

# Célforgalmi mátrix becslése genetikus algoritmus segítségével

Diplomaterv (2015/2016)

Készítette: Gráf Tamás (LWPLSR)

Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

1



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

# Tartalom

- ▶ Célforgalmi mátrix meghatározása
  - ▶ Adatfelvételi eljárások nehézségei
  - ▶ Mátrixok meghatározásának problémái
- ▶ Genetikus algoritmus
  - ▶ Általános jellemzők
  - ▶ Alkalmazásai a közlekedésben
- ▶ Célforgalmi mátrix becslése genetikus algoritmus segítségével
  - ▶ Modell megfogalmazása, munkafolyamat
  - ▶ Változatok kialakítása, értékelése
  - ▶ Kiemelt esetek eredményei, következtetések

# Célforgalmi mátrix mérése

Zónák	1	2	...	$j$	...	$n$	
1	$T_{11}$	$T_{12}$	...	$T_{1j}$	...	$T_{1n}$	$O_1$
2	$T_{21}$	$T_{22}$	...	$T_{2j}$	...	$T_{2n}$	$O_2$
⋮	...	...	...	...	...	...	⋮
$i$	$T_{i1}$	$T_{i2}$	...	$T_{ij}$	...	$T_{in}$	$O_i$
⋮	...	...	...	...	...	...	⋮
$n$	$T_{n1}$	$T_{n2}$	...	$T_{nj}$	...	$T_{nn}$	$O_n$
	$D_1$	$D_2$	...	$D_j$	...	$D_n$	$T$

ahol  $D_j = \sum_i T_{ij}$ ,  $O_i = \sum_j T_{ij}$ , és  $T = \sum_{ij} T_{ij}$ .

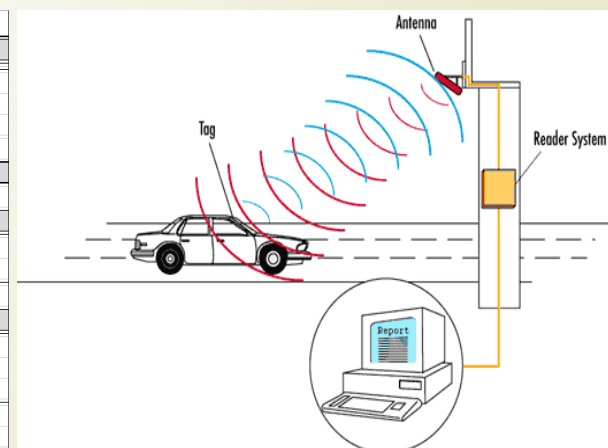
➤ Hagyományos módszerek:

- Telefonos/Útmenti interjú
- **Rendszámrögzítéses adafelvétel**
- FCD, AVI

➤ Rendszámrögzítéses adafelvétel problémái:

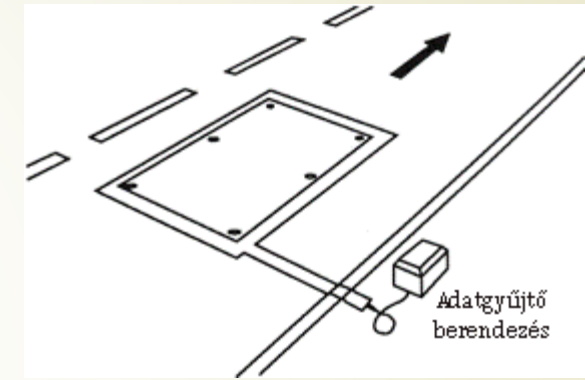
- 400-700 rendszám leolvasása 50 párhoz
- Személyiségvédelmi problémák
- Nagy forgalmú/sebességű utak

CÉLFORGALMI KIKÉRDEZÉS		sorszám:
A2 Dátum:	A3 Mőpont (óra,perc):	kód: 1234
SZ1 1. Férfi <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1. aktív dolgozó	<input type="checkbox"/> 4. GYES/GYED:
SZ2 2. Nő <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 2. aktív nyugdíjas	<input type="checkbox"/> 5. háztartásbeli
SZ3 Élekor <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 3. inaktív nyugdíjas	<input type="checkbox"/> 6. munkanélküli
SZ4 A járműben utazók teljes létszáma:		<input type="checkbox"/> 7. iskolai tanulói
<b>AKTUALIS UTAZÁSA</b>		
U1 Honnan indult? (megjels és utas)		
U2 Mikor indult? (óra,perc)		körzet:
U3 Az utazás módja:	<input type="checkbox"/> 1. szők vezető	<input type="checkbox"/> 3. nehéz tők vezető
	<input type="checkbox"/> 2. könnyű tők vezető	<input type="checkbox"/> 4. mtp. vezető
U4 Hova utazik? (megjels és utas)		
U5 Mikor érkezik oda? (óra,perc)		körzet:
U6 Utazás célja:	<input type="checkbox"/> 1. munkahely	<input type="checkbox"/> 2. munkával kapcsolatos ügyintézés
	<input type="checkbox"/> 4. iskolai/óvoda	<input type="checkbox"/> 5. magán ügyintézés
	<input type="checkbox"/> 7. családtag/gyeő személy szállítása	<input type="checkbox"/> 8. vásárlás
	<input type="checkbox"/> 9. hazatérés	<input type="checkbox"/> 10. egyéb
U7 Milyen gyakran teszi meg ezt az utat?		
	<input type="checkbox"/> 1. naponta	<input type="checkbox"/> 3. hetente többször
	<input type="checkbox"/> 2. hetente	<input type="checkbox"/> 4. havonta
	<input type="checkbox"/> 5. ennél ritkábban	



