



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

**Országos Tudományos Diákköri Konferencia
2015**

Átszállási időveszteségek minimalizálása közlekedésszervezési intézkedésekkel

Készítette:

Gere Lóránt

Konzulens:

Csiszár Csaba

Susuk Róbert Márton

**Dátum:
2014.12.21.**

TARTALOM

1	Irodalom áttekintése	4
2	A témaválasztás indoklása.....	6
2.1	Átszállások szükségessége	6
2.2	Átszállások jelenlegi helyzete	6
2.3	Átszállási rendszer kialakításának hatásai	8
3	Definíciók, csatlakozások paraméterei	9
3.1	Alapfogalmak definíciója.....	9
3.2	Csatlakozások jellemzői.....	9
4	Hálózati csatlakozásrendszer kialakítása.....	12
4.1	Csatlakozások paramétereinek felvétele	12
4.1.1	Szükséges paraméterek	12
4.1.2	Csatlakozások ábrázolása.....	17
4.2	Rendszer elemeinek kiválasztása	19
4.2.1	Órás átszálló utasszám	19
4.2.2	Követési időköz.....	20
4.2.3	Korlátozások.....	21
4.3	Rendszer elemeinek hierarchiájának kialakítása.....	21
4.4	Célfüggvény meghatározása	22
4.5	Hangolás kialakítása.....	24
4.6	Információszoigáztatás	25
4.6.1	Gyaloglási idő befolyásolása.....	25
4.6.2	Statikus információszoigáztatás.....	26
5	Interaktív hangolási térkép-alkalmazás kidolgozása	27
5.1	Térkép létrehozásának célja	27
5.2	Térkép funkciói	27

5.3	Térkép működése	28
5.3.1	Hálózat felvétele.....	28
5.3.2	Hangolás elvégzése	34
5.3.3	Dokumentálás.....	35
6	Kidolgozott módszer bemutatása példahálózaton	37
6.1	Hálózat felvétele.....	37
6.2	Csatlakozások kiválasztása	38
6.3	Paraméterek felvétele	39
6.4	Hierarchia kialakítása.....	40
6.4.1	Csatlakozások hierarchiája.....	40
6.4.2	Viszonylatok hierarchiája.....	41
6.5	Hangolás elvégzése	42
6.5.1	Csatlakozás szerinti hangolás.....	42
6.5.2	Viszonylat szerinti hangolás.....	44
7	Összefoglalás	46
8	Irodalomjegyzék	47
9	Mellékletek	50
9.1	Indulási idők lekérdezése	50
9.2	Csatlakozások adatainak lekérdezése.....	50
9.3	Viszonylatok globális prioritásának lekérdezése	51
9.4	Viszonylatok relatív prioritásának lekérdezése.....	51

1 IRODALOM ÁTTEKINTÉSE

A városi közlekedés ideális eszköze a személygépkocsi, és a közösségi közlekedésnek meg kell próbálnia az autózáshoz lehető leghasonlóbb szolgáltatást nyújtani. [1] [2] Ezt direkt útvonalak tervezésével lehet elérni. Majdnem elkerülhetetlen azonban, hogy egy különálló, egymáshoz nem csatlakozó, direkt busz- és vasútvonalakból álló hálózat nem képes kielégíteni az összes utazási igényt. [2] Az indulások és célállomások elszórt helyzete miatt a közösségi közlekedési szolgáltatók nem képesek az összes kiindulási- és végpont párhoz közvetlen kapcsolatot biztosítani. [3] [4] Ebből következik, hogy az átszállások alkalmazása elkerülhetetlen. Mivel a legtöbb utazás esetében szükség van átszállásra, az utazási idő függ az átszállások gyorsaságától. [5]

Tanulmányok már kimutatták, hogy mennyire fontos a csatlakozások figyelembevétele a közlekedési hálózat tervezésénél, azonban nem jellemző, hogy a szolgáltatások tervezésénél a csatlakozásokat külön témaként kezelnék. [6] [7] A hangolás kialakításához a viszonylatok és a járatlisták tervezésének egyszerre kell történni. [8] [7]

Az utasok az átszállásokat jelenleg akadályként tekintik a közösségi közlekedés használata során. [9] [7] Egy felhasználóbarát integrált közlekedési rendszer eléréséhez az egyik kulcsfontosságú elem a problémamentes átszállások (seamless transfer) kialakítása. [10] [7] Ez az átszállási idők minimalizálását és az átszállás minőségének (kényelem, biztonság) maximalizálását jelenti. Az ilyen csatlakozások tervezése elősegíti, hogy az átszállásokat előnyként tekintsék az utasok elkerülendő kellemetlenség helyett. [11] [7]

A csatlakozások tervezése és kialakítása, valamint az utasok elvárásainak felmérése és kielégítése a közösségi közlekedés fejlesztési stratégiájának egyik kulcsa. [2] A menetrendtervezők feladata úgy meghatározni az indulási időket a menetrendben, hogy figyelembe veszi a szükséges menetgyakoriságot, a menetek hatékony elosztását a buszok között és bizonyos érkezések és indulások hangolását. [12] Az „időzített átszállások” alkalmazásának célja a közösségi közlekedési hálózat elemeinek olyan módú összekapcsolása, hogy az átszállási idők a lehető legkisebbek legyenek. [11] [7] Ezt a

szolgáltatók a menetrendi vonalak szinkronizálásával érik el, így egy „pulzáló csatlakozású” hálózatot (pulsed-hub network) hoznak létre. [8] [7]

A legjobb hangolás elérése egy nagyon fontos cél a szolgáltató és a felhasználó szempontjából is. [12] A várakozási idő az átszállásoknál egy kulcsfontosságú tényező a helyi autóbusz szolgáltatás hatékonyságában. [2] Jól hangolt viszonylatok segítenek a közösségi közlekedési hálózat redundanciáinak kiküszöbölésében. Az utasok szempontjából a lehető leggyorsabb és legkényelmesebb átszállás elérése a cél.

Az átszálló utasok által érzékelt várakozási idő fontosabb, mint a tényleges, abszolút várakozási idő. [13] [4] A dolgozathoz készített felmérés alapján meghatároztam, hogy az érzékelt várakozási időt milyen tényezők befolyásolják.

A dolgozat célja egy módszer kidolgozása, amivel egy közösségi közlekedési rendszer csatlakozásainak hangolása elvégezhető. A problémával a Budapesti Közlekedési Központban töltött hat hónapos szakmai gyakorlatom során ismerkedtem meg, a módszer kidolgozása itt merült fel. A következő feladatok ellátása volt a cél: (1) a közösségi közlekedési rendszer hangolási struktúrájának kialakítása, (2) egy ábrázolás technika kidolgozása a hangolás megjelenítésére, (3) egy döntés-segítő, interaktív hangolási alkalmazás létrehozása, (4) a hangolási intézkedések dokumentálása.

A kidolgozott módszert alkalmaztam a Budapesti Közlekedési Központ egy általam választott részhálózatán. A részhálózat a budapesti metróhálózat négy viszonylatából, három megállóhelyéből és 36 csatlakozásából áll. A hangolás időszakának a késő esti időszakot választottam, amikor a követési időköz egyégesen 10 perc.

2 A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

2.1 ÁTSZÁLLÁSOK SZÜKSÉGESSÉGE

A közösségi közlekedés színvonalát az egyéni, autós közlekedés színvonalához kell közelíteni. [1] [2] Ez a kiindulási pontok, és célok közötti közvetlen járatokkal valósítható meg. Azonban lehetetlen egy Budapest méretű nagyváros közösségi közlekedési hálózatán az utazási igényeket csupán direkt vonalakkal kielégíteni. Ezért a legtöbb utazás során az utas átszállni kényszerül.

Az átszállások elkerülhetetlenek az multimodális utazásoknál is. Rendelkezésre állnak különböző utazási módok, melyek mindegyike különböző jellemzők kombinációját nyújtja, mint sebesség, kapacitás, utazás minősége, a különböző területek megközelíthetősége és költség. [2] A multimodalitás lehetővé teszi, hogy az utazás egy részén a lehető legalkalmasabb (pl.: leggyorsabb) járműfajtát válasszuk (pl.: belvárosban a metró). Csak ilyen módon képes a közösségi közlekedés elfogadható alternatívát nyújtani az egyéni autós közlekedéssel szemben hosszabb utazások alatt. [2]

Ennek következtében az utazási időkre nagy hatással van az átszállások gyorsasága [5], amit a csatlakozások hangolásával lehet fejleszteni.

2.2 ÁTSZÁLLÁSOK JELENLEGI HELYZETE

Tanulmányok már kimutatták, hogy mennyire fontos a csatlakozások figyelembevétele a közlekedési hálózat tervezésénél, azonban nem jellemző, hogy a szolgáltatások tervezésénél a csatlakozásokat külön témaként kezelnék. [6] [7] Ennek köszönhetően gyakran a lehetséges, jól megtervezett átszállásos utazás helyett több közvetlen vonalat kell biztosítani. Ez általában oda vezet, hogy a külváros-belváros csatlakozások megvalósítása érdekében egyszerre sok busz vonal fut minden irányban, egy alacsony frekvenciájú viszonylatokból álló bonyolult szolgáltatást nyújtva, a város központjában tömött járatokkal. [2] Sajnos az, hogy az utasok az átszállásokat kényelmetlenségnek ítélik meg, és próbálják azokat elkerülni, igazolja ezt a hálózati kialakítást. Amennyiben az átszállások vonzóbbá válnának, és megvalósulnának a gyors és kényelmes, problémamentes átszállások (seamless transfer), nem lenne szükség minden áron a közvetlen kapcsolatok kialakításának erőltetésére.

A menetrendtervezők feladata úgy meghatározni az indulási időket a menetrendben, hogy figyelembe veszi a szükséges menetgyakoriságot, a menetek hatékony elosztását a buszok között és bizonyos érkezések és indulások hangolását. [2] A járatok hangolása a menetrend készítőik egyik legnehezebb feladata, és jelenleg intuitív módon kezelik. A Budapesti Közlekedési Központban jelenleg nincs módszertan kialakítva a hangolások elvégzésére. A hangolandó csatlakozások kiválasztásánál nem állnak rendelkezésre a megfelelő adatok a csatlakozások paramétereiről, mint a gyaloglási idő, vagy az átszállók száma. A hangolás során nincs meghatározva a csatlakozások hierarchiája, prioritása, ami alapján módszeresen ki lehetne választani, hogy a több egymást kizáró hangolás közül melyeket kell kialakítani. A járatlisták szerkesztése során a használt alkalmazás nem képes a kiválasztott két viszonylat szimultán szerkesztésére, így a közlekedésszervezőnek az is nehézséget okoz, hogy megjelenítse egy csatlakozás hangolásának következményeit (pl.: más csatlakozások hangolásának elrontása).

Ahhoz, hogy a budapesti hálózat hangolását fejleszteni lehessen, ki kell alakítani egy hangolási módszert, amely a viszonylatok hálózattervezők által meghatározott paramétereinek alapján (megállók, követési idő, stb.), és a hálózat ismert vagy becsült paramétereiből (menetidők, gyaloglási idő átszállásnál, átszállók száma, stb.) segít egy olyan hangolt hálózati tervet kialakítani, amely útmutatást ad a járatlisták tényleges szerkesztéséhez. Ehhez az alábbi lépések szükségesek:

1. szükséges a hangolandó csatlakozások, viszonylatok, megállóhelyek releváns **paramétereinek felvétele** és tárolása
2. ki kell alakítani a csatlakozások **hierarchiáját** a hangolások elvégzéséhez
3. találni kell egy **ábrázolási módot** a hálózat olyan megjelenítésére, hogy arról könnyen leolvasható legyen a csatlakozások hangoltsága
4. létre kell hozni egy olyan **döntéstámogató rendszert**, amely segíti a közlekedésszervezők feladatát a hangolás során (paraméterek megjelenítése, hangolás ajánlása, hangolás következményeinek szemléltetése)
5. lehetővé kell tenni az intézkedések egyszerű **dokumentálását**

2.3 ÁTSZÁLLÁSI RENDSZER KIALAKÍTÁSÁNAK HATÁSAI

A legjobb hangolás elérése egy nagyon fontos cél a szolgáltató és a felhasználó szempontjából is. [12]

Közlekedésüzemi szempontból a legfontosabb, hogy a hangolás kialakításával a rendelkezésre álló infrastruktúra és járműállományt használva lehetséges az utazási idők csökkentése. Így minimális költséggel jár a hálózat fejlesztése. A csatlakozások tervezésének következményeként az átszállásokat előnyként ítélik meg, nem pedig valami elkerülendőként. [7] [11] A szolgáltatás pozitív megítélése az utasforgalom növekedéséhez vezet. Például

Göteborg (Svédország) Västra Frölunda elővárosában a pulzáló buszhálózat bevezetése után 1996 és 1998 között 8%-kal nőtt az utasforgalom, amíg Göteborg többi részén ez a növekedés csak 2% volt. [14] [2] A gyors, problémamentes átszállások (seamless transfer) megvalósításával vonzóbbá válhatnak a multimodális utazások választása, így lehetséges az utasok zsúfolt autóbuszokról nagy kapacitású, gyors, kevésbé környezetterhelő kötött pályás viszonylatokra terelése (pl.: 7-es buszról M4-es metróra).

