



Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Útügyi lapok

# 11

*Cikk*

## A hálózati utazási idő megbízhatóságának modellezése az irányított járművek működését jellemző változók alapján

---

---

*Az utazási idő megbízhatósága az úthálózat hatékony teljesítmény értékelésének egyik fontos jellemzője, melyet a valós idejű forgalomirányítási információ jelentős mértékben javíthat. A hagyományos forgalomirányítástól eltérően az infokommunikációs eszközökkel összekapcsolt járművek irányítása a vezetők részére időszerűbb és pontosabb információt ad a forgalmi helyzetről, tovább javítva ezzel az úthálózat működésének hatékonyságát. Az irányított járműveket jellemző változók közül ötöt választottak ki magyarázó változóként, ezek a torlódási szint, a részvételi arány, az elfogadási arány, a kiadás késési idő és a követési arány. Az öt magyarázó változó segítségével egy utazási idő megbízhatóság modellt javasoltak,*

*mely a többváltozós logisztikus regresszió módszerét alkalmazva egy irányított jármű scenárió segítségével elemzi az előrebecslés pontosságát, valamint az irányított járművek működését jellemző változók hatását az utazási idő megbízhatóságára. A szimulációs eredmények szerint a négyzetes középhiba 80%-a a 0 és 0,0412 közötti tartományba esik. A jellemző változók korreláció elemzése azt mutatta, hogy a torlódási szint, a részvételi arány, az elfogadási arány és a kiadás késési idő hatása az utazási idő megbízhatóságára egyaránt szignifikáns. A részvételi arány és az elfogadási arány pozitív hatást gyakorol az utazási idő megbízhatóságára, és e változók növekedése átlagosan 77,03% illetve 73,20% átlagos javulást eredményezett, míg a torlódási szint és a kiadás késési idő az utazási idő megbízhatóságára negatív hatással bír, ahol a kiadás késési idő 0-ról 180 mp-re növekedése az utazási idő megbízhatóságát 31,21%-kal csökkentette.*

Modeling Travel Time Reliability of Road Network Considering Connected Vehicle Guidance Characteristics Indexes

Hindawi (Wiley) Journal of Advanced Transportation Volume 2017, Article ID 2415312

Copyright ©2017 Jiangfeng Wang et al. Ez egy nyílt hozzáférésű cikk a Creative Commons Attribution License szerint, amely korlátozás nélküli felhasználást, terjesztést és reprodukálást engedélyez bármely közegben, feltéve, hogy az eredeti műre korrekt módon hivatkoznak.

Fordította dr. Gulyás András.

## 1. Bevezetés

Az utazási idő megbízhatósága (travel time reliability, TTR) fontos szempont a napi utazások során, amelyet több tényező befolyásol, így például a balesetek, az időjárás és a forgalmi torlódások. A forgalomban résztvevő járművek irányítását segítő információ jobb útvonal tervezést tesz lehetővé, ezáltal javítja az utazás hatékonyságát és az utazási idő megbízhatóságát. A hagyományosnak tekinthető változó jelzésekű táblákkal összehasonlítva az infokommunikációs eszközökkel összekapcsolt járművek (connected vehicle, CV) irányítása lehetővé teszi a forgalmi információ valós idejű továbbítását a járművek közötti (vehicle-to-vehicle, V2V) valamint a jármű és az út infrastruktúra közötti (vehicle-to-infrastructure, V2I) adatátvitellel. A forgalomirányítási információ ilyen módon időben rendelkezésre állhat és hatékonyan elősegítheti az eredményes irányítást [1-3].

Az utazási idő megbízhatóságára és az összekapcsolt járművek irányítására vonatkozó korábbi tanulmányok főként a hagyományos tényezők hatására fókuszáltak, mint például az időjárás [4-8] és az összekapcsolt járművek irányításának hatása az utazási időre, az üzemanyag fogyasztásra és az átlagos késedelemre [9-12]. Kevés tanulmány foglalkozott az összekapcsolt járművek

irányításának az utazási idő megbízhatóságára gyakorolt hatásával az irányított járművek működését jellemző változók alapján. A jelenlegi kutatás eredményeként a cikk egy irányított jármű környezetben működő utazási idő megbízhatóság modellt ismertet többváltozós logisztikus regresszió (multilogistic regression, MLR) módszer alkalmazásával.

A javasolt utazási idő megbízhatóság modell validálása érdekében egy irányított jármű szimulációs scenáriót dolgoztak ki a javasolt modell előrebecslési pontosságának elemzésére valamint az irányított járművek működését jellemző változók és az utazási idő megbízhatósága közötti kölcsönhatások megállapítására az irányított jármű környezetben.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

Számos kutató végzett alapvető elemzéseket az úthálózati utazási idő megbízhatóságát illetően, és több meghatározást javasoltak az utazási idő megbízhatóságára. Asakura és Kashiwadani [4] elsőként vetette fel az úthálózaton jelentkező utazási igények és az utazási idő megbízhatósága kapcsolatát. Iida [13] egy valószínűség elméleti alapú meghatározást javasolt, mely szerint az utazási idő megbízhatósága annak valószínűsége, hogy az utazó egy meghatározott időn belül sikeresen eléri célját. Liu et al. [14] sztochasztikus úthálózatokon tanulmányozta az utazási idő megbízhatóságát a használói egyensúly eloszlási modellt alkalmazó közelítő algoritmussal. A használói egyensúly és a büntető használói egyensúly modellek alapján Wang et al. [15] egy bi-objektív használói egyensúly modellt javasolt az utazási idő megbízhatóságának elemzésre. A későbbiekben Pei és Gai [16] az utazási idő megbízhatóságát az úthálózaton Monte-Carlo szimulációs módszerrel vizsgálta. A korábbi munkákra alapozva több kutató javasolt különböző értékelő jellemzőket az utazási idő megbízhatóságának további elemzésére [17-20].

Szintén több tanulmány foglalkozott a szokatlan körülményeknek az úthálózati utazási idő megbízhatóságára gyakorolt hatásával, vizsgálva a forgalmi igényt, a kedvezőtlen időjárást és az út egyes jellemzőit [21-23]. Asakura [24] azt elemezte, hogy a forgalmi igények változása mennyire befolyásolja az utazási idő megbízhatóságát. Tavassoli Hojati et al. [5] a közúti balesetek hatását modellezte és elemezte az utazási idő megbízhatósága vonatkozásában. Számos kutatás témája volt az utazási idő megbízhatóságának változása az egyik legfontosabb befolyásoló tényező, a kedvezőtlen időjárás hatására. Leng [6] havas és jeges városi úthálózatokon vizsgálta az utazási idő megbízhatóságát, elemezve a forgalmi jellemzőket ilyen körülmények között. Wu et al. és Wang et al. [7, 8] a ködös és esős helyzeteket tanulmányozta a gyorsforgalmi úthálózaton, és értékelő tényezőket javasolt. Mindezek az eredmények azt mutatják, hogy a forgalmi igények, a rossz időjárás és a balesetek egyaránt jelentős hatást gyakorolnak az utazási idő megbízhatóságára. Mindazonáltal kevesebb kutatás foglalkozott az irányított

járműveket jellemző változók és az utazási idő megbízhatóságának összefüggéseivel.

A hagyományos forgalomirányítással összevetve az infokommunikációs eszközökkel összekapcsolt járművek irányítása lehetővé teszi a forgalmi információ valós idejű megosztását a járművek közötti valamint a jármű és az út infrastruktúra közötti kommunikációban, melyek hatékony eszközök az irányítás hatásának javítására az úthálózaton. Lee and Park [9] baleseti helyzetek szimulációjával elemezte az irányítás teljesítményét, eredményeik szerint az irányított járművek részvételi aránya jelentős befolyással bír az irányítás hatására. Yang et al. [25] kimutatta, hogy a teljes utazási idő, az átlagos utazási idő és az átlagos járműkésés egy irányított járműves környezetben lényegesen kisebb, mint hagyományos forgalmi körülmények esetén. Noori and Valkama [26] szintén azt találta, hogy egy irányított járműves technológián alapuló dinamikus útválasztási és irányítási stratégia az utazási időt 52%-kal, az üzemanyag fogyasztást 48%-kal csökkentheti. Nie [27] a járművek közötti kommunikáció hatását vizsgálta a forgalmi folyamatban, eredményei szerint a járművek közötti kommunikáció csökkentheti az átlagos utazási időt. Végezetül Paikari et al. [28] a követési arány hatását elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a járművek közötti kommunikáció nem csak az irányítási eszközzel felszerelt járművek utazási idejét mérsékelheti, hanem az ilyen eszközzel nem rendelkező járműveket is.