# Célforgalmi mátrix meghatározása

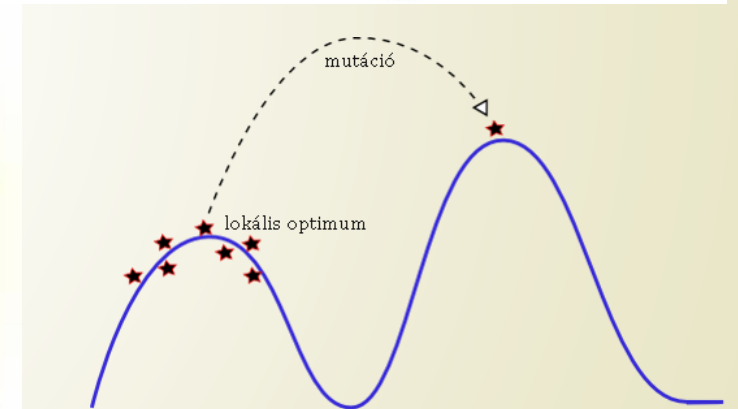
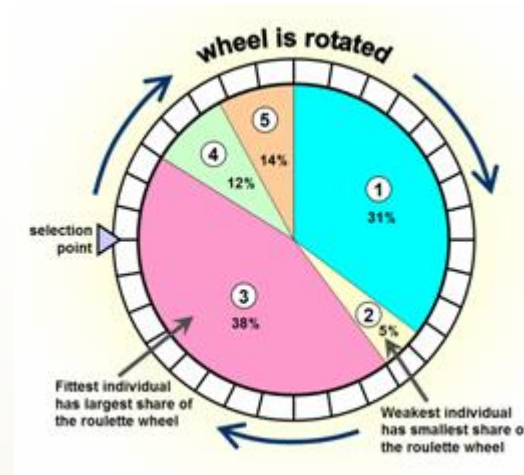
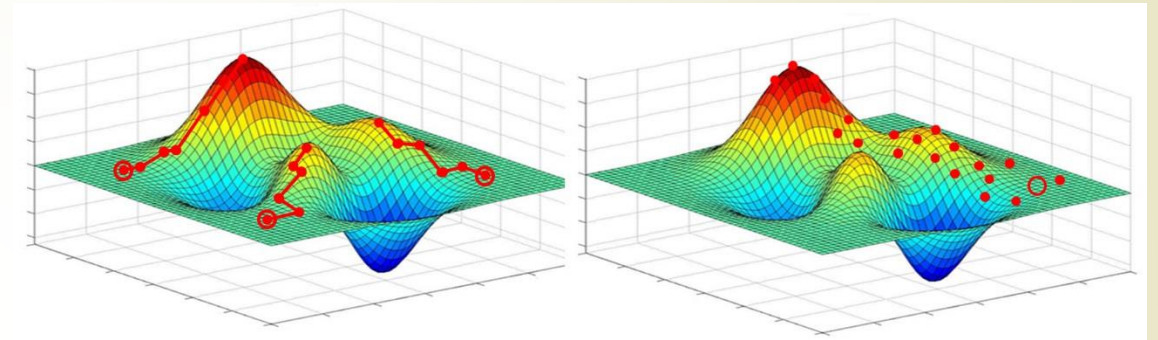
- ▶ Felhasznált adatok
  - ▶ Útvonalak ellenállásai
  - ▶ **Keresztmetszeti forgalomfelvételek**
- ▶ Alulhatározott probléma
  - ▶ **Előzetes célforgalmi mátrix**  $[t_{ij}]$
- ▶ Útvonalválasztás kérdése
  - ▶ **Arányos ráterhelés**
  - ▶ Egyensúlyi ráterhelés



