



# Forgalomirányítási intézkedések hatása a szolgáltatási színvonalra

***Prileszky István***

***Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék***

KTE konferencia, Balatonfenyves 2015. szeptember 10.

*„TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012: "Smarter Transport" – Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása – A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”*  
A projekt munkájában közreműködött: Dr. Csík Árpád, Dr. Horváth Richárd, Dr. Winkler Ágoston, Pusztai Pál



# Vázlat

- I. A téma indokoltsága
- II. Mi található a szakirodalomban?
- III. Az eredményesség mérése
- IV. A szimulációs modell, eredmények
- V. További feladatok az irányítási gyakorlatba történő beépítéshez



# I. A téma indokoltsága

- Az üzemvitel során fellépő zavarok a szolgáltatási színvonal romlását okozzák
- Forgalomirányítási intézkedésekkel ez a káros hatás csökkenthető
- A rendszer bonyolultsága miatt nehéz a megfelelő intézkedést meghatározni
  - az intézkedések hatása nehezen számítható
  - egyes utascsoportok számára kedvező intézkedés lehet mások számára kedvezőtlen
  - egyik területen meghozott intézkedés más területek forgalmára is kihat
  - a hatások időben elhúzódva jelentkeznek, stb.



1/2

- Néhány lehetséges intézkedés
  - járatindítási időpont módosítása,
  - Járattörlés,
  - járat rövidítése (vonal közbeni beállítás vagy kivétel),
  - járat hosszabbítása,
  - rásegítő járat indítása (szakaszos vagy teljes),
  - jármű visszafordítása,
  - megállóhely kihagyása,
  - megállóhely beiktatása,
  - előzés,
  - járműtípus-csere,
  - felszállási korlátozás.



1/3

- Kérdés: adott helyzetben melyik intézkedést kell megtenni, más szóval milyen az egyes intézkedések hatékonysága, illetve milyen tényezőktől függ, hogy adott esetben mi a legjobb intézkedés?



## II. Mi található a szakirodalomban?

- 30 szakirodalmi forrás, legrégebbi 1972-ből
- Lényegében mindegyik a jármű visszatartás kérdésével foglalkozik, egy esetben a megálló kihagyással együtt
  - Irányítási stratégiákat dolgoznak ki, adott jármű helyzetének értékeléséhez használt változók: a megelőző, követő jármű helyzete, a menetrend , utasok száma
- Csak egy vonalat vizsgálnak, nem valódi, hanem fiktív példán
- Szimulációs technikát is alkalmaznak
- Az eredményesség mérése a várakozási, vagy utazási idő alakulása alapján történik,
- Esetenként jelentős megtakarításról adnak számot, várakozási idő tekintetében pl. 70% (?)
- A feltett kérdésre nem adnak választ



### III. Az eredményesség mérése

- Két feladatot kell megoldani
  - Ki kell alakítani a mérési módszert (számítási eljárás)
  - Létre kell hozni azt az eszközt, ami szolgáltatja a számításhoz szükséges adatokat



## III/2 Mérési módszer

- Elv: Egy intézkedés hatékonysága az intézkedés **költségének**, és az irányított folyamat eredményében (az outputban) **a beavatkozás következtében előálló változások** valamilyen formában kifejezett **értékének** összehasonlításával jellemezhető.
- A folyamat eredménye az utasok által érzékelt ún. használói költség (user cost) nagyságával fejezhető ki (utasköltség).
- Üzemviteli költség: intézkedés nélkül  $CO_0$  , intézkedéssel  $CO_1$
- Utasköltség: intézkedés nélkül  $CU_0$  , intézkedéssel  $CU_1$
- Hatékony intézkedés

