

OTDK-dolgozat

2025.

Budapesti Corvinus Egyetem



Sínen vagyunk?

A vasútfejlesztés hatásai az utasforgalomra
Magyarországon

Are we on track?

The impacts of rail development on passenger transport
in Hungary

Biczó Dániel, Csató Margaréta Dóra

Konzulens: Madari Zoltán

Kézirat lezárásának dátuma: 2024. április 17.

Absztrakt

A vasútfejlesztésnek évszázados távlatban nem volt olyan jelentősége a gazdasági folyamatok és a társadalomra gyakorolt hatások terén, mint manapság, mind a magyar hálózat állapotát, mind a külföldi fejlesztések mértékét, mind pedig a vasút zöld átállásban és fenntartható fejlődésben játszott megkérdőjelezhetetlen szerepét vizsgálva. Az infrastruktúra döntéshozóinak így hazánkban, illetve külföldön is szem előtt kell tartaniuk a szolgáltatás fejlesztését és az utasok kényelmét. Jelen tanulmány fókusza a személyszállítás, mivel ez az a terület, ami az állampolgárok mindennapi életében meghatározóan jelenik meg, ezen kívül pedig a személyszállítási teljesítményt több faktor befolyásolja, mint a teherszállítás hatékonyságát. Így az emberek utazási motivációját elemezni aktuális Magyarországon, mivel a vizsgált időszakban a vasútfejlesztés fókuszában a személyszállítás minőségének javítása állt, a meglévő vasútvonalak felújításának formájában. Kutatásunkban éppen ezért arra a kérdésre keressük a választ, hogy az elmúlt évtized magyarországi kötöttpályás fejlesztései képesek voltak-e elérni az utasszám növekedését. A téma feltárására azért nyílik most alkalmas időpont, mivel a korábbi, kevésbé megbízható adatrögzítési módszertan, valamint az ország- és vármegyebérletek újonnan bevezetése miatt a Magyar Államvasutak kizárólag a 2013 és 2022 közötti évtizedből rendelkezik megbízható utasinformációkkal az egyes vonalait illetően. Vizsgálatunkat az állami vasúttársaságoktól származó adatok segítségével felépített fix hatású panelregressziós modellel végezzük, amelyben kontrollálunk az egyes vonalak mentén fekvő települések lakosságszám-változására, és figyelembe vesszük a vasútfejlesztés eltérő módjait. Eredményeink azt mutatják, hogy az ütemes menetrend bevezetése, a járműfejlesztés, a helyjegyváltás kötelezettségének megszüntetése egyes szakaszokon és az elővárosi vonalakon éjszakai járatok indítása szignifikánsan növelték az utasszámot. Modellünk emellett rámutat, hogy a magyar vasútvonalak nagyjából két csoportra szakadnak: míg a fejlesztések az elővárosi és egyéb fővonalakon dinamikusan növekvő utasszámot eredményeznek, addig a nem fejlesztett, jellemzően regionális mellékvonalakon csökken az utasok száma.

JEL-kódok: C33, L92, Q56

Kulcsszavak: fix hatású panel regresszió, közlekedésszervezés, beruházás

Tartalomjegyzék

Ábrajegyzék.....	iii
Táblázatok jegyzéke	iii
I. Bevezetés	1
II. Szakirodalom.....	3
II.1. Utasszámok növekedése, mint cél	3
II.2. Az utasszámok növekedésének haszna.....	3
II.3. A vasútfejlesztés további előnyei	5
II.4. Mitől növekedhet az utasszám?	6
II.5. Hogyan becsülhető az utasszám?.....	7
II.6. A magyar vasútról.....	8
III. Adatok	10
III.1. Függő változó	10
III.2. Magyarázó változók.....	13
III.2.1. Ütemesítés	13
III.2.2. Sűrítés	13
III.2.3. Korszerűsítés	14
III.2.4. Felármentes vonatok.....	15
III.2.5. Éjszakai járatok	16
III.2.6. Prémium kocsiosztály.....	16
III.2.7. Járműfejlesztés	17
III.2.8. Felújítások	17
III.2.9. Lakosságszám a vasútvonalak mentén	18
IV. Kutatási módszertan	22
V. Eredmények	26

VI.	Összefoglalás.....	31
VII.	Felhasznált irodalom és források jegyzéke	33
VIII.	Mellékletek	I

Ábrajegyzék

1. ábra: Magyarország vasúti személyszállítási térképe, 2023., forrás: MÁV-START	9
2. ábra: Magyarország vasútvonalai: az utasszámok gyakorisági eloszlása 2013-ban és 2022-ben, saját szerkesztés	12
3. ábra: Magyarország vasútvonalai: az utasszámok logaritmusának gyakorisági eloszlása 2013-ban és 2022-ben, saját szerkesztés	12
4. ábra: Magyarország vasútvonalain történt pályakorszerűsítések számának gyakorisági eloszlása vonalanként a 2013-as állapothoz képest (2022), saját szerkesztés.....	15
5. ábra: Példák a vasútállomások és vasúti megállóhelyek csoportosítására, saját szerkesztés	19
6. ábra: Magyarország vasútvonalai mentén fekvő települések lakosságszámának gyakorisági eloszlása ($k_1+k_2+k_3$ népesség) 2013-tól 2022-ig, saját szerkesztés.....	20

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A felhasznált folytonos változók fontosabb leíró statisztikái, saját szerkesztés	10
2. táblázat: A felhasznált kétértékű változók gyakorisági eloszlásai, saját szerkesztés	10
3. táblázat: A modell alapfeltevéseit alátámasztó statisztikai tesztek, saját szerkesztés	23
4. táblázat: Fix hatású modell próbák, saját szerkesztés	23
5. táblázat: A panelmodell adekvát típusát meghatározó tesztek és eredményeik, saját szerkesztés	25
6. táblázat: Regressziós modelljeink és együtthatóik, saját szerkesztés.....	27

I. Bevezetés

250 000 000 alkalom. Még ennél, vagyis negyedmilliárdnál is többször utaztak a közösségi közlekedést választók Magyarország vasútvonalain 2023-ban a MÁV-START és a MÁV-HÉV adatai szerint (MÁV Zrt., 2024a). A vasutat választók száma ezzel már nem csak a Covid-19-világjárvány okozta lezárások miatti alacsonyabb utasszámokat haladja meg jóval, de még a 2015 óta folytonos növekedés eredményeként kimagasló 2018-as értéket is (MÁV Zrt., 2019). Ráadásul a magyar vasút más szempontokból is impozáns számokat tudhat magáénak: soha annyi járat nem közlekedett még a MÁV-START vonalain, mint 2023-ban, amikor az állami vasúttársaság 4,7 millió ország- és vármegyebérletet értékesített (MÁV Zrt., 2024a).

Mégis, a vasút megítélése korántsem makulátlan. Ennek jogosságát és a rendszerszintű problémákat jól mutatja, hogy pont a fenti rekordteljesítmény évében, 2023 nyarán jelentették be tíz regionális vasútvonal ideiglenes bezárását és az azokon közlekedő járatok autóbuszos pótlását a jármű- és szervezethiányra hivatkozva (MÁV Zrt., 2023a). Lázár János építési és közlekedési miniszter egy interjújában úgy fogalmazott: *„Ez egy leamortizálódott, borzasztó állapotban lévő rendszer. Az elmúlt 32 évben, hogyha valahonnan pénzt kellett kivenni, akkor mindig ez volt az a rendszer, ahonnan kifelé vették a pénzt.”* (Telex Podcast, 2023, 28:42) Ugyanitt megjegyezte, hogy a nagyjából 8500 kilométernyi kezelt vasútvonalból több mint 4000 kilométer sebességkorlátozott, vagyis a pálya állapota miatt csökkenteni kellett a megengedett sebességet. A 2017-es European Railway Performance Index, amely az európai vasúthálózatokat igyekezett összehasonlítani, Magyarországot három osztályból a legalsóba sorolta, ahol a balesetek száma alapján a biztonság szempontjából nagyon alacsony, a személy- és teherszállítás általi kihasználtság és a szolgáltatás minősége (pontosság, sebesség, ár) szempontjából pedig közepes értékelést kapott (Duranton et al., 2017).

Az elmúlt időszak tehát vegyes képet fest a kötőpályás közlekedés szempontjából, viszont kétségtelenül történtek fontos vasútfejlesztések. A korábbi évtizedben egyes vonalszakaszokon komplex, pályát és állomásokat is érintő felújítások történtek, több vonalszakaszt villamosítottak, kapacitás- és járműfejlesztés történt, több vonalon ütemesítették vagy épp sűrítették a menetrendet, számos kijelölt szakaszon lehet InterCity-vonatokat felármentesen igénybe venni, miközben új éjszakai járatok indultak és a MÁV-START egy új, prémium kocsiosztályt is bemutatott. Mivel ezek a projektek igen eltérő költségszinttel valósíthatók meg és igen eltérő hatással bírnak az utasforgalomra, fontos vizsgálni azt, hogy

csupán az utazóközönség kényelmére vannak hatással, vagy képesek-e új utasokat is bevonítani a közösségi közlekedésbe. Ez gazdasági és társadalmi szempontból is kiemelten fontos, mivel pont a beruházások megtérülése, a fenntarthatóság szempontja és a polgárok életének megkönnyítése a vasúti fejlesztések fő célja.

Kutatási kérdésünk ezért az, hogy milyen hatással vannak az utasforgalomra a vasútfejlesztés különböző módjai. Hipotézisünk, hogy a vasútfejlesztés általánosságban növeli az utasszámot, de az utasszám-növekedés a fejlesztési mód függvénye, vagyis nem minden típusú fejlesztés okoz ugyanakkora utasszám-növekedést, és nem feltétlenül minden típusú fejlesztés okoz szignifikáns utasszám-növekedést. Azt várjuk továbbá, hogy a legnagyobb utasszám-növekedést azokon a vonalakon azonosítjuk majd, ahol bevezették az ütemes menetrendet, valamint ott, ahol többféle fejlesztést is végrehajtottak, mivel a rendszerszintű, menetrendbeli megbízhatóság egy alapvető és kulcsfontosságú tényező az utasok számára. Az elemzést panelökonometriai módszerrel végeztük, ahol azt találtuk, hogy a menetrendek ütemesítése, a vonalmenti összlakosság, a felújítások alatti utasszámcsökkenés és a járműfejlesztés volt szignifikáns hatással az utasszámra. Ezen kívül azt találtuk, hogy a helyjegyváltási kötelezettség és az éjszakai járatok bevezetése is számottevő hatást fejt ki az utasforgalomra.

II. Szakirodalom

II.1. Utasszámok növekedése, mint cél

Az utasszám-növekedés mint közlekedéspolitikai cél az elmúlt években különböző formákban került megfogalmazásra. A 2014-ben megjelentetett, de a fejlesztési terveket egészen 2050-ig vázoló Nemzeti Közlekedési Infrastruktúra-Fejlesztési Stratégiában – amely nem csak vasúti, hanem közúti fejlesztéseket is tartalmaz –, kinyilvánításra került, hogy nem cél az autós közlekedés visszaszorítása a közösségi közlekedés javára. A szerző úgy fogalmaz: „A közlekedési mobilitás alakítását az egyéni és a közösségi közlekedés harmonikus fejlődésével, és nem az egyéni gépjármű-közlekedés rovására kívánjuk elérni, szem előtt tartva és érzékelve a környezetkímélő gépjármű-meghajtási módok és technológiák térnyerését.” (Stratégia Konzorcium, 2014, 7.o.). A dokumentum ezzel párhuzamosan évtizedenként több mint tízmillió új utassal számol a magyar síneken.

A 2021-ben megjelent, az elővárosi vonalak és helyiérdekű vasútvonalak (HÉV-ek) fejlesztéséről szóló Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia viszont határozottan kimondja, hogy cél a „[v]asútra átülők számának növelése az egyéni közlekedési módokat használóknál” (Főmterv et al., 2021, 56.o.), valamint hangsúlyozza, hogy elérendő az Európai Unió közlekedéspolitikájával összhangban „az éghajlatváltozás mérséklése az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése révén” (Főmterv et al., 2021, 12.o.), amely értelemszerűen szintén csak úgy érhető el, ha jelenleg szennyezőbb közlekedési módokat használók a közösségi közlekedést választják. A készítők az elővárosi vasútfejlesztés hatására másfél-kétszeres utasszámnövekedést várnak, amely főként annak fényében kiemelkedő, hogy a főváros és közvetlen környezetének vasúthálózatára az országos forgalom több mint fele koncentrálódik.

Napjainkban már az állami vállalatként, országos viszonylatban működő MÁV is rendre célként fogalmazza meg, hogy minél több autósna kínáljon alternatívát (MÁV Zrt., 2023b; MÁV Zrt., 2024a), ahogyan ez az ország- és vármegyebérletek bevezetésekor is megtörtént (MÁV Zrt. 2023c). A közlekedéspolitikai vezetés azonban nem kommunikálta célként az utasszám növelését.

II.2. Az utasszámok növekedésének haszna

Miért lenne mégis érdemes elérni a közösségi közlekedés minél nagyobb részarányát a mobilitásban? Mivel az új vasútvonalak megnyitása ritka esemény, ezért kevés lehetőség nyílik a levegő minőségének mérésére ugyanazon a területen vasúti közlekedés mellett és hiányában. Azonban valahányszor járatsűrítésre kerül sor, lehetségessé válik a két világállapot-beli

szennyezettség összehasonlítása. Lalive és szerzőtársai (2018) németországi regionális vasútvonalakat vizsgálva úgy találták, hogy a vasúti szolgáltatás 10%-kal történő növelése egy vonalon átlagosan 1%-kal csökkenti a szén-monoxid és 2%-kal a nitrogén-oxid környéki légköri koncentrációját, és csökkenti a súlyos közúti balesetek számát. A háztartások viselkedésének elemzése is arra vezetett, hogy a vasúti fejlesztések utasforgalomra gyakorolt hatását a közútról a vasútra való átállás okozza.

