

# **A zsúfoltság értelmezése az éjszakai vasúti személyszállítás árazási és szolgáltatástervezési folyamataiban / An interpretation of crowding in the pricing and service planning processes of nighttime rail passenger transport**

**Dr. Lévai Zsolt<sup>1</sup> – Molnár Balázs<sup>2</sup> – Dr. Strommer Tamás<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem  
<sup>1</sup>levai.zsolt@sze.hu

<sup>2</sup>MÁV Személyszállítási Zrt.  
<sup>2</sup>molnar.balazs5@mavcsoport.hu

<sup>3</sup>KTI Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet  
<sup>3</sup>strommer.tamas@kti.hu

**Kivonat:** Az éjszakai vasúti személyszállítás a vasúti közlekedésnek egy sajátos működési és gazdasági jellemzőkkel rendelkező szegmense. A speciális kialakítású gördülőállomány, valamint a jellemzően mozdonyos vontatás magas fix költségei miatt a szolgáltatások gazdaságos működtetése nagymértékben függ a járatok kihasználtságától. Ennek következtében a szolgáltatástervezés egyik kulcskérdése a megfelelő utasforgalmú viszonylatok azonosítása és a kapacitások optimális elosztása. A korlátozottan rendelkezésre álló gördülőállomány ugyanakkor szűk keresztmetszetet is jelent, amely nem teszi lehetővé a kereslet korlátlan kielégítését. A tanulmány egy, az éjszakai vonatokra kidolgozott árazásalapú zsúfoltsági indexet mutat be, amely alkalmas az egyes – meglévő vagy tervezett – viszonylatok utasforgalmi jellemzőinek számszerű értékelésére. Az index alkalmazásával olyan árazási elvek határozhatók meg, amelyek egyaránt figyelembe veszik a kapacitáskorlátokat és az utaskomfort szempontjait. Az eredmények hozzájárulhatnak az éjszakai vasúti szolgáltatások menetrendi és szolgáltatási szintű tervezésének megalapozásához, valamint a kihasználtság és a bevételek egyensúlyának javításához.

**Abstract:** Night-time passenger rail transport is a segment of rail transport with specific operational and economic characteristics. Due to the high fixed costs of specially designed rolling stock and typically locomotive-hauled trains, the economic operation of services is highly dependent on the utilisation of the rail services. As a result, one of the key issues in service planning is the identification of routes with sufficient passenger traffic and the optimal allocation of capacity. At the same time, the limited availability of rolling stock represents a bottleneck that prevents demand from being met without restriction. The study presents a price-based crowding index developed for night trains, which is suitable for the quantitative assessment of passenger traffic characteristics on individual existing or planned routes. The index can be used to define pricing principles that consider both capacity constraints and passenger comfort. The results can contribute to the planning of night train services in terms of timetables and service levels, as well as to improving the balance between utilisation and revenue.

*Kulcsszavak:* vasúti közlekedés; éjszakai vonat; zsúfoltság; utazási igény; szolgáltatástervezés

*Keywords:* rail transport; night train; on-board crowding; travel demand; service planning

## **Bevezetés**

Az európai vasúti piacon régóta jelen vannak az éjszakai vonatok. A fő európai vasúti útvonalakon jellemző 24 órás üzem lehetővé teszi az éjszakai vonatok közlekedtetését, amelyek egyszerre nyújtanak helyváltoztatási és szállodai/szállás jellegű szolgáltatást. Az éjszakai vonatok népszerűsége egyre csak növekszik, amely egyrészt köszönhető a technikai fejlődésnek és az ezáltal megvalósuló szolgáltatási színvonal emelkedésnek, másrészt a környezettudatosság erősödésének, harmadrészt a turisztikai piac növekedésének.

Éjszakai vonatok esetében is előfordul, hogy egyes időszakokban a vonatok teljes kihasználtság mellett közlekednek és a jegyek elővételben elfogynak, teljes kihasználtságot eredményezve a vonatokon. Fontos gazdasági kérdés azonban, hogy érdemes-e növelni ezen vonatok kapacitását és ha igen, azt milyen módon és szolgáltatási kategóriában – vagy esetleg árazási megoldásokkal érdemes elősegíteni a vonatok iránti kereslet terelését a völgyidőszakok felé. A zsúfoltság megfelelő kezelése azért is kulcskérdés, mert az éjszakai vasúti kocsik speciális felépítésük miatt nehézkesen használhatók nappali forgalomban, így nehezebb más szolgáltatási szegmensbe áthelyezni őket kihasználatlanság esetén. A kocsik magas beszerzési ára okán az éjszakai forgalomban használható járművek beszerzését körültekintő gazdasági elemzésnek kell megelőznie, emellett gyors értékcsökkentésük miatt a kihasználtságuk is alapvető vasútgazdasági kérdés. Az éjszakai vonatokban használt normál felépítésű kocsik napközbeni felhasználása korlátos és időben szűkös, mert azok használata alapesetben csak az éjszakai vonat reggeli érkezése és esti indulása között lehetséges – mindeközben biztosítva a karbantartást, takarítást és a kiszereleési feladatok elvégezhetőségét –, emellett a nappali használat minden esetben költséges és időigényes tolatási műveleteket eredményez. Általánosságban elmondható, hogy az éjszakai vonatok egyedi járműveit csak ezen vonatokban használják a gyakorlatban, ezért a kapacitások pontos méretezése kulcskérdés.