$$CO_1 + CU_1 < CO_0 + CU_0$$

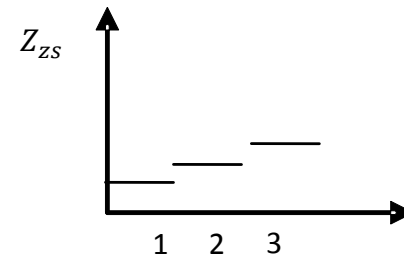
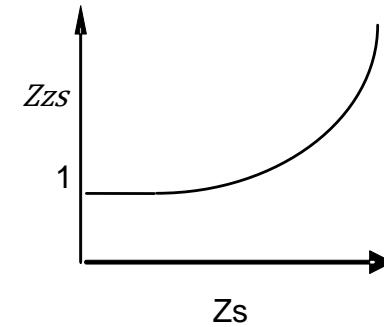
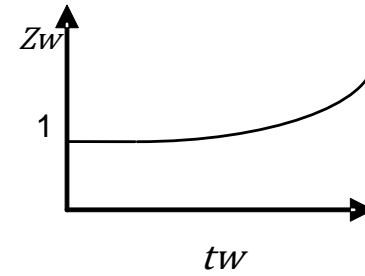
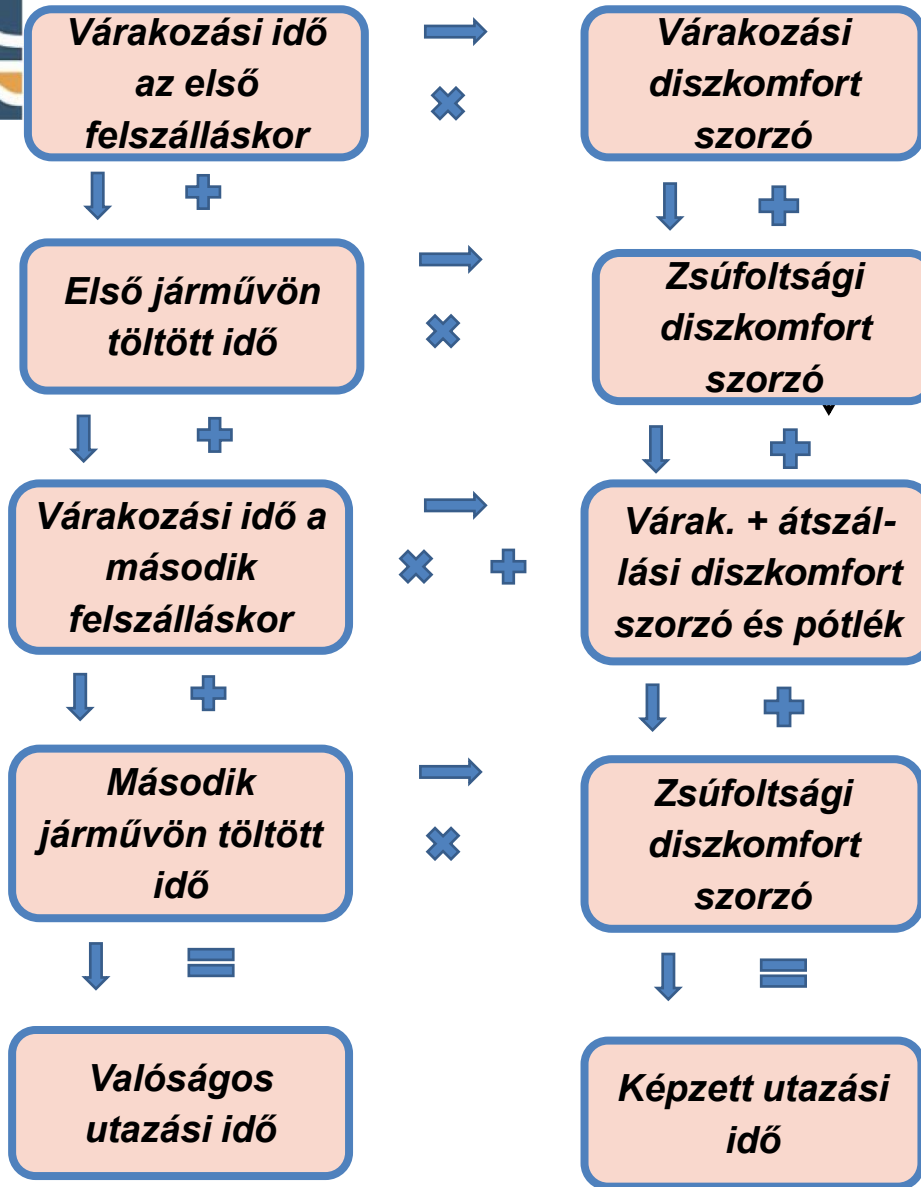
- Üzemviteli költség figyelembe vétele nélkül

