

A városi személyközlekedési rendszer fejlődési irányai

A technológiai fejlődés következtében a városi közlekedési rendszer átalakulása várható. Cél annak meghatározása, hogy milyen beavatkozási területeken, milyen intézkedésekkel lehet elérni az igényelt vagy szükséges változtatásokat.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.6.4>

Nagy Simon – Dr. Csonka Bálint – Dr. habil. Csiszár Csaba – Dr. Földes Dávid

Ph.D. hallgató tudományos munkatárs egyetemi docens tudományos munkatárs
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék
E-mail: nagy.simon@kjk.bme.hu, csonka.balint@kjk.bme.hu,
csiszar.csaba@kjk.bme.hu, foldes.david@kjk.bme.hu

1. BEVEZETÉS

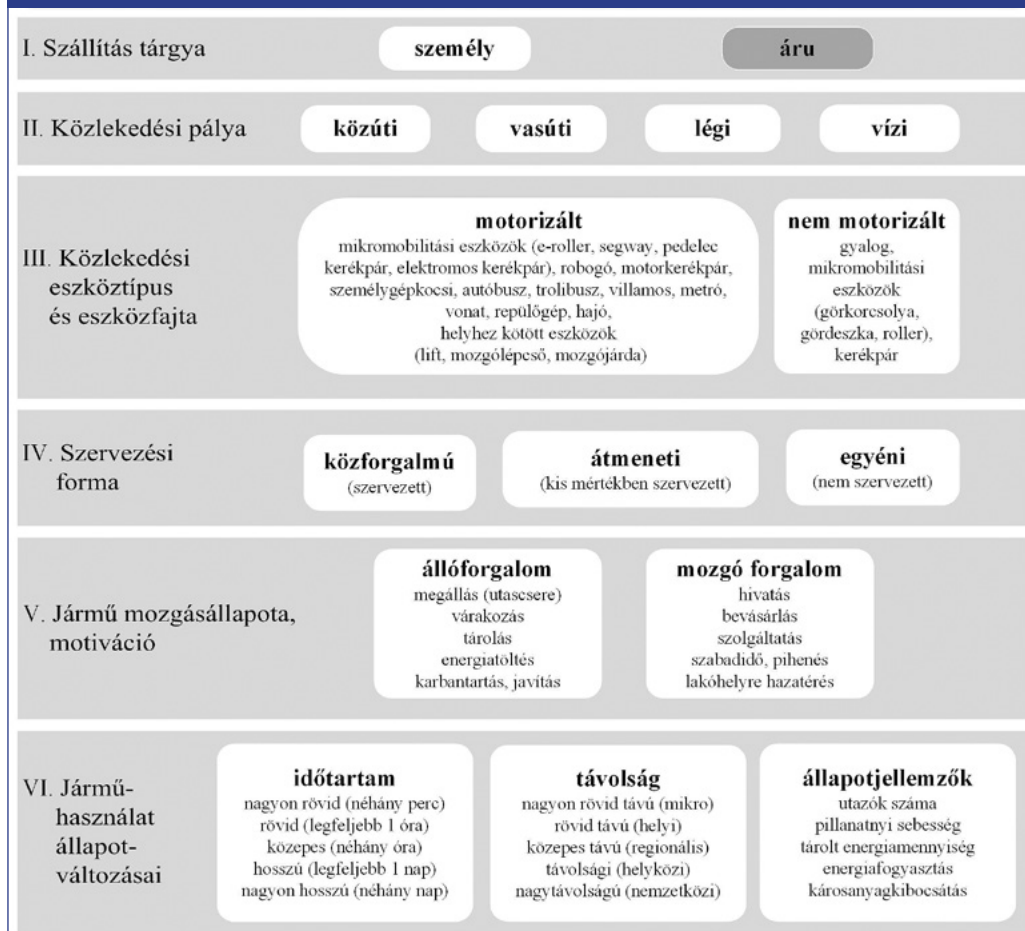
A közlekedés a mindennapi élet természetes és nélkülözhetetlen része; biztosítja a tevékenységek szabadságát térbeli kötöttségek nélkül. A személyek és áruk helyváltoztatásánál a biztonság, a fenntarthatóság, a hatékonyság fokozása és az eljutási idő csökkentése alapvető fontosságú. A közúti közlekedésben markáns átalakulás figyelhető meg, amit részben az informatikai rendszerek fejlődése generál. A változások irányítása és a hatásokra való felkészülés stratégiai megközelítésű előretekintéssel és annak gyakorlatba történő adaptálásával érhető el. A városi közlekedéstervezésben egyre több helyen megjelenik és meghatározóbbá válik az emberközpontú település- és közlekedéstervezés és az innovatív, digitális alapú megoldások alkalmazása.

Az ENSZ előrejelzése szerint 2050-re az emberek 83%-a fog városokban lakni Európában [1]. A változások érintik a közlekedési rendszer elemeit, a belső és a külső kapcsolatrendszert, a folyamatokat és a humán összetevőket, külön-

nösen a rendszer használóit, azaz az utazókat. Ugyanakkor az utazói viselkedés és az életvitel gyakran idézik elő a közlekedési rendszerekkel kapcsolatos elvárások változását is. A változások a szállítás tárgyára is kihatnak; egyre gyakrabban a személy- és az áruszállítási feladatok végrehajtásához közös erőforrások (tér, energia, közlekedési eszköz stb.) kerülnek felhasználásra.

Az egyik legjelentősebb változás az információ körének, dinamizmusának és a feldolgozottság mértékének a változása. Ennek következtében különböző időciklusú szabályozókörök képezhetők a stratégiai, taktikai és operatív tervezés, az üzemeltetés és a kiértékelési feladatoknál. További jelentős változás az alternatív meghajtású, valamint a vezető nélküli és a jelenleginél kisebb méretű közúti járművek elterjedése, ami jelentősen megváltoztatja a közlekedéstervezési, -üzemeltetési, valamint a tér- és időgazdálkodási alapelveket és a forgalmi folyamatok jellemzőit. Mindez a hagyományos elvek újragondolását és a módszerek átalakítását, valamint új módszerek bevezetését teszi szükségessé.

1. ábra: A személyközlekedési rendszerek csoportosításai



Rendszerszemléletben összefoglaljuk a változást előidéző tényezőket, a beavatkozási területeket és intézkedéseket, továbbá a várható hatásokat.

2. A KÖZLEKEDÉSI RENDSZER SZERKEZETÉNEK MODELLJE

A közlekedéstudomány alkalmazott tudományág; feladata a közlekedés és környezetének elemzése, kölcsönhatásaik feltárása a teljes közlekedési rendszer komplex módon történő tervezése a társadalmilag hatékony működés elérése érdekében [2]. A közlekedési rendszerek összetett, dinamikus, nyílt, sztochasztikus rendszerek, amelyek célja a közlekedési

igények magas színvonalú kiszolgálása az emberi tevékenységek és kapcsolatok térbeni és időbeni összekapcsolásával, az életminőség megőrzése, illetve javítása érdekében [3]. A *mobilitási* igényeket a népesség és a gazdasági struktúrából levezethető tevékenységek határozzák meg, amelyek térbeli jellemzői összefüggenek a területhasználattal [4]. Bár a közlekedési rendszer biztosítja az emberek és áruk szabad áramlásának feltételeit, de negatívan hat a környezetre és a közlekedési balesetekre, az energiafogyasztásra, a környezetterhelésre, a területfoglalás következtében. A fenntartható mobilitás tartós, kiegyensúlyozott viszonyt jelent a környezet, a társadalom, a gazdaság és a közlekedési rendszer között.

