

FORDULÁSI RÁTÁK BECSLÉSE KÖRFORGALMAKBAN, KÜLÖNBÖZŐ BECSLÉSI MÓDSZEREKKEL

Készítette: Gressai Mánuel

Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

2020

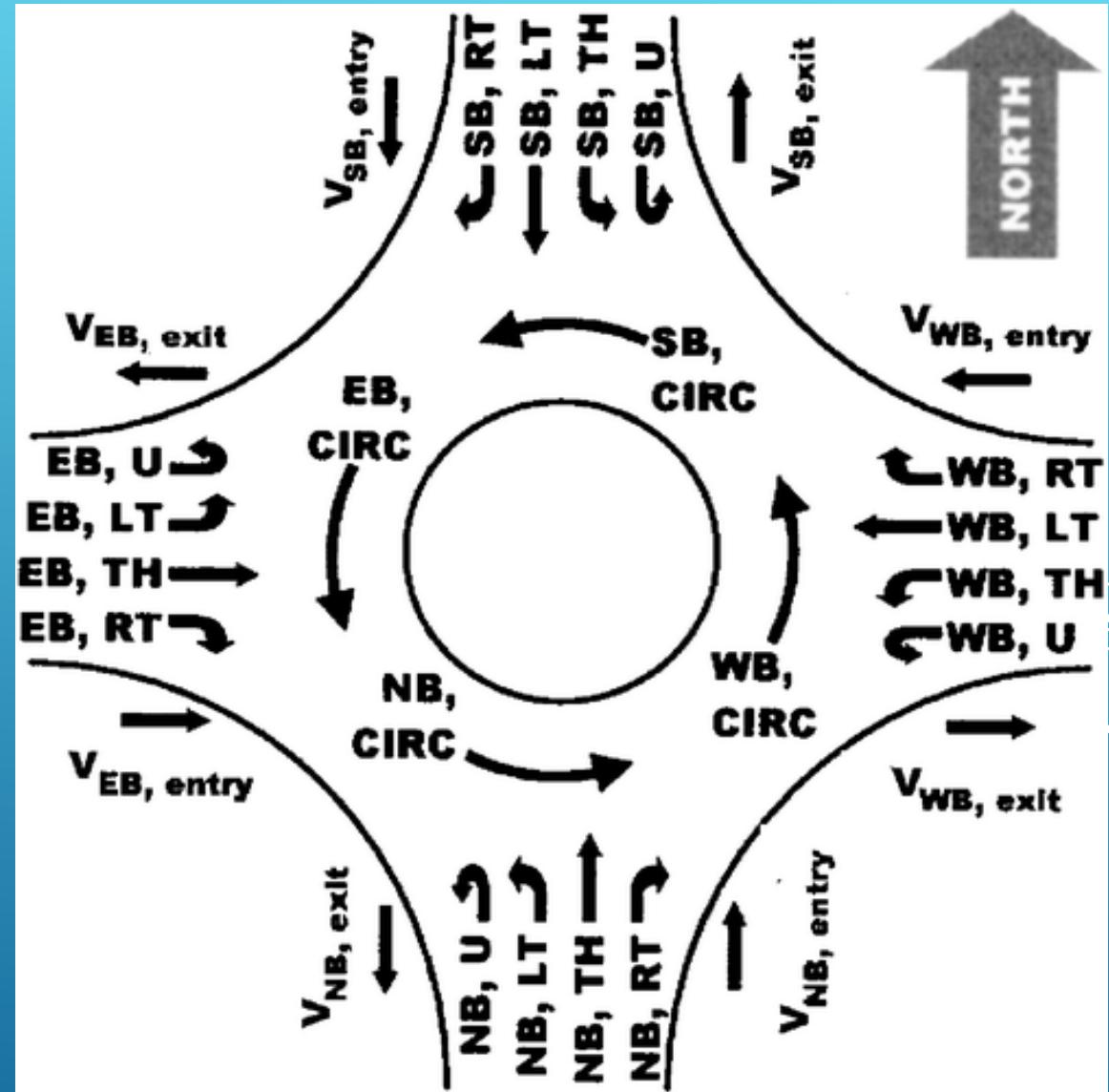
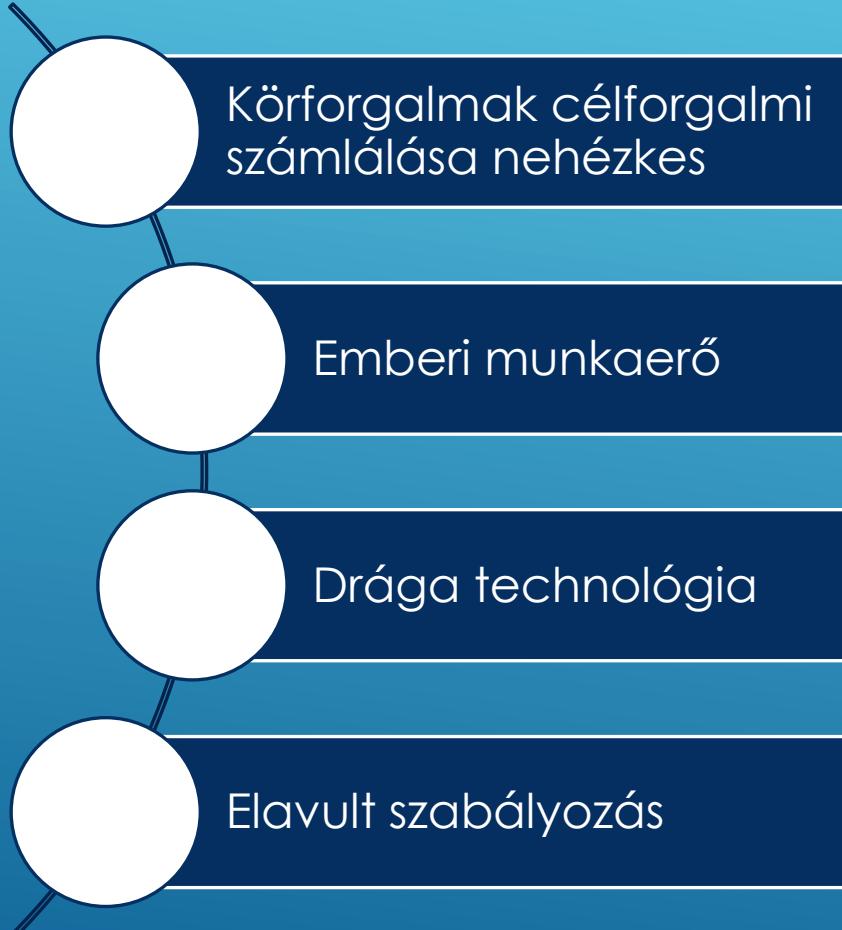


Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem

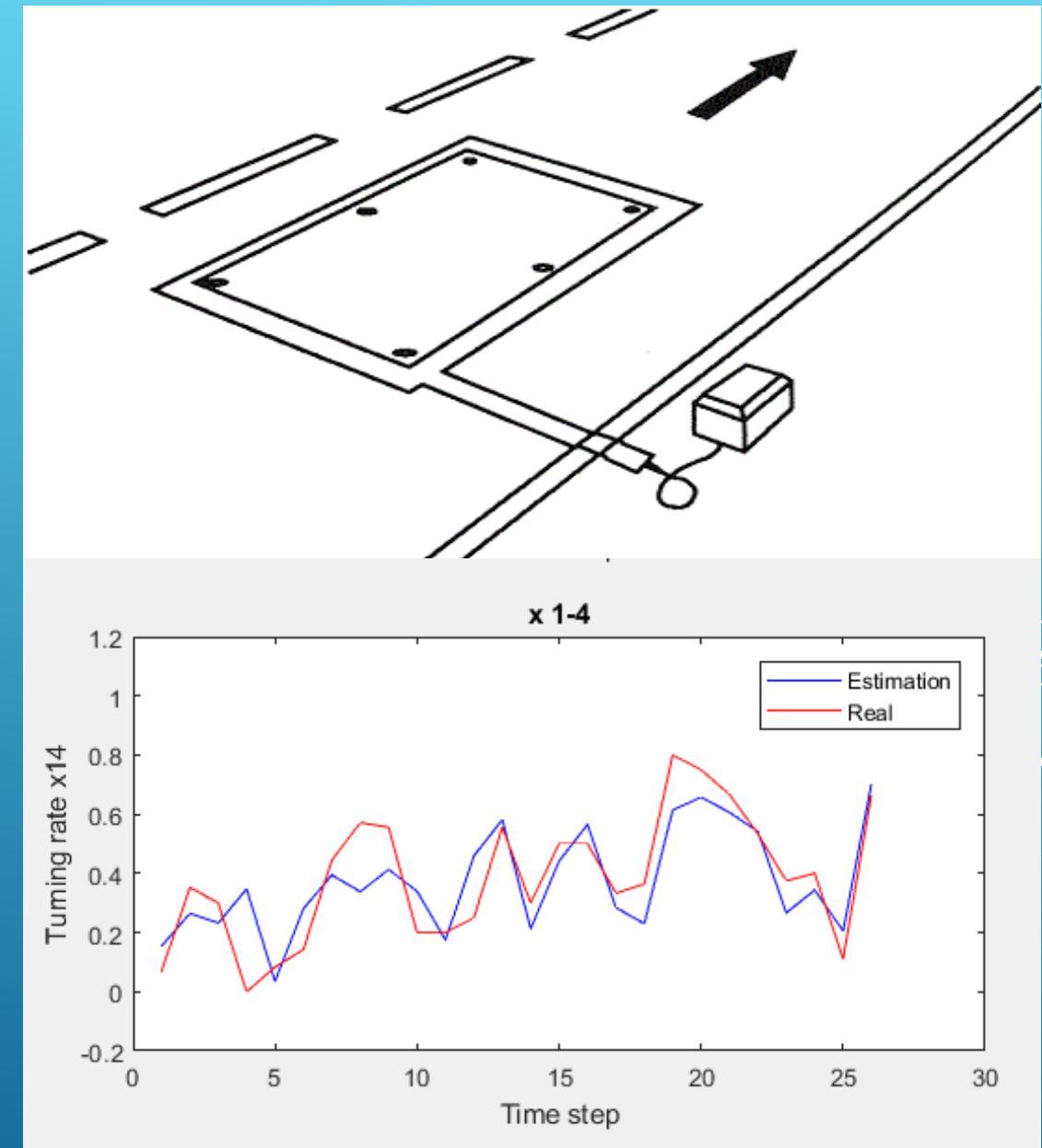
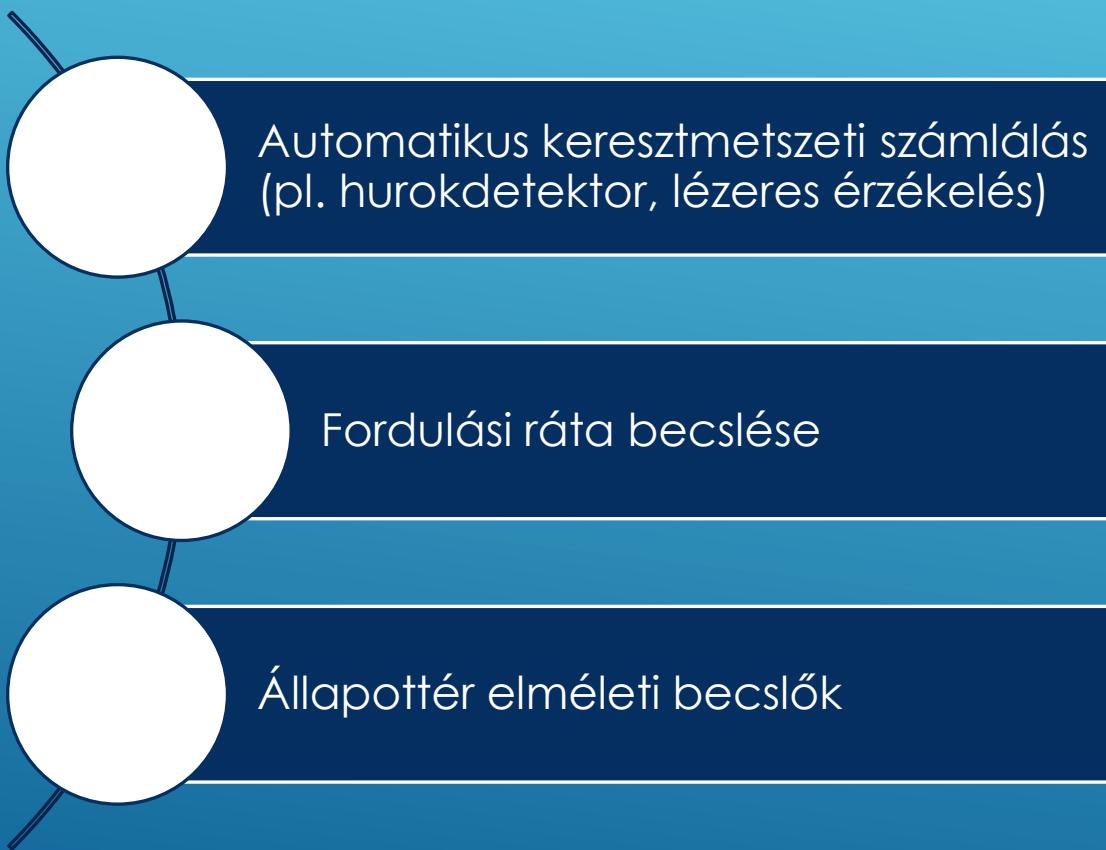
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén - A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

PROBLÉMA



MEGOLDÁS



KÖRFORGALMI SZÁMLÁLÁS

Egységjármű

1,2,5 perces bontás

Két helyszín

Délelőtti, délutáni mérések

Összes irány
számlálása a hatékonyság
jellemzősége végett



HAGYOMÁNYOS BECSLŐ MÓDSZEREK

Algebrai megoldásos eljárás

Factored Survey eljárás

Biproporcionális eljárás (BP)

