

# KÖRFORGALMAK FORDULÁSI RÁTÁINAK BECSLÉSE ÁLLAPOTTÉR-ELMÉLETI MÓDSZEREKKEL

Készítette: Gressai Mánuel

Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

2021.01.27.



Budapesti Műszaki és  
Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

*EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetség gondozás 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.*

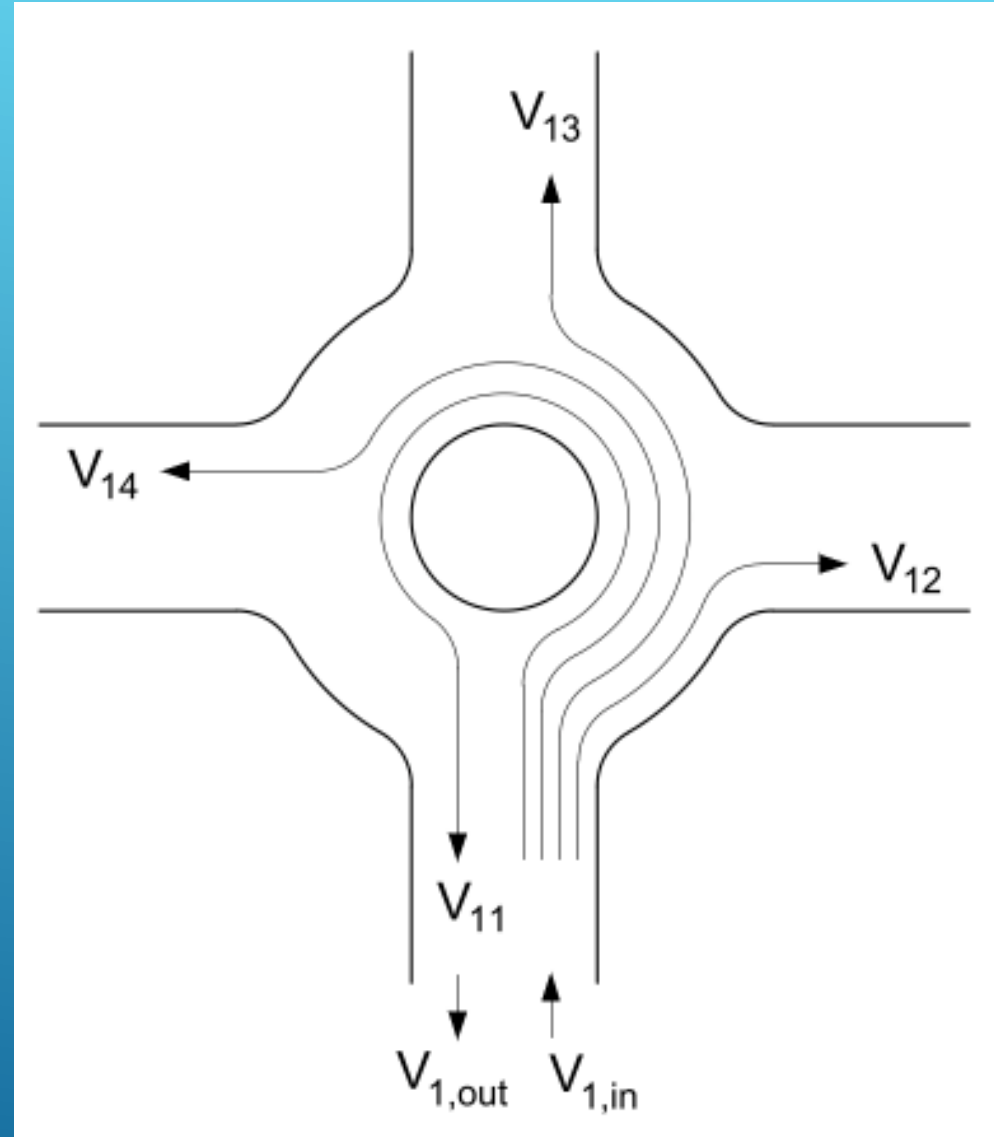
# PROBLÉMA

Körforgalmak célforgalmi számlálása nehézkes

Emberi munkaerő

Drága technológia

Elavult szabályozás

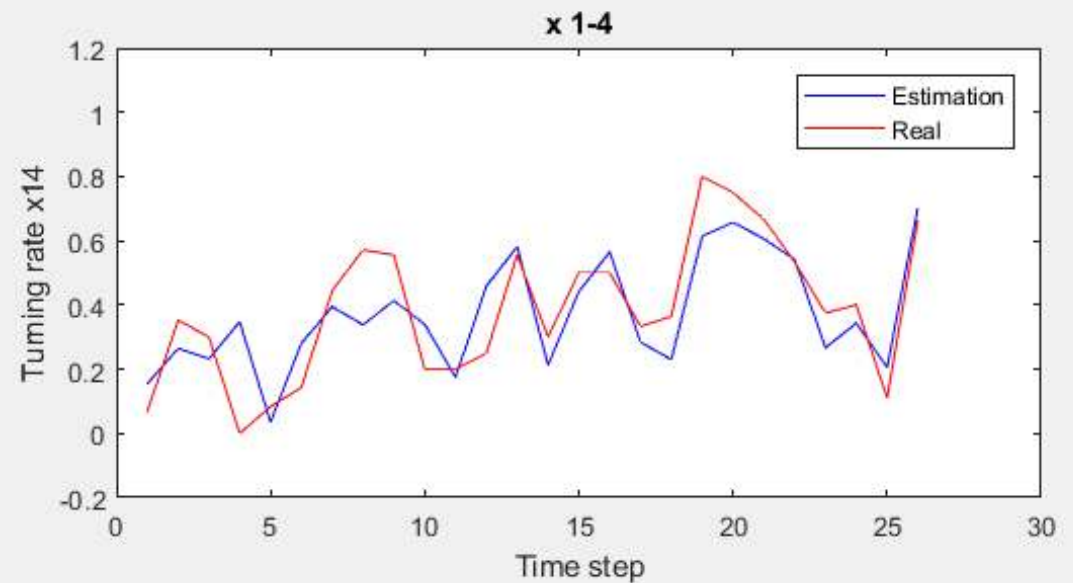
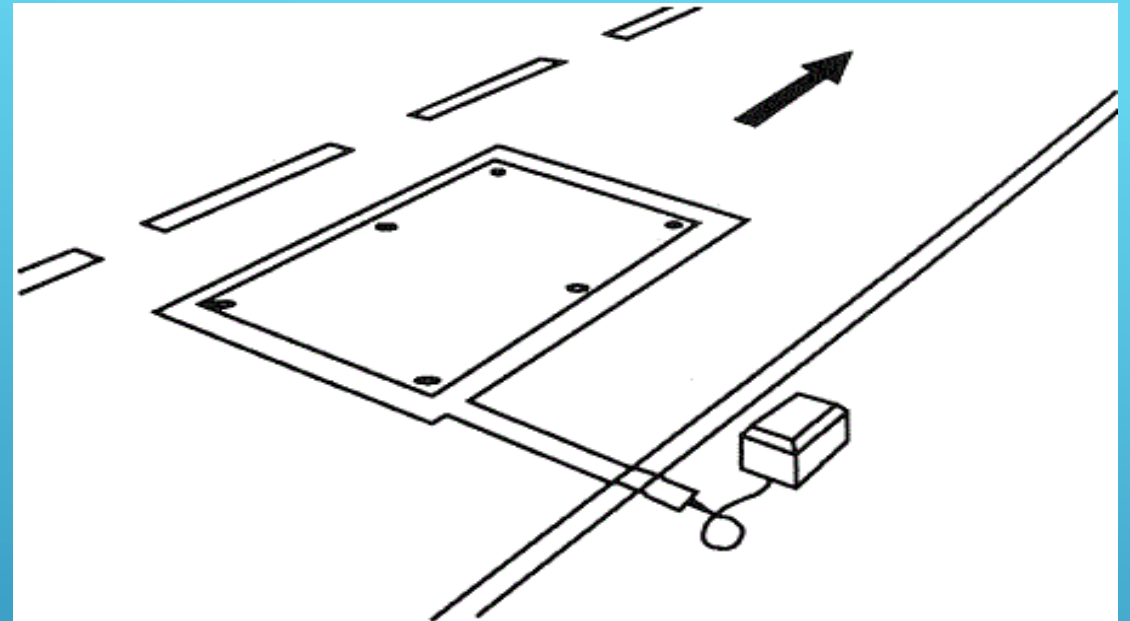