A rendszer elemei azok a személyek és eszközök, akik, illetve amelyek a rendszer céljának elérésében szerepet kapnak, és meghatározott tulajdonságokkal, funkcióval rendelkeznek [5]. A közlekedési részrendszerek csoportosítását az 1. ábrán foglaltuk össze.

A komplex rendszereknek általában több céljuk van, amelyek célrendszerbe illeszthetők. A rendszer környezete a működésre ható tényezők összessége. A körülhatárolás az elemzés céljától és mélységétől is függ. Mivel a közlekedési rendszer nyitott, ezért működését jelentősen befolyásolja a társadalmi, gazdasági, környezeti és településszerkezeti keretrendszer. A városi közlekedési alrendszer komplexitása a legnagyobb a résztvevő elemek nagy száma és a szűkös tér miatt. Ezért a közlekedési rendszer külső kapcsolatait a városi alrendszerekre vonatkozóan érdemes vizsgálni. A rendszer állapota azoknak a tulajdonságoknak a halmaza, amellyel a rendszer az adott időpontban rendelkezik. A rendszer funkciói az összetevők funkcióinál magasabb szintű is lehet, és minőségileg új tulajdonságai vannak.

Az egyre bonyolultabbá váló városi rendszerekben az egyes részrendszerek integrációja, a kölcsönhatások figyelembevétele a fenntarthatóságot szem előtt tartva egyre inkább szükséges. Az okos város (smart city) a rendszerek rendszereként (system of systems) értelmezhető. A részrendszerek más-más célhierarchiával működnek, miközben a teljes rendszer céljainak eléréséhez magasabb rendű koordináció szükséges. A legfontosabb szereplők: a város irányító szervezete (várostervezés, adminisztráció), a felhasználók (vállalkozások, városlakók) és az infrastruktúrát (pl. közlekedés, energia, kommunikáció, hulladékgazdálkodás, vízgazdálkodás) működtető szervezetek.

A részrendszerek közötti kölcsönhatások szemléltetésére jó példa az *okos mobilitás* (smart mobility), ami a legtöbb részrendszerrel kapcsolatban áll. Az együttműködés több jellegű lehet. Egyrészt például hasznosítja a más részrendszerekből származó erőforrásokat (pl. megújuló energiát előállító rendszer: járművek meghajtása vagy oktatási rendszer: a képzett munkaerő biztosítása). Másrészt az okos mo-

bilitás biztosítja az egyes részrendszerek működését (pl.: hulladékkezelő rendszer: szemétszállítás). A közlekedéssel kapcsolatban lévő legfontosabb városi alrendszerek a következők:

- közlekedési infrastruktúra,
- területfelhasználás,
- energiaellátó rendszerek,
- infokommunikációs rendszerek és szolgáltatások,
- közbiztonság,
- oktatás, nevelés,
- szociális ellátás és egészségügy.

3. A KÖZLEKEDÉSI RENDSZER MŰKÖDÉSÉNEK ÉS BEAVATKOZÁSI TERÜLETEINEK MODELLJE

A működési modell a rendszer folyamatait képezi le; gyakran illeszkedik a szerkezethez, hiszen a folyamatok az elemekhez, alrendszerekhez rendelhetők.

Személyközlekedés esetén működés közben a következő összetevők „áramlásai” irányíthatók a megfelelő hálózatokon:

- járművek és utazók a közlekedési hálózaton,
- energia az energiaellátó hálózaton,
- adatok az infokommunikációs hálózaton.

A hálózatok, mint egymáshoz illeszkedő síkok ábrázolhatók. A járművek, az utazók és az energia áramlása az alapfolyamat, míg az adatok áramlása az információkezelési folyamat része. Az információ egyrésztől leképezi az alrendszer működését, másrésztől befolyásolja az alrendszer működését.

A közlekedéstervezés és -üzemeltetés feladata az áramló elemeknek a térbeli-időbeli összerendezése. Mindeközben számos optimalizálási feladat definiálható az egyes hálózatokon és azok között, tekintettel arra, hogy a hálózatok és az elemek jellemzői időben is változnak. A fizikai áramlásokhoz értékáramlás is tartozik; az ezzel összefüggő pénzügyi folyamatok információkezelési folyamatoknak tekinthetők. Az utazók a közlekedési infrastruktúra

használatáért (az álló- és mozgóforgalomra vonatkozóan) és a nyújtott mobilitási szolgáltatásért fizetnek díjat.

A feladatok összetettségét fokozza, hogy az egyes hálózattípusok általában nem egységesek, hanem több alhálózattól tevődnek össze, amit eltérő érdekeltségű szervezetek működtetnek. A közlekedési rendszer egyes szereplőinek gyakran eltérő célkitűzéseik vannak, amiből az optimalizálási feladatoknál több célfüggvény is levezethető. Mindemellett az utazók sem tekinthetők homogén csoportnak, ezért nemcsak az utazói csoportokról, hanem az egyes személyek jellemzőiről, elvárásairól is szükséges adatokat gyűjteni.

Például, az elektromos járművek közterületi töltésekor a járművet, a parkolóhelyet, a töltőpontot és a vételezett energiamennyiséget rendeljük egymáshoz. Eközben a közlekedési igény, a személyes elvárások, a közlekedési hálózat és az energiahálózat kapacitása, mint legfontosabb változók és paraméterek veendő figyelembe (pl. egy multimodális utazástervező alkalmazásban).

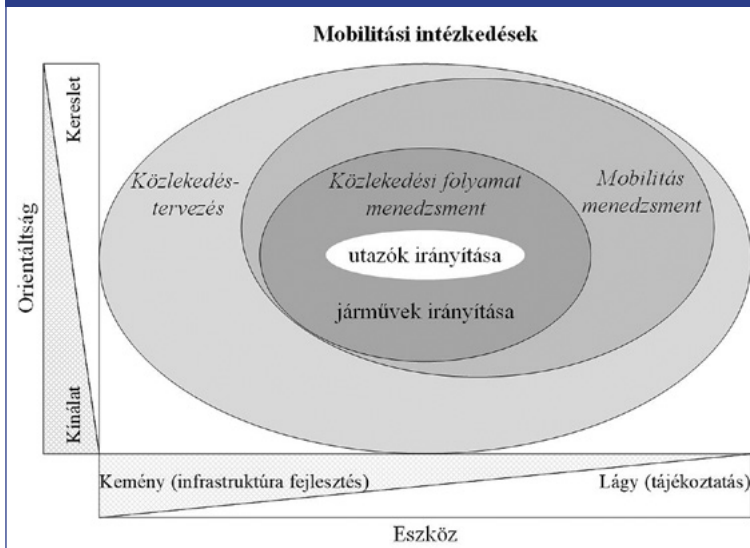
Az utazói viselkedésre és döntésre (különösen módválasztásra) számos, a különböző

időhorizontú (rövid-, közép- és hosszútávú) a döntéseket befolyásoló szempont, a nyújtott és használt információs szolgáltatás, valamint az árazás módja gyakorol hatást. A döntéseket az egyes közlekedési módok jellemzői külön-külön és a teljes közlekedési rendszer jellemzői együttesen befolyásolják. A döntések eredménye: mikor, mivel, kivel, milyen útvonalon stb. utazunk.

