

M3-as autópálya  
Gödöllő és M0  
közötti szakaszának  
forgalomirányítása  
útvonalajánló  
rendszer  
alkalmazásával

Vizi István Patrik

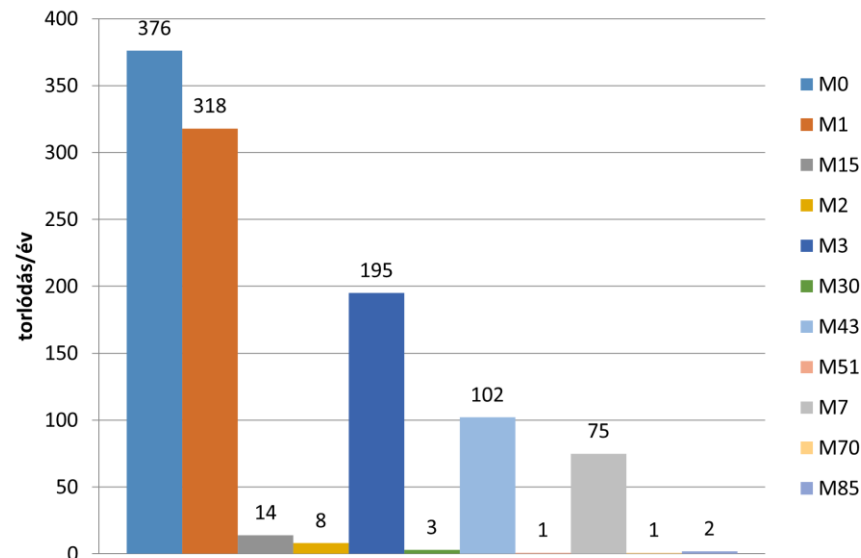
2022.01.25



# Miért szükséges az útvonalajánlás?

- Rohamosan növekvő járműszám
- Gyakorta kialakuló torlódások
  - Véletlenszerű, egyszeri
  - Vagy ismétlődő probléma
- Eredménye:
  - Áteresztőképesség csökkenése
  - Utazási idő növekedés
  - Közlekedésbiztonság csökkenése
  - Környezetterhelés növekedése

**Torlódások száma (autópálya, autópálya)**  
**2019-ben**

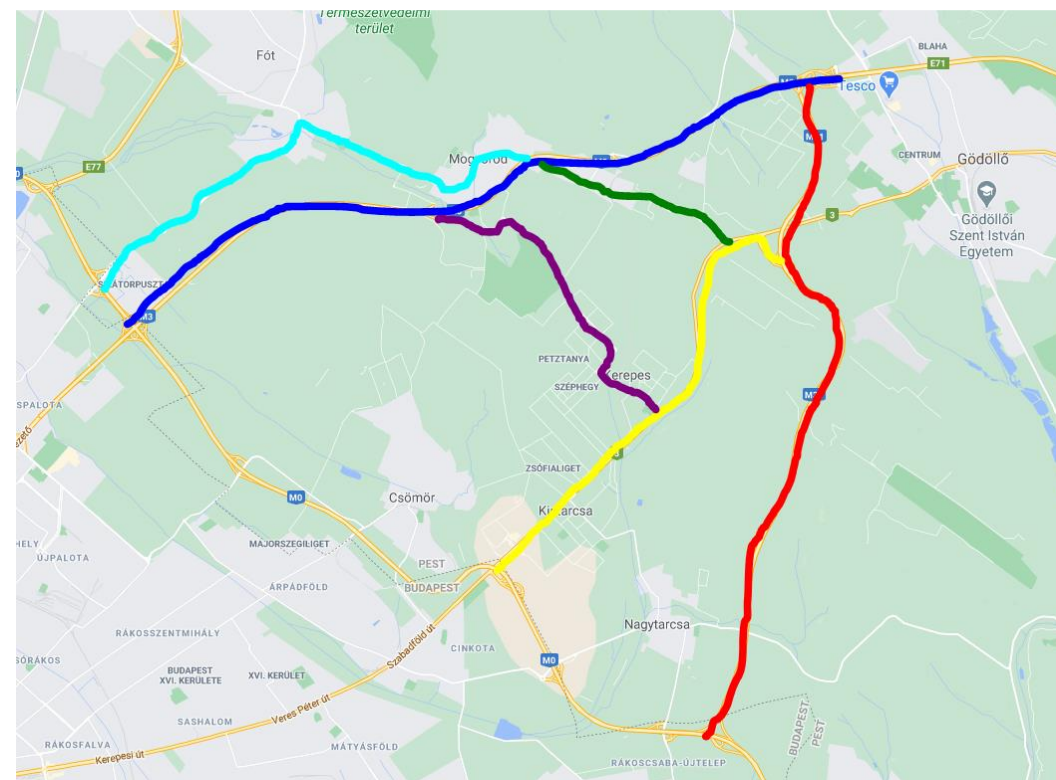


Sorrend	Útszám	Szakasz	Torlódások száma	Csúcs szakasz	Csúcs torlódások száma	Csúcs koncentráció [torlódás/km]
1.	M0	0+000-30+000	284	0+000-10+000	163	16,3
2.	M43	50+000-60+000	98	50+000-60+000	98	9,8
3.	M3	0+000-70+000	168	0+000-10+000	63	6,3
4.	M1	10+000-60+000	151	40+000-50+000	38	3,8
5.	M1	100+000-140+000	79	120+000-130+000	35	3,5
6.	M7	0+000-20+000	40	10+000-20+000	23	2,3