- ▶ Modellek
  - ▶ Gravitációs modell
  - ▶ Információ minimalizáló módszer
  - ▶ Entrópia maximalizáló módszer

# Genetikus algoritmus

- Kódolás
  - Egyed, populáció, generáció
  - Bináris/vektoros
- Kiértékelés
  - Fitnessz függvény
  - Szelekció
- Keresztezés
- Mutáció
- Dekódolás





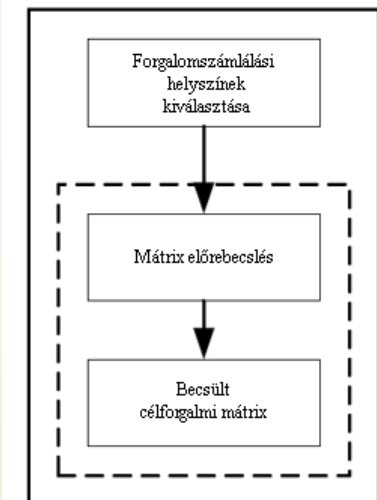
# Genetikus algoritmus a közlekedésmérnöki gyakorlatban

- Jelzőlámpás irányítás tervezése
  - Kétpólusú optimalizálás
  - Fázissorrend optimalizálás
- Modellezett hálózat kalibrálása
  - Floating Car Data alapján
  - VISSIM paraméterek kalibrálása
- Forgalmatszámplálási pontok meghatározása
  - Darabszám
  - Elhelyezés

$$O_c = \max \sum_{i=1} (\omega_i \cdot n_i(g_i, C, t)),$$

$$O_l = \min \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \frac{\text{len}_p}{L_p},$$

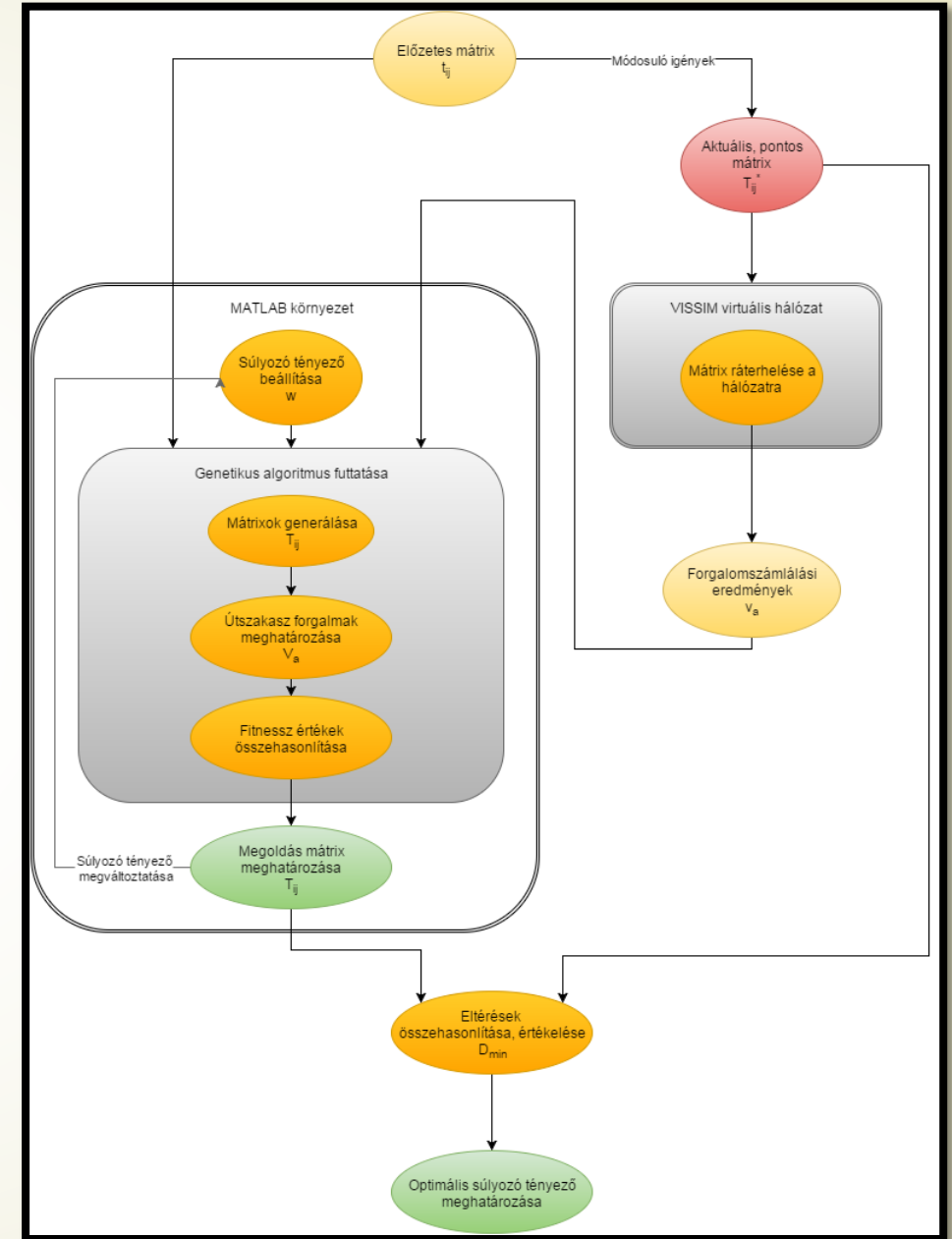
$$J(k) = \sum_{i=1}^n \left\| \frac{\bar{V}_i^{FCD}(k) - \bar{V}_i^{VISSIM}(Q(k))}{\bar{V}_i^{FCD}(k)} \right\|_{\infty} \rightarrow \min$$