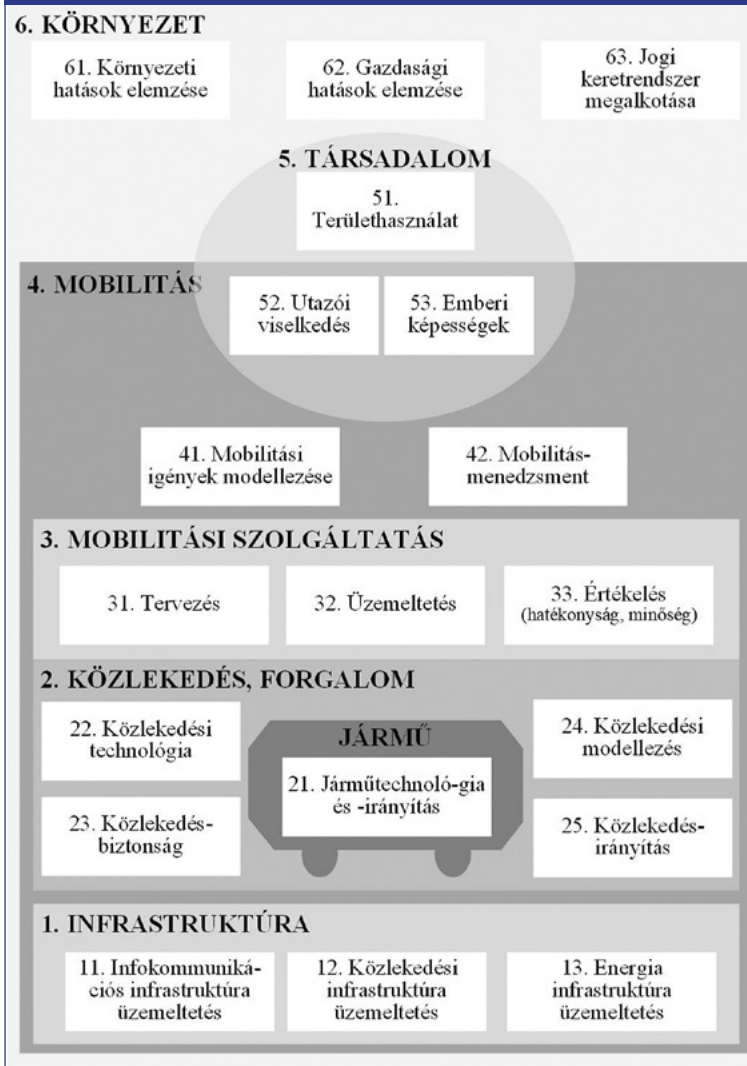
A legfontosabb közlekedésüzemeltetési feladatok: *közlekedéstervezés, mobilitásmenedzsment, közlekedési folyamatmenedzsment*. A közlekedéstervezés a hosszútávú döntéseket befolyásolja (pl. saját jármű vásárlás) és jelentős hatással van a környezetre és az erőforrások felhasználására. A mobilitásmenedzsment a középtávú döntéseket befolyásolja (pl. módválasztás). A közlekedési folyamatmenedzsment a rövidtávú és pillanatnyi döntésekre van hatással, vagyis ide tartozik a járművek és utazók mozgásának irányítása. Ezen feladatok kezeléséhez tartozó intézkedések eltérő mértékben tartalmaznak lágy (tájékoztatás) és kemény (infrastruktúra-fejlesztés) eszközöket, és eltérő arányban irányulnak a keresletre és a kínálatra (2. ábra). Az üzemeltetési feladatok eredményessége az utazói reakciótól nagymértékben függ [6], így azok

folyamatos gyűjtése és kiértékelése szükséges. A mobilitásmenedzsment elsősorban a döntésekre hat, ennek megfelelően az intézkedések keresletorientáltak és lágy eszközöket tartalmaznak. A közlekedési folyamatmenedzsment, aminek eleme az utazók irányítása, elsősorban a mozgásokat befolyásolja, jellemzően helyváltoztatás közben. Az intézkedések egyik szélsőség felé sem tolódnak el. A közlekedéstervezés van a legnagyobb hatással a hosszútávú erőforrás-felhasználásra,

2. ábra: A közlekedés üzemeltetési feladatok és a mobilitási stratégia elemek közötti összefüggések



3. ábra: A közlekedési rendszer beavatkozási területeinek modellje



(pl. indulási időpont jelzése) jellegű. A járművek irányítása többnyire a „szigorú” beavatkozási formák közé tartozik.

Az adatátviteli rendszerek teljesítőképességének fejlődése lehetővé teszi a közlekedési rendszerek „tehermentesítését”, hiszen számos tevékenység, amely korábban fizikai helyváltoztatást igényelt elvégezhető az infokommunikációs rendszereken keresztül (táv munka, távoktatás, ügyintézés stb.).

A személyközlekedési rendszerek legfontosabb jellemzői:

- hálózati (viszonylati) jellemzők, térbeli-idejeli rendelkezésre állás,
- hozzáférhetőség,
- átszállóhelyek, csomópontok jellemzői (pl. gyaloglási távolság, biztonság),
- járműjellemzők (pl. kényelem, biztonság),
- díjfizetési és ellenőrzési rendszer,
- mobilitási szolgáltatás rugalmassága.

valamint a közlekedés és annak környezetének a kapcsolatára. Az intézkedések között a szélsőségek is megtalálhatók.

Utazás közben, üzemeltetési célokra a személyenkénti információgyűjtés helyett elegendő a járműinformációk gyűjtése; különösen akkor, ha a be- és kiszállás regisztrált. Az információ hatása az utazókra lehet kötelező érvényű (szigorú – pl. jelzőlámpa jelzése), tanácsadó (megengedő – pl. útvonaltervezés), illetve tájékoztató

A beavatkozási területek rendszerszemléletű modelljét a 3. ábra mutatja be.

A közlekedési rendszer legtöbb eleme rendelkezik információkezelési képességekkel, és így a működési folyamatok szervezése és irányítása többszintű (pl. egyéni-lokális; közösségi-globális) optimalizálási feladatokként definiálható. Kihívást jelent az információk körének és megbízhatóságának a megválasztása, továbbá a feldolgozási folyamatoknak a

kidolgozása és azoknak szervezetekhez rendelése, valamint a jogi és pénzügyi keretrendszer megalkotása.

