

SZAKDOLGOZAT

Dr. habil. Fehérvári Sándor PhD

2024.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Agrár- és Élelmiszergazdasági Intézet

**Nagyvállalati versenyképesség-elemző
szakirányú továbbképzés**

**NEMZETKÖZI METRÓ-NAGYBERUHÁZÁSOK
ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA**

Belső konzulens:

Dr. Prihoda Emese PhD

egyetemi docens

Belső konzulens intézete/tanszéke:

Közgazdaságtani és Természeti

Erőforrások Tanszék

Készítette:

Dr. habil. Fehérvári Sándor PhD

2024.

Tartalomjegyzék

1.	Előszó	4
2.	Bevezetés, a kutatás célja	5
2.1	Bevezetés	5
2.2	A szakdolgozat kutatási célja	5
3.	Szakirodalmi áttekintés	7
3.1	Metrófejlesztés-történet	7
3.2	A metrófejlesztések közvetlen és közvetett gazdasági hatásai	8
3.3	A hálózatfejlesztések összehasonlíthatósága	9
3.4	A modern gépi tanulási eszközök a közlekedésgazdaságban	10
3.5	Módszertani kitekintés	12
4.	Kutatási hipotézisek	14
5.	Kutatást megelőző kvalitatív vizsgálatok	15
5.1	Az interjúk célja és jelentősége a kutatásban	15
5.2	A kutatás kontextusa és a probléma és a fő kutatási irány bemutatása	15
5.3	Módszertan	16
5.4	Kérdések	17
5.5	Eredmények	18
5.6	Következtetések	20
6.	A kvantitatív kutatás alapjai	21
6.1	A vizsgálat alanyai	21
6.2	Mérés	21
6.3	Adatgyűjtési módszerek	22
7.	Adatrendeztetés	25
8.	Leíró statisztikai adatelemzés	27
9.	Statisztikai összefüggés-vizsgálatok	36
9.1	Az épített szakaszok hossza és az épített állomások száma közötti összefüggés	36
9.2	A város népessége és az átlagos állomástávolság közötti összefüggés	37
9.3	Korrelációs mátrix vizsgálata a főbb paraméterek között	38
9.4	Többváltozós lineáris regressziós összefüggés vizsgálatok	40
9.5	A 2023-as bázisú számított fajlagos alagútépítési költségek régiókénti összehasonlító vizsgálata nemparaméteres eljárással	43
9.4	Egy kiemelt ország adatainak vizsgálata	45
10.	Összegzés	47
11.	Köszönetnyilvánítás	50
12.	Felhasznált programok	51
12.1	Általános Software-s és Hardware-s környezet	51
12.2	Alkalmazott táblázatkezelő software	51
12.3	Alkalmazott statisztikai software-ek	51
13.	Ábrák jegyzéke	52
14.	Táblázatok jegyzéke	52
15.	Hivatkozott irodalom	52
15.1	Hivatkozott források	52
15.2	Adatforrásként használt internetes oldalak hivatkozásai	55

1. Előszó

A Magyar Agrár és Élettudományi Egyetemen szervezett Nagyvállalati versenyképesség-elemző képzés keretein belül szakdolgozatomat a **Nemzetközi metró-nagyberuházások összehasonlító vizsgálata** címmel készítettem el.

A dolgozatban – az üzleti titok védelme érdekében és elkerülendő a titkosítás szükségességét – pusztán nyilvánosan hozzáférhető forrásokból nyert adatok segítségével, jellemzően kvantitatív módszerek alkalmazásával kívánok, előzetesen megfogalmazott hipotézisek segítségével, a világ tárgyi beruházásaira összefüggéseket kimutatni.

Megjegyzendő továbbá, a kérdés munkajogi vonatkozásai miatt is, hogy a szakdolgozatban szereplő megállapítások, elemzések kizárólag az én személyes nézeteimet és gondolataimat, rendszerváltás-kori politikusi szóhasználattal „írói munkásságomat” tükrözik, és semmiképpen nem lehet azokat a BKV Zrt. hivatalos véleményének vagy álláspontjának tekinteni és úgy bármely fórumon ekképp idézni.

A szakdolgozat az elvárásoknak megfelelően, figyelemmel a megállapított szűk terjedelempre, a képzés során érintett tárgyak projektfeladatain alapul, így különösen felhasználja az 1.1 táblázatban összefoglalt tantárgyak során elkészített féléves feladatokat.

1.1 táblázat: A szakdolgozat készítés során felhasznált projektfeladatokat kiíró tárgyak jegyzéke

Alkalmazott gépi tanulási módszerek	3.4 fejezet
Kutatásmódszertani alapok	2.2, 3.1, 3.2, 3.3, 4. és 6. fejezet
Kvalitatív kutatási módszerek	5. fejezet
Kvantitatív elemzési módszerek	8. és 9. fejezet
Magyarországi és nemzetközi ágazati ismeretek	3.2 fejezet
Módszertani készségfejlesztés	2.2, 6. és 7. fejezet

2. Bevezetés, a kutatás célja

2.1 Bevezetés

Feladatomban a világ különböző pontjain megvalósult metró nagyberuházások főbb műszaki és gazdasági paramétereinek összehasonlítását választottam.

A témaválasztást a szükségszerűség mellett indokolta az is, hogy a Budapesti 4. sz. DBR metróvonal 15 éve hivatás-szerűen van jelen életemben, de még ennél is több, 26 éve így vagy úgy, de kapcsolatban vagyok a beruházással. Ezért viszonylag gyorsan adódott az ötlet, hogy a hazai tapasztalatokat vessem össze a hasonló, tágabb időkeretben megvalósult nemzetközi projektekkel.

A mélyépítéssel kapcsolatos érdeklődés családi indíttatású, személyemben az 1960-as évek óta már család, édesapám és dédnagybátyám után, harmadik generációja foglalkozik Budapest földalattivasút-hálózatának megvalósításával. Mindannyian a beruházói-kivitelezői oldal irányából közelítettünk a kérdéshez, és így én is alagútépítőnek vallom magam még akkor is, ha én kivitelezőként nem, „csak” beruházóként vettem részt a legutolsó magyar metróvonal elkészültében.

A családi indíttatás adott volt tehát és ezen az alapon már viszonylag korán, 15 évesen kezdtem belemélyedni a téma és írtam összefoglalót a Millenniumi Földalatti Vasút történetéről (Fehérvári, 1996), egyetemi diplomamunkában is a 4-es metróvonal egyik mélyállomásának terveit (Fehérvári, 2006) készítettem el. Három szakmérnöki diplomámból kettő (Fehérvári, 2019, 2020) is a 4-es metróval kapcsolatos kérdéseket dolgozza fel. Ugyanakkor még doktori (Fehérvári, 2009b) és habilitációs (Fehérvári, 2023) értékezéseimben, illetve a harmadik szakmérnöki diplomámban (Fehérvári, 2009a) sem szakadtam el teljesen a mélyépítés témakörétől.

Egyetemi oktatói portfólióm egyik jelentős szegmense is az alagútépítés, speciális mélyépítés, műtárgyépítés részleteinek és szépségeinek előadása.

2.2 A szakdolgozat kutatási célja

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Kutatásmódszertani alapok; Módszertani készségfejlesztés)

Adódott a kérdés, hogy a több oldalról körbejárt témámat, hogyan lehet egy új, a jelenlegi képzésnek megfelelő szemszögből megvizsgálni. Hosszabb töprengés után jutottam arra az

elhatározásra, hogy ezúttal nem kifejezetten a 4-es metróval kívánok foglalkozni, hanem bővíttem a kört és megvizsgálom, hogy a világ metróberuházásai milyen számokkal kifejezhető műszaki és gazdasági teljesítményeket nyújtottak. Amennyiben ezek az adatok rendelkezésre állnak, a kutatásból már „csak” az adatelemzés van hátra.

Nemzetközi metróberuházások összehasonlítása során a kutatás célja lehet, hogy összehasonlítsuk a világ különböző nagyvárosaiban zajló metróprojektek jellemzőit, és azonosítsuk azokat a fő tényezőket, amelyek befolyásolják az építési költségeket, a megvalósítás ütemtervét esetleg a hatékonyságot.

A kutatás során nem szabad figyelmen kívül hagyni a tényt, hogy minden, egyenként rendkívüli költségvonzattal rendelkező beruházás eltérő műszaki tartalommal és gazdasági környezetben valósul meg, így az összevetésre a főbb mutatószámok vizsgálatával van csak lehetőség, a specialitások szintjére való lebontás már átláthatatlanságot eredményezne.

Tekintettel arra, hogy a metróberuházások – kevés kivételtől eltekintve – rendszerszemléletű fejlesztések, a pontos kép megismeréséhez elengedhetetlen, ha nagy léptékben vizsgáljuk az adott város metróhálózatát is, amelyben a megépült szakasz üzemel.

Hasonló összehasonlíthatósági alapot teremt az adott városok, országok egyes makrogazdasági mutatóinak összehasonlító elemzés is.

Az ilyen szempontok szerint vezetett kutatás rávilágíthat globális trendekre és folyamatokra, amelyek a metróberuházások kapcsán jelentkeznek és – elképzelhető – hogy még jövőbeli beruházási stratégiák döntéselőkészítésében is szerepet játszhat.

3. Szakirodalmi áttekintés

3.1 Metrófejlesztés-történet

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Kutatásmódszertani alapok; Magyarországi és nemzetközi ágazati ismeretek)

A gyorsuló urbanizáció, a nagyvárosi lakosságszám növekedés már a XIX. században komoly problémákat vetett fel a kor városvezetői számára. Egyszerre jelent meg a nagymennyiségű személy városon belüli mind hosszabb távolságra történő hatékony elszállítása (Mohammadi, Amador-Jimenez és Nasiri, 2019; Kopsidas és Kepaptsoglou, 2022), illetve a városok egyéni szállítóeszközökkel telítődése (Benedek, 1982). A kor nagyvárosai már ekkor arra a megállapításra jutottak (Fehérvári, 1996), hogy a felszíni úthálózat által biztosított tér nem elégséges, túlsúlyos a nagy tömegek mozgására. A kezdeti, olcsóbb felsővezetésű vonalak helyett hamar megtalálták a megoldást: a felszín alá kell vinni a közlekedést (Benedek, 1982). Az itt közlekedő szerelvények nincsenek kitéve a felszín zsúfoltságának, a felszín által támasztott geometriai (hossz) méreteknél, így a tömegek gyors szállítása vált lehetővé (Aboul-Atta és Elmaraghy, 2022). XXI. századunk technológiai színvonalán még mindig nincs ennél hatékonyabb, nagyobb tömegeket megmozgatni képes rendszer (Papa és Bertolini, 2015).

Európa és Észak-Amerika nagyvárosai jellemzően már a XIX. és XX. század fordulóján, de legkésőbb az 1930-as évekig rátértek erre a fejlődési irányra (Chen *et al.*, 2021). A Közel- és Távolkelet metropoliszai az 1960-as évektől kezdve követték-e trendeket. A demográfiai hatások növekedésével ez utóbbi területeken vált szükségessé rohamos hálózatfejlesztés (Zeng, Yao és Cheng, 2011; Zhao és Li, 2019; Bastidas-Zelaya, 2021). A gazdasági teljesítőképesség növekedése és e hatás együttesen eredményezte, hogy olyan országok, mint Kína az utóbbi évtizedekben (Lin, Broere és Cui, 2022b) a világon korábban nem látott mértékben fejlesztette városai felszín alatti infrastruktúráját. Itt olyan elképesztő számokat találunk, hogy az első pekingi metró 1969-es megnyitását követően, 50 éven belül, 2019-re harminchét város rendelkezik metróhálózattal, összesen 208 vonalon minegy 6736 km-nyi vonal üzemeltetésével (Lin, Nelson és Cui, 2021).

Kutatások bizonyítják, hogy 5 milliós lakosság felett (Allport; R. J., 1990) már csak a metróhálózat szállítási kapacitása képes megbirkózni az utazóközönséggel, más jellegű tömegközlekedési hálózat fejlesztése csak áttelepíti a problémát.(Chen *et al.*, 2021)

3.2 *A metrófejlesztések közvetlen és közvetett gazdasági hatásai*

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Kutatásmódszertani alapok; Magyarországi és nemzetközi ágazati ismeretek)

Amennyiben vizsgáljuk a gazdasági vonatkozásokat, láthatjuk, hogy a hatékonyság és a korszerűség megkívánja a drága (legdrágább) közlekedési mód fejlesztését. Ennek finansziális oldalának megteremtése minden városvezetés egyik legnagyobb kihívása (Mohammadi, Amador-Jimenez és Nasiri, 2019). Jellemző módon, egy-két kivételtől eltekintve, önállóan a nagyvárosok nem is képesek egy ennyire drága és komplex beruházás megvalósítására, szükséges a nagyobb egység, a tartomány, az állam bevonása a fejlesztésbe (Metz, 2017).

A legtöbb projekt esetében a finanszírozás főként adósságfinanszírozásra épül, amely a helyi kormányzatok pénzügyi nyomását is növelheti (Hu, Ren és Wang, 2018). Például hozhatjuk fel, hogy a pekingi metróprojekt finanszírozási reformjai rávilágítanak arra, hogy a városi adósságállomány növekedése, a metróberuházások költségeivel kapcsolatosan, gyakori következmény (Hu, Ren és Wang, 2018). Ezen kívül a földhasználati díjak is kulcsszerepet játszanak a metróinfrastruktúra finanszírozásában, különösen Kínában, ahol a földhasználati díjakból származó bevételek segítik a metróhálózatok kiépítését (He *et al.*, 2024).