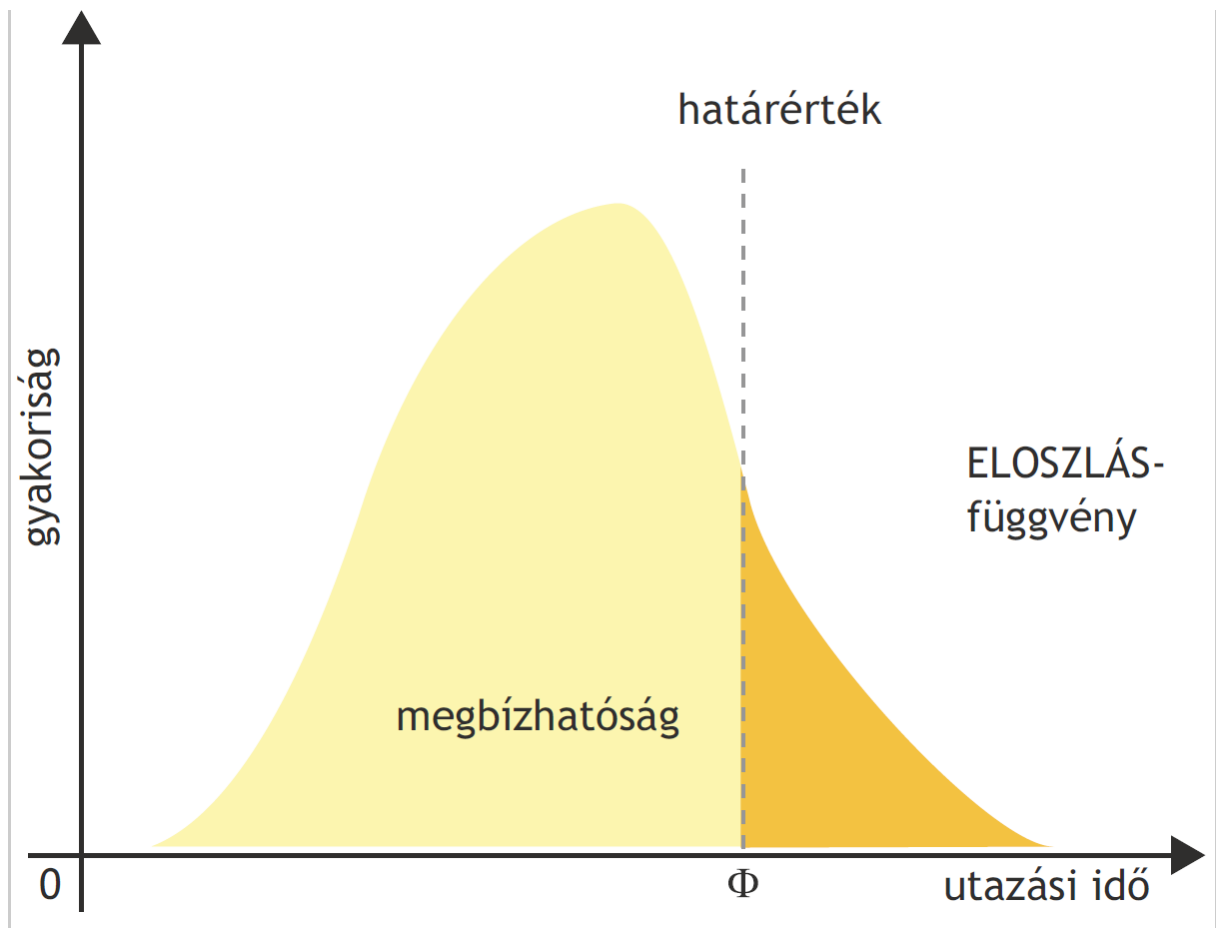
Általánosságban elmondható, hogy az irányított járműveket jellemző változók, mint a részvételi arány és a követési arány egy irányított járműves környezetben jelentős hatást gyakorolnak az úthálózati utazási idő megbízhatóságára [29, 30]. Rendkívül lényeges az irányított járműveket jellemző változók megfelelő megválasztása, és ezeknek a jellemző változóknak a vizsgálatával az úthálózati utazási idő megbízhatóságára gyakorolt hatás kimutatása.

### 3. Módszertan

#### 3.1. Az utazási idő megbízhatóságának meghatározása

A hozzáférhető kutatások alapján az utazási idő megbízhatóságának definíciója az a valószínűség, amely szerint az utazó egy – a jelen tanulmányban meghatározott – időn belül sikeresen teljesíti az utazását, amint azt az 1. ábra mutatja.





1. ábra

Az utazási idő megbízhatóság meghatározása.

A meghatározásnak megfelelő utazási idő megbízhatóság képlet:

$$R(t) = P_r \cdot \{t_i \leq \Phi\} \quad (1)$$

(1)

ahol  $\Phi$  az utazási időhatár (mp), amely a szolgáltatási szinthez kapcsolódik. Az utazási időhatár  $\Phi$  számítása:

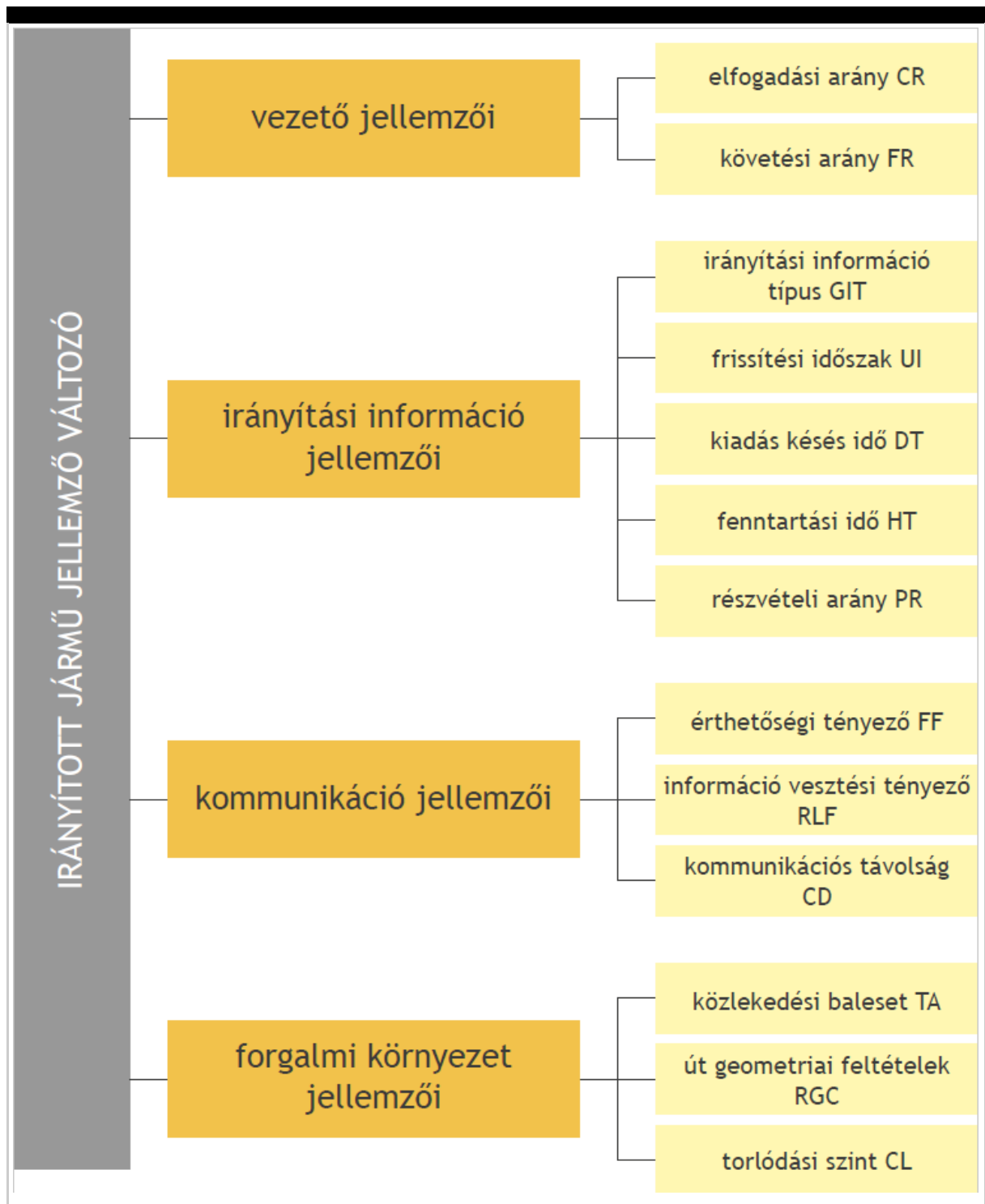
$$\Phi = t_a \times l_a \quad (2)$$

(2)

ahol  $t_a$  az utazási idő az a egység távolságon (mp), amelynek értékeit a HCM (Highway Capacity Manual, az USA-ban kiadott közúti kapacitási kézikönyv) tartalmazza,  $l_a$  az  $a$  útvonal hossza (km).

### 3.2. Az irányított járműveket jellemző változók

Az említett referenciák alapján az irányított járműveket jellemző változók hatással lesznek az úthálózati utazási idő megbízhatóságára egy irányított járműves környezetben. A jellemző változók hatásainak értékeléséhez először fel kell venni a jellemző változók rendszerét a 2. ábrának megfelelően.

**2. ábra**

*Az irányított járműveket jellemző változók rendszere.*

Ebben a cikkben a jellemző változók utazási idő megbízhatóságára gyakorolt hatásának elemzése érdekében a következő jellemző változókat választották ki: az elfogadási arány (compliance rate, CR), a követési arány (following rate, FR), a részvételi arány (penetration rate, PR) a kiadás késési idő (delay time, DT) és a torlódási szint (congestion level, CL).

Az elfogadási arány az útvonalajánlást elfogadó, irányítási eszközzel felszerelt járművek aránya az összes irányítási eszközzel felszerelt járműhöz viszonyítva. A

követési arány az irányítási eszköz nélküli, de az elől haladó irányított járművet követve az útvonalajánlást elfogadó járművek aránya az összes irányítási eszköz nélküli járműhez viszonyítva. A részvételi arány az irányítási eszközzel felszerelt járművek aránya az összes járműhez viszonyítva. A kiadás késési idő a forgalmi információ keletkezésétől annak a jármű általi fogadásáig eltelt idő. A torlódási szint az úthálózat forgalmi állapotának értékelésében fontos jellemző változó, amely mellett a cikkben a baleset által okozott torlódás időtartamát is használják alternatív változóként.