4. FEJLŐDÉSI TRENDEK A VÁROSI KÖZLEKEDÉSMENEDZSMENT-BEN

A közlekedési rendszer környezete, céljai, szerkezete (elemei és kapcsolatai), valamint működése folyamatosan változik. A fejlődést befolyásoló legfontosabb tényezők:

- technológia (jármű, pálya, infokommunikáció),
- közlekedési szokások,
- társadalmi és utazói elvárások,
- épített és természeti környezet,
- fenntarthatósági célkitűzések,
- gazdasági környezet, innovatív iparágak (pl. energetika, járműipar, digitális ipar),
- politikai és szabályozási környezet (energiapolitika, klímapolitika, területhasználat szabályozása) – pl. Jedlik Ányos Terv, Új Nemzeti Energiastratégia, törvény az *elektromobilitásról*.

A napjainkban megfigyelhető közlekedési átalakulás a következő kifejezésekkel jellemezhető: utazási láncok, integráció, klímabarát, digitalizálás, automatizálás, mesterséges intelligencia, kommunikációintenzív rendszerek [7].

Az elektromobilitás térnyerése fokozódik: a kötöttpályás eszközöket követően a személygépkocsik körében intenzív az elektromos meghajtás növekedése [8]. Továbbá számos mikromobilitási és nagyobb kapacitású közúti közforgalmú eszköz is elektromos meghajtásúvá válik. A városi közlekedésben várható az egyre nagyobb arányú elektromos meghajtású járművek alkalmazása, ami különböző ösztönzők és előírások bevezetésével fokozható (pl. taxi és autóbuszflotta járműcsere). Az elektromos jármű a villamosenergia-rendszer szempontjából egy mozgó energiatároló, amivel a terhelésingadozás mérsékelhető. A töltési terv optimalizálást támogató, a villamosenergia-hálózat és a jármű közötti kétirányú energiaáramot figyelembe vevő megoldások

(pl. [9], [10]) alkalmazásával az elektromos járművek nem csupán közlekedési eszközök, hanem a villamos hálózat aktív tagjainak tekinthetők.

Elsősorban nagyvárosi környezetben, a járműtulajdonlásról áthelyeződik a hangsúly az információs szolgáltatásba „ágyazott” személyre szabott, automatizált mobilitási szolgáltatásokra. Egyre népszerűbbek az ún. *átmeneti közlekedési módok*. Teret nyerne az új *megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatások*, amelyek a jármű és férőhely kihasználtságot fokozzák (pl. *autómegosztás, utazásmegosztás*). A férőhely-kihasználtság az utazásmegosztás, míg az időalap kihasználtság az autómegosztás szolgáltatással növelhető. Az elméleti maximális kapacitáskihasználás azt jelenti, hogy valamennyi jármű, a teljes időalapban maximális férőhely-kihasználtsággal közlekedik. Ez az „ideális” állapot a szervezés informatikai támogatásával közelíthető. A kapacitáskihasználás gyakorlati felső határa a közlekedési igények jellemzőitől és az utazók személyes jellemzőitől, elvárásaitól függenek, ezért a kihasználás növelését célzó intézkedések elsősorban erre a két tényezőre hatnak.

Az újszerű *fuvarmegosztás* (ride-sourcing) szolgáltatás fejlett fuvarszervezési információkezelésre épül; egy olyan szervezet működteti, amely nem végez szállítást. Ez a megoldás alapjaiban eltér a hagyományos személyközlekedési szolgáltatástól, azonban jól mutatja a személyközlekedés átalakulásának az irányát. Az autómegosztás és az utazásmegosztás egyidejű alkalmazásával a kapacitáskihasználás extenzív és intenzív módon egyszerre növelhető. Ez a megoldás jelentős fejlesztési potenciállal rendelkezik, különösen az önzetű közúti járművek elterjedése következtében.

Nagy kihívást jelent az individuális utazások erőforrás-hatékony lebonyolítása, amihez új járműkialakítási és utazásszervezési koncepciók jelennek meg. A közlekedési rendszerek összetevői egyre inkább rendelkeznek az adaptív és az öntanuló tulajdonságokkal. Az ember-gép rendszerekben az információkezelési műveletek egyre nagyobb arányban a gépek felé tolnak, mert a humán képességek korlá-

tozottak. Ugyanakkor egyre nagyobb figyelem irányul az utazó információkezelési és döntési folyamataira is.

Az új mobilitási szolgáltatások bevezetésével csökken a közlekedés erőforrás-felhasználása és a környezetterhelés; továbbá, a kedvezőbb idő- és térgazdálkodás következtében megtakarítások érhetők el egyéni és társadalmi vonatkozásban is.

Ezt a tendenciát erősíti az önvezető (autonóm) járművek elterjedése. A közlekedési kereslet kiszolgálásában fokozatosan nő a szerepe az új, jellemzően keresletalapú, infokommunikációs bázisú, mobil alkalmazáson keresztül előzetes rendeléssel igénybe vehető, megosztott, kis kapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatásnak. Ugyanakkor a közúti kapacitások korlátozott jellege miatt a közlekedési igények a megosztott és a ráhordó jellegű szolgáltatások, valamint a nagy kapacitású közforgalmú eszközök (pl. metró, villamos, autóbusz) együttes alkalmazásával szolgálhatók csak ki. Az önvezető járműveket alkalmazó közlekedési rendszer főbb jellemzői a következők:

- A járművezetői tevékenység csak az individuális közlekedési módok egy részénél, főleg a mikromobilitási módoknál marad meg.
- A tulajdonlás alapú gondolkodás helyett a szolgáltatás alapú gondolkodás lesz a meghatározó.
- A mobilitási szolgáltatói szerepkör felerősödik. A szolgáltatásba a magánszemélyek és a közlekedési társaságok járművei egyaránt bevonhatók. A mobilitási szolgáltató tevékenysége kiterjedhet a megosztott mikromobilitási módokra és a kerékpárkölcsonzésre is.
- A nagy kapacitású automatizált járművek várhatóan továbbra is a közlekedési társaságok tulajdonában és üzemeltetésében maradnak. A kis kapacitású járművek számos üzemeltetési modell szerint működtethetők.
- Integrált személyközlekedési rendszer jön létre.