# Irányítási terület kiválasztása

- M3-as autópálya:
  - Elmarad az M0-tól vagy M1-től
  - Egyre nagyobb forgaloma
- Megfelelő számú és kapacitású alternatív útvonal (M31, 3-as főút)

Útszám	Megye	Határszelvényei		MOF	Kapacitás kihasználtság	Összes forgalom [E/nap]
<b>M3</b>	Pest	13+065	13+404	8084	119%	<b>98020</b>
<b>M3</b>	Pest	13+404	18+050	5973	88%	<b>66370</b>
<b>M3</b>	Pest	18+050	22+811	5254	77%	<b>58373</b>
<b>M3</b>	Pest	22+811	27+374	4960	73%	<b>55111</b>





# Útvonalajánló rendszer Vissim forgalomszimulációs környezetben

Vissim COM felület felépítésének lépései:

1. Vissim úthálózat felépítése
2. COM kliens létrehozása a MATLAB platformban
3. Szimuláció részletes programozása
4. Szimuláció futtatása COM programból



# Vissim úthálózat felépítése

## ➤ Súlyozott gráf:

### ➤ 8 csomópont:

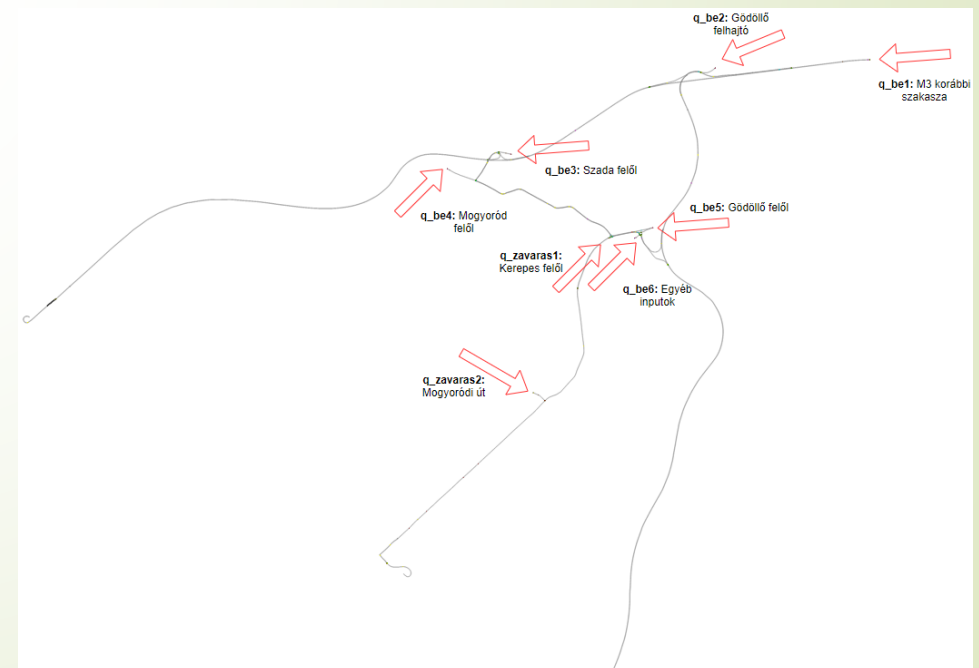
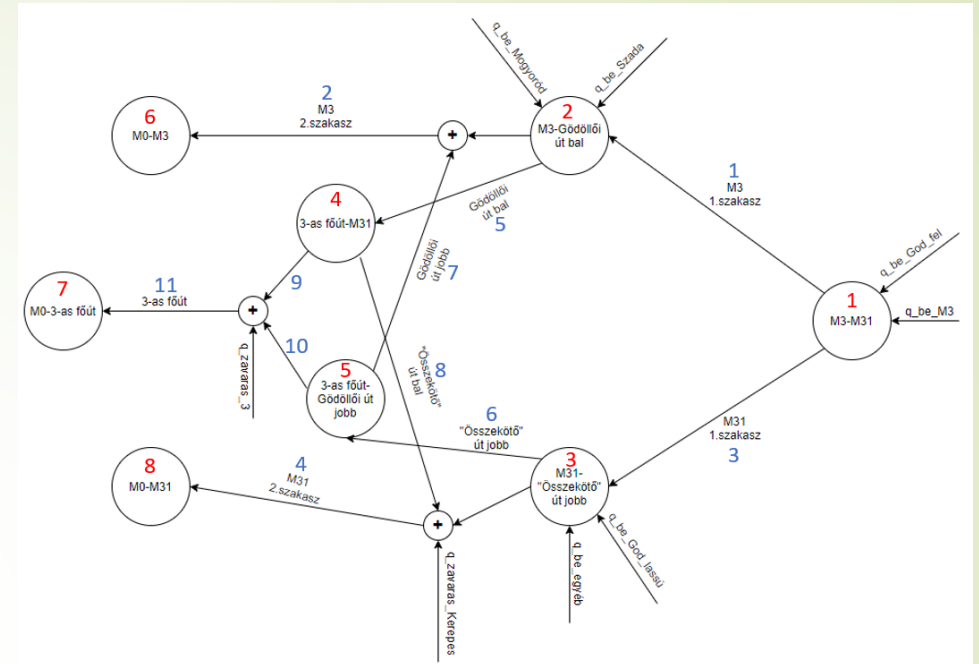
- 2 fiktív:  $O_n \leq 2$  kell legyen
- 3 kiindulási és 3 érkező
- 6 irányított és 2 irányítatlan jármű input
  - 8 mérőállomás
  - 5 fordulási ráta