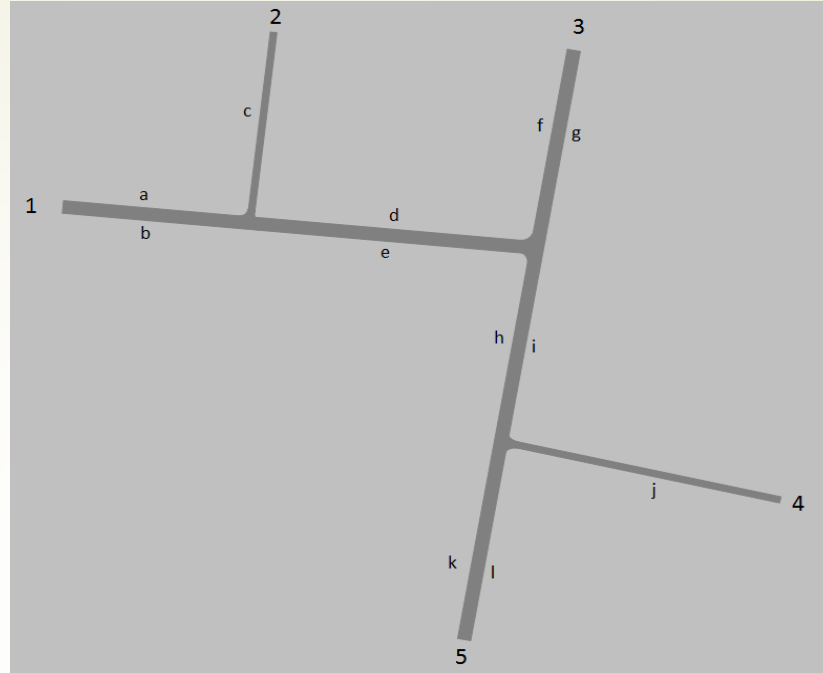
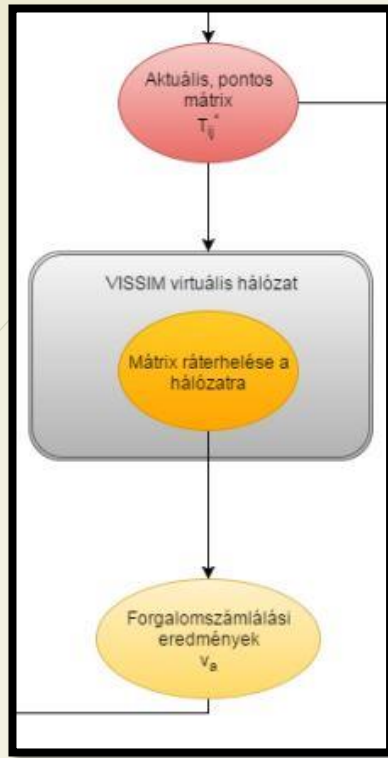


# Célforgalmi mátrix becslése genetikus algorithmus segítségével

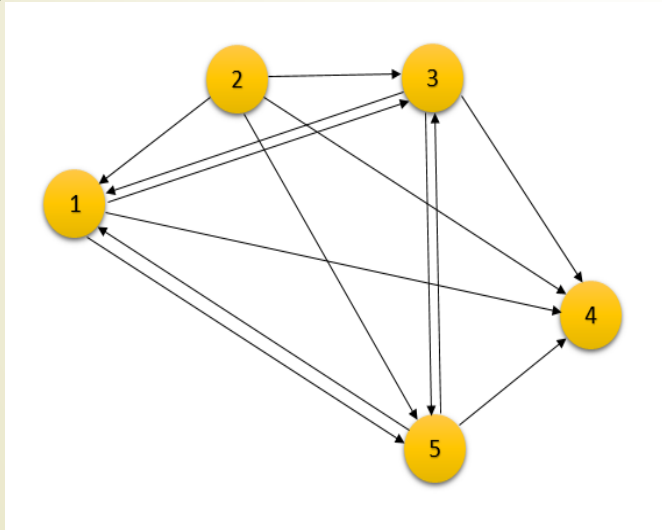
$t_{ij}$ [jármű/óra]	1	2	3	4	5
1			170	60	200
2	70		30	20	100
3	180			50	210
4					
5	150		190	80	