Ha minden ideális és megvalósul a közösségi közlekedés fejlesztése, mit nyerhetnek vele a nagyvárosok? A városi felszíni közlekedés mérséklését (Goliszek, 2024), a levegőminőség javulását (Chen és Whalley, 2012; Qiao *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2023), a városi többsávos utak parkosításának lehetőségét (Mejia-Dorantes és Lucas, 2014; Ran *et al.*, 2014), általában a város élhetőségének jelentős javulását (Besner, 2016), az eljutási idő csökkenését, az ingatlanárak emelkedését (Zhang *et al.*, 2014; Lin és Chung, 2017; Qiao *et al.*, 2022; He *et al.*, 2024), hogy csak a talán legfontosabbakat említsük (Metz, 2017; Lin, Broere és Cui, 2022a; Lin *et al.*, 2024).

A metróberuházások társadalmi dimenziói is fontosak, mivel a közlekedési infrastruktúra fejlesztése befolyásolja a városi közlekedés elérhetőségét és a társadalmi igazságosságot (Tzanni *et al.*, 2022). A metróhálózatok kiépítése során figyelembe kell venni a különböző társadalmi csoportok igényeit, hogy a közlekedési rendszer mindenki számára hozzáférhető legyen.

Mindezen externáliákat (Metz, 2017) egyszerű számítással ugyan nem lehet a beruházás költségével összehasonlítani, de összegezve a projektek már pozitív – az egész lakosságra és társadalomra vetített, megtérülést – hasznosságot tudnak mutatni (Kopsidas és Kepaptsoglou, 2022; Liu, Chau és Bao, 2023; Lin *et al.*, 2024).

Összességében tehát megéri az ilyen jellegű fejlesztésekbe invesztálni, hiszen a rengeteg befektetett forrás és a hosszú kivitelezési idő közben felmerült kellemetlenségek ellenére az eredmény a szűkebb közösség, a város, az ország érdekeit szolgálja (Fehérvári, 2019; Ibraeva *et al.*, 2022).

3.3 A hálózatfejlesztések összehasonlíthatósága

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Kutatásmódszertani alapok)

A beruházások nagysága és komplexitása, mely minden egyes metrófejlesztés jellemzője, a tételes összehasonlíthatóságot nehezíti, vagy inkább lehetetlenné teszi. Mindenhol más az urbanizációs környezet (Lin, Broere és Cui, 2022b), mely a fejlesztést indukálja, a műszaki megvalósítás során más és más szerkezetépítési, gépészeti, elektromos és biztosító-berendezési kihívásoknak kell a szakembereknek eleget tenniük (Besner, 2016; Muruganandan *et al.*, 2022).

Tovább bonyolítja a helyzetet, ha világviszonylatban kíséreljük meg az összehasonlításokat, hogy itt már az elemzés során vizsgálni kell az egyes területek gazdasági teljesítőképességének mértékét is, nem lebecsülve az egyes devizaárfolyamok egymásnak való megfeleltetési kérdéseit sem.

Ezen érvrendszer mellett az összehasonlítás lehetőségét jellemzően a főbb műszaki paraméterek, mint például a vonalhossz, az állomásszám; az összköltség (Aboul-Atta és Elmaraghy, 2022) valamint az építési idő jelenti (Lin *et al.*, 2024). Nem lebecsülendő szempont továbbá az adott beruházás által érintett szakasz helyzete és a város komplex metrórendszerében betöltött szerepe (Derrible, 2012).

Összehasonlító kutatások (Lin *et al.*, 2023) vizsgálták Kína nagyvárosi metrófejlesztéseinek és a városok gazdasági urbanizációs helyzetének viszonyait. A nagyszámú bevont város esetében is, figyelemmel a jelentős regionális gazdasági hatásra, az össze-függés elemzések alapján erő kapcsolat állapítható meg a lakosságszám, a város hierarchiában betöltött szerepe és elhelyezkedése között.

Szintén erős statisztikai kapcsolatot tárt a kínai városok vizsgálata során Lin, Nelson és Cui (Lin, Nelson és Cui, 2021), mikor megállapították, hogy a lakosságszámon kívül az üzemeltetési történet (ti. az első vonal megnyitásától eltelt idő) és a városok adóbevételei is kimutatható hatással bírnak, mind az üzemeltetett vonalak számára, mind azok összhosszára.

3.4 A modern gépi tanulási eszközök a közlekedésgazdaságban

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Alkalmazott gépi tanulási módszerek)

A gépi tanulás (machine learning, ML) és a mesterséges intelligencia (AI) technológiáinak alkalmazása a közlekedésgazdaságban alapvetően megváltoztatja a közlekedési rendszerek hatékonyságát és rugalmasságát. Ezek a technológiák képesek feldolgozni és elemezni a közlekedési adatok hatalmas mennyiségét, ami lehetővé teszi a pontosabb előrejelzéseket és döntéshozatalt a forgalomirányítás, az útvonaltervezés és a közlekedésbiztonság terén.

Az intelligens közlekedési rendszerek (ITS) fejlesztése során az ML és az IoT (Internet of Things) együttes alkalmazása különösen hatékonynak bizonyul a valós idejű forgalmi adatok feldolgozásában és a közlekedés optimalizálásában. Az IoT eszközök, mint például a GPS, szenzorok és kamerák, folyamatosan gyűjtik a forgalmi adatokat, amelyek feldolgozása a felhőalapú rendszereken vagy „edge computing” technológiákon keresztül történik. A különböző adatok, például a járművek sebessége, helyzete és forgalmi sűrűsége strukturált és strukturálatlan formában kerülnek rögzítésre, és ezeket az ML algoritmusok (mint például a Random Forest és a mélytanulási technikák) felhasználásával dolgozzák fel. (Zantalis *et al.*, 2019)

Egy példa erre az útvonal-optimalizálás, ahol az ML algoritmusok valós idejű adatokat, valamint történeti adatokat elemeznek, hogy előre jelezzék a legideálisabb útvonalat a forgalmi torlódások elkerülése érdekében. A valós idejű elemzések alapján optimalizálható a közlekedési lámpák működése, amely jelentősen hozzájárul a közlekedési torlódások csökkentéséhez és a közlekedési rendszer hatékonyságának növeléséhez. (Zhang *et al.*, 2024)

A közlekedési adatok előrejelzése különösen fontos szerepet játszik a forgalom irányításában, különösen nagyvárosi környezetben, ahol a forgalmi helyzet gyorsan változhat. A Convolutional Neural Networks (CNN) és a K-Nearest Neighbors (KNN) algoritmusokat gyakran alkalmazzák a valós idejű forgalmi előrejelzésekhez. A CNN például képes elemezni a forgalmi kamerákból származó képeket és videókat, azonosítva a forgalom sűrűségét és a járművek áramlását. A KNN algoritmus segítségével pedig rövid távú forgalmi előrejelzéseket lehet készíteni, amelyek alapja a járművek sebességének és irányának korábbi adatai. (Modi *et al.*, 2022)

A forgalmi előrejelzések pontossága nagymértékben függ az adatok minőségétől. A valós idejű adatgyűjtés során felmerülő problémák, mint például a GPS jelek pontossága, illetve a

különböző időjárási körülmények, mint például köd vagy eső, komoly kihívásokat jelenthetnek a gépi tanulási modellek számára. (Modi *et al.*, 2022)

A közlekedésbiztonság területén is jelentős előrelépéseket tettek az ML-alapú rendszerek alkalmazásával. Az ML technológiák lehetővé teszik a balesetmegelőzést és a veszélyhelyzetek gyors észlelését. Például a járművek és az infrastruktúra közötti kommunikáció (V2I) segítségével valós idejű adatokat lehet elemezni, amelyek alapján azonnali beavatkozásra van lehetőség veszélyes közlekedési helyzetekben. Az ilyen rendszerek nemcsak a járművek mozgását figyelik, hanem a sofőrök viselkedését is, például a fáradtság jeleit, és ezek alapján automatikus figyelmeztetéseket küldenek a vezetőknek. (Zantalis *et al.*, 2019)

A balesetmegelőzés mellett az ML segítségével a közlekedési infrastruktúra is javítható. A gépi tanulási modellek képesek érzékelni az úthibákat, például kátyúkat vagy rossz útburkolatot, amelyeket a járművek mozgása alapján azonosítanak. Az ilyen típusú adatokat az IoT-eszközök által gyűjtött információk alapján dolgozzák fel, ami segíthet a közlekedési infrastruktúra karbantartásának hatékonyabbá tételében. (Zantalis *et al.*, 2019)

A jövőbeli kutatások során nagy figyelmet kell fordítani az ML algoritmusok továbbfejlesztésére, különösen a valós idejű adatfeldolgozás hatékonyságának növelésére. A gépi tanulási technológiák már most is jelentős előnyöket kínálnak az intelligens közlekedési rendszerekben, de a jövőben még nagyobb potenciál rejlik ezekben az alkalmazásokban, különösen a mesterséges intelligencia további integrációjával. (Zantalis *et al.*, 2019)

A kutatók egyre inkább az „edge computing” és a „fog computing” technológiákra összpontosítanak, amelyek lehetővé teszik az adatok előfeldolgozását helyben, az IoT eszközöknél. Ez csökkenti a központi felhőalapú szerverekre háruló terhelést, és gyorsabb adatfeldolgozást tesz lehetővé. Ezen kívül a tudományos együttműködések erősítése, valamint az ML-algoritmusok alkalmazásának szélesítése – például az intelligens közvilágítás és parkolás rendszereiben – kulcsfontosságú lesz a közlekedés optimalizálásában és a fenntarthatóság növelésében. (Zantalis *et al.*, 2019)

Összefoglalva, a gépi tanulás technológiai alapvetően formálják át a közlekedésgazdaságtant, lehetővé téve a pontosabb előrejelzéseket és hatékonyabb forgalomirányítást. Bár az alkalmazásuk számos kihívással jár, a jövőbeni fejlesztések során ezek a technológiák elengedhetetlen szerepet fognak játszani a városi közlekedési rendszerek fenntarthatóságának és biztonságának javításában.

3.5 Módszertani kitekintés

A végrehajtandó elemzés során összetett statisztikai vizsgálatokat tervezek végrehajtani, melyek a következők.

A **korreláció** két változó közötti kapcsolat erősségét és irányát méri. Az érték pozitív, ha a változók együtt mozognak, és negatív, ha ellentétes irányba mozognak. A korreláció mértéke -1 és 1 között van; az 1 tökéletes pozitív, a -1 tökéletes negatív korrelációt jelent, míg a 0 azt jelzi, hogy nincs kapcsolat a változók között (Bartus, Kisfalusi és Koltai, 2019). A statisztikai elemzések során gyakran használják a kapcsolat erősségének meghatározására, különösen szociológiai és gazdasági vizsgálatokban. (Hinkle, Wiersma és Jurs, 2003; Pajrok, 2023)

A **korrelációs mátrix** egy olyan táblázat, amely több változó közötti párosított korrelációkat jelenít meg, így egyszerre több változó kapcsolatát vizsgálhatjuk. Ez különösen hasznos az összetett adathalmazok elemzésekor, például pszichológiai kutatásokban vagy gazdasági modellezésben, ahol számos változó kölcsönhatása érdekes lehet (Akbulaev, Aliyeva és Rzayeva, 2021). A mátrixban minden egyes cella az adott változók közötti korrelációs együtthatót mutatja. (Tabachnick és Fidell, 2018)

A **többváltozós lineáris regresszió** olyan statisztikai módszer, amely *több független* változó együttes hatását vizsgálja *egy függő* változóra. Ez a modell segít megérteni, hogyan befolyásolják a független változók a függő változót, például amikor különböző társadalmi-gazdasági tényezők hatását vizsgáljuk egy gazdasági mutatóra. A modell célja, hogy meghatározza a független változók *súlyozott hatásait* a függő változóra. (Kutner *et al.*, 2004; Hargitai *et al.*, 2021)

A **doboz diagram** vizualizációs eszköz, amely segít bemutatni egy adathalmaz eloszlását. A diagram megmutatja a mediánt, a felső és alsó kvartilist, valamint az esetleges kiugró értékeket. Ez a fajta ábrázolás rendkívül hasznos az adatok terjedelmének gyors megértésében, különösen, ha a cél az adathalmazban található rendkívüli értékek azonosítása. (McGill, Tukey és Larsen, 1978)

A **Kruskal-Wallis próbát**, mint nemparametrikus statisztikai tesztet, széles körben alkalmazzák, hogy összehasonlítsák három vagy több független csoport mediánjait, különösen akkor, amikor a normális eloszlás feltételezése nem teljesül. A teszt előnye, hogy nem igényli a normális eloszlás, az intervallum adatok és a csoportok varianciájának homogenitásának feltételeit, így rugalmasabb és könnyebben alkalmazható, mint a paraméteres ANOVA (Ostertagová, Ostertag és Kováč, 2014). A Kruskal-Wallis teszt a rangsorolt adatokra épül, és a

csoportok rangösszegeit használja a statisztikai szignifikancia meghatározására, amely lehetővé teszi a különböző eloszlású csoportok összehasonlítását is (Bargagliotti és Greenwell, 2011). Ezenkívül a teszt teljesítménye gyakran jobb, mint a hagyományos t-próba, különösen, ha az adatok nem normálisan oszlanak el, mivel a Kruskal-Wallis teszt robusztusabb a variancia homogenitásának megsértésével szemben (Nwobi és Akanno, 2021). A Kruskal-Wallis próbát különböző tudományos területeken alkalmazzák, beleértve az orvostudományt és a biológiát is. Például a kórházi betegek tartózkodási idejének összehasonlítására is használják, ahol a teszt a Wilcoxon és a Mann-Whitney tesztekkel együtt a legmagasabb teljesítményt mutatta a statisztikai szignifikancia elérésében (Chazard *et al.*, 2017).