### ➤ 11 útszakasz:

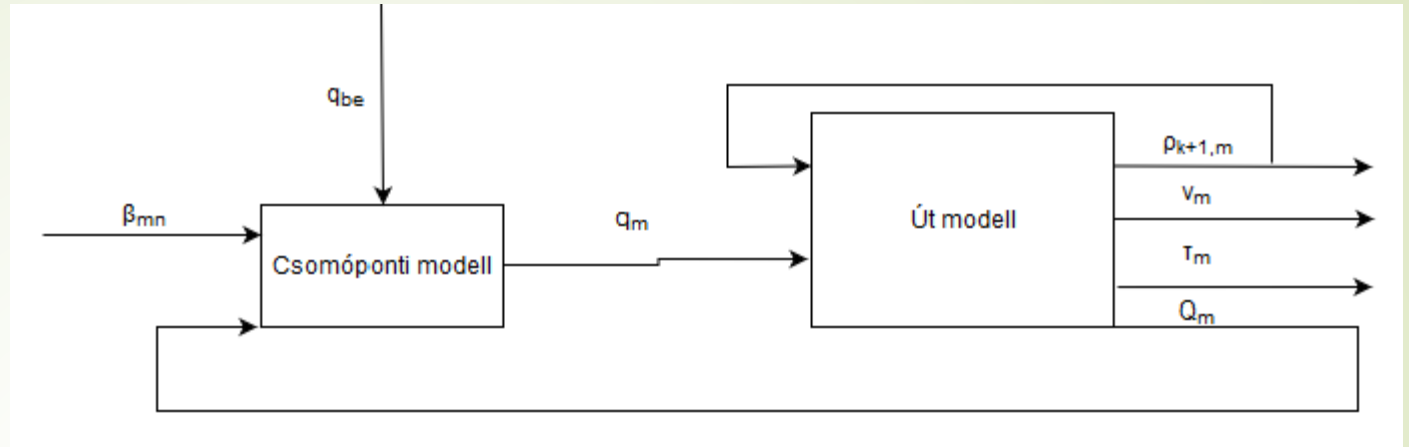
- 28 vizsgálati szakasz → eljutási idő alapú súlyozás

### ➤ Valóság lehető legpontosabb leképezése:

- Sebességkorlátozások
- Elsőbbségadási kötelezettségek
- Valós forgalmi adatok (FIR)



# Közlekedési hálózat modellezése



## ➤ Útmodell:

### ➤ Hálózat leképezése:

$$\text{➤ } \rho_m(k+1) = \rho_m(k) + \left(\frac{T}{\Delta_m}\right) * [q_m(k) - Q_m(k)]$$

$$\text{➤ } Q_m(k) = \rho_m(k) * v_m(k)$$

### ➤ Utazási idő kijelzése:

$$\text{➤ } v_m(k) = v_{szabad} * \exp\left(-\left(\frac{1}{a}\right) * \left(\frac{\rho_m(k)}{\rho_{opt}}\right)^a\right)$$

$$\text{➤ } \tau_m = \frac{\Delta_m}{v_{\text{átlag},m}}$$

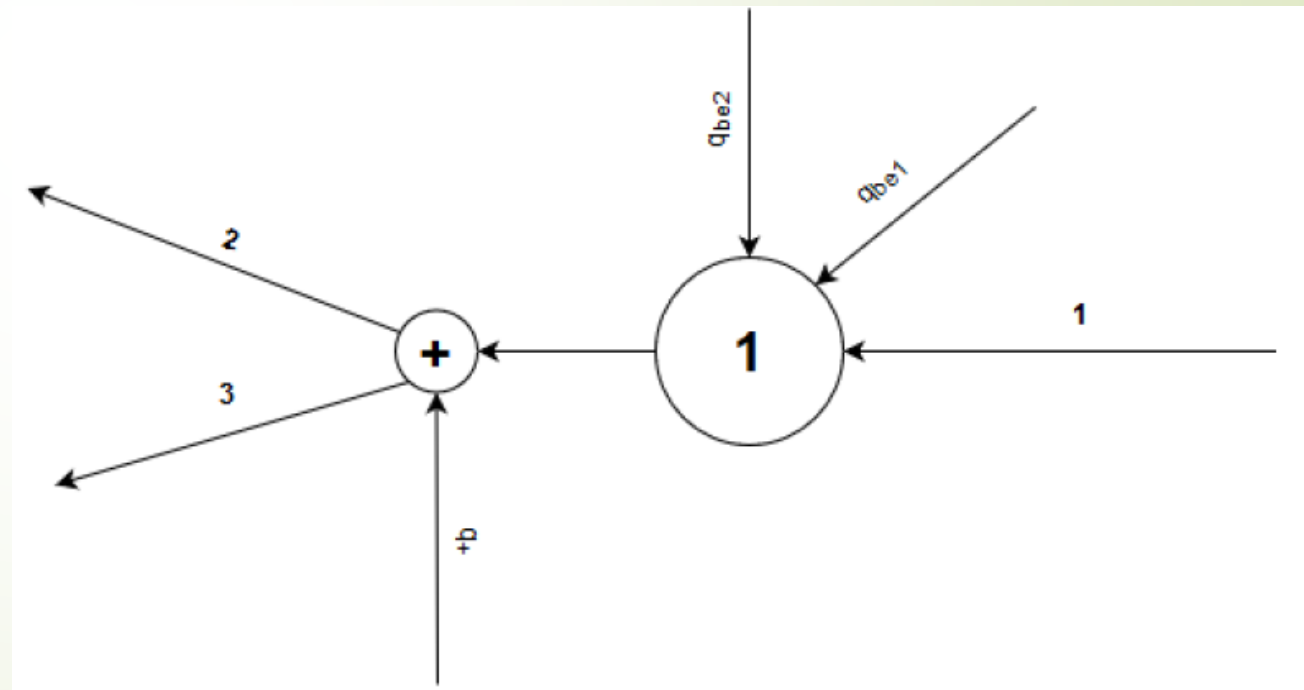
## ➤ Csomóponti modell:

### ➤ Útszakaszok bemenő forgalmának számítása:

$$\text{➤ } q_m(k) = \beta(k) * q_{be}(k) + q_+(k)$$

és

$$\text{➤ } q_n(k) = (1 - \beta(k)) * q_{be}(k) + q_+(k)$$



# Útvonalajánlás PTV Vissim szimulációs környezetben

```
for i=0:(periodus*lepeskoz)
```

```
sim.RunSingleStep;
```

```
if i>0
```

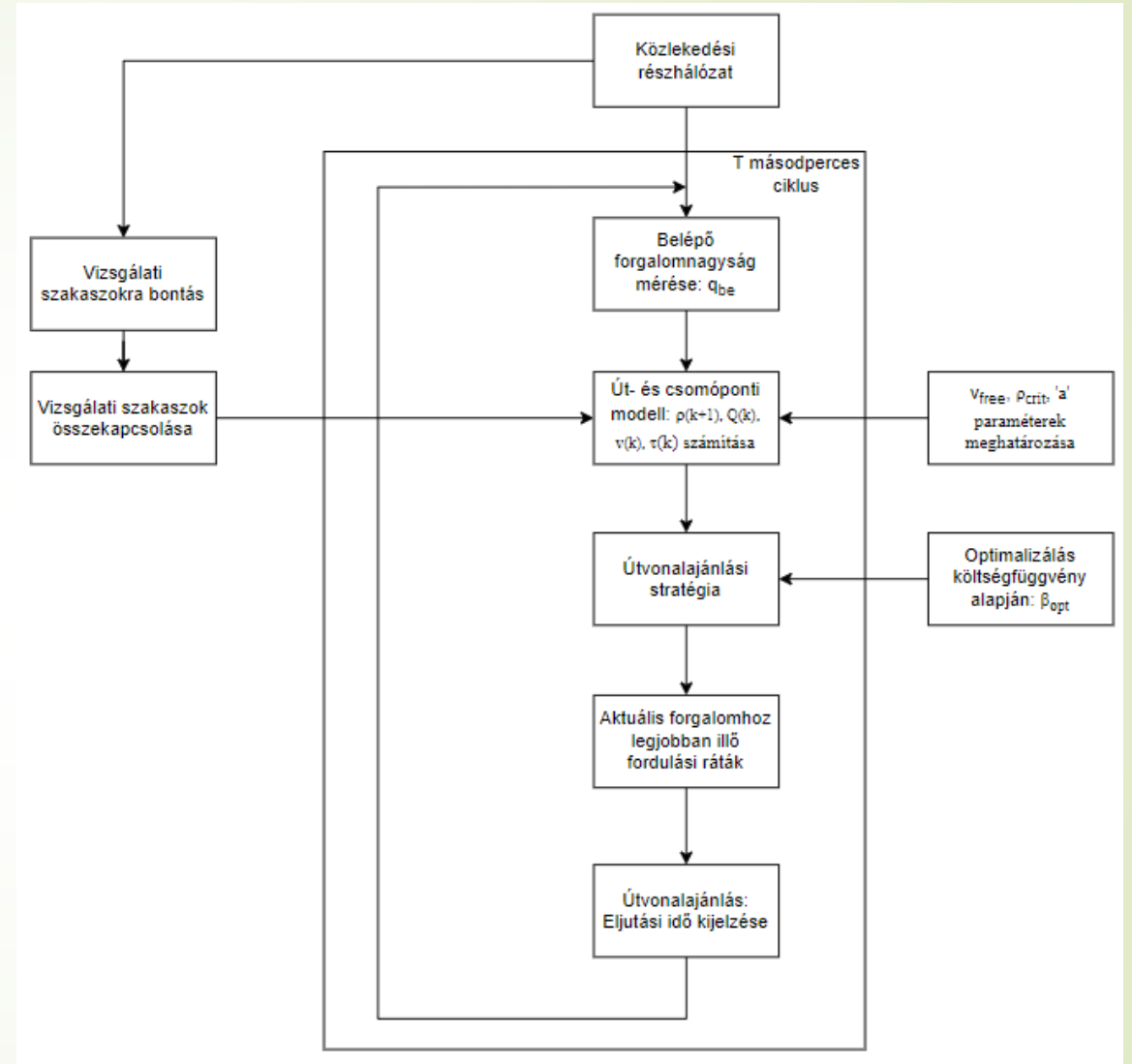
```
if mod(i/lepeskoz,T)==0
```

1. **Mérések:**  $q_{be}$  és  $q_{zavaras}$  forgalomnagyságok mérése
2. **Számítások:** Forgalmi paraméterek számítása az útvonalajánló modellel.
3. **Útvonalajánlási stratégia:** Forgalomhoz legjobban illő fordulási ráták meghatározása.
4. **Beavatkozás:** Számított fordulási ráták visszacsatolása a rendszerbe (jármű útvonalak szimuláció közbeni állításával)

```
end
```

```
end
```

```
end
```