### 3.3. Utazási idő megbízhatóság modell

Egy úthálózat több útvonalból tevődik össze, ezért egy útvonalválasztó modellt kellett létrehozni az úthálózati utazási idő megbízhatóság modell tervezésekor. Az útvonalválasztó modell felállításához a többváltozós logisztikus regresszió módszert alkalmazták.

Tegyük fel, hogy az  $RS$  eredet-cél párok között  $k$  útvonal lehetséges az irányított járműves környezetben, ahol az említett ötféle, az irányított járműveket jellemző változót választották ki magyarázó változókként, az  $m$  útvonal a referencia útvonal, és az  $i$  útvonal hasznossági függvénye az  $m$  referencia útvonalhoz viszonyítva:

$$U_i^{RS} = \ln \left( \frac{P_i^{RS}}{p_m^{RS}} \right) = \beta_{i,0}^{RS} + \sum_{j=1}^5 \beta_{i,j}^{RS} \cdot x_j \quad (3)$$

(3)

ahol  $U_i^{RS}$  az  $i$  útvonal választásának hasznossága az  $m$  útvonalhoz képest,  $i \neq m, 1 \leq i \leq k, P_i^{RS}$  és  $p_m^{RS}$  az  $i$  illetve az  $m$  útvonal választásának valószínűségei,  $\beta_{i,0}^{RS}$  az  $i$  útvonal választása hasznossági függvényének állandója,  $x_j$  az irányított járműveket jellemző  $j$  – edik változó,  $\beta_{i,j}^{RS}$  pedig az  $x_j$  együtthatója az  $i$  útvonal esetén.

Legyen  $y = \sum_{i=1}^{k-1} \exp(U_i^{RS}) = \sum_{i=1}^{k-1} (p_i^{RS}/p_m^{RS})$ , ekkor az  $i$  útvonal választásának valószínűsége az  $RS$  eredet-cél párok között:

$$p_i^{RS} = \frac{e^{U_i^{RS}}}{1 + y} \quad (4)$$

(4)

Az  $RS$  eredet-cél párok között az utazási idő megbízhatósága a súlyozott módszerrel számítható, melynek képlete:

$$R^{RS} = \sum_i R_i^{RS} \cdot p_i^{RS} \quad (5)$$

(5)

Ahol  $R^{RS}$  az  $RS$  eredet-cél párok között az utazási idő megbízhatósága és  $R_i^{RS}$  az  $RS$  eredet-cél párok közötti  $i$  útvonalon az utazási idő megbízhatósága.

A teljes úthálózaton az utazási idő megbízhatósága az egyes eredet-cél párok közötti utazási idő megbízhatóságokon alapul, és az úthálózati utazási idő megbízhatóságának az úthálózat összes eredet-cél párja közötti utazási idő megbízhatóságok súlyozott átlaga tekinthető. Az úthálózati utazási idő megbízhatóság jelen cikkben megalkotott modellje irányított járműves környezetben a következő:

$$R_{CV} = \sum_R \sum_S \sum_i (R_i^{RS} x p_i^{RS}) \times \left( \frac{q^{RS}}{\sum_R \sum_S q^{RS}} \right) \quad (6)$$

$$= \sum_R \sum_S \sum_i \left( F_i^{RS}(\Phi_i^{RS}) \times \frac{e^{U_i^{RS}}}{1+y} \right) \times \left( \frac{q^{RS}}{\sum_R \sum_S q^{RS}} \right) \quad (7)$$

(6)

ahol  $R_{CV}$  az úthálózati utazási idő megbízhatóság,  $q^{RS}$  az  $RS$  eredet-cél párok közötti forgalom (egységjármű/óra),  $F_i^{RS}(\cdot)$  az  $RS$  eredet-cél párok közötti  $i$  útvonal utazási idő eloszlási függvénye és  $\Phi_i^{RS}$  az utazási időhatár az  $RS$  eredet-cél párok közötti  $i$  útvonalon.