Cikkünk az éjszakai vonatok irányában tapasztalható látens és tényleges igények felmérésének, valamint a vonatok kihasználtságának nyomon követésének lehetőségeit járja körül a kutatásunk során kidolgozott zsúfoltsági (értsd: kihasználtsági) index bemutatásán keresztül. A szerzők hangsúlyozzák, hogy a „zsúfoltság” értelmezése ezen cikk esetében eltér a köznyelvi használattól. Az index használata segíthet az éjszakai vonatok célszerű és hatékony árazásának kialakításában annak érdekében, hogy a vonatok kihasználtsága egyenletesen magas lehessen, emellett lehetővé teszi az egyes (tervezett) viszonylatok utasforgalmi elemzését is. Az index alapján meghatározott árazási elvek segítik a vasútvállalatokat a vonatok megfelelő kihasználtságú tervezésében mind menetrendi, mind pedig szolgáltatási oldalról.

Az ilyen irányú keresletkielégítés elfogadott módszere a hozammenedzsmen (yield management), vagyis a kereslet előrejelzésén alapuló (időben változó, dinamikus) árazás, ugyanakkor érdemesnek tartjuk a vasúti üzemeltetés és szolgáltatástervezés irányú megközelítésének vizsgálatát, amikor nem egy meghatározott, fix számú helyet kell értékesíteni (pl. egy repülőgép ülőhelyei), hanem a kereslet változását férőhely kínálati oldalról is le lehet reagálni a vasúti kocsik számának változtatásával. A vasúti kapacitások változtatása mindig egy fix helyszámú kapacitás egység (pl. vasúti kocsi) hozzáadását vagy eltávolítását jelenti a szállítási kapacitáshoz/tól, vagyis egységnyi keresletváltozást nem lehet egységnyi hely kínálat megváltoztatásával lekövetni. Éppen ezért a zsúfoltsági index segíthet az optimális szerelvényösszeállítás meghatározásában és az időszakos kereslet ingadozás követésében. A csúcsidezőszakok kiszolgálását üzemeltetési szempontból az teszi lehetővé, ha a tervezett karbantartások a völgyidőszakokra időzítettek, ennek tervezésére egy eszköz a zsúfoltság (kihasználtság) fogalmának alkalmazása erre az egyedi termék típusra (éjszakai vonat).

Természetesen vannak olyan időben pontszerű események, amelyek nagyon sok látogatót – és így vasúti utast – vonzanak, azonban ez hosszabb távon nem tervezhető, operatív beavatkozást igényel. A megfelelő beavatkozás lehet a vonat további erősítése, esetlegesen mentesítő vonat közlekedtetése, ám ezek mérlegelése és megtervezése mindig csak az adott utazási igények ismeretében lehetséges. Ezen hirtelen keresleti változások követésének gazdaságossága is vizsgálható a zsúfoltság fogalmának segítségével.

## 1. Az éjszakai vonatok közlekedésének közgazdasági értelmezése

A közforgalmú közlekedés árazási módszertanának alapjai a határkölség-alapú árazás mikroökonómiai koncepciójára épülnek. Ez az elmélet (leegyszerűsítve, tágabb társadalmi kontextusban, a vasúti közlekedésben jellemző közszolgáltatási szemlélettel) azt mondja ki, hogy az erőforrás-hatékonyság akkor maximális, ha minden utas az utazás nettó társadalmi határkölségével megegyező pénzüsszeget fizet az utazásáért. Ebbe beleértve a közlekedés piacán (az összes közlekedési móddal együtt) és azon kívül megjelenő számos jóléti (és környezetvédelmi) hatást. A pénzügyi ösztönző biztosítja, hogy minden egyes utazás több értéket teremtsen az utas számára, mint amennyi nettó költséget jelent az utazása a társadalom számára. A közösség számára pazarló utazások elkerülhetők, de a hasznos utazások nem lehetetlenülnek el. Ez a szemlélet eltér a légi közlekedésben alkalmazott, ennél szigorúbb