$$t_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 170 & 60 & 200 \\ 70 & 0 & 30 & 20 & 100 \\ 180 & 0 & 0 & 50 & 210 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 150 & 0 & 190 & 80 & 0 \end{bmatrix}$$



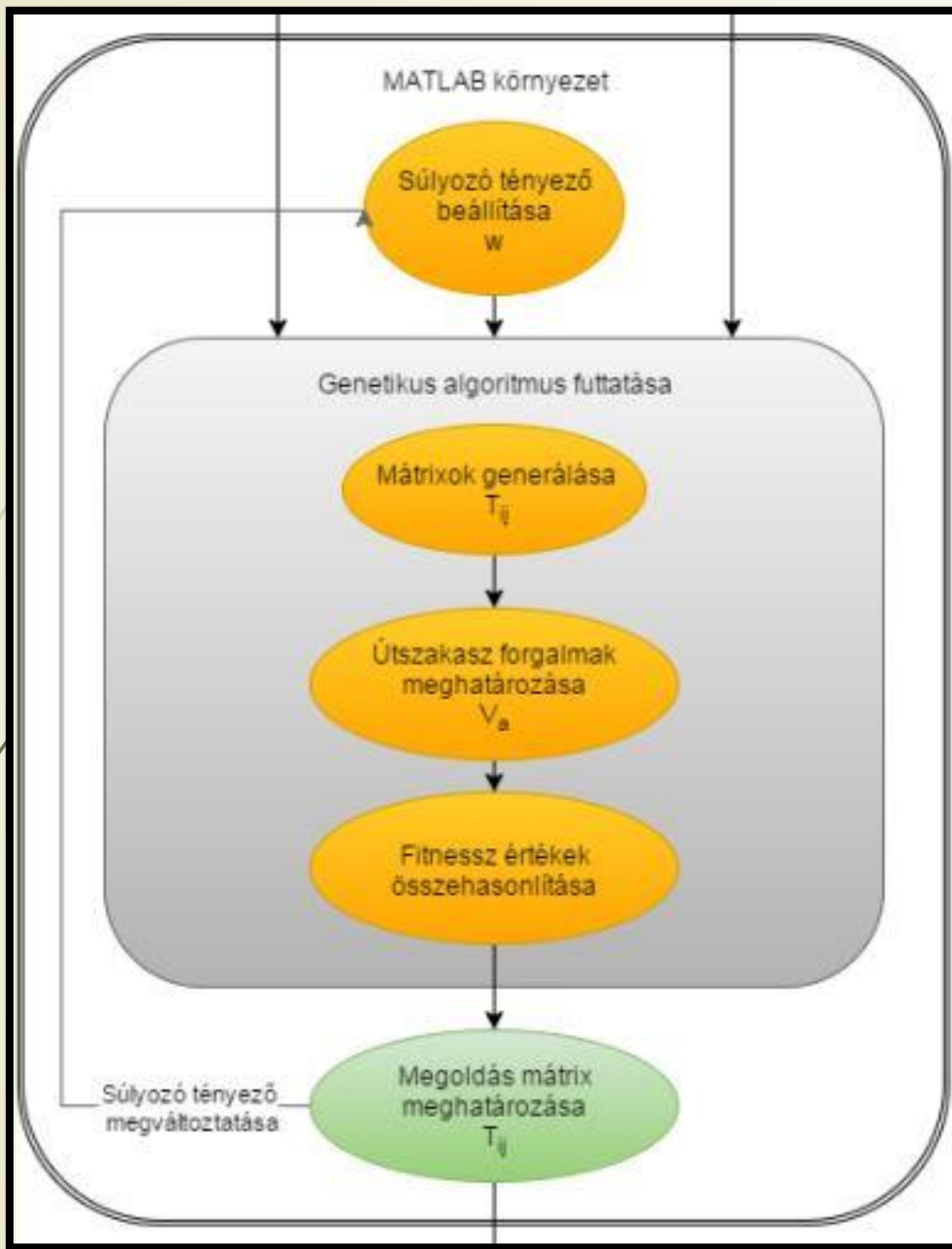


$v_a$	[jmű/óra]
a	398
b	339
c	200
d	332
e	467
f	462
g	371
h	572
i	349
j	217
k	446
l	444

