

## 6. fejezet

### Tesztelés

A modellek fejlesztése és tesztelése során, a saját számítógépemen dolgoztam. A felhasznált környezet paramétereit:

Hardver:

- Lenovo Z50-75 laptop
- AMD FX-7500 Radeon R7, 10 Compute Cores 4C+6G 2.10 GHz processzor
- 8 GB DDR3 RAM

Szoftverek:

- Microsoft Windows 8.1 Pro 64 bites operációs rendszer
- GUSEK (GLPK Under Scite Extended Kit) v0.2.21
- GLPSOL GLPK LP/MIP Solver, v4.63
- Gurobi Optimizer v8.1.1
- GitHub Desktop v2.6.0

A fejlesztés során a GUSEK GUI-t használtam és a GLPSOL programmal futtattam a modelleket. A következőkben az elkészült MILP modellek futási eredményeit mutatom be.

### Feladatosztály 1

Ehhez az osztályhoz két modell tartozott: Modell 1A és Modell1B. A modellek a probléma megközelítésében eltértek egymástól, azonban mivel ugyanazokat a halmazokat és paramétereket használták a modell felírásakor, ezért az adatfájljuk megegyezett. A közös .dat fájl a .ábrán látható. A felhasznált adatok random számok.

```

set Helyek := A B C D;
param tav: A B C D :=
  ->|>A 0 14 17 8
  ->|>B 14 0 5 10
  ->|>C 17 5 0 20
  ->|>D 8 10 20 0
; #km

param ido: A B C D :=
  ->|>A 0 21 26 12
  ->|>B 21 0 8 15
  ->|>C 26 8 0 30
  ->|>D 12 15 30 0
; #perc

param jaratszam := 12;

param : honnan hova mikortol meddig:=
1 A B 10 35
2 C D 10 45
3 A C 70 100
4 B A 40 65
5 B C 20 30
6 C A 105 135
7 D A 50 65
8 B D 110 130
9 A D 140 155
10 D B 160 180
11 D C 55 90
12 C B 95 105
;

param buszszam := 3;

```

**.ábra: Feladatosztály 1-hez tartozó .dat fájl**

A kimeneti .out fájlok több ezer sorból állnak, ezért printf függvények segítségével jobban átlátható kimenetet generáltam. A két modell futási eredményeinek összehasonlítása az alábbi, táblázatban található.

**.táblázat: Modell 1A és Modell 1B futási eredményének összehasonlítása**

	Modell 1A	Modell 1B
Busz 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 5: B (20) -&gt; C (30)</li> <li>Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 5: B (20) -&gt; C (30)</li> <li>Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 4: B (40) -&gt; A (65)</li> <li>Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 9: A (65) -&gt; A (140)</li> <li>Jarat 9: A (140) -&gt; D (155)</li> <li>Atmenet: Jarat 9 --0--&gt; Jarat 10: D (155) -&gt; D (160)</li> <li>Jarat 10: D (160) -&gt; B (180)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 4: B (40) -&gt; A (65)</li> <li>Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li> <li>Jarat 3: A (70) -&gt; C (100)</li> <li>Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li> <li>Jarat 6: C (105) -&gt; A (135)</li> <li>Atmenet: Jarat 6 --0--&gt; Jarat 9: A (135) -&gt; A (140)</li> <li>Jarat 9: A (140) -&gt; D (155)</li> </ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 2: C (10) -&gt; D (45)</li> <li>Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 7: D (45) -&gt; D (50)</li> <li>Jarat 7: D (50) -&gt; A (65)</li> <li>Atmenet: Jarat 7 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li> <li>Jarat 3: A (70) -&gt; C (100)</li> <li>Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li> <li>Jarat 6: C (105) -&gt; A (135)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 1: A (10) -&gt; B (35)</li> <li>Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 11: B (35) -&gt; D (55)</li> <li>Jarat 11: D (55) -&gt; C (90)</li> <li>Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 12: C (90) -&gt; C (95)</li> <li>Jarat 12: C (95) -&gt; B (105)</li> <li>Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li> <li>Jarat 8: B (110) -&gt; D (130)</li> <li>Atmenet: Jarat 8 --0--&gt; Jarat 10: D (130) -&gt; A (160)</li> <li>Jarat 10: D (160) -&gt; B (180)</li> </ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 1: A (10) -&gt; B (35)</li> <li>Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 11: B (35) -&gt; D (55)</li> <li>Jarat 11: D (55) -&gt; C (90)</li> <li>Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 1: C (90) -&gt; C (95)</li> <li>Jarat 12: C (95) -&gt; B (105)</li> <li>Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li> <li>Jarat 8: B (110) -&gt; D (130)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 2: C (10) -&gt; D (45)</li> <li>Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 7: D (45) -&gt; D (50)</li> <li>Jarat 7: D (50) -&gt; A (65)</li> </ul>