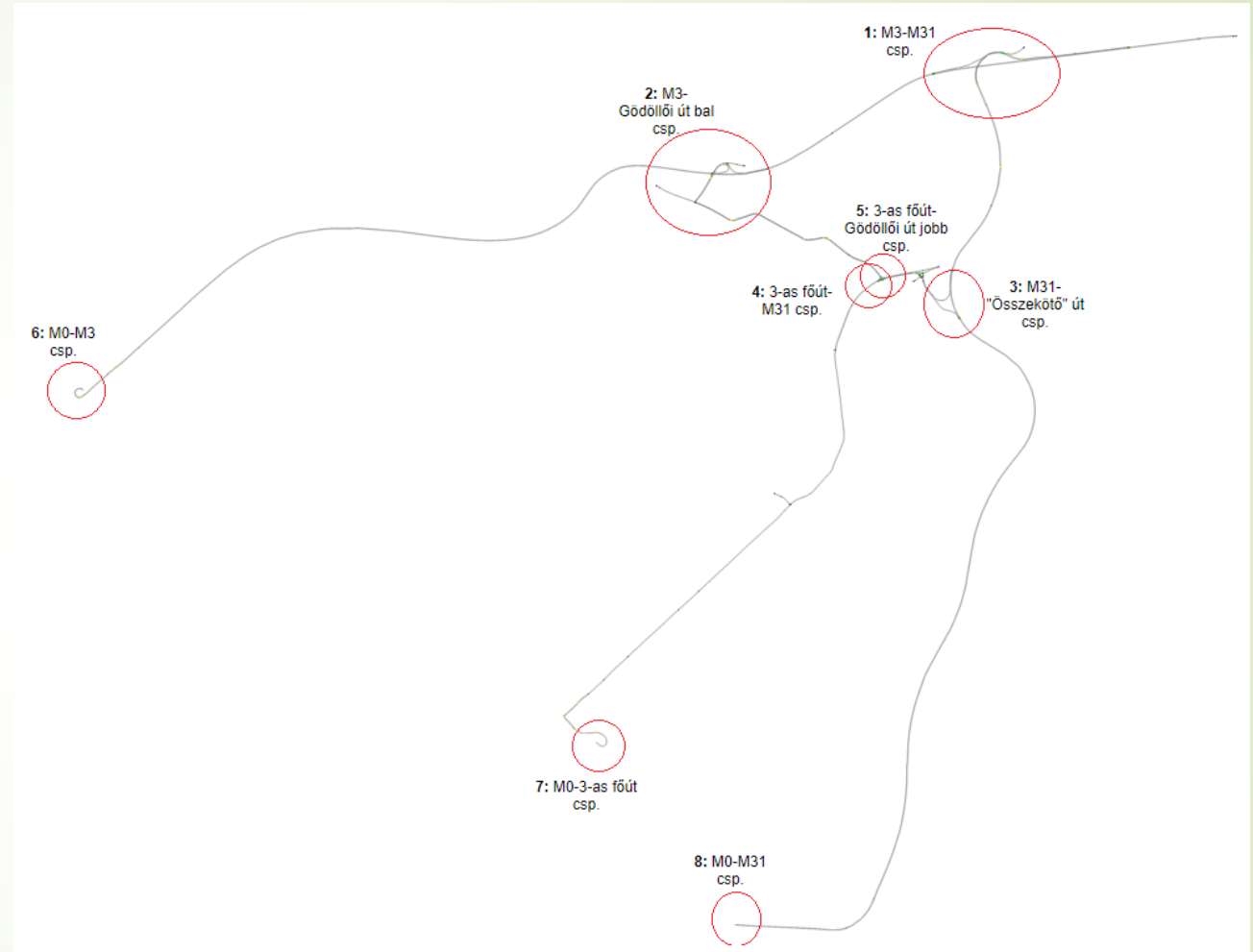


# Útvonalajánlási stratégia: Genetikus algoritmus

- Keresési technikák, amelyek valamilyen optimum megtalálására alkalmasak.
  - Költségfüggvény alapján kiszűri a kedvezőtlen költséggel rendelkező egyedeket.
  - Végtelen norma költségfüggvény:
  - MOF-ra tervezve
  - Optimális fordulási ráták meghatározása, melyekkel az útvonalakhoz tartozó eljutási idő minimális lesz.

$$\min \rightarrow \max_{i=1}^n |\tau_i|$$

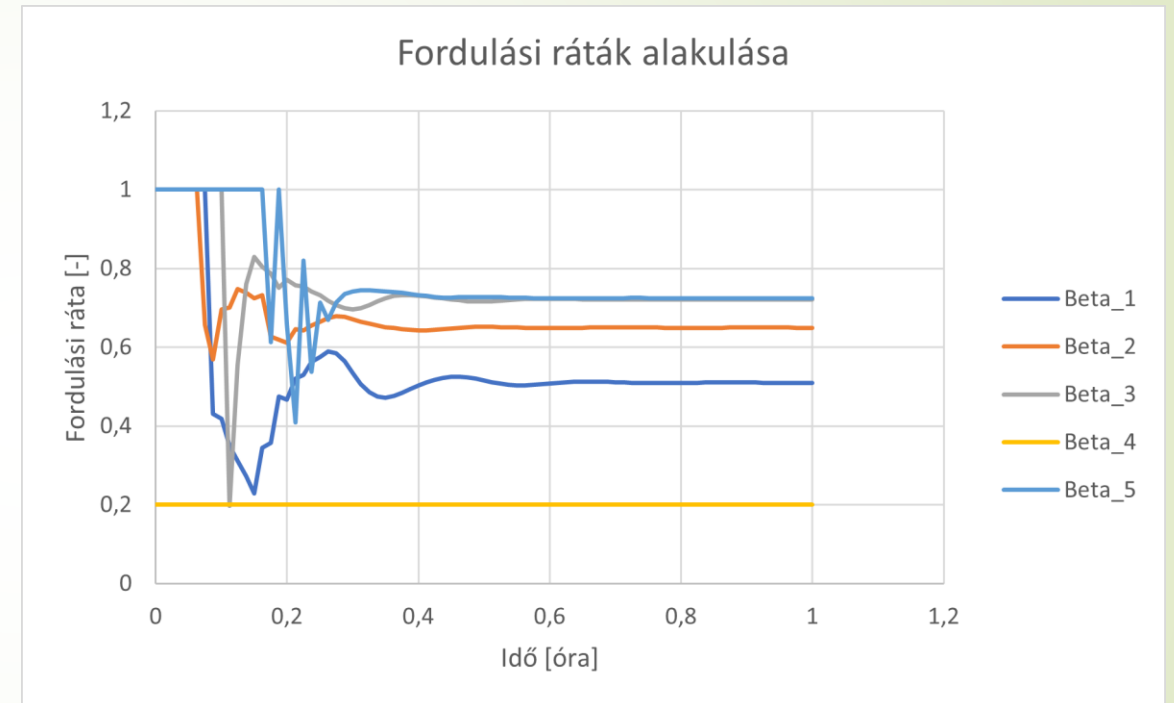
Alap	GA
$\beta_1 = 70\%$	$\beta_1 = 30,48\%$
$\beta_2 = 76\%$	$\beta_2 = 59,9\%$
$\beta_3 = 80\%$	$\beta_3 = 88,1\%$
$\beta_4 = 35\%$	$\beta_4 = 100\%$
$\beta_5 = 88\%$	$\beta_5 = 100\%$





# Útvonalajánlási stratégia: LQ szabályzó

- Célja a rendszer költségfüggvényének minimalizálása → az útvonalajánló rendszer teljesítménye a lehető legkisebb költséggel maximalizálható.
- A szabályzó létrehozása (MOF-ra tervezve):
  1. Állandósult állapot meghatározása:  $\rho^*$  és  $\beta^*$  értékek
  2. Rendszer linearizálása: A, B, C, D rendszermátrixok
  3. Állapot-visszacsatolási mátrix kiszámítása:  $[K] = \text{dlqr}(A, B, C, D, Q, R)$
- Dinamikusan működő LQ szabályzó:
$$\beta = \beta^* - K * (\rho - \rho^*)$$



# Vissim szimuláció kiértékelése: Közlekedési hálózat teljesítménye

- MOF\*1,5 alkalmazása → forgalomfüggőség szemléletesebb

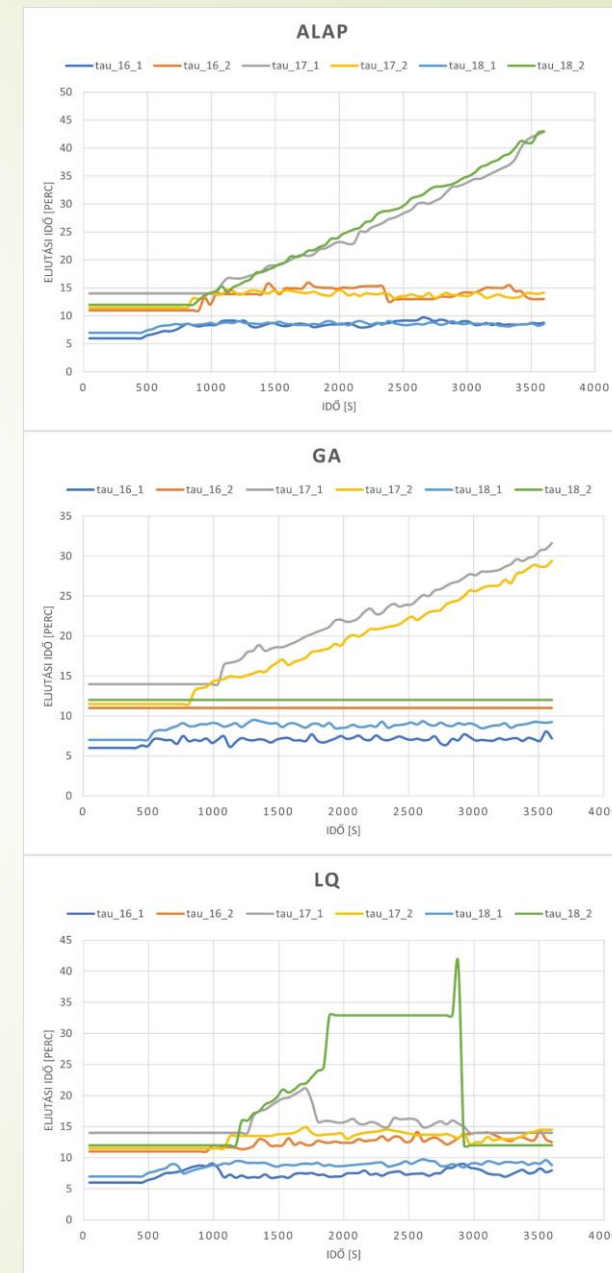
Stratégia	Átlagsebesség [km/h]	Összes megtett távolság [km]	Összes jármű által a hálózaton töltött idő [h]
Alap	61,211	96928,470	1583,512
GA	51,822	72289,859	1394,962
LQ	65,293	81003,698	1240,623

- Az összes jármű által a hálózaton töltött idő:
  - GA szabályzó: 113%-os,
  - LQ szabályzó: 127%-os teljesítménynövekménnyel bír.

# Vissim szimuláció kiértékelése: Útvonalak eljutási idejeinek alakulása

- Vagy csak az M3-as (sötét kék) vagy csak az M31-es (világos kék) autópálya a legkedvezőbb választás
- Görbék közel egymáshoz → alternatív útvonalak szerepe is jelentős
- Eljutási idők alakulása az 1-es csomópont és M0 között:

Stratégia	Átlagos eljutási idő [perc]	Átlagos időnyereség [perc]	A teljes vizsgálati idő alatti összes időnyereség [perc]
Alap	15,06	-	-
GA	13,03	2,03	162,4
LQ	12,7	2,36	188,8



# Vissim szimuláció kiértékelése: Torlódások kialakulásának vizsgálata

- Az egyes útvonalaknak a kiindulási állapota (üres szakaszok) és állandósult állapota közötti  $\Delta\tau_{nj}^i$  eljutási időkülönbségei alapján.
- Eredmények:
  - Alap: akár 30 perces torlódások
  - GA: enyhébb 15-18 perces torlódások (nem erre a forgalomnagyságra tervezve!)
  - LQ: nem alakulnak ki torlódások

	Stratégia		
	Alap	GA	LQ
$\Delta\tau_{16}^1$	2,78	1,2	1,96
$\Delta\tau_{16}^2$	2	0	1,5
$\Delta\tau_{17}^1$	28,88	17,64	0
$\Delta\tau_{17}^2$	2,65	17,92	3
$\Delta\tau_{18}^1$	1,56	2,24	1,8
$\Delta\tau_{18}^2$	31	0	0
$\Delta\tau_{26}$	2,12	1,28	1,99
$\Delta\tau_{27}$	23,85	15,89	0
$\Delta\tau_{28}$	27	0	0
$\Delta\tau_{36}$	0,49	0	0,43
$\Delta\tau_{37}$	2,45	17,1	2
$\Delta\tau_{38}$	1,73	2,2	1,93

Köszönöm a figyelmet!



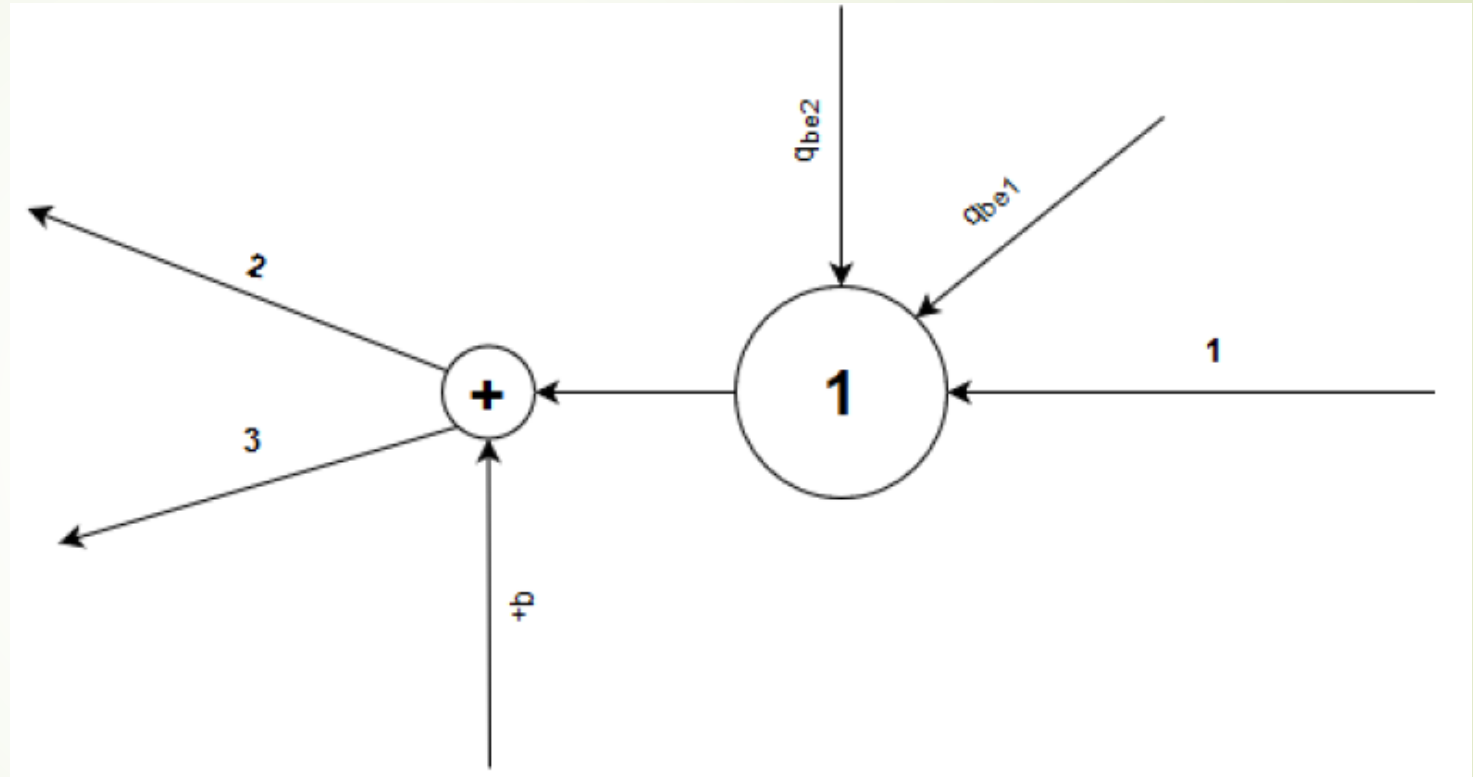


# Bírálatban feltett kérdések

1. Magyarázza el, hogy a csomóponti modellben hogyan érvényesül a járműmegmaradás elve.

➤ 1-es csomópontba belépő forgalom:  
 $q_{1-es\ csp.} = Q_1 + q_{be1} + q_{be2} + q_+$

➤ Csomópontot elhagyó utak belépő forgalmi:  
 $q_1 = \beta * (Q_1 + q_{be1} + q_{be2}) + q_+$   
 $q_2 = (1 - \beta) * (Q_1 + q_{be1} + q_{be2})$



# Bírálatban feltett kérdések

2. Milyen statikus, historikus és valós idejű adatokra van szükség az algoritmus működéséhez? Milyen szenzorok segítségével szerezhetők be ezek az adatok?

## ▶ Statikus adatok:

▶ Sebesség számításához szükséges paraméterek:

▶  $v_{szabad}, a, \rho_{opt}$

▶ Szabályzók működéséhez szükséges paraméterek:

▶  $\rho^*, \beta^*$

▶ Egyéb paraméterek:

▶  $T, \Delta_m$

## ▶ Historikus adatok:

▶ Nem szükséges az algoritmus működéséhez

## ▶ Valós idejű adatok:

▶ Vizsgálati területre belépő forgalom nagyságok:

▶ 1-es, 2-es és 3-as jelű csomópontokba belépő forgalom mérése