BP korlátozások

$$O_i = \sum_{j=1}^{n_D} T_{ij}, \quad D_j = \sum_{i=1}^{n_O} T_{ij}$$

BP iteráció k-adik lépésben

$$a_i = \left(\frac{O_i}{\sum_{j=1}^{n_D} T_{ij}} \right) a_i^*$$

BP kezdeti feltételek

$$b_j = 1$$

$$b_j^* = 1$$

$$a_i^* = 1$$

$$T_{ij} = t_{ij}$$

$$T_{ij} = t_{ij} a_i b_j$$

$$b_j = \left(\frac{D_j}{\sum_{i=1}^{n_O} T_{ij}} \right) b_j^*$$

$$T_{ij} = t_{ij} a_i b_j$$

ÁLLAPOTTÉR ELMÉLETI BECSLŐ MÓDSZEREK

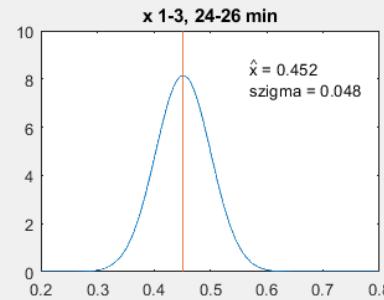
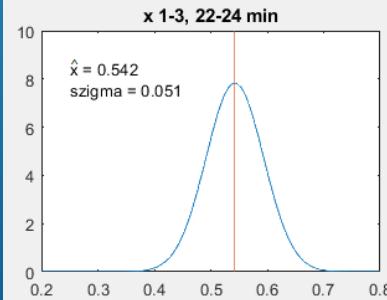
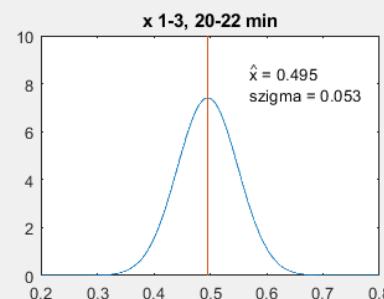
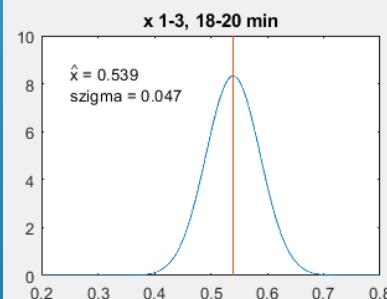
Kalman-szűrő (KF)

Kalman-szűrő korlátozásokkal (cKF)

cKF-I

cKF-P

Mozgó időhorizontú becslop



KF becslés

$$\hat{x}^-(k) = A\hat{x}(k-1) + B(k-1)u(k-1)$$

$$P^-(k) = AP(k-1)A^T + Q$$

KF korrekció

Mérés, ami $y(k)$ -t szolgáltatja

$$G(k) = P^-(k)C^T(CP^-(k)C^T + R)^{-1}$$

$$\hat{x}(k) = \hat{x}^-(k) + G(k)(y(k) - C\hat{x}^-(k))$$

$$P(k) = (I - G(k)C)P^-(k)$$

$$k := k + 1$$

cKF korlátok kezelése

$$\tilde{x}(k) = \operatorname{argmin}_x (x - \hat{x}(k))^T W (x - \hat{x}(k))$$

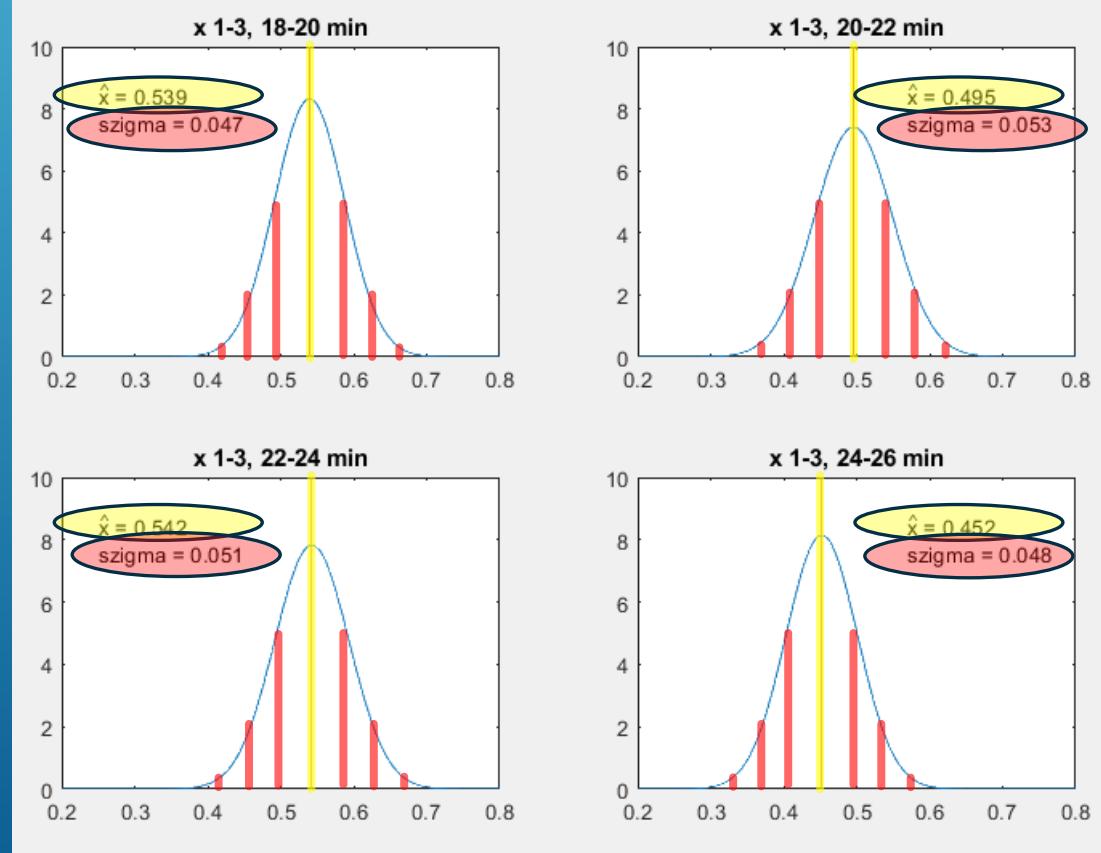
$$\tilde{x}(k) = \hat{x}(k) - W^{-1} A_{eq}^T (A_{eq} W^{-1} A_{eq}^T)^{-1} (A_{eq} \hat{x}(k) - B_{eq})$$