hozamenedzsmet szemléletnél, hiszen ott teljesen piaci alapú a nyújtott szolgáltatás, a közszolgáltatási szempontok nem érvényesülnek. Ha a piaci folyamatok alapján kialakult optimális viteldíj (személyenként) nagyobb az adott férőhelyre számított átlagos üzemeltetési költségnél, akkor a szolgáltatás szűk üzemgazdasági szempontból nyereséges, ellenkező esetben a szolgáltatónak támogatásra (pl. állami költségtérítésre) kell támaszkodnia. Az éjszakai vonatok közlekedtetése kapcsán a gyakorlat nem egységes Európában, az éjszakai vonatok esetében a közszolgáltatási jelleg erős, de nem kizárólagos. A cikk írásakor ezt a jellegzetességet figyelembe vettük, ugyanakkor mindkét hasznosság (üzleti és közszolgáltatási) jellegzetességeit egyszerre figyelembe vesszük.

A légi közlekedésben térségünkben nem értelmezett a közszolgáltatás. A viteldíj nem fix, hanem elsősorban a kereslet határozza meg. A hozamenedzsmet (yield management) eszközökkel megállapított időben változó (dinamikus) árakkal a légitársaságok a bevétel és kihasználtság maximumára törekszenek. Az egyes ülőhelyek közötti szolgáltatási különbségek viszonylag kicsik (pl.: nagyobb lábtér, ablak melletti ülés), így az utasok döntéseiben az ár szerepe erősebben érvényesül a szolgáltatási szempontokkal szemben. Ezzel szemben az éjszakai vonatok esetében az egyes szolgáltatások között jelentős eltérések mutatkoznak (pl.: ülő, fekvő, háló), illetve az azonos szolgáltatásokban (pl. hálókocsi) is lehetnek különbségek (pl. az utasok száma egy fülkében). Ezek miatt az éjszakai vonatok tekintetében a hozamenedzsmet (yield management) eszközök más formában alkalmazhatók: az ár a kényelmi szinttel együtt értelmezhető döntési tényező.

Közgazdasági megközelítés szerint az árazási döntéseket a szolgáltató költség szerkezete és a piac többi szereplőjével való kölcsönhatások határozzák meg. Az üzemeltetési költségfüggvények jellemzőinek elsősorban a méret- és sűrűséggazdaságosság tekinthetők. E kutatás tekintetében tehát a jellemző árazási paraméterek a járatok összeállításával és a menetrendjével lesznek összefüggésben. (A menetrend itt elsősorban a követési időt fedti le, amely az éjszakai vonatok esetén a legtöbb esetben 1 vonat/nap/irány.) Kérdés tehát az, hogy ez a menetrendi kínálat a vonatok kocsioszeállításával párosulva megfelel-e a méret- és sűrűséggazdálkodás követelményeinek.

További kérdés, hogy miután minden szolgáltató alapvető érdeke az utasok elszállítása, vagyis a kereslet kielégítése, a menetrend és a járműpark szűkössége okozhat-e (túl)zsúfoltságot adott viszonylaton? E kérdés tisztázása azért fontos, mert az éjszakai vonatok a vasúti közlekedés speciális elemei, különleges járművekkel és szolgáltatásokkal. A szolgáltatások többnyire nem helyettesíthetők egymással – vagyis a hálókocsi az ülőkocsival –, ezért különösen fontos szempont, hogy egy vonatban megfelelő számú háló- és fekvőhelyes kocsi közlekedjen, illetve ezeknek a kocsiknak megfelelően magas kihasználtsága legyen. Ez a kihasználtsági alapelv megegyezik a légitársaságok alapelveivel, ugyanakkor fontos különbség, hogy a repülőgép esetén nincs lehetőség az el nem adott helyek elhagyására, míg a vasút a szerelvények összeállításának módosításával elvben reagálhat a kereslet rövidtávú változására is. Ennek a gyakorlatban számos korlátja van, de összességében a személykocsikból álló éjszakai vonatok esetében az egyes kocsik darabszáma, a kínált férőhely osztályok meghatározása tervezési feladatot jelentenek.

Vinod cikkében kiszorítási arányként jellemzi a maximális foglaltság és a korlátlan kereslet közötti arányszámot, vagyis a kereslet és a kínálat hányadosát [1]. E jellemzőről éjszakai vonatok esetén biztosabb képet akkor kaphatnánk, ha a fekvő- és hálóhelyek mellett az ülőhelyek foglalása is kötelező lenne, vagyis a foglaltsági állapotról minden időpillanatban pontos információk állnának rendelkezésre a vasúttársaságoknál. A kiszorítási arány azonban csak azt tükrözi, hogy mekkora volt az a kereslet, amely a kínálat tükrében vásárláshoz vezetett.