## 4. Szimulációs scenárió

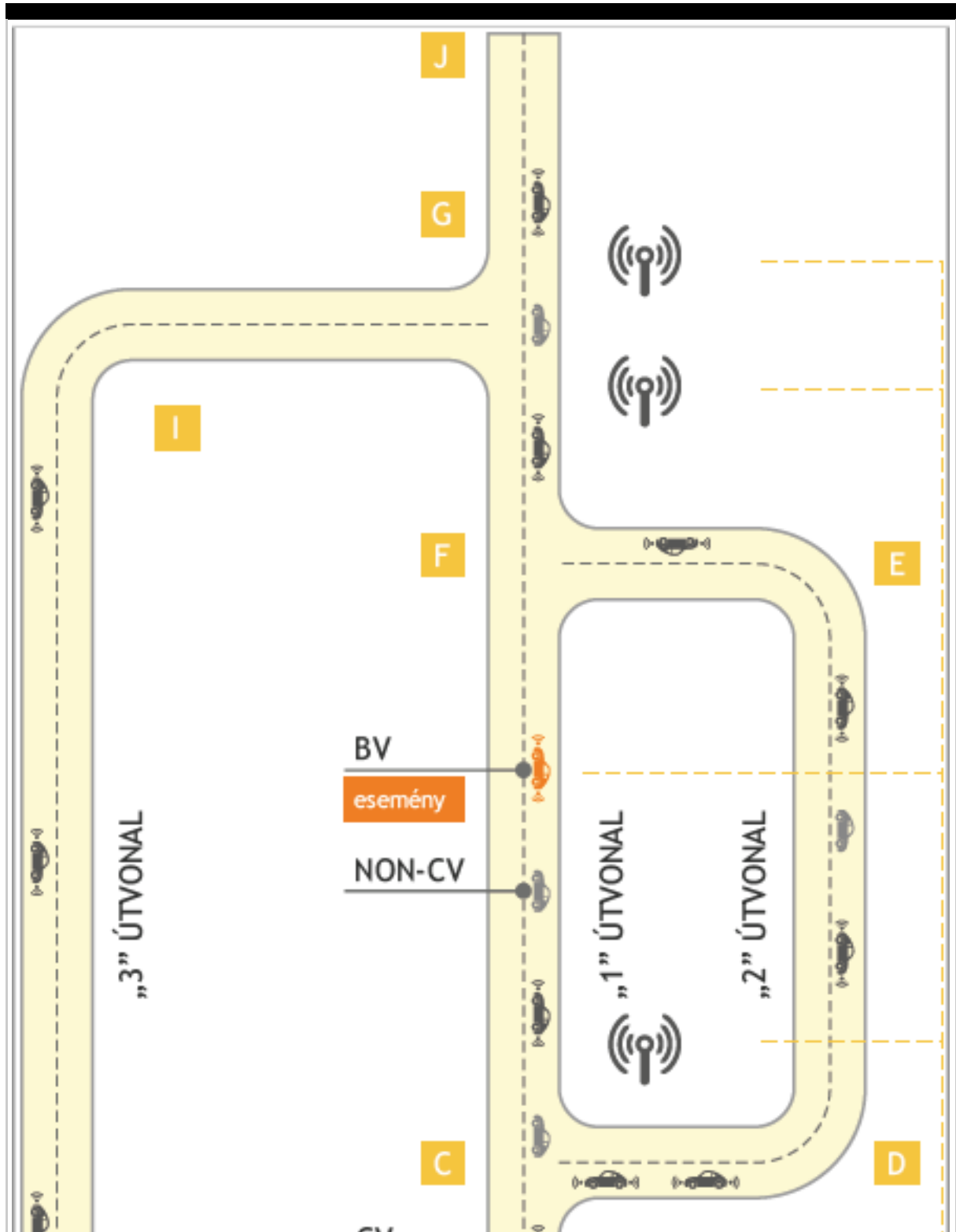
### 4.1. Kísérleti színhely

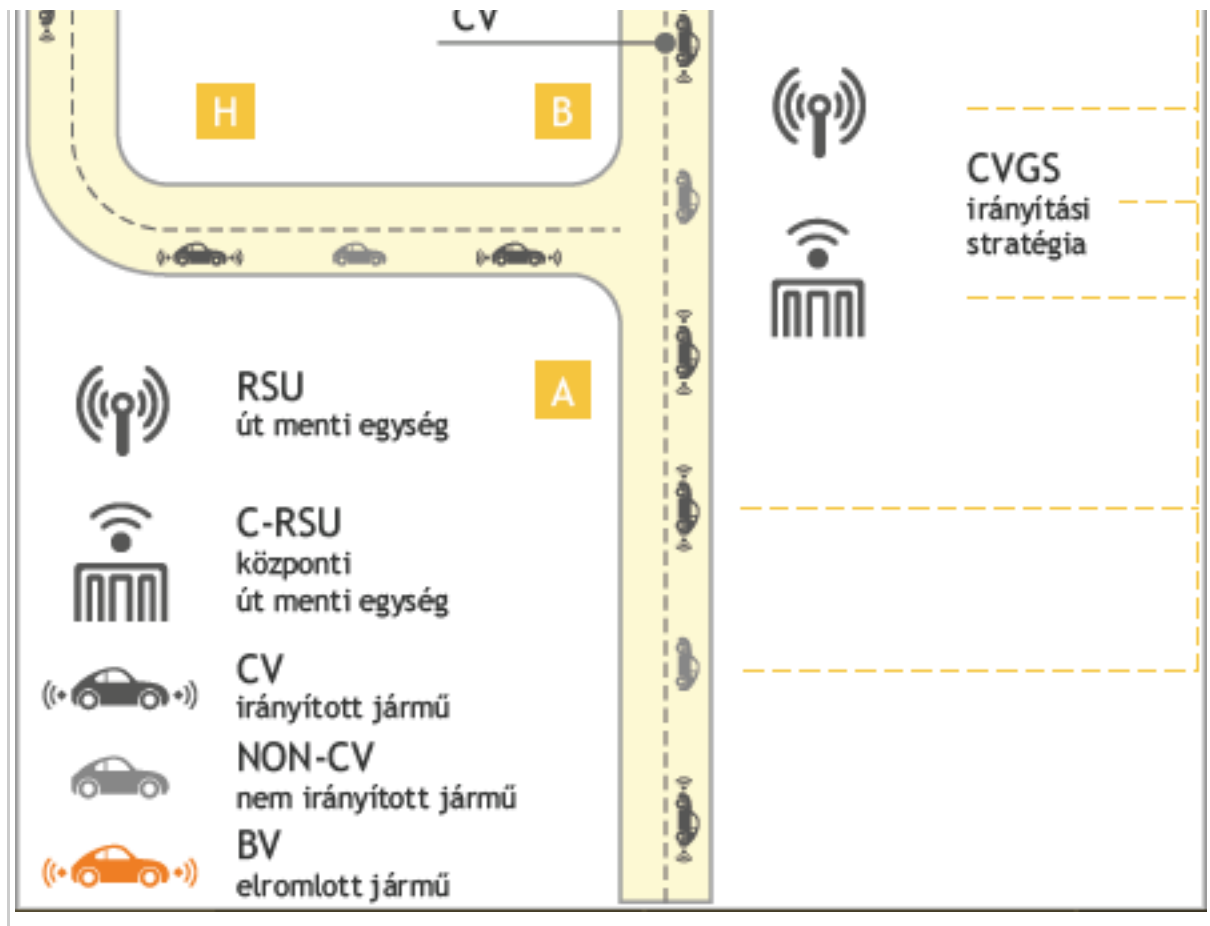
Az utazási idő megbízhatóság modell értékelése egy három útvonalat tartalmazó egyszerű úthálózaton történt, mint kísérleti színhelyen, mely a 3. ábrán látható. Az inicializálási szakaszban az úthálózaton irányítási eszközzel felszerelt járműveket és irányítási eszköz nélküli járműveket generálnak. Egy jármű-szervező egység szabályozza a járművek viselkedését a forgalomban, például a járműkövetést és a sávváltást, melynek programozását az EstiNet eszközzel végezték. Egy út menti egység (roadside unit, RSU) a csomópontokban gyűjti a belépő járművek számát, és azt valós időben továbbítja egy központi út menti egységnek (central-roadside unit, C-RSU). A központi út menti egység felelőssége a csomóponti forgalom nagyságok ismeretében a legrövidebb útvonal kiszámítása a Bureau of Public Roads (az USA Központi Ütügyi Hivatala) ellenállás függvényének alkalmazásával.

A forgalmi torlódás szimulációja érdekében egy elromlott jármű kerül az „1” útvonalra. A szimulációs szakaszban minden jármű, az irányítási eszközzel felszerelt és az irányítási eszköz nélküli járművek egyaránt a legrövidebb útvonalat választják a valós



idejű forgalmi információtól függően, melyet a járművek közötti valamint a jármű és az út infrastruktúra közötti kommunikáció közvetít. A szimuláció kezdetekor az elromlott jármű információt küld állapotáról a központi út menti egységnek. A központi út menti egység közben folyamatosan adja az irányítási információt az összes jármű számára. Az irányítási eszközzel felszerelt járművek az irányítási információ alapján választják a legrövidebb útvonalat, míg az irányítási eszköz nélküli járművek útvonalválasztása egyedi döntésükön alapul. Előfordulhat, hogy egy irányítási eszköz nélküli jármű az elől haladó járművet követve választja meg az útvonalát a követési aránytól függően.





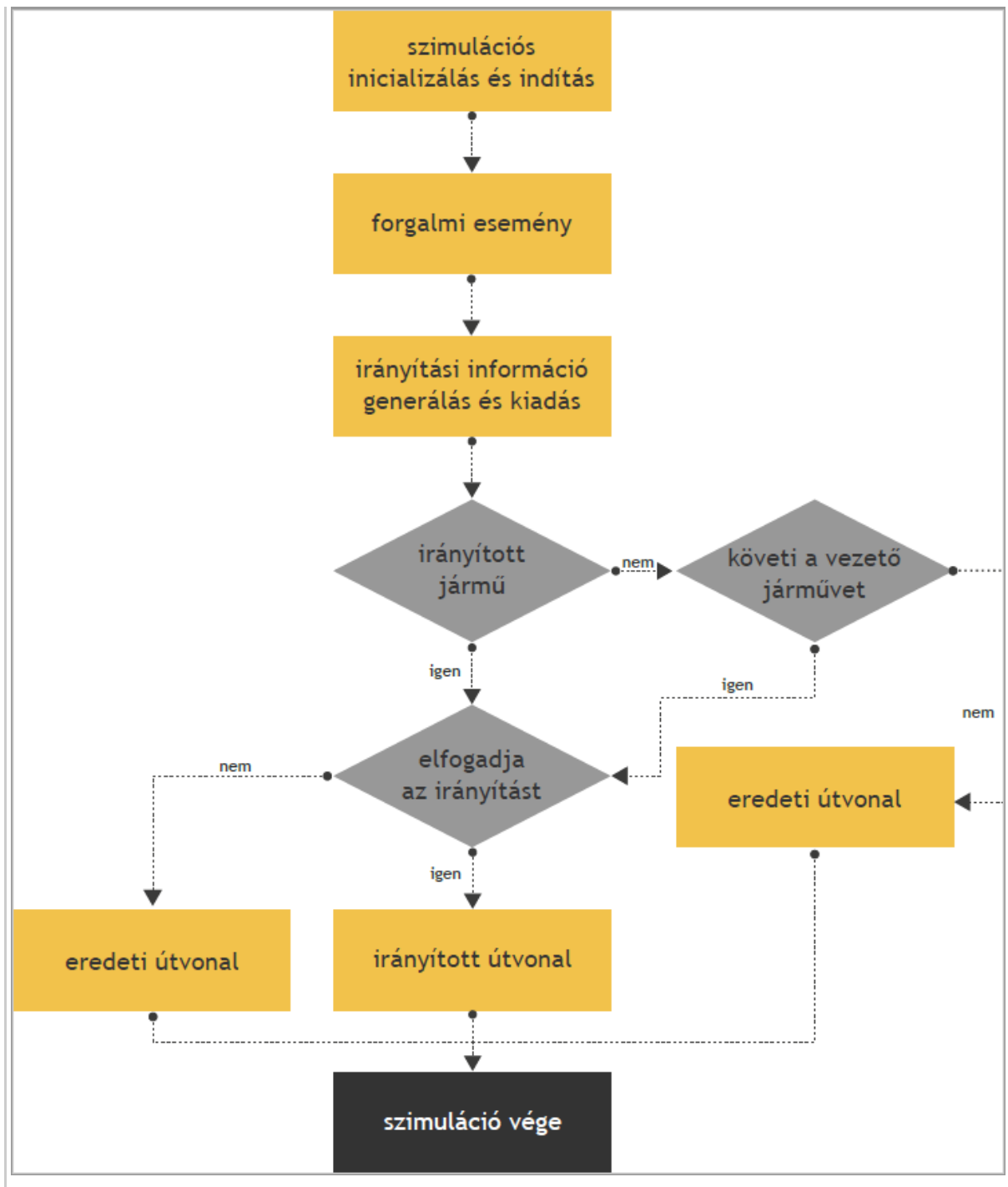
**3. ábra**  
Az úthálózat szerkezete.

A három útvonal fő jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

A javasolt irányított járműves környezet scenárióban egy irányítási stratégiát terveztek meg, melynek folyamatábráját a 4. ábra mutatja.

Útvonal száma	Útvonal csomópontok	Keresztezett csomópontok	Hossz	Sávok száma	Sáv szélesség
1	A-B-C-M-F-G-J	B, C, F, G	15.74 km	2	3.5 m
2	A-B-C-D-E-F-G-J	B, C, F, G	15.94 km	2	3.5 m
3	A-B-H-I-G-J	B, G	16.14 km	2	3.5 m

**1. táblázat**  
Paraméter beállítások.



4. ábra

A forgalomirányítási stratégia folyamatábrája.

A szimuláció elején minden jármű, az irányítási eszközzel felszerelt és az irányítási eszköz nélküli járművek egyaránt, a számára megfelelő legrövidebb útvonalon halad. Amikor az esemény bekövetkezik az „1” útvonalon, a központi út menti egység újraszámolja a legrövidebb útvonalakat a Bureau of Public Roads ellenállás függvényének alkalmazásával, és minden jármű részére elküldi az irányítási információt. Mind az irányítási eszköz nélküli, mind az irányítási eszközzel felszerelt járművek újratervezik az útvonalukat a jellemző változók, mint az elfogadási arány és a követési arány értékétől függően.