4. Kutatási hipotézisek

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Kutatásmódszertani alapok)

A szakirodalmi összefoglaló alapján szakdolgozatom elkészítéséhez hipotéziseket állapítottam fel:

- H.1 Hipotézis a városméret és az átlagos állomástávolság között:** A nagyobb városokban, ahol a népesség magasabb, az állomástávolság kisebb lehet, mivel a sűrűbb infrastruktúra miatt a megállók közötti átlagos távolság csökken. Feltételezhető, hogy a nagyobb városokban a tömegközlekedési megállók sűrűbben helyezkednek el.
- H.2 Hipotézis a népesség, az infrastruktúra fejlettsége és az utazásszám között:** Azokban a városokban, ahol nagyobb a népesség, hosszabbak az épített metróvonalak ezekkel arányosan nő a rendszeren történő utazások száma. Feltételezhető, hogy a népesebb városokban nagyobb szükség van kiterjedtebb tömegközlekedési hálózatra és a hálózat kiépítése után ezeket többen is veszik igénybe.
- H.3 Hipotézis a régiók közötti különbségekről:** Az átlagos építési költségek különböznek a különböző régiók között. Például feltételezhető, hogy a fejlettebb régiókban, mint Észak-Amerika vagy Nyugat-Európa, magasabbak az építési költségek, mint a fejlődő régiókban, például Latin-Amerikában vagy Kelet-Európában.
- H.4 Hipotézis az építési költségek eltéréséről:** Az építési költségek magasabbak azokban az országokban, ahol a GDP egy főre vetítve magasabb. Ezzel összefüggésben feltételezhető, hogy a gazdaságilag fejlettebb országokban drágábbak a nagy infrastruktúra-projektek.

A szakdolgozat elemző része hivatott eldönteni, hogy a fenti hipotézisek valósnak bizonyulnak-e, vagy azok az összegyűjtött adatok alapján megcáfolhatók.

5. Kutatást megelőző kvalitatív vizsgálatok

(A fejezet elkészítéséhez felhasznál projektfeladat: Kvalitatív kutatási módszerek)

A kvantitatív vizsgálatok előtt, illetve az azokhoz tartozó adatgyűjtéssel párhuzamosan kvalitatív felvételt készítettem a budapesti metróhálózat építésének történetéről, a fejlesztési rendszere mögöttes tényezőinek feltárásáról, a fejlesztés lehetőségeiről.

5.1 Az interjúk célja és jelentősége a kutatásban

A kutatás témája ugyan csak érintőlegesen csatlakozik a szakdolgozatomban tárgyalt témához, de legalább a budapesti metrófejlesztéseken keresztül bemutatja egy világváros földalatti-közlekedése megvalósításának problémáit, buktatóit és egyben szépségeit.

Tekintettel a BKV Zrt.-nél betöltött munkakörömnek magam is több alkalommal bírálatam és tettem javaslatot a Budapesti Mobilitási Terv ((BKK Zrt., 2023) korábban, még a BKV égisze alatt Balázs Mór Terv) kialakításához. Megjegyzem, az már más kérdés, hogy a jelenlegi fővárosi közlekedésszervezési agytröszt egyáltalán nem, vagy csak marginálisan foglalkozik a földalatti közlekedés rendszerszintű és nem esetleges fejlesztésével.

5.2 A kutatás kontextusa és a probléma és a fő kutatási irány bemutatása

Mint az ismeretes Budapest, bár korán, a világon másodikként lépett be a földalatti közlekedéssel rendelkező nagyvárosok táborába, jelenleg méretéhez, gazdasági teljesítőképességéhez képest világviszonylatban le van maradva a földalatti közösségi közlekedési hálózat kiépítésében, míg a felszínen több „kétes” Európa- és világrekordot tartunk egyes vonalaink utasszámában. Például a 4-6 villamosvonal-család csúcs- és átlagos utasszáma (wikipédia, 2024) egy Budapesthez hasonló méretű nagyvárosokban már önmagában indukálná metróvonal létrehozását.

Jelen kvalitatív kutatás során, nagy tapasztalattal rendelkező szakemberek segítségével próbálom feltárni a budapesti metróhálózat szervezésének elmúlt közel hatvan-hetven évében jelentkező tendenciákat. A kutatás a műszaki és közlekedésszervezési kérdésekre kíván összpontosítani, mivel a gazdasági, pláne politikai szempontok felvétele más interjúalanyok felkutatását is megfontolandóvá tenné, egyszersmind teljes mértékben torzítaná a jelen

felvétellel elérni kívánt eredményt. A kutatást végző ugyanakkor megjegyzi, hogy pusztán a műszaki érvek nagyon keveset érnek, ha nincs meg mögöttük a szükséges gazdasági potenciál és politikai akarat.

Az alapprobléma, mely a kutatás fő mozgatórugója a hálózatfejlesztés alapkérdése, vagyis, hogy rendszerszinten gondolkodva fejlesztjük a hálózatunkat, vagy mindig inkább az adott vonalra koncentrálunk. Esetleg a kezdeti, rendszerszemléletű gondolkodás az eltelt évek, a folyamatos buktatók által alakult át egy-egy vonal „életben tartására” alkalmazott szemléletté?

5.3 Módszertan

A kutatási kérdések az interjúalany kérdéskörrel való kapcsolatának feltérképezése után a vizsgálat fő kérdéskörei köré csoportosultak. Cél volt, hogy strukturált interjúk kerüljenek lefolytatásra, a körülmények ugyanakkor végül részben strukturált interjúkat eredményeztek.

Az interjúalanyok kiválasztásának kritériumai közé tartozott, hogy mélyreható, Budapest több metróvonalára is kiterjedő fejlesztési tapasztalattal és ismerettel rendelkezzenek. Tekintettel a budapesti hálózat fejlesztéstörténetére fenti feltétel indokolta, hogy az interjúalanyoknak legalább a 70-es éveikben járó, ezáltal nyugdíjas szakembereknek kell lenniük.

A minta méretét a felvételhez rendelkezésre álló idő- és erőforráskeret határozta meg. Így a mintába összesen három főt tudtam bevonni:

1. Interjúalany: 72 éves építőmérnök, az 1970-es évek közepétől főleg az M4 vonal korai fejlesztésén, majd annak megvalósításán dolgozott.
2. Interjúalany: 79 éves építőmérnök, az 1960-70-es évek fordulójától beruház-előkészítő, lebonyorítói minőségében részt vett az M3, majd az M4 vonal megvalósításában, az M2 és M3 vonalak rekonstrukciójában.
3. Interjúalany: 89 éves közlekedésmérnök, az 1960-as években a Fővárosi Villamosvasút üzemegység vezetője, majd az M2 vonal üzemtechnológiájának kidolgozója. Később a budapesti metróhálózatok fejlesztésének üzemtechnológiai és forgalomszervezési kérdéseivel foglalkozott.

Az interjú során hangfelvétel került rögzítésre összesen 219 perc hosszúságban.

5.4 Kérdések

Bevezető kérdések, az alany kapcsolata a vizsgált témával:

- *Első kérdésként szeretnék megkérni, hogy mesélj arról, a szakmai pályád során mikor és hogyan kerültél kapcsolatba a budapesti metróépítésekkel!*
- *Utána folyamatos volt-e a kapcsolatot vagy voltak jelentősebb kitérők? Merre?*
- *Melyik vonalak létrejöttében vettél részt? Milyen szerepben?*
- *A kutatási téma fő kérdései:*

A tematikus kérdések között először Budapest metróhálózatának fejlesztéséről szeretnék kérdezni.

- *A rendszerváltás előtt hogyan indult egy vonal fejlesztése?*
- *Inkább vonal vagy inkább hálózatszemléletű volt a tervezés?*
- *Hogyan változott a koncepció, mire eljutott a megvalósulásig?*
- *A rendszerváltás után megvalósuló 4-es metróvonalnál inkább melyik szemlélet volt az uralkodó?*
- *Ha már rátértünk a 4-es vonalra:*
- *Itt mennyire érvényesült a távlati tervezés során a hálózatközpontúság? Miért?*
- *Mennyi maradt ebből mire a megvalósulásig eljutottunk? Mik ennek az okai?*
- *Én úgy érzem, hogy a jelenlegi szakasz végei bebetonozódni látszanak. Neked mi erről a véleményed?*
- *Kizárólag szakmai szempontok alapján milyen irányban vagy milyen sorrendben kellene a meghosszabbításokat megépíteni? Mi indokolhatja ezeket*
- *Ha a jövőbe tekintünk, a budapesti metróhálózat tekintetében mik lennének a jövő műszakilag szükséges fejlesztési irányai?*
- *Szerinted mik a legfontosabb befolyásoló tényezők?*
- *A BKK közép- és hosszútávú stratégiai terveket dolgozott ki. Ha lehetőség lenne rá, metró szempontjából Te miben változtatnál ezeken?*

5.5 Eredmények

A. Metrófejlesztések menete, hálózatközpontúság

Ugyan az elmúlt közel száz évben sok budapesti hálózati alternatívát foglaltak írásba, nem készült egy általánosan követendő, elfogadott hálózatfejlesztési koncepció, „mesterterv”.

Az adott főirányok meghatározása után (pl. K-Ny, É-D, stb.), illetve a sorrend politikai, illetve hidegháborús stratégiai eldöntése után (vö. polgári védelmi, akkori szóhasználatnál légtalmi, illetve hátszág-védelmi megfontolások), már az egyes vonalak fejlesztésén volt a hangsúly. A vonalak sorban, egymás után, közel „átfedésmentesen” épültek. A szakaszos építés igazából csak az M3 vonalra volt jellemző, melyet öt egységben építettek (az M2 két, az M4 egy egységben került átadásra).

3. interjúalany: *„[...] nem metróhálózatban gondolkozott a tervezés, de a tervezés alatt most már nem a konkrét tervezés, hanem az előkészítést, a koncepciót tekintve, hanem egy konkrét vonalban. Ez azt jelenti, hogy semmi olyat nem lehetett tervezni, előkészíteni, ami nem szorosan annak az adott vonalnak a működéséhez tartozott.”*

Az M3 vonal sem érte el teljes hosszát, hiszen a Káposztásmegyeri Lakótelep kifejezetten erre a kapacitásra épült, ott a tervek és az ingatlanszerzés is megfelelő állapotban állt a tovább-építésre, de ezt a rendszerváltás gazdasági hatásai megghiúsították.

A budapesti hálózatra nem jellemző a több környező nagyvárosban (pl. Bécs, Prága) jellemző fejlesztési stratégia, vagyis, hogy a városmagban megépülő központi elemeket párhuzamosan fejlesztik a külvárosok irányában, pár évente két-három állomásnyi vonal-szakaszokat átadva.

A vonalak egyes részleteinek tekintetében még az építés megkezdése után is ment a döntéshozói szintű „ötletelés”, hogy hogyan kellene máshogy, máshol azt csinálni.

B. Az M4 vonal kialakulás, további fejlesztések kérdése

A hálózatfejlesztés során az irányok különösen az M4 vonatkozásában változtak, ami mai formájában eleve két, korábbi, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság által kijelölt vonal „összeollózásából” keletkezett. Először is a nyugati vége változott a korábbi

budafoki irány helyett Kelenföld-Örmező- Madárhegy felé. Ennek oka, többek között a korábbi távlati tervek és a városfejlődés aktuális állapotának eltérése volt.

Rendszerszintű kapcsolatai nem felelnek meg a klasszikus belvárosi „kis-átszállóháromszöges” orientációs szerkezetnek, csak a városmagot tágabban értelmező „nagy-átszállóháromszöges” kialakítás valósult meg.

A vonal szakaszolása, hossza is folyamatosan változott. A jelenlegi nyugati végét nem a műszaki-forgalmi megfontolások, hanem az idő-költség-támogatás összessége határozta meg, helyezve pl. a járműtelepet a jelenlegi helyére Kelenföldön. Műszaki szempontból a Virágpiac-Madárhegy végállomás és járműtelep kiépítés indokolhatóbb lett volna és itt nagyobb (több tízezres) méretű P+R parkoló is könnyen kiépíthető lett volna, illetve a Gazdagréti lakótelep is közvetlen metrókapcsolatot kapott volna. Ezen végállomás területének fejlesztési koncepció-változásai ugyanakkor a kiépítést az első szakaszban ellehetetlenítették.

A vonalon kialakított „luxus” ugyan illeszkedik egy javarészt belvárosi metróhoz, ugyanakkor hasonló kialakítás a külsőbb szakaszokon indokolatlanul pazarló lenne, a több koncepcionális kialakítás ugyanakkor disszonanciát teremtené a vonalon.

A megépült szakasz, bár önmagában folyamatosan javuló forgalmi adatokat produkál a párhuzamos felszíni járatok ellenére is, műszaki szempontból a vonal kezdetének tekintendő.

Nyugati irányú meghosszabbítása az 1. és 2. interjúalany véleménye szerint elsődleges Virágpiac-Madárhegy, vagy akár Budaörs-Nyugat végállomásig. Ezáltal az M1-M7 tengelyen érkező autóforgalom is hatékonyabban lenne áterelhető közösségi közlekedésre. A keleti irányú meghosszabbítás (Thököly út – Csömöri út) tengely megépítését az 1. és 2. interjúalany, a nyugati szakasz megépítése után tartja szükségesnek elismerve, hogy az Zugló-Újpalota régió feltárása is rendkívül fontos. E tengely villamossal való helyettesítését csak a Bosnyák téren túl tartják elképzelhetőnek.

A 3. interjúalany, ugyanakkor egyértelműen a keleti meghosszabbítás fontossága mellett érvelt tekintve, hogy ebből az irányból lényegesen több utas bevonzására van még lehetőség, míg nyugati irányból – a P+R és a ráhordó járatok miatt – jelentős utasszám-bővülés már nem prognosztizálható.

C. Budapest metróhálózatának fejlesztési irányai

Pusztán műszaki-forgalmi szempontból, és a korábban tárgyalt M4 metróvonal lehetséges meghosszabbításain kívül felmerült lehetőségek felsorolása:

- az M2 metró – Gödöllői HÉV forgalmi összekötésének kérdése;
- az M2 metróvonal nyugati elágazása a Széll Kálmán téren;
- az M3 metró északi meghosszabbítása Káposztásmegyerig;
- M3 metróvonal déli meghosszabbítása Kispest és Pestszentlőrinc jobb kiszolgálása érdekében;
- M5 metró / Szentendrei és Csepeli/Soroksári HÉV összekötése;
- Gyűrű vagy harántoló vonal.