Ha túl magas a meghirdetett ár vagy megfelelő férőhely kínálat híján nem tudnak utazni az érdeklődők, könnyen elégedetlenné válhatnak a potenciális utasok. Az éjszakai vonatok különböző típusú elhelyezési lehetőségei a repülés biztosította körülményekhez képest nehezebben átjárhatóak, hiszen az idegenekkel egy fülkében történő alvás sokaknál a privát szférába történő behatolást jelenti, ezért azt sok utas elutasítja. Emiatt a gyakorlatban például túlkereslet mutatkozhat a hálókocsi elhelyezés iránt, amelynek azonban a magas költségeit a piac egyes szegmensei nehezen fogadják el. E problémára érkező tervezői reakció formájában jelent meg a legújabb, ún. minikabin, amely ugyan meglehetősen szűk, ám egyszemélyes, privát fekvőhelyet biztosíthat a lefoglalt „kapszulában” [2].

Botimer szerint a légitársaságoknak csak bizonytalan elképzelésük lehet az utasok fizetési hajlandóságáról. A hatékony üléselosztás kialakítása érdekében megfelelő foglalási limitekre van szükség a kereslet nagyfokú változékonysága miatt. A foglalási limitek nagy jelentőséggel bírnak,

amikor a kereslet meghaladja a kínálatot, és az utasok foglalásainak időpontjai nem ismertek [3]. E feltételezés kiterjeszhető az éjszakai vonatokra is. A helyzet okozta fő kihívás, hogy a szolgáltatás iránti kereslet görbéje nem ismert, és a foglalási időszak alatt csak a vásárlás üteméből – vagyis, hogy milyen gyorsan fogynak a jegyek – lehet a majdani indulás időpontjában fennálló kapacitáskihasználtság mértékére következtetni. Ez a kihívás a légitársaságokhoz hasonlóan a vasúttársaságoknál éppúgy megjelenik, az intertemporális árdiszkrimináció érvényesül (értsd: későn foglalók általában többet hajlandók fizetni). A zsúfoltság (kihasználtság) megjelenik e problémában olyan szempontból is, hogy mivel az utas nem teljesen elszeparált kabinba kerül, az utas haszna és fizetési hajlandósága is függ attól, hogy az egyes kocsikban hányan ülnek körülötte, a fekvő- és hálókocsiban pedig hány emberrel osztja meg a fülkét.

Az éjszakai vonatok több okból is általában magas kockázatú járatok a vasútvállalatok számára. Általános járműipari tapasztalat, hogy a háló- és fekvőhelyes kocsik piaci kínálata korlátozott, de az üzemeltetők is nehezen fektetnek be a gördülőállomány bővítésébe, illetve fejlesztésébe. Tomeš és Pařil cikkükben leírják, hogy az éjszakai vonatok hatékony és gazdasági szempontból fenntartható közlekedésének feltételei a stabil kiindulási és célállomási piacokban, valamint az utazók körében növekvő környezettudatosságban rejlenek [4].

A kutatók hamar felismerték, hogy a közforgalmú közlekedés számos társadalmi költsége marginális felhasználói externália formájában jelentkezik, azaz a megjelenő utasok különböző módon befolyásolják a többi felhasználó utazási élményét. Mohring meghatározó felismerése az volt, hogy a szolgáltatás sűrűsége a kereslet növekedésével növekszik [5], a közforgalmú közlekedési utazások közvetlensége pedig a közlekedési hálózat szerkezetétől függ [6]. Éjszakai vonatok esetén is lehet ilyen értelemben követési gyakoriságról és hálózati lefedettségről (azaz sűrűségről) beszélni. A kereslet növekedése csak a vonatok méretgazdaságos – esetleg üzemi korlátok által meghatározott – összeállításáig elégíthető ki megfelelő színvonalon, utána (túl)zsúfoltság alakul ki. Hasonlóképp, a hálózat szerkezete szintén méretgazdaságossági kérdés, amely elsősorban a rendelkezésre álló gördülőállomány függvénye, emellett pedig az egy vonattal (közvetlen kocsikkal) kiszolgálható úti célok számától függ.