## 4.2. Kísérleti terv

A torlódási szint (CL), a részvételi arány (PR), az elfogadási arány (CR), a követési arány (FR) és a kiadás késési idő (DT) a kiválasztott befolyásoló változók a kísérleti tervezésben. Minden útvonalon az utazási időt a szimulációs folyamat határozza meg. Az irányított járművek jellemzői és az egyéb paraméter beállítások a 2. táblázatban találhatók.

Paraméter	Érték
Szimuláció ideje (mp)	1800
Legnagyobb sebesség (m/s)	18
Gyorsulás (m/s <sup>2</sup> )	-4~1
Torlódási szint CL (s)	300 / 500
Részvételi arány PR (%)	0 / 25 / 50 / 75 / 100
Elfogadási arány CR (%)	25 / 50 / 75 / 100
Követési arány FR (%)	0 / 10 / 20 / 30
Kiadás késési idő DT (mp)	0 / 120 / 180
Tesztjárművek száma	100
Antenna magasság (m)	1.5
Épületek átlagos magassága (m)	10
Épületek átlagos távolsága (m)	80
Kommunikációs protokoll	802.11p
Jelerősség csökkenés (dbm)	5
Frekvencia (GHz)	10
Kommunikációs távolság (m)	1000
Jel interferencia tartomány (m)	550

### 2. táblázat

*Irányított járműveket jellemző változók és paraméter beállítások.*

A különböző kísérleti scenáriók érdekében az irányított járműveket jellemző öt változó különböző értékeket kapott. Amikor a részvételi arány 0, akkor 24 scenárió lehetséges ( $2CL \times 1PR \times 4CR \times 1FR \times 3DT = 24$ ). A részvételi arány 0-tól eltérő értékeivel 288 lehetséges scenárió kapható ( $2CL \times 3PR \times 4CR \times 4FR \times 3DT = 288$ ). Minden lehetséges kísérleti scenárióra elvégezték a szimulációt, és ezek

közül 200 kísérleti scenárió adatait a modell kalibrálására használták fel. A fennmaradó 112 kísérleti scenáriót használták fel az útvonal előrebecslésre.

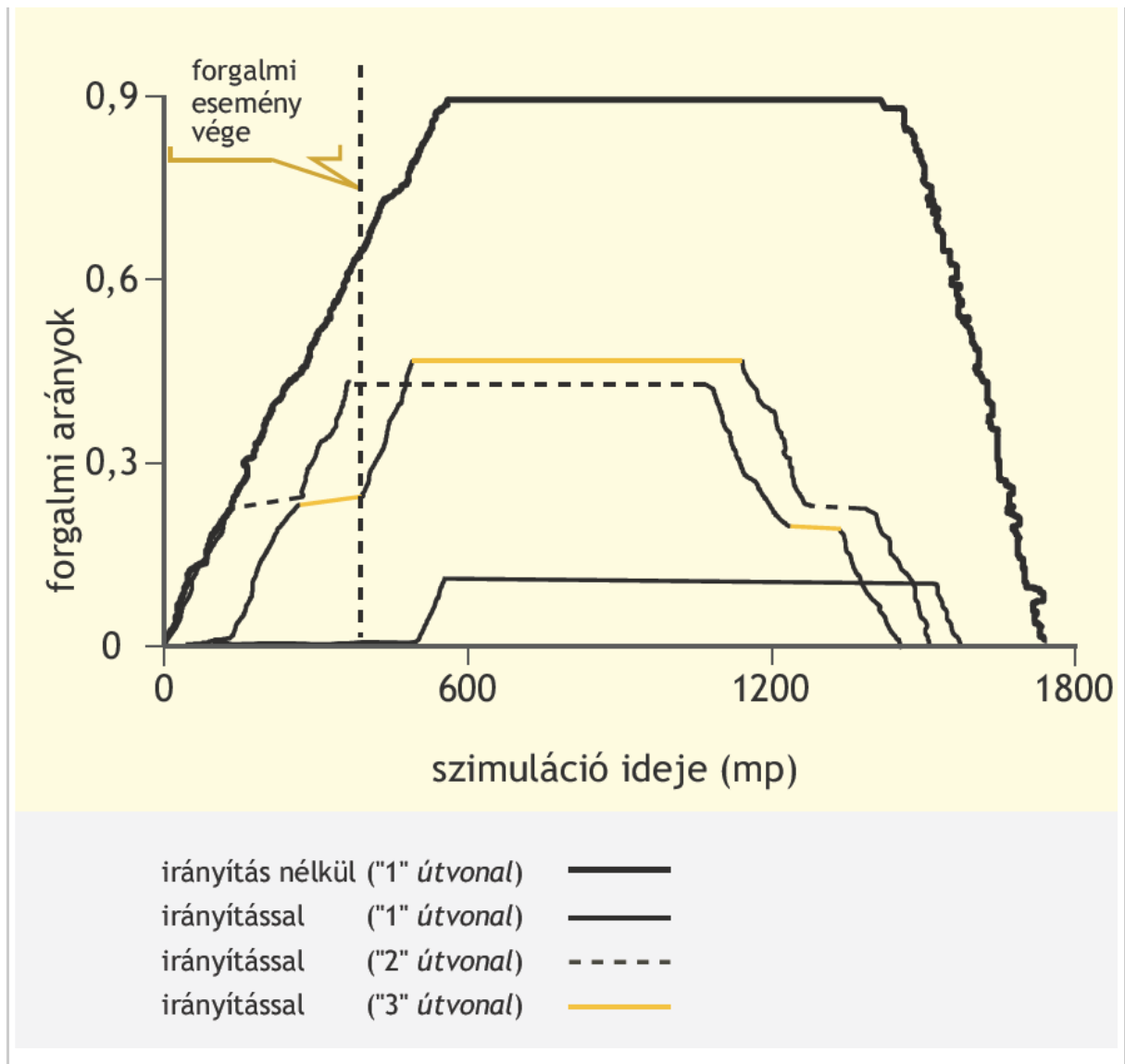
## 5. Az eredmények elemzése

### 5.1. Paraméter kalibrálás

A modell kalibrálása előtt megvizsgálták az irányítási stratégia hatékonyságát. Az irányított járműves környezet scenárió fogalmi jellemzői a következő értékeket kapták: CL = 500 mp, PR = 100%, CR = 100%, FR = 0 és DT = 120 mp. A forgalmi arányokat az egyes útvonalakon az 5. ábra szemlélteti.

Az 5. ábrán látható, hogy a járművek kezdetben a legrövidebb „1” útvonalat választják. Amikor egy elromlott jármű jelenik meg az „1” útvonalon, ott torlódás alakul ki, amely megnöveli az „1” útvonal ellenállását. A torlódási információ valós időben eljut az érkező járművekhez a járművek közötti valamint a jármű és az út infrastruktúra közötti kommunikáció által. A központi út menti egység újratervezi az útvonalakat a három útvonal ellenállásainak összevetésével, az irányítási információ figyelembe vételével. A járművek így a „2” vagy a „3” útvonalat fogják választani. A forgalomnagyságok megoszlása az irányított járműves környezetben a „2” és „3” útvonalakon fokozatosan kiegyensúlyozódik a két útvonal ellenállásainak megfelelően.





5. ábra

Az úthálózat forgalmi körülményei.

A kalibrációs mintákat felhasználva és referencia útvonalként a „3” útvonalat kiválasztva a kalibrált eredmények a következők:

$$U_1^{RS} = \ln \left( \frac{p_1^{RS}}{p_3^{RS}} \right) \quad (8)$$

$$= 7,600 - 0,002CL - 3,14PR - 3,491CR - 3,739FR + 0,003DT \quad (9)$$

$$U_2^{RS} = \ln \left( \frac{p_2^{RS}}{p_3^{RS}} \right) \quad (10)$$

$$= 4,089 - 0,002CL - 1,534PR - 1,483CR - 1,860FR + 0,001DT \quad (11)$$

(87)

Az útvonalválasztó modellnek megfelelően az egyes útvonalak választási valószínűsége a következő módon adható meg:

$$p_1^{RS} = \frac{e^{U_1^{RS}}}{1 + e^{U_1^{RS}} + e^{U_2^{FS}}} \quad (12)$$

$$p_2^{RS} = \frac{e^{U_2^{RS}}}{1 + e^{U_1^{RS}} + e^{U_2^{FS}}} \quad (13)$$

$$p_3^{RS} = \frac{1}{1 + e^{U_1^{RS}} + e^{U_2^{FS}}} \quad (14)$$

(8)

ahol  $p_1^{RS}$ ,  $p_2^{RS}$  és  $p_3^{RS}$  az „1”, a „2” és a „3” útvonal választásának valószínűsége a szimulációban.