# MEGOLDÁS

Automatikus keresztmetszeti számlálás  
(pl. hurokdetektor, lézeres érzékelés)

Fordulási ráta becslése

Állapottér elméleti becslők



# HAGYOMÁNYOS BECSLŐ MÓDSZER

## 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 kezdeti feltételek

$$b_j = 1$$

$$b_j^* = 1$$

$$a_i^* = 1$$

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

### BP iteráció k-adik lépésben

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

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

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

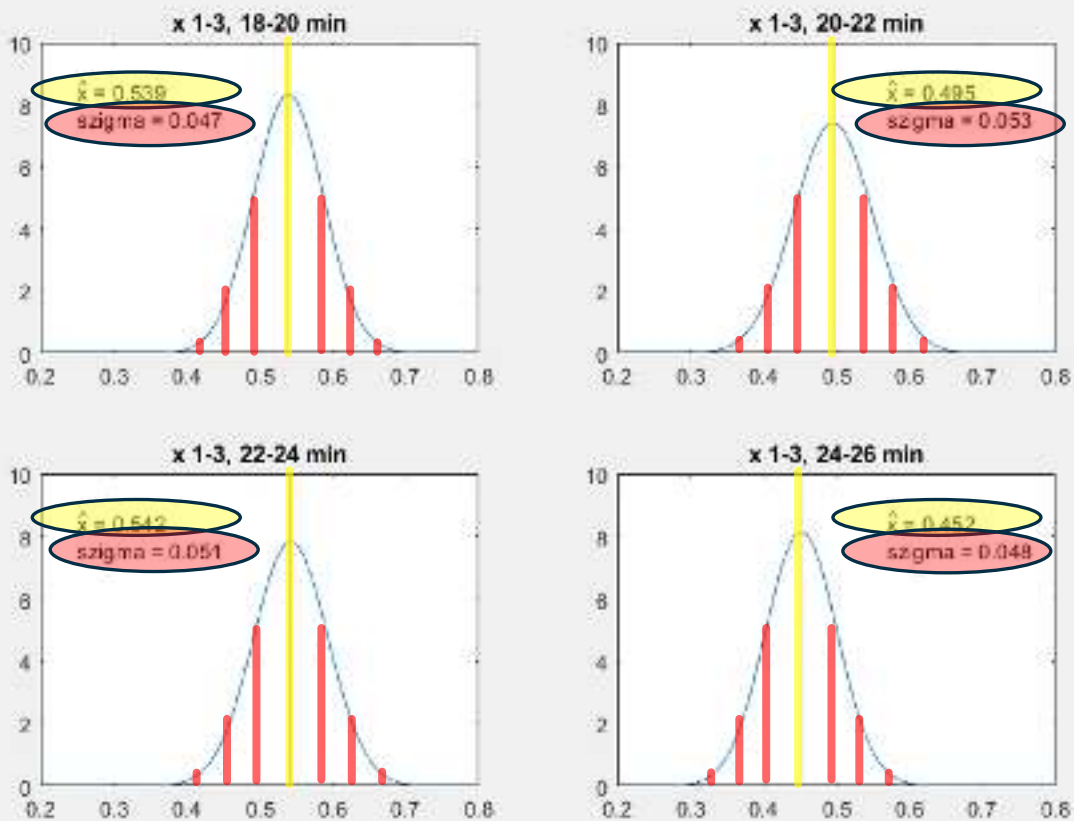
$$T_{ij} = t_{ij} a_i b_j$$

# ÁLLAPOTTÉR-ELMÉLETI BECSLŐ MÓDSZEREK

## Kalman-szűrő korlátozásokkal (cKF)

cKF-I  $\rightarrow W = I$  (egységmátrix)

cKF-P  $\rightarrow W = P(k)^{-1}$



## 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

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

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

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

$$k := k + 1$$

Hangolási paraméterek

Várható érték

Szórások

Súlymátrix

## cKF korlátok kezelése

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

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

# ÁLLAPOTTÉR-ELMÉLETI BECSLŐ MÓDSZEREK

## Mozgó időhorizontú becslés (MHE)

### MHE-algoritmus

Mérés, ami  $y(k)$ -t szolgáltatja

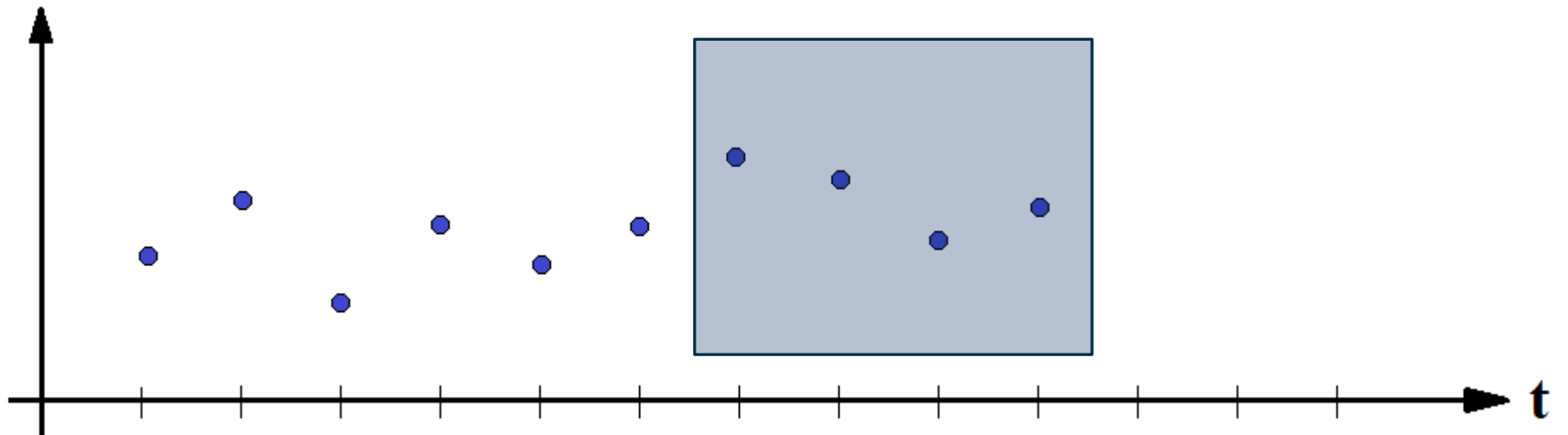
Optimalizálás a korlátozások betartása mellett:

$$\min_{\hat{x}(j), \hat{v}(j), \hat{z}(j), j=k-N+1, \dots, k-1} J(k)$$

Időablak továbbgördítése:  
 $k := k + 1$

### $J(x)$ költségfüggvény

$$J(x) = \sum_{j=k-N+1}^{k-1} [\hat{v}(j)^T Q^{-1} \hat{v}(j)] + \sum_{j=k-N+1}^k [\hat{z}(j)^T R^{-1} \hat{z}(j)] + (\hat{x}(k-N+1) - \bar{x}(k-N+1))^T P^{-1} (\hat{x}(k-N+1) - \bar{x}(k-N+1))$$