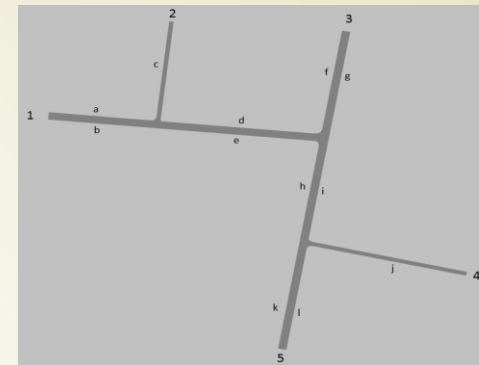


$$v_a = \begin{bmatrix} 398 \\ 339 \\ 200 \\ 332 \\ 467 \\ 462 \\ 371 \\ 572 \\ 349 \\ 217 \\ 446 \\ 444 \end{bmatrix}$$





$$V_a = \sum_{i \in O, j \in D} p_{ij}^a T_{ij}$$



$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \\ V_d \\ V_e \\ V_f \\ V_g \\ V_h \\ V_i \\ V_j \\ V_k \\ V_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{13} \\ T_{14} \\ T_{15} \\ T_{21} \\ T_{23} \\ T_{24} \\ T_{25} \\ T_{31} \\ T_{34} \\ T_{35} \\ T_{51} \\ T_{53} \\ T_{54} \end{bmatrix}$$

$$\min_{T_{ij}} \left[ w \sum_{i \in O, j \in D} (T_{ij} - t_{ij})^2 + (1 - w) \sum_{a \in A} (V_a - v_a)^2 \right]$$

# Változatok

- ▶ 7 eset
- ▶ 8 futtatás/eset
- ▶ 11 súlyozó tényező/futtatás ( $w=0..1$ )

Eset sorszama	Alkalmazott kódolás	Súlyozó tényező kiszámítása (j=1..11)	Alsó korlát	Felső korlát	Populáció mérete
I.	vektoros	$\frac{j}{10} - 0,1$	0	-	200
II.	vektoros	$\frac{j}{10} - 0,1$	0	-	2000
III.	vektoros	0	$0,75t_{ij}$	$1,25t_{ij}$	200
IV.	vektoros	0	$0,75t_{ij}$	$1,25t_{ij}$	2000
V.	bináris	$\frac{j}{10} - 0,1$	0	1	200
VI.	bináris	$\frac{j}{10} - 0,1$	0	1	2000
VII.	bináris	-	0	1	2000

# Értékelés

- ▶ Optimális súlyozó tényező

- ▶ Eltérés [jármű/óra]

$$D_{min} = \sum |T_{ij} - T_{ij}^*|$$

- ▶ Optimális futtatás

- ▶ Eltérés [jármű/óra]

- ▶ Fajlagos futási idő [mp]

- ▶ Optimális eset

- ▶ Futtatások szórása

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (D_{min} - \bar{D}_{min})^2}{(n - 1)}}$$

- ▶ Relatív hiba (RE)

- ▶ Átlagos abszolút eltérés (MAE)

- ▶ Négyzetes közép hiba (RMSE)

$$RE = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{ij} \left( \frac{T_{ij} - T_{ij}^*}{T_{ij}^*} \right)^2} \quad MAE = \frac{\sum_{ij} |T_{ij} - T_{ij}^*|}{N}$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{ij} (T_{ij} - T_{ij}^*)^2}}{\frac{1}{N} \sum_{ij} T_{ij}^*}$$

# Korlátozott, vektoros kódolású eset (III.)

Futtatás sorszama	Algoritmus futási ideje [mp]	Eltérés ( $D_{min}$ ) [jármű/óra]
1	6,7	124
2	5,4	164
3	6,7	144
4	6,9	127
5	6	102
6	8,2	101
7	7	136
8	6,8	100

$$\sigma_{III} = 23,107$$

III. eset	Abszolút eltérés	Relatív eltérés
1 -> 3	4	3%
1 -> 4	2	3%
1 -> 5	1	1%
2 -> 1	10	18%
2 -> 3	1	4%
2 -> 4	3	13%
2 -> 5	12	13%
3 -> 1	17	10%
3 -> 4	2	3%
3 -> 5	22	9%
5 -> 1	14	9%
5 -> 3	2	1%
5 -> 4	11	13%

$$\min_{T_{ij}} \left[ \sum_{a \in A} (V_a - v_a)^2 \right]$$

$$V_a = \sum_{i \in O, j \in D} p_{ij}^a T_{ij}$$

$$0,75t_{ij} \leq T_{ij} \leq 1,25t_{ij}$$

$$T_{ij} = [135 \quad 50 \quad 153 \quad 68 \quad 34 \quad 18 \quad 77 \quad 186 \quad 57 \quad 218 \quad 145 \quad 203 \quad 94]$$

# Bináris kódolású eset (VI.)

Futtatás sorszáma	w optimális értéke	Fajlagos futási idő [mp]	Eltérés ( $D_{min}$ ) [jármű/óra]
1	0,7	29,0	137
2	0,6	29,4	125
3	0,6	28,9	124
4	0,5	31,9	98
5	0,8	29,3	129
6	0,8	32,1	122
7	0,6	30,8	134
8	0,6	32,6	134

VI. eset	Abszolút eltérés	Relatív eltérés
1 -> 3	4	3%
1 -> 4	0	0%
1 -> 5	5	3%
2 -> 1	9	16%
2 -> 3	3	9%
2 -> 4	6	29%
2 -> 5	6	7%
3 -> 1	9	5%
3 -> 4	7	13%
3 -> 5	30	13%
5 -> 1	1	1%
5 -> 3	14	7%
5 -> 4	4	5%

$$\sigma_{VI} = 12,305$$

$$\min_b \left[ w \sum_{i \in O, j \in D} (T_{ij} - t_{ij})^2 + (1 - w) \sum_{a \in A} (V_a - v_a)^2 \right] \quad T_{ij}(k) = \sum_{n=0}^7 b (8k - n) 2^n \quad V_a = \sum_{i \in O, j \in D} p_{ij}^a T_{ij}$$

$$T_{ij} = [143 \quad 48 \quad 159 \quad 67 \quad 30 \quad 15 \quad 83 \quad 178 \quad 62 \quad 210 \quad 160 \quad 191 \quad 87]$$

# Multiobjektív bináris esetek (VII.)

Futtatás sorszáma	Algoritmus futási ideje [mp]	Eltérés ( $D_{min}$ ) [jármű/óra]	Előzetes mátrixtól való eltérés [jármű/óra]	Forgalomszámlálási eredményektől való eltérés [jármű/óra]
1	155	99	65	10
2	151,1	103	76	10
3	162,2	101	68	11
4	155	116	58	17
5	154,3	111	59	14
6	154,7	104	65	10
7	156	91	64	10
8	154,6	115	60	12

$$\sigma_{VII} = 8,536$$

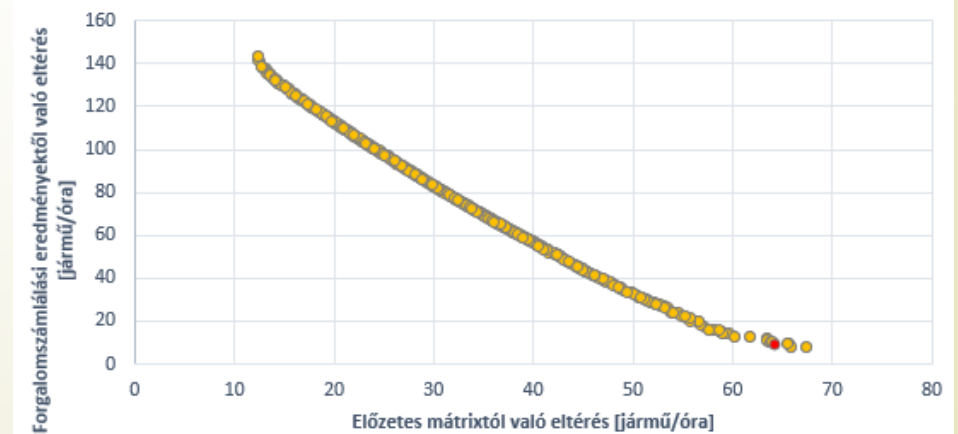
$$\min_b \left[ \sum_{i \in O, j \in D} (T_{ij} - t_{ij})^2 \right]$$

$$T_{ij}(k) = \sum_{n=0}^7 b (8k - n) 2^n$$

$$\min_b \left[ \sum_{a \in A} (V_a - v_a)^2 \right]$$

$$V_a = \sum_{i \in O, j \in D} p_{ij}^a T_{ij}$$

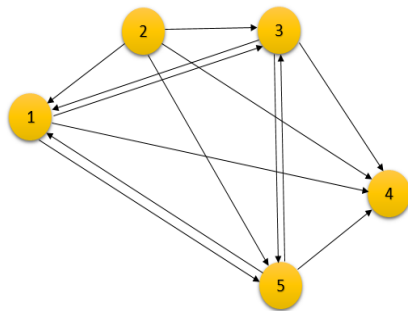
VII. eset	Abszolút eltérés	Relatív eltérés
1 -> 3	0	0%
1 -> 4	0	0%
1 -> 5	2	1%
2 -> 1	9	16%
2 -> 3	3	9%
2 -> 4	6	29%
2 -> 5	6	7%
3 -> 1	12	7%
3 -> 4	7	13%
3 -> 5	26	11%
5 -> 1	6	4%
5 -> 3	7	3%
5 -> 4	7	8%