5.6 Következtetések

A lezajlott kisléptékű kutatás alapján megállapítható tények:

1. A budapesti metrófejlesztés kisebb mértékben hálózatközpontú, inkább vonalközpontú volt. A hálózat a vonalak egymásutáni megvalósításából épült fel.
2. A vonalak irányának meghatározása jellemzően egyedileg történt, természetesen a fennálló hálózat, az urbanisztikai hatások figyelembevételével.
3. Az M4 vonal mai nyomvonala több, korábbi tervezet „összefésüléséből” született.
4. Az M4 vonal jelenlegi formájában nem teljes, mindenképpen szükséges meghosszabbítása:
 - a. Nyugati irányban Virágpiac-Madárhegy, de akár Budaörs-Nyugat végállomásig, a szükséges infrastruktúra és P+R parkolók kiépítésével.
 - b. Keleti irány a Thököly út, Csömöri út tengelyen jelentős mennyiségű új utas bevonásával. Villamossal a metró csak a Bosnyák téren kívül helyettesíthető.
 - c. Sorrendben az interjúalanyok nem értettek egyet.
5. A jelenlegi hálózat ismeretében az interjúalanyok több lehetséges fejlesztési irányt is említettek, elemezték.

6. A kvantitatív kutatás alapjai

(A fejezet elkészítéséhez felhasznál projektfeladat: Kutatásmódszertani alapok; Módszertani készségfejlesztés)

A kvalitatív kitekintés után rátérek a szakdolgozat fő részének tekintett kvantitatív összehasonlító vizsgálatok ismertetésére. Ezen elemzéshez elengedhetetlen és alapvető fontosságú, hogy a statisztikai paraméterekkel tisztában legyünk. A következő alpontokban az egyes lényeges tulajdonságokat részletezem.

6.1 A vizsgálat alanyai

A kutatás során egyértelmű, hogy egy-egy megfigyelési egységet egy adott beruházás fogja szolgáltatni.

A kutatás adatgyűjtési fázisában (részletesebben ld. Adatgyűjtés fejezet) internetes adatbázisok segítségével történt kísérlet a világ számos pontján lezajlott metróberuházás összehasonlító elemzéséhez szükséges információk előállítására.

Tekintettel arra, hogy nemzetközi szinten nem létezik egységes adatbázis, mely hitelt érdemlően mutatja az adott időszakra vonatkozó összes beruházást, az elkészített vizsgálat ugyan – a téma sajátosságai tekintetében – nagy elemszámot mutat, mindenképpen nem valószínűségi mintavételnek tekinthető. Szintén az információk nem teljes volta miatt, a minta reprezentativsége sem jelenthető ki.

6.2 Mérés

A kutatás legfontosabb változói jellemzően igazodnak a szakirodalomban már ismert általános műszaki és gazdasági mutatókhoz. Egyes esetekben a rendelkezésre álló jellemzőkből képeztem nem megszokott másodlagos adatokat.

A legfontosabb változókat az alábbiak szerint csoportosítom:

1. Általános földrajzi besorolás, adatok:
2. Makrogazdasági mutatók:
3. A város metróhálózatára vonatkozó adatok:
4. Az adott beruházásra vonatkozó adatok:

5. Fenti adatokból számítható jellemzők, pl. km-költség, stb.

6.3 Adatgyűjtési módszerek

A felépített adatbázis alapját a Transit Costs Project (transitcosts.com) szabadon hozzáférhető adattáblája adata. A letölthető adattáblában, a letöltés idején 917 sor (megfigyelési egység) található, melyek mind-mind egy átadott kötőtpályás közösségi közlekedési beruházást, új szakaszt, vagy meghosszabbítást tartalmaznak. Az egyes egységekhez az alábbi információk állnak rendelkezésre:

1. országkód (kétbetűs)
2. város
3. vonal neve
4. szakasz neve
5. kezdés éve
6. befejezés éve
7. RR változó (*dummy változó, de ennek értelmét nem fejtettem meg*)
8. szakaszhossz
9. alagút százalékos aránya a hosszából
10. alagúthossz
11. felszíni hossz
12. emelet hossz
13. Atgrade változó (*ennek értelmét nem fejtettem meg, vélhetően valamilyen arányszám*)
14. állomások száma
15. peronhossz (elég hiányos)
16. az adatok forrása (szerződés, tervek, média, wikipédia, stb.)
17. költség (adott deviza, milliós egység)
18. devizanem
19. középév: egy érdekes kísérlet, mely a pénzügyi átszámításokat próbálja mind kezelhetőbbé tenni. A kezdési és befejezési év „számtani átlaga”, később erre az évre vonatkoztatja a pénzügyi adatokat.
20. adott deviza vásárlóerő-paritás (Dornbusch, 1985) értéke az adott középévben az USD-hez képest.
21. költség USD-ben
22. fajlagos km-költség USD-ben

23. Cheap (olcsó) változó (*dummy változó, ennek értelmét nem fejtettem meg*)
24. Ctunnel változó (*ennek értelmét nem fejtettem meg*)
25. Anglo változó (*dummy változó, ennek értelmét nem fejtettem meg*)
26. inflációs index: USD-re középév és a 2023-as bázisév között
27. inflált költség millió USD-ben a 2023-as bázisévre vetítve
28. 2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség
29. az adatok forrása 2. (szerződés, tervek, média, wikipédia, stb.)
30. hivatkozás-link

Ezt követően az adatokat szűrtem az alábbi feltételek figyelembevételével, *Excel* szűrés alkalmazásával:

1. Ha már a lehetőség adott volt, csak a **100%-ban alagútban futó** projekteket vettem figyelembe. A komplexitás és költség szempontjából lényegi különbség van akár az alagútban vezetett és a magasvezetésű vonalak építése között. (Továbbá alagútépítő vagyok így, ha a lehetőség nyílik erre is húz a szívem.)
2. A maradékból kizártam azokat, ahol kevesebb, mint három állomás épült. Erre azért lehet szükség, mert a rövid, egy-két állomásos meghosszabbítások hasznosak (ld. Prága és Budapest metrófejlesztésének összevetése a rendszerváltás után, (Fehérvári, 2019)), de beruházási és költségoldalról nehezen összehasonlíthatóak egy komolyabb szakasz, vagy egy új vonal adataihoz. A kijelölt határvonal, **legalább három állomás**, önkényes, de szakmai tapasztalatomra alapul.
3. Harmadsorban a beruházás **befejező éve** szerint szelektáltam az adatbázist. Ha költségelemzést is akarok végzeni, értelemszerűen nem lehet csak az infláció alkalmazásának „jótékony” hatásaira hagyatkozni, annál is inkább, mert az alapadatforrásban az USD inflációjának hatásával számolnak, ami „nem feltétlenül azonos” más devizanemekével. Mindezek alapján – ismét csak önkényesen – kijelöltem legkorábbi befejezőévnak a 2002. évet, míg legkésőbbinek a 2022. évet. A létrejövő, kizárólag a befejezési évekre számított, **20 éves időtáv**, kellő számú adat elemzésére ad még lehetőséget.

Az így maradt **174 megfigyelési egységből** szakmai szempontok alapján kivettem még két egységet, ahol – igaz a fenti kritériumokat teljesítik – de nem konkrét metróberuházás történt.

Az összehasonlítás és statisztikai összefüggés-vizsgálat tágabb lehetőségeinek biztosítás érdekében a The World Bank (data.worldbank.org) letöltött adatbázisából nyertem ki az éves bontásban megadott, **egy főre eső GDP** értékét. Itt tekintettel voltam arra, hogy én is a középévhez tartozó értékeket nyerjem ki a táblázatból.

A városok és országcódok alapján automatikusan hozzárendeltem az egyes megfigyelési egységekhez az ország hárombetűs kódját, az országok regionális adatait (github.com/lukes/ISO-3166-Countries-with-Regional-Codes) és a népességszámot (simplemaps.com).

Az adattáblából kinyertem az összes egyedi várost, majd a *wikipedia* felhasználásával, egyesével meghatároztam az érintett városok metróhálózatának és -forgalmának fő paramétereit, majd ezeket az alábbiak szerint egy kiegészítő adattáblába rendeztem:

1. város
2. vonalak száma
3. teljes vonalhossz
4. összes állomásszám
5. város lakossága
6. napi utazásszám (hiányos)
7. éves utazásszám
8. vonatok száma (igen hiányos)
9. kocsik száma (igen hiányos)
10. üzemeltetés kezdete (azaz az első metróvonal átadásának éve)

7. Adatrendevezés

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Kvantitatív elemzési módszerek; Módszertani készségfejlesztés)

Az **Excel** programban létrehozott adatbázison **SPSS** és **R** statisztikai programok segítségével használatával hajtottam végre statisztikai elemzéseket.

Első lépésként mindkét programba megfelelő módon kellett importálni az adatokat, majd ott a szükséges végrehajtani a szükséges adatrendevezéseket és – amennyiben ez szükséges – tisztításokat, átalakításokat.

SPSS program esetén különösen lényeges volt, hogy az egyes változóknak megfelelő skálátípusokat jól definiáljam: mint nominális skálák az országok, kontinensek, régiók neveihez, illetve az arány-skálákat a numerikus értékekhez. Majd a nominális skála tagjait, a feldolgozás lehetővé tételéhez át kell kódolni, így már a program általi vizsgálatra alkalmasak lesznek. Az egyértelműség kedvéért a változók pontos, magyar nyelvű leírását is megadtam az adatbázisban.

Az így kialakított adatbázis „Variables” tábláját az 7.1. ábrán csatolom.

7.1 ábra: Az SPSS programba betöltött adatbázis „Variables” táblája a megfelelő beállítások, kiegészítések és rendezések után

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Country_name	Numeric	2	0	Ország	[7. Australia]...	None	16	Right	Nominal	Input
2	City	Numeric	2	0	Város	[7. Ankara]...	None	8	Right	Nominal	Input
3	Regio	Numeric	2	0	Kontinens	[2. Africa]...	None	9	Right	Nominal	Input
4	Subregio	Numeric	2	0	Al-régió	[10. Australia and New Zealand]...	None	12	Right	Nominal	Input
5	Population	Numeric	8	0	Lakosság	None	None	8	Right	Scale	Input
6	GDP_P_CAP_Midyear	Numeric	12	6	GDP/fő az építés közepében	None	None	19	Right	Scale	Input
7	Total_lines	Numeric	2	0	Összes vonal száma	None	None	8	Right	Scale	Input
8	Total_Length	Numeric	7	3	Összes vonal hossza	None	None	8	Right	Scale	Input
9	Total_stations	Numeric	3	0	Összes állomás száma	None	None	8	Right	Scale	Input
10	Daily_ridership	Numeric	11	3	Napi utazásszám	None	None	17	Right	Scale	Input
11	Annual_ridership	Numeric	10	0	Éves utazásszám	None	None	18	Right	Scale	Input
12	Service_opened	Numeric	4	0	Üzemeltetés kezdő éve	None	None	8	Right	Scale	Input
13	Start_year	Numeric	4	0	Építés kezdő éve	None	None	8	Right	Scale	Input
14	End_year	Numeric	4	0	Építés befejezése	None	None	8	Right	Scale	Input
15	Length	Numeric	6	3	Épített szakasz hossza	None	None	8	Right	Scale	Input
16	Stations	Numeric	4	0	Épített állomások száma	None	None	8	Right	Scale	Input
17	Platform_Length_Meters	Numeric	3	0	Peronhossz	None	None	8	Right	Scale	Input
18	Cost	Numeric	10	4	Költség (saját deviza)	None	None	12	Right	Scale	Input
19	Currency	String	3	0	Devizanem	None	None	3	Left	Nominal	Input
20	MidYear	Numeric	4	0	Építés közepére	None	None	8	Right	Scale	Input
21	PPP_rate	Numeric	11	9	Adott deviza vásárlóerő-paritás értéke az adott közepében az USD-hez képest.	None	None	13	Right	Scale	Input
22	Real_cost	Numeric	10	5	Költség USD-ben	None	None	12	Right	Scale	Input
23	Cost_km_M	Numeric	12	8	Fajlagos km-költség USD-ben	None	None	14	Right	Scale	Input
24	Inflation_Index	Numeric	11	9	Inflációs index: USD-re közepére és a 2023-as bázisára között	None	None	17	Right	Scale	Input
25	Real_cost_2023USD	Numeric	12	7	Inflált költség millió USD-ben a 2023-as bázisára vettve	None	None	19	Right	Scale	Input
26	Cost_km_2023USD	Numeric	12	8	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	None	None	17	Right	Scale	Input
27	avg_statdist	Numeric	12	7	Átlagos állomástávolság	None	None	14	Right	Scale	Input
28	const_years	Numeric	2	0	Építési idő (évek)	None	None	8	Right	Scale	Input
29	km_year	Numeric	11	9	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	None	None	13	Right	Scale	Input
30	stat_year	Numeric	11	9	Éves fajlagos állomásképítés	None	None	13	Right	Scale	Input
31	cost_stat_M	Numeric	12	8	Állomásköltség	None	None	14	Right	Scale	Input
32	cost_stat_km_M	Numeric	11	9	Km-költség	None	None	16	Right	Scale	Input
33	ratio_length	Numeric	11	9	Új szakasz hossz-aránya a teljes hálózathoz	None	None	14	Right	Scale	Input
34	ratio_station	Numeric	11	9	Új szakaszokon lévő állomások számának aránya a teljes hálózaton lévőkhöz	None	None	15	Right	Scale	Input
35	operation_time	Numeric	3	0	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	None	None	8	Right	Scale	Input

(forrás: SPSS programból kimentve)

8. Leíró statisztikai adatelemzés

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Kvantitatív elemzési módszerek)

Minden statisztikai vizsgálat alapja, hogy a létrehozott adatbázisból leíró statisztikai adatokat generáljunk és azokat elemezzük.