$$CU_1 < CU_0$$





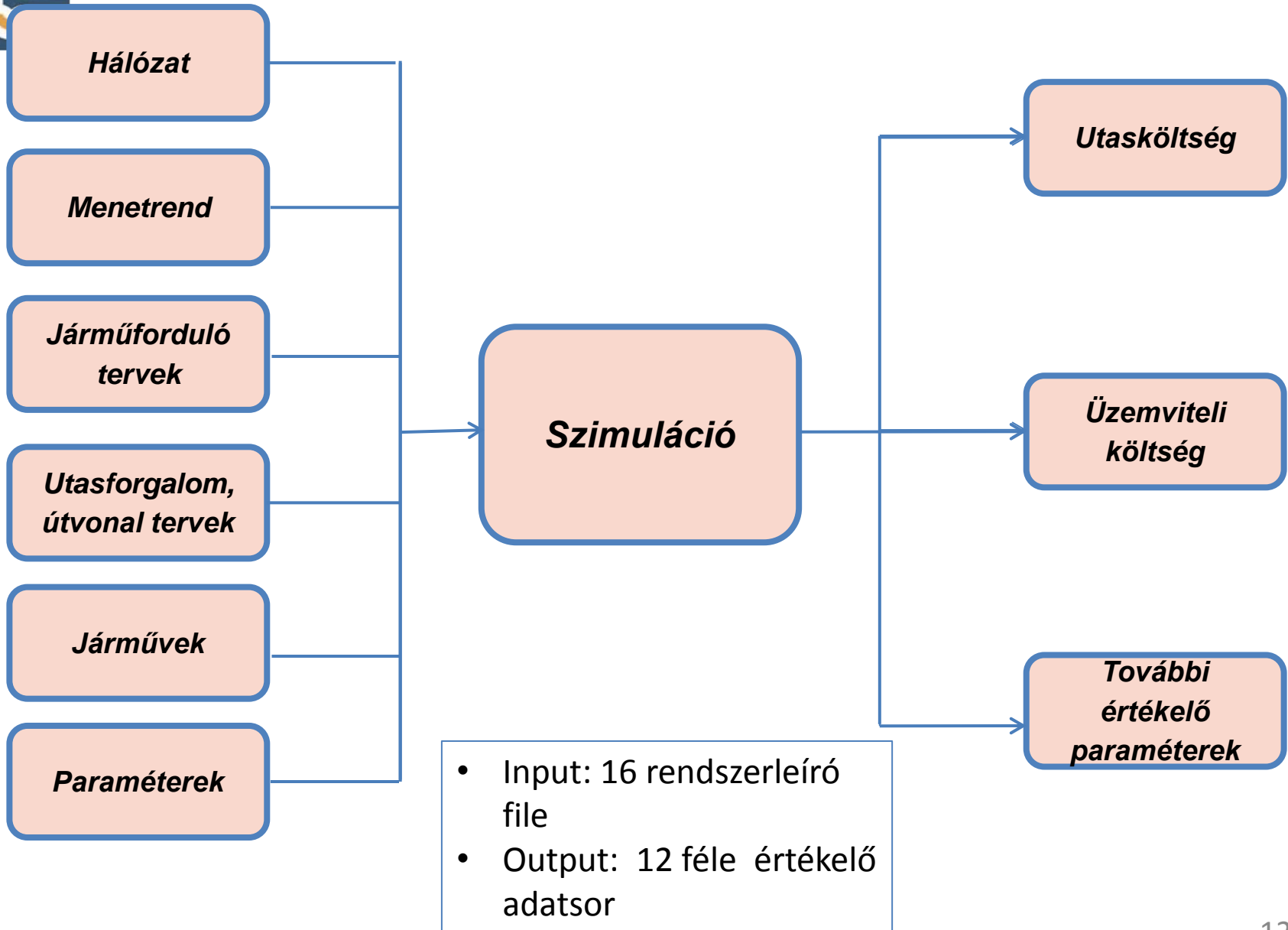
## III/3 Az utasköltség számítása





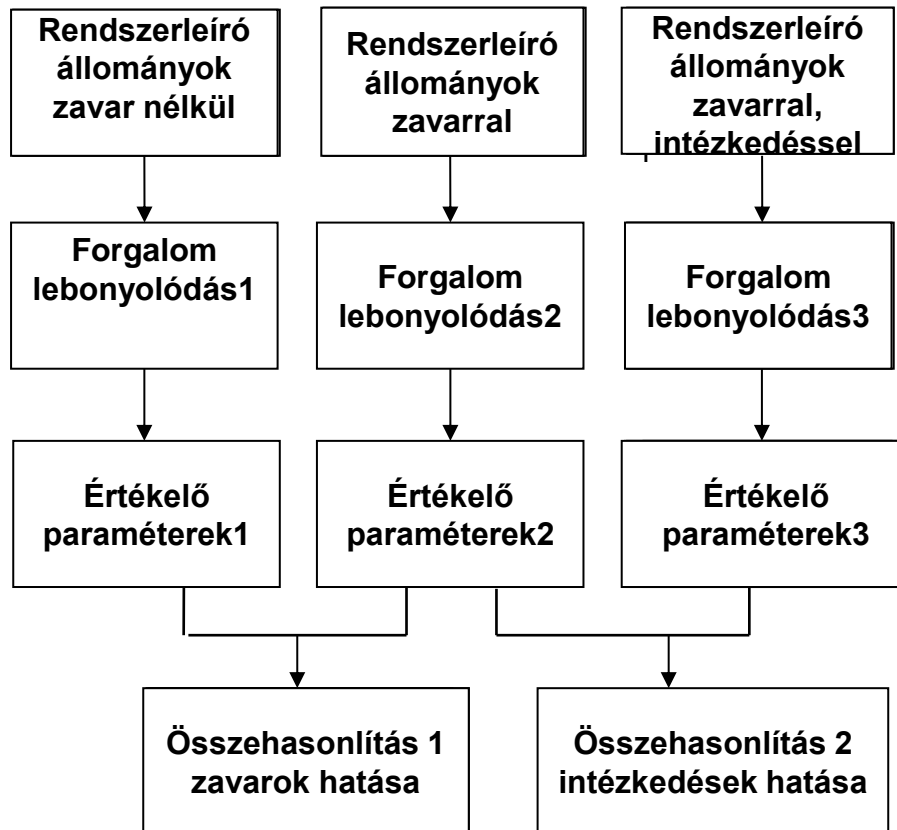
## IV. A szimulációs modell

- Alapelvek
  - Hálózat, menetrend, járműfordulók valóság-hű leképzése
  - Utazási igények egyedi kezelése (utasonként)
  - Az utasok útvonaltervvel rendelkezve az utazási igényeiknek megfelelő időpontban jelennek meg a megállóhelyeken
  - A járművek az input állományokban megadott időrendnek megfelelően közlekednek, a fel- és leszállási idő az utasforgalom alapján számítható
  - A program az utasok utazási folyamatának minden mozzanatát adminisztrálja, ebből számítható az utasköltség és számos további értékelő paraméter