Cél	15 km	15 km
Futási idő	0.3 mp	312.2 mp
Memória	2.2 MB	26.3 MB

A táblázatban levő Modell 1A oszlopában a Busz1 sorában található Jarat 5: B (20) -> C (30) azt jelenti, hogy az 5-ös számú járatot az 1-es számú busz végezte el és a járat B helyről indult 20 perckor és a C helyre érkezett 30 perckor. Az idősíkot percben számoltam, szóval a 110 perc az hajnali 01:50-nek felel meg. A Modell 1A Busz 3 sorában található Átmenet: Jarat 1 --10--> Jarat 11: B (35) -> D (55) pedig azt jelenti, hogy az 1-es járatot a 3-as busz 35 perckor a B helyen fejezte be és onnan a 11-es járat kezdési helyére halad át, ami 55 perckor indul a D helyről. A B és D hely közötti átmeneti távolság 10 kilométer. Amennyiben a nyílon található számjegy 0, az az előző érkezési helye megegyezik a másik indulási helyével.

Modell 1B-nél a 3-as busz menetrendje úgy néz ki, hogy elvégzi a 2-es járatot, majd 5percet várakozik D helyen és elvégzi a 7-es járatot is.

A cél a köztes kilométerek minimalizálása volt, ami mindkét modell esetben 15 kilométerre jött ki.

Mindkét modell talált optimális megoldást, de a táblázatból szépen látszik az indok, amiért továbbfejlesztésre a Modell1A-t választottam: háromszázszor gyorsabban végezte el a feladatát tizedannyi memóriahasználattal.

## Feladatosztály 2

A második feladatosztályban található Modell 2 az 1A továbbfejlesztéseként már depókat is rendel minden buszhoz. Az előző modellek által használt adatfájllal futtattam ezt a modellt is, ám ebben az esetben a .ábrán található depo paraméter kiegészítéssel. A .táblázatban pedig a futási eredmény látható.

```
param depo:=
1 A
2 B
3 A
;
```

**.ábra: A depo paraméter értékei**

**.táblázat: Modell2 futási eredménye**

Busz 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 1: A (0) -&gt; A (10)</li> <li>• Jarat 1: A (10) -&gt; B (35)</li> <li>• Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 7: B (35) -&gt; D (50)</li> <li>• Jarat 7: D (50) -&gt; A (65)</li> <li>• Atmenet: Jarat 7 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li> <li>• Jarat 3: A (70) -&gt; C (100)</li> <li>• Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li> <li>• Jarat 6: C (105) -&gt; A (135)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 6 --0--&gt; Depo: A (135) -&gt; A (135)</li> </ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 5: B (0) -&gt; B (20)</li> <li>• Jarat 5: B (20) -&gt; C (30)</li> <li>• Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li> <li>• Jarat 4: B (40) -&gt; A (65)</li> <li>• Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 9: A (65) -&gt; A (140)</li> <li>• Jarat 9: A (140) -&gt; D (155)</li> <li>• Atmenet: Jarat 9 --0--&gt; Jarat 10: D (155) -&gt; D (160)</li> <li>• Jarat 10: D (160) -&gt; B (180)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 10 --0--&gt; Depo: B (180) -&gt; B (180)</li> </ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --17--&gt; Jarat 2: A (0) -&gt; C (10)</li> <li>• Jarat 2: C (10) -&gt; D (45)</li> <li>• Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 11: D (45) -&gt; D (55)</li> <li>• Jarat 11: D (55) -&gt; C (90)</li> <li>• Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 12: C (90) -&gt; C (95)</li> <li>• Jarat 12: C (95) -&gt; B (105)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li> <li>• Jarat 8: B (110) -&gt; D (130)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 8 --8--&gt; Depo: D (130) -&gt; A (142)</li> </ul>
Cél	40 km
Futási idő	1 mp
Memória	3.3 MB

A depók bevezetésével láthatjuk a célként definiált minimum értékének, a futási időnek és a memóriahasználatnak a növekedését is.