A területfelhasználás is átalakul. Az autonóm járműalapú mobilitási szolgáltatásoknál az utazási idő hasznosabban és/vagy kellemesebben tölthető el, így a nagyobb távolságú napi ingázások a településszerkezet átalakulását is előidézik [11]. A megosztott használat miatt a jelenleginél lényegesen kevesebb járművel kiszolgálhatók az individuális mobilitási igények [12]. Ezek a járművek több időt töltenek forgalomban. Ugyan az üres futás mértéke növekedhet (az átlagos járműkihasználtság akár romolhat is), de kevesebb parkolóhely, illetve garázs is elegendő lesz. Az időben megosztott funkciójú parkolólétesítményeknél például éjszaka, a helyi lakosok járművei parkolnak, nappal a hivatás, ügyintéző stb. forgalom, a városi logisztikai forgalom, az autonóm járművek be- és kiszállítási műveletei vagy az elektromos járművek töltési műveletei között lehet a szabad helyeket elosztani. Egészen újszerű eljárásokat igényel a járműmegosztások logikájához hasonlóan a parkolóhely megosztás, amikor a saját parkolóhelyek szabad kapacitása kínálható fel rövid időtartamú városi parkolásra. A szabályozó információs szolgáltatások kiterjednek a változó díjtételekre és a jogosultságok kezelésére is.

A kis méretű, tisztán elektromos autonóm járművek behajthatnak az épületekbe is (pl. bevásárlás esetén). Ezen járművek az épületek „térbeli kiterjesztéseiként” is értelmezhetők. Míg a liftek vertikálisan, addig az épületbe behajtó járművek horizontálisan kapcsolják össze a tevékenységi helyszíneket (pl. elszállítják az utasokat a legközelebbi közforgalmú közlekedési megállóhoz) [13], [14]. A közlekedési folyamat (forgalom) menedzsment funkció a mobilitásmenedzsment és (köz)területmenedzsment funkciók irányába bővül.

A jövőben nem csupán a tervezett és a tényleges jellemzők alapján történik a működtetés, hanem a rövidtávon előrejelzett jellemzők felhasználásával, így fokozva az utazói elégedettséget. Ez különösen a keresletvezérelt és keresletalapú szolgáltatásoknál szükséges, ahol a rövid kiállási idő (az igénybejelentés és a jármű érkezése közötti időtartam) a járműveknek a várható utazási igények valószínűsége szerinti, térbeli újraosztásával biztosítható.

Az autonóm járművek széles körű elterjedéséig, főként az átmeneti időszakban, számos megoldandó kérdéskör maradt. Például: autonóm járművek-humán járművezetők viselkedése, forgalmi jellemzők alakulása, jogi kérdések (bevezetés fokozatai, feltételei; pl. a legmagasabb automatizálási szint engedélyezése).

A következő felsorolásban összefoglaltuk a fejlődési trendeket a 3. ábra beavatkozási területeihez illeszkedve.

1. Infrastruktúra

11. fejlett mobilkommunikáció széles körű alkalmazása, nagy adatmennyiség (Big Data), kooperatív intelligens infrastruktúra használata (ideértve az e-mobilitást és az okos villamoshálózat (Smart Grid) rendszereket is),
12. a közlekedési infrastruktúra közös és többcélú használata személy- és áruszállítási feladatoknál, hozzáférhetőség javítása, előzetes utazói infrastruktúra („menetvonal”) foglalás (bookroad),
13. töltőinfrastruktúra kiépítése/bővítése, a megújuló forrásból lokálisan villamos energiát előállító energiaközösségek felkészítése az elektromos járművek hálózati integrálására, centralizált és decentralizált töltésszabályozás,

2. Közlekedés, forgalom

21. alternatív, környezetbarát meghajtású járművek (akkumulátoros, LNG, CNG, hidrogén), magas szinten automatizált, hálózatba kapcsolt, egymással kommunikáló járművek, mesterséges intelligencia alkalmazása,
22. kis méretű egyéni járművek terjedése, kevesebb parkolóhely, új közlekedés- és forgalomszervezési módszerek, az információáramlás többcélú felhasználása,
23. fokozódó biztonság és biztonságérzet (úgy is, hogy megmaradnak az ember által irányított eszközök is, például kerékpárok),
24. a forgalmi helyzetek többszemponú modellezése, elemzése, új modellezési technikák alkalmazása,
25. precízebb helymeghatározás, digitális térképek használata; a járművek mozgásával

kapcsolatos információ (úthasználat, közlekedés és közlekedők paraméterei) felhasználása, hálózati szintű keresletalapú forgalomirányítás,

3. Mobilitási szolgáltatás

31. közlekedési módok és szolgáltatások összekapcsolása, közlekedési szövetségek (integrált intézményrendszer és díjfizetési rendszer) alkalmazása, utazási láncok képzése intermodális csomópontok használatával, ráhordás a nagy kapacitású (kötőpályás) eszközökre; mikromobilitás, megosztott (jármű, férőhely) és keresletvezérelt mobilitási szolgáltatások, autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások fejlődése; a mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) és annak árufluvarozási megfellelője, a szállítás, mint szolgáltatás (DaaS) koncepciók térnyerése,
32. a szolgáltatás mennyiségi és minőségi jellemzőivel arányos, az aktuális kapacitásoktól és az utasok jellemzőitől függő díjak alkalmazása, módváltás elősegítése, összekapcsolt információs szolgáltatások fejlesztése,
33. magas szolgáltatási minőség biztosítása, utazói elégedettség fokozása,

4. Mobilitás

41. közlekedési szokások megváltozása és megváltoztatása (táv munka, távoktatás, távkonferencia stb.) szerinti igénymodellezés,
42. ösztönzők bevezetése a fenntartható közlekedési módok elősegítésére (pl. elektromos járművek vásárlása, ingyenes parkolás, töltőtelepítés), az egyéni gépjárműhasználat visszaszorítása, a megosztott mobilitási módok előnyben részesítése,

5. Társadalom

51. a közterületek többcélú, hatékony kihasználása,
52. az utazóra, mint felhasználóra fókuszáló fejlesztések (pl. kereslet-vezérelt szolgáltatások és személyre szabott információs szolgáltatások terjedése),

53. a humán összetevők tevékenységének mérséklésére, illetve azok kiváltására irányuló fejlesztések (automatizálás),

6. Környezet

61. környezetvédelmi stratégiák alkalmazása, zaj- és légszennyezés csökkentése,
62. a közlekedési alrendszer modellezésében a gazdasági szempontok erősödnek,
63. nemzetközi standardok kialakulása és követése; a stratégiai céloknak megfelelő adók, illetve, ösztönző szabályok bevezetése.

A jövő közlekedését a technológiai és a társadalmi fejlődés, továbbá a hatékonyság és a rugalmasság elérését célzó intézkedések együttesen befolyásolják.