Az adatbázisom vizsgálata során megállapítottam, hogy leíró statisztikai vizsgálatok a teljes adatbázis tekintetében – figyelembe véve az összeállítás során már tárgyalt kritériumokat – nem adnak releváns eredményeket, ezért azonnal az al-régiókra bontott adatbázison vizsgáltam (SPSS) *a lakosság, az egy főre jutó GDP, az éves utazásszám, a megépített szakasz hossza, a megépített állomások száma, a 2023-as USD-ben fajlagosított építési költség, az építési idő, az éves fajlagos alagút- és állomépítés, valamint a hálózatiüzemeltetési gyakorlat alakulását.*

Az eredményeket az 8.1 sz. táblázat tartalmazza.

8.1 táblázat: Leíró statisztikai adatok összefoglaló táblázata

	Régió	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ausztrália és Új-Zéland	Lakosság	1	2141834	2141834	2141834,00	.
	GDP/fő az építés közepében	1	57273,520480	57273,520480	57273,52048000	.
	Éves utazásszám	1	53223810	53223810	53223810,00	.
	Épített szakasz hossza	1	8,500	8,500	8,50000	.
	Épített állomások száma	1	3	3	3,00	.
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	1	183,21439570	183,21439570	183,2143957000	.
	Építési idő (évek)	1	5	5	5,00	.
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	1	1,700000000	1,700000000	1,70000000000	.
	Éves fajlagos állomásépítés	1	,600000000	,600000000	,60000000000	.
	Hálózatiüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	1	31	31	31,00	.
Kelet-Ázsia	Valid N (listwise)	1				
	Lakosság	105	2521964	37732000	13015729,08	8702893,531
	GDP/fő az építés közepében	105	1053,112314	38298,980170	10816,07624996	7829,953541890
	Éves utazásszám	105	34380000	3880000000	1746758771,43	1400880320,954
	Épített szakasz hossza	105	3,000	59,600	21,69722	13,180723
	Épített állomások száma	105	3	52	15,78	10,432
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	105	102,85792400	1500,94429800	280,6661460124	188,97345284154
	Építési idő (évek)	105	2	12	5,20	2,012
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	105	,372727273	13,225000000	4,49235036899	2,578328968091
	Éves fajlagos állomásépítés	105	,428571429	8,750000000	3,26487219130	2,022497847138
Hálózatiüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	Hálózatiüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	105	1	97	25,29	20,397
	Valid N (listwise)	105				

Kelet-Európa	Lakosság	9	1357326	2997958	1922721,78	501557,199
	GDP/fő az építés közepében	9	7912,274844	15816,820400	12411,35445333	2800,485394933
	Éves utazásszám	9	87880000	589200000	209742222,22	168017177,825
	Épített szakasz hossza	9	3,000	12,000	5,65556	2,917238
	Épített állomások száma	9	3	12	6,00	3,775
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	9	62,67300306	675,98827060	331,5677961733	211,41872203725
	Építési idő (évek)	9	2	8	4,67	1,581
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	9	,680000000	2,400000000	1,23444444444	,516099823462
	Éves fajlagos állomásépítés	9	,600000000	2,400000000	1,26666666667	,626498204307
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	9	26	128	43,44	32,860
	Valid N (listwise)	9				
Közép- és Dél-Amerika	Lakosság	3	1128678	23086000	10461892,67	11342551,664
	GDP/fő az építés közepében	3	6049,471587	13788,240020	10636,37202233	4064,064810970
	Éves utazásszám	3	61270054	1196500000	647590018,00	568538818,058
	Épített szakasz hossza	3	12,000	37,000	21,83333	13,326040
	Épített állomások száma	3	11	28	19,00	8,544
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	3	174,99266630	407,04416520	258,6723093000	128,84403883323
	Építési idő (évek)	3	6	9	8,00	1,732
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	3	1,333333333	6,166666667	3,11111111100	2,657971936807
	Éves fajlagos állomásépítés	3	1,222222222	4,666666667	2,62962962967	1,806481244461
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	3	15	50	38,00	19,925
	Valid N (listwise)	3				
Észak-Afrika	Lakosság	2	20296000	20296000	20296000,00	,000
	GDP/fő az építés közepében	2	2212,218148	2212,218148	2212,21814800	,000000000
	Éves utazásszám	2	1314000000	1314000000	1314000000,00	,000
	Épített szakasz hossza	2	4,300	7,200	5,75000	2,050610
	Épített állomások száma	2	4	5	4,50	,707
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	2	127,70658700	990,89103840	559,2988127000	610,36357899973
	Építési idő (évek)	2	5	6	5,50	,707
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	2	,716666667	1,440000000	1,07833333350	,511473904823
	Éves fajlagos állomásépítés	2	,800000000	,833333333	,81666666650	,023570225804
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	2	37	37	37,00	,000
	Valid N (listwise)	2				
Észak-Amerika	Lakosság	6	3364979	18908608	8194417,83	6089503,578
	GDP/fő az építés közepében	6	21024,585070	62823,309440	45636,09452833	15759,443889128
	Éves utazásszám	6	25899711	2027286000	491976518,50	762095118,789
	Épített szakasz hossza	6	2,700	8,600	4,63333	2,307957
	Épített állomások száma	6	3	6	4,00	1,265
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	6	187,18941840	2308,33594200	774,7484052167	787,33219366739
	Építési idő (évek)	6	6	11	8,33	1,633
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	6	,245454545	1,075000000	,59368686867	,336158283309
	Éves fajlagos állomásépítés	6	,333333333	,750000000	,49116161617	,167125172813
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	6	31	120	66,83	29,762
	Valid N (listwise)	6				
Észak-Európa	Lakosság	3	1360075	11262000	4662792,00	5715082,621
	GDP/fő az építés közepében	3	44964,391140	62548,984730	52468,53307667	9070,970827233
	Éves utazásszám	3	92600000	1026000000	412866666,67	531165749,398
	Épített szakasz hossza	3	13,500	21,000	16,66667	3,883727
	Épített állomások száma	3	8	17	11,00	5,196
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	3	147,49116940	1142,27200500	526,5612212333	537,95571818386
	Építési idő (évek)	3	8	12	10,00	2,000
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	3	1,550000000	1,750000000	1,66250000000	,102316909648
	Éves fajlagos állomásépítés	3	,666666667	1,700000000	1,12222222233	,527397523692
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	3	22	161	75,00	75,147
	Valid N (listwise)	3				

Délkelet-Ázsia	Lakosság	2	5983000	5983000	5983000,00	,000
	GDP/fő az építés közepévében	2	39432,886020	55547,555310	47490,22066500	11394,791931538
	Éves utazásszám	2	1200000000	1200000000	1200000000,00	,000
	Épített szakasz hossza	2	35,500	41,900	38,70000	4,525483
	Épített állomások száma	2	30	34	32,00	2,828
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	2	384,15602120	784,87780740	584,5169143000	283,35309239121
	Építési idő (évek)	2	9	10	9,50	,707
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	2	3,550000000	4,655555556	4,10277777800	,781745830626
	Éves fajlagos állomásépítés	2	3,000000000	3,777777778	3,38888888900	,549971941080
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	2	37	37	37,00	,000
Dél-Ázsia	Valid N (listwise)	2				
	Lakosság	2	14148000	24973000	19560500,00	7654430,906
	GDP/fő az építés közepévében	2	2050,163800	6280,681867	4165,42283350	2991,428013108
	Éves utazásszám	2	195400000	820000000	507700000,00	441658895,529
	Épített szakasz hossza	2	12,000	33,500	22,75000	15,202796
	Épített állomások száma	2	11	27	19,00	11,314
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	2	261,59505830	535,08237450	398,3387164000	193,3847358533
	Építési idő (évek)	2	2	6	4,00	2,828
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	2	5,583333333	6,000000000	5,79166666650	,294627825730
	Éves fajlagos állomásépítés	2	4,500000000	5,500000000	5,00000000000	,707106781187
Dél-Európa	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	2	10	24	17,00	9,899
	Valid N (listwise)	2				
	Lakosság	20	10127	6211000	2384234,90	1982696,996
	GDP/fő az építés közepévében	20	17923,966810000	38649,639480000	30938,51404250000	6091,323618542408
	Éves utazásszám	20	6500000	571700000	262319000,00	190837618,434
	Épített szakasz hossza	20	2,500	13,200	5,70000	2,890274
	Épített állomások száma	20	3	21	6,15	4,440
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	20	57,88016603	656,92060160	214,5170618915	129,78671702877
	Építési idő (évek)	20	3	22	9,15	4,870
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	20	,173684211	1,5333	,7697	,452097
Közép-Kelet	Éves fajlagos állomásépítés	20	,210526316	2,000000000	,80588345870	,554826520642
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	20	2	120	59,55	36,710
	Valid N (listwise)	20				
	Lakosság	13	4320519	16079000	14361038,77	4200443,800
	GDP/fő az építés közepévében	13	8638,739133	12165,220140	9956,65473862	1121,880020503
	Éves utazásszám	13	100000000	542000000	476138461,54	160866142,794
	Épített szakasz hossza	13	3,300	37,500	14,68231	10,700657
	Épített állomások száma	13	3	16	8,00	4,491
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	13	72,40135724	323,64565670	139,3726873900	64,71950231039
	Építési idő (évek)	13	2	14	6,62	3,042
Nyugat-Európa	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	13	,5944444444	8,000000000	2,54152625146	2,202670075455
	Éves fajlagos állomásépítés	13	,4444444444	2,285714286	1,33473748469	,674162177279
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	13	24	35	33,54	3,620
	Valid N (listwise)	13				
	Lakosság	6	308707	11060000	3810551,83	4115845,656
	GDP/fő az építés közepévében	6	33797,162440	43855,854470	39816,10705000	3871,382110083
	Éves utazásszám	6	70400000	1339300000	482983333,33	465874761,783
	Épített szakasz hossza	6	1,800	9,200	4,23333	2,675568
	Épített állomások száma	6	3	9	5,50	2,258
	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	6	265,44918410	501,07470130	411,0179921333	91,29110848638
Nyugat-Európa	Építési idő (évek)	6	5	14	10,17	3,061
	Éves fajlagos alagútépítés km-ben	6	,220000000	,657142857	,39743626733	,145837991084
	Éves fajlagos állomásépítés	6	,300000000	,666666667	,54249639250	,133728378890
	Hálózatüzemeltetési gyakorlat (megnyitás óta eltelt évek száma)	6	32	124	82,00	45,290
	Valid N (listwise)	6				

(forrás: SPSS programból kimentve)

Mindenekelőtt meg kell állapítani, hogy a projektek darabszáma jelentős különbségeket mutat az egyes régiók között. Ezt a tényt a későbbiekben figyelembe kell majd venni, hogy statisztikailag értékelhető összehasonlításokra legyen lehetőségünk. A leíró statisztikai adatokból az alábbi megállapítások olvashatók ki:

- **Ausztália és Új-Zéland:** Mivel csak **egyetlen** adatpont áll rendelkezésre, minden változó esetében ugyanaz az érték jelenik meg az átlag, minimum és maximum oszlopokban, a szórás pedig nulla.
- **Kelet-Ázsia:** Itt már jelentős variabilitás tapasztalható a változók között, például a lakosság 2,5 milliótól 37,7 millióig terjed, az átlag 13 millió fő körüli. A GDP/fő átlaga itt viszonylag alacsony, de nagy a szórás, ami arra utal, hogy a régió országai között jelentős különbségek vannak a gazdasági teljesítményben. Az éves utazásszám és az építési költségek is nagy szórást mutatnak, ami szintén az eltérő infrastruktúra-fejlettségre utal.
- **Kelet-Európa:** A lakosság 1,3 és 3 millió között változik, a GDP/fő viszonylag alacsony, de a szórás kisebb, mint Kelet-Ázsiában. Az építési költségek széles tartományban mozognak (62 ezer és 675 ezer USD/km között), ami azt mutatja, hogy az építési projektek költségei nagyon változóak lehetnek ebben a régióban.
- **Közép- és Dél-Amerika:** Az éves utazásszám itt is nagy szórást mutat, a fajlagos építési költségek viszont közepesek, de jelentős különbségek vannak a minimum és maximum értékek között.
- **Észak-Afrika:** Nagyon kevés adatpont áll rendelkezésre, és a GDP/fő értéke rendkívül alacsony. Az építési költségek azonban jelentős eltéréseket mutatnak a régióban.
- **Észak-Amerika:** Az adatok alapján a lakosság, GDP és utazásszám széles tartományban mozog, ami az országok közötti nagy különbségeket tükrözi. Az építési költségek és az építési idő is jelentős variabilitást mutat.
- **Észak-Európa:** A lakosság nagy szórást mutat (1,3 millió és 11,3 millió között), ami a vizsgált városok közötti különbségeket tükrözi. A GDP/fő viszonylag magas, az átlag körülbelül 52 468 USD, és a szórás is jelentős, ami azt mutatja, hogy Észak-Európa egyes részein gazdasági különbségek figyelhetők meg. Az építési költségek szintén nagy szórást mutatnak (147 ezer és 1,14 millió USD között). Az építési idő itt viszonylag hosszú, és a fajlagos alagútépítés km-ben mérve viszonylag stabil.
- **Délkelet-Ázsia:** A lakosság tekintetében csak két adatpont van, ezért nincs variabilitás. A GDP/fő értéke viszonylag magas a régióban (átlagosan 47 490 USD), bár a két adatpont között nagy a különbség (39 432 és 55 547 USD között). Az éves utazásszám állandó, de

az épített szakaszok és állomások száma nagy eltérést mutat. Az építési költségek szintén jelentős különbségeket mutatnak, de az éves alagút- és állomásépítés viszonylag stabilnak tűnik.