## Feladatosztály 3

A harmadik feladatosztályhoz egy modell tartozott: Modell 3. Ebben a modellben két új paraméter került bevezetésre: a járatok valós távolságát jelző **tav2** és az egy töltéssel megtehető kilométerek számát jelölő **maxtav**. Az adatfájlban szereplő értékeiket a . és a . ábrán láthatjuk. A modell futási eredményét a . táblázat mutatja.

```
param tav2:=
1 16
2 21
3 19
4 16
5 8
6 19
7 10
8 12
9 10
10 12
11 21
12 8
;
```

**.ábra: A tav2 paraméter értékei**

```
param maxtav:=
1 200
2 300
3 250
;
```

**.ábra: A maxtav paraméter értékei**

**.táblázat: Modell3 futási eredménye**

Busz 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --17--&gt; Jarat 2: A (0) -&gt; C (10)</li> <li>• Jarat 2: C (10) --21--&gt; D (45)</li> <li>• Atmenet: Jarat 2 --0--&gt; Jarat 7: D (45) -&gt; D (50)</li> <li>• Jarat 7: D (50) --10--&gt; A (65)</li> <li>• Atmenet: Jarat 7 --0--&gt; Jarat 3: A (65) -&gt; A (70)</li> <li>• Jarat 3: A (70) --19--&gt; C (100)</li> <li>• Atmenet: Jarat 3 --0--&gt; Jarat 6: C (100) -&gt; C (105)</li> <li>• Jarat 6: C (105) --19--&gt; A (135)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 6 --0--&gt; Depo: A (135) -&gt; A (135)</li> </ul>
Busz 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 5: B (0) -&gt; B (20)</li> <li>• Jarat 5: B (20) --8--&gt; C (30)</li> <li>• Atmenet: Jarat 5 --5--&gt; Jarat 4: C (30) -&gt; B (40)</li> <li>• Jarat 4: B (40) --16--&gt; A (65)</li> <li>• Atmenet: Jarat 4 --0--&gt; Jarat 9: A (65) -&gt; A (140)</li> <li>• Jarat 9: A (140) --10--&gt; D (155)</li> <li>• Atmenet: Jarat 9 --0--&gt; Jarat 10: D (155) -&gt; D (160)</li> <li>• Jarat 10: D (160) --12--&gt; B (180)</li> <li>• Utolsojarat: Jarat 10 --0--&gt; Depo: B (180) -&gt; B (180)</li> </ul>
Busz 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elsojarat: Depo --0--&gt; Jarat 1: A (0) -&gt; A (10)</li> <li>• Jarat 1: A (10) --16--&gt; B (35)</li> <li>• Atmenet: Jarat 1 --10--&gt; Jarat 11: B (35) -&gt; D (55)</li> <li>• Jarat 11: D (55) --21--&gt; C (90)</li> <li>• Atmenet: Jarat 11 --0--&gt; Jarat 12: C (90) -&gt; C (95)</li> <li>• Jarat 12: C (95) --8--&gt; B (105)</li> <li>• Atmenet: Jarat 12 --0--&gt; Jarat 8: B (105) -&gt; B (110)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jarat 8: B (110) --12--&gt; D (130)</li> <li>Utolsojarat: Jarat 8 --8--&gt; Depo: D (130) -&gt; A (142)</li> </ul>
Cél	40 km
Futási idő	1.3 mp
Memória	3.2 MB

Mint a táblázatból láthatjuk a célfüggvény értéke megegyezett a Modell 2-esével és a járatok ütemezését a kiegészítésekkel együtt is hasonlóan hajtotta végre ez a modell. A futási idő és memóriahasználatban sincs túl nagy eltérés.

Feladatosztály 4