  - Az intézkedések eredményessége a „zavar mentes helyzet”, a „forgalom zavarokkal, intézkedés nélkül” és „forgalom zavarokkal, intézkedéssel” helyzetek összehasonlításával ítélt meg





## IV/2





## IV/3

- A győri modell méretei

Csomópont	882	Vonal	124
Szegmens	1498	Járat	555
Megálló	463	Járműforduló terv	125
Gyűjtőmegálló	221	Utazó	19 889

Zavarmentes forgalomnál a képzett utasidő 603 384 perc, 30,3 perc/utas

Járműfutás: 5 165 km (üzemkezdettől 9 óráig)

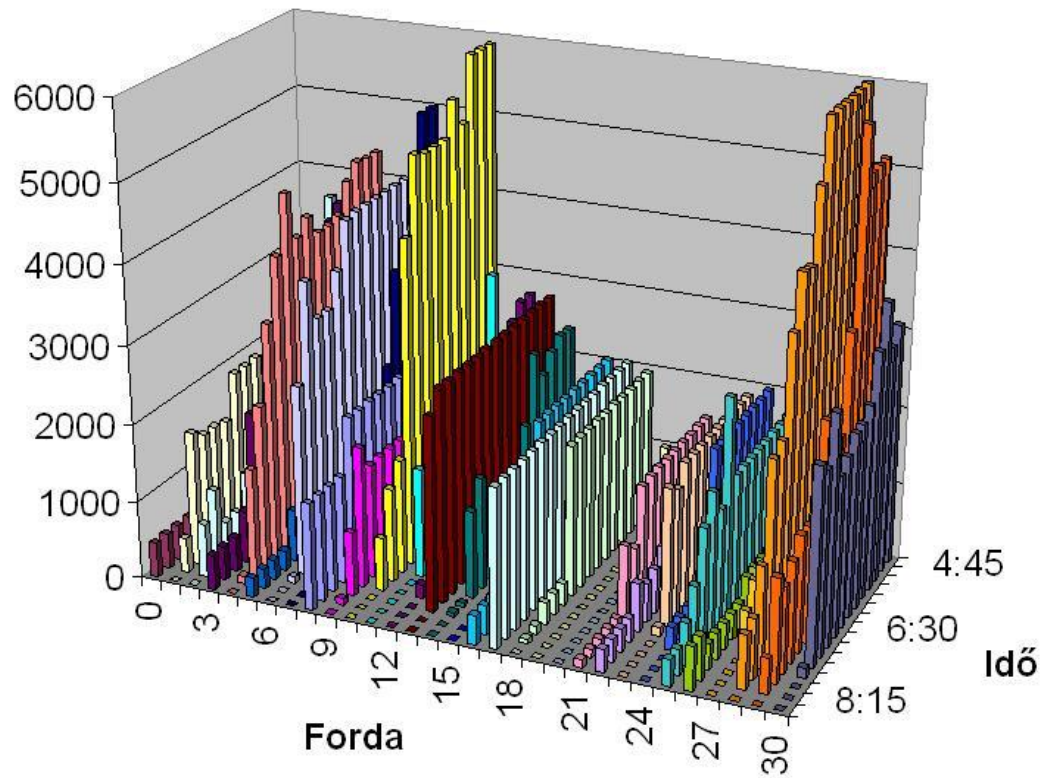
Üzemviteli költség: 600Ft/jműkm 3 099 eFt