- **Dél-Ázsia:** A lakosság és GDP/fő tekintetében itt is nagy a szórás. A GDP/fő értéke viszonylag alacsony, ami a régióban meglévő gazdasági kihívásokra utalhat. Az éves utazásszám viszont magas, és az épített szakaszok hossza is jelentős eltérést mutat. Az építési költségek viszonylag alacsonyak, de az építési idő tekintetében is nagy a variabilitás.
- **Dél-Európa:** A lakosság viszonylag széles tartományban változik (10 127 és 6,2 millió között), az átlag közel 2,38 millió fő. A GDP/fő szintén széles tartományban mozog (17 923 és 38 649 USD között), ami a dél-európai országok gazdasági helyzete közötti különbségekre utal. Az építési költségek szintén nagy különbségeket mutatnak, de a fajlagos alagút- és állomásépítés stabilnak mondható. Az építési idő itt a leghosszabb (átlagosan 9,15 év), ami arra utal, hogy Dél-Európában az építkezések jelentős időt vesznek igénybe.
- **Közel-Kelet:** A lakosság itt is jelentős szórást mutat (4,3 millió és 16 millió fő között). A GDP/fő viszonylag alacsony, de nem mutat olyan nagy eltéréseket, mint más régiókban. Az építési költségek széles tartományban mozognak (72 ezer és 323 ezer USD/km között), az építési idő pedig átlagosan 6,62 év.
- **Nyugat-Európa:** A lakosság viszonylag nagy tartományban változik (308 707 és 11,06 millió fő között). A GDP/fő az egyik legmagasabb a régiók közül, és az építési költségek is jelentősek. Az építési idő itt is hosszú (átlagosan 10,17 év). Az éves alagútépítés viszonylag alacsony, míg az éves állomásépítés stabilnak mondható.

Összefoglalva:

A táblázat elemzéséből látszik, hogy a különböző al-régiók közötti infrastrukturális és gazdasági különbségek jelentősek. Az egyes régiókban eltérőek az építési költségek, az építési idő, valamint az éves utazásszám és a GDP/fő értékei, ami különböző fejlettségi szinteket jelez. Az építési projektek költségei és időtartama nagyban függ a régió gazdasági helyzetétől és infrastruktúrájától. Kiemelendő az a tény, hogy egyes régiókon belül (például Nyugat-Európa és Kelet-Ázsia) jelentős különbségek mutatkoznak az építési költségek és az éves alagút- és állomásépítés terén.

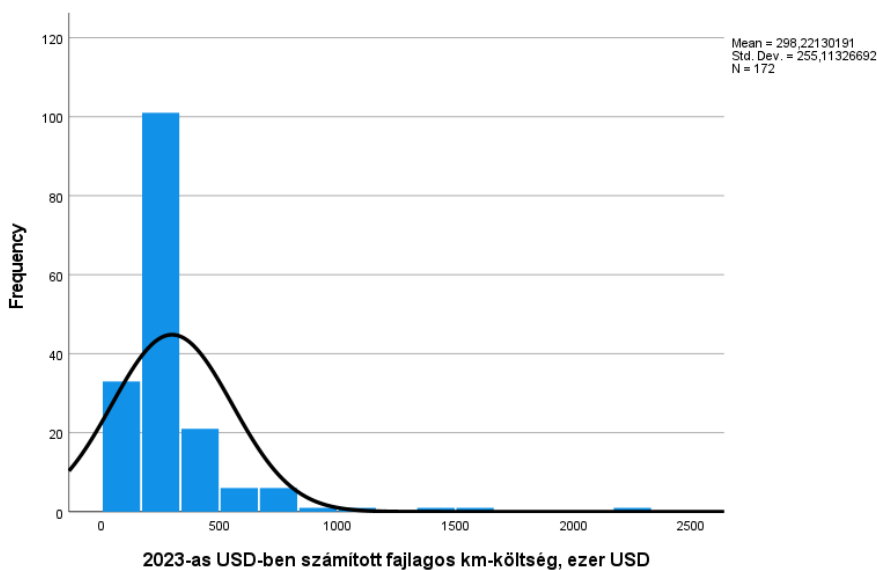
Az adatok alapján a fejlődő régiókban (pl. Kelet-Európa, Dél-Ázsia) az építési idő rövidebb és a költségek alacsonyabbak, míg a fejlettebb régiókban (pl. Nyugat-Európa, Észak-Amerika) hosszabb időt vesz igénybe a projektek befejezése, és a költségek is magasabbak.

Kiemelt jellemzők:

- **GDP/fő:** A legnagyobb szórás a Közel-Keleten és Észak-Európában van. A legnagyobb átlagos GDP/fő Nyugat-Európában és Észak-Európában található, míg a legalacsonyabb Kelet-Ázsiában és Észak-Afrikában.
- **Fajlagos km-költség:** Az építési költségek széles tartományban mozognak. A legmagasabb fajlagos költségek Észak-Amerikában és Észak-Európában tapasztalhatók, míg a legalacsonyabbak Kelet-Ázsiában és Kelet-Európában.

Ugyan így a leíró statisztika témakörébe tartozik, ha hisztogram (SPSS) segítségével vizsgáljuk, a 2023-as bázisú inflált USD-ben fajlagosított kilométer-költséget. Az így kapott eredményárát a 8.1 ábrán közlöm. Az ábra elemzésekor már az első pillanatban látszik, hogy meg sem közelíti a normál-eloszlást. Az eloszlás **erősen jobbra ferde**, vagyis az alacsonyabb tartományban (500 ezer USD) van a legtöbb érték, de vannak kiugró, 1 millió USD feletti értékek is. Az ábrán feltüntetett átlag körülbelül 298,22 ezer USD/km. Ez viszonylag alacsonyabb, de a **magas szórás** (255,11 ezer USD) azt mutatja, hogy jelentős eltérések vannak a projektek fajlagos költségei között. Az ábrán látható fekete görbe egy normális eloszlást jelöl, amely a hisztogram eloszlását próbálja illusztrálni. Mivel az eloszlás jobbra ferde, a normális eloszlás görbéje eltér az adatpontok eloszlásától, különösen a kiugró értékek miatt.

8.1 ábra: A 2023-as évre inflált USD-ben fajlagosított km-költségek hisztogramja



(forrás: SPSS programból kimentve)

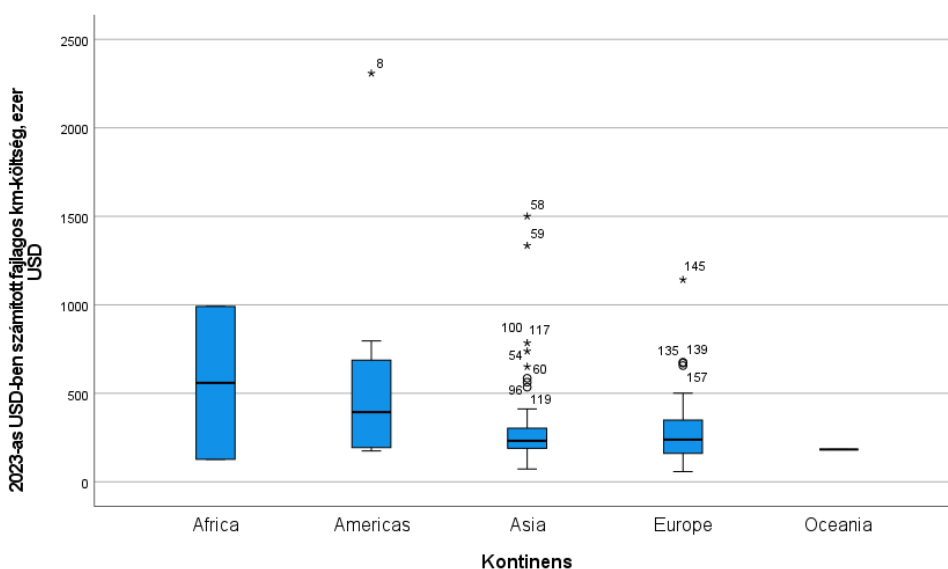
Ugyan ezt az értéket vizsgálhatjuk a kontinensek közötti eloszlás tekintetében, ún. box-plot diagram segítségével. Ennek eredményét a 8.2 táblázaton és a 8.3 ábrán mutatom be.

8.2 táblázat: Box-plot diagram összefoglalója a 2023-as USD-ben fajlagosított km-költségekről

2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD	Kontinens	Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
	Afrika	2	100,0%	0	0,0%	2	100,0%
	Amerika	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
	Ázsia	122	100,0%	0	0,0%	122	100,0%
	Európa	38	100,0%	0	0,0%	38	100,0%
	Ausztrália	1	100,0%	0	0,0%	1	100,0%

(forrás: SPSS programból kimentve)

8.2 ábra: Box-plot diagram a 2023-as USD-ben fajlagosított km-költségekről



(forrás: SPSS programból kimentve)

Főbb megfigyelések:

- **Afrika:** Kevés számú megfigyelésből levonható, hogy a fajlagos km-költségek szórása itt a legnagyobb. A box-plot nagy intervallumot ölel fel, az alsó és felső kvartilisek között jelentős a távolság. A medián viszonylag alacsonyabb, körülbelül 500 ezer USD körül mozog, de a felső kvartilis közelít az 1000 ezer USD-hez
- **Amerika:** Az amerikai régió fajlagos költségei kisebb szórást mutatnak, mint Afrika esetében, de még mindig jelentős különbségek vannak. A medián itt is viszonylag alacsonyabb, a box középpontja 500 ezer USD körül van. Az interkvartilis tartomány (IQR) szintén szűkebb, de a box fölött láthatunk egy kiugró értéket, amely 2500 ezer USD felett található, ami az amerikai régió legmagasabb költségű projektje lehet.
- **Ázsia:** Ázsia esetében a fajlagos költségek box-plotja kisebb szórást mutat, ami arra utal, hogy itt az infrastruktúra-projektek költségei egységesebbek. A medián itt alacsonyabb, körülbelül 300 ezer USD, ami az ázsiai projektek gazdaságosabb megvalósítására utal. Több kiugró adatpont is megjelenik, amely 1000 ezer USD fölötti költségeket mutat, de ezek viszonylag ritkák.
- **Európa:** Az európai régió költségei viszonylag stabilak, hasonlóan Ázsiához, de a medián magasabb, nagyjából 700 ezer USD körül mozog. Az alsó és felső kvartilisek között kisebb a különbség, ami arra utal, hogy Európában az építési költségek viszonylag egységesek. Az európai régióban is látható néhány kiugró érték, amelyek 1000 ezer USD fölött helyezkednek el, de ezek kisebb mértékűek, mint Afrikában vagy Amerikában.
- **Ausztrália:** Az óceániai fajlagos költségek box-plotja nem mutat szórást, mivel csak egyetlen adatpont van, és ez az érték körülbelül 200 ezer USD körül van.

Összegzés:

- *Szórás és kiugró értékek:* Az afrikai régió mutatja a legnagyobb szórást és a legnagyobb költségű projektek közé tartozik. Az amerikai és ázsiai régiók szintén mutatnak néhány kiugró értéket, de ezek ritkábban fordulnak elő.
- *Medián és költségszintek:* Ázsia és Óceánia rendelkezik a legalacsonyabb mediánnal, ami arra utal, hogy ezekben a régiókban a projektek viszonylag gazdaságosak. Ezzel szemben Európában a költségek valamivel magasabbak, de stabilabbak.
- *Kontinensek közötti különbségek:* A fajlagos km-költségek eloszlása kontinensenként eltérő, ami valószínűleg a különböző gazdasági és technológiai feltételekből adódik.

Afrika és Amerika jelentős kiugró értékeket mutat, míg Európa és Ázsia költségei stabilabbak, de még itt is találunk néhány kiugró projektet.

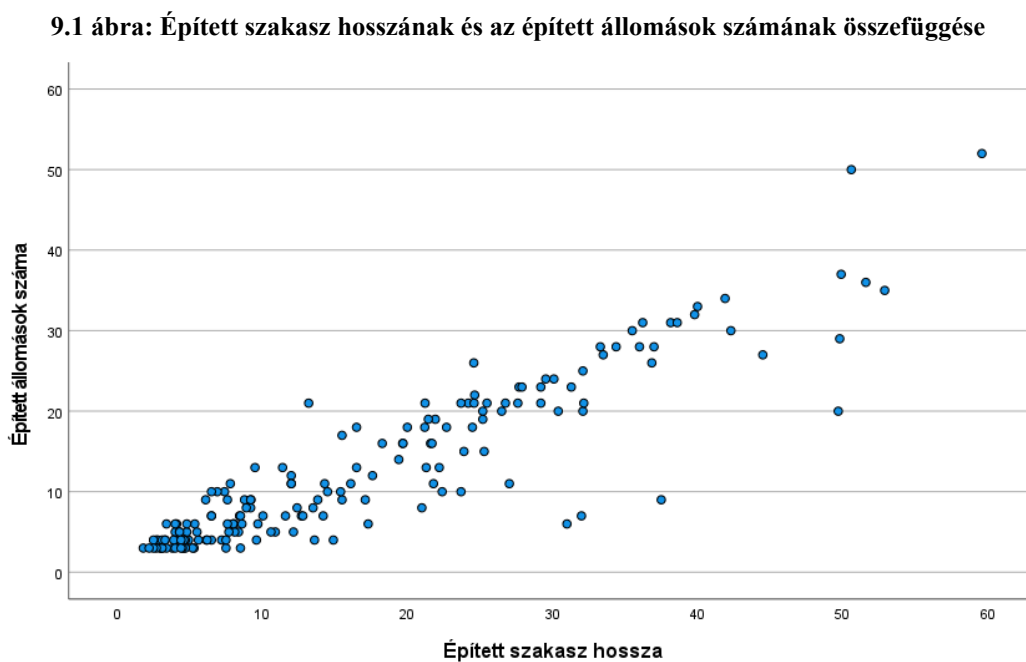
9. Statisztikai összefüggés-vizsgálatok

(A fejezet elkészítéséhez felhasznált projektfeladat: Kvantitatív elemzési módszerek)

9.1 Az épített szakaszok hossza és az épített állomások száma közötti összefüggés

Vizsgálva az egy projekten belül épített alagúthosszt és a létrehozott állomások számát arra a kérdésre kerestem a választ, hogy mennyire egységes világviszonylatban az ún. fajlagos állomás-távolság értéke.