A kalibrált útvonalválasztó modell alapján az egyes útvonalak választásának valószínűsége rendelkezésre áll, és a kísérleti adatoknak megfelelően az úthálózati utazási idő megbízhatóság meghatározható.

$$R_{CV} = \sum_{i=1}^3 R_i^{RS} \times p_i^{RS} \quad (15)$$

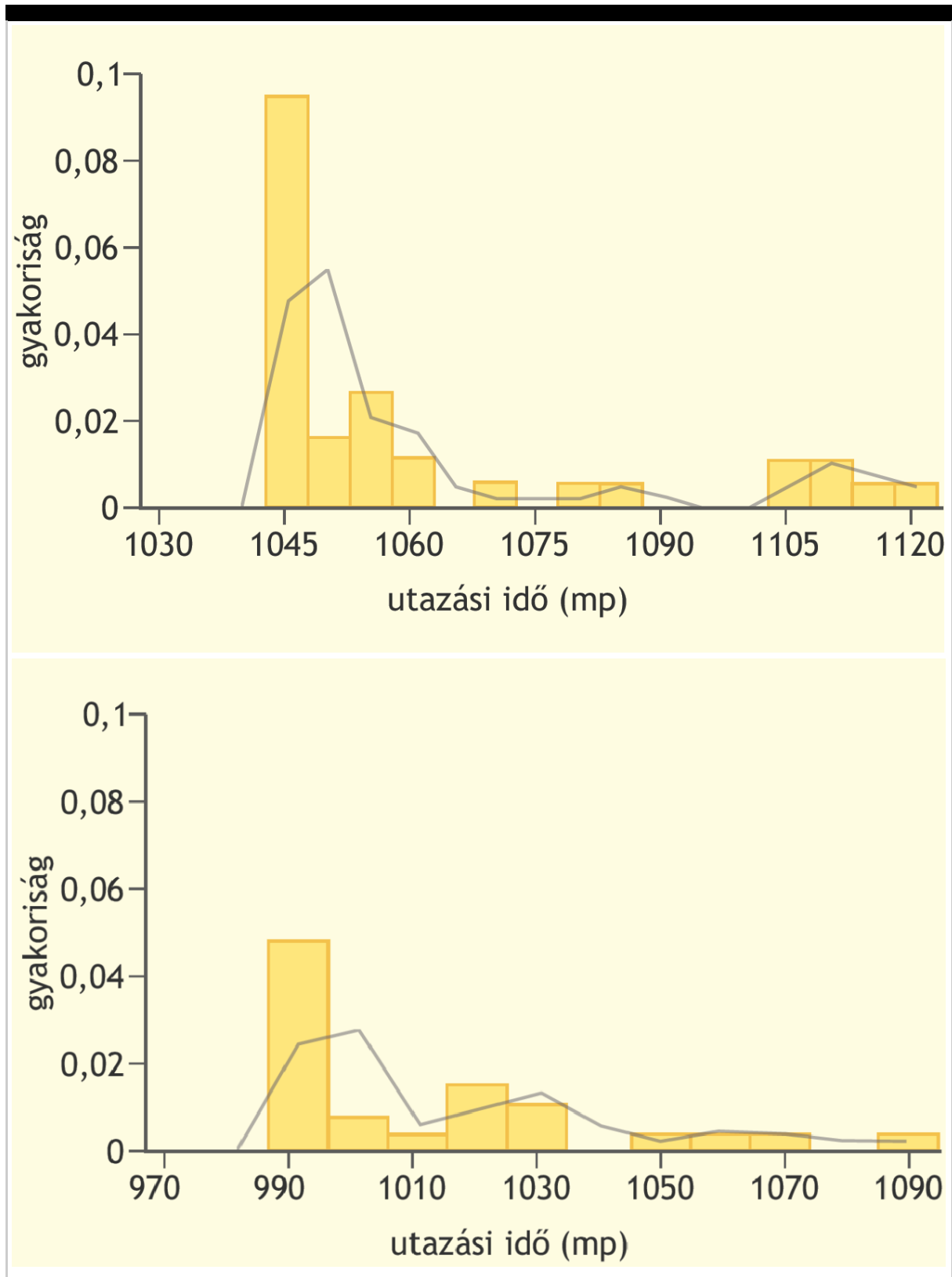
(9)

ahol  $R_{CV}$  az úthálózati utazási idő megbízhatóság előrebecsült értéke és  $R_i^{RS}$  az  $i$ -edik útvonal utazási idő megbízhatósága,  $i = 1, 2, 3$ .

## 5.2. Modell előrebecslési pontosság

Az úthálózati utazási idő megbízhatóság számításához először meg kell határozni az egyes útvonalakon az úthálózati utazási idő megbízhatóságát. Az (1) képlet segítségével az egyes útvonalak utazási idő megbízhatósága számítható az utazási idő eloszlás ismeretében. Ezért az egyes útvonalakon a járművek utazási idejének eloszlását elemezték a következő 6. ábra szerint.

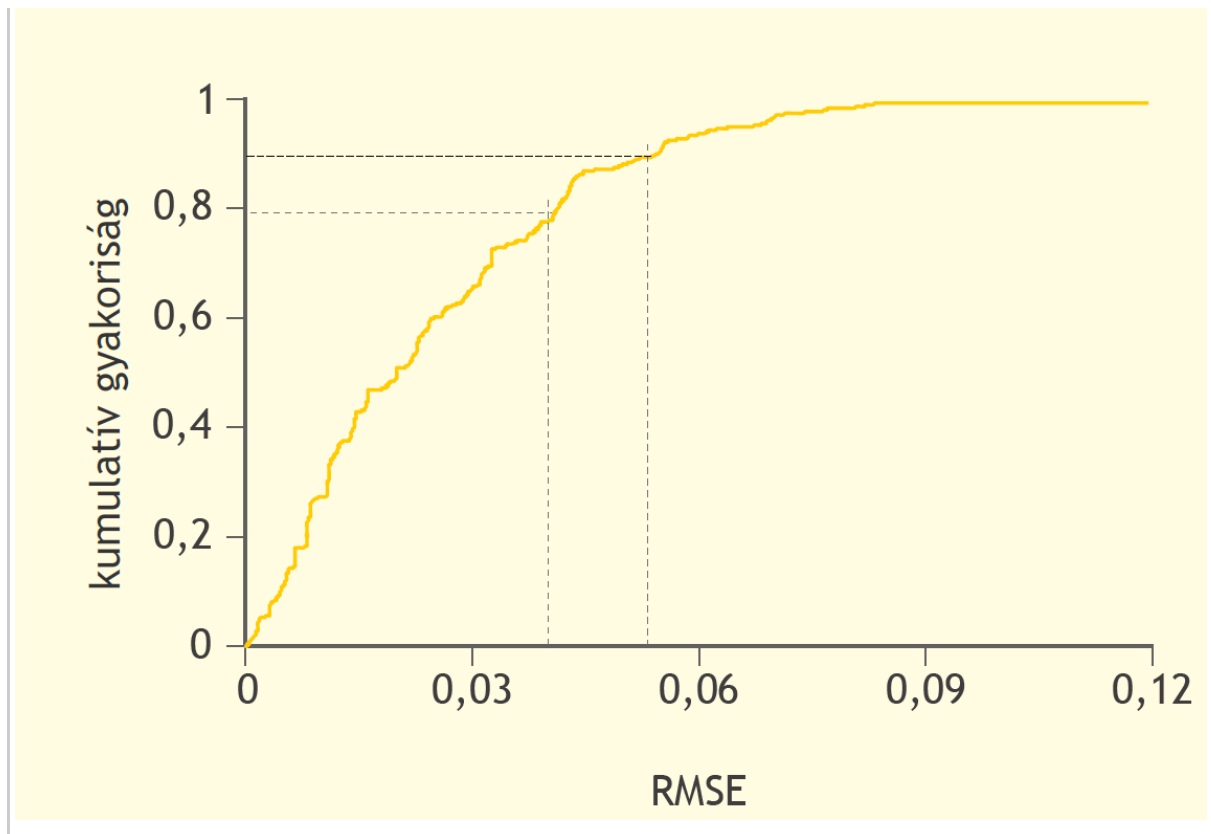
A 6 (a) és a 6 (b) ábrák mutatják a „2” és a „3” útvonalon a járművek utazási idejének eloszlását a szimuláció folyamán. Az egyes útvonalak utazási idő megbízhatósága az (1) és (2) képletekkel számítható, majd az úthálózati utazási idő megbízhatóság meghatározható a (8) és (9) képletek segítségével. Ezen a módon az utazási idő megbízhatóságának előrebecslési pontossága megállapítható.

**6. ábra**

A járművek utazási idő eloszlása. (a) "2" útvonal (b) "3" útvonal

A négyzetes középhiba (root mean square error, RMSE) kumulatív valószínűség eloszlási görbéje a 7. ábrán látható.





7. ábra

A négyzetes középhiba kumulatív valószínűség eloszlási görbéje.

Az eredmények szerint a négyzetes középhiba 80%-a a 0 és 0,0412 közötti tartományba esik. Levonható tehát az a következtetés, mely szerint a javasolt utazási idő megbízhatóság modell jó előrebecslő képességgel rendelkezik, és leírja az úthálózati utazási idő megbízhatóságot egy irányított járműves környezetben.

### 5.3. Az utazási idő megbízhatóság érzékenységvizsgálata.

A 312 kísérleti adatkészlet segítségével korreláció-elemzést végeztek, melynek eredményét a 3. táblázat tartalmazza.