Utasköltség: 600Ft/óra 6 338 eFt



# IV/4 Eredmények

- Kieső jármű értéke



04:45		05:00		05:15		05:30		05:45	
jármű	érték"	jármű	érték"	jármű	érték"	jármű	érték"	jármű	érték"
28	5977	28	5977	28	5977	28	5977	28	5977
10	5898	10	5907	10	5911	29	5758	10	5490
29	5113	29	5113	29	5113	10	5122	6	4124
7	5003	7	5003	4	4358	4	4182	4	3818
4	4327	4	4327	7	4129	6	4124	3	3448
6	4124	6	4124	6	4124	3	3634	29	3353
3	3694	2	3741	3	3779	30	3051	7	3207
30	3099	3	3694	30	3582	13	2739	13	2739
13	2739	30	2921	11	3135	7	2601	30	2482
12	2739	13	2739	13	2739	12	2332	14	2413
2	2648	12	2739	2	2648	12	2296	12	2225
1	2491	1	2498	1	2498	1	2498	1	2498
	2362	14	2374						



## IV/4/2 Indítási időpontok módosítása 1

A 11-es vonal külső végállomásán fellépő késésre adott intézkedések hatékonysága (adatok percben)

	TG	Az intézkedés hatása
Zavar: 7.20-as járat 5 perc késése	603 436	
<b>Intézkedések</b>		
7.30-as (követő) járat +1 perc	603 987	+551
7.30-as (követő) járat +2 perc	603 856	+420
7.30-as (követő) járat +3 perc	604 103	+667
7.10-es (megelőző) járat +2 perc	605 268	+1832
7.10-es (megelőző) járat +3 perc	601 728	-1708
7.10-es (megelőző) járat +4 perc	601 312	-2124
7.10-es (megelőző) járat +5 perc	602 339	-1097
7.10-es +2p és 7.30-as +2p	604 965	+1529





## IV/4/3 Indítási időpontok módosítása 2

A 22A vonalon fellépő késésre adott intézkedések hatékonysága  
(adatok percben)

	TG	Az intézkedés hatása
<b>22A 7.18-as járat 4 perces késés</b>	603 516	
<b>Intézkedés</b>		
<b>követő járat +1</b>	603 288	-228
<b>követő járat +2</b>	602 618	-898
<b>követő járat +3</b>	602 619	-897
<b>előző járat +1</b>	603 427	-89
<b>előző járat +2</b>	603 538	22
<b>előző járat +3</b>	603 304	-212
<b>követő +2 és előző +2</b>	602 775	-741



## IV/4/4 Indítási időpontok módosítása 3

A 22E vonal átmenő járatának késése esetén tett intézkedés hatékonysága (adatok percben)

	Összes utasidő	Az intézkedés hatása
Zavar: 22E vonalon 5 perc késés Marcalváros csomópontnál	604 486	
Intézkedés: 11-es előbbre hozása		
4 perccel korábban	606 080	+1 594
3 perccel korábban	605 421	+935
2 perccel korábban	605 647	+1 161