5. BEAVATKOZÁSI CÉLOK ÉS MEGOLDÁSI LEHETŐSÉGEK A FENNTARTHATÓSÁG ÉRDEKÉBEN

A közlekedésfejlesztési célok a következők:

1. biztonság fokozása: forgalombiztonság, üzembiztonság, utasbiztonság javítása,
2. keresletingadozás csökkentése: csúcsigények időbeli „kisimítása”, igények térbeli befolyásolása (belső városi területek terhermentesítése),
3. utazási időfelhasználás csökkentése,
4. forgalmi zavarok enyhítése: rövid és kiszámítható eljutási idő garantálása,
5. hatékony erőforrás felhasználás: energiafelhasználás csökkentése, megújuló energiaforrások nagyobb arányú használata, térfoglalás csökkentése, közösségi és megosztott közlekedési módok előnyben részesítése, humán erőforrás szerepének csökkentése,
6. méltányos díjfizetés: teljesítménnyel (pl. megtett út), szolgáltatási minőséggel arányos díj,
7. környezetterhelés csökkentése: levegőtisztaság javítás, zajscsökkentés, zéró emisszió (lokálisan, globálisan),
8. előnyben részesítés: bizonyos járműkategóriáknál (pl. kevésbé környezetszennyező járművek) vagy járműfoglaltság függvényében,

9. kényelem fokozása: utazási kényelem és szolgáltatási színvonal javítása,
10. életminőség javítása: az életkörülmények, a városok és kisebb települések élhetőségének javítása,

A célok elérése érdekében a következő intézkedések és eszközrendszer alkalmazása javasolt (1. táblázat):

1. utazó

11. életvitel formálása: pl. lépcsőzetes munkakezdés, otthoni munkavégzés (a magán-szféra és a munkához köthető területek összemosisodnak),
12. szemléletformálás: az utazók módválasztásának befolyásolása, motiválás a fenntartható közlekedési módok választására,

2. infrastruktúra

21. gyalogos infrastruktúra fejlesztése: biztonságos és mindenki számára hozzáférhető közterületek létesítése,
22. kerékpáros infrastruktúra fejlesztése: úthálózat és a kapcsolódó infrastruktúra (pl. kerékpártárolók) kiépítése,
23. motorizált járművek mozgóforgalmi infrastruktúra fejlesztése,
24. parkolási infrastruktúra fejlesztése,
25. villamosenergia- és töltőhálózat: fejlesztés, publikus elektromos töltőhelyek kiépítése,
26. infokommunikációs rendszerek: ITS és C-ITS, kooperatív rendszerek,

3. infrastruktúra használat

31. forgalomtechnika: pl. forgalomcsillapítás,
32. parkolásszabályozás: térben, időben, díjjakkal,
33. dinamikus forgalomszabályozás: az infrastruktúra elemek használati szabályainak dinamikus változtatása (forgalomnagyság, környezetterhelés stb.) függvényében,
34. tömegközlekedési sávok dinamikus forgalomszabályozása: üzemirányítás és forgalomirányítás összekapcsolása,
35. összetett forgalomszabályozás: díjfizetés, járműfajták korlátozása, használat kor-

1. táblázat: A célok és az intézkedések közötti összefüggések

| | CÉLOK | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------------------|---------------------|----------------|---------------|----------------------|------------------------|-------------|-----------------|
| | 1. biztonság | 2. kereslet | 3. utazási időfelhasználás | 4. forgalmi zavarok | 5. erőforrások | 6. díjfizetés | 7. környezetterhelés | 8. előnyben részesítés | 9. kényelem | 10. életminőség |
| INTÉZKEDÉSEK | | | | | | | | | | |
| 11: életvitel | | 2 | 1 | 2 | 2 | | 1 | | 1 | 2 |
| 12: szemléletformálás | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 21: gyalogos infrastruktúra | 2 | | | | 1 | | 2 | | 1 | 2 |
| 22: kerékpáros infrastruktúra | 2 | 1 | 1 | | 1 | | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 23: mozgóforgalmi infrastruktúra | 2 | 1 | 2 | 2 | | | 1 | 2 | | 2 |
| 24: parkolási infrastruktúra | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 2 | 2 |
| 25: villamosenergia- és töltőhálózat | | 1 | | | 2 | | 2 | 2 | | 1 |
| 26: infokommunikációs rendszerek | | | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 31: forgalomtechnika | | 1 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 32: parkolásszabályozás | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 2 |
| 33: dinamikus forgalomszabályozás | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 34: buszávok | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 2 | | 2 |
| 35: összetett forgalomszabályozás | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 36: áruszállítás | 1 | 1 | | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 37: ellenőrzés | 2 | | | | | | | | | 1 |
| 41: közforgalmú közlekedés | | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | | 2 |
| 42: közösségi kerékpár | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 2 | | | 2 |
| 43: mikromobilitási módok | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | | 2 | | | 2 |
| 44: átmeneti közlekedési módok | | 1 | | 1 | 2 | | 2 | | | 2 |
| 45: közlekedési szolgáltatási piac | | 2 | | | 1 | 1 | | | 1 | |
| 46: szolgáltatási szövetségek | | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | | | 1 | 1 |
| 47: díjfizetési rendszer | | 2 | 1 | | 1 | 2 | | | 1 | 1 |
| 51: árképzés | | 2 | | 1 | | 2 | | | | |
| 52: adók | | 2 | | | | 2 | | | | |
| 53: finanszírozás | | 2 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | |
| 61: K+F+I | 2 | 1 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Jelmagyarázat:

1: kismértékben vagy áttételesen segíti elő a célok elérését 2: nagymértékben segíti elő a célok elérését

- látozása – és ezek kombinációi, előnyben részesítés,
36. áruszállítás: szabályozás (city logisztikai koncepció),
37. ellenőrzés: közlekedési szabályok betartásának fokozott ellenőrzése,
- 4. mobilitási szolgáltatás**
41. közforgalmú közlekedés: kapacitás, minőség és hozzáférhetőség fejlesztése,
42. közösségi kerékpár: rendszerek bővítése, fejlesztése,
43. mikromobilitási módok: támogatása, közösségi használat
44. átmeneti közlekedési módok: keresletvezérelt mobilitási szolgáltatástípusok alkalmazása,
45. közlekedési szolgáltatási piac: szabályozása, megnyitása,
46. szolgáltatási szövetségek (közlekedési szövetség, parkolási szövetség, MaaS, DaaS stb.),
47. díjfizetési rendszer,

5. gazdasági intézkedések

51. árképzés: mozgóforgalmi létesítmények; állóforgalmi létesítmények; mobilitási szolgáltatás; egyéb, kiegészítő szolgáltatás,
52. adók: üzemanyag, energia, jármű, szolgáltatási díj; illetékek,
53. finanszírozás: fenntarthatósági célú beruházások számára kedvező konstrukció biztosítása, pénzügyi támogatás környezetbarát technológiák alkalmazására, kis méretű járművek beszerzésére stb.

6. egyéb

61. K+F+I: innováció a technológia és szolgáltatások területén, K+F támogatása, egyetem, kutatóintézetek és piaci szereplők összekapcsolása.

A célok és az intézkedések között feltárt összefüggéseket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A cellákban az intézkedések jelentőségének „mértéke” látható egy-egy adott cél elérése érdekében.

A közúti közlekedési rendszerbe történő beavatkozások a hatások időbelisége, valamint térbeli kiterjedtsége és a terület (2. táblázat) alapján csoportosíthatók. Időbeliség alapján az alábbi beavatkozásokat különböztetjük meg:

- rövid távú: forgalomirányítási beavatkozások,
- közép távú: forgalomtechnikai beavatkozások,

- hosszú távú: infrastrukturális beavatkozások (pl. építkezés).