A határhelyzeti utazás (még egy újabb utas) befolyásolja az átlagos felhasználói költséget, mert a kapacitás (azaz a vonalhálózat, a járatsűrűség és a járműméret) részben független a kereslettől, lassan tud reagálni arra. A közforgalmú közlekedés érzékeny a kapacitáshiányra, miképpen a közutak hajlamosak a torlódásra. A járművön belüli zsúfoltság jelenségét már olyan korai elméleti tanulmányokban azonosították mint Kraus [7] vagy Jara-Díaz és Gschwender [8], sőt, a kérdéskör 2010-es évektől kezdve a közforgalmú közlekedés kutatásának egyik vezető témájává vált, amióta a diszkrét döntési modellezésben elért fejlődés megbízhatóbbá tette a zsúfoltsági költségek mérését [9, 10]. A zsúfoltságból eredő kellemetlenség negatív externália, amely növeli az utazás társadalmi határköltségét [11]. Ne felejtsük el, hogy e cikkben már jeleztük, Közép-Európában az éjszakai vonatoknak erős közszolgáltatási jellege van akkor is, ha formálisan az adott vonat nem számít tisztán közszolgáltatásnak, ahogyan egy regionális vonat az. Fontos megemlíteni, hogy a „zsúfoltság” fogalma kiterjesztve olyan erősen egyéni tényezőket is magába foglal, amelyek a többi utas által keltett érzéseken alapulnak. A vevői viselkedésre erősen hatnak olyan lelki tényezők, amelyek attól függenek, milyen belső kép jelenik meg a vásárlási folyamatban a várható szolgáltatásról az egyénben. Ezek marketing kutatási eszközökkel azonosítható tényezők. A továbbiakban a rendelkezésre álló férőhelyek és azok árának egyensúlyára összpontosítunk, egyéb, a vásárlásra ható tényezőket nem dolgozunk fel.

A vonatok üzemeltetési költségét ( $C_o$ ) Hörcher és Graham képlete [12] határozza meg egy olyan társadalmi költségfüggvény alapján, amely megragadja a közforgalmú közlekedési műveletek főbb jellemzőit: a járműméret sűrűséggazdaságosságát és azt a ténytet, hogy a kapacitáshiány zsúfoltságot és kellemetlenségeket okoz az utasoknak:

$$C_o = (v + wS^\delta) \cdot Ft - \sum C_r \quad (1)$$

Az üzemeltetési költségeket a teljes járműóraszám ( $Ft$ ) és a járműóra egységköltségének ( $wS^\delta$ ), szorzataként modellezzük, ahol  $\delta$  az üzemeltetési költségek járműméretre vonatkoztatott rugalmassága. A  $\delta$  változó tehát azt a tisztán technológiai jellemzőt ragadja meg, hogy a járműkapacitás egységnyi átlagos üzemeltetési költsége a járművek méretével csökken. Nemzetközi vasúti viszonylatban egyes (hagyományos) esetekben adott (jellemzően állami) vasútvállalat a vonatban közlekedtetett saját

kocsijai után a külföldi partnervállalatoktól járműhasználati díjat (futásdíjat) kap, viszont a külföldi kocsikért futásdíjat fizet saját országa hálózatán, vagyis ideális esetben a  $C_r$  futásdíjak összege csökkenti az üzemeltetési költségeket – adott esetben pedig a  $\sum C_r$  értéke negatív is lehet (vagyis költségnövelő tényezőként hat). Ez a régi, államvasúti modellből eredő gyakorlat ma is él Közép-Európában.

Vizsgálatunk esetén az  $S$  járműméret nem (hasznos) alapterületben mérhető, hanem az elszállítható utasok számában, ugyanis az éjszakai vonatok különböző kocsitípusaiban eltérő számú utas szállítható, ezért  $S$  értékét kocsitípusonként kell megadni (az 1. táblázat tartalmazza az egyes kocsitípusok esetén jellemzően elszállítható utasszámot).

1. táblázat: Az éjszakai vonatokban jellemzően közlekedtetett kocsitípusok mértékadó kapacitása

Kocsitípus	Járműméret azonosító	$S$ [utas/jármű]
hálókocsi	SL	30
fekvőhelyes kocsi	Sc	54
fülkés ülőkocsi	Sc	60
termes ülőkocsi	Sp	80
alvószékes kocsi	Ss	72

Az éjszakai vonatok specialitása, hogy a különböző típusú kocsik kihasználtsága az értékesített jegytípusoktól is függ. Például egy hálókocsiba eladott „Single” jeggyel a fülkét 1 utas veszi igénybe, miközben abban három ágy van, így egy „Single” jeggyel rendelkező utas kihasználtsági szempontból háromnak felel meg. Az értékesíthető jegytípusok száma nem minden esetben korlátos, vagyis elviekben eladható egy hálókocsiba 10 darab „Single” jegy is, de ezek száma korlátozott is lehet. Mindezek alapján az egyes kocsitípusok tényleges kihasználtságának számításakor a 2. táblázatban megadott szorzószámokat kell figyelembe venni.

2. táblázat: A fülkénkénti foglalásokhoz tartozó szorzószámok kocsitípusonként

Utasok száma	Kocsitípus	
	Fekvő	Háló
1 (Single)	–	3,0
2 (Double)	–	1,5
3 (Tourist)	–	1,0
4 (T/4)	1,5	–
6 (T/6)	1,0	–

Az üzemeltetési költség tehát a vonatban közlekedő egyes kocsitípusok költségeinek összege.