ÁLLAPOTTÉR ELMÉLETI BECSLŐ MÓDSZEREK

Kalman-szűrő korlátozásokkal (cKF)

cKF-I → $W = I$ (egységmátrix)

cKF-P → $W = P(k)$



KF becslés

$$\hat{x}^-(k) = A\hat{x}(k-1) + B(k-1)u(k-1)$$

$$P^-(k) = AP(k-1)A^T + Q$$

KF korrekció

Hangolási paraméterek

Várható érték

Mérés, ami $y(k)$ -t szolgáltatja

$$G(k) = P^-(k)C^T(CP^-(k)C^T + R)^{-1}$$

$$P(k) = (I - G(k)C)P^-(k)$$

$k := k + 1$

Szórások

Súlymátrix

cKF korlátok kezelése

$$\tilde{x}(k) = \operatorname{argmin}_x (x - \hat{x}(k))^T W (x - \hat{x}(k))$$

$$\tilde{x}(k) = \hat{x}(k) - W^{-1} A_{eq}^T (A_{eq} W^{-1} A_{eq}^T)^{-1} (A_{eq} \hat{x}(k) - B_{eq})$$

PERFORMANCIAMUTATÓK

Mean Absolute Error
(MAE)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{x}_i - x_i|}{n} [-]$$

Root Mean Square Error
(RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2} [-]$$

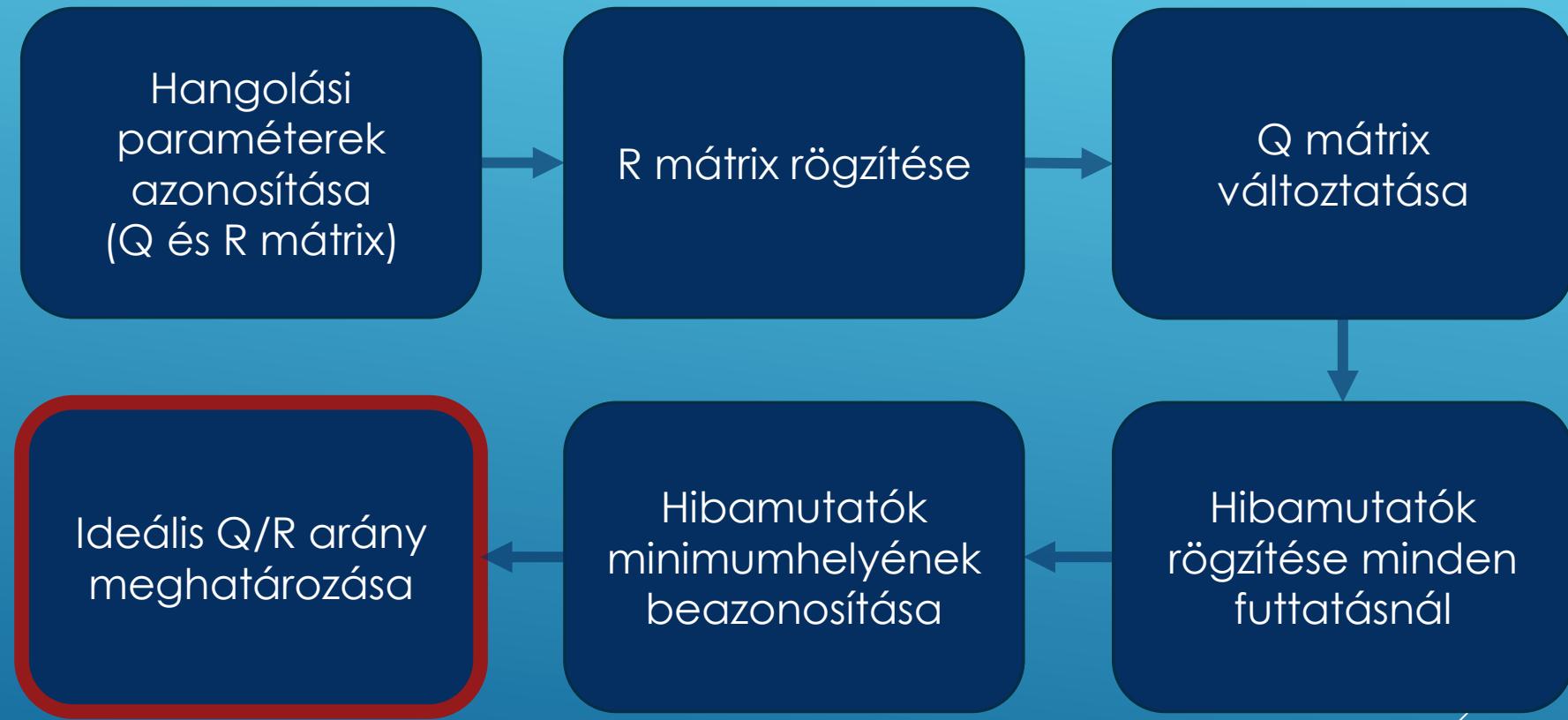
Mean Absolute
Percentege Error
(MAPE)