Statisztikailag nézve a két változó közötti regressziós kapcsolatot (SPSS) vizsgálhatjuk. Jelentős kiugró értéket az előzetes elemzés nem mutatott, az összefüggést a 9.1 ábrán szemléltetem grafikusán.



(forrás: SPSS programból kimentve)

A lineáris regresszió vizsgálata során megállapíthatjuk, hogy az épített állomások száma átlagosan 12,78, a szórása pedig 9,944, míg az épített szakasz hossza átlagosan 17,126, a szórása pedig 13,194. A Pearson-korrelációs együttható 0,911, ami **erős pozitív kapcsolatot** jelez az épített állomások száma és az épített szakasz hossza között. A szignifikancia értéke (10^{-67} -es nagyságrend) alapján ez a kapcsolat **statisztikailag szignifikáns**, tehát a két változó közötti korreláció nem véletlen. Az R négyzet értéke 0,830, vagyis hogy az épített szakasz hossza a függő változó (épített állomások száma) varianciájának **83%-át magyarázza**. A

becslési hiba nagysága 4,108. A vizsgálat F-próba értéke 831,826, amely **rendkívül magas**, a modell szignifikánsan jobb, mint egy olyan modell, amely nem tartalmazna független változót.

A modell konstans értéke 1,024, ami azt jelenti, hogy ha az épített szakasz hossza 0 lenne, akkor az épített állomások száma átlagosan 1,024-ra várható. Az együttható 0,687, ami azt jelzi, hogy ha az épített szakasz hossza egy egységgel növekszik, akkor az épített állomások száma várhatóan 0,687-tel növekszik.

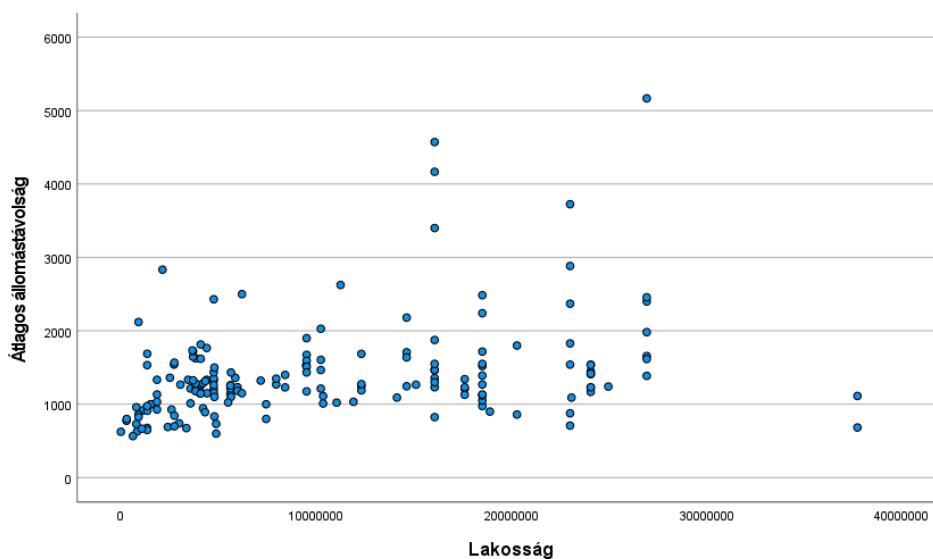
Következtetésként kijelenthető, hogy **erős kapcsolat** van az épített szakasz hossza és az épített állomások száma között, amelyet a korrelációs együttható és az R négyzet értéke is alátámaszt. Az épített szakasz hossza szignifikáns prediktora az épített állomások számának. A modell jól illeszkedik az adatokhoz, és a variancia jelentős részét magyarázza. Műszakilag vizsgálva a két érték kapcsolata szoros, így az átlagos állomás-távolságok a vizsgált szakaszok tekintetében átlagosan azonosnak mondhatóak.

9.2 A város népessége és az átlagos állomástávolság közötti összefüggés

Vizsgálhatjuk továbbá, hogy a városok népességének növekedésével milyen párhuzamosan halad a teljes vonalhálózat kiépítése, a város valószínűsíthető méret-növekedése az átlagos állomástávolsággal milyen összefüggésben áll.

Statisztikai szempontból nézve ismét a két változó közötti regressziós kapcsolatot (SPSS) vizsgálhatjuk. Jelentős kiugró értéket az előzetes elemzés itt sem mutatott, az összefüggést a 9.2 sz. ábrán szemléltetem grafikusán.

9.2 ábra: Lakosságszám és az átlagos állomástávolság összefüggése



(forrás: SPSS programból kimentve)

Már a diagram vizsgálata alapján sejthető, hogy hatékony modell felállítására nincs lehetőségünk. Mindazonáltal vizsgálva a lineáris regressziós összefüggéseket megállapíthatjuk, a Pearson-korrelációs együttható 0,321, ami **gyenge pozitív kapcsolatot** jelez az lakosságszám és az átlagos állomástávolság között. A szignifikancia értéke (0,097) alapján ez a kapcsolat **statisztikailag nem szignifikáns**, tehát a két változó közötti korreláció nem egyértelmű. Az R négyzet értéke 0,103, vagyis hogy az lakosságszám a függő változó (átlagos állomástávolság) variáciájának **10,3%-át magyarázza**. A becslési hiba nagysága 632,33. A vizsgálat F-próba értéke 19,464. **A vizsgálatok alapján a H.1 hipotézis nem nyert igazolást.**

9.3 Korrelációs mátrix vizsgálata a főbb paraméterek között

Több vizsgált, lényeges paraméter közötti összefüggések erősségét vizsgálhatjuk, ha meghatározatjuk a korrelációs mátrixot (SPSS és R). Ezt a 9.1 táblázatban mutatom be, hamisszínes vizualizációja a 9.3 sz. ábrán követhető végig

9.1 táblázat: Korrelációs mátrix a főbb statisztikai paraméterek között

		Lakosság	GDP/fő az építés középévében	Összes vonal hossza	Összes állomás száma	Hálózatüz. gyakorlat	Épített szakasz hossza	Épített állomások száma	2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség, ezer USD
Lakosság	Pearson Correlation	1	-,242**	,713**	,541**	,147	,187*	,053	,066
	Sig. (2-tailed)		,001	,000	,000	,054	,014	,493	,387
GDP/fő az építés középévében	Pearson Correlation	-,242**	1	-,200**	-,094	,522**	-,385**	-,328**	,333**
	Sig. (2-tailed)	,001		,008	,220	,000	,000	,000	,000
Összes vonal hossza	Pearson Correlation	,713**	-,200**	1	,894**	,070	,226**	,101	-,066
	Sig. (2-tailed)	,000	,008		,000	,361	,003	,186	,392
Összes állomás száma	Pearson Correlation	,541**	-,094	,894**	1	,192*	,174*	,102	-,017
	Sig. (2-tailed)	,000	,220	,000		,012	,022	,182	,824
Hálózatüz. gyakorlat	Pearson Correlation	,147	,522**	,070	,192*	1	-,351**	-,361**	,322**
	Sig. (2-tailed)	,054	,000	,361	,012		,000	,000	,000
Épített szakasz hossza	Pearson Correlation	,187*	-,385**	,226**	,174*	-,351**	1	,911**	-,143
	Sig. (2-tailed)	,014	,000	,003	,022	,000		,000	,062
	N	172	172	172	172	172	172	172	172
Épített állomások száma	Pearson Correlation	,053	-,328**	,101	,102	-,361**	,911**	1	-,102
	Sig. (2-tailed)	,493	,000	,186	,182	,000	,000		,182
2023-as USD-ben számított	Pearson Correlation	,066	,333**	-,066	-,017	,322**	-,143	-,102	1
	Sig. (2-tailed)	,387	,000	,392	,824	,000	,062	,182	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

(forrás: SPSS programból kimentve)

```
kivalasztott_oszlopok <- adat[, c("Population", "GDP_P_CAP_Midyear", "Total_length", "Total_stations",  
"operation_time", "Length", "Stations", "Cost_km_2023USD")]
```

(9.1)

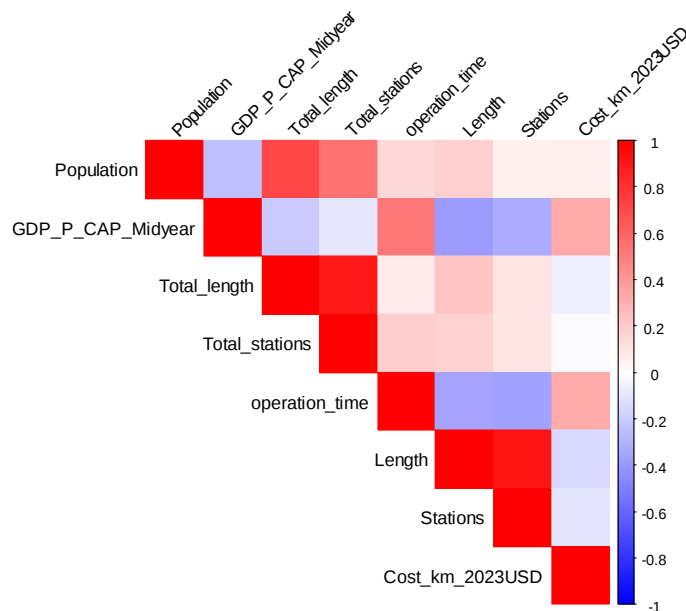
```
korrelacios_mátrix <- cor(kivalasztott_oszlopok, use = "complete.obs")
```

(9.2)

```
corrplot(korrelacios_mátrix, method = "color", type = "upper", tl.col = "black", tl.srt = 45, col =  
colorRampPalette(c("blue", "white", "red"))(200))
```

(9.3)

9.3 ábra: Korrelációs mátrix hamis színes vizualizálása



(forrás: RStudio programból kimentve)

A táblázatban szereplő mátrix összefüggéseinek vizsgálata során az alábbi megállapításokat tehetjük:

- *Lakosság*
 - **Erős pozitív korreláció** van a lakosság és az összes vonal hossza között ($r = 0,713$, $p < 0,001$). A nagyobb lakosságszámú régiókban hosszabb vonalak épülnek.
 - **Pozitív, de gyengébb kapcsolat** van az összes állomás száma ($r = 0,541$, $p < 0,001$) és a lakosság között is, ami logikus, hiszen nagyobb lakosság esetén több állomás épülhet. Illetve hivatkozom itt a 9.1 pontban már feltárt, a vonalhossz és az állomásszám közötti erős kapcsolatra is.
- *GDP/fő az építés közepében*
 - **Negatív korreláció** figyelhető meg a GDP/fő és az épített szakasz hossza ($r = -0,385$, $p < 0,001$), valamint az épített állomások száma ($r = -0,328$, $p < 0,001$) között. Ez azt sugallja, hogy a gazdagabb régiókban rövidebb szakaszokat és kevesebb állomást építenek fajlagosan.

- **Pozitív kapcsolat** van a GDP/fő és a hálózat üzemeltetési gyakorlata ($r = 0,522$, $p < 0,001$) között, ami arra utalhat, hogy a gazdaságilag fejlettebb régiókban régebb óta üzemelnek a hálózatok.
- *Összes vonal hossza*
 - **Nagyon erős pozitív kapcsolat** van az összes vonal hossza és az összes állomás száma között ($r = 0,894$, $p < 0,001$), ami érthető, hiszen a hosszabb vonalak több állomást igényelnek. Szintén utalok a 9.1 pontban már megállapítottakra.
- *Hálózat üzemeltetési gyakorlata*
 - **Negatív kapcsolat** van a hálózat üzemeltetési gyakorlata és az épített szakasz hossza ($r = -0,351$, $p < 0,001$), illetve az épített állomások száma ($r = -0,361$, $p < 0,001$) között, ami arra utal, hogy ahol régebb óta üzemel a hálózat, ott valószínűleg az új szakasz rövidebb és kevesebb állomás is tartalmaz.
- *2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség:*
 - **Pozitív korreláció figyelhető** meg a GDP/fő és a 2023-as USD-ben számított fajlagos km-költség között ($r = 0,333$, $p < 0,001$), ami arra utal, hogy a gazdagabb régiókban drágább a kilométerenkénti építési költség. **A kapcsolat alátámasztani látszik a H.4 számú hipotézist, habár a kapcsolat csak közepes erősségű.**

9.4 Többváltozós lineáris regressziós összefüggés vizsgálatok

A rendelkezésre álló adatokból meghatározhatjuk, hogy milyen kapcsolat áll fent egy városban *a népesség, a működő vonalak hossza és az éves utazásszám között*. A vizsgálatot többváltozós lineáris regresszió vizsgálatával (SPSS) valósíthatjuk meg. Kiugró értékek a vizsgált tartományban nincsenek.

A numerikus vizsgálatok eredményeképpen megállapítható, hogy **a korrelációs együttható: 0,917**, ami **nagyon erős pozitív kapcsolatot** jelez az éves utazásszám és a két független változó (lakosság és vonalhossz) között. Az R négyzet értéke: 0,841, vagyis a modell az éves utazásszám variáciájának **84,1%-át magyarázza** meg, így a lakosság és az összes vonal hossza **statisztikailag nagymértékben befolyásolja** az éves utazásszámot. Az előrejelzés hibája: 519.754.183,72. Az F-próba értéke 445,446, ami magas, és azt jelzi, hogy a modell szignifikánsan jobb, mint egy olyan modell, amely nem tartalmazna független változókat. A modell szignifikancia-szintje 10^{-68} -as nagyságrendű mutatva, hogy a **modell statisztikailag szignifikáns**, tehát a lakosság és a vonalhossz hatása az éves utazásszámra nem véletlen.