Fontos kitétel az éjszakai vonatok forgalmának szervezésénél, hogy a háló- és fekvőhelyes kocsikban nem lehet „valódi” zsúfoltság, hiszen csak annyi jegy értékesíthető, ahány háló- és fekvőhely van az adott kocsiban. A kocsik kísérője az esetlegesen foglalás nélkül felszállókat elküldi. Az ülőkocsik esetében ez nem mindig van így, ezért ott előfordulhat, hogy az elérhető helyek számánál többen szállnak fel a kocsiba. (Ennek oka lehet az, hogy a foglalás nem kötelező vagy az is, hogy az utasok helyfoglalás nélkül is felszállnak, mert mindenképp utazni szeretnének.) Kötelező helyfoglalással elvben a vonaton ténylegesen csak a helyeknek megfelelő számú utas jelenik meg. Elképzelhető utasleamaradás is, ami az utasnak jelentős késést eredményezhet, a következő eljutási lehetőséggel az érkezés jellemzően sok órával később adódik, akár fél-egy nappal is elcsúszik az utazás.

A kötelező helybiztosítás jól követhetővé teszi a kínálattal találkozó keresletet az adott napi vonat iránt. Emellett a tényleges keresletet nem jelzi, mert a kereslettel rendelkező, de végül nem vásárló vagy helyet már nem kapó utasok számáról nincs információ. A kereslet pontos jelzésére és a vonatok férőhelyszámának megállapítására nincs teljesen pontos módszer. Múltbéli adatok alapján és piackutatással kereslet becslés adható a várható utasszámokra és az ebből származtatható optimális vonatösszeállításra.

A már említett közszolgáltatási logikából következőleg a vonatok összeállításával kapcsolatos üzemeltetési költségek emelkedése is vállalható a zsúfoltság elkerülésére. Az üzemeltetési költségek megfeleltethetők a zsúfoltsági költségeknek is, hiszen minden egyes kocsi azért közlekedik, hogy az utasoknak rendelkezésre álljon megfelelő számú hely a vonaton és (az üzemeltetési korlátokat azért figyelmebe véve, lehetőleg) ne alakuljon ki zsúfoltság. E megfeleltetés az alábbi képlettel fejezhető ki:

$$\underbrace{\beta\varphi F^{-1}S^{-2} \left( \sum_i t_i Q_i^2 \right)}_{\text{zsúfoltság}} = \underbrace{\left( \sum_i t_i \right) w\delta S^{\delta-1} F}_{\text{üzemeltetés}} \quad (2)$$

Az egyenletben a  $\beta$  tag a zsúfoltságmentes utazás időértékét,  $\varphi$  a zsúfoltsági szorzót,  $F$  az indulások számát időegységenként,  $w$  a fajlagos változó költségeket, a  $t_i$  és  $Q_i$  pedig az  $i$  piachoz tartozó utazási időket és utazási igényt jelölik. Az  $S$  és  $\delta$  tényezők a már ismertetett módon a járműméretet (kapacitást) és az üzemeltetési költségek járműméretre vett rugalmasságát jelölik. Az éjszakai vonatok kapacitásának a maximális közlekedtethető vonathossz szab határt. Ez alapulhat az infrastruktúra korlátokon (az infrastruktúrákezelő által meghatározott maximális vonathossz), illetve a menetrend tarthatóságát befolyásoló tényezőkön (pl.: a vonat megfűvezettségén, a mozdony által adott sebességgel vontatható elegytömeg értéken).

Az egyenlet azt fejezi ki, hogy a zsúfoltság költsége (az utas és az utazás határhaszna) és az üzemeltetési költség (a vasútvállalat határköltsége) mikor kerül egyensúlyba – vagyis a vonat szerelvényösszeállítása mikor lesz optimális az utasszám függvényében. Egyensúlyi helyzetben a vonat összeállítását és a helyek árát sikerül úgy meghatározni, hogy az ne okozzon zsúfoltságot és zsúfoltságérzetet az egyes kocsitípust választó utasok számára. Ennek megoldásában nyújt segítséget a zsúfoltsági index használata.

## 2. A zsúfoltsági index

Általánosságban egy vonat zsúfoltságát a zsúfoltság sűrűsége és a kijelölt férőhely nélküli utazás valószínűsége adja meg. A zsúfoltság sűrűsége tapasztalati úton, utasszámlálással mérhető, az állás valószínűsége pedig attól függ, hogy valaki hol és mikor száll fel a vonatra. A vonaton a legnagyobb zsúfoltság a korábbi cikkünkben definiált feladási körzet utolsó állomása és a leadási körzet első állomása között értelmezhető [13]. Elviselhetősége e két állomás távolságától és a köztük lévő utazási időtől függ, azonban ez az érték éjszakai vonatok esetében több száz kilométer vagy több óra is lehet. Egyes, nagyon erős kiindulási állomások esetében már ott elfogyhatnak a szabad ülőhelyek, ezért aki későn megy ki a vonathoz, már csak állóhelyet talál. Megjegyezzük, hogy az állóhely távolsági utazásnál a legtöbb esetben a folyosón, peronon való földön ülést jelent, ami jellemzően igen kényelmetlen utazást eredményez.

Hörcher és Graham eredményei alapján [12] levezethetjük az  $i$  piac optimális viteldíját ( $p_i$ ) is. Mivel az optimális viteldíjak első legjobb halmaza minden piacon biztosítja a hatékonyságot, az egyensúlyi korlát Lagrange-szorzója nullára csökken. A piacfüggő viteldíj a következő:

$$p_i = Q_i \cdot c_u'(Q_i) = \beta t_i \varphi \frac{Q_i}{FS} \quad (3)$$

ami a  $Q_i$  utasra háruló külső zsúfoltsági határköltség. Ez az eredmény összhangban van Pels és Verhoef eredményével [14], akik explicit módon meghatározták a külső zsúfoltsági határköltségeket. Az egyenletben leírtak mögötti gondolat az, hogy ha egyáltalán nincs kapacitás-kiigazítás, akkor, amikor a marginális (határhelyzetű) utas felszál a járműre, a zsúfoltság  $1/FS$ -sel nő, ami minden más utas számára veszteséget (kényelmetlenséget) okoz. Viszont amikor a kapacitás változtatható, az üzemeltető megpróbálhatja saját költség szerkezetébe emelni (internalizálni) a zsúfoltsági externáliát a kapacitás növelésével.

Az éjszakai vonatok esetében ez a kapacitás növelés a speciális kocsik korlátos rendelkezésre állásának függvényében lehetséges. Ezért a piacfüggő ár meghatározása azért is fontos, mert magának az árnak is hatása van az utazási döntésekre. A magas ár az utazói döntéseken keresztül hat a szükséges kapacitásra és a kapacitáskihasználtságra, vagyis a zsúfoltságra.

A zsúfoltsági tényezőt tehát értelmezhetjük az alkalmazott és a piacfüggő ár hányadosaként:

$$\varepsilon = \frac{p_a}{p_i} \quad (4)$$

Az árazás alapú zsúfoltsági index azt fejezi ki, hogy az alkalmazott ár a piaci optimális árnak hány százaléka és az hogyan hathat a vonatok összeállítására.

Amennyiben az index értéke kisebb 1-nél, vagyis az alkalmazott ár alacsonyabb az egyensúlyi árnál, van esély a zsúfoltság kialakulására, ugyanis az utasok kevesebbet fizetnek a piac által meghatározott árnál. Ugyanakkor az  $\varepsilon$  1-nél alacsonyabb értéke azt is mutatja, hogy amennyiben nincs elegendő utas, vagyis a kapacitáskihasználtság alacsony, akkor az utasok nem fizetik meg a vonat közlekedésének költségét, vagyis szükséges azt más forrásból is fedezni. Ebben az esetben felmerülhet állami költségtérítés is. Ahogy már említettük, Európában a közszolgáltatási jelleg erős, de nem kizárólagos az éjszakai vonatok esetében.

Amennyiben a zsúfoltsági tényező értéke nagyobb 1-nél, az utasok magasabb összeget fizetnek mint amit a piac meghatároz. Ebben az esetben nem lesz zsúfoltság, mert ezzel az alkalmazott árral nagy valószínűséggel a vonat nem telik meg, ugyanakkor kevesebb utas is képes lehet a vonat közlekedésének költségét fedezni.

Az ellentmondások behatárolása mindkét esetben nehéz, ezért az  $\varepsilon \approx 1$  érték jelent olyan árat, ami nagy valószínűséggel vonz annyi utast a vonatra, ami nem okoz túlzásúfoltságot, de a vonat közlekedésének költsége is fedezhető általuk. Meg kell jegyezni, hogy a piaci ár adott vonatösszeállítás mellett számolható, vagyis a vonatösszeállítás megváltoztatása befolyásolja a piaci árat is. Ebben az esetben a piaci ár és a megfelelő vonatösszeállítás iterációs lépésekkel állíthatók be.

## Konklúzió

Az éjszakai vonatok közlekedésének tervezése elsődlegesen a speciális járműparkból és a lánc utazásokra korlátozottan alkalmas menetrendből adódó magas üzemeltetési költségek miatt nehéz feladat. A vonatok egyre növekvő népszerűsége mellett is alapos számításokat és megfontolásokat igényel egy-egy új vonatpár indítása vagy a közlekedő vonatok fejlesztése, esetleg megszüntetése. Az éjszakai közlekedés miatt egy desztinációban egyszerre több járat üzemeltetése nagyon ritka, ezért egyes népszerű viszonylatok esetén a biztosított kínálathoz képest nagyobb kereslet is jelentkezhet.

Az utazással összefüggő negatív hatásként érzékelhető, ha nem lehet helyet kapni a kiszemelt járatra, illetve, ha vannak olyan időszakok, amikor a vonatokon utaslemeradás jelentkezik vagy a kocsik ténylegesen zsúfoltak. Negatív hatás az is, ha a hiányzó kereslet év/vagy magas ár miatt kihasználatlanul közlekedik a vonat, a költségfedezet nem adott. A kötelező helyjegyváltással és a vonatok árazásával kezelik a vasúttársaságok a keresleti hullámzásokat.

Cikkünkben elemeztük az éjszakai vonatok közlekedtetésének közgazdasági kérdéseit. Az éjszakai vonatok közlekedtetését a repülés helyzetével összevetve megállapítottuk, hogy a repülés esetén már bevett módon alkalmazott hozammenedzsmen (yield management) eszközök nem alkalmazhatók teljes mértékben az éjszakai vasúti közlekedésre, az utóbbi összetettebb kényelmi kínálata, valamint a szerelvényösszeállítás lehetősége miatt. E probléma kezelésére kidolgoztuk az éjszakai vonatok zsúfoltsági indexét.

A bemutatott éjszakai vonatokra kidolgozott zsúfoltsági index ezt a problémát igyekszik megoldani oly módon, hogy használatával meghatározható egy árszint, amely optimálisnak mondható a vonatok kihasználtságát és az üzemeltetési költségeket illetően. Az index használatával kalkulált alkalmazandó árral megfelelő számú utas vonzható a vonat használatára, és az ő általuk fizetett menetdíj fedezi az üzemeltetési költségeket.

Az index alkalmazása lehetővé teszi az éjszakai vonatok megfelelő tervezését és közlekedési lehetőségeinek vizsgálatát. A jól kihasznált és népszerű éjszakai vonatok közlekedésével a vasúti személyszállítás komplexitása és sokszínűsége egyszerre biztosítható, így téve teljessé az utazási élményt.

## Irodalomjegyzék

- [1] Vinod, B: Airline revenue planning and the COVID-19 pandemic, *Journal of Tourism Futures*, 8(2), 245–253 (2022).

- [2] Masuch, K. – Raffelsberger, C. – Kemethofer, M. – Traunmüller, M. – Wagner, A. – Klösch, G. – Rueger B. – Oberzaucher, E.: Improved sleep quality on night trains, Transport Research Arena 2026, Budapest, 2026. május 18.
- [3] Botimer, T.C.: Efficiency considerations in airline pricing and yield management, *Transportation Research Part A*, 30(4), 307–317 (1996).
- [4] Tomeš, Z. – Pařil, V.: Night trains – Sustainable alternative or niche market? *Research in Transportation Business & Management*, 64, 101569 (2026).
- [5] Mohring, H.: Optimization and Scale Economies in Urban Bus Transportation, *The American Economic Review*, 62(4), 591–604 (1972).
- [6] Fielbaum, A. – Jara-Diaz, S. – Gschwender, A.: Beyond the Mohring effect: Scale economies induced by transit lines structures design, *Economics of Transportation*, 22, 100163 (2020).
- [7] Kraus, M.: Discomfort externalities and marginal cost transit fares, *Journal of Urban Economics*, 29(2), 249–259 (1991).
- [8] Jara-Díaz, S. – Gschwender, A.: Towards a general microeconomic model for the operation of public transport, *Transport Reviews*, 23(2013), 453–469 (2003).
- [9] Wardman, M. – Whelan, G.: Twenty years of rail crowding valuation studies: Evidence and lessons from British experience, *Transport Reviews*, 31(3), 379–398 (2011).
- [10] Li, Z. – Hensher, D.A.: Crowding and public transport: A review of willingness to pay evidence and its relevance in project appraisal, *Transport Policy*, 18(6), 880–887 (2011).
- [11] Tirachini, A. – Hensher, D.A. – Rose, J.M.: Crowding in public transport systems: Effects on users, operation and implications for the estimation of demand, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 53, 36–52 (2013).
- [12] Hörcher, D. – Graham, D.J.: Demand imbalances and multi-period public transport supply, *Transportation Research Part B: Methodological*, 108, 106–126 (2018).
- [13] Lévai, Zs. – Molnár, B.: “A magyarországi éjszakai vonatok közlekedésének utasforgalmi optimalizálása”, XV. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia: Társadalmi megítélés és módválasztás, B. Döbrentei, G. Horváth, and B. Horváth, Eds., Közlekedéstudományi Egyesület, Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék, Győr, 254–265 (2025).
- [14] Pels, E. – Verhoef, E.T.: Infrastructure Pricing and Competition between Modes in Urban Transport, *Environ Plan A*, 39(9), 2119–2138 (2007).