$$\cdot MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right| [\%]$$

Symmetric Mean
Absolute Percentege
Error (SMAPE)

$$\cdot SMAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - \hat{x}_i|}{|x_i| + |\hat{x}_i|} [\%]$$

HANGOLÁS



HANGOLÁS

KF

$Q/R=10^k$	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
/1min	MAE	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1888	0.1887	0.1886	0.1874	0.1784	0.1560	0.1484	0.1621	0.1796	0.1850	0.1857	0.1857	0.1858	0.1858	
	MAPE	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.55%	42.51%	42.19%	39.81%	32.90%	28.55%	31.63%	36.80%	38.46%	38.66%	38.68%	38.69%	38.69%
	SMAPE	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.38%	24.37%	24.36%	24.19%	23.08%	19.73%	17.12%	18.13%	20.17%	20.81%	20.89%	20.90%	20.90%	20.90%
/2min	MAE	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1248	0.1227	0.1122	0.1036	0.1224	0.1462	0.1538	0.1547	0.1548	0.1548	0.1548		
	MAPE	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.51%	38.50%	38.42%	37.74%	34.09%	30.89%	39.54%	51.00%	54.67%	55.12%	55.17%	55.17%	55.17%
	SMAPE	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.39%	19.36%	19.10%	17.44%	14.52%	16.62%	19.73%	20.70%	20.82%	20.83%	20.83%	20.83%	
/5min	MAE	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0762	0.0760	0.0749	0.0742	0.0930	0.1232	0.1333	0.1346	0.1347	0.1347	0.1348	0.1348		
	MAPE	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.96%	31.95%	31.91%	31.70%	32.51%	41.92%	56.45%	61.48%	62.12%	62.19%	62.20%	62.20%	62.20%	
	SMAPE	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.66%	12.62%	12.38%	11.95%	14.64%	18.96%	20.32%	20.48%	20.50%	20.50%	20.50%		