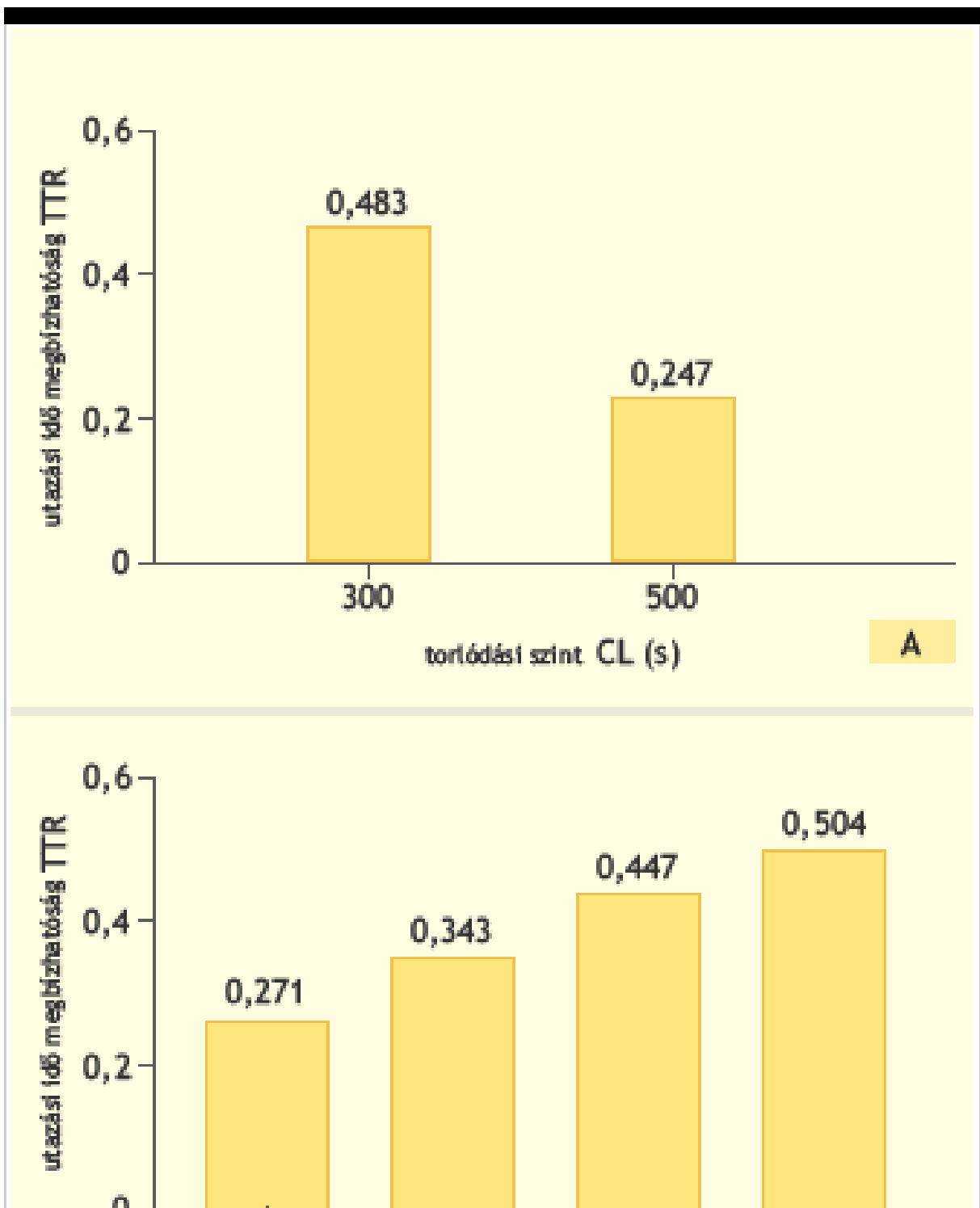
Tényező	Szabadság- fok	Szabadság- fok	Négyzetes átlag	Négyzetes átlag	$F$	Szignifikancia szint
	Csoportok között	Csoporton belül	Csoportok között	Csoporton belül		
CL	1	310	4.320	0.027	157.407	0.000
PR	3	308	0.669	0.035	19.029	0.000
CR	3	308	1.238	0.030	41.846	0.000
FR	3	308	0.117	0.041	2.879	0.036

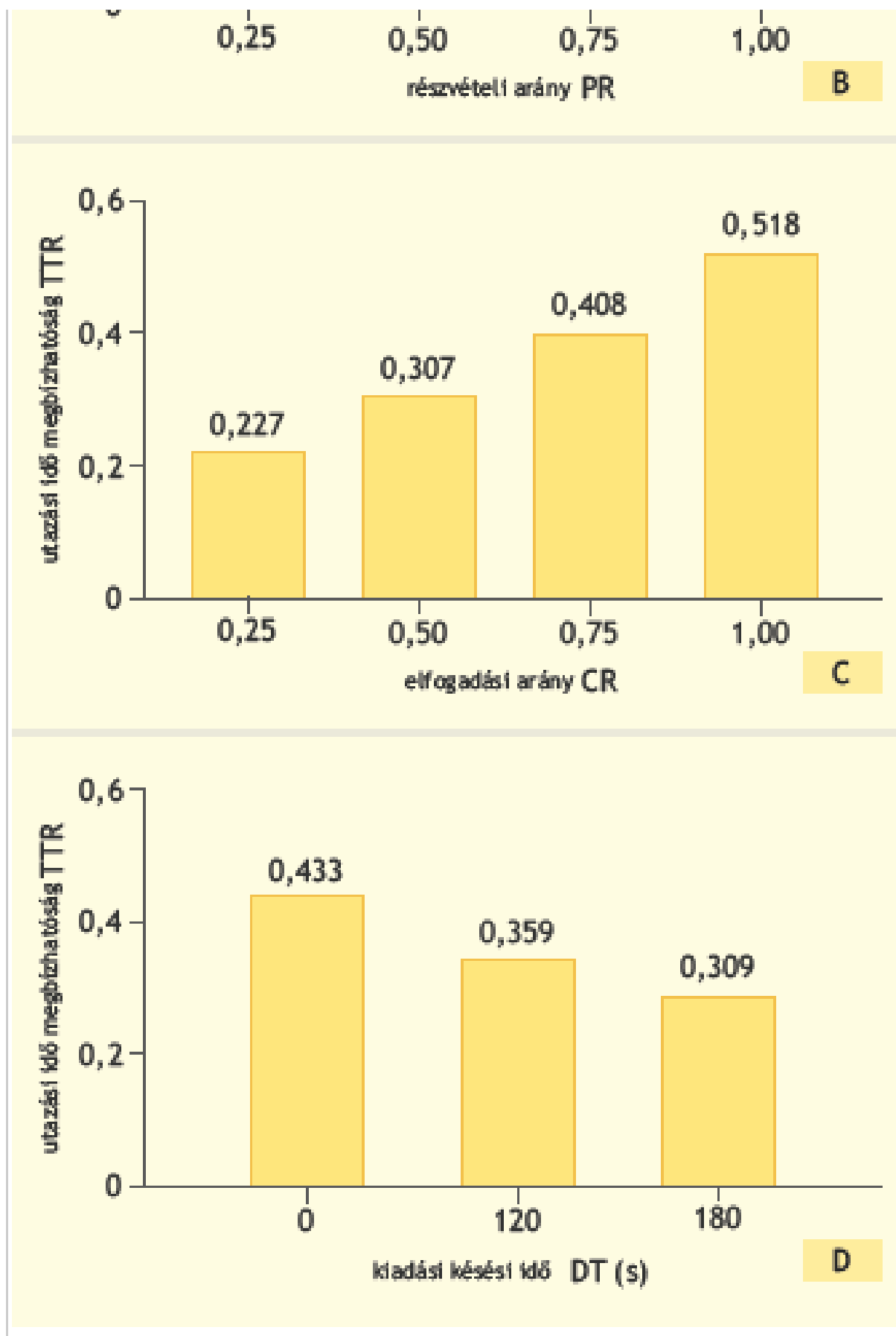
DT	2	309	0.449	0.039	11.638	0.000
----	---	-----	-------	-------	--------	-------

**3. táblázat**

A korreláció elemzés eredménye.

Amint az a 3. táblázatból látható, a torlódási szint (CL), a részvételi arány (PR), az elfogadási arány (CR) és a kiadás késési idő (DT) gyakorolt szignifikáns hatást az utazási idő megbízhatóságra 0,01 szignifikancia szinten. Az említett négy tényező utazási idő megbízhatóságra gyakorolt hatásának részleteit tisztázandó egy érzékenységvizsgálatot végeztek, melynek eredményét a 8. ábra szemlélteti.





8. ábra

A négy jellemző változó hatása az utazási idő megbízhatóságára (TTR).

A 8 (a) ábra bemutatja, hogy a magasabb torlódási szinthez alacsonyabb utazási idő megbízhatóság tartozik, ami megfelel az általános szemléletnek. Amikor a torlódási szint igen kedvezőtlen, az utazási idő megbízhatóság még irányított járművek esetén is csökken. A 8 (b) ábra szerint az utazási idő megbízhatóság növekszik, ha a részvételi arány emelkedik. Ennek oka az, hogy több jármű jut hozzá az irányítási információhoz, következésképp több jármű választja az alternatív útvonalakat. A részvételi arány 0-ról 100%-ra emelkedésével az utazási idő megbízhatósága 20,03%-tól 134,04%-ig terjedően javulhat az irányítási információ használata esetén. A 8 (c) ábrán látható, hogy az elfogadási arány utazási idő megbízhatóságra gyakorolt hatása hasonló a részvételi arányéhoz. Az utazási idő megbízhatóság fokozatosan növekszik, ahogyan az elfogadási arány egyre nagyobb lesz, de a növekedés trendje lassuló. Ennek oka az, hogy az elfogadási arány növekedésével egyre több jármű fogadja el az irányítási információt, melynek következtében egyre több jármű választja a kisebb ellenállású útvonalat. Amikor az elfogadási arány 25%-ról 100%-ra emelkedik, az utazási idő megbízhatósága 11,08%-tól 135,31%-ig terjedően javul. Végül a 8 (d) ábra alapján elmondható, hogy a kiadás késési idő növekedése az utazási idő megbízhatóság fokozatos csökkenését eredményezi. Ennek oka pedig az, hogy minél nagyobb az irányítási információ átadásban a késés, annál kevesebb jármű képes időben útvonalat változtatni, amely tény kihat az utazási idő megbízhatóságára.

## 6. Következtetések

A cikk egy irányított járműves környezetben működő utazási idő megbízhatóság modell fejlesztését mutatja be, elemelve a javasolt modell előrebecslési pontosságát, valamint a modell és az irányított járművek működését jellemző öt kiválasztott változó korrelációját. Az eredmények szerint a modell előrebecslési pontossága jó, és néhány, a hatásokra vonatkozó megállapítás összegezhető. (1) Az öt jellemző változó közül a torlódási szint, a részvételi arány, az elfogadási arány és a kiadás késési idő hatása az utazási idő megbízhatóságára egyaránt szignifikáns. (2) A részvételi arány és az elfogadási arány pozitív hatást gyakorol az utazási idő megbízhatóságára, és e változók növekedése átlagosan 77,03% illetve 73,20% átlagos javulást eredményezett. (3) A torlódási szint és a kiadás késési idő az utazási idő megbízhatóságára negatív hatással bír, ahol a kiadás késési idő 0-ról 180 mp-re növekedése az utazási idő megbízhatóságát 31,21%-kal csökkentette.

A cikk korlátai közé tartozik, hogy csak öt jellemző változót vizsgáltak. A jövőbeni kutatások során több jellemző változó kiválasztása indokolt annak érdekében, hogy feltárják a jellemző változók hatását az úthálózati utazási idő megbízhatóságra. A szimulációk kiterjesztése célszerű, további részletes összehasonlítások elérésére.

## 7. Érdeklődés

A szerzők kijelentik, hogy jelen cikk publikálása semmiféle érdekebe nem ütközik.

## 8. Köszönetnyilvánítás

A munkát pénzügyileg támogatta a National Natural Science Foundation of China (Grant nos. 61473028, 71621001), a Beijing Municipal Natural Science Foundation (Grant no. 8162031), és a National High Technology Research and Development Program of China ("863" Program, Grant no. 2015AA124103).

## 9. Hivatkozások

- [1] J. Ma, X. Li, F. Zhou, J. Hu, and B. B. Park, "Parsimonious shooting heuristic for trajectory design of connected automated traffic part II: computational issues and optimization," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 95, pp. 421–441, 2017.
- [2] F. Zhou, X. Li, and J. Ma, "Parsimonious shooting heuristic for trajectory design of connected automated traffic part I: theoretical analysis with generalized time geography," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 95, pp. 394–420, 2017.
- [3] L. Du, L. Han, and S. Chen, "Coordinated online in-vehicle routing balancing user optimality and system optimality through information perturbation," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 79, pp. 121–133, 2015.
- [4] Y. Asakura and M. Kashiwadani, "Road network reliability caused by daily fluctuation of traffic flow," in *Proceedings of the 19th PTRC Summer Annual Meeting*, University of Sussex, Brighton, UK, 1991.
- [5] A. Tavassoli Hojati, L. Ferreira, S. Washington, P. Charles, and A. Shobeirinejad, "Modelling the impact of traffic incidents on travel time reliability," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 65, pp. 49–60, 2016.
- [6] J. Q. Leng, *Travel Time Reliability of Urban Road Network under Ice and Snowfall Conditions*, Harbin Institute of Technology, 2010.
- [7] L. Wu, X.-H. Li, J. Wang, and Z.-B. Liu, "Reliability evaluation on travel time in freeway network under fog environment influence," *Journal of PLA University of Science and Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 233–238, 2010.
- [8] J. Wang, J. He, and L. Wu, "Evaluating approach of travel time reliability for highway network under rain environment," *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, vol. 11, no. 6, pp. 117–123, 2011.
- [9] J. Lee and B. Park, "Evaluation of route guidance strategies based on vehicle-infrastructure integration under incident conditions," *Transportation Research Record*,

no. 2086, pp. 107–114, 2008.

[10] X. Ma, Y.-J. Wu, and Y. Wang, “DRIVE net: E-science transportation platform for data sharing, visualization, modeling, and analysis,” *Transportation Research Record*, no. 2215, pp. 37–49, 2011.

[11] X. L. Ma, Z.M. Tao, Y. H. Wang, H. Y. Yu, and Y. P. Wang, “Long short-term memory neural network for traffic speed prediction using remote microwave sensor data,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 54, no. 1, pp. 187–197, 2015.

[12] S. Wang and X. Qu, “Station choice for Australian commuter rail lines: equilibrium and optimal fare design,” *European Journal of Operational Research*, vol. 258, no. 1, pp. 144–154, 2017.

[13] Y. Iida, “Basic concepts and future directions of road network reliability analysis,” *Journal of Advanced Transportation*, vol. 33, no. 2, pp. 125–134, 1999.

[14] H. X. Liu, L. Bu and Y. Pu, “Travel time reliability on stochastic road network,” *China Civil Engineering Journal*, vol. 37, no. 8, pp. 102–105, 2004.

[15] J. Y. T. Wang, M. Ehrgott, and A. Chen, “A bi-objective user equilibrium model of travel time reliability in a road network,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 66, pp. 4–15, 2014.

[16] Y. L. Pei and C. Y. Gai, “Study on operation reliability of highway network,” *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, vol. 22, no. 5, pp. 119–123, 2005.

[17] J. S. Chang, “Assessing travel time reliability in transport appraisal,” *Journal of Transport Geography*, vol. 18, no. 3, pp. 419–425, 2010.

[18] H. Tu, H. Li, H. van Lint, and H. van Zuylen, “Modeling travel time reliability of freeways using risk assessment techniques,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 46, no. 10, pp. 1528–1540, 2012.

[19] K. Chen, *Models and Algorithms for Travel Time Reliability Assessment of Urban Road Networks Based-on Moving Source Data*, Jiaotong University, Beijing, China, 2008.

[20] M. Bell, C. Cassir, Y. Iida et al., “A sensitivity based approach to network reliability assessment,” in *Proceedings of the 14th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, 1999.

[21] X. Qu, S. Wang, and J. Zhang, “On the fundamental diagram for freeway traffic: a novel calibration approach for single-regime models,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 73, pp. 91–102, 2015.

[22] X. Qu and S. Wang, “Long-distance-commuter (LDC) lane: a new concept for freeway traffic management,” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*,

vol. 30, no. 10, pp. 815–823, 2015.

[23] X. Qu, Y. Yang, Z. Liu, S. Jin, and J. Weng, “Potential crash risks of expressway on-ramps and off-ramps: a case study in Beijing, China,” *Safety Science*, vol. 70, pp. 58–62, 2014.

[24] Y. Asakura, “Reliability measures of an origin and destination pair in a deteriorated road network with variable flows: transportation networks: recent methodological advances,” in *Proceedings of the 4th Meeting of the EURO Working Group in Transportation*, pp. 273–287, Pergamon Press, Helsinki, Finland, 1999.

[25] F. Yang, M. P. Yun, and X. G. Yang, “Single lane microscopic traffic flow model based on multi-agent in CVIS circumstance,” *Journal of Tongji University (Natural science)*, vol. 40, no. 8, pp. 1189–1196, 2012.

[26] H. Noori and M. Valkama, “Impact of VANET-based V2X communication using IEEE 802.11p on reducing vehicles traveling time in realistic large scale urban area,” in *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE '13)*, pp. 654–661, December 2013.

[27] S. Nie, *Simulation on the Interaction Relationship between Information Flow and Traffic Flow in the Inter-Vehicle Communication Scenario*, Beijing Jiaotong University, 2013.

[28] E. Paikari, S. Tahmasseby, and B. Far, “A simulation-based benefit analysis of deploying connected vehicles using dedicated short range communication,” in *Proceedings of the 25th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV '14)*, pp. 980–985, Dearborn, Mich, USA, June 2014.

[29] M.W. Ng, W. Y. Szeto, and S. Travis Waller, “Distribution-free travel time reliability assessment with probability inequalities,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 45, no. 6, pp. 852–866, 2011.

[30] M. Zhou, X. Qu, and S. Jin, “On the impact of cooperative autonomous vehicles in improving freeway merging: a modified intelligent driver model-based approach,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 99, pp. 1–7, 2016.

## *Adatok*

*Megjelent itt*

**10. szám**

2017. ősz



*Szerző***Jiangfeng Wang**

MOE Key Laboratory for Transportation Complex Systems Theory and Technology,  
Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China. E-mail:  
wangjiangfeng@bjtu.edu.cn

**Chao Wang****Jiarun Lv****Zhiqi Zhang****Cuicui Li***Témakörök*

Közlekedésbiztonság • Városi közlekedés

*Kulcsszavak*

utazási idő megbízhatósága; irányított járművek; úthálózati hatékonyság

*Befogadva*

2017. december 3.

**Hozzászólás**

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése



Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© Copyright **Útügyi Lapok** 2019 • *Minden jog fenntartva.*



Az Útügyi Lapok félévente elektronikus formában megjelenő, online szabadon elérhető kiadvány, erre tekintettel jelenleg nem előfizethető. Alkalmanként azonban papíralapon is megjelenik, amennyiben szeretne a papír alapú megjelenésről értesítést illetve példányt kapni, kérjük érdeklődési szándékát az alábbi címen jelezze: [utugyilapok@makadam.hu](mailto:utugyilapok@makadam.hu). *A lapban megjelent cikkek a szerzőik személyes véleményét fejezik ki és nem feltétlenül egyeznek meg a szerkesztők véleményével illetve ismereteivel.*