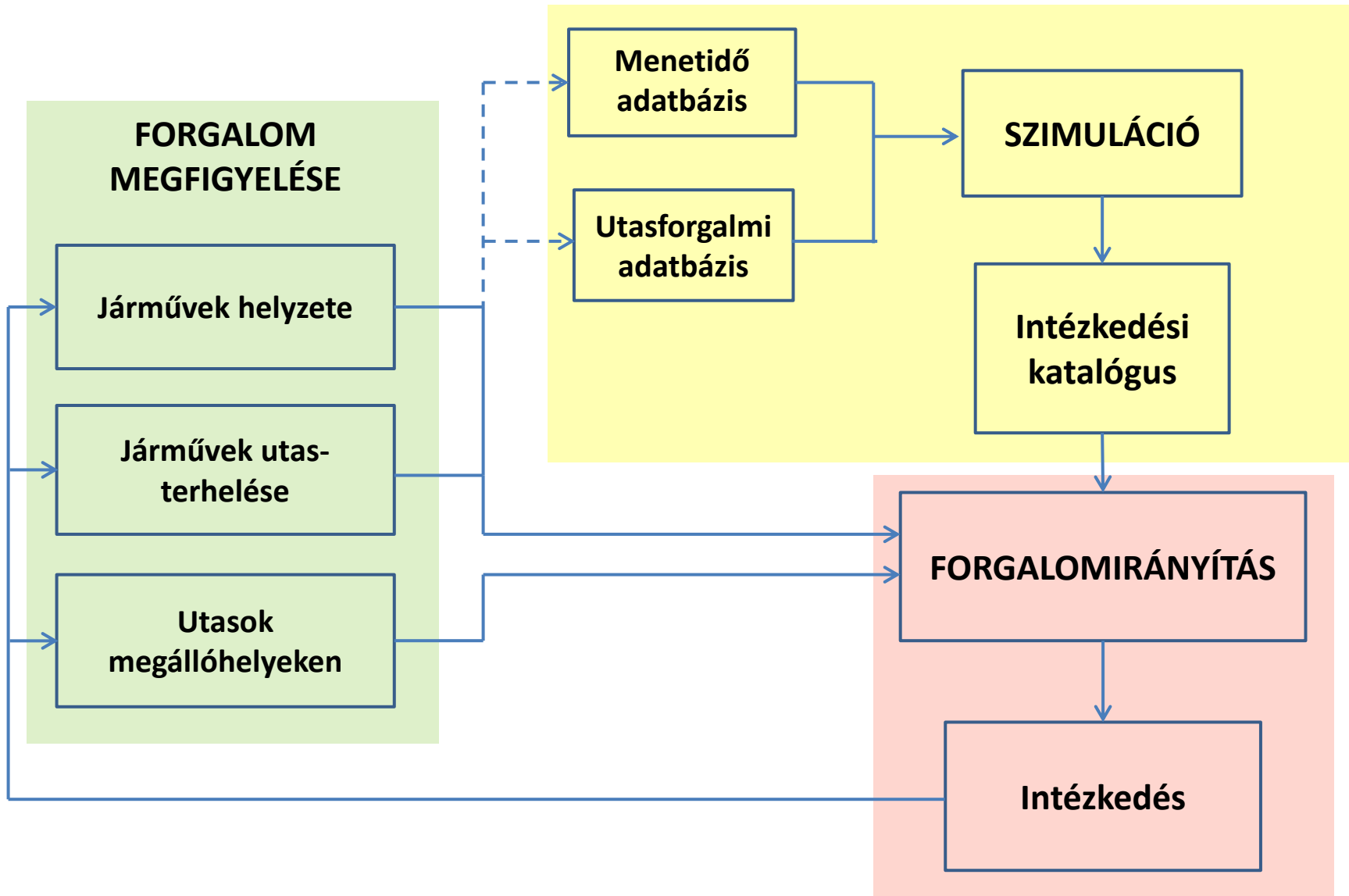


## IV/5 Konklúzió

- A témakör kutatásra érdemes, a szimuláció erre megfelelő eszköz.
- A feltett kérdésre nincs általános érvényű válasz.
- Egy intézkedés hatékonysága a menetrendi és utasforgalmi struktúra függvénye, vagyis helyenként (településenként és településen belül is) és időben is változik.
- Adott település forgalmának elemzésével lehet az adott településre „intézkedési útmutatót” kidolgozni.