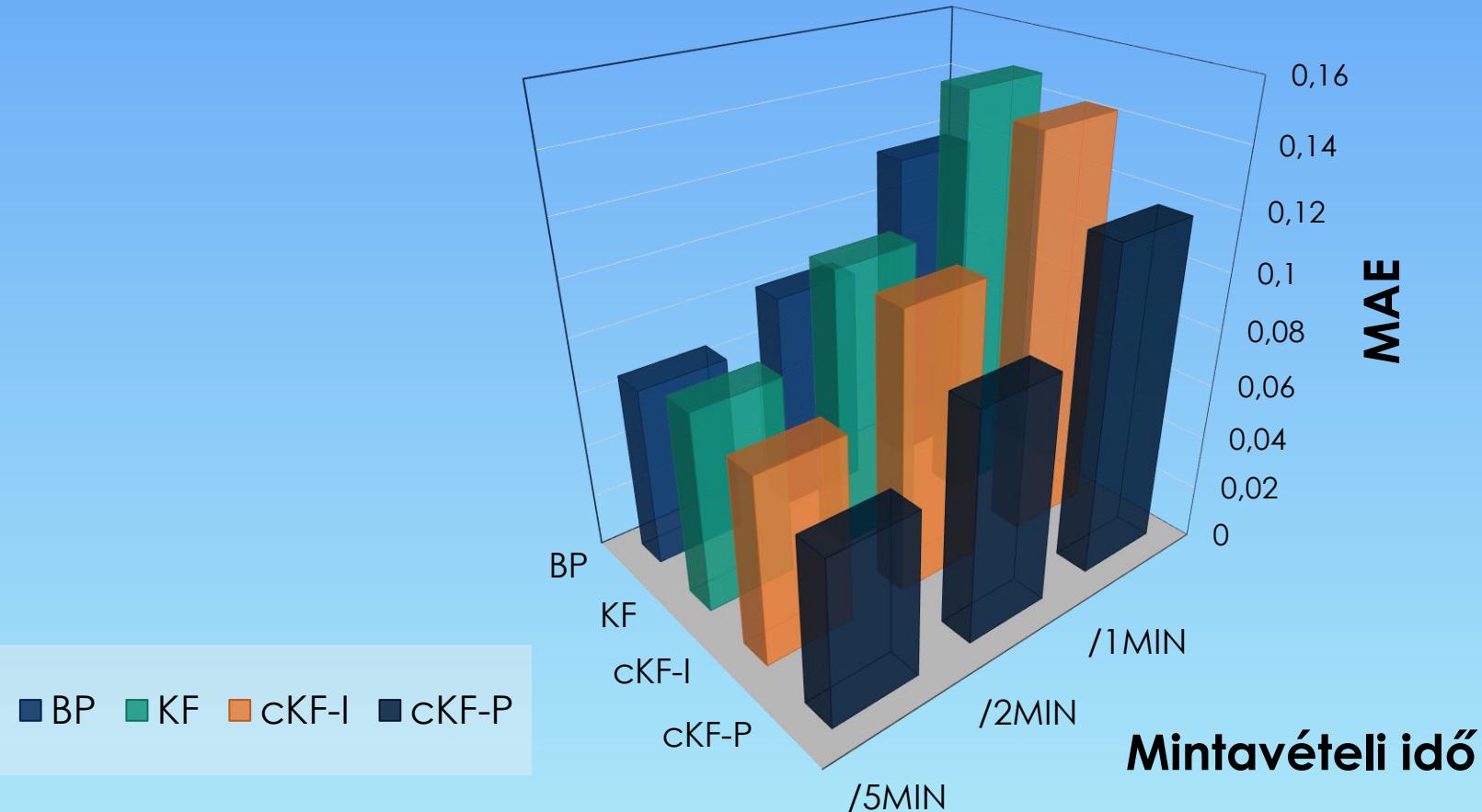
CKF-I

R=10 ^k	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
/1min	MAE	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1479	0.1478	0.1476	0.1461	0.1431	0.1459	0.1614	0.1795	0.1850	0.1857	0.1857	0.1858	0.1858
	MAPE	31.90%	31.90%	31.90%	31.96%	31.90%	31.90%	31.90%	31.90%	31.90%	31.90%	31.96%	31.90%	31.90%	31.90%	31.90%	31.90%	31.90%	31.90%	31.89%	31.95%	31.29%	29.52%	28.48%	32.17%	37.00%	38.49%	38.67%	38.68%	38.69%	38.69%
	SMAPE	20.23%	20.23%	20.23%	20.29%	20.23%	20.23%	20.23%	20.23%	20.23%	20.29%	20.23%	20.23%	20.23%	20.23%	20.23%	20.23%	20.23%	20.23%	20.23%	20.31%	19.79%	18.39%	16.95%	18.16%	20.16%	20.81%	20.89%	20.90%	20.90%	20.90%
/2min	MAE	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1069	0.1068	0.1061	0.1026	0.1012	0.1211	0.1461	0.1538	0.1547	0.1548	0.1548	0.1548
	MAPE	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.94%	32.68%	31.20%	30.53%	39.80%	51.33%	54.72%	55.13%	55.17%	55.17%	55.17%
	SMAPE	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.78%	17.55%	16.39%	14.46%	16.48%	19.72%	20.70%	20.82%	20.83%	20.83%	20.83%	
/5min	MAE	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0698	0.0692	0.0704	0.0909	0.1231	0.1333	0.1346	0.1347	0.1347	0.1348	
	MAPE	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.86%	27.84%	29.63%	41.02%	56.72%	61.54%	62.13%	62.19%	62.20%	62.20%	62.20%
	SMAPE	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.82%	11.80%	11.66%	11.64%	14.46%	18.97%	20.32%	20.49%	20.50%	20.50%	20.50%	20.50%

CKF-P

ERedmények

A vizsgált módszerek MAE értékei a mintavételi idő függvényében



ERedmények

1

cKF-P(Kalman-szűrő korlátozásokkal, $W=P$)

2

BP (biproporcionális eljárás)