6. ÖSSZEFOGLALÓ

Rendszerszemléletben vázoltuk fel a jövő városi közlekedésfejlesztésének fontosabb trendjeit, bemutatva az elérendő célokat, megoldási lehetőségeket és azok kapcsolatrendszerét. Vizsgálatunk alapján a jövőben az elektromos meghajtású, önzetű járművek és a birtoklás helyett a megosztáson alapuló szemléletmód elterjedése fejt ki a legnagyobb hatást a városi közlekedési rendszerre. A célok elérése számos kutatási feladatot jelent a jövőre nézve. A közlekedési rendszer egyik legfontosabb szabályozóeszköze az árképzés, amellyel beállíthatók az erőforrások és felhasználók közötti egyensúlyi pontok az adott, dinamikus változó körülmények között. A jövőben a keresletszabályozás területén megnő a dinamikus árképzés jelentősége, amit az információs technológia fejlődése tesz lehetővé.

A rendszerértékelési és -fejlesztési feladatokat a belső és a külső kapcsolatrendszer ismeretében, a célokból levezetve lehet meghatározni. E tekintetben a globális, regionális és lokális megközelítésű és kihatású döntések (politikák) szabják meg a keretrendszert.

7. FOGALOMTÁR

integráció (integration): a rendszerek szerkezetének és működésének összekapcsolása. Horizontális integráció

2. táblázat: Az intézkedések jelentőségének „mértéke” az adott célok elérése érdekében

| | | TERÜLETEK | | |
|--------------|------------|---|--------------------------------------|--|
| | | Társadalom | Gazdaság | Környezet |
| KITERJEDTSÉG | Globális | fentartható társadalom globális szinten | világpiaci hatások | klimaváltozás mérséklése |
| | Regionális | élhetőbb város | nemzetgazdaságra gyakorolt hatások | nemzeti fenntarthatósági célok elérése |
| | Lokális | lokálisan élhetőbb környezet – kerület | lokális gazdaságra gyakorolt hatások | lokális zaj- és légszennyezés csökkenése |

esetén a feladatok között nincs hierarchikus függőség. Vertikális integráció esetében új, magasabb szintű, ún. átfogó funkciók valósulnak meg. Az integrációs feladatok logikai és fizikai szintekhez sorolhatók. A közlekedési integráció területei: informatikai, szervezeti, infrastruktúra, szolgáltatás, ágazatpolitikai integráció.

integrált személyközlekedési rendszer (integrated passenger transportation system): különböző személyközlekedési alágazatokhoz és módokhoz tartozó rendszerek szerkezetének és működésének összekapcsolása.

átmeneti közlekedési módok (transitional transportation modes): olyan újszerű, infokommunikációs bázisú közlekedési módok, amelyek tulajdonságait tekintve az egyéni gépjárműves és a nagy kapacitású, hagyományos közforgalmú közlekedés között helyezkednek el. Infokommunikációs rendszerre épülnek és a működés gyakran a megosztás elvén alapul. Ebbe a csoportba tartozik:

Rugalmas (keresletvezérelt) közforgalmú közlekedés (telebusz) (demand responsive public transportation): előzetes igénybejelentés után vehető igénybe, a közforgalmú közlekedéssel megegyező tarifával. Jellemzőn ritkán lakott területeken vagy olyan időszakokban, ahol az utazási igény alacsony és nem egyenletes eloszlású.

Autómegosztás, kerékpármegosztás (car-sharing, bike-sharing): közösségi szolgáltatások. Cél a járművek időbeli kapacitásának (időalapjának) jobb kihasználása; a kapacitáskihasználás extenzív növelése. A járműveket díj ellenében bárki igénybe veheti jellemzően rövidtávú, városi utazásokra, rövid időtartamra.

körzetbázisú (free-floating): egy kijelölt zónán belül bárhol felvehető

és leadható a járművek. A használat közben a zónát elhagyhatja a jármű.

állomásbázisú, körutazásos (station-based, round-trip): a járművek kijelölt állomásokon vehetők fel és adhatók le. A használat végén a felvételi pontra kell visszavinni a járművet.

állomásbázisú, egyirányú (station-based, one-way): a járművek kijelölt állomásokon vehetők fel és adhatók le. A használat végén tetszőleges állomásra visszavihető a jármű.

Utazásmegosztás (ride-sharing) (telekocsi, személyfuvarbörze): a tulajdonos vagy üzemeltető a jármű szabad férőhelyeinek megosztásával több felhasználóval egyidejűleg használja ugyanazt a járművet közös utazás során; általában az utazási költséget is szétosztják. Cél a járművek kapacitáskihasználásának intenzív növelése. Gyengén szabályozott, nonprofit közlekedési mód, jellemzően hosszabb távú utazásokra.

Fuvarmegosztás (ride-sourcing, ride-hailing): infokommunikációs alapú fuvarközvetítő szolgáltatás, jellemzően rövid utazási távolságra, városi környezetben. A taxihoz hasonló, azonban kevésbé szabályozott. Igényektől és kapacitásoktól függő változó díjtételeket alkalmaznak. Diszpécser nélküli, automatikus igény-kapacitás összerendelés jellemzi.

Taxi, megosztott taxi (taxi, shared taxi): erősen szabályozott, profitorientált közlekedési mód, rövidebb utazásokra, jellemzően városi környezetben. Háztól házig eljutást biztosít magas díjért. Megosztott használatnál a jármű szabad férőhelyein idegen utastársak utaznak.

Sofőrszolgálat: saját járműben utas-ként lehet utazni sofőr „bérlésével”.

elektromobilitás (electromobility): elektromos járművek használata; a járművek és a járműhasználatot támogató kiszolgáló infrastruktúra, valamint a kapcsolódó információs és kommunikációs technológiák együttese. Elektromos közúti járműkategóriák:

tisztán elektromos akkumulátoros jármű (BEV - Battery Electric Vehicle)

hálózatról tölthető hibrid elektromos jármű (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

növelt hatótávolságú elektromos jármű (REEV - Range-Extended Electric Vehicle)

közlekedés: személyek, áruk, hírek és információk továbbítása.

közlekedési folyamat (forgalom) menedzsment (traffic management): a mobilitásmenedzsmentnél „szűkebb” fogalom. A mobilitási igényekből az egyéni döntések hatására keletkező forgalmi folyamatokat befolyásolja az optimális levezetés érdekében, figyelembe véve az infrastruktúra kapacitáskorlátait és aktuális jellemzőit. Az utazókkal kapcsolatos információkezelési műveletek a helyváltoztatás közben, a közterületeken, az utasforgalmi létesítményeknél és a járműveken jellemzők.

megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatás (shared mobility service): olyan szolgáltatások, amelyek folyamatszervezési eljárásokkal növelik a járművek napi hasznos futásidejét és -teljesítményét, valamint a férőhely-kihasználását.

mikromobilitási mód: kis méretű, általában egy- vagy kétszemélyes (többnyire emberi, vagy egyre inkább elektromos meghajtású) járművek használata rö-

vidtávú utazásoknál (az utolsó kilométereknél). Például: roller, kerékpár, segway.

mobilitás: A mozgás képessége az emberi szükségletek (anyagi és szellemi javak, szolgáltatások) kielégítéséhez és a tevékenységek elvégzéséhez, biztonságosan és hatékonyan. Kiterjed a személyek, áruk, információk „mozgási” műveleteire, azaz a személyközlekedési, logisztikai és infokommunikációs folyamatokra.

mobilitásmenedzsment: a közlekedési igények kezelése magas szolgáltatási minőségre törekedve és az erőforrásokkal való hatékony gazdálkodás mellett. Eszköze: az utazók döntési szempontjainak megismerése és befolyásolása. Eredménye: a befolyásolás hatására megváltozó utazói szokások. Kiterjedhet a helyváltoztatási igények térbeli, időbeli és egyéb jellemzőihez megfelelő közlekedési mód kiválasztására vagy az utazási lánc megtervezésére, vagy tágabb megközelítés szerint a szükséglet kielégítéséhez tartozó helyszín és időpont megválasztására is. Utóbbi esetben az egyes helyszínek aktuális közlekedési elérhetősége, valamint az ottani anyagi, szellemi javak és szolgáltatások dinamikus jellemzői együttesen befolyásolják a választást. A felkeresendő objektumok (pl. szolgáltatóház) aktuális hasznossági értékei az objektumok kínálata, térbeli helyzete, a személyközlekedési kínálat és az utazó személyes jellemzői szerint határozhatók meg.

mobilitás, mint szolgáltatás (Mobility as a Service=MaaS): személyre szabott, integrált mobilitási és információs szolgáltatás, amely a közlekedési módok széles palettáját (egyéni és közösségi közlekedési módok) összekapcsolt formában kínálja az utazói elégedettség fokozása érdekében. A járműtulajdonlásról a járműhasználatra helyezi a hangsúlyt. Az utaskezelési

funkciók (pl. multimodális utazástervezés, navigáció, helyfoglalás, fizetés, utaskapcsolat, visszajelzések, panaszkezelés, kártérítés) jelentős része a teljes helyváltoztatásra vonatkozóan elvégezhető egy közös felületen (többnyire okostelefonon). Az utazók és a közlekedési szolgáltatók közötti MaaS operátor feladatkör lényege az igények és a kapacitások összerendezésének optimalizálása.

okos mobilitás (smart mobility): valós idejű adatok alapján működő közlekedési rendszer, az okos város (smart city) rendszer alrendszer. Ötvözi az emberi tudást, intelligenciát, döntési folyamatokat. Fejlett információs és kommunikációs technológiák kooperatív alkalmazása az infrastruktúrában, a járművekben és az utazóknál.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ENSZ (2018): World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. <https://population.un.org/wup/Download/>
- [2] Kövesné, Gilicze, É. (2017): A közlekedéstudomány helye, szerepe a hazai tudományos rendszerben. Közlekedéstudományi Szemle, LXVII (2): 7.
- [3] Kövesné, Gilicze, É., Debreczeni, G., Csiszár, Cs. (2015): Személyközlekedés. Felsőoktatási jegyzet.
- [4] Kövesné, Gilicze, É. (2007): A fenntartható felszíni közlekedés fejlesztésének rendszerkapcsolatai. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia, Budapest. 1-8.
- [5] Westsik, Gy. (1982): Közlekedési rendszertervezés. Tankönyvkiadó
- [6] Piet, R. (2011): The Economics of Information in Transport. A Handbook of Transport Economics (szerk. Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E., Vickerman, R.), Edward Elgar, Cheltenham, 586-603. ISBN: 978 1 84720 203 1
- [7] Flügge, Barbara (eds.) (2017): Smart Mobility – Connecting Everyone - Trends, Concepts and Best Practices-Springer Vieweg (2017) DOI: <https://doi.org/ggkpkw>
- [8] Rietmann, N., Hügler, B., Lieven, T. (2020): Forecasting the trajectory of electric vehicle sales and the consequences for worldwide CO2 emissions. Journal of Cleaner Production, 261: 121038. DOI: <https://doi.org/g4n6>
- [9] Alonso, M., Amaris, H., Germain, J. G., Galan, J. M. (2014): Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles in Smart Grids by Heuristic Algorithms. Energies, 7(4): 2449-2475. DOI: <https://doi.org/f54bf9>
- [10] Csonka, B. (2020): Centralized charging power distribution method for electric vehicles. 2020 Smart City Symposium Prague (SCSP). DOI: <https://doi.org/g4n7>
- [11] van Arem, B., Aki Ackerman, A., Chang, T., Riggs, W., Wegscheider, A., Smith, S., Rupprecht, S. (2019): Building Automation into Urban and Metropolitan Mobility Planning. Road Vehicle Automation 6. AVS 2019. Lecture Notes in Mobility. 123-136. (ed. Meyer, G., Beiker, S.). Springer, Cham DOI: <https://doi.org/g4n8>
- [12] Spieser, K., Ballantyne, K., Treleaven, K., Zhang, R., Frazzoli, E., Morton, D., Pavone, M. (2014): Toward a Systematic Approach to the Design and Evaluation of Automated Mobility-on-demand Systems: a Case Study in Singapore. Road Vehicle Automation. Lecture Notes in Mobility (ed. Meyer, G., Beiker, S.). Springer, Cham DOI: <https://doi.org/g4n9>
- [13] Lu, Z., Du, R., Dunham-Jones, R., Park, H., Crittenden, J. (2017): Data-Enabled Public Preferences Inform Integration of Autonomous Vehicles with Transit-Oriented Development in Atlanta. Cities, 63: 118-127. DOI: <https://doi.org/f9xr4f>
- [14] Cao, Z., Ceder, A. (2019): Autonomous Shuttle Bus Service Timetabling and Vehicle Scheduling Using Skip-stop Tactic. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 102: 370-395. DOI: <https://doi.org/g4pb>



Development directions of the urban passenger transport system

The transformation of the urban transport system is expected because of technology developments. In this paper, the structural and functional characteristics of the transport system are presented. We summarise the main expected differences between the current and future transport systems. Furthermore, we categorize measures according to aims, effects and policy areas. Our aim is to re-define the transport system and integrate it into a wider system considering social, economic, and environmental aspects.



Entwicklungsrichtungen des städtischen Personenverkehrssystems

Aufgrund der technologischen Entwicklungen es wird eine Umgestaltung des städtischen Verkehrssystems erwartet. In diesem Beitrag werden die strukturellen und funktionalen Eigenschaften des Verkehrssystems vorgestellt. Es werden die wichtigsten zu erwartenden Unterschiede zwischen den aktuellen und zukünftigen Verkehrssystemen zusammengefasst. Darüber hinaus kategorisieren wir die Maßnahmen nach Zielen, Wirkungen und Politikbereichen. Unser Ziel ist es, das Verkehrssystem neu zu definieren und in ein umfassenderes System unter Berücksichtigung sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte zu integrieren.