# KÖRFORGALMI SZÁMLÁLÁS

Két helyszín

Délelőtti, délutáni mérések

Összes irány  
számlálása a hatékonyság  
jellemzősége végett



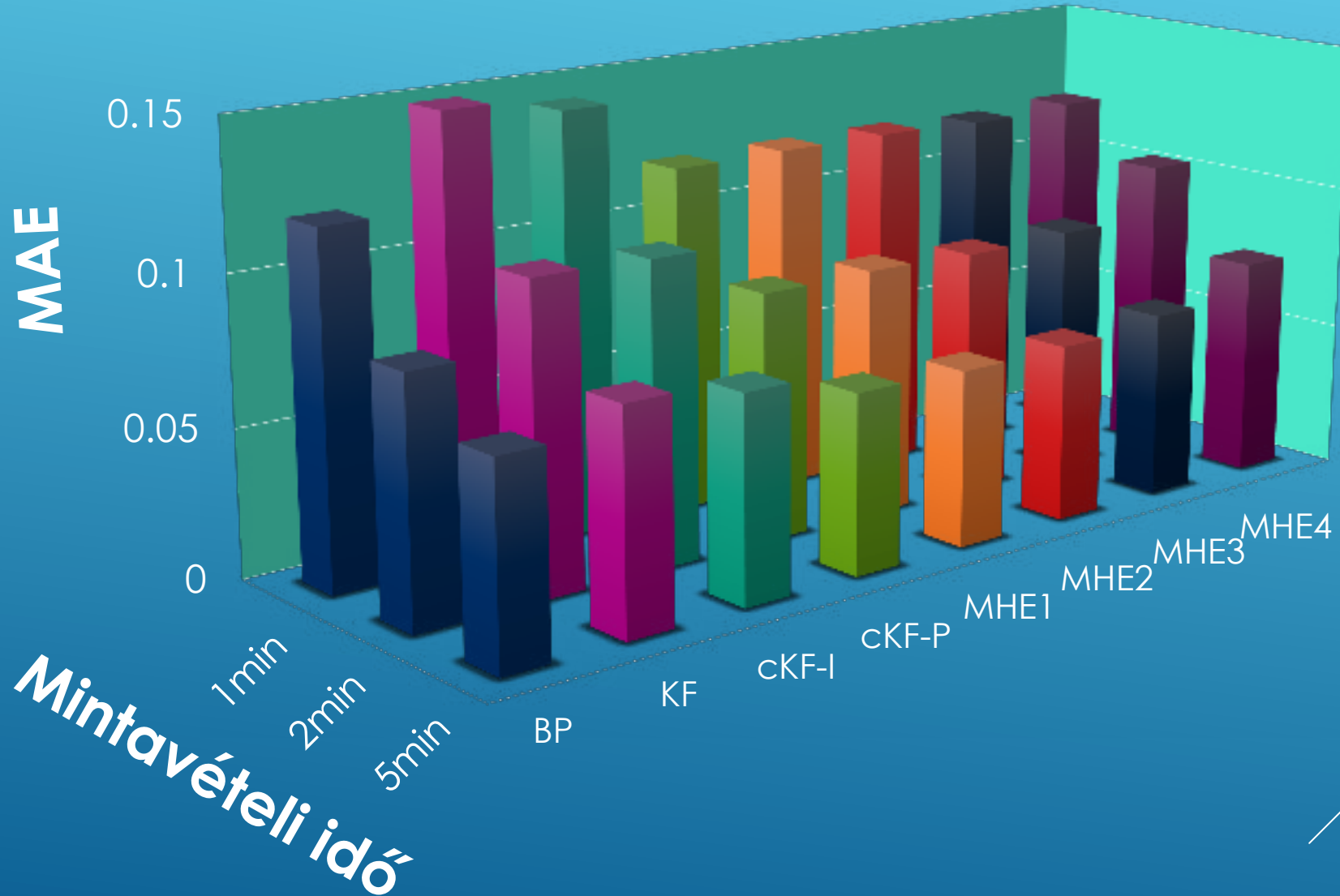
*A drónmérést végezte: MS Kft.*

# HANGOLÁS

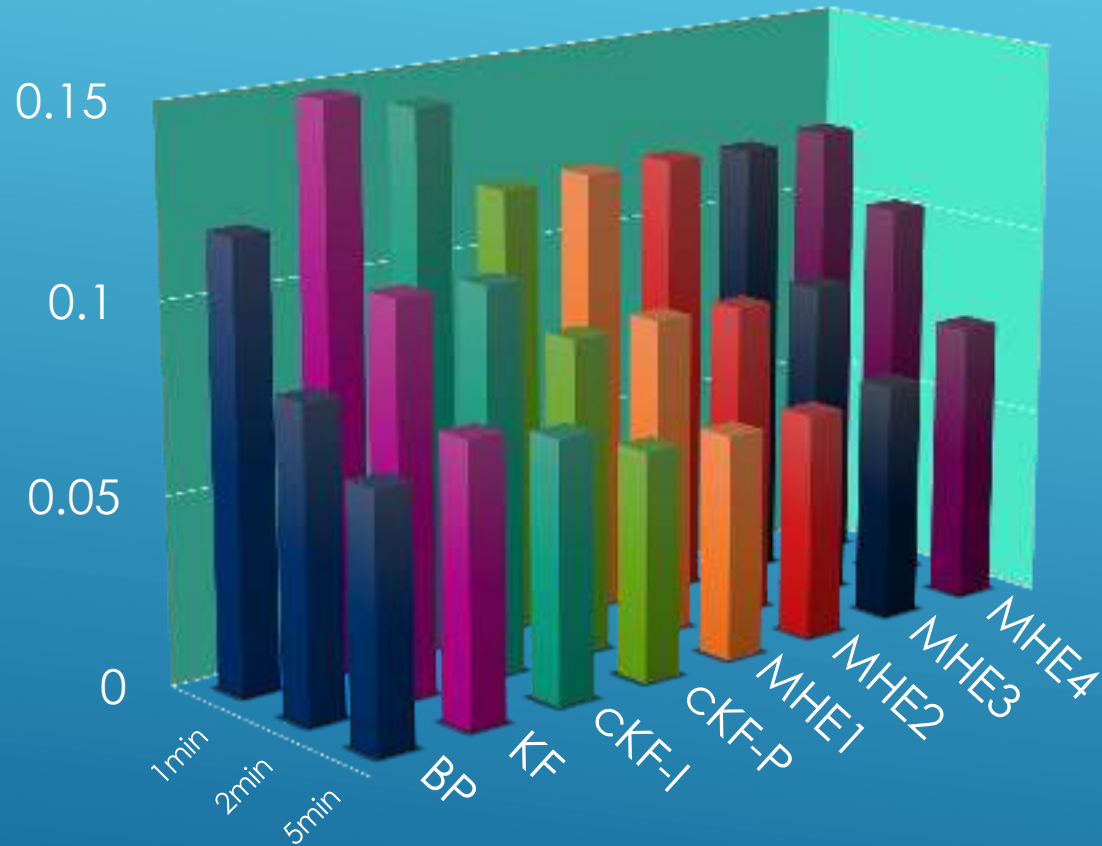




# EREDMÉNYEK



# EREDMÉNYEK



Nagyobb mintavételi idő →  
Pontosabb becslés

Korlátok kezelése →  
Pontosabb becslés

Állapottér elméleti becslők:

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

# SZIMULÁCIÓS ESETTANULMÁNY

**1** Valós mérések (15 perces mintavételi idő)

**2** Vissim-modell felépítése

**3** Modell validálása

**4** Becslők hangolása

**5** Leghatékonyabb becslő kiválasztása

**6** Különböző forgalmi helyzetek szimulációja

**7** Becslő pontosságának vizsgálata



# KONKLÚZIÓ

15 perces mintavételi idő → **cKF-P** a leghatékonyabb

Változó forgalmi helyzet → nem csökken **cKF-P** hatékonysága

**cKF-P** hangolása:

- Egyértelmű
- Nem érzékeny a különböző forgalmi helyzetekre

Hibrid megoldási javaslat

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

# TOVÁBBI KUTATÁSI CÉLOK

Különböző körforgalomtípusok, hagyományos csomópontok vizsgálata

Forgalomfüggő hangolási mátrixok

Járműkategóriák kezelése

# KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Készítette: Gressai Mánuel  
Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

2021

*A kutatást támogatta: MS Kft.*



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