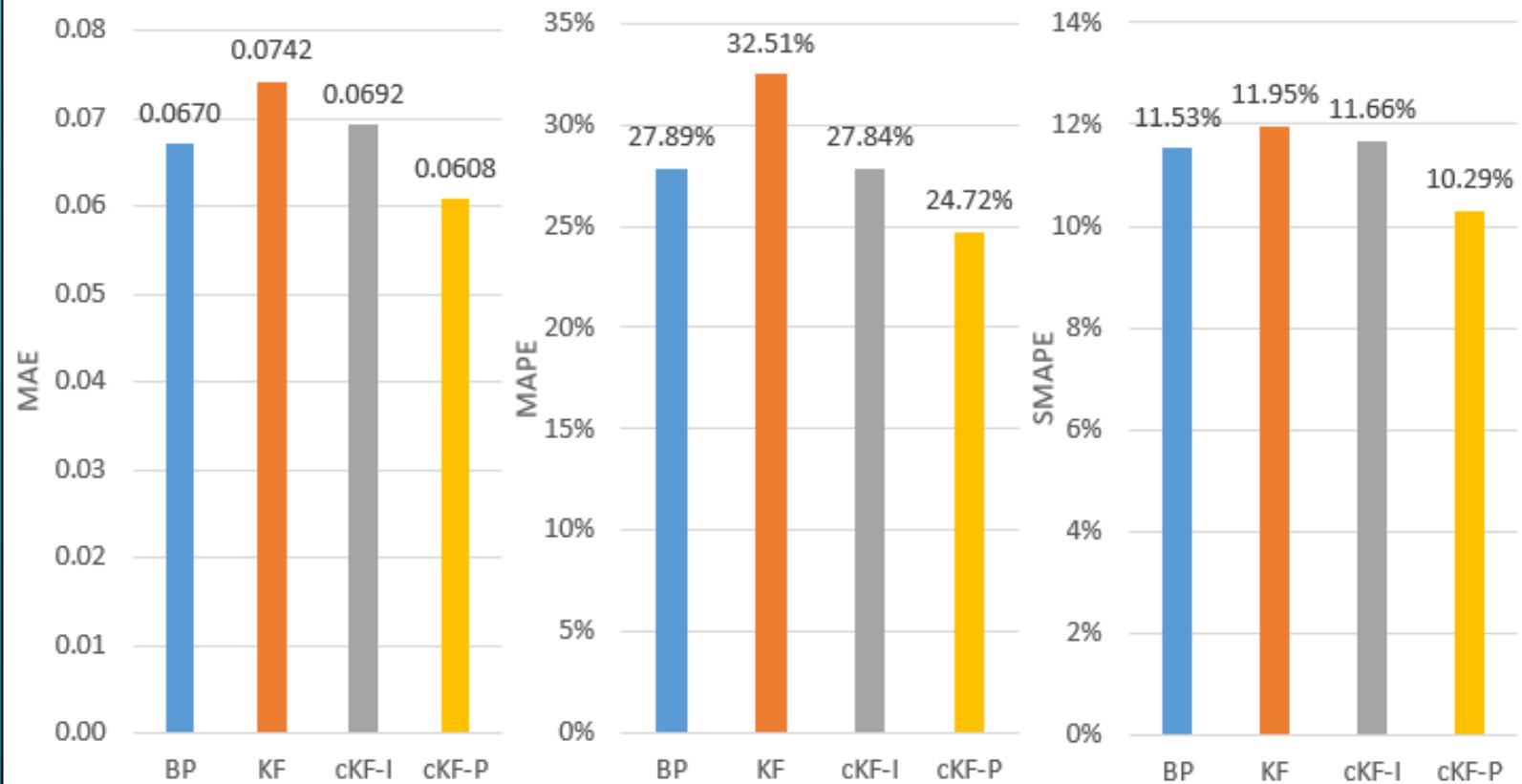
3

cKF-I (Kalman-szűrő korlátozásokkal, $W=I$)

4

KF (Kalman-szűrő)

A vizsgált módszerek performanciamutatói (5 perces mintavételi idővel)



KONKLÚZIÓ

Nagyobb mintavételi idő → Pontosabb becslés

Korlátok kezelése → Pontosabb becslés

Állapottér elméleti becslők:

- Pontosabbak a hagyományos módszereknél
- Várható értéket és szórást adnak eredményül

Hibrid megoldási javaslat

- Több napos automatikus mérés (lézeres érzékelés, hurokdetektor)
- Rövid idejű kamerás felvétel (validálás, hangolás)

TOVÁBBI KUTATÁSI CÉLOK

Mozgó időhorizontú becslés alkalmazása

Módszerek vizsgálata mikroszimulációs környezetben
(PTV-Vissim)

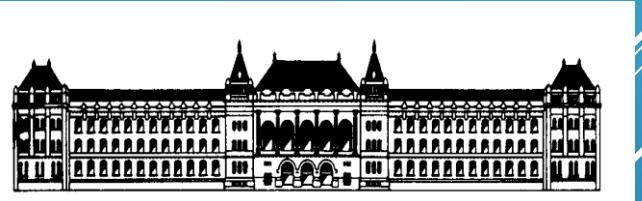
- Modell validálása
- Különböző forgalmi helyzetek vizsgálata
- Online becslés megvalósítása → gyakorlati alkalmazhatóság bemutatása

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Készítette: Gressai Mánuel
Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

2020



Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék