoz felhasználhatók. Minél korábbi az utazási igény előzetes bejelentése, annál hatékonyabb

a szolgáltatás tervezése. Ennek érdekében érdemes ösztönözni (pl. változó díjtétellel) az utazókat, hogy tudatosabban tervezék utazásaikat, amennyire lehet, kerüljék az ad-hoc utazási bejelentéseket. Az aktuális utazási igényeket ismerve a központ meghatározza a potenciális járművek körét több szempont alapján (pl. térbeli elérhetőség, akkumulátor-töltöttség). A jármű-utas összerendelés összetett algoritmus eredménye, ahol a járműadatok (pl.: szabad férőhelyek, aktuális útirány) mellett az utazó és a leendő utastársak elvárásai (pl.: hajlandó-e mással utazni, mekkora kitérőt tud elfogadni) is figyelembe vételre kerülnek. Az ügyfél az utazás részleteit okoskészülékén keresztül kapja meg. A központ automatizált módon tervezi meg az útvonalat, egyéni és globális optimumkritériumokat is figyelembe véve.

Az utas-jármű azonosítás, valamint az utazási jogosultság ellenőrzése új módszerek alkalmazását igényli (pl.: applikáción keresztül kód megadása, ujjlenyomat használata). Utazás közben az utazó az esetleges útvonalmódosítási kérelmeket szintén okoskészülékén keresztül adhatja meg, illetve probléma esetén a disz-



6. ábra: TS-DRT szolgáltatás tervezési és üzemeltetési funkció, valamint a funkciók közötti kapcsolatának összefoglalása

péccserrel telekommunikációs eszközök segítségével léphet kapcsolatba. Az utazói elfogadottság növelhető az autonóm szolgáltatásokkal szemben, ha a szolgáltatás során megfelelő a közbiztonság, illetve az üzemeltetés során fellépő zavarok sem teremtenek veszélyes helyzetet. Intelligens távfelügyelet (szenzorérzékelés, kamerarendszer) szavatolja a személy-, forgalom- és üzembiztonságot. A fizetendő díj számítása az aktuális utazás részletei alapján történik (pl.: volt-e járműmegosztás, volt-e más utas felvétele miatti kitérő, stb.). A díjfizetés automatikus; az utazás után közvetlenül mobilfizetéssel, vagy meghatározott időközönkénti elszámolással a bankszámlát megterhelve történhet. Az utazó értékelheti az utazást is a szolgáltatási minőség szerint, illetve az utastársait is. A szállítási feladatok teljesülése után a járművek állapotának ellenőrzése, majd új feladathoz rendelése vagy a töltőállomáshoz, ill. a depóhoz irányítása történik. Új feladat hiányában a jármű térbeli újraelosztással olyan parkolóhelyhez irányítható, ahol az adott időpontban nagy valószínűséggel képződik új igény, ezzel minimalizálva a kiállási időt.

Konklúzió

A jövő közlekedése várhatóan szolgáltatásorientált megközelítést igényel járműorientált megközelítés helyett. A mobilitás, mint szolgáltatás részben helyváltoztatási műveleteket, részben pedig információkezelési műveleteket foglal magában. Bár az autonóm járművek speciális mozgó számítógépek a forgalmi folyamatokra vonatkozó önálló döntéshozatali képességgel, mégis a mobilitási rendszerek és szolgáltatások üzemirányító központok kiépítését és működtetését igénylik. Mindehhez újszerű tervezési, szervezési, üzemeltetési és gazdálkodási eljárások is szükségesek, ami a terület rendszer- és folyamat szemléletű kutatását igényli. Elmondható, hogy a személyközlekedési rendszer egy speciális információs rendszerré alakul át, amelyben a gépi és a humán összetevők mozgási és döntési képességekkel is rendelkeznek.

Felhasznált irodalom

[1] Payre, W., Cestac, J., Delhomme, P. 2014. Intention to use a fully automated car: Attitudes and a priori acceptability. *Transportation Research Part F*, 27: 252–263. DOI: 10.1016/j.trf.2014.04.009

[2] Bansal, P., Kockelman, K.M., Singh, A. 2016. Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An

Austin perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67: 1–14. DOI: 10.1016/j.trc.2016.01.019

[3] Földes, D., Csiszár, Cs. 2016. Conception of Future Integrated Smart Mobility; *Smart Cities Symposium 2016*, 26-27 May 2016. Prague, Czech Republic, DOI: 10.1109/SCSP.2016.7501022

[4] Szigeti, Sz., Csiszár, Cs., Földes, D. 2017. Information Management of Demand-Responsive Mobility Service Based on Autonomous Vehicles. *Procedia Engineering*, 187: 483-491.

DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.404

[5] Krueger R., Rashidi T. H., Rose J. M., 2016. Preferences for shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69: 343-355.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.06.015>

[6] Fagnant, D., Kockelman, K.M. 2014. The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40: 1–13.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2013.12.001>

[7] Földes, D., Csiszár Cs. 2016. Passenger handling functions in autonomous public transportation. *International Conference for Traffic and Transport Engineering*. pp. 533-540. 24-25 November 2016. Beograd, Serbia, WOS: 000391016300075