# V. Alkalmazás a gyakorlatban





## INFORMÁCIÓK A FORGALOMRÓL

Járművek helyzete

Járművek utas-  
terhelése

Utások  
megállóhelyeken

## FORGALOMIRÁNYÍTÁS

Pillanatnyi  
forgalmi  
helyzet

Előrebecsült  
forgalmi  
helyzet

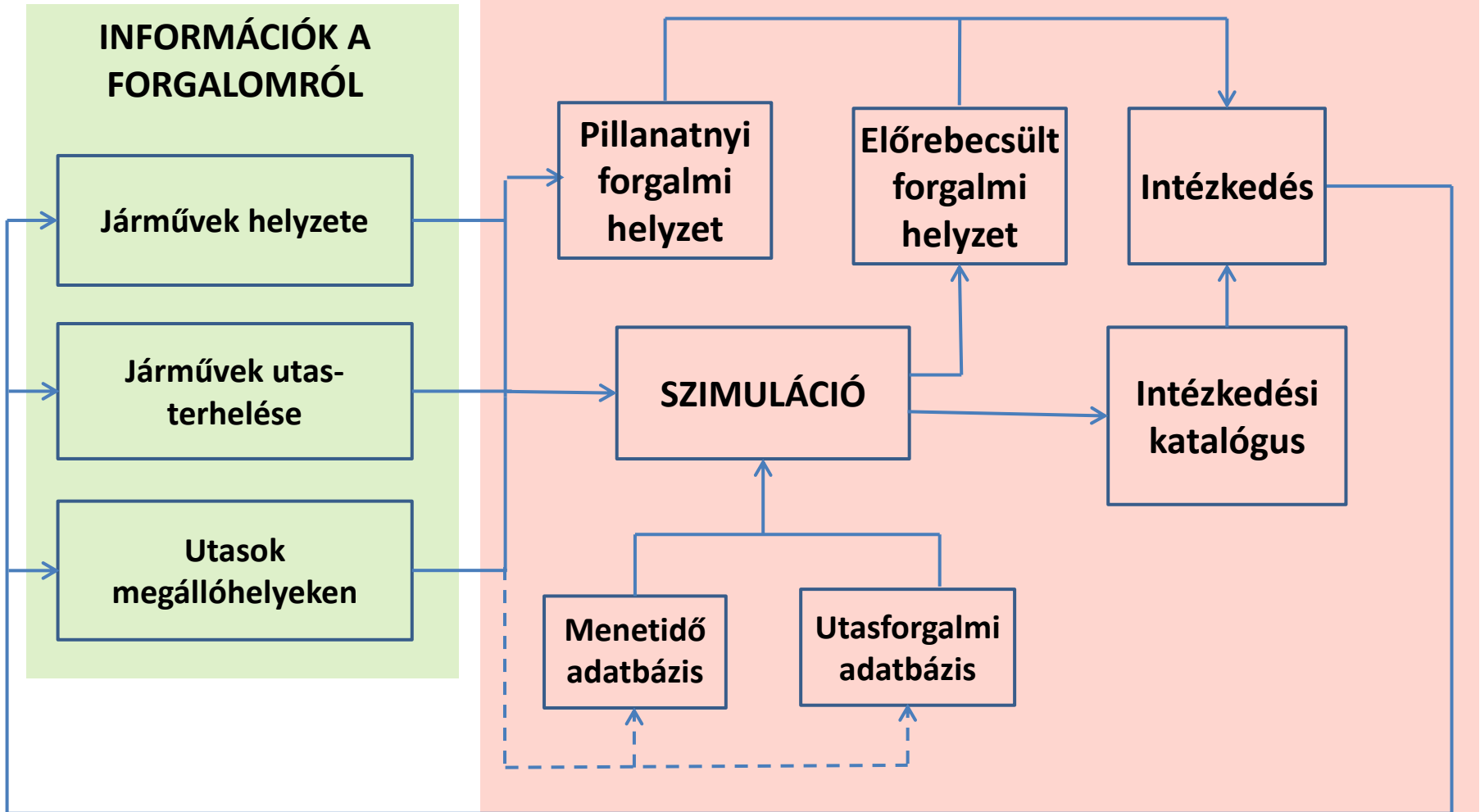
Intézkedés

SZIMULÁCIÓ

Intézkedési  
katalógus

Menetidő  
adatbázis

Utásforgalmi  
adatbázis





# Irodalom

1	Abkowitz, M., Eiger, A., Engelstein, I., 1986.	Optimal control of headway variation on transit routes.	Journal of Advanced Transportation 20 (1), 73–88.
2	Adamski, A., Turnau, A., 1998.	Simulation support tool for real-time dispatching control in public transport.	Transportation Research Part A: Policy and Practice 32 (2), 73–87.
3	Barnett, A., 1974.	On controlling randomness in transit operations.	Transportation Science 8 (2), 102–116.
4	Barnett, A., 1978.	Control strategies for transport systems with nonlinear waiting costs.	Transportation Science 12, 119–136.
5	Bartholdi III, J.J., Eisenstein, D.D., 2012.	A self-coordinating bus route to resist bus bunching.	Transportation Research Part B 46 (4), 481–491.
6	Bly, P. H. and Jackson, R. L. (1974)	Evaluation of bus control strategies by simulation.	Transport and Road Research Laboratory Report LR 637, Transport and Road Research Laboratory, Crowthome, Berkshire, U.K.
7	Cortés, C.E., Saéz, D., Milla, F., Nuñez, A., Riquelme, M., 2010.	Hybrid predictive control for real-time optimization of public transport system's operations based on evolutionary multi-objective optimization.	Transportation Research Part C 18 (5), 757–769.
8	Daganzo, C.F., 2009.	A headway-based approach to eliminate bus bunching: systematic analysis and comparisons.	Transportation Research Part B 43 (10),913–921.



9	Daganzo, C.F., 2009b.	A cheap and resilient way to eliminate bus bunching.	In: The 4th International Conference on Future Urban Transport, Gothenburg, Sweden.
10	Daganzo, C.F., Pilachowski, J., 2011.	Reducing bunching with bus-to-bus cooperation.	Transportation Research Part B 45 (1), 267–277.
11	Delgado, F., Munoz, J.C., Giesen, R., Cipriano, A., 2009.	Real-time control of buses in a transit corridor based on vehicle holding and boarding limits.	Transportation Research Record 2090, 59–67.
12	Ding, Y., Chien, S., 2001.	Improving transit service quality and headway regularity with real-time control.	Transportation Research Record 1760, 161–170.
13	Eberlein, X.-J., Wilson, N.H.M., Bernstein, D., 2001.	The holding problem with real-time information available.	Transportation Science 35 (1), 1–18.
14	Felipe Delgado, Juan Carlos Munoz, Ricardo Giesen, 2012	How much can holding and/or limiting boarding improve transit performance?	Transportation Research Part B 46 (2012) 1202–1217
15	Fu, L., Yang, X., 2002.	Design and implementation of bus-holding control strategies with real-time information.	Transportation Research Record 1791, 6–12.
16	Furth, P., Muller, T., 2009.	Optimality conditions for schedules with timepoint holding.	Public Transport 1 (2), 87–102.



17	Hickman, M., 2001.	An analytic stochastic model for the transit vehicle holding problem.	Transportation Science 35 (3), 215–237.
18	Jackson, R. L. (1977)	Evaluation by simulation of control strategies for a high frequency bus service.	Transport and Road Research Laboratory Report LR 807, Transport and Road Research Laboratory, Crowthome, Berkshire, U.K.
19	Koffman, D., 1978.	A simulation study of alternative real-time bus headway control strategies.	Transportation Research Record 663, 41–46.
20	Lin, G.S., Liang, P., Schonfeld P., Larson, R., 1995.	Adaptive control of transit operations.	US Department of Transportation, Report No. MD-26-7002.
21	Newell, G. F. (1974)	Control of pairing of vehicles on public transportation route, two vehicles, one control point.	Transportation Science B(3) 248-264.
22	Osuna, E. E. and Newell, G. F. (1972)	Control strategies for an idealized public transportation system	Transportation Science 6, 52-72
23	Puong, A., Wilson, N.H.M., 2008.	A train holding model for urban rail transit.	In: Hickman, M., Mirchandani, P., Voss, S. (Eds.), Computer-Aided Systems in Public Transport, vol. 600. Springer, Berlin-Heidelberg, pp. 319–337.





24	Sun, A., Hickman, M., 2005.	The real-time stop-skipping problem.	Journal of Intelligent Transportation Systems 9 (2), 91–109.
25	Sun, A., Hickman, M., 2008.	The holding problem at multiple holding stations.	In: Hickman, M., Mirchandani, P., Voss, S. (Eds.), Computer-Aided Systems in Public Transport, vol. 600. Springer, Berlin-Heidelberg, pp. 339–359.
26	Turnquist, M. A. and Blume, S. W. (1980)	Evaluation of the potential effectiveness of headway control strategies for transit systems.	Transportation Research Record 746,25-29.
27	Vanderbona, U. and Richardson, A. J. (1986)	Effect of checkpoint control strategies in a simulated transit operation	Transportation Research A 20, 429-436.
28	Yiguang Xuan <sup>†</sup> , Juan Argote, Carlos F. Daganzo	Dynamic bus holding strategies for schedule reliability: Optimal linear control and performance analysis	Transportation Research Part B 45 (2011) 1831–1845
29	Zhao, J., Bukkapatnam, S., Dessouky, M., 2003.	Distributed architecture for real-time coordination of bus holding in transit networks.	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 4 (1), 43–51.
30	Zolfaghari, S., Azizi, N., Jaber, M., 2004.	A model for holding strategy in public transit systems with real time information.	International Journal of Transport Management 2 (2), 99–110.