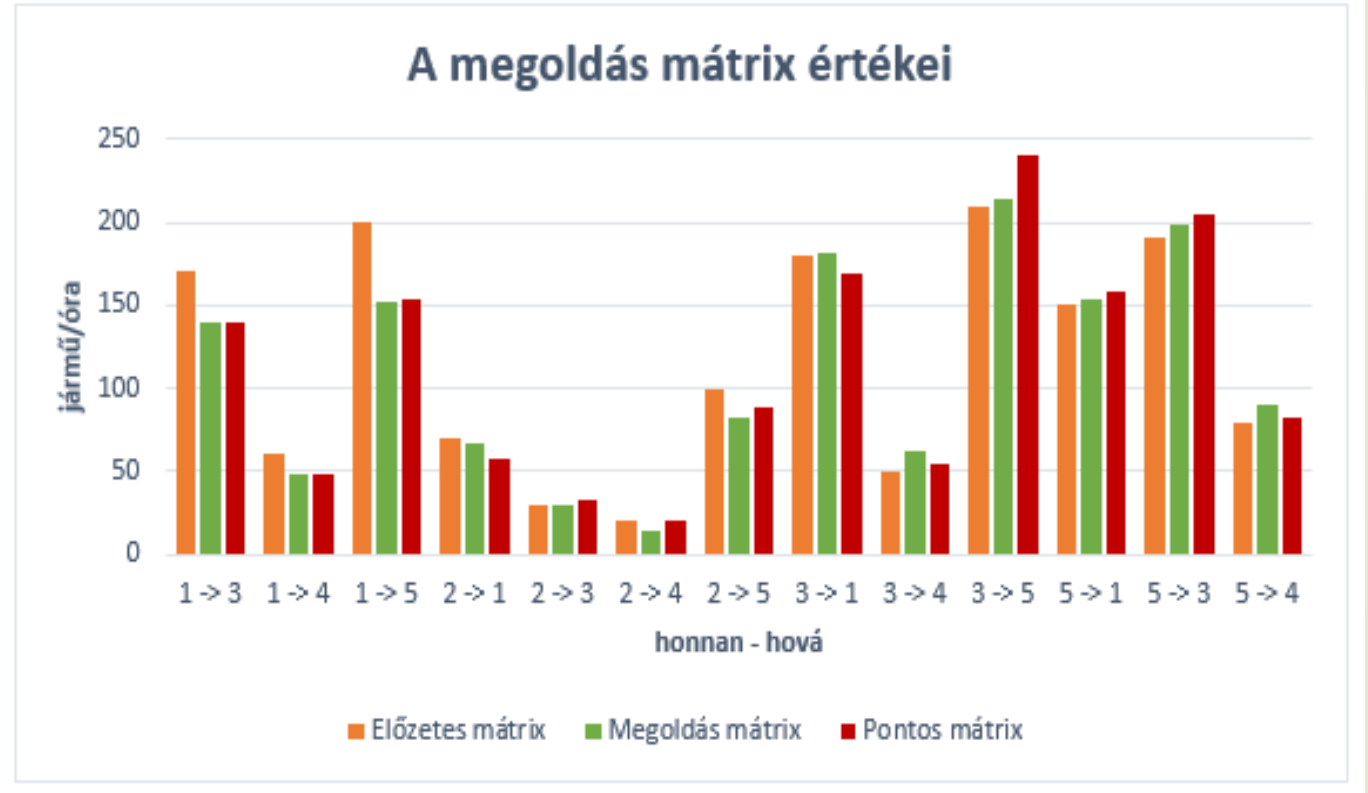


# Eredmények bemutatása

Eset	RE	MAE	RMSE
0	0,39	14,54	0,173
I	0,34	10,4	0,112
II	0,34	10,2	0,11
III	0,24	7,7	0,093
V	0,3	7,9	0,086
VI	0,28	7,5	0,094
VII	0,28	7,0	0,085



$$T_{ij} = [139 \quad 48 \quad 152 \quad 67 \quad 30 \quad 15 \quad 83 \quad 181 \quad 62 \quad 214 \quad 153 \quad 198 \quad 90]$$



# Köszönöm a figyelmet!

Készítette: Gráf Tamás (LWPLSR)

Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

15



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2