Kínai kutatók az újonnan megnyitott nagysebességű vasút környezetében lévő autópályákat vizsgálva úgy találták, a szén-monoxid-szennyezés mértéke átlagosan 4,3%-kal csökkent (Guo et al., 2020). Magyar kutatók pedig arra az eredményre jutottak, hogy városi környezetben szignifikáns negatív kapcsolat áll fenn a vasúti hálózat sűrűsége és a levegő PM₁₀ (tíz mikrométernél kisebb átmérőjű részecske)-koncentrációja között (Sohrab et al., 2022).

Mindhárom korábbi eredmény egybevág azzal az intuitív hatásmechanizmussal, miszerint a villamosított vasútvonalak „kihelyezik” a működéshez szükséges erőforrás felhasználásával járó károsanyag-kibocsátást a lakott területen kívülre. Ugyan Magyarországon a vasúti hálózat csupán 41,8%-a villamosított, ám a villamosított vasútvonalakon utazók aránya ennél sokkal magasabb. 2022-ben a 93 személyforgalmat bonyolító normál nyomtávú vasútvonal 23 darab milliós forgalmú vonala közül csak kettő volt nem villamosított, azaz a legforgalmasabb vonalakon jellemzően villamosított pályán utazhatnak az emberek.

A villamos vontatású vonatok kibocsátásáról szóló adatok egybehangzóan alátámasztják, hogy az autó környezettudatosságban nem tud versenyre kelni az ilyen szerelvényekkel (Henley, 2013; Larsson & Kamb, 2022; Ritchie, 2023). A vasút 2019-ben az Európai Unió energiafelhasználásának csupán 1,8%-áért volt felelős, miközben a belföldi teherszállítványoknak 17, az utasoknak pedig 8%-át szállította (CER, 2022). Egyes szakemberek azonban rámutattak, hogy dízelvontatású szerelvények és dízel-motorvonatok esetén árnyaltabb a kép (Henley, 2013; Katz-Rosene, 2020). Különböző országokban, különböző életkorú szerelvényekre különböző kibocsátási becslések elérhetők, amelyek összességében azt mutatják, hogy kellő kihasználtság esetén a dízelvonatok is alacsonyabb kibocsátással tudnak közlekedni, mint az autók (Larsson & Kamb, 2022; Office of Rail and Road, 2023).¹

¹ Pontos számokat ebben a szakaszban az alábbi okokból kifolyólag nem említünk.

Az Egyesült Királyságban a 2022-23-as adatok alapján egy átlagos dízelhajtású szerelvény kilométerenként 1436 gramm szén-dioxidot juttatott a légkörbe. A Svéd Energiaügynökség jelentése szerint egy kis méretű dízelautó kilométerenként átlagosan 103 gramm szén-dioxidot juttat a légkörbe. Egy vasúti szerelvény kapacitása jóval

II.3. A vasútfejlesztés további előnyei

Stoilova (2018) kutatásának eredményei azt mutatják, hogy az utazással kapcsolatos tényezők, illetve a technológiai tényezők, mint például a vasút minősége, az ehhez és a tömegközlekedéshez való hozzáférés, nagy jelentőséggel bírnak az országok általános rangsorolásában. Azaz az országoknak mindenképpen érdekük a vasúti hálózat beruházásainak a támogatása, ha nemzetközi szinten ki szeretnének emelkedni.

A már említett Lalive és szerzőtársai (2013) úgy találták, hogy egy vonalon a járatszám 10%-os növelése átlagosan 2,7 százalékponttal csökkenti a személygépkocsik vagy motorkerékpárok használatát a munkába járáskor és 2,8 százalékponttal az egyéb szabadidős tevékenységek alatti felhasználást. Emellett gyakori gondolat, hogy a közúti közlekedés számos környezeti externália tekintetében kiemelkedően fontos, számos előnyökkel járnak a fejlesztések.

Egy említésre méltó állítás az, miszerint nő a vasút mellett az ingatlanok értéke. McDonald és Osuji (1995) úgy találták, hogy Chicago környékén átlagosan 17%-kal nőtt a lakott területen a lakások ára, ahol vasúti megálló épült. Mohammad és szerzőtársai (2013) pedig szintén hasonló eredményeket találtak, mégpedig azt, hogy azoknak az ingatlanoknak az értéke, amelyektől legfeljebb 500 méterre volt vasút, átlagosan 18,8%-kal volt magasabb, mint a vasúttól 1,6 km távolságban levő ingatlanoknak.

Ezen kívül egy holland kutatás azt találta, hogy a pályaudvarhoz nagyon közeli lakások átlagosan 25%-kal drágábbak, mint a legalább 15 kilométeres távolságban lévő lakások. Ez a százalékos arány az alacsonyabb kihasználtságú állomások esetében 19%, míg a jobban kihasznált állomások esetében 33% körüli. Végül pedig a vasúttól való igen alacsony távolság negatív hatását találták, feltehetőleg a vasúttal járó zajhatás miatt: a vasútvonal körüli legfeljebb 250 méteres zónában az árak körülbelül 5%-kal alacsonyabbak az 500 méternél távolabbi helyszínekhez képest (Debrezion et al., 2006). Ez a tétel Magyarország szempontjából a leginkább érdekes, mivel az utóbbi évtizedben nem a hálózatbővítés volt a legfőbb cél, ezért

nagyobb egy kis méretű személyautóénál, de a kihasznált személyautók felvehetik a versenyt a kihasználatlan vasúti szerelvényekkel. Megjegyzendő, hogy hazánkban a személyautók átlagéletkora, így károsanyag-kibocsátása is magasabb lehet a svéd értékeknél, ugyanez teljesülhet azonban a magyar vasúti szerelvényekre is. A dízelmozdonyok és dízelmozdonyok eltérő kibocsátási értékekkel rendelkezhetnek. A helyzetet tovább bonyolítja, ha más károsanyagok kibocsátását is vizsgálunk. A kérdéskör mélyebb vizsgálata tehát megmutatja, hogy igen nehéz objektív értékelést készíteni, amelyre a villamosított vonalakon utazók döntő többsége nyomán talán nincs is szükség.

ilyen szempontból inkább negatív lehet hazánkban az ingatlanár növelő hatás, mivel így nehezebb olyan ingatlanhoz jutni, ami megengedné a vasúthálózat elérését.

II.4. Mitől növekedhet az utasszám?

Ezek a felsorolt tények és kutatások alátámasztják azt, hogy a vasút létéből mennyit lehet profitálni, a valóságban mégis eltérő földrajzilag, akár már országokon belül is, hogy hányan használják a vasúti személyszállítást, még ha a minősége nem is tér el az egész országban. Az utazási döntések háttérében számos tényező összjátéka rejlik, melyek alapvetően befolyásolják, hogy az emberek miért választják vagy mellőzik a vasúti személyszállítást. Az alábbiakban számos tanulmány eredményét vesszük górcső alá, hogy megértsük, mely tényezők játszanak meghatározó szerepet ezen döntésekben.

A vasúti személyszállítás előnyeit és akadályait megérteni a közlekedési preferenciák és a gazdasági tényezők kapcsolatának feltárásában rejlik. Egy tanulmány kimutatta, hogy magasabb utasforgalmat generál a foglalkoztatottság növekedése és az ingatávolság növekedése, valamint a metróállomások közelsége (Pan et al., 2017). Ugyanakkor negatív hatások figyelhetők meg a vasúti pályahossz növekedésében és a kapacitás csökkenésében, ami a vasútvonalaktól való elpártolást növelheti (Fraszczyk et al., 2016). Az utazási kihívásokat tovább súlyosbítja a menetidő, a megbízhatóság és az átszállás nehézsége, melyek gyakran szintén csökkentik az utazási kedvet az utasok körében (Blainey et al., 2012). Ezeken kívül Blainey és szerzőtársai még erős korlátnak találták az utazók szempontjából a menetrendet és a vonatok gyakoriságát, a hálózati hiányosságokat, az utazási költségeket és az állomás elérhetőségét, amire az elemzésünkben kiemelt hangsúlyt fektetünk.

Az árképzés és a kereslet összefüggése is kihívást jelent a vasúti szolgáltatók számára, például Tomeš & Jandová (2018) azt találták, hogy az árcsökkenés nem feltétlenül vezet a bevétel növekedéséhez, mivel az emberek utazási motivációit sok tényező befolyásolja összetetten, ezért ez nem feltétlen egyenes irányú okság. Egy 2018-as tanulmány szerint a vasúti utazási szokások időbeli változása erős szezonális és autokorrelációs jellemzőkkel rendelkezik (Milenković et al., 2018), ami megnehezíti a stabil bevétel előrejelzését, a hatékony árképzést és a személyszállításhoz szükséges vonatok kapacitásának kiszámítását. Ezzel szemben viszont további ausztrál vizsgálatokból kiderült, hogy az utazás díja marad a legmeghatározóbb tényező, amiért az emberek a vasút mellett döntenek, ami a megfelelő árképzés relevanciáját növeli (Shao et al., 2015).

A helyspecifikus tényezők és a közlekedésorientált fejlesztések fontossága is kiemelkedő, amikor az emberek vasúti preferenciáiról van szó. A nagyvárosi központokban és az átszálló állomások környékén rendszeres kereskedelmi tevékenység, például boltok és bevásárlóközpontok jelenléte elősegítheti az utasforgalom növekedését (Loo et al., 2010). Emellett a városok közlekedési fejlettsége és a közlekedési hálózatok összekapcsoltsága szignifikáns hatással van a vasúti megközelíthetőségre és kihasználtságra (Papa & Bertolini, 2015).

Egy holland tanulmány által hangsúlyozott másik fontos aspektus az utasok elégedettsége, amelyben a kényelem és a személyes biztonság kiemelkedő, míg az utazási idő megbízhatósága és az ár-minőség arány alacsonyabb mértékben járul hozzá az utasok elégedettségéhez (Brons et al., 2009). Egy másik, magyar elemzés megállapította, hogy a késések leggyakoribb oka a csatlakozás biztosítása, ami a vasúti szolgáltatások teljesítményére és az utasok preferenciájára gyakorolt hatását is láttatja, emiatt az utasok a vasúttól vett elpártolását is jelenti (Nagy & Csiszár, 2015).

II.5. Hogyan becsülhető az utasszám?

Az alábbiakban rövid áttekintését kívánjuk adni annak, hogy az előttünk járók milyen módszertanokkal kísérelték meg az utasszámok becslését a közösségi közlekedésben.

Az adatok elemzésének módszertanában sok kutatás hasonló eredményekre jutott, köztük Anvari és szerzőtársai (2015) rámutattak arra, hogy az ARIMA idősoros módszerek jól illeszkednek az isztambuli metró utasszámaihoz, ami felveti a lehetőséget, hogy más adatokon is tesztelhetők ezek a predikciós modellek. Ezen módszerek alkalmazása segíthet hatékony előrejelzések készítésében, mivel a vasúti adatok korábban említett sztochasztikus jellemzőjét jól prediktálja, sajnos sokszor viszont a túlillesztés veszélye jelen van, ami elronthatja az előrejelző pontosságot és a statisztikai szignifikanciát.

A városi vasúti rendszerek működésének előrejelzése kapcsán még Zhu és szerzőtársai (2019) is kiemelték a deep learning SVM módszerének hatékonyságát, különösen a mély hálózati struktúra és a nagy adatmennyiség kiaknázásának köszönhetően. Az SVM és LSTM, illetve a GCN, LightGBM módszerek is szintén kiemelkedően jó illeszkedést produkálnak a vasúti személyszállítási adatok előrejelzésében egy indiai kutatás szerint, viszont a korábban említett túlillesztés veszélye hasonlóképp fennáll (Fu et al., 2023). Illetve a mi elemzésünk éves adatokkal készül, nem pedig gyakoribb, akár napi adatokkal, ezért a megfigyelések számából

adódóan is pontosabb becslés készíthető a panelökonometriai, ebben a kutatásban felhasznált adatokra.

Yang és szerzőtársai (2019) tanulmánya viszont arra mutat rá, hogy az ELF-LSTM hálózati modell, azaz a hosszú távú memória alapú módszer a leghatékonyabb a hosszú távú jellemzők tanulásában és az utasáramlás előrejelzésében, mint más vizsgált modellek. Ez a megállapítás fontos lehet a vasúti szolgáltatók számára, akiknek meg kell érteniük az utasforgalom dinamikáját és az előrejelzési módszerek hatékonyságát a tervezés és a működés során.

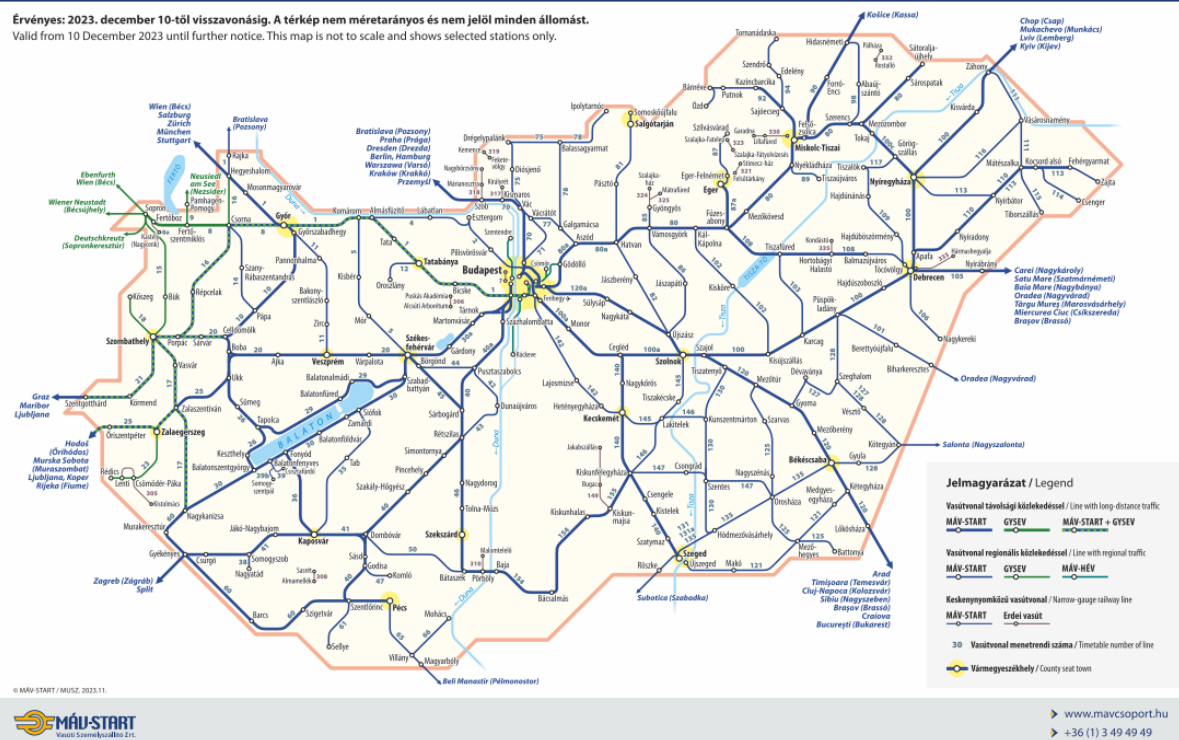
II.6. A magyar vasútról

Magyarországon 2022-ben valamivel több mint 7500 kilométernyi vasútvonal volt működtetés alatt (KSH, 2022). Hazánkban a vasúti szolgáltatást elsősorban az állami tulajdonú MÁV-START, néhány nyugat-magyarországi vasútvonalon a GYSEV, a Budapestről induló helyiérdekű vasútvonalakon pedig a MÁV-HÉV végzi. 2022-ben a MÁV-START 87 vasútvonalon végzett személyszállítást. A GYSEV szolgáltatási területe Magyarországon ebben az évben 6 vasútvonal volt. A MÁV-HÉV 5 budapesti helyiérdekű vasúton szolgáltat, mely vonalakon azonban a távolsági forgalom a jelentős fővároson belüli forgalom miatt nehezen megállapítható. Kutatásunkban mi a MÁV-START és GYSEV által kezelt távolsági vasútvonalak utasszámát elemezzük.

A legforgalmasabb elővárosi, vagyis budapesti végállomással rendelkező vonalakon mára már félóránként közlekednek a járatok, és a vonalak többségén jellemző az ütemes menetrend, vagyis a vonatok legalább kétóránkénti indulása hasonló időpontokban az órán belül. 2022-ben azonban még mindig 15 vonalon nem volt ütemesített a menetrend.

Magyarország vasúti személyszállítási térképe Railway passenger transport map of Hungary

Érvényes: 2023. december 10-től visszavonásig. A térkép nem méretarányos és nem jelöl minden állomást.
Valid from 10 December 2023 until further notice. This map is not to scale and shows selected stations only.



1. ábra: Magyarország vasúti személyszállítási térképe, 2023., forrás: MÁV-START (2023)

Az elmúlt években a MÁV-START teljesítménye a menetrendszerűség területén jelentősen romlott, 2023 nyarán egyik hónapban sem tudott akár csak minden második vonat pontosan közlekedni, vagyis legfeljebb 5 perccel késni (MÁV-START, 2024).

III. Adatok

A kutatásunkhoz használt folytonos változók leíró statisztikái az alábbiakban láthatók. A következőkben az egyes változókat részletesen is ismertetjük.

	<i>utasszám</i>	<i>korszerűsítés</i>	<i>éjszakai vonatok</i>	<i>k1+k2+k3 népesség</i>	<i>k1+k2 népesség</i>	<i>k1 népesség</i>
átlag	1 154 660	4,381	0,066	336 471	329 910	288 441
medián	285 178	0,000	0,000	104 393	94 989	59 359
szórás	2 161 863	16,624	0,341	595 772	596 099	594 041

1. táblázat: A felhasznált folytonos változók fontosabb leíró statisztikái, saját szerkesztés

	<i>ütemesítés</i>	<i>sűrítés</i>	<i>felármentes vonatok</i>	<i>prémium kocsiosztály</i>	<i>járműfejlesztés</i>	<i>felújítás</i>
0	865	884	748	875	767	1370
1	25	6	142	15	123	12

2. táblázat: A felhasznált kétértékű változók gyakorisági eloszlásai, saját szerkesztés

III.1. Függő változó

Függő változónk az adott évben az adott vasútvonalon történt utazások száma, mely adatokat a MÁV-START és a GYSEV közérdekű adatigénylés keretein belül bocsátotta rendelkezésünkre 2024 februárjában. Elemzésünk elvégzésére jelen helyzetben páratlan lehetőség nyílik, ugyanis a nagyobb állami vasúttársaság, a MÁV-START tájékoztatása szerint munkatársaik kizárólag a 2013-tól 2022-ig tartó időszakból rendelkeznek statisztikailag pontosnak és teljeskörűnek tekinthető utasszám-adatokkal. A 2013 előtti időszakban a vonali utasszámok más módszerrel és más adatforrásból lettek előállítva, így lényegesen pontatlanabbak a későbbi számoknál, és azokkal nem is összevethetők. 2023 májusától az ország- és vármegyebérletek bevezetése miatt megbízható vonali utasszámok szintén nem állnak rendelkezésre, ugyanis a 2023 végéig eladott több mint 4 millió bérlet túl nagy mennyiségű ahhoz, hogy a pontos viszonylatra szóló jeggyel vagy bérlettel utazók száma irányadó lehessen az egyes vonalakon utazók teljes számának tekintetében. Az utasszám minden normál nyomtávú belföldi vasútvonalra tartalmazza azon utasok számát, akik az adott vonalon, az adott évben belföldi jegyükkel vagy bérletükkel legalább 1 állomásközt utaztak az adott vonalon.

A változó viszont nem tartalmazza azon utasok számát, akik nemzetközi viszonylatban utaznak. Mivel az állami vasúttársaság elsődleges feladata a hazai utasok kiszolgálása, ezért kutatásunkban kifejezetten a belföldi utasokra kívánunk koncentrálni. A változó szintén nem tartalmazza a nem gépi kiállítású vagy viszonylat nélküli jeggyel utazókat, a START Klub Bónusz, VIP vagy Prémium kártyával utazókat, illetve a vasutasokat sem. Az ő alacsony részarányuk az utazóközönségben arra enged következtetni, hogy ez a körülmény nem torzítja majd eredményeinket. Végül, nem tartalmazza a változó a jogszabály alapján díjmentesen utazókat (65 év felettiek, 6 év alattiak, utazási jogosultsággal rendelkező határon túli magyarok) és a Budapesten belüli utazásaikhoz Budapest-bérlettel rendelkezőket, mivel az ilyen esetekben nem lehetséges a pontos adatrögzítés. Ez az adathiány némiképp korlátja ugyan kutatásunknak, ám figyelembe kell vennünk, hogy ennél pontosabb adatok nem állnak rendelkezésre. Továbbá, joggal vélhetjük, hogy a 6 év alattiak és 65 év felettiek a legkorlátozottabbak közlekedési módjuk kiválasztásában, így őket legkevésbé befolyásolja választásukban a vasútfejlesztés.

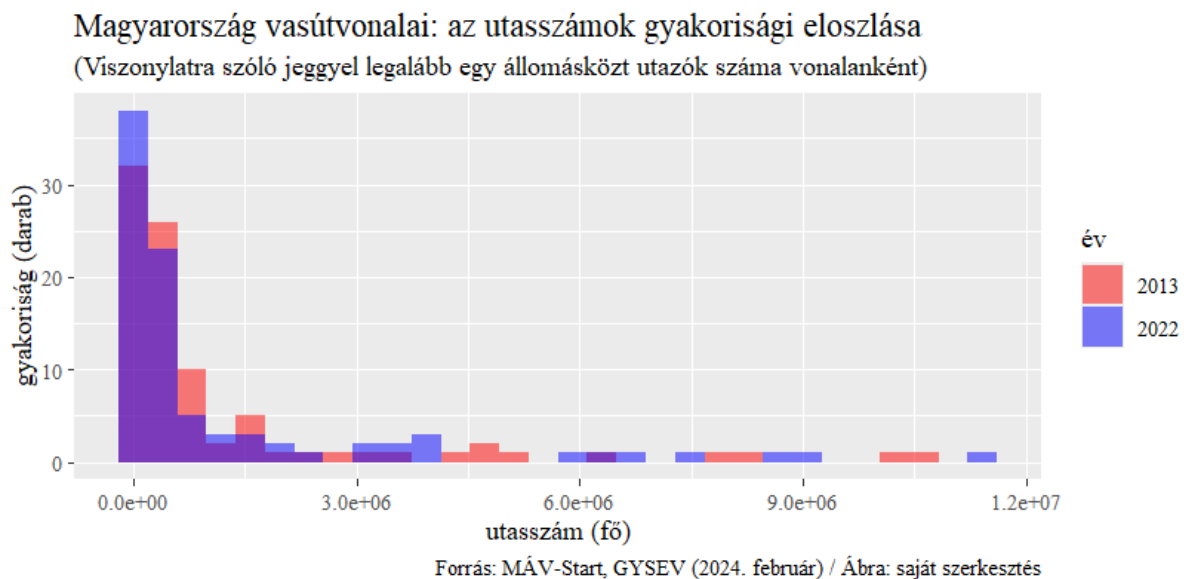
Értelemszerűen, amennyiben egy utas utazása több vonalat is érint, az a teljesítmény több vonalnál is megjelenik.² Az elővárosi vonalak utasteljesítménye nem tartalmazza azon utazásokat, ahol az elővárosi vonalak folytatásának minősülő vonalon történt legalább 1 állomásközi utazás.³ Az elővárosi vonalak és folytatásuknak minősülő vonalak listája a függelékben található F1. táblázatban tekinthető meg. Egyes vonalszakaszok több vasútvonalhoz tartoznak egyszerre. Az ezeken a szakaszokon belül utazók mindig a legelső vonalhoz sorolódnak.⁴

Elemzésünkéből módszertani okokból kizártuk azt a négy vasútvonalat, amelyeken nem volt személyforgalom az összes, általunk vizsgált évben. Adathiány következtében egy ötödik vonalat is ki kellett hagynunk az elemzésből, mindezek oka a függelék F2. táblázatában olvasható.s

² Például, ha valaki Budapest-Keleti – Sopron viszonylatban utazik, az a Budapest-Keleti – Győr vonalszakasz miatt az 1-es vonal (Budapest-Keleti – Rajka) teljesítményében is megjelenik, a Győr – Sopron szakasz miatt pedig a 8-as vonal (Győr – Sopron) teljesítményében is megjelenik.

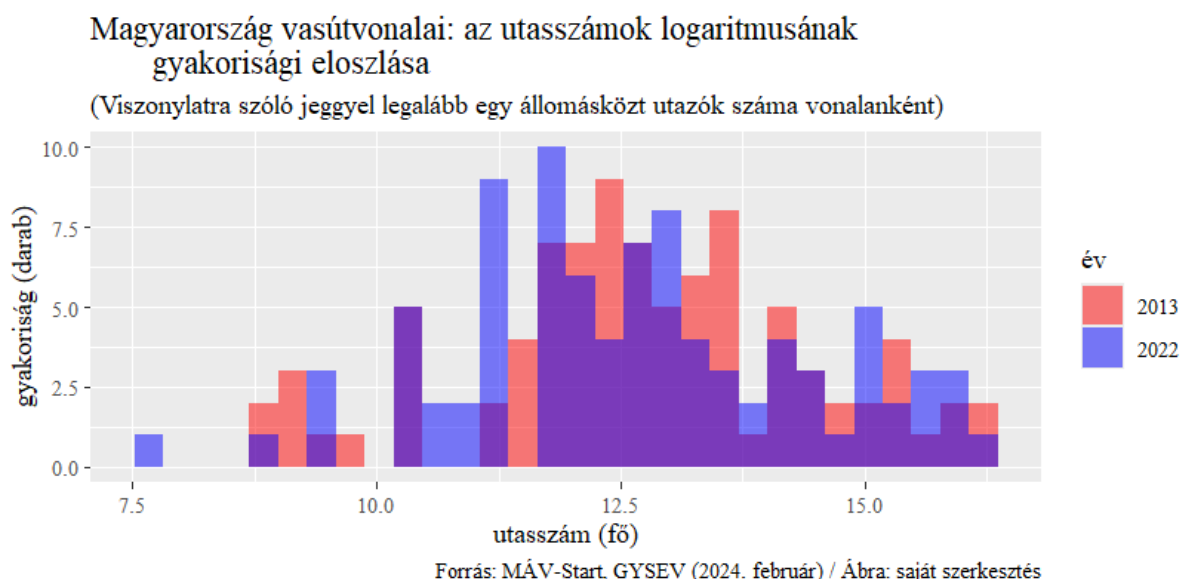
³ Például az 1a (Budapest-Keleti – Tatabánya) vonal olyan elővárosi vasútvonal, melynek folytatásnak minősülő vonala az 1-es (Budapest-Keleti – Rajka) vonal. Ha valaki Budapest-Keleti – Tatabánya viszonylatban utazik, az csak az 1a vonal teljesítményében jelenik meg. Ha valaki Budapest-Keleti – Rajka viszonylatban utazik, az csak az 1-es vonal teljesítményében jelenik meg, hiába utazott át egyúttal az 1a vonal teljes hosszán is, mivel nem minősül elővárosi utasnak.

⁴ Például a Budapest-Nyugati – Rákosrendező vonalszakasz egyszerre tartozik a 2-es, a 70-es és a 71-es vonalhoz. Ha valaki Budapest-Nyugati – Rákosrendező viszonylatban utazik, az a 2-es vonal teljesítményében jelenik meg.



2. ábra: Magyarország vasútvonalai: az utasszámok gyakorisági eloszlása 2013-ban és 2022-ben, saját szerkesztés

A 2. ábrán látható módon az utasszámok az első és utolsó vizsgált évhez hasonlóan a többi évben is jobbra erősen elnyúló eloszlást követnek, ezért felépített modellünkben a változó logaritmusát szerepeltettük. A 3. ábrán látható, hogy logaritmizálva az utasszámok közelítenek a normális eloszláshoz az eredeti állapothoz képest.



3. ábra: Magyarország vasútvonalai: az utasszámok logaritmusának gyakorisági eloszlása 2013-ban és 2022-ben, saját szerkesztés

III.2. Magyarázó változók

Mivel a különböző vasútfejlesztési módok hatásait az utasforgalomra differenciáltan kívánjuk vizsgálni, ezért magyarázó változóinknak tartalmazniuk kell az egyes fejlesztési típusokat 2013-tól kezdve. Ezen adatok nagy részét manuálisan kellett kigyűjtenünk az Országos Vasúti Menetrendkönyvek vizsgálatával, a 2012/2013-as kiadástól a 2021/2022-es kiadásig bezárólag, mivel az éves menetrendváltás jellemzően december közepén történik. Ezen változók értékei – csakúgy, mint az utasszámok – minden évre és minden vasútvonalra külön-külön rendelkezésre állnak.

III.2.1. Ütemesítés

Kétértékű változó, amely 1 értéket vesz fel, amennyiben az adott vonalon a 2013 előtti menetrendhez képest bevezették az ütemes menetrendet, vagyis a nappali órákban legalább kétóránként és adott órán belül hasonló időpontbeli indulással közlekedtek a szerelvények. 1-es értéket vesz fel az első teljes év, amelyben ütemesen közlekedtek a járatok (vagyis, ha az ütemesítés a 2014. december közepi menetrendváltással történt meg, akkor a 2015-ös év), és értelemszerűen onnantól kezdve minden év, amelyben az ütemes közlekedés tovább folyt (a példában 2015 után 2016, 2017 stb.). 0 értéket vesz fel egyébként. Forrása az Országos Vasúti Menetrendkönyv 2012/2013 és 2021/2022 közötti kiadásai. A változó tekintetében azt várjuk, hogy az ütemesítés szignifikáns pozitív hatással lesz az utasszámmra egy vonalon, mert a közlekedés jóval kiszámíthatóbbá válik az utasok számára.

2013-tól kezdődően az általunk vizsgált vonalak közül 7 olyan volt, amelyen az ütemes menetrend bevezetésre került. A függelék F3. táblázata tartalmazza azon vasútvonalakat, amelyeken ütemesítés történt a vizsgált időszakban.

III.2.2. Sűrítés

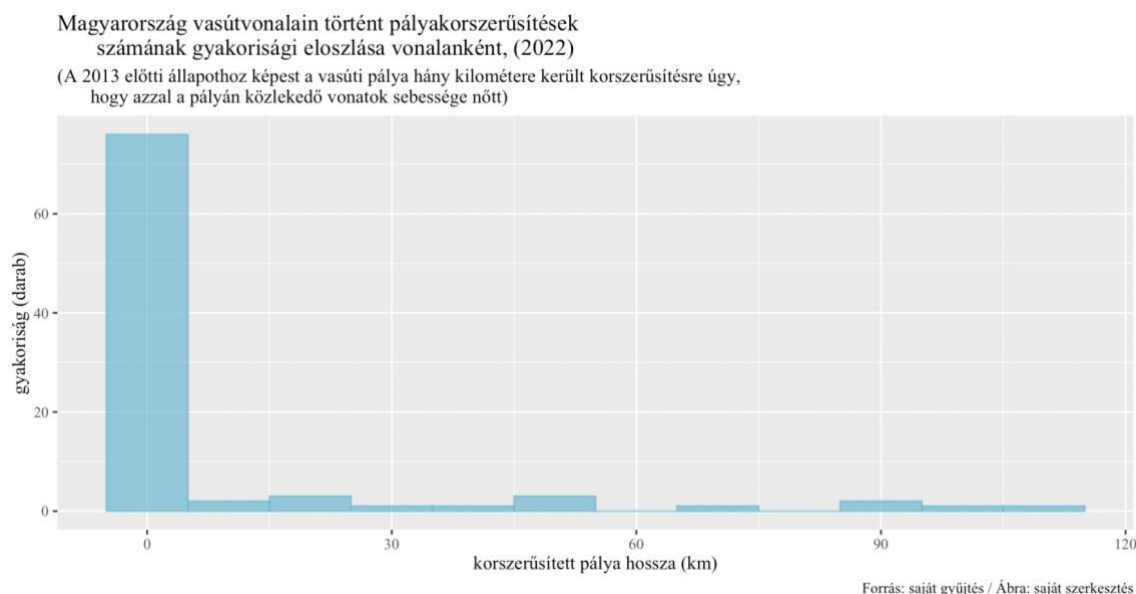
Kétértékű változó, amely 1 értéket vesz fel, amennyiben az adott vonal legalább egy részén már 2013 előtt is ütemes menetrend volt érvényben, de a 2013 előtti menetrendhez képest sűrítették a járatokat, jellemzően kétóránkénti indulásról óránkénti indulásra. 1-es értéket vesz fel az első teljes év, amelyben sűrítve közlekedtek a járatok (vagyis, ha a sűrítés a 2014. december közepi menetrendváltással történt meg, akkor a 2015-ös év), és értelemszerűen onnantól kezdve minden év, amelyben a sűrített közlekedés tovább folyt (a példában 2015 után 2016, 2017 stb.). 0 értéket vesz fel egyébként. Forrása az Országos Vasúti Menetrendkönyv 2012/2013 és 2021/2022 közötti kiadásai.

A változó tekintetében azt várjuk, hogy a sűrítésnek legfeljebb mérsékelten pozitív hatása lesz az utasszámra, ugyanis azt feltételezzük, hogy a sűrítés olyan vonalakon és vonalszakaszokon történik meg, amelyeken a vasúttársaság egyébként is megnövekedett utasszámot tapasztal. A hatásmechanizmus itt tehát ellentétes az ütemesítéssel, amely esetén úgy véljük, a működtető döntése alapján a szolgáltatás színvonala olyan mértékben növekszik, hogy a kiszámíthatóságnak köszönhetően az utazók átállhatnak más közlekedési módról a vonattal való közlekedésre. A sűrítést viszont ezzel ellenkezően a már megnőtt utasszám következményeként látjuk. Ennek a feltételezésnek az alátámasztásához szükség van az ökonometriai modell eredményének elemzésére. A feltevést ráadásul megerősítheti, hogy az ingázók szempontjából kicsi a jelentősége a nappali járatok gyakoriságának, számukra azoknak a reggeli és késő délutáni időszakoknak van jelentősége, amikor otthonuk és munkahelyük között közlekednek.

A függelék F4. táblázata tartalmazza azon vasútvonalakat, amelyeken sűrítés történt a vizsgált időszakban.

III.2.3. Korszerűsítés

Folytonos változó, amely minden évre és minden vonalra megmutatja, hogy a 2013 előtti állapothoz képest a vasúti pálya hány kilométerre került korszerűsítésre úgy, hogy azzal a pályán közlekedő vonatok sebessége nőtt, így pedig a menetidő csökkent. Egy adott év esetén akkor jelenik meg a felújított pályaszakasz hossza, ha az adott év legalább felében a korszerűsített szakaszon közlekedtek már a vonatok. Ez a változó tartalmazza a vonalszakasz-villamosításokat is. Egyes esetekben a pálya korszerűsítése mellett állomások és megállóhelyek modernizációja is megtörtént. Forrásai a MÁV-START vonatkozó sajtóközleményei és az Építési és Közlekedési Minisztérium Beruházási portálja (Magyarország Kormánya, 2024).



4. ábra: Magyarország vasútvonalain történt pályakorszerűsítések számának gyakorisági eloszlása vonalanként a 2013-as állapothoz képest (2022), saját szerkesztés

Ahogy az a 4. ábrán látszik, a vizsgált időszakban a magyarországi pályakorszerűsítések a vonalak túlnyomó többségét nem érintették. Az érintett vonalak jellemzően közel sem teljes hosszukban kerültek felújításra, vagyis a legtöbb esetben igen jelentős menetidő-változásra nem számíthatunk. A változó tekintetében azt várjuk, hogy minden egyes felújított kilométer alacsony, de szignifikáns utasszám-növekedést okoz. A függelék F5. táblázata tartalmazza azokat a vonalszakaszokat, ahol a vizsgált időszakban korszerűsítés történt.

III.2.4. Felármentes vonatok

Kétértékű változó, amely 1 értéket vesz fel, amennyiben az adott vonalon az adott évben volt olyan szakasz, amelyen helyjegyeköteles vonatokat felár megfizetése nélkül igénybe lehetett venni. 0 értéket vesz fel egyébként. Forrása az Országos Vasúti Menetrendkönyv 2012/2013 és 2021/2022 közötti kiadásai.

A vizsgált időszak alatt egyre több vonalszakaszon vezettek be ilyen kedvezményt, amelynek egyrészt oka, hogy számos InterCity-vonat a Budapesttől távolabbi végállomásának közelében egyre több kistélepülésen áll meg, ahol a személyvonathoz egyre közelebb megállási renddel és menetidővel közlekedik. Másrészt az elmúlt években egyre inkább elterjedtek az országos fővonalakon a hibrid IC-k, amelyek olyan kocsikat továbbítanak, amelyekbe helyjegy váltása nem kötelező. A változó tekintetében azt várjuk, hogy az olcsóbb utazási lehetőségek vonzóan hatnak az utasokra, képesek szignifikánsan növelni az utasszámot.

A függelék F6. táblázata tartalmazza azokat a vonalszakaszokat, ahol a vizsgált időszakban lehetséges volt feláras vontakon a helyjegy váltása nélküli utazás. Ebben látható többek között, hogy a GYSEV üzletpolitikájába csak 2022-től került be a kezdeményezés a 8-as és 16-os vonalakkal.

III.2.5. Éjszakai járatok

Folytonos változó, amely azt mutatja meg, hogy a teljes év bármely hétvégi napján hány járat közlekedik 0:00 és 3:00 között az adott vonalon. Csak azokat a járatokat tartalmazza, amelyek 0:00 után indulnak kiindulási állomásukról, és illeszkednek az ütemes menetrendbe. Az éjszakai közlekedés 2016-tól kezdett elterjedni az elővárosi vonalakon, 2021-re szinte minden elővárosi vonalon közlekedett ilyen, helyenként akár 3 szerelvény, ami egész éjszaka ütemes közlekedést jelent. Forrása az Országos Vasúti Menetrendkönyv 2012/2013 és 2021/2022 közötti kiadásai.

A változó tekintetében azt várjuk, hogy az éjszakai járatok képesek szignifikánsan növelni az utasforgalmat a vonalon, mivel azok az utasok, akik tisztában vannak vele, hogy késő este is hazajutnak közösségi közlekedéssel az agglomerációba, nagyobb valószínűséggel indulhatnak útnak személyautó helyett vonattal már délután vagy este a másik irányban is.

A függelék F7. táblázat tartalmazza, hogy mely elővárosi vonalakon melyik volt az első teljes év, amikor hétvégén az ütemes menetrendbe illeszkedő éjszakai járatok indultak 0:00 után. Megjegyzendő, hogy a nyári időszakban a Balaton-parti vonalakon is indultak úgynevezett bagolyvonat személyvonatok, valamint, hogy a bevezetés óta a kínálat további járatokkal bővült.

III.2.6. Prémium kocsiosztály

Kétértékű változó, amely 1 értéket vesz fel, ha az adott vonal legalább egy szakaszán közlekedtek 1+ prémium osztályú szakaszt tartalmazó kocsis InterCity-vonatok. 0 értéket vesz fel egyébként. Forrásai a MÁV-START vonatkozó sajtóközleményei.

A MÁV-START 2021-től kezdte el InterCity-vonataiban az 1+ prémium osztályú szakaszt tartalmazó új kocsijait közlekedtetni, ezek elkészültével fokozatosan egyre nagyobb lefedettséggel (MÁV-Csoport, 2024). A változó tekintetében azt várjuk, hogy a prémium kocsiosztály bevezetése nem tud szignifikáns hatást gyakorolni az utasszámra, legfeljebb a vasutat egyébként is választani hajlandók körében növelheti az elégedettséget. A függelék F8.

táblázata tartalmazza, hogy mely vonalakon melyik évben kezdtek el rendszeresen közlekedni a prémium osztályú kocsik.

III.2.7. Járműfejlesztés

Kétértékű változó, amely 1 értéket vesz fel, amennyiben a vizsgált időszakban a korábbinál újabb szerelvények kezdtek rendszeresen közlekedni az adott vonalon. 0 értéket vesz fel egyébként.

A vizsgált időszakban, vagyis 2013 és 2022 között számos vonalon kezdett el közlekedni vasúti járművek új generációja, amely bizonyos esetekben nem csak az utasok kényelmét szolgálja, hanem kapacitásbővülést is jelent. Az új vonatok elterjedése nagyjából három hullámra tagolható, melynek részletei a függelékben található F9. táblázat szerint alakultak: egy hullámban Stadler FLIRT alacsonypadlós motorvonatok, egy későbbi hullámban Stadler KISS emeletes motorvonatok kerültek forgalomba, a két időszak között pedig felújított Jenbacher motorvonatok váltottak le egyes Bzmot motorvonatokat két vonalon. Bizonyos kivételekkel elmondható, hogy a járműfejlesztések jellemzően inkább az elővárosi vonalakat érintették.

A változó tekintetében azt várjuk, hogy a modernebb szerelvények közlekedtetése képes olyan mértékben növelni a kényelmet, ami már nem az eleve vasutat választók kényelmét növeli, de egyúttal új utasok számára teheti vonzóbbá a közösségi közlekedést. Illetve ahol már a járműfejlesztést megelőző időszakban is pozitív meredekségű trend volt megfigyelhető az utasszámban, ott feltehetőleg a járműfejlesztések csak tovább erősítik az utasszám növekedését.

III.2.8. Felújítások

Az utasforgalmi adatok vizsgálatával alátámasztást nyerhet az az intuitív hipotézis, miszerint a pályafelújítással járó vasútfejlesztések a felújítás időtartama alatt szignifikáns utasszám-csökkenést okoznak az ideiglenes, vélhetően előnytelenebb menetrendek és az autóbuszos pótlás miatt. Ennek érdekében adatbázisunkba felvettünk egy olyan kétértékű változót is, amely 1 értéket vesz fel akkor, amikor az utasszám egy évben, egy adott vonalon a pályafelújítás időtartama alatt az utasszám több éves trendjétől szignifikánsan eltér lefelé. 0 értéket vesz fel egyébként. Erre azért van szükség, hogy az ezen változó nélkül a modell számára megmagyarázhatatlan utasszám-csökkenések ne okozzanak torzított eredményeket.

A változó tekintetében azt várjuk, hogy segít kontrollálni a felújítások okozta utasszám-csökkenésre. Az éves utasszám felújítás következtében történő, szignifikáns trend alá csökkenése a függelék F10. táblázatban jelzett vonalak és évek esetén volt tapasztalható.

III.2.9. Lakosságszám a vasútvonalak mentén

Végül, de nem utolsó sorban elengedhetetlennek tartjuk azt, hogy az utasszámok becslésénél kontrolláljunk az egyes vasútvonalak mentén fekvő települések lélekszámára. Ezt az alábbiak szerint hajtjuk végre.

A 2021/2022-es Országos Vasúti Menetrendkönyv alapján minden egyes vasútvonalra kigyűjtésre került az összes állomás és megállóhely név szerint. Ezután meghatároztuk, hogy az egyes állomások és megállóhelyek melyik településhez tartoznak, az alábbi elvek szerint:

- amennyiben az állomás vagy megállóhely önálló település vagy települések neveit viseli, ez az önálló település vagy ezen önálló települések vonal menti településeknek minősülnek;
- amennyiben az állomás vagy megállóhely egy önálló település településrészének nevét (is) viseli, az önálló település vonal menti településnek minősül;
- amennyiben az állomás vagy megállóhely nem település vagy településrész nevét viseli, úgy az az önálló település számít vonal mentinek, amelynek közigazgatási területén az fekszik;
- a fenti elvek közül egyedüli kivételt jelent Jósvafő-Aggtelek megállóhely, amely Jósvafőtől 12, Aggtelektől 18 kilométerre található. Az elnevezés a turisták számára vonzó településneveket tartalmazza, de valójában a megállóhelyhez legalább 9 másik település van közútön közelebb, mint Jósvafő. Mivel a megállóhely Perkupa közigazgatási területén fekszik, így itt ez számít vonal menti településnek.

2013 és 2022 között egyes vasúti megállóhelyek kikerültek a menetrendből az alacsony utasforgalom miatt. Ezen megállóhelyek települései nem kerültek besorolásra vonal menti településként, mert azt gondolhatjuk, hogy a korábbi években nem járultak hozzá érdemben a vonal utasszámához, máskülönben nem szűnt volna meg a személyforgalom ezeken a helyszíneken.

Ezután műholdképek alapján minden állomást és megállóhelyet manuálisan a következő három kategória egyikébe soroltunk:

- *k1* kategóriába kerültek azok az állomások és megállóhelyek, amelyeket minden oldalról lakott terület vesz körül, vagyis a település belterületén fekszenek;

- k2 kategóriába kerültek azok az állomások és megállóhelyek, amelyeket legalább egy oldalról lakott terület vesz körül, de nem minden oldalról, vagyis a település vagy települések szélén fekszenek;
- k3 kategóriába kerültek azok az állomások és megállóhelyek, amelyeket egyik oldalról sem lakott terület vesz körül, vagyis lakott területen kívül fekszenek.



5. ábra: Példák a vasútállomások és vasúti megállóhelyek csoportosítására, saját szerkesztés

Bal oldalon: Sopron állomás k1 besorolással, középen: Kópháza megállóhely k2 besorolással, jobbra: Egyed-Rábacsanak állomás k3 besorolással.

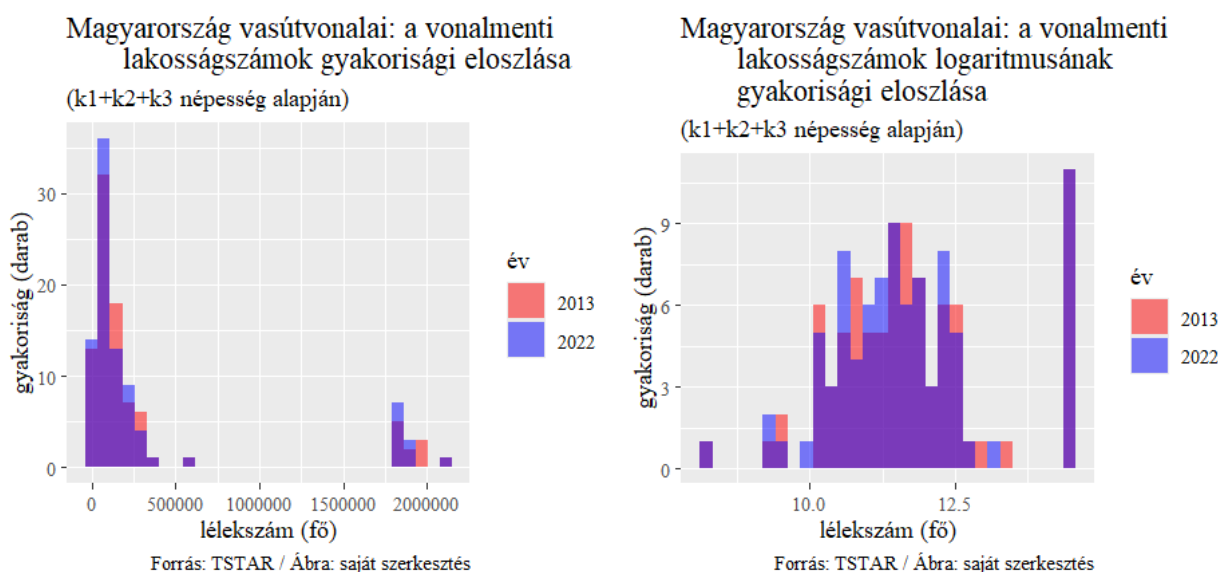
Térképek forrása: OpenStreetMaps, ábra: saját szerkesztés

Végül, utolsó lépésként a Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont (KRTK) TSTAR adatbázis alapján minden vasútvonalhoz, minden évre hozzárendeltük

- a vonal menti települések össznépességét, vagyis a k1, k2 és k3 besorolású állomásokhoz és megállóhelyekhez tartozó települések lakosságszámának összegét;
- azon vonal menti települések népességének összegét, amelyekhez tartozó állomások és megállóhelyek a településen belül vagy annak szélén helyezkednek el, vagyis a k1 és k2 besorolású települések lakosságszámának összegét; valamint
- azon vonal menti települések népességének összegét, amelyekhez tartozó állomások és megállóhelyek a településen belül helyezkednek el, vagyis a k1 besorolású települések lakosságszámának összegét.

Jelen tanulmányban felhasznált adatok a TEIR rendszerből származnak. A különböző adat-gazdák által biztosított adatokat a KRTK Adatbankja harmonizálta. Eredeti adatgazdák: KSH, MÁK, NAV, BM és jogutódjai.

A lakosságszámok megállapításához a „Lakónépesség száma az év közepén (a népszámlálás végleges adataiból továbbszámított adat)” változót használtuk. Célunk megvizsgálni, hogy a három létrehozott lakosságszám-változó közül modellünk melyikkel készíti a legjobban illeszkedő becslést. Ha ugyanis a $k1+k2$ -es népességszámmal eredményesebb modell készíthető, mint a $k1+k2+k3$ -as népességszámmal, az azt mutatja, hogy azon települések lakosságszáma, amelyek állomásai és megállóhelyei a lakott területen kívül találhatók, kevésbé járulnak hozzá a vasútvonal utasszámaához, ugyanis esetlegesen az utasok nem sétálnak vagy utaznak ki a vasúthoz, helyette a helyközi autóbuszközlekedést választják a települések közti utazáshoz. Hasonlóképp, amennyiben a $k1$ -es lélekszámmal jobban illeszkedő modellt építhetünk, mint a $k1+k2$ -es lakosságszámmal, az arra utal, hogy a vonal utasszáma azon települések lakóinak számával magyarázható legjobban, akik vasútállomása vagy vasúti megállóhelye lakóhelyük belterületén található, míg a távolabbi megállókhoz kevésbé sétálnak vagy utaznak ki az emberek. Ezáltal a hagyományos utasszámláláshoz képest egy új, korábban nem használt módszertannal nyílik lehetőség annak vizsgálatára, hogy az emberek hajlandók-e igénybe venni a lakhelyüktől távoli vasútvonalakat.



6. ábra: Magyarország vasútvonalai mentén fekvő települések lakosságszámának gyakorisági eloszlása ($k1+k2+k3$ népesség) 2013-tól 2022-ig, saját szerkesztés

A 6. ábrán látható, hogy a $k+k2+k3$ -as vonal menti települések alapján számított népesség változó jobbra elnyúló eloszlást követ, és hasonló ehhez a másik két lélekszám-változó eloszlása is. Mivel van olyan vasútvonal, amelyhez kizárólag $k3$ -as és $k2$ -es állomások és megállóhelyek tartoznak, ezért értelemszerűen előfordul olyan eset, ahol a $k1$ -es népesség 0. Így természetes alapú logaritmizálás előtt, a logaritmus művelete szempontjából monoton

transzformációként mindhárom változó lakosságszámához hozzá kellett adnunk ε -t, ami esetünkben 1 volt. Mindezt azért tehetjük meg, mert a 0 értéket felvevő megfigyelések száma alacsony volt, tehát az eloszlást a természetes alapú logaritmizálással érdemben meg tudtuk változtatni.

IV. Kutatási módszertan

A panel egy olyan adattípus, ami a különböző időszakokban levő megfigyeléseket leíró változókat elemzi. Ez azt vizsgálja, hogy a változók hogyan befolyásolnak egy adott folyamatot vagy jelenséget egy adott időszak során. A panel adatok, kétdimenziójú adatokat jelentenek, ahol az egyik dimenzió az idő, a másik pedig egy keresztmetszeti adatbázis (amiről több időpontban van megfigyelésünk), például vállalatok vagy országok és azokat leíró változók, ezek ezen kutatás esetében a vasúti vonalak, amikről korábban is írtunk az adatok részben. A panel adatelemzési módszert széles körben használják az ökonometriában, közgazdaságtanban, szociológiában, politikatudományban és más társadalomtudományokban, vagy üzleti elemzéskor. A panel legnagyobb előnye, hogy képes kezelni az időbeli változásokat, mialatt figyelembe veszi a megfigyelések közti különbségeket is (van viszont olyan panelökonometria módszer, ami ömlesztve vizsgálja az adatokat, ez nem sok mindenben tér el egy lineáris regressziótól).

A statikus panelökonometria módszerekből kettő típust emelnénk ki, amit jelen elemzésben felhasználunk, a fix hatású és a random hatású modellt. Ami a fix hatású modelleket illeti, ez egy olyan adatelemzési típus, amely olyan fix hatásokat vesz figyelembe, amelyek az egyes alanyok vagy egységek között állandóak maradnak az idő teltével. Például, ha országokat vizsgálunk, a fix hatású modellek képesek figyelembe venni azokat a változókat, amelyek az adott vonal sajátosságaihoz kapcsolódnak és állandóak maradnak idővel.

Ahhoz, hogy a modellünk statisztikailag helytálló, konzisztens és torzítatlan eredményeket adjon, különböző alapfeltételeknek kell megfelelnie. Az ezekre az alapfeltételekre vonatkozó statisztikai próbákat összefoglaltuk, és a feltevéseket alátámasztottuk rendre az alábbi tételekkel, tesztekkel, mivel ekkor teljesülnek a korábban említettek, és csak ezek teljesülésekor vonhatunk az eredményekből valós következtetést. Az eredményeket az alábbi táblázatban ismertetjük.

<i>teszt</i>	Breusch-Godfrey/Wooldridge teszt reziduális autokorrelációra panelmodellekben	Kiterjesztett Dickey-Fuller teszt
<i>funkciója</i>	Reziduális autokorreláció vizsgálata (Khi-négyzet eloszlás alapján számítják)	A sztochasztikus trend létét vizsgálja

<i>hipotézisek</i>	H_0 : nincs reziduális autokorreláció a hibákban ($p > 0,05$) H_1 : reziduális autokorreláció van a hibákban ($p < 0,05$)	H_0 : az idősornak egységgyöke van (azaz nem stacionárius) ekkor a változó első differenciálját vehetnénk fel ($p > 0,05$) H_1 : nincs az idősornak egységgyöke ($p < 0,05$)
<i>értéke</i>	$p = 2.2e-16 < 0,05$	$p = 0.01 < 0.05$
<i>döntés</i>	Reziduális autokorreláció van az egyedi, azaz idioszinkratikus hibákban	Stacionárius, nincs sztochasztikus trend

3. táblázat: A modell alapfeltevéseit alátámasztó statisztikai tesztek, saját szerkesztés

Az előbb felsoroltakon kívül még a modell egyik tulajdonsága lehet, hogy heteroszkedasztikus a hibatagja (homoszkedaszticitás esetén lesznek a standard hibák torzítatlanok), erre egy úgynevezett Breusch-Pagan tesztet végeztünk, aminek a nullhipotézise az, hogy homoszkedaszticitás áll fenn. A próbánk értéke $p = 8.93e-13$, ami kisebb, mint bármilyen szokásos szignifikancia szint, ezért felismertük a heteroszkedasztikusságot. Ebből az okból kifolyólag a modell eredményeinek közlésekor heteroszkedaszticitás-robosztus standard hibával dolgozunk, hogy a standard hibák torzítatlanok legyenek, illetve a sorozatos korreláció meglétére is kontrollálunk a modellben, az Arellano standard hibák segítségével.

Ezentúl megvizsgáltuk, hogy a fix hatású modell jobb a kutatási kérdésünk megválaszolásához, mint egy keresztmetszeti, időben állandó módszer, valamint egyáltalán szükséges-e időben fix hatást kutatni. Erre két különböző próbát készítettünk, amelyek eredményeit az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

<i>teszt</i>	F-teszt az egyéni hatásokra	Lagrange szorzóteszt (Breusch-Pagan)
<i>funkciója</i>	A fix hatású vagy az OLS a legmegfelelőbb modell?	Szükségesek-e időben rögzített, vagyis fix hatások
<i>választás</i>	H_0 : az OLS jobb, mint a fix hatású ($p > 0,05$) H_1 : a fix hatású jobb, mint az OLS ($p < 0,05$)	
<i>értéke</i>	p kisebb, mint $2.2e-16$ és $< 0,05$	
<i>döntés</i>	Fix hatású modellt használunk.	

4. táblázat: Fix hatású modell próbák, saját szerkesztés

Az elemzésünk során fix hatású panel modellezéssel készítettük a predikciónkat. A fix hatású modell becslőegyenlete általánosan felírva a változóinkra a következő:

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \dots + \beta_k x_{kit} + \gamma_1 D_1 + \gamma_2 D_2 \dots + \gamma_p D_p + u_{it}$$

1. egyenlet: A fix hatású panelregressziós modell becslőegyenlete

Ebben az egyenletben:

- y_{it} a függő változó (az adott évben az adott vasútvonalon történt utazások száma);
- $\beta_k x_{kit}$ a magyarázó változók és azok becsült együtthatói (pl.: ütemesítés, sűrítés, korszerűsítés), adott i vonalra, adott t időpontban;
- $\gamma_p D_p$ a kétértékű, másnéven dummy változók, amelyek az időbeli változásokat jelölik (az esetünkben az évek);
- α az állandó tag;
- β_k a magyarázó változókhoz tartozó együtthatók, adott k magyarázó változóra;
- γ_p a D_p dummy változókhoz tartozó együtthatók, adott p kétértékű változóhoz;
- u_{it} az idioszinkratikus hiba komponens, adott i vonalra, adott t időpontban, aminek a magyarázó változókval vett adott időpontbeli várható értéke 0 és négyzetének várható értéke szórásnégyzet (Zulfikar, 2018).

A változószelekciónál és a modell felépítésekor a parszimónia elvét követtük, igyekeztünk minél több összemosó változóra kontrollálni amellet, hogy nem építünk a megfigyeléseink számához képest túl sok változót. A modell feltételezése, hogy a megfigyelések közti különbségek a különböző tengelymetszetekből adódnak, a közönséges legkisebb négyzetek elvét követi, azaz a minta és a becslések közti négyzetes távolságot minimalizálja. Elsősorban a módszer lehetővé teszi a korábbiakból kifolyóan az egyéni heterogenitás ellenőrzését, mivel az egyes keresztmetszeti megfigyeléseken belül történő időbeli változásokat használja. Másodsorban pedig a fix hatású modellből származó becslések mindig konzisztensek, ezáltal pontos lesz a becslésünk, illetve, a fix hatású panel modell kiküszöböli a belső endogenitást, mivel csak az időben változó hatásokat veszi figyelembe.

Ahhoz, hogy megállapítsuk, hogy valóban a fix hatású modell a legjobban illeszkedő, elkészítettük az alábbi statisztikai tesztet rá.

<i>teszt</i>	Durbin–Wu–Hausman teszt
<i>funkciója</i>	A fix hatású vagy a random hatású a megfelelőbb modell? (Khisnégyzet eloszlás alapján számítják)
<i>választás</i>	H_0 : random hatású ($p > 0,05$) H_1 : fix hatású ($p < 0,05$)
<i>értéke</i>	$p = 0,0003139 < 0,05$
<i>döntés</i>	Fix hatású modellt használunk.

5. táblázat: A panelmodell adekvát típusát meghatározó tesztek és eredményeik, saját szerkesztés

A döntések egyöntetűen azt mutatják, hogy a fix hatású modell a leginkább alkalmas az adatok becslésére, a továbbiakban ezzel dolgoztunk.

V. Eredmények

Modelljeink eredményei az alábbi táblázatban olvashatók részletesen.

	<i>Függő változó:</i>		
	log(utasszám)		
	(1)	(2)	(3)
ütemesítés	0,760*** (0,242)	0,774*** (0,244)	0,787*** (0,245)
sűrítés	-0,029 (0,096)	-0,011 (0,094)	-0,008 (0,094)
korszerűsítés	0,003 (0,002)	0,003 (0,002)	0,003 (0,002)
felármentes vonatok	0,104* (0,063)	0,106* (0,063)	0,104* (0,059)
éjszakai járatok	0,068* (0,037)	0,073* (0,038)	0,077** (0,037)
prémium kocsiosztály	-0,015 (0,072)	-0,010 (0,073)	-0,004 (0,073)
járműfejlesztés	0,089* (0,046)	0,112** (0,051)	0,124*** (0,047)
felújítások	-0,441*** (0,093)	-0,437*** (0,095)	-0,432*** (0,095)
log(k1+k2+k3 népesség+1)	2,355** (0,873)		
log(k1+k2 népesség+1)		1,335 (1,091)	
log(k1 népesség+1)			0,907 (0,811)
2014-es év	0,009 (0,016)	0,003 (0,017)	0,000 (0,016)
2015-ös év	-0,028 (0,021)	-0,041* (0,024)	-0,049** (0,021)

2016-os év	-0,045*	-0,065**	-0,076***
	(0,025)	(0,031)	(0,025)
2017-es év	-0,047*	-0,073**	-0,088***
	(0,027)	(0,037)	(0,027)
2018-as év	-0,044	-0,075*	-0,093***
	(0,031)	(0,043)	(0,031)
2019-es év	-0,082**	-0,118**	-0,139***
	(0,037)	(0,050)	(0,036)
2020-as év	-0,470***	-0,513***	-0,538***
	(0,046)	(0,061)	(0,045)
2021-es év	-0,434***	-0,486***	-0,518***
	(0,052)	(0,074)	(0,052)
2022-es év	-0,087	-0,148*	-0,186***
	(0,062)	(0,087)	(0,061)
Megfigyelések száma	890	890	890
TSS	61,384	61,384	61,384
RSS	24,231	24,600	24,685
R ²	0,605	0,599	0,598
Korrigált R ²	0,552	0,545	0,543
Globális F-próba p-értéke	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$

6. táblázat: Regressziós modelljeink és együttthatóik, saját szerkesztés

Megjegyzés: *p < 0,1; **p < 0,05; ***p < 0,01

Három fix hatású panelmodellünk közül a legjobban illeszkedő a hibatagok eltérésnégyzetösszege (RSS) alapján az (1)-es számú, amelyben a $k_1 + k_2 + k_3$ -as népesség ε -nal növelt értékének természetes alapú logaritmusát használtuk az egyik magyarázó változóként. Az eredmény azt mutatja, hogy ha a vonal menti lakosságszám egy vasútvonal mellett 1%-kal nagyobb, az adott évben a vonali utasszámnak átlagosan 2,36%-os növekedését várhatjuk. Ez az eredmény statisztikailag minden szokásos szignifikanciaszinten statisztikailag szignifikáns.

A három modell a legtöbb változó esetén hasonló nagyságrendű és szignifikanciájú együttthatókat tartalmaz. A fentiek alapján a legjobban illeszkedő, (1)-es modell együttthatóinak értelmezésével vonjuk le következtetéseinket.

A vasútfejlesztés eltérő módozatai közül az utasszámra az ütemes menetrend bevezetése van a legnagyobb hatással, mely esetén a változó együtthatója alapján azt várjuk, hogy minden más változatlansága mellett 76%-kal magasabb, ami mind statisztikailag, mind nagyságrendjében szignifikáns. Megjegyzendő, hogy ezen a téren vonalanként jelentős különbségeket tapasztalhatunk: az 5-ös (Székesfehérvár – Komárom) vonalon a bevezetés évében 231%-kal, a 4-es (Esztergom – Komárom) vonalon 529%-kal emelkedett az utasok száma. Az összképet tekintve modellünk ezen eredménye az egyik legfigyelemreméltóbb mind közül. A vasútfejlesztés egyik leghatékonyabb módja egyértelműen a járatok megbízható és kiszámítható indítása a nappali órákban.

Amíg az ütemes menetrend bevezetése várakozásainknak megfelelően szignifikáns, pozitív hatással bír, addig a járatsűrítésről – ami jellemzően a korábban is ütemes, kétóránkénti indulás helyetti óránkénti járatindítást jelenti – ez már nem mondható el. Mindez igazolni látszik azon hipotézisünket, miszerint a sűrítés nem megelőzi, hanem követi az utasszámok alakulását, a vasúttársaság részéről inkább a már kialakult igények felismerését tükrözi. Fontos kiemelni, hogy jelen kutatás csak az utasszámok alakulására koncentrált. A vasutat használó utasok elégedettségére a járatsűrítés attól függetlenül szignifikáns pozitív hatással lehet, hogy nem tud új utasokat a vasútra vonzani.

A pályakorszerűsítés változó együtthatójának nagyságrendje várakozásainknak megfelel, ez ugyanis azt jelentené, hogy 1 kilométer korszerűsített pálya minden más változatlansága mellett átlagosan 0,3%-kal növeli az utasszámot, ez az eredmény azonban statisztikailag nem szignifikáns, vagyis nem jelenthető ki, hogy eltér 0-tól. Utóbbi tényező már ellentétes várakozásainkkal. Úgy véljük, ez azért lehetséges, mert a pályakorszerűsítések a vonatok sebességét jellemzően korlátozottan képesek növelni, a menetidőre pedig csupán néhány perces hatásuk van, elsődleges céljuk ugyanis nem is feltétlenül a járművek sebességének növelése, hanem a pálya karbantartása és a kritikus szakaszok kijavítása. Így nem tudnak döntő tényezővé válni a vasút melletti vagy elleni döntésben a potenciális utazóközönségnél.

Azokon a vonalakon, ahol feláras vonatokon (például InterCity-vonatok, gyorsvonatok) bizonyos útszakaszokon helyjegy nélküli utazásra nyílt lehetőség, minden más változatlansága mellett átlagosan 10,4%-kal volt magasabb az utasszám, ami gazdaságilag és statisztikailag 10%-os szignifikanciaszinten szignifikáns eredmény. Ez azt mutatja, hogy a vasúttársaságoknak érdemes a hibrid IC-k (nem helyjegyköteles kocsival közlekedő InterCity-vonatok) közlekedtetése, valamint a helyjegykötelesség elengedése a kevésbé kihasznált, jellemzően a fővárostól távolabbi szakaszokon.

Azokon a vonalakon, ahol hétfvégén éjszakánként eggyel több, az ütemes menetrendbe illeszkedő éjszakai vonat közlekedik, ceteris paribus átlagosan 6,8%-kal magasabb volt az utasszám, ami nagyságrendjében és statisztikailag 10%-os szignifikanciaszinten szignifikáns. Az eredmény arra utal, hogy érdemes éjszakai vonatokat beépíteni az elővárosi vasútvonalak közlekedésébe. Az együttható nagyságrendje azt mutatja, hogy minél megbízhatóbb és kiszámíthatóbb menetrenddel találkoznak az utasok egész nap, annál szívesebben választják napközben is a járatokat.

A prémium 1+ kocsiosztály bevezetése a várakozásainknak megfelelően nem volt hatással az utasszámmra, így bár az utasok kényelmét növelhette, nem vonzott új embereket azokra a vonalakra, ahol ilyen kocsik közlekedtek.

A járműfejlesztések nagy mértékben képesek voltak növelni az utazási kedvet. Azokon a vonalakon, ahol modernebb és nagyobb kapacitású szerelvényeket kezdtek közlekedtetni (FLIRT motorvonat, felújított Jenbacher motorvonat, emeletes KISS motorvonat), ott minden más változatlansága mellett átlagosan 8,9%-kal nőtt az utasszám, ami mind nagyságrendjében, mind 10%-os szignifikanciaszinten szignifikáns. Korábban utaltunk rá, hogy az utazók kényelmének növekedése nem jelenti feltétlenül az utazók számának növekedését, de a modern és megfelelő kapacitású szerelvények növelhetik az utazás kényelmét olyan mértékben, hogy új emberek válasszák a vasutat akár ingázáshoz, akár hétfvégi kikapcsolódáshoz.

Ahogy arra korábban már utaltunk, a nagyléptékű felújítások során bevezetett előnytelen menetrend-módosítások, késések és autóbuszos pótlások drasztikusan, minden más változatlansága mellett átlagosan 44,1%-kal csökkentették az utasszámot. A vasúttársaságnak tehát törekednie kell a munkálatok időtartamának minél alacsonyabbra szűkítésére. A járműfejlesztésekhez hasonlóan, csak éppen itt ellentétes hatásmechanizmuson keresztül ezek a felújítások olyan kényelemcsökkenést okoztak, aminek következtében az utasok elpártoltak a vasúttól.

Az évek együtthatóiból egy másik, kiemelkedően figyelemre méltó jelenség bontakozik ki. Bár 2015-től kezdve szinte minden Covidot megelőző évben emelkedő össz-utasszám volt megfigyelhető, a vasútfejlesztések és a vonalak menti lakosság-szám-változás hatására kontrollálva az látszik, hogy a magyar vasút teljesítménye a 2013-as állapothoz képest, 2016-tól kezdve egyre inkább romlott. Ezt a csökkenést magyarázhatja a konjunktúra, illetve a reálbérnövekedés is. A reálbérek átlagos növekedése magával hozhatta az utazás esetén az olyan kényelmi döntéseket, hogy az emberek autót választanak vasút helyett. Modellünk

eredményeiből egyértelműen kirajzolódik, hogy míg azok a vasútvonalak – jellemzően fővonalak –, amelyeket – jellemzően több szempontból is – fejlesztettek az elmúlt években, szignifikánsan növekvő utasszámot mutattak, ezzel erősen felfelé tolva a vasúton utazók számát Magyarországon. Azokon a vonalakon – jellemzően regionális mellékvonalakon – azonban, ahol nem történtek ilyen fejlesztések, az utasszám esésnek indult. A 2016-os és 2017-es évben minden más változatlansága mellett átlagosan 4,5 és 4,7%-os utasszám-csökkenést tapasztalunk, ami 2019-re már 8,2%-os csökkenést jelent a 2013-as évhez képest, ez pedig 5%-on statisztikailag is szignifikáns. Mindez rámutat, hogy figyelemre méltó leszakadás tapasztalható az elővárosi, valamint a nagyvárosokat összekötő fővonalak és az alacsonyabb népsűrűségű területek regionális mellékvonalai között, ahol előbbiek közül mindegyiken történt valamilyen fejlesztés, sőt, jellemzően több típusú korszerűsítés ment végbe, utóbbiakon azonban szinte semmilyen, általunk figyelembe vett változás nem következett be.

Modellünk jól kirajzolja a Covid-hatást a 2020-as és 2021-es évre vonatkozóan. Előbbiben minden más változatlansága mellett átlagosan 47%-os, utóbbiban 43,1%-os utasszám-csökkenés volt tapasztalható 2013-hoz képest, amely minden szokásos szignifikanciaszinten szignifikáns. A jelenség elsősorban arra vezethető vissza, hogy a járvány miatti lezárások idején szinte csak azok utaztak vasúton, akik munkájuk miatt erre kénytelenek voltak. Azt is érdemes megjegyezni, hogy 2022-ben visszatért az utasszám a 2013-as referencia szintre, erre példa, hogy a modellben nem szignifikáns a 2022-es év. Megjegyezzük, hogy ezek igen hasonló együtthatók, mint amiket azokban az esetekben tapasztaltunk, amikor a vasútvonalon nagyléptékű felújítások mentek végbe (-44,1%). Joggal feltételezhetjük tehát, hogy ezekben az esetekben is azok tartottak ki a vasúti közlekedés mellett, akiknek feltétlenül útra kellett indulniuk és nincs autójuk, vagy lehetőségük más jellegű utazásra.

VI. Összefoglalás

Modellünk eredményei világosan rámutatnak több figyelemre méltó jelenségre. A vasutat választók szignifikáns hányadát adják azok az utasok, akik a saját településük külterületén fekvő állomásokon és megállóhelyeken szállnak fel a vonatokra. Emiatt – bár a helyi hatások mindenhol különbözhetnek – összességében olyan vonalak közlekedését is érdemes fejleszteni, ahol a megállók elhelyezkedése nem a legelőnyösebb.

Már csak azért is, mert számos mellékvonalon máig nem jellemző az ütemes menetrend, pedig eredményeink szerint ennek bevezetése a legnagyobb hatást gyakorló vasútfejlesztési mód, amely az utasszámot többszörösré is növelheti, amennyiben a végállomásokon figyelmet fordítanak a megfelelő csatlakozások megteremtésére. A járatsűrítések következtében viszont nem tapasztalunk megnövekedett utasszámot.

Az utasok számára szignifikánsan vonzóbbak azok a vasútvonalak, ahol van olyan szakasz, amelyen feláras vonatokat helyjegy váltása nélkül vehetnek igénybe, valamint azok is, amelyeken járműfejlesztés ment végbe. Képes új utasokat bevonzani az ütemes menetrend éjszakai járatokkal való bővítése hétvégén, 0:00 után az elővárosi vonalakon.

Az utasszámok minden más változatlansága mellett nem változnak szignifikánsan a járatok sebességét is befolyásoló pályafalújítások és villamosítások miatt, noha kiemелendő, hogy utóbbi sokkal zölddebbé teszi ezt a közlekedési módot. A prémium 1+ kocsiosztály bevezetése úgyszintén nem vonzott be új utasokat a más módon közlekedők közül.

Magyarország vasútvonalai pedig kétfelé szakadnak: az elővárosi és törzshálózati fővonalakon a fejlesztéseknek köszönhetően összességében dinamikusán növekszik az utasszám, míg azok a vonalak – jellemzően regionális mellékvonalak –, ahová nem jut fejlesztés, csökkenő utasszámot mutatnak.

Az utasszámokban szépen megjelenik a Covid 19-járvány hatása, amely nagyjából megfelelt az utasszámot 2020-ban és 2021-ben, hasonló számokat produkálva azokhoz az időszakokhoz, amikor egy vonalon jelentős felújítás megy végbe.

A vasúttársaságnak tehát feltétlenül érdemes a mellékvonalakat ütemes menetrenddel fejleszteni, hogy ezáltal kiszámíthatóbbá és megbízhatóbbá váljon a közlekedés a gyakran gazdaságilag is elmaradottabb régiókban. Kellő óvatossággal, a vonatok túltelítettségét elkerülve, érdemes lehet minél több vonalon felármentes kocsikat közlekedtetni InterCity-vonatokhoz kapcsolva, mert az alacsony árak vonzóak az utasok számára, főként olyan

időszakokban, amikor magasak az üzemanyagárak. Ebből a szempontból üdvözlendő az ország- és vármegyebérletek 2023-as bevezetése, amelyek utasszámra gyakorolt hatása azonban nehezen lesz mérhető úgy, hogy a friss adatok a korábbiakkal összehasonlíthatók legyenek.

Továbbá azokon az elővárosi vonalakon, ahol még nem közlekednek éjszakai járatok, érdemes ilyeneket a menetrendbe emelni a meglévő menetrenddel összhangban. Emellett meg kell találni az egyensúlyt a fő- és mellékvonalak fejlesztése között a csökkenő utasszámok megfékezése érdekében, mert a jelenleg tapasztalt helyzet könnyen negatív spirálhoz vezethet a csökkenő utasszámok – csökkenő szolgáltatás területén, ahogy az a már említett módon a pótlóbuszos szolgáltatás bevezetésénél is történt 2023-ban tíz mellékvonalon.

Távlati kutatási célként kitűzhető a vasútfejlesztések hatásának vizsgálata az utasszámlálás továbbra is rendelkezésre álló módja, a kalauzok utasszámlálása segítségével, amely tartalmazza az ingyenesen utazókat is, ha a jövőben rendelkezésre állnak majd ilyen adatok. A korábban leírtakon túl érdemes lehet az utasszámok becslésénél a helyközi autóbuszos közlekedés helyi fejlettségére kontrollálni az egyes vasútvonalak mentén, valamint más ország adataira megismételni az elemzést

VII. Felhasznált irodalom és források jegyzéke

- Anvari, S., Tuna, S., Çancı, M., & Türkay, M. (2015). Automated Box–Jenkins forecasting tool with an application for passenger demand in urban rail systems. *Journal of Advanced Transportation*, 50(1), 25–49. <https://doi.org/10.1002/atr.1332>
- Blainey, S., Hickford, A., & Preston, J. (2012). Barriers to Passenger rail use: A review of the evidence. *Transport Reviews*, 32(6), 675–696.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2012.743489>
- Brons, M., Givoni, M., & Rietveld, P. (2009). Access to railway stations and its potential in increasing rail use. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(2), 136–149. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.08.002>
- CER. (2022, June). Railway to a green future [Fact sheet]. Community of European Railway and Infrastructure Companies.
https://www.cer.be/images/Events_pdfs/CER_Factsheet_Sustainability_0.pdf
- Debrezion, G., Pels, E., & Rietveld, P. (2006). The Impact of Rail Transport on Real Estate Prices: An Empirical Analysis of the Dutch Housing Market (Tinbergen Institute Discussion Paper No. 06-031/3). Tinbergen Institute, Amsterdam and Rotterdam.
https://www.researchgate.net/publication/273507188_Effects_of_Rail_Transit_on_Residential_Property_Values
- Duranton, S., Audier, A., Hazan, J., Langhorn, M. P., & Gauche, V. (2017, April 18). The 2017 European Railway Performance Index BCG Global.
<https://www.bcg.com/publications/2017/transportation-travel-tourism-2017-european-railway-performance-index>
- Főmterv, Közlekedéstudományi Intézet, Trenecon. (2021, April 9). Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia. Innováció és Technológiai Minisztérium. http://bvs.hu/wp-content/uploads/2022/01/BRN_strategia_v18_final_2021_12_28.pdf
- Fraszczyk, A., Lamb, T., & Маринов, М. (2016). Are railways really that bad? An evaluation of rail systems performance in Europe with a focus on passenger rail. *Transportation*

- Research Part A: Policy and Practice, 94, 573–591.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.10.018>
- Fu, X., Wu, M., Ponnarasu, S., & Zhang, L. (2023). A hybrid deep learning approach for Real-Time estimation of passenger traffic flow in urban railway systems. *Buildings*, 13(6), 1514. <https://doi.org/10.3390/buildings13061514>
- Guo, X., Sun, W., Yao, S., & Zheng, S. (2020). Does high-speed railway reduce air pollution along highways? — Evidence from China. *Transportation Research Part D, Transport and Environment*, 89, 102607 <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102607>
- Henley, W. (2013, July 25). Is it greener to travel by rail or car? *The Guardian*.
<https://www.theguardian.com/sustainable-business/greener-travel-car-or-rail>
- Katz-Rosene, R. (2020). A not-so-green choice? The high carbon footprint of long-distance passenger rail travel in Canada. *Canadian Geographer*, 65(2), 141–151.
<https://doi.org/10.1111/cag.12649>
- KSH. (2022). 24.1.2.3. A vasútvonalak hossza vármegye és régió szerint [kilométer]* [Data set]. Központi Statisztikai Hivatal. https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0041.html
- Lalive, R., Luechinger, S., & Schmutzler, A. (2018). Does expanding regional train service reduce air pollution? *Journal of Environmental Economics and Management*, 92, 744–764. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.09.003>
- Larsson, J., Kamb., A. (2022, May). Methodology Report for www.travelandclimate.org Version 3.0. Chalmers University of Technology.
https://travelandclimate.org/sites/default/files/methodology_report_for_travelandclimate_version3.pdf
- Loo, B. P., Chen, C., & Chan, E. T. H. (2010). Rail-based transit-oriented development: Lessons from New York City and Hong Kong. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.06.002>
- Magyarország Kormánya. (2024). Projektek [data set].
<https://beruhazas.gov.hu/projektek/vasutfejlesztes?phase=complete>

MÁV-Csoport. (2024). Prémium osztály a MÁV-START InterCity vonatain. MÁV-Csoport. <https://www.mavcsoport.hu/mav-start/belfoldi-utazas/premium-osztaly-mav-start-intercity-vonatain>

MÁV-START. (2023, November). Magyarország vasúti személyszállítási térképe. MÁV-Csoport. https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/vasuthalozat_trkp_hu_2024_a3_01-1_2023-11-29_web.pdf

MÁV-START. (2024). Menetrendszerűség [data set]. MÁV-Csoport. <https://www.mavcsoport.hu/mav-start/bemutakozas/menetrendszeruseg>

MÁV Zrt. (2019, February 13). 3,6 millióval nőtt a vasúttal utazók száma 4 év alatt [Press release]. MÁV-Csoport. <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/36-millioval-nott-vasuttal-utazok-szama-4-ev-alatt>

MÁV Zrt. (2023, July 21). Augusztus elsejétől 10 regionális vasútvonalon vonathelyettesítő autóbuszok közlekednek [press release]. MÁV-Csoport. <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/augusztus-elsejetol-10-regionalis-vasutvonalon-vonathelyettesito-autobuszok-kozlekednek>

MÁV Zrt. (2023, January 29). Tavaly közel 700 millióan utaztak a MÁV-START, a MÁV-HÉV és a Volánbusz járatain [Press release]. MÁV-Csoport. <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/tavaly-kozel-700-millioan-utaztak-mav-start-mav-hev-es-volanbusz-jaratain>

MÁV Zrt. (2023, February 18). Korszakalkotó változás a közösségi közlekedésben - Jön az új vármegyebérlet és az országbérlet [Press release]. MÁV-Csoport. <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/korszakalkoto-valtozas-kozossegi-kozlekedesben-jon-uj-varmegyeberlet-es-orzagberlet>

MÁV Zrt. (2024, February 8). Tavaly több mint 800 millió utazás történt a MÁV-VOLÁN-csoport járatain [Press release]. MÁV-Csoport. <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/tavaly-tobb-mint-800-millio-utazas-tortent-mav-volan-csoport-jaratain>

- McDonald, J. F., & Osuji, C. I. (1995). The effect of anticipated transportation improvement on residential land values. *Regional Science and Urban Economics*, 25(3), 261–278. [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(94\)02085-u](https://doi.org/10.1016/0166-0462(94)02085-u)
- Milenković, M., Švadlenka, L., Melichar, V., Bojović, N., & Avramović, Z. (2018). SARIMA modelling approach for railway passenger flow forecasting. *Transport*, 33(5), 1113–1120. <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1139623>
- Mohammad, S. I., Graham, D. J., Melo, P. C., & Anderson, R. J. (2013). A meta-analysis of the impact of rail projects on land and property values. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 50, 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.013>
- Nagy, E., & Csiszár, C. (2015). Analysis of Delay Causes in Railway Passenger Transportation. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 43(2), 73-80. <https://doi.org/10.3311/PPtr.7539>
- Office of Rail and Road. (2023, November 14). Rail emissions [Data set]. Office of Rail and Road. <https://dataportal.orr.gov.uk/statistics/infrastructure-and-emissions/rail-emissions/>
- Pan, H., Li, J., Shen, Q., & Cheng, S. (2017). What determines rail transit passenger volume? Implications for transit oriented development planning. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.016>
- Papa, E., & Bertolini, L. (2015). Accessibility and Transit-Oriented Development in European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, 47, 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.07.003>
- Ritchie, H. (2023, August 30). Which form of transport has the smallest carbon footprint? Our World in Data. <https://ourworldindata.org/travel-carbon-footprint>
- Shao, C., Xia, J., Lin, T., Goulias, K. G., & Chen, C. (2015). Logistic regression models for the nearest train station choice: A comparison of captive and non-captive stations. *Case Studies on Transport Policy*, 3(4), 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2015.06.002>
- Sohrab, S., Csikós, N., & Szilassi, P. (2022). Connection between the Spatial Characteristics of the Road and Railway Networks and the Air Pollution (PM10) in Urban–Rural

- Fringe Zones. Sustainability (Basel), 14(16), 10103.
<https://doi.org/10.3390/su141610103>
- Stoilova, S. (2018). Study of Railway Passenger Transport in the European Union. Tehnički vjesnik - Technical Gazette, 25(2), 587-595. <https://doi.org/10.17559/TV-20160926152630>
- Stratégia Konzorcium. (2014). Nemzeti Közlekedési Infrastruktúra-Fejlesztési Stratégia. Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ. <https://2015-2019.kormany.hu/download/3/a8/10000/Nemzeti%20K%C3%B6zleked%C3%A9si%20Infrastrukt%C3%B3ra-fejleszt%C3%A9si%20Strat%C3%A9gia.pdf>
- Telex Podcast. (2023, April 11). Lázár: Más világ jön azoknak is, akik közelebb állnak a kormányhoz – Telex Téma Brückner Gergővel #1.
https://www.youtube.com/watch?v=eU6Z4yaV0rM&ab_channel=TelexPodcast
- Tomeš, Z., & Jandová, M. (2018). Open access passenger rail services in Central Europe. Research in Transportation Economics, 72, 74–81.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.10.002>
- Yang, D., Chen, K., Yang, M., & Zhao, X. (2019). Urban rail transit passenger flow forecast based on LSTM with enhanced long-term features. Iet Intelligent Transport Systems, 13(10), 1475–1482. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2018.5511>
- Zhu K., Xun, P., Li W., Li, Z., Zhou, R. (2019, September 30). "Prediction of Passenger Flow in Urban Rail Transit Based on Big Data Analysis and Deep Learning," in IEEE Access, vol. 7, pp. 142272-142279, 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8853313>
- Zulfikar, R. (2018, June). Estimation Model and Selection Method of Panel Data Regression: An Overview of Common Effect, Fix Effect, and Random Effect Model [Unpublished manuscript]. Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Kalimantan MAB Banjarmasin.
https://www.researchgate.net/publication/326142125_Estimation_Model_And_Selection_Method_Of_Panel_Data_Regression_An_Overview_Of_Common_Effect_Fixed_Effect_And_Random_Effect_Model

VIII. Mellékletek

<i>elővárosi vonal</i>	<i>folytatásnak minősülő vonal</i>
1a (Budapest-Keleti – Tatabánya)	1 (Budapest-Keleti – Rajka)
30a (Budapest-Déli – Székesfehérvár)	20 (Budapest-Déli – Szombathely), 29 (Budapest-Déli – Tapolca), 30 (Budapest-Déli – Gyékényes)
40a (Budapest-Déli – Pustaszabolcs)	40 (Budapest-Déli – Pécs)
80a (Budapest-Keleti – Hatvan)	80 (Budapest-Keleti – Sátoraljaújhely)
100a (Budapest-Nyugati – Szolnok)	100 (Budapest-Nyugati – Záhony), 140 (Budapest-Nyugati – Szeged)
120a (Budapest-Keleti – Szolnok)	120 (Budapest-Keleti – Lőkösháza)
150a (Budapest-Nyugati – Kunszentmiklós-Tass)	150 (Kunszentmiklós-Tass – Kelebia)

F1. táblázat: Elővárosi vasútvonalak és a folytatásuknak minősülő vasútvonalak, saját szerkesztés

<i>vasútvonal</i>	<i>kizárás oka</i>
9 (Fertőszentmiklós – Pamhagen [Pomogy])	Nemzetközi vasútvonal, amelynek a kiindulási állomáson (Fertőszentmiklós) kívül egy megállóhelye van Magyarországon (Fertőszéplak-Fertőd). A GYSEV nem szolgáltatott adatot az állomásköz utasszámára. Ezen a szakaszon nem feltételezünk szignifikáns belföldi forgalmat.
77 (Aszód – Vác)	A személyszállítás ezen a vonalon 2022. december 11-én indult újra, a vizsgált időszak korábbi szakaszán szünetelt.
133 TT (Szeged – Hódmezővásárhely TramTrain)	A TramTrain járatok 2021-ben indultak útnak elsőként, a jegyvásárlás pedig csak 2022-től volt kötelező, így ennél korábban nem is állnak rendelkezésre megbízható utasszámok.
136 (Szeged – Rószke)	2015. decemberétől 2023. novemberéig hatósági intézkedés miatt a személyszállítás szünetelt.

150a (Budapest-Nyugati – Kunszentmiklós-Tass), 150 (Budapest-Nyugati – Kelebia)	2022. februártól részben, májustól teljes egészében leállt a személyszállítás a Budapest – Belgrád vasútvonal építése miatt.
--	--

F2. táblázat: A kutatásban nem szereplő vasútvonalak és a kizárás oka, saját szerkesztés

<i>ütemesítés éve (első teljes év ütemes közlekedéssel)</i>	<i>vasútvonal</i>
2014	65 (Pécs – Magyarbóly)
2015	46 (Sárbogárd – Bátaszék)
2021	11 (Győr – Veszprém) 39 (Balatonfenyves – Somogyszentpál) 45 (Sárbogárd – Székesfehérvár)
2022	4 (Esztergom – Komárom) 5 (Székesfehérvár – Komárom)

F3. táblázat: Azon vonalak, melyek menetrendje 2013 és 2022 között ütemesítésre került, saját szerkesztés

<i>sűrítés éve (első teljes év sűrített közlekedéssel)</i>	<i>vasútvonal</i>
2020	20 (Budapest-Déli – Szombathely)
2021	90 (Miskolc-Tiszai – Hidasnémeti)
2022	42 (Pusztaszabolcs – Mezőfalva)

F4. táblázat: Azon vonalak, ahol jelentős járatsűrítés történt 2013 és 2021 között, saját szerkesztés

<i>korszerűsítés éve (legalább fél év korszerűsített pályával)</i>	<i>vasútvonal</i>	<i>korszerűsített szakasz</i>	<i>korszerűsített szakasz hossza (km)</i>
2014	30a	Budapest-Kelenföld – Tárnok	24
2015	120	Gyoma – Békéscsaba	37
2015	16	Mosonszolnok – Porpác	87
2015	2	Újpest – Esztergom	45
2015	30	Lepsény – Szántód	33
2016	100	Püspökladány – Szajol	67
2017	17a	Szombathely – Zalaszentiván	49
2017	80	Nagyút – Mezőkeresztes-Mezőnyárád	42
2017	41	Dombóvár alsó – Kaposvár	24
2018	2	Rákosrendező – Esztergom	50
2019	80	Mezőzombor – Sátoraljaújhely	41
2020	100	Ebes – Debrecen	8
2021	40a	Budapest-Kelenföld – Százhalombatta	28
2021	100	Püspökladány – Ebes	32
2021	100a	Üllő – Monor	15
2021	29	Szabadbattyán – Balatonfüred	55
2021	39	Imremajor – Csisztafürdő	8
2022	18	Kőszeg – Szombathely	18
2022	40a	Százhalombatta – Pusztaszabolcs	25
2022	80a	Budapest-Keleti – Hatvan	67

F5. táblázat: A 2013 és 2022 között korszerűsített vonalszakaszok, saját szerkesztés.

Jelmagyarázat:

kék háttérrel: a korszerűsítés folyamán állomások és/vagy megállóhelyek és megújultak,

sárga háttérrel: villamosítás,

lila háttérrel: korábbi vasútvonal-bezárás után újrainduló személyforgalom

<i>bevezetés éve (első teljes év)</i>	<i>vasútvonal</i>	<i>vonalszakasz</i>
2013 vagy korábban	30	Budapest-Déli – Gyékényes
	80	Budapest-Keleti – Füzesabony
	110	Debrecen – Mátészalka
	120	Budapest-Keleti – Lőkösháza
	140	Budapest-Nyugati – Szeged
	100a	Budapest-Nyugati – Cegléd
	120a	Budapest-Keleti – Szolnok
	30a	Budapest-Déli – Székesfehérvár
	80a	Budapest-Keleti – Hatvan
2014	101	Püspökladány – Biharkeresztes
2017	20	Székesfehérvár – Veszprém, Celldömölk – Szombathely
	113	Zajta – Mátészalka
2018	26	Balatonszentgyörgy – Tapolca
2019	41	Gyékényes – Kaposvár, Kaposvár – Dombóvár
2020	25	Celldömölk – Zalaegerszeg
	40	Budapest – Dombóvár, Dombóvár – Pécs
	105	Debrecen – Nyírábrány
2021	90	Miskolc-Tiszai – Hidasnémeti
2022	8	Győr – Sopron
	16	Csorna – Szombathely

F6. táblázat: Azon vonalszakaszok, ahol 2013 és 2022 között felármentes utazásra volt lehetőség helyjegyköteles vonatokon, saját szerkesztés

<i>bevezetés éve (első teljes év)</i>	<i>vasútvonal</i>	<i>vonalszakasz</i>
2016	1	Budapest-Déli – Komárom
2016	70	Budapest-Nyugati – Szob
2016	120a	Budapest-Keleti – Nagykáta
2018	2	Budapest-Nyugati – Esztergom
2018	30a	Budapest-Déli – Székesfehérvár
2020	40a	Budapest-Déli – Pusztaszabolcs
2022	80a	Budapest-Keleti – Hatvan

*F7. táblázat: Éjszakai vonatokat közlekedtető vasútvonalak a bevezetés évével,
2022-ig bezárólag, saját szerkesztés*

<i>bevezetés éve</i>	<i>vasútvonal</i>	<i>vonalszakasz</i>
2021	80a	Budapest-Keleti – Hatvan
2021	80	Budapest-Keleti – Sátoraljaújhely
2021	100a	Budapest-Nyugati – Szolnok
2021	100	Budapest-Nyugati – Nyíregyháza
2021	100c	Miskolc-Tiszai – Nyíregyháza
2022	1a	Budapest-Keleti – Tatabánya
2022	1	Budapest-Keleti – Győr
2022	8	Győr – Csorna
2022	16	Csorna – Szombathely
2022	140	Budapest-Nyugati – Szeged

F8. táblázat: A prémium kocsiosztály bevezetése vonalanként, 2022-ig, saját szerkesztés

<i>járműfejlesztés</i>	<i>indulás éve (legalább fél év közlekedés)</i>	<i>érintett vonal(ak)</i>
Stadler FLIRT motorvonat	2014	15 (Sopron – Szombathely) 21 (Szombathely – Szentgotthárd)
	2015	8 (Győr – Sopron) 12 (Tatabánya – Oroszlány) 16 (Hegyeshalom – Szombathely) 30a (Budapest-Déli – Székesfehérvár) 40a (Budapest-Déli – Pusztaszabolcs) 70 (Budapest-Nyugati – Szob) 71 (Budapest-Nyugati – Vác) 82 (Hatvan – Szolnok) 100a (Budapest-Nyugati – Szolnok)
	2016	1a (Budapest-Keleti – Tatabánya) 1 (Budapest-Keleti – Rajka)
	2018	2 (Budapest-Nyugati – Esztergom)
felújított Jenbacher motorvonatok	2019	10 (Győr – Celldömölk) 11 (Győr – Veszprém)
Stadler KISS emeletes motorvonatok	2020	70 (Budapest-Nyugati – Szob) 100a (Budapest-Nyugati – Szolnok) 120a (Budapest-Keleti – Szolnok)
	2021	12 (Tatabánya – Oroszlány)
	2022	1a (Budapest-Keleti – Tatabánya) 1 (Budapest-Keleti – Rajka) 2 (Budapest-Nyugati – Esztergom) 30a (Budapest-Déli – Székesfehérvár) 80a (Budapest-Keleti – Hatvan) 100 (Budapest-Nyugati – Záhony) 100c (Nyíregyháza – Miskolc-Tiszai)

F9. táblázat: Járműfejlesztések a vizsgált időszakban évek és vonalak szerint, saját szerkesztés

<i>vonat</i>	<i>érintett év(ek)</i>	<i>utasszám-csökkenés az utolsó, felújítás nélküli évhez képest</i>
2 (Budapest-Nyugati – Esztergom)	2014	-19,31%
30 (Budapest-Déli – Gyékényes)	2015	-9,46%
40a (Budapest-Déli – Pusztaszabolcs)	2018	-38,97%
	2019	-38,26%
	2020	-39,62%*
80a (Budapest-Keleti – Hatvan)	2018	-15,09%
	2019	-47,90%
	2020	-52,60%*
	2021	-43,00%*
	2022	-14,13%
80 (Budapest-Keleti – Sátoraljaújhely)	2019	-19,87%

F10. táblázat: A pályafelújítások alatti utasszám-csökkenés azon esetekben, amikor a felújítás következtében az utasszám szignifikánsan a több éves trend alá bukott.

*Megjegyzés: A *-gal jelölt értékek 2020-as vagy 2021-es utasszámok alapján számíthatók, így Covid-hatást tartalmaznak. Modellünkben kontrollálunk a Covid-hatásra. A 30a (Budapest-Déli – Székesfehérvár) vonalon csak az átadás előtti utolsó év felújításra eső adata (2013) áll rendelkezésre, így ott nem számítható változás.*