Az utasok számára a csatlakozás-tervezés hatásaiból az utazási idők mellett az átszállási idők, és várakozási idők csökkenése is külön kiemелendő. Az átszállási idők csökkentésével közelíthető a szolgáltatás színvonala az egyéni autós közlekedéséhez. Az általam készített felmérésből kiderül, hogy az átszállás megítélésében a várakozási idő fontosabb az utasoknak, mint a kényelem, az utastájékoztatás, vagy az átszállás költsége. Az átszállások érzékelt gyaloglási és várakozási idejének csökkentése lényegesen javítja a közösségi közlekedés megítélését. [13] [4]

3 DEFINÍCIÓK, CSATLAKOZÁSOK PARAMÉTEREI

3.1 ALAPFOGALMAK DEFINÍCIÓJA

A csatlakozásrendszer kialakításához szükség van a tárgyalt fogalmak, paraméterek definiálására.

Átszállás: Egy utas egy utazáson belüli viszonylatváltása.

Csatlakozás: Reális lehetőség két viszonylat közötti átszállásra.

Hangolás: Egy csatlakozás átszállási idejének minimalizálása

Tervezett csatlakozás: Olyan csatlakozás, amit szándékosan alakítanak ki a közlekedésszervezők és hálózattervezők a közösségi közlekedési hálózat tervezése során, hogy növeljék a szolgáltatás hatékonyságát és az átszállások kényelmét. [7]

Nem tervezett csatlakozás: Olyan csatlakozás, ami nem szándékosan kerül kialakításra, és az utasok a szolgáltató útmutatása nélkül használják azt. [7]

Hangolt csatlakozás: Olyan csatlakozás, amit figyelembe vesznek a csatlakozásrendszer várakozási ideinek minimalizálásánál.

3.2 CSATLAKOZÁSOK JELLEMZŐI

A csatlakozások egyik legfontosabb jellemzője, hogy mennyi idő végrehajtani egy átszállást. Ez az átszállási idő, ami a gyaloglási időből és a várakozási időből adódik össze:

Átszállási idő: Az érkező járműről való leszállástól az induló járműre való felszállásig tartó idő.

Gyaloglási idő: Az érkező járműről való leszállástól az induló jármű megállójához való megérkezésig tartó idő.

Várakozási idő: Az induló jármű megállójához való érkezéstől az induló járműre való felszállásig tartó idő.

Az átszállások várakozási ideje egy kulcsfontosságú tényező a helyi közösségi közlekedési szolgáltatások hatékonyságában. [2] A várakozási idők befolyásolása

megvalósítható a viszonylatok indulási idejének módosításával. Így infrastruktúra fejlesztés nélkül, tulajdonképp költségáfordítás nélkül lehet a várakozási idők minimalizálását elvégezni a már elvégzett hálózattervezés után.

A gyaloglási idő megegyezik azzal a minimális időértékkel, amit biztosítani kell egy csatlakozásnál az érkező jármű érkezése, és az induló jármű indulása között. A gyaloglási idő az infrastruktúrából adódik, így ennek befolyásolása alapvetően a csatlakozásrendszer kialakítása során már nem lehetséges. Amennyiben nem áll rendelkezésre (vagy nem lehet építeni) jó minőségű átszállási lehetőséget rövid gyaloglási távolsággal két viszonylat között, akkor ennek befolyásolnia kell a viszonylatok struktúrájának kialakítását. [2] Azonban, a modern utastájékoztató rendszerekkel, mint amilyen a budapesti FUTÁR rendszer is, lehetőség nyílik az utas siettetésére a dinamikus utastájékoztatáson keresztül, ezzel kis mértékben, operatív jelleggel csökkenthető a gyaloglás ideje, azonban ez nem jelent végleges, állandó időveszteség csökkenést. Egy információs rendszer képes segíteni az átszálló utasoknak az átszállások tervezésében utazástervezésnél, valamint utazás közben, ezzel csökkentve az esélyét a csatlakozások lekésésének. [9] [7] Lehetőség van még nagyobb, több megállóhellyel, peronnal rendelkező állomásokon a megállóhelyek kiosztásának változtatására, hogy a hangolt csatlakozások érkező és induló megállóhelyei közelebb kerüljenek egymáshoz.

Üzemi oldalról az utazási idők csökkentése az elsődleges számunkra a csatlakozásrendszer kialakításával, tehát az abszolút gyaloglási és átszállási idők csökkentése a cél. Az utasok számára viszont a szolgáltatás színvonala nem csak az utazási idő hosszát jelenti, hanem többek között az utazás biztonságát, kényelmét, költségét is. Ezért érdemes tárgyalni az érzékelt időértékekről.

Az átszállók számára az **érezkelt várakozási idő** kimutathatóan fontosabb, mint a tényleges várakozási idő. Kimutatták, hogy az érzékelt gyaloglási és várakozási idő csökkentése lényegesen vonzóbbá teszi a közösségi közlekedést. Az érzékelt várakozási idő függ az olyan körülményektől, mint a személyi biztonság, a csatlakozás megbízhatósága és a kényelem. [13] [4]. Az érzékelt várakozási idő felírásának meghatározásához készítettem egy felmérést, amiről az 4.1.1.4 fejezetben írok bővebben.

A következő jellemzőkkel kell még foglalkozni a csatlakozásrendszer kialakítása során:

Követési időköz: Egy viszonylat két egymást követő, azonos irányba közlekedő járművének indulási ideje közötti különbség egy megállóhelyen.

Átszálló utasszám: Egy viszonylat adott megállóhelyén egy irányba közlekedő járműveiről egy másik viszonylat adott megállóhelyén egy irányba közlekedő járműveire átszálló utasok száma adott periódusidő alatt.

4 HÁLÓZATI CSATLAKOZÁSRENDSZER KIALAKÍTÁSA

A hálózat átszállási idővesztéseinek minimalizálásához szükséges a csatlakozások rendszerének létrehozására. A járatok hangolása csak úgy történhet, ha a hálózatot rendszerként tekintjük, mivel minden hangolás kialakításának hatása van a hálózat más elemeire is. Ezért szükséges a hálózaton található csatlakozások paramétereinek felvétele, a paraméterek során kiválasztani a hangolandó csatlakozásokat, a kiválasztott csatlakozások hierarchiájának meghatározása, az optimalizálás célfüggvényének felírása, a hangolás elvégzése és a szükséges utastájékoztatás megvalósítása.

4.1 CSATLAKOZÁSOK PARAMÉTEREINEK FELVÉTELE

A csatlakozások paramétereit a 3.2 fejezetben mutattam be, ezek között van, amelyik rendelkezésre áll, és van, amelyik felmérése szükséges a csatlakozások rendszerezéséhez.

4.1.1 Szükséges paraméterek

4.1.1.1 Gyaloglási idő

A gyaloglási idő felvétele fontos, mivel ebből következik a minimálisan megengedett biztosítandó átszállási idő a hangolás során. A gyaloglási idő a gyaloglási sebességtől, valamint az infrastruktúrától, az átszállás során lehetséges gyaloglási útvonalaktól függ. Mivel nem homogén az utasok gyaloglási sebessége, ezért bonyolult meghatározni az egy értéket, amivel általánosan jellemezhető ez az időérték egy csatlakozás esetében. Ezért megkülönböztetünk gyors és lassú átszállást.

Gyors átszállás esetén egy sietősen közlekedő, de még gyalogló utasról beszélünk, aki a létező legrövidebb útvonalon közlekedik az érkező és az induló jármű között. Ilyenkor a mozgólépcsőn nem áll meg, hanem tovább sétál. Ha zebrán kell áthaladnia, feltételezzük, hogy azonnal lehetősége van átkelnie, az érkező járműről pedig a legmegfelelőbb ajtónál száll le.

Lassú átszállásnál egy kifejezetten lassan, nehézkesen közlekedő gyaloglási sebességet feltételezünk, aki megáll a mozgólépcsőn vagy mozgójárdán, a zebrán nem

tud azonnal áthaladni, és az induló járat megállójától legmesszebbi ajtón száll le az érkező járműről.

Feltételezhetjük, hogy az átszálló utasok a gyors átszálló után, de a lassú átszálló előtt érkeznek meg az induló megállóhelyre. Ezért ha mindkét paramétert felvesszük, már jobban leírható a gyaloglási idő egy csatlakozásnál.

A Budapesti Közlekedési Központnál töltött gyakorlatom során az M4-es metró átadása előtt végeztem gyaloglási idő mérését. A mérések célja a minimális átszállási idők meghatározása volt az új metró megállóiban. A két értéket a megállókban úgy mértem le, hogy az átszállás útvonalán végiggyalogoltam egyszer a gyors, egyszer a lassú gyaloglásnak megfelelően, és felírtam a mért időértékeket. Problémát jelentett, hogy mivel még nem adták át a metrómegállókat, voltak mozgólépcsők, amik nem működtek, ezért nem lehetett mindenhol teljesen elvégezni a méréseket.

Mivel nem minden esetben van lehetőség a megálló bejárására olyankor, amikor a csatlakozások hangolását el kell végezni, a mérés helyett a megállóhelyek tervrajza, vagy elérhető térképek alapján végzett becslés segítségével egyszerűbben meghatározható a gyors és lassú gyaloglási idő. A becsült gyaloglási sebességeket a 1. táblázat tartalmazza, ahol v_{mj} a mozgójárda, α a mozgólépcső emelkedési szöge, v_{ml} pedig a mozgólépcső sebessége:

1. táblázat - Becsült gyaloglási sebességek [15] [16]

	gyors gyaloglás [m/s]	lassú gyaloglás [m/s]
egyszerű gyaloglás	1,6	1
mozgójárda	$v_{mj} + 1,6$	v_{mj}
lépcső (fel)	0,5	0,4
lépcső (le)	0,52	0,34
mozgólépcső (fel)	$v_{ml} \cdot \cos(\alpha) + 0,5$	$v_{ml} \cdot \cos(\alpha)$
mozgólépcső (le)	$v_{ml} \cdot \cos(\alpha) + 0,52$	$v_{ml} \cdot \cos(\alpha)$

A lassú átszállásnál a fent említett elemeken kívül még figyelembe kell venni a különböző késleltetéseket, mint a járműről való leszállás ideje, vagy a mozgólépcső előtti sorban állás ideje. A gyors átszállásnál erre nincs szükség, mivel ott feltételezzük, hogy késleltetés nélkül el tud jutni az utas az induló járhoz. Így a következő összefüggéseket kapjuk a gyors és lassú gyaloglási időkre:

$$t_{gy}^{lassú} = \frac{S_{gyalog}}{1 \frac{m}{s}} + \frac{S_{mj}}{v_{mj}} + \frac{S_{fel}}{0,4 \frac{m}{s}} + \frac{S_{le}}{0,34} + \frac{S_{mfel}}{v_{ml} \cdot \cos(\alpha)} + \frac{S_{mle}}{v_{ml} \cdot \cos(\alpha)} + \sum t_{kés} \quad (1)$$

$$t_{gy}^{lassú} = \frac{S_{gyalog}}{1,6 \frac{m}{s}} + \frac{S_{mj}}{v_{mj} + 1,6} + \frac{S_{fel}}{0,5 \frac{m}{s}} + \frac{S_{le}}{0,52} + \frac{S_{mfel}}{v_{ml} \cdot \cos(\alpha) + 0,5} + \frac{S_{mle}}{v_{ml} \cdot \cos(\alpha) + 0,52} \quad (2)$$

4.1.1.2 Várakozási idő

A várakozási idők az adott csatlakozásoknál adódik az érkezési és indulási viszonylatok járatlistájából, és a gyaloglási időből. Ezt a paramétert nem szükséges külön felmérni.

4.1.1.3 Órás átszálló utasszám

Az órás átszálló utasszámra azért van szükség, hogy megállapítsuk egy csatlakozás hangolásának szükségességét, valamint a csatlakozások hierarchiáját. A közlekedésszervezők, akik nap mint nap a közösségi közlekedési hálózattal foglalkoznak, pontos becsléseket tudnak adni az átszállók számára, így nem feltétlenül szükséges az adatok mérése. Azonban erre is van lehetőség, viszont a mérés folyamata nagyban függ a megállóhelyek kialakításától.

Amennyiben jól belátható mindkét megállóhely és a gyaloglás útvonala, akkor egyszerű megfigyeléssel felmérhető az átszállók száma. Amennyiben zárt a csatlakozás, mint a metróban, az együtt nem belátható megállók esetén is felmérhető az átszállók száma. Egyéb esetben a cédulás mérés alkalmazása szükséges.

Egy üzemelő, passzív kártyás elektronikus jegyrendszer esetén lehetőség nyílik az átszálló utasszám felmérésére a jegyazonosításoknak köszönhetően.

4.1.1.4 Megállóhely kényelme

A megállóhely kényelme előre meghatározott elemekből tevődik össze. Ezek megléte egyszerűen felmérhető a megállóhelyeken. Ilyen elemek például a megállóhely teljes vagy részben fedettsége, ülőhelyek megléte, tisztaság, stb.



1. ábra - Egy kényelmes megállóhely...
(forrás: <http://goo.gl/so8stf>)



2. ábra - És egy kevésbé kényelmes
(forrás: <http://goo.gl/aET7MB>)

A dolgozat írása során felmérést végeztem, hogy felderítsem, az utasok mi alapján határozzák meg egy megállóhely kényelmét, és hogy az mennyire fontos számukra. A felmérést elektronikusan 126-an töltötték ki, ezek közül 119-en használják rendszeresen a közösségi közlekedési hálózatot. A felmérés során az utasoknak osztályozni kellett, hogy egy átszállás bizonyos elemei mennyire (egyáltalán nem, kicsit, közepesen vagy nagyon) befolyásolják az átszállás „jóságát”. Az osztályozandó elemek a várakozási idő, a várakozás kényelme, a gyaloglási idő, a gyaloglás kényelme, az utastájékoztatás és az átszállás költsége volt. Ezen elemeket a következő kép értékelték a kitöltők:

2. táblázat - A felmérés 3. kérdésére adott válaszok

ÁTSZÁLLÁS ELEMÉ	EGYÁLTALÁN NEM	KICSIT	KÖZEPESSEN	NAGYON	ÁTLAG	%
várakozási idő	3	8	24	84	8,20	0,26
várakozás kényelme	12	43	50	14	4,00	0,12
gyaloglási idő	7	19	54	39	5,87	0,18
gyaloglás kényelme	28	36	41	14	3,50	0,11
utastájékoztatás gyaloglás során	11	29	39	40	5,49	0,17
költség	37	14	22	46	5,03	0,16

Az adott válaszokhoz a 0, 2, 5 és 10 értéket rendeltem, így jöttek ki az átlag pontszámok és a százalékos megoszlás. Ebből leolvasható, hogy az átszállások

kellemességének megítélésében az utasok leginkább az alacsony várakozási időt érzik. Ezzel szemben a várakozás kényelme feleannyira sem fontos az embereknek. Ebből következik, hogy ha az utasok szempontjából akarjuk hangolni a hálózatot, a megállóhelyek kényelmét akkor is csak kis mértékben szabad figyelembe venni.

A kérdőív egy másik kérdésére, ahol a kényelmet befolyásoló tényezők fontosságára kérdeztem rá, a következő válaszokat kaptam:

3. táblázat - A felmérés 4. és 5. kérdésére adott válaszok

VÁRAKOZÁS ELEMÉ	EGYÁLT. NEM	KICSIT	KÖZEPESEN	NAGYON	ÁTLAG	%	%'
biztonság	1	11	30	77	7,92	0,13	0,17
teljes fedettség	0	23	48	48	6,44	0,11	0,14
részben fedettség	2	32	58	27	5,24	0,09	0,11
tisztaság	1	11	41	66	7,45	0,13	0,16
ülőhely	11	47	34	27	4,49	0,08	0,10
FUTÁR kijelző	2	19	48	50	6,54	0,11	0,14
étel-ital vásárlás	57	36	23	3	1,82	0,03	-
wc, mosdó	49	30	27	13	2,73	0,05	-
WiFi HotSpot	32	38	33	16	3,37	0,06	-
zsúfoltság	2	14	29	74	7,67	0,13	0,17
építkezés	9	33	34	43	5,60	0,09	0,12

Ezekből a válaszokból leszűrhető, hogy az étel-ital vásárlási lehetőséget, a mosdó és az ingyenes WiFi HotSpot meglétét figyelmen kívül hagyhatjuk egy megállóhely kényelmének felmérésekor. A többi elemet a %' oszlopban található súlyozó tényezőkkel lehet figyelembe venni, amik a három elhanyagolható tényező kizárásakor értelmezett ponteloszlást mutatja.

A felmérés lezárását követően, az elemzés során merült fel, hogy ezeknek az elemeknek a megítélése nem konstans, hanem a várakozási idő függvénye. Például rövid átszállás során, ahogy azt a felmérés is mutatja, nincs nagy jelentősége az ülőhelyek meglétének. Azonban egy 25 perces várakozásnál már sokkal nagyobb kellemetlenséget okoz, ha az utas nem tud leülni a megállóhelyen. Ezért érdemes lett volna a kérdést 5 perces, 10 perces és 30 perces várakozás esetére külön-külön feltenni.

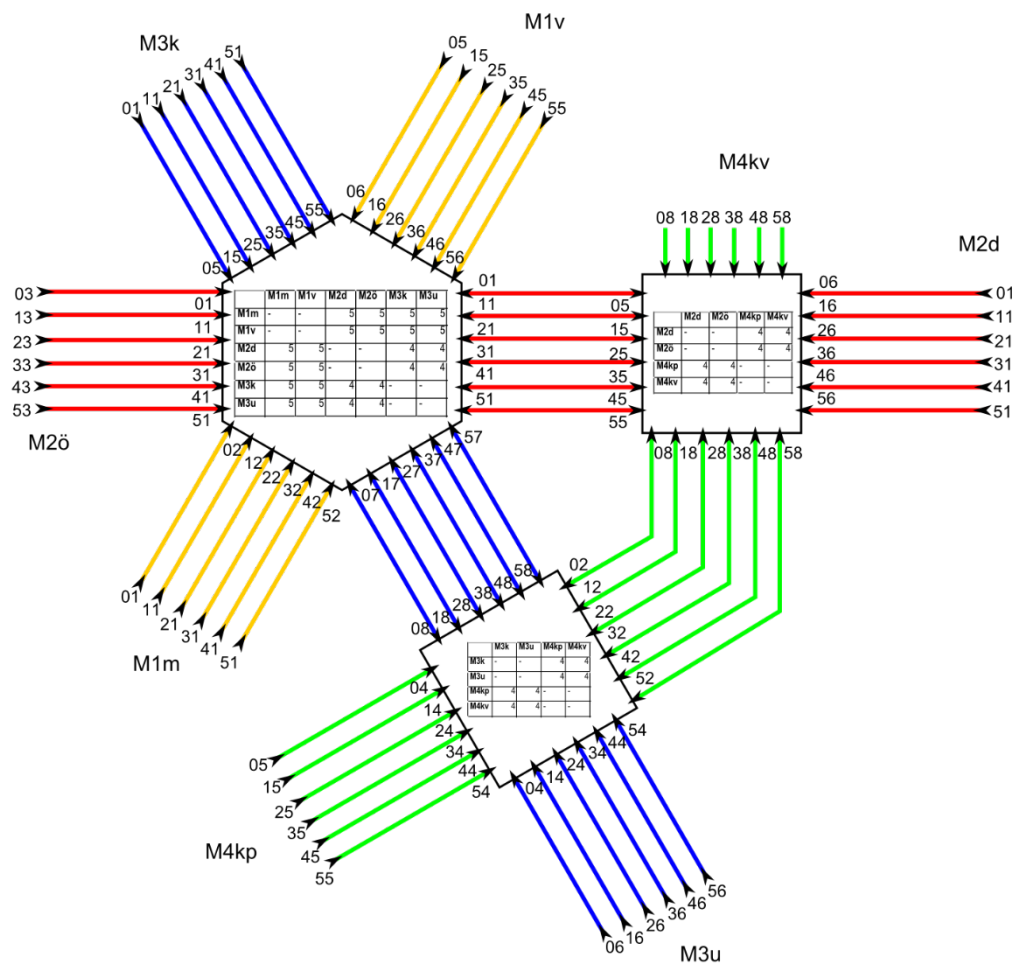
4.1.2 Csatlakozások ábrázolása

A csatlakozások ábrázolására azért van szükség, hogy a kiválasztott csatlakozások hangolásának helyzete egyszerre áttekinthető legyen. Ezzel egyszerűbbé válik a hangolás megvalósítása. Szükséges az összes hangolandó csatlakozás megjelenítése, valamint minden releváns megállóhelyen a viszonylatok érkezési/indulási ideit feltüntetni.

Az ábrázoláshoz a MÁV-nál már alkalmazott megoldást vettem alapul, miszerint a viszonylatok egyszerű vonallal való jelölése helyett a vizsgált időszak összes menetét külön-külön vonallal jelöltem. Túl sok menetvonal esetén úgy egyszerűsödhet a helyzet, hogy minden megállóhelynél csak az érkező menetvonalakat jelöljük, így a berajzolandó vonalak száma a felére csökkenhet. Esetleg elhagyható a több menetvonal kirajzolása, és helyettesíthető azzal, hogy a megállóhelyekhez a viszonylatot jelző vonalra az összes menet érkezési/indulási ideje kerül kiírásra. Az áttekinthetőség érdekében érdemes a megállóhelyeket valós pozíciójuknak megfelelően elhelyezni, ám ezen lehet változtatni, ha ez az érthetőség céljából szükséges.

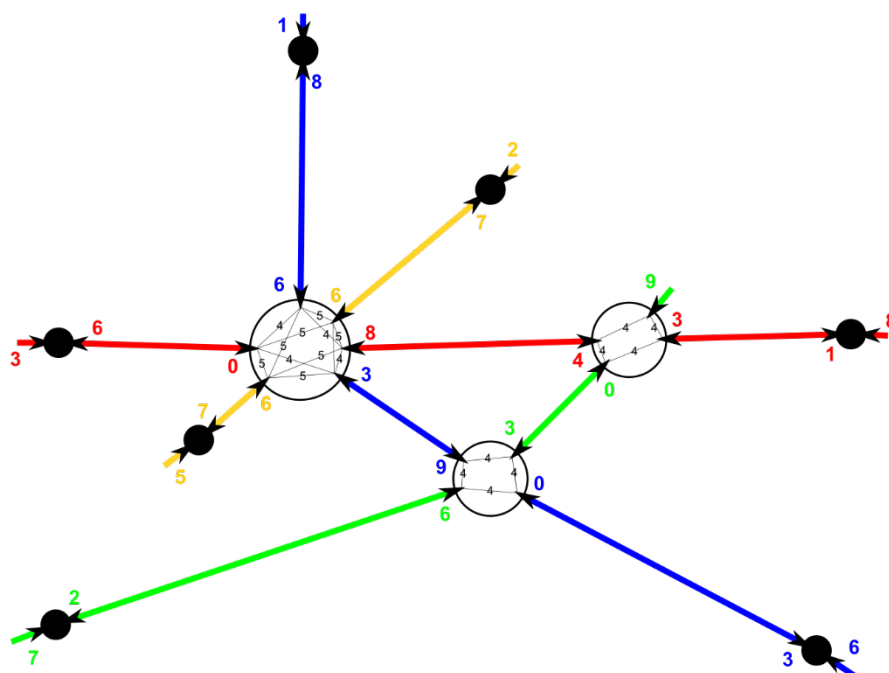
A csatlakozások ábrázolásánál nem elegendő csupán az indulási idők feltüntetése, mivel gyakran a két viszonylat nem azonos megállóból indul, és szükség van gyaloglási időre az érkezés és az indulás között. Ezért ezt a gyaloglási időt valamilyen módon fel kell tüntetni. Erre az egyik legjobb módszer egy gyaloglási idő mátrix létrehozása. A mátrix bal oldalán fentről lefele, és a tetején balról jobbra fel vannak sorolva a megállóhelyen megálló viszonylatok, a mátrix celláiban pedig a két viszonylat közötti átszállás során szükséges gyaloglási idő szerepel. Ez egy külön jegyzékben is szerepelhet, vagy a megállóhely-csoport közelében is feltüntethető.

A 3. ábra egy olyan ábrázolást mutat, ahol csak az érkező menetvonalakat ábrázoltam. Így akár az óránkénti 6 menetet is lehet ábrázolni, aminél gyakoribb viszonylatot nem is szükséges megjeleníteni a csatlakozások hangolása során. A megállóhelyeket szimbolizáló sokszögekben feltüntettem az gyaloglási idő mátrixokat.



3. ábra - A metróhálózat jelenlegi hangolásának ábrázolása

A 4. ábra egy olyan ábrázolást mutat, ahol az egyforma követési időknek köszönhetően leegyszerűsödött az ábra, és csak egy 10 perces periódust ábrázoltam. Ezen felül a gyaloglási idők ábrázolására egy másik módot alkalmaztam, gráfként összekötöttem az érkező és induló viszonylatokat, és ráírtam az élekre a gyaloglási időt.



4. ábra - Ábrázolás 10 perces periódusidővel

Ez az ábrázolásmód kevés viszonylat megjelenítésére alkalmas statikus formában. Amennyiben ezt a térképet egy számítógépes program segítségével jelenítjük meg, ahol van lehetőség a görgetésre, nagyításra, akkor viszont bonyolult hálózatok is megjeleníthetők így.

4.2 RENDSZER ELEMEINEK KIVÁLASZTÁSA

Egy olyan hálózatonál, mint a budapesti, nem lehetséges, és nem is szükséges az összes lehetséges csatlakozást megvizsgálni a hangolás során. Ezért szükséges először kiszűrni a nem fontos csatlakozásokat. A hangolandó csatlakozásokat a paraméterek alapján határozzuk meg.

4.2.1 Órás átszálló utasszám

A hangolandó csatlakozások kiválasztásánál mindenképp csak azokat szabad kiválasztani, ahol nem elhanyagolható számú átszállás történik óránként. Ennek az értéke a hálózat többi csatlakozásánál jellemző átszálló utasszám, valamint a vizsgált csatlakozás induló viszonylatának követési időköz függvénye. Amennyiben nagy az induló viszonylat követési időköze, ami megfelel a lehetséges legnagyobb várakozási időnek, akkor fontossá válik a kevesebb átszálló esetén is hangolni a csatlakozást.

4.2.2 Követési időköz

Az érkező és induló viszonylatok követi időközét több szempontból meg kell vizsgálni: a viszonylatoknak megfelelően ritkának, valamint egymással legalább részben hangolhatónak kell lennie.

Az induló viszonylatok követési idejéről már volt szó az 4.2.1 fejezetben. Ez, ha túl alacsony, akkor a várakozási idő alacsony lesz külön közlekedésszervezési beavatkozás nélkül is. A minimális gyakoriság az olyan szolgáltatásokhoz, ahol nem számít a várakozási idő, 8-10 perc körül van, kisebb követési időt preferálva. [5]

Más források óránként 6 menetet (10 perces követés) jelölnek meg minimális gyakoriságként, és 12 menetet (5 perces követést) a részesítve előnyben. [1] [5]

A gyakori gerincvonalak, amik a közösségi közlekedés gerincét adják, más viszonylatokkal minimális koordinációt igényelnek. [5] Az elővárosi és helyi vonalak komolyabb koordinációra szorulnak, hogy gyors, megbízható szolgáltatást nyújtsanak. [5]

Az érkező viszonylat követési ide mindenképp nagyobb kell, hogy legyen, mint a lassú és gyors gyaloglási idő különbsége. Ez azért fontos, mert ha ez nem teljesül, akkor az utasok érkezése folyamatos lesz az induló viszonylat megállóhelyére, ez pedig lényegesen csökkenti a hangolás jelentőségét.

A két viszonylat követési időközének nem csak önmagában kell megfelelniük, hanem egymáshoz képest is (legalább részben) hangolhatónak kell lenniük. Teljesen hangolható két viszonylat, amennyiben teljesen megegyezik a követési időközük, részben hangolható, ha a meneteknek csak egy része illeszthető egymáshoz (pl.: 10 és 30 perces követés).

4.2.3 Korlátozások

Összefoglalva, egy hangolandó csatlakozás kiválasztásához a következő összefüggéseknek kell teljesülni:

$$t_k^2 \cdot n > \frac{\sum_{i=1}^m t_{ki}^2 \cdot n_i}{m} \cdot 0,1 \quad (3)$$

$$t_k^1 \gg t_{gy}^{lassú} - t_{gy}^{gyors} \quad (4)$$

$$t_k^1 = t_k^2 \cdot a \quad \text{vagy} \quad t_k^2 = t_k^1 \cdot a \quad (5)$$

A fenti egyenleteknél a következő jelöléseket alkalmaztam:

t_k^1 – érkező viszonylat követési időköze

t_k^2 – indulóviszonylat követési időköze

n – óras átszálló utasszám

m – vizsgált csatlakozások száma

$t_{gy}^{lassú}$ – lassú gyaloglási idő

t_{gy}^{gyors} – gyors gyaloglási idő

Az óras átszálló utasszámot becslött értékkel érdemes behelyettesíteni, mivel az összes csatlakozás felmérését érdemes elkerülni. Csak a megmaradt, hangolandó csatlakozásoknál érdemes tényleges méréseket végezni.

Érdemes még megvizsgálni a viszonylatok érkezési ideinek rendszerességét, mivel a csatlakozások hangolása csak akkor lehet sikeres, ha a járatok menetideje stabil és megbízható.

4.3 RENDSZER ELEMEINEK HIERARCHIÁJÁNAK KIALAKÍTÁSA

A csatlakozások hierarchiájának kialakítására azért van szükség, hogy egyszerűen meg lehessen állapítani, hogy két hangolandó, egymást kizáró csatlakozás közül melyik hangolása a fontosabb. A hierarchia kialakítására két lehetőséget dolgoztam ki.

Az egyik kézenfekvő módszer, az 4.2 fejezetben tárgyalt átszálló utasszám és a maximális várakozási idő alapján rangsorolni a csatlakozásokat. Így minél magasabban van rangsorolva egy csatlakozás, annál több átszállási időveszteség küszöbölhető ki a hangolással. Ebből következik, hogy a magasabban rangsorolt csatlakozások hangolását kell először elvégezni.

Egy másik lehetőség a csatlakozások helyett a viszonylatok (irányonként külön-külön) sorba állítása. Ehhez a viszonylatokhoz két paramétert rendelünk. Az egyik az abszolút prioritás, ami a viszonylatot érintő csatlakozások óras átszálló utasszámának és a maximális várakozási idő szorzatának összege. A másik a relatív prioritás, ami hasonló a globálishoz, de csak a hierarchiában már szereplő viszonylatokhoz kapcsolódó csatlakozásokat figyelembe véve. Mindig kiválasztjuk a hierarchiában még nem szereplő viszonylatok közül a legnagyobb relatív prioritásút, ha több is van, akkor pedig ezek közül a legnagyobb globális prioritásút.

4.4 CÉLFÜGGVÉNY MEGHATÁROZÁSA

A csatlakozások hangolásának megfogalmazása az irodalomban igencsak változó. Van, aki a megállóhelyekre egyszerre beérkező járművek maximalizálását érti hangoláson. [12] Van, aki 2-4 perces átszállási idő elérését szorgalmazza megbízható viszonylatoknál, 4-6 perces átszállást kevésbé megbízhatóaknál. [5]

Az átszállási időveszteségek csökkentése üzemi és utas oldalról is előnyökkel jár. A célfüggvény meghatározásánál ezért el kell dönten, hogy az átszállási időveszteségek csökkentésénél hogyan vesszük figyelembe a tényleges várakozási idők helyett az érzékelt várakozási időket.

Amennyiben a csatlakozások várakozási ideit súlyozzuk a várakozás kényelmével, a hangolás során fontosabbá válnak a kényelmetlenebb várakozások idejének csökkentése a kényelmes, kevésbé zavaró átszállásokkal szemben. Ehhez szükséges felmérni a csatlakozások kényelmét, ehhez pedig meg kell határozni, hogy különböző tényezők mennyire befolyásolják azt. Ezek a tényezők:

- megálló fedettsége (teljesen részben vagy egyáltalán nem)
- megálló tisztasága
- ülőhelyek megléte

- megálló zsúfoltsága
- információszolgáltatás
- felújítás átépítés

A várakozás kényelméhez tartozik még a megállóhelyen érzett biztonság, ez is felfogható kényelmi tényezőként. A várakozás kényelmének értéke 0 és 1 közötti szám, a maximális kényelem esetén 1. A kényelem összetevőinek súlyozását a 3. táblázat tartalmazza.

Miután egy várakozás kényelmének összetételét meghatároztuk, meg kell határoznunk, hogy az milyen súllyal szerepeljen a célfüggvény meghatározásánál. Ehhez fel kell mérni, hogy egy átszállás során milyen fontosságot tulajdonítanak az utasok a csatlakozások különböző jellemzőinek az átszállások jószágának megítélésekor. Ennek megfelelően határozzuk meg a minimális kényelem értékét ($0 < c^{\min} < 1$). A kényelem értéke a végzett felmérés alapján 0,5 és 1 közé eső értéknek kell lennie, mivel a legkényelmetlenebb várakozást az utasok kétszer olyan hosszúnak érzékelik, mint a legkényelmesebb várakozást (ugyanolyan hosszú tényleges várakozási idő esetén).

A 4.1.1.4 fejezetben ismertetett felmérés eredményei alapján a megállóhely kényelmét a következő összefüggéssel kapjuk meg:

$$c = 0,5 + 0,5 \cdot [0,17 \cdot i_{bizi} + 0,17 \cdot (1 - i_{zsúf}) + 0,16 \cdot i_{tisza} + 0,14 \cdot i_{utastáj} + 0,14 \cdot i_{teljesf} + 0,11 \cdot i_{részf} + 0,12 \cdot (1 - i_{ép}) + 0,11 \cdot i_{ülöhely}] \quad (6)$$

A cél az összes átszállási idővesztés minimalizálása. Üzemi szempontból tényleges átszállási időről, utas szempontból érzékelt átszállási időről beszélünk. A célfüggvényeket így a következő módon írhatjuk fel:

$$\sum t_v = \sum_{i=1}^m [(t_{ind\ i}^2 - t_{ind\ i}^1 - t_{gy\ i}^{lassú}) \cdot n_i] \rightarrow \min \quad (7)$$

$$\sum t_v^{rel} = \sum_{i=1}^m [(t_{ind\ i}^2 - t_{ind\ i}^1 - t_{gy\ i}^{lassú}) \cdot n_i \cdot \frac{1}{c_i}] \rightarrow \min \quad (8)$$

t_v – várakozási idő

t_v^{rel} – érzékelt várakozási idő

t_{ind}^1 – érkező jármű indulási ideje a megállóhelyről

t_{ind}^2 – induló jármű indulási ideje a megállóhelyről

c_i – megállóhely kényelme

4.5 HANGOLÁS KIALAKÍTÁSA

A hangolás kialakításának ideális körülménye lenne, ha az útvonaltervezés (ami a hálózattervezés feladata), és az indítás jegyzék elkészítése egyszerre történne. [8] [7] Így a nem hangolható csatlakozások esetén a járat útvonalának módosításával, megállóhely-áthelyezéssel, más csatlakozás létrehozásával lehet javítani a hálózat szolgáltatási színvonalát. A dolgozatban kidolgozott azonban módszer azonban a hálózattervezési feladatok utáni teendőkre vonatkozik, mivel egy ilyen módszer beilleszthető a Budapesti Közlekedési Központ jelenlegi közlekedésszervezési folyamatába.

A hangolás kialakítása során a 4.4 fejezetben meghatározott célfüggvényt kell elérni. Fontos kiemelni, hogy hangolás elvégzésénél a járművek megállóhelyen történő várakoztatását nem alkalmazzuk. Ez célkitűzése a módszer továbbfejlesztésének. A hangolást több módon lehet elvégezni.

Amennyiben a 4.3 fejezetben leírtak alapján a csatlakozások hierarchiája áll rendelkezésre, mindig a legfontosabb még nem hangolt csatlakozás két viszonylatának indítási idejét rögzítjük. Mindig olyan csatlakozást igyekszünk hangolni, amelyiknek az egyik viszonylata már rögzítésre került. Így amikor már nem marad több rögzítetlen menetvonal, elkészül a hangolás első lépése. Ez a hangolás valószínűleg még nem optimális, hiszen lehet, hogy egy fontosabb csatlakozás 1 perces késleltetésével több, kevésbé fontos csatlakozás tud teljesülni, és ezzel az összes várakozási idő csökkenthető

még. Azonban így már van egy többnyire helyesen hangolt rendszer, amit már csak „finomhangolni” kell, ezt már előre definiált lépések nélkül is lehet.

Amennyiben a viszonylatokat rendeztük sorba, akkor hasonló módon a legfontosabb viszonylat indulását rögzítjük először. Majd folyamatosan rögzítjük a következő viszonylatokat a listában úgy, hogy a lehető legjobb hangolást érjük el. Ilyenkor minden új viszonylatnál meg kell vizsgálni, hogy a feljebb sorolt viszonylatok indulásának módosításával elérhető-e, hogy az új viszonylatot úgy illesszük a meglévőekhez, hogy összességében jobb hangolás valósuljon meg. Erre csak akkor van szükség, ha a beillesztett új viszonylaton több kiemelkedően fontos csatlakozás van, amelyek egyike nagy átszállási idővesztést okoz. Végül, amikor elfogynak a hangolandó viszonylatok, egy már véglegesen hangolt hálózatot kapunk.

A fent leírt módszerek nem biztos, hogy optimumot adnak, azonban egy bonyolult, összetett, sok csatlakozásból álló rendszer optimális hangolását csak számítógépes algoritmus segítségével lehet elérni. [12]

4.6 INFORMÁCIÓSZOLGÁLTATÁS

Az információszoigáztatás elengedhetetlen része egy csatlakozásrendszer kialakításának. [4] Fejlett közösségi közlekedési információs rendszerekkel valósidejű információkat lehet közölni közvetlenül az átszálló utasoknak utazás közben. [17] [7] Egy információs rendszer képes segíteni az átszálló utasoknak az átszállások tervezésében utazástervezésnél, valamint utazás közben, ezzel csökkentve az esélyét a csatlakozások lekésésének. [17] [9] [7]

4.6.1 Gyaloglási idő befolyásolása

A csatlakozások gyaloglási ideje alapvetően a kialakított infrastruktúrából adódik, azonban megfelelő információs rendszerrel ez befolyásolható. Elkerülhető az utasok felesleges útkeresése az átszállások során, amennyiben az induló viszonylat megállóhelyéhez vezető legrövidebb utat sikerül egyértelműen jelölni. Az induló viszonylat indulási idejének kijelzésével az utas siettető, hogy a hamarosan induló viszonylatot ne késse le. Hogy az induló jármű indulási idejének valósidejű kijelzése a lehető legtöbb információt szolgáltatassa, a járat megállóhelyének iránya mellett a gyaloglási idő feltüntetése is szükséges. Így a nem rendszeres felhasználó is tudni fogja,

hogy sietnie kell-e csatlakozó járat eléréséhez. Amennyiben a hosszú járművek megállóiban jelzésre kerül, hogy melyik ajtónál melyik csatlakozás eléréséhez érdemes felszállni, akkor csökkenthető a gyors és lassú átszállás közötti különbség.

Az utasok tájékoztatása nem csak a megállóhelyeken, hanem a fedélzeten is megtörténhet. Egy integrált utastájékoztató rendszer esetén (mint a FUTÁR), a modern buszok kijelzőjén meg lehetne jeleníteni az átszállási lehetőségek mellett a következő indulásig hátralévő időt (mint a telepített kijelzőkön). A fontosabb, hamarosan induló viszonylatokat a hangosbemondón is jelezni lehetne.

4.6.2 Statikus információszolgáltatás

A csatlakozásrendszer kialakításáról szükséges a tájékoztatást adni az utasoknak. Érdemes a menetrendekben feltüntetni, hogy az adott járat melyik viszonylatokhoz kínál hangolt csatlakozást. A közzétett térképeken is érdemes jelölni a hangolt csatlakozásokat.

5 INTERAKTÍV HANGOLÁSI TÉRKÉP-ALKALMAZÁS KIDOLGOZÁSA

5.1 TÉRKÉP LÉTREHOZÁSÁNAK CÉLJA

A 4. fejezetben ismertetett hangolási módszerrel létrehozható egy hangolt csatlakozásrendszer, azonban a hangolás lépéseinek elvégzése nehézségekbe ütközhet egy bonyolult, sok csatlakozásból álló rendszer esetén. A 174.1.2 szerinti ábrázolás segítséget nyújt, azonban minden lépésnél több ilyen térképet is el kéne készíteni, ami bonyolulttá és hosszadalmassá tenné a folyamatot. Ezért szükséges egy olyan interaktív térkép alkalmazása, amelyik megjeleníti a csatlakozáshálózatot úgy, hogy az indulási idők könnyen szerkeszthetők legyenek. Egy ilyen program alkalmazásával a módszer lépései gyorsabban és egyszerűbben megvalósíthatók.

Egy ilyen önálló hangolási program létrehozására a szükséges programozói ismeretek hiányában képtelen voltam. Azonban az általam tervezett program működését két lépésben sikerült szemléletesen modelleznem. Ez a két lépés a hálózat felvétele Microsoft Access adatbázisban, és egy egyszerű, előre definiált részhálózat ábrázolása Microsoft Excel táblázatban. A program funkcióinak és működésének leírásánál kitérek a tervezett programra és a megvalósított „alkalmazásokra” is.

5.2 TÉRKÉP FUNKCIÓI

A térképnek meg kell jelenítenie a vizsgált csatlakozásokat, hangolandó viszonylatok összes menetvonalát, valamint a csatlakozások várakozási idejét, az átszállók számát és az átszállási időveszteségeket. Utóbbi hármat nem szükséges egyszerre mutatni a térképen, elég egyszerre csak az egyiket, de a váltásnak gyorsnak és kényelmesnek kell lennie (pl.: F1 - várakozási idők mutatása, F2 – átszállók száma, F3 – időveszteségek).

Ezt az Excel táblázatban a különböző munkalapok alkalmazásával tettem lehetővé, amikben ugyanúgy helyezkednek el a megállóhelyek és viszonylatok, csak a csatlakozások mutatott paraméterei különböznek.

Két nézetet kell elkülöníteni: a hálózati és a csatlakozási nézetet. A hálózati nézetben megjelenik a hangolni kívánt hálózat összes releváns megállóhelye, és a köztük húzódó menetvonalak. A megállóhelyeknél fel kell tüntetni a megálló csatlakozásaira jellemző átszállási idővesztéseket (vagy érzékelt idővesztéseket), így a finomhangolás során áttekinthető, hogy melyik megállóhelyeken szükséges beavatkozni.

A megvalósult térképen az egyszerűség kedvéért az amúgy általánosabb 60 perces periódus helyett 10 perces periódust vizsgáltam (budapesti metróhálózat késő este), így elég volt egyetlen menetvonalat feltüntetni.

A csatlakozási nézetben egy megállóhely látható, az össze induló és érkező menetvonallal. Ebben a nézetben kell feltüntetni a várakozási időket, az átszállók számát, az átszállási idővesztéseket.

A program mindkét nézetben megjeleníti a hálózat összes átszállási idővesztését. Így minden intézkedés következménye azonnal látható és értékelhető.

Ezt a két nézetet az én alkalmazásomnál nem kell megkülönböztetni, mivel csak három megállóhely-csoport szerepel, és elfér a képernyőn mind a három csatlakozási nézet egyszerre. Az idővesztéseket színkóddal is jelöltem, az alacsonytól a magasig a zöld-sárga-piros skálán fut végig a cella kitöltésének színe.

5.3 TÉRKÉP MŰKÖDÉSE

A térkép használatának folyamata a következő:

- Hálózat elemeinek, paramétereinek felvétele
- Hangolás elvégzése
- Dokumentálás

5.3.1 Hálózat felvétele

A hálózat felvételénél arra törekedtem, hogy a hangolás elvégzéséhez szükséges összes információ felvehető legyen, és ne kelljen nem releváns adatok felvételével lassítani a folyamatot. A tervezés során felmerült, hogy az adatok egy részét importálni lehetne egy külső rendszerből. Lehetséges például az adott hálózat GTFS adataiból kiszűrni a szükséges információk egy részét (Viszonylatok, csatlakozási pontok,

megállóhelyek helyadatai). Ennek megvalósítására azonban nem került sor, de a program tényleges elkészítésénél ennek megvalósíthatóságát mindenképp újra meg kell vizsgálni.

A hálózat felvételénél a következő táblákat hoztam létre:

4. táblázat - Adatbázis struktúrája (forrás: szerző saját munkája)

Constant	StopGroup	Stop	Line	LineStop	Trip	Connection
<i>constID*</i>	<i>sgID*</i>	<i>stopID*</i>	<i>lineID*</i>	<i>lsID*</i>	<i>tripID*</i>	<i>cID*</i>
<i>constName</i>	sgName	stopName	lineNum	lsLine	tripLine	cLineArr
<i>constValue</i>	sgPosLat	sGroup	lineDir	lsStop	tripTime	cLineDep
	sgPosLon	security		lsTime		cStop
		roofFull				cUsers
		roofPart				cWalkTime
		clean				
		seat				
		info				
		crowd				
		constr				

A létrehozott táblák egyszerű feltöltése érdekében űrlapokat készítettem, amelyek be vannak számozva 0-tól 6-ig az adatfeltöltés segítése érdekében.

5.3.1.1 Konstansok

Ebben a táblában olyan rekordok vannak, amiket csupán azért vettem fel, hogy a hálózat modellezésének legelején állandó értékeket tárolhassunk benne. Ezek a megállóhely kényelmét befolyásoló tényezők súlya, valamint a hangolando időszak, a periódusidő hossza.

5. táblázat - Konstansok attribútumai (forrás: szerző saját munkája)

constID	rövid szöveg (20)	A konstans azonosítója. Elsődleges kulcs.
constName	rövid szöveg (30)	A konstans érték neve.
constValue	szám (dupla)	A konstans értéke.

5.3.1.2 Megállóhely-csoport

A megállóhely csoport olyan megállóhelyek összessége, amik között lehetséges átszállások vannak. Erre a táblára azért van szükség, hogy a csatlakozások ábrázolásánál egy helyen lehessen ábrázolni az összetartozó csatlakozásokat, valamint, hogy összekapcsolható legyen több különböző, de helyileg összetartozó megállóhely (pl.: Deák Ferenc téren az M1-es, M2-es és M3-as megállóhelyei).

Az Access adatbázisban a megállóhely-csoport pozícióját nem adtam meg, mivel az ábrázolás nem ez alapján történt, hanem manuálisan, más célja pedig ezeknek az attribútumoknak nincs.

6. táblázat - Megállóhely-csoportok attribútumai (forrás: szerző saját munkája)

sgID	számláló	A megállóhely-csoport azonosítója. Elsődleges kulcs.
sgName	rövid szöveg (30)	A megállóhely-csoport neve.
sgPosLat, sgPosLon	szám (dupla)	A megállóhely-csoport helyzete, GPS koordinátái

5.3.1.3 Megállóhely

A megállóhely egy fizikai megállóhelyet jelent. Ezekre a rekordokra jellemző a megállóhelyen történő várakozás kényelme, ez 8 igen/nem típusú attribútummal jellemezhető, ami jelzi, hogy a vizsgált 8 kényelmi elem (biztonság, tisztaság, zsúfoltság, utastájékoztató, teljes fedettség, részben fedettség, építkezés, ülőhely) közül melyekkel rendelkezik a megálló. Meg kell még adni továbbá, hogy melyik megállóhely-csoportoz tartozik a megálló.

7. táblázat - Megállóhelyek attribútumai (forrás: szerző saját munkája)

stopID	számláló	A megállóhely azonosítója. Elsődleges kulcs.
stopName	rövid szöveg (30)	A megállóhely neve. Érdekes megkülönböztetni a csoport többi tagjától.
sGroup	szám (egész)	Idegen kulcs a megállóhelycsoportoz.
security	igen/nem	Amennyiben a biztonságérzet a megállóhelyen nem megfelelő, az érték „nem”, ellenkező esetben „igen”.
roofFull	igen/nem	„Igen”, ha a megállóhely teljesen fedett (pl.: földalatti metrómegálló).
roofPart	igen/nem	„Igen”, ha a megállóhely részben fedett (pl.: szabadtéri villamosmegálló utasváróval).
clean	igen/nem	„Nem”, ha a megállóhely tisztasága nem megfelelő.
seat	igen/nem	„Igen”, ha van a megállóhelyen rendelkezésre álló ülőhely.
info	igen/nem	„Igen”, ha van valósidejű utastájékoztató a megállóhelyen.
crowd	igen/nem	„Igen”, ha a megállóhely jellemzően túlszűfolt.
constr	igen/nem	„Igen”, ha megállóhelyen zavaró építkezés, felújítás zajlik.

A zsúfoltság (crowd) és a felújítás (constr) mutatók negatívan befolyásolják várakozás kényelmét, annak számításánál ezt figyelembe kell venni olyan módon, hogy

a Stop.crowd és Stop.constr értékek helyett (1-Stop.crowd) és (1-Stop.constr) értékeket kell alkalmazni.

5.3.1.4 Viszonylat

Viszonylat alatt itt a viszonylat irányait külön-külön értjük.

8. táblázat - Viszonylatok attribútumai (forrás: szerző saját munkája)

lineID	számláló	A viszonylat azonosítója. Elsődleges kulcs.
lineNum	rövid szöveg (4)	A viszonylat számjelzése.
lineDir	rövid szöveg (30)	A viszonylat iránya vagy végállomása.

5.3.1.5 Viszonylat megállója

A vizsgált viszonylatok releváns megállóit kell felvenni. Meg kell adni a megállóhelyet és az indulástól számított menetidőt. A megállók felvételének sorrendje nem számít, így az utólagos szerkesztés is egyszerűvé válik.

9. táblázat - Viszonylatok megállóinak attribútumai (forrás: szerző saját munkája)

lsID	számláló	A viszonylat megállójának azonosítója. Elsődleges kulcs.
lsLine	szám (egész)	Idegen kulcs viszonylathoz.
lsStop	szám (egész)	Idegen kulcs megállóhelyhez.
lsTime	szám (egész)	A végállomási indulástól számított menetidő.

5.3.1.6 Menet

A viszonylatok minden menetét a vizsgált időszakban külön-külön fel kell venni. Ilyenkor már csak a végállomási indulási időre van szükség, de mivel a hangolás kialakítása során, ezt úgyis változtatjuk, a kezdő értéket nem vesszük figyelembe, így ezt nem szükséges kitölteni.

10. táblázat - Menetek attribútumai (forrás: szerző saját munkája)

tripID	számláló	A menet azonosítója, elsődleges kulcs.
tripLine	szám (egész)	Másodlagos kulcs viszonylathoz.
tripTime	szám (egész)	A végállomási indulási idő.

5.3.1.7 Csatlakozás

A csatlakozásnál meg kell adnunk a két csatlakozó viszonylatot valamint a csatlakozás megállóhelyét. Ez utóbbról azért van szükség, hogy különbséget tegyünk az olyan csatlakozások között, ahol a két viszonylat többször is csatlakozik egymással (pl.: 1-es villamos és M3-as metró). Ezen kívül fel kell venni az átszállók számát, és a gyaloglási időket. Itt a lassú gyaloglási időket értjük.

11. táblázat - Csatlakozások attribútumai (forrás: szerző saját munkája)

cID	számláló	A csatlakozás azonosítója. Elsődleges kulcs,
cLineArr	szám (egész)	Másodlagos kulcs az érkező viszonylathoz.
cLineDep	szám (egész)	Másodlagos kulcs az induló viszonylathoz.
cStop	szám (egész)	Másodlagos kulcs az induló megállóhelyhez.
cUsers	szám (egész)	Az órák átszálló utasszám.
cWalkTime	szám (egész)	Lassú gyaloglási idő.

5.3.1.8 Indulási idők meghatározása

A célfüggvény előállításához szükségünk van a viszonylatok megállóhelyi indulási ideire. Ehhez egy lekérdezést hoztam létre Indulási idők névvel. A lekérdezés minden viszonylat minden megállójához listázza az összes menetet és a végállomási indulás és a menetidő összegét.

lineid	lineNum	lineDir	tripTime	stopID	sGroup	sgName	stopName	IsTime	Indulási idő
8	M1	Mexokói út	1	13	10	Vörösmarty té	Vörösmarty té	0	1
8	M1	Mexokói út	1	14	8	Deák Ferenc té	Deák Ferenc té	1	2
8	M1	Mexokói út	1	15	11	Mexikói út M	Mexikói út - M	12	3
7	M1	Vörösmarty té	5	2	3	Örs vezér tere	Örs vezér tere	0	5
7	M1	Vörösmarty té	5	15	11	Mexikói út M	Mexikói út - M	0	5
7	M1	Vörösmarty té	5	14	8	Deák Ferenc té	Deák Ferenc té	11	6
7	M1	Vörösmarty té	5	13	10	Vörösmarty té	Vörösmarty té	12	7
2	M2	Déli pu.	1	9	6	Keleti pu.	Keleti pu. - M2	5	6
2	M2	Déli pu.	1	7	8	Deák Ferenc té	Deák Ferenc té	10	1

5. ábra - "Indulási idők" lekérdezés (forrás: szerző saját munkája)

5.3.1.9 Csatlakozások adatainak összegyűjtése

A csatlakozások összes releváns adatát összegyűjtöttem egy lekérdezésbe: megállóhely-csoportot, a viszonylatokat és az indulási idejüket, a gyaloglási időt, az ezekből kapott várakozási időt, az átszállók számát, és az ezek szorzataként kapott átszállási idővesztését. *A megállóhely kényelmét (mivel csupa földalatti metrómegállót vizsgáltam) az ACCESS lekérdezés létrehozásánál kihagytam, mivel az összes megállóhely szinte ugyanolyan értékelést kapott, és nem befolyásolta volna érdemben a hangolás eredményét.*

Megálló	Viszonylat1	Irány1	t1	Viszonylat2	Irány2	t2	t_gy	Várakozási idő	n	Átszállási idővesztés	Prioritás
Deák Ferenc tér	M1	Mexokói út	2	M2	Déli pu.	1	5	4	0	0	0
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	6	M2	Déli pu.	1	5	0	10	0	100
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	6	M2	Örs vezér tere	1	5	0	3	0	30
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	6	M3	Kőbánya-Kispest	5	5	4	9	36	90
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	1	M1	Mexokói út	2	5	6	3	18	30
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	1	M1	Vörösmarty tér	6	5	0	0	0	0
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	1	M3	Kőbánya-Kispest	5	4	0	18	0	180
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	1	M3	Újpest-központ	7	4	2	14	28	140
Deák Ferenc tér	M2	Örs vezér tere	1	M1	Mexokói út	2	5	6	4	24	40

6. ábra - "1 Csatlakozások" lekérdezés (forrás: szerző saját munkája)

A hangolás elvégzéséhez még szükség van három lekérdezésre, ezek a 4.5 fejezetben tárgyalt globális és relatív viszonylat-prioritások és a csatlakozások rangsora. A prioritás egyszerűen adódik a periódusidő és a menetek számának hányadosának és az átszálló utasszám szorzatából. A csatlakozások rangsorolása esetén egyszerűen a Csatlakozások lekérdezést használva a prioritás szerint csökkenő sorba rendezhetjük a csatlakozásokat. A viszonylatok prioritásához először az érkező. viszonylatok szerint kell csoportosítani a csatlakozásokat és összegezni a prioritásokat majd ugyanezt elvégezni az induló viszonylatokra, majd viszonylatonként a két prioritás értéket összeadni.

5.3.1.10 Térkép felvétele

A térképünk megjelenítéséhez már minden a rendelkezésre áll. Minden felvett megállóhely-csoportot elhelyezünk a térképen a megadott koordináták alapján, majd minden menet két egymást időben követő megállójának csoportja közé behúzzunk egy menetvonalat. A megállóhelyeken megjelenítendő adatok a Csatlakozások lekérdezésben találhatóak meg egyszerűen.

Ezt a lépést manuálisan oldottam meg, a térképet én hoztam létre az Excel táblában. A táblázatban a fehér cellák azok, amelyeket a felhasználónak kell kitölteni.

5.3.2 Hangolás elvégzése

A hangolás elvégzéséhez a programnak meg kell jeleníteni a hierarchiát, de legalább a következő hangolandó elemet és a hangolási térképet. A térképen a menetek végállomási indulási idejét kell állítani.

A hangolás elvégzéséhez 6 db lekérdezést állítottam össze. Ezek közül alapesetben négyet vagy ötöt kell használni attól függően, hogy a csatlakozások vagy a viszonylatok hierarchiáját vesszük figyelembe. Az átszállási időveszteségek csökkenthetők csak az Access adatbázis segítségével, azonban a térkép használatával körülbelül felére csökken a hangolás elvégzésének ideje, valamint további 2 lekérdezés használatától lehet eltekinteni.

5.3.2.1 *Hangolás a térkép használata nélkül*

A térkép nélküli hangoláshoz a következő lekérdezésekre van szükségünk:

- csatlakozások prioritása vagy viszonylatok globális és relatív prioritása
- csatlakozások
- menetvonalak megadása
- átszállási időveszteség

A 4.5 fejezetben leírtak alapján eljárhatunk a csatlakozások és a viszonylatok rangsora alapján is. A következő hangolandó viszonylatot a prioritás alapján döntjük el. A hangolás elvégzése a Menetvonalak megadása lekérdezésben történik, ahol meghatározhatjuk a végállomási indulásokat. Az átszállási időveszteség mérőszáma megmutatja, hogy milyen a hálózat jelenlegi hangolása. A csatlakozások lekérdezésre azért van szükség, hogy valamennyire átláthassuk a hangolási rendszert, a kialakított hangolások miértjét. Ez azonban már az általam kezelt egyszerű példánál is nehézkes és bonyolult volt, hát még egy több száz csatlakozásból álló hálózatnál.

5.3.2.2 *Hangolás térképpel*

Az Excel térkép használata lényegesen megkönnyítette a hangolt hálózat létrehozását. Az adatok rendezetten jelennek meg, a teljes hálózat átlátható a képernyőn. Ilyenkor az átszállási időveszteségeket a térkép jobb felső sarkában láthatjuk, az indulási idők beállítása pedig a térképen történik, így ezekhez a műveletekhez nem kell lekérdezést alkalmaznunk. Egy csatlakozás hangolása az Access-ben kb. 1 percet vesz igénybe, mindez az Excelben 10-15 másodperc alatt elvégezhető.

5.3.3 Dokumentálás

A hangolás folyamatát fontos dokumentálni, mivel a hálózat változása esetén nem lehet egy már kész hangolásnál megmondani, hogy mik voltak a hangolási szempontok. Egy hangolási dokumentumnak egy viszonylat csatlakozásait kell tartalmazni. Fel kell sorolni az összes teljesülő és nem teljesülő hangolást, és a hangolás módszerét. Ha a viszonylatok hierarchiáját használtuk, akkor fel kell tüntetni, hogy a hierarchiában hol foglalt helyet a viszonylat. Ha pedig a csatlakozások hierarchiáját használtuk, akkor azt, hogy melyik csatlakozás/csatlakozások hangolásának eredményeként alakultak ki a

viszonylat indítási ideit. A kiemelt csatlakozások hangolási ábráját is tartalmaznia kell a dokumentumnak.

6 KIDOLGOZOTT MÓDSZER BEMUTATÁSA

PÉLDAHÁLÓZATON

A fentiekben kidolgozott módszert, amivel lehetséges egy hálózat csatlakozásrendszerének kidolgozása és a csatlakozások hangolása, egy egyszerű példahálózaton mutatom be. Ez a részhálózat a budapesti metróhálózat. Mivel programozási ismeretek hiányában nem tudtam megvalósítani a megtervezett grafikus felhasználói felületet, ezért kénytelen voltam a program működését egy Microsoft Access adatbázis és egy Microsoft Excel munkafüzet segítségével modellezni.

Ebben a fejezetben a módszer minden lépését elvégzem, mintapéldákon keresztül bemutatva a folyamatot.

Mivel a választott hálózat minden viszonylata 10 perces követési idővel üzemel a kiválasztott időszakban (késő este), ezért az egy óras periódusidő helyett elég csak 10 perces intervallumot vizsgálni. Ezért itt most nem óras átszálló utasszámról beszélünk, hanem egyszerűen csak átszálló utasszámról.

6.1 HÁLÓZAT FELVÉTELE

Első lépés volt az Access adatbázisban az erre a célra létrehozott űrlapok kitöltése. A konstansok tábláját a 4.1.1.4 fejezetben bemutatott felmérés eredményei alapján töltöttem ki. Létrehoztam a megállóhely-csoportokat, a megállóhelyeket, a viszonylatokat, a viszonylatok megállóit, a csatlakozásokat és a meneteket.

7. ábra - "Csatlakozások felvétele" űrlap (forrás: szerző saját munkája)

6.2 CSATLAKOZÁSOK KIVÁLASZTÁSA

A kiválasztott részhálózaton 36 csatlakozás van. Ez jól mutatja, hogy mennyire fontos a vizsgált csatlakozások előzetes szűrése. Ha ezt nem tennénk meg, egy komolyabb hálózat esetében rengeteg időt vesztegetnénk el azzal, hogy a hangolást nem befolyásoló csatlakozásokról gyűjtünk adatokat.

A szűrésnél először az átszálló utasszámot becsültem meg a viszonylatokhoz. A becslés alapja a késő este jellemző utazási irányok (belvárosból kifelé, a külvárosok fele) és személyes tapasztalataim voltak, illetve olyan helyeken, ahol bizonytalan voltam, megfigyelést végeztem. Ennek következtében a 36 csatlakozásból 9-ről úgy döntöttem, nem foglalkozom velük, mert nem befolyásolnák számottevő mértékben a hangolás menetét. Ez egy meglehetősen kis arány, ami annak köszönhető, hogy a metrók utasforgalma minden irányban nagy, ezért jellemzőek az átszállások.

12. táblázat - Hangolandó csatlakozások listája (forrás: szerző saját munkája)

Megálló	Viszonylat1	Irány1	Viszonylat2	Irány2
Deák Ferenc tér	M1	Mexikói út	M2	Déli pu.
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	M2	Déli pu.
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	M2	Örs vezér tere
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	M3	Kőbánya-Kispest
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	M1	Mexikói út
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	M1	Vörösmarty tér
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	M3	Kőbánya-Kispest
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	M3	Újpest-központ
Deák Ferenc tér	M2	Örs vezér tere	M1	Mexikói út
Deák Ferenc tér	M2	Örs vezér tere	M3	Kőbánya-Kispest

Deák Ferenc tér	M2	Örs vezér tere	M3	Újpest-központ
Deák Ferenc tér	M3	Kőbánya-Kispest	M1	Mexikói út
Deák Ferenc tér	M3	Kőbánya-Kispest	M2	Déli pu.
Deák Ferenc tér	M3	Kőbánya-Kispest	M2	Örs vezér tere
Deák Ferenc tér	M3	Újpest-központ	M1	Mexikói út
Deák Ferenc tér	M3	Újpest-központ	M2	Déli pu.
Deák Ferenc tér	M3	Újpest-központ	M2	Örs vezér tere
Kálvin tér	M3	Kőbánya-Kispest	M4	Kelenföld vá.
Kálvin tér	M3	Kőbánya-Kispest	M4	Keleti pu.
Kálvin tér	M3	Újpest-központ	M4	Kelenföld vá.
Kálvin tér	M3	Újpest-központ	M4	Keleti pu.
Kálvin tér	M4	Kelenföld vá.	M3	Kőbánya-Kispest
Kálvin tér	M4	Kelenföld vá.	M3	Újpest-központ
Kálvin tér	M4	Keleti pu.	M3	Kőbánya-Kispest
Kálvin tér	M4	Keleti pu.	M3	Újpest-központ
Keleti pu.	M2	Déli pu.	M4	Kelenföld vá.
Keleti pu.	M4	Keleti pu.	M2	Örs vezér tere

A következő vizsgálandó paraméter a követési idők paramétere volt. Azt egyből megállapíthatjuk, hogy a követési idők egymáshoz hangolhatók, mivel mindegyik viszonylat 10 perces követési időközzel üzemel. Az átszállások során a lassú és gyors gyaloglási idők közötti különbség 1 perc körül alakul, tehát a 10 perces érkezési idő megfelel. Az indulási időköz bár nem túl nagy, a magas átszálló utasszámok miatt ez megengedhető.

Tehát a 12. táblázatban felsorolt csatlakozások a hangolható csatlakozások a hálózaton.

6.3 PARAMÉTEREK FELVÉTELE

A kiválasztott csatlakozások gyaloglási idejét és átszálló utasszámát kell rögzíteni a hangoláshoz. A megállóhelyek kényelmének elemeit bár rögzítettem a megállóhelyek felvételénél, de mivel csupa földalatti metrómegállót vizsgáltam, nem befolyásolták a hangolást, ezért nem is fordítottam rájuk további figyelmet.

A gyaloglási időket méréssel állapítottam meg. A végzett méréseknél mindig a lassú gyaloglási időt vizsgáltam, és a mért értéket felfele kerekítettem percre. Eredményként azt kaptam, hogy azoknál az átszállásoknál, ahol az M1-es metró szerepelt, mint érkező vagy induló viszonylat, ott a gyaloglás felfele kerekítve 5 perc volt, a többi megállóban 4 perc. Itt eltekintettem attól, hogy valaki rossz mozgólépcsőn induljon el esetleg, a leghosszabb ésszerű utat választottam (legmesszebb lévő ajtón való leszállás).

Az átszálló utasszámok meghatározásához a 6.2 fejezetben említett megfigyeléssel kiegészített becsléseimet használtam. A becsléseket elég pontosnak találtam ahhoz, hogy ebben az egyszerű mintapéldában felhasználhassam őket a folyamat szemléltetéséhez. A megállóhely kényelmét a megállók ismeretére alapozva vettem fel.

Szükséges volt még a hálózaton található viszonylatok releváns megállóhelyeihez tartozó részmenetidőkre is, e nélkül nem tudjuk kiszámolni a várakozási időket a csatlakozások során. Ehhez a www.bkk.hu/menetrendek oldalt használtam, és az itt feltüntetett menetidőkkel dolgoztam.

A mért, becsült, felvett adatokat rögzítettem az Access adatbázisba és kialakítottam az Excel táblázat térkép formáját. Ez után az Excel táblát is feltöltöttem a szükséges adatokkal, mint menetidők, átszállók száma, gyaloglási idők.

Ekkor minden adatot bevitettem a rendszerbe, a következő lépés a hierarchia kialakítása volt.

6.4 HIERARCHIA KIALAKÍTÁSA

6.4.1 Csatlakozások hierarchiája

Az Access adatbázis segítségével pillanatok alatt sorrendbe állíthatóak a csatlakozások a prioritásuk (induló követési időköz és átszállók számának szorzata) alapján. Erre a „0 Csatlakozások globális prioritása” lekérdezést kell használni. Így a következő listát kapjuk:

13. táblázat - Csatlakozások prioritása (forrás: szerző saját munkája)

Megálló	Viszonylat1	Irány1	Viszonylat2	Irány2	Prioritás
Deák Ferenc tér	M2	Örs vezér tere	M3	Kőbánya-Kispest	200
Deák Ferenc tér	M3	Újpest-központ	M2	Örs vezér tere	200
Kálvin tér	M4	Keleti pu.	M3	Újpest-központ	180
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	M3	Kőbánya-Kispest	180
Deák Ferenc tér	M3	Kőbánya-Kispest	M2	Örs vezér tere	180
Kálvin tér	M3	Újpest-központ	M4	Kelenföld vá.	180
Kálvin tér	M3	Kőbánya-Kispest	M4	Kelenföld vá.	170
Deák Ferenc tér	M2	Örs vezér tere	M3	Újpest-központ	170
Kálvin tér	M4	Keleti pu.	M3	Kőbánya-Kispest	170
Deák Ferenc tér	M3	Újpest-központ	M2	Déli pu.	160
Kálvin tér	M3	Újpest-központ	M4	Keleti pu.	160
Deák Ferenc tér	M3	Kőbánya-Kispest	M2	Déli pu.	150
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	M3	Újpest-központ	140
Kálvin tér	M3	Kőbánya-Kispest	M4	Keleti pu.	120
Deák Ferenc tér	M3	Újpest-központ	M1	Mexikói út	100

Keleti pu.	M4	Keleti pu.	M2	Örs vezér tere	100
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	M2	Déli pu.	100
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	M3	Kőbánya-Kispest	90
Kálvin tér	M4	Kelenföld vá.	M3	Kőbánya-Kispest	70
Deák Ferenc tér	M3	Kőbánya-Kispest	M1	Mexikói út	60
Keleti pu.	M2	Déli pu.	M4	Kelenföld vá.	60
Deák Ferenc tér	M2	Örs vezér tere	M1	Mexikói út	40
Deák Ferenc tér	M1	Vörösmarty tér	M2	Örs vezér tere	30
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	M1	Mexikói út	30
Kálvin tér	M4	Kelenföld vá.	M3	Újpest-központ	20
Deák Ferenc tér	M2	Déli pu.	M1	Vörösmarty tér	0
Deák Ferenc tér	M1	Mexikói út	M2	Déli pu.	0

6.4.2 Viszonylatok hierarchiája

Ebben az esetben kicsit többet kell dolgozni a rendszer kialakításához, de az adatbázis ezt a folyamatot is lényeges megkönnyíti. A „0 Viszonylatok globális prioritása” és a „4 Viszonylatok relatív prioritása” lekérdezések használatával néhány lépésből megkapjuk a 8 elemű listát (viszonylat+irány).

Először a globális prioritás alapján választjuk ki a legfontosabb viszonylatot, ami az M3-as metró Kőbánya-Kispest irányába, 1390-es prioritással.

1 Csatlakozások			Csatlakozások felvétele			Viszonylat		
Viszonylat1	Irány1	Prioritás						
M3	Kőbánya-Kispest	1390						
M3	Újpest-központ	1310						
M2	Örs vezér tere	920						
M2	Déli pu.	820						
M4	Keleti pu.	730						
M4	Kelenföld vá.	500						
M1	Mexikói út	230						
M1	Vörösmarty tér	220						

8. ábra - Viszonylatok globális prioritása (forrás: szerző saját munkája)

Ezek után, amíg van rá lehetőségünk, addig a relatív prioritás alapján választunk. Így jön egymás után az M2 Örs vezér tere felé, az M3 Újpest felé, stb.

2 Menetvonalak megadása		4 Viszonylatok relatív prioritása	
Viszonylat1	Irány1	Prioritás	
M3	Kőbánya-Kispest	1390	
M2	Örs vezér tere	920	
M2	Déli pu.	820	
M4	Keleti pu.	730	
M4	Kelenföld vá.	500	

9. ábra - Viszonylatok relatív prioritása M3 Kőbánya-Kispest kiválasztása után
(forrás: szerző saját munkája)

Amikor ezt nem tudjuk megtenni, akkor megint a globális alapján választjuk ki a következő viszonylatot. Ha elfogytak a viszonylatok, elkészült a hierarchia.

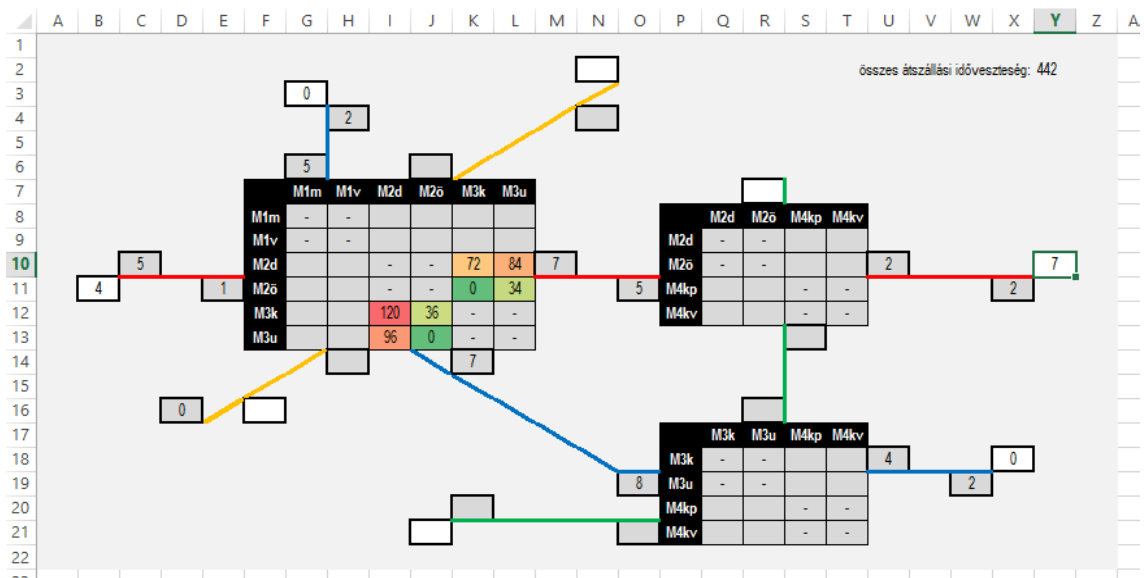
6.5 HANGOLÁS ELVÉGZÉSE

Itt a hierarchia kialakításától függően két hangolás lehetséges: csatlakozás és viszonylat szerinti hangolás.

6.5.1 Csatlakozás szerinti hangolás

Csatlakozási hierarchia esetén a hangolás sorrendje a következőkép alakul:

- M3 Kőbánya-Kispest felé, M2 Örs vezér tere felé
- M3 Újpest-központ felé
- M4 Keleti pályaudvar felé
- M2 Déli pályaudvar felé
- M4 Kelenföld vasútállomás felé
- M1 Vörösmarty tér felé
- M1 Mexikói út felé

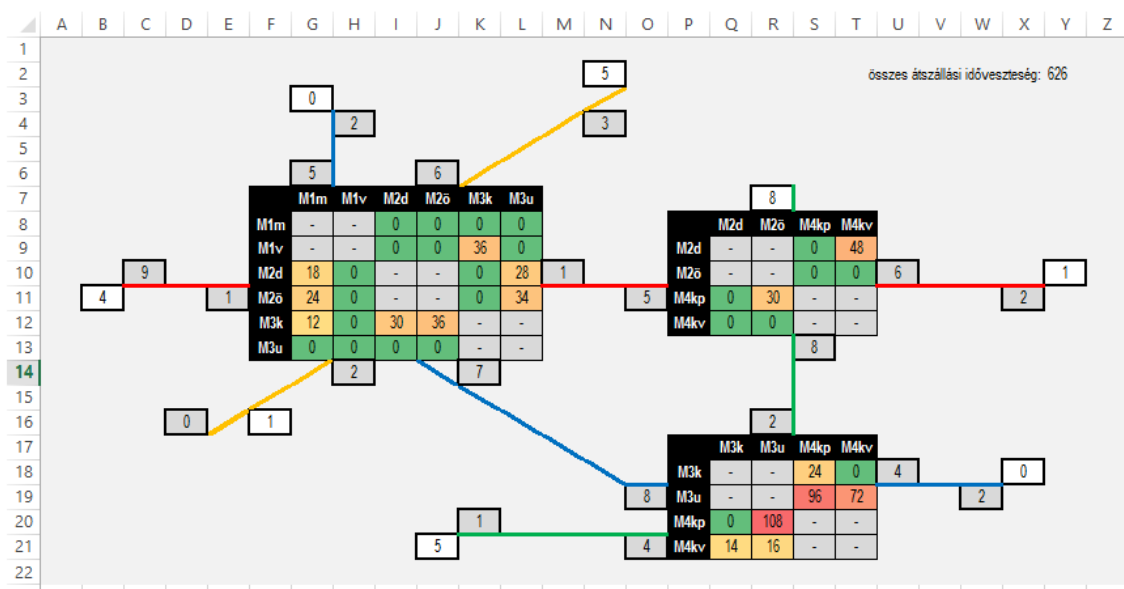


10. ábra – Térkép hangolás közben (forrás: szerző saját munkája)

6.5.2 Viszonylat szerinti hangolás

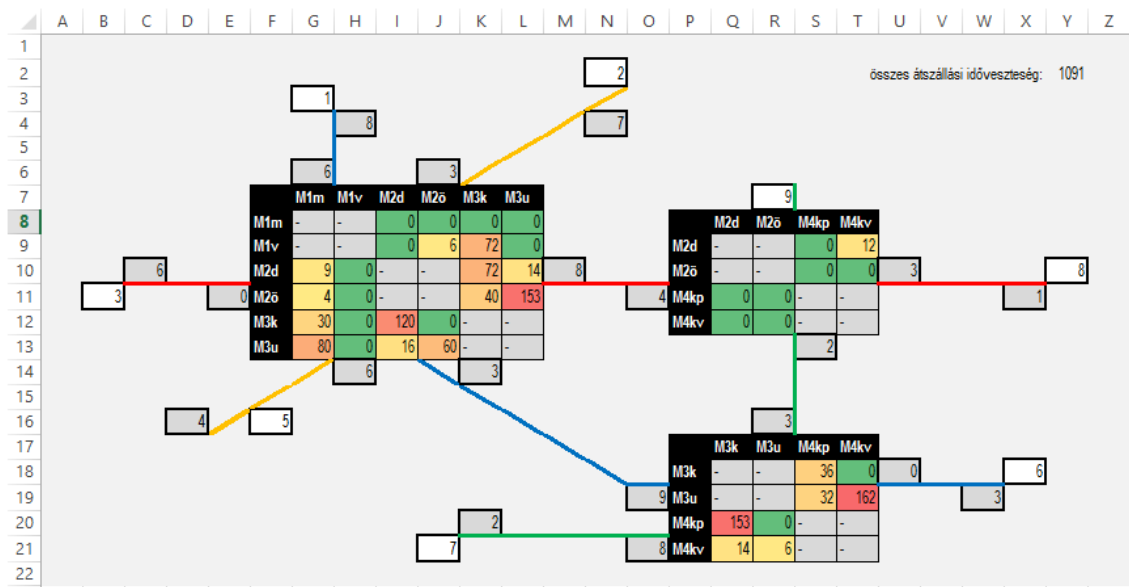
Viszonylat szerinti hangolásnál a következő sorrend alakul ki

- M3 Kőbánya-Kispest felé
- M2 Örs vezér tere felé
- M3 Újpest-központ felé
- M2 Déli pályaudvar felé
- M4 Keleti pályaudvar felé
- M4 Kelenföld vasútállomás felé
- M1 Vörösmarty tér felé
- M1 Mexikói út felé



11. ábra - Módszer alkalmazásával hangolt hálózat (forrás: szerző saját munkája)

A két hangolási móddal ugyan azt a hangolt csatlakozásrendszert sikerült létrehozni, melynek összes átszállási idővesztése 626 utasperc. Az én becsült adataimmal a BKK által alkalmazott indítási időkkel a veszteség 1091 utasperc.



12. ábra - A BKK által alkalmazott hálózat (forrás: szerző saját munkája)

7 ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatást végeztem a csatlakozások megítéléséről, amiből kiderült, hogy az átszállások terén a szolgáltatási színvonalat az utasok szemében elsősorban a várakozási idő befolyásolja, a várakozás kényelme nem ilyen fontos. Az eredmények segítségével felírható a hálózat hangolásának két célfüggvénye: az átszállási időveszteségek minimalizálása és az érzékelt átszállási időveszteségek minimalizálása.

A dolgozat írása során kidolgoztam egy módszert, amivel egy közösségi közlekedési hálózat átszállási veszteségei csökkenthetőek a csatlakozások hangolásával. A módszer alkalmazásával sikerült egy olyan indítási jegyzéket megvalósítani a budapesti metróhálózathoz, amely közel felére csökkenti az átszállási időveszteségeket.

Kidolgoztam egy programtervet egy interaktív térkép-alkalmazásról, amely segítheti a hangolás folyamatát. Ezt megvalósítani nem sikerült, de a működést egy egyszerű részhálózaton szemléltettem Microsoft Access és Microsoft Excel programok segítségével.

A módszer a hálózattervezőktől kapott paramétersorokkal dolgozik, és egy iránymutatást ad a járatlisták szerkesztéséhez a hangolások figyelembevételével. A kidolgozott módszer lépései: hálózat felvétele, csatlakozások kiválasztása, paraméterek felvétele, hangolási hierarchia kialakítása, hangolás elvégzése, dokumentálás.

A módszer továbbfejlesztésének irányai: interaktív térkép létrehozása, algoritmus létrehozása a hangolások automatikus elvégzésére, a megállóhelyi jármű-várakoztatások bevezetése.

8 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] P. Mees, *A Very Public Solution: Transport in the Dispersed City*, Melbourn: Melbourne University Press, 2000.
- [2] G. Nielsen és T. Lange, „Network Design for Public Transport Succes - Theory and Examples,” in *International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, 10th*, Hamilton Island, Queensland, Australia, 2007.
- [3] T. Muller és P. Furth, „Transfer scheduling and control to reduce passenger waiting time,” *Transport Research Record*, %1. kötet2112, p. 111–118., 2009.
- [4] A. Ceder, S. Chowshury, N. Taghipouran és J. Olsen, „Modelling Public Transport Users' Behaviour at Connection Point,” *Transport Policy*, %1. kötet27, pp. 112-122, 2013.
- [5] J. Dodson, P. Mees, J. Stone és M. Burke, „The Principles of Public Transport Network Planning: A review of the emerging literature with select examples,” *Urban Research Program Issues Paper 15*, március 2011.
- [6] Z. Guo és N. H. M. Wilson, „Assessing the cost of transfer inconvenience in public transport systems: A case study of the London Underground,” *Transportation Research Part*, %1. kötet45., pp. 91-104., 2011..
- [7] A. Ceder és S. Chowdhury, „Definition of Planned and Unplanned Transfer of Public Transport Service and User Decisions to Use Routes with Transfers,” *Journal of Public Transportation*, %1. kötet16., %1. szám2., 2013.

- [8] A. J. Becker és F. Spielberg, „Implementation of a timed transfer network at Norfolk, Virginia,” *Transportation Research Record*, %1. kötet1666, pp. 3-13., 1999..
- [9] J. W. Grotenhuis, B. W. Wiegman és P. Rietveld, „The desired quality of integrated mulitmodal travel information in public transport: Customer needs for time and effort savings,” *Transport Policy*, %1. kötet14., pp. 27-38., 2007..
- [10] J. Luk és P. Olszewski, „Integrated public transport in Singapore and Hong,” *Road and Transport Research*, %1. kötet12, %1. szám4, pp. 41-51., 2003..
- [11] R. Clever, „Integrated timed transfer,” *Transportation Research Record*, %1. kötet1571., pp. 109-115., 1997..
- [12] A. Ceder, B. Golany és O. Tal, „Creating Bus Timetables with Maximal Synchronization,” *Transportation Research Part A*, %1. kötet35, pp. 913-928, 2001.
- [13] H. Iseki és B. D. Taylor, „Not all transfers are created equal: towards a framework relating transfer connectivity to travel behaviour,” *Transport Reviews*, %1. kötet29, %1. szám6, pp. 777-800., 2009.
- [14] B. Wassenius, „Utvärdering av stjärntrafiken i Västra Frölunda,” Trafikkontoret, City of Gothenburg, Gothenburg, 1996..
- [15] K. M. Ostrosky, J. M. VanSwearingen, R. G. Burdett és Z. Gee, „A Comparison of Gait Characteristics in Young and Old Subjects,” *Physical Therpay*, %1. kötet74, pp. 637-644., 1944.
- [16] J. Shah, G. Joshi és P. Parida, *Walking Speed of Pedestrian on Stairways at Intercity Railway Station in*, %1. kötet9., 2013.
- [17] L. Zhang, J. Li, K. Zhou, S. Gupta, M. Li, W. Zhang, M. A. Miller és J. A. Misener, „Traveler information tool with integrated real-time transit

information and multimodal trip planning,” *Transportation Research Record*, %1. kötet2215, pp. 1-10., 2011..

- [18] M. F. Ibrahim, „Improvements and integration of a public transport system: The case of Singapore,” *Cities*, %1. kötet20, %1. szám3, pp. 205-216., 2003..
- [19] F. Ulengin, S. Onsel, Y. I. Topcu, E. Aktas és O. Kabak, „An integrated transportation decision support system for transportation policy decisions: The case of Turkey,” *Transportation Research Part A*, %1. kötet41., pp. 80-97., 2007..

9 MELLÉKLETEK

9.1 INDULÁSI IDŐK LEKÉRDEZÉSE

```
SELECT Line.lineId, Line.lineNum, Line.lineDir, Trip.tripTime, Stop.stopID, Stop.sGroup,
StopGroup.sgName, Stop.stopName, LineStop.lsTime, ([Trip].[tripTime]+[LineStop].[lsTime]) Mod
[Constant].[constValue] AS [Indulási idő]
```

```
FROM Constant, (StopGroup INNER JOIN Stop ON StopGroup.sgID = Stop.sGroup) INNER JOIN ((Line
INNER JOIN LineStop ON Line.lineId = LineStop.lsLine) INNER JOIN Trip ON Line.lineId =
Trip.tripLine) ON Stop.stopID = LineStop.lsStop
```

```
WHERE (((Constant.constID)="period"))
```

```
ORDER BY Line.lineNum, Line.lineDir, Trip.tripTime, LineStop.lsTime;
```

9.2 CSATLAKOZÁSOK ADATAINAK LEKÉRDEZÉSE

```
SELECT [Indulási idők_1].sgName AS Megálló, [Indulási idők].lineId AS ID1, [Indulási idők].lineNum
AS Viszonylat1, [Indulási idők].lineDir AS Irány1, [Indulási idők].[Indulási idő] AS t1, [Indulási
idők_1].lineId AS ID2, [Indulási idők_1].lineNum AS Viszonylat2, [Indulási idők_1].lineDir AS Irány2,
[Indulási idők_1].[Indulási idő] AS t2, Connection.cWaitTime AS t_gy, ([Indulási idők_1].[Indulási idő]-
[Indulási idők].[Indulási idő]-[Connection].[cWaitTime]+2*[Constant].[constValue]) Mod
[Constant].[constValue] AS [Várakozási idő], Connection.cUsers AS n, [Várakozási idő]*[cUsers] AS
[Átszállási időveszteség], Constant.constValue/[Menetek száma viszonylatonként].[Menetek
száma]*Connection.cUsers AS Prioritás
```

```
FROM Constant, [Menetek száma viszonylatonként] INNER JOIN (([Connection] INNER JOIN [Indulási
idők] ON Connection.cLineArr = [Indulási idők].lineId) INNER JOIN [Indulási idők] AS [Indulási idők_1]
ON Connection.cLineDep = [Indulási idők_1].lineId) ON ([Menetek száma viszonylatonként].lineDir =
[Indulási idők].lineDir) AND ([Menetek száma viszonylatonként].lineNum = [Indulási idők].lineNum)
```

```
WHERE ((([Indulási idők].[Indulási idő]) Is Not Null) AND ((([Indulási idők_1].[Indulási idő]) Is Not Null)
AND (([Indulási idők].sGroup)=[Indulási idők_1].[sGroup]) AND ((([Indulási
idők_1].stopID)=[Connection].[cStop]) AND ((Constant.constID)="period"))
```

```
ORDER BY [Indulási idők_1].sgName, [Indulási idők].lineNum, [Indulási idők].lineDir, [Indulási
idők_1].lineNum, [Indulási idők_1].lineDir;
```

9.3 VISZONYLATOK GLOBÁLIS PRIORITÁSÁNAK LEKÉRDEZÉSE

SELECT [Érkező viszonylatok globális prioritása].ID1, [Érkező viszonylatok globális prioritása].Viszonylat1, [Érkező viszonylatok globális prioritása].Irány1, [Érkező viszonylatok globális prioritása].[SumOfPrioritás]+[Induló viszonylatok globális prioritása].[SumOfPrioritás] AS Prioritás

FROM [Érkező viszonylatok globális prioritása] INNER JOIN [Induló viszonylatok globális prioritása] ON ([Érkező viszonylatok globális prioritása].Viszonylat1 = [Induló viszonylatok globális prioritása].Viszonylat2) AND ([Érkező viszonylatok globális prioritása].Irány1 = [Induló viszonylatok globális prioritása].Irány2) AND ([Érkező viszonylatok globális prioritása].Viszonylat1 = [Induló viszonylatok globális prioritása].Viszonylat2) AND ([Érkező viszonylatok globális prioritása].ID1 = [Induló viszonylatok globális prioritása].ID2)

ORDER BY [Érkező viszonylatok globális prioritása].[SumOfPrioritás]+[Induló viszonylatok globális prioritása].[SumOfPrioritás] DESC;

9.4 VISZONYLATOK RELATÍV PRIORITÁSÁNAK LEKÉRDEZÉSE

SELECT [Érkező viszonylatok relatív prioritása].ID1, [Érkező viszonylatok relatív prioritása].Viszonylat1, [Érkező viszonylatok relatív prioritása].Irány1, [Érkező viszonylatok relatív prioritása].[SumOfPrioritás]+[Induló viszonylatok relatív prioritása].[SumOfPrioritás] AS Prioritás

FROM [Érkező viszonylatok relatív prioritása] INNER JOIN [Induló viszonylatok relatív prioritása] ON ([Érkező viszonylatok relatív prioritása].Irány1 = [Induló viszonylatok relatív prioritása].Irány2) AND ([Érkező viszonylatok relatív prioritása].Viszonylat1 = [Induló viszonylatok relatív prioritása].Viszonylat2) AND ([Érkező viszonylatok relatív prioritása].ID1 = [Induló viszonylatok relatív prioritása].ID2)

ORDER BY [Érkező viszonylatok relatív prioritása].[SumOfPrioritás]+[Induló viszonylatok relatív prioritása].[SumOfPrioritás] DESC;