A regressziós vizsgálat eredményeként meghatározott konstans értéke -219 952 886,22, így, ha a lakosság és a vonalhossz értéke nulla lenne, akkor az éves utazásszám negatív lenne, de ennek valós gyakorlati jelentősége nincs.

Lakosság: A **regressziós együttható 60,013**, ami azt jelenti, hogy ha a lakosság egy egységgel növekszik, az éves utazásszám várhatóan 60 013 fővel nő. Ez **statisztikailag szignifikáns** ($t = 9,059$, $p = 3,1532 \times 10^{-16}$).

Összes vonal hossza: Az **együttható 2.375.961,47**, vagyis, ha az összes vonal hossza egy kilométerrel növekszik, az éves utazásszám várhatóan 2.375.961 fővel fog nőni. Ez a változó szintén **statisztikailag szignifikáns** ($t = 13,482$, $p = 1,3473 \times 10^{-28}$).

Következtetések:

Erős kapcsolat van a lakosság és az összes vonal hossza, valamint az éves utazásszám között. A modell jól magyarázza az éves utazásszám varianciáját, amit az R négyzet értéke is alátámaszt. A modell szerint mind a lakosság, mind az összes vonal hossza szignifikánsan hozzájárul az éves utazásszám növekedéséhez. Különösen a vonalhossz növekedése jelentős hatással van az utazásszámrá. Mindezek alapján ez a modell **jól használható** az éves utazásszám előrejelzésére olyan projektek esetében, ahol ismertek a lakossági adatok és a vonalhossz.

A regressziós analízissel a H.2 számú hipotézist igazoltam.

Amennyiben bővítjük a modellt az alábbi következő paraméterekkel:

1. népesség
2. GDP/fő
3. teljes hálózati hossz
4. összes állomás száma
5. működési idő
6. szakaszhossz
7. szakasz állomásszám

Ismételt többváltozós lineáris regressziós modellvizsgálatot végezhetünk (R) a paraméterekre:

```
modell <- lm(Cost_km_2023USD ~ Population + GDP_P_CAP_Midyear + Total_length + Total_stations +
operation_time + Length + Stations, data = adat) (9.4)
summary(modell) (9.5)
```

Call:

```
lm(formula = Cost_km_2023USD ~ Population + GDP_P_CAP_Midyear +
Total_length + Total_stations + operation_time + Length +
Stations, data = adat)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-420.64	-124.01	-2.68	48.26	1648.31

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.198e+02	5.306e+01	2.257	0.0253 *
Population	8.711e-06	3.398e-06	2.563	0.0113 *
GDP_P_CAP_Midyear	4.983e-03	1.654e-03	3.013	0.0030 **
Total_length	-2.341e-01	1.720e-01	-1.361	0.1753
Total_stations	1.353e-01	2.585e-01	0.524	0.6013
operation_time	1.295e+00	8.265e-01	1.567	0.1192
Length	-3.550e+00	3.646e+00	-0.974	0.3317
Stations	5.499e+00	4.728e+00	1.163	0.2465

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 235.7 on 164 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1814, Adjusted R-squared: 0.1465

F-statistic: 5.193 on 7 and 164 DF, p-value: 2.304e-05

Az eredményeket a következőképpen értelmezhetjük:

1. **Maradékok:** A maradékok az előre jelzett és a valós értékek közötti különbséget jelzik. Itt a minimális, első kvartilis (1Q), medián, harmadik kvartilis (3Q), és maximális maradék értékei láthatók. Az értékek alapján a maradékok széles skálán mozognak, ami arra utalhat, hogy a modell nem teljesen pontos az összes adatpont előrejelzésében.
2. **Együtthatók:**
 - a. Az „intercept” értéke azt jelzi, hogy milyen értéket várnánk a *cost_km_2023USD* függő változóra, ha minden független változó értéke nulla lenne.
 - b. Population: **Pozitív és szignifikáns** ($p = 0,0113$), tehát a népesség növekedése összefüggésben van a költségek növekedésével.
 - c. GDP_P_CAP_Midyear: **Szintén pozitív és szignifikáns** ($p = 0,0030$), ami azt jelzi, hogy a GDP/fő növekedése is növeli a költségeket.
 - d. Total_length, Total_stations, operation_time, Length, Stations: Ezek a változók **nem szignifikánsak** a modellben ($p > 0,05$), ami azt jelenti, hogy ezek a változók nem mutatnak erős lineáris kapcsolatot a függő változóval a többi változóval kontrollálva.

3. Modell illeszkedése: R-négyzet (Multiple R-squared): Az R-négyzet értéke 0,1814, ami azt jelzi, hogy a modell a függő változó varianciájának 18,14%-át magyarázza meg. Ez viszonylag **alacsony érték**, tehát a modell **nem magyarázza meg jól** az adatokat.
4. F-statisztika és p-érték: Az F-statisztika (5,193) és az ehhez tartozó szignifikancia érték ($p = 2,304 \times 10^{-05}$) azt mutatja, hogy a modellben **legalább egy változó szignifikánsan hozzájárul** a függő változó előrejelzéséhez.

A modell alapján a népesség és a GDP/fő változók **szignifikáns hatást** gyakorolnak a fajlagos km-költség változóra, míg a többi változó nem mutat szignifikáns kapcsolatot. Az alacsony R-négyzet érték azonban azt jelzi, hogy a modell viszonylag **gyenge magyarázó erejű**.

9.5 *A 2023-as bázisévben számított fajlagos alagútépítési költségek régiókénti összehasonlító vizsgálata nemparaméteres eljárással*

A korábbi esetek vizsgálatakor már felmerült, hogy a régiók között akár jelentős eltérés is adódhat az építési költségekkel összefüggésben. A régiók közötti különbségek tényének statisztikai bizonyítására, figyelemmel a mintákban található csoportok számára, a minták függetlenségére, valamint az eloszlásukra, **Kruskal-Wallis próbát** futtattam le (SPSS). A próba null-hipotézise, hogy a fajlagos építési költségek megegyeznek a különböző régiók (az adatbázisban al-régiók) között. Amennyiben ez a null-hipotézis nem nyer igazolást, az eltérés statisztikailag kimutatottá válik. A vizsgálat elvégzése előtt a 2023-as USD-ben fajlagosított km-költségek kiugró értékeit a számításból kivettem, 700 ezer USD-ben határozva meg a vizsgálatba bevont elemek felső határát.

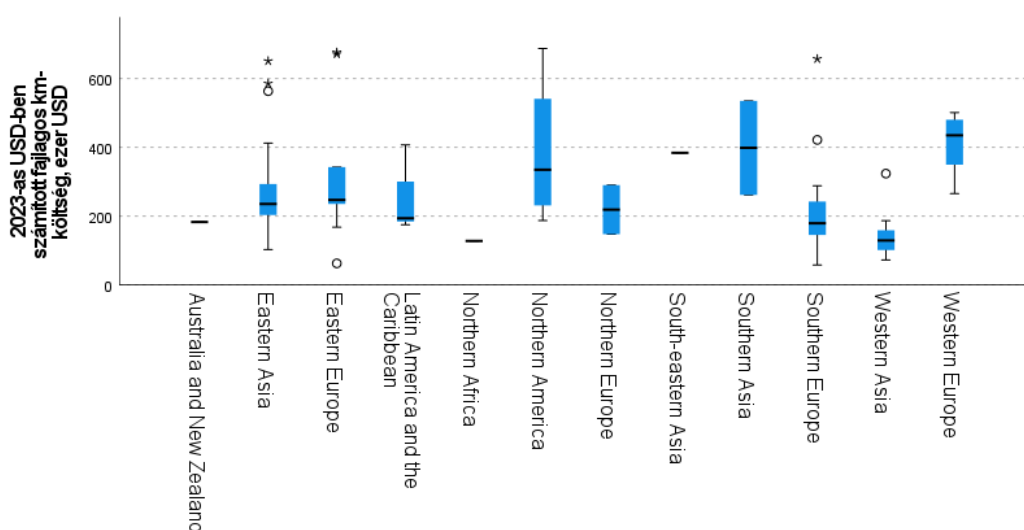
Az elvégzett vizsgálat alapján kijelenthető, hogy **igen magas szignifikancia-szinten** (0,000004) utasíthatjuk el a nullhipotézisünket, vagyis **igenis vannak szignifikáns különbségek** az al-régiók közötti fajlagos km-költségek eloszlásában. A teszt 164 esetet vizsgált 172 adatból, statisztikai értéke 45,604, amely 11 szabadsági fokkal rendelkezik. A vizsgálat bokszt-diagramját az 9.4 ábrán mutatom be.

Páronként összehasonlítva a régiókat feltárhatjuk, hogy mely esetekben vannak jelentős különbségek a fajlagos km-költségek eloszlásában. Erre példák lehetnek Észak-Afrika és Nyugat-Európa közötti összehasonlítás szerint a szignifikancia szintje 0,012 volt, ami az eredeti érték szerint szignifikáns, de a *Bonferroni korrekció* után már **nem szignifikáns** (korrekciózott

p-érték = 0,793). Hasonlóképpen, a Közel-Kelet és Nyugat-Európa összehasonlítás **szignifikáns eredményt** mutatott (p-érték = 0,000001), még a *Bonferroni korrekció* után is, tehát itt jelentős különbség van a fajlagos költségek eloszlásában.

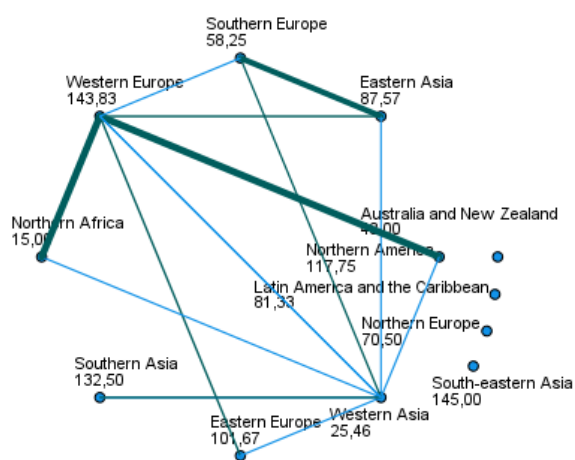
A *Bonferroni korrekciót* akkor érdemes alkalmazni (Haynes, 2013), ha a több összehasonlítás miatti téves pozitív eredmények (hamis szignifikancia) elkerülésének kiszűrése a cél. A korrekció során a szignifikancia szintet (0,05) osztjuk el az összehasonlítások számával, hogy konzervatívabb értékelést kapjunk. A legtöbb vizsgált, páronkénti összehasonlítás **nem szignifikáns** a korrekció után, bár néhány párosítás eredetileg szignifikánsnak tűnt. A páronkénti kapcsolatokat a 9.5 ábrán mutatom be.

9.4 ábra: A Kruskal-Wallis próbába bevont adatok box-plot diagramja



(forrás: SPSS programból kimentve)

9.5 ábra: Kruskal-Wallis próba páronkénti kapcsolata



(forrás: SPSS programból kimentve)

Összegzésként kijelenthető, hogy a Kruskal-Wallis teszt alapján **jelentős különbségek** vannak az egyes al-régiók között a fajlagos km-költségek eloszlásában. A páronkénti összehasonlítások azt mutatják, hogy egyes régiók között szignifikáns eltérések vannak, különösen a Közel-Kelet és Nyugat-Európa, illetve a Észak-Afrika és Nyugat-Európa régiók között, de sok esetben a Bonferroni korrekció után ezek az eltérések már nem statisztikailag szignifikánsak.

Ezzel a H.3 számú hipotézis igazoltnak tekinthető.

9.4 Egy kiemelt ország adatainak vizsgálata

Vizsgálva az adatbázisban szereplő megfigyeléseket azonnal világossá válik, hogy a 172 egységből **90 darab** egy országhoz, **Kínához** tartozik. A nagy elemszám egyértelműen alkalmas önálló vizsgálatok elvégzésére. Kínai adatokon alapuló többváltozós regressziós modellel vizsgáltam, hogy a *hálózatüzemeltetési gyakorlat*, vagyis az első vonal megnyitás óta eltelt idő, és a *városi népesség* milyen összefüggésben áll az *üzemeltetett vonalak összhosszával*.

A regressziós vizsgálat (SPSS) eredményeként megállapítható, hogy az R értéke 0,929, ami azt jelzi, hogy a modell **erős lineáris kapcsolatot** mutat a független változók (lakosság és hálózat üzemeltetési gyakorlat) és a függő változó (összes vonal hossza) között. Az R négyzet: 0,863, ami azt jelenti, hogy a modell a függő változó varianciájának **86,3%-át** képes megmagyarázni. A korrigált R négyzet: 0,860, ami megerősíti, hogy a modell **jól illeszkedik** az adatokhoz, és a prediktorváltozók jelentős részét képezik a variabilitás magyarázatának. Az F -próba értéke: 275,078, ami azt mutatja, hogy a modell **szignifikánsan javítja** a predikciós képességeket a véletlenszerű találgatáshoz képest. A hozzá tartozó szignifikancia szint 10^{-38} -as nagyságrendű, ami nagyon **erős szignifikanciát** jelez, vagyis a lakosság és a hálózatüzemeltetési gyakorlat tényezők együttesen szignifikánsan befolyásolják az összes vonal hosszát.

Az összefüggés állandója: 46,132. Ez az érték azt jelentené, hogy ha a lakosság és a hálózat üzemeltetési gyakorlat értéke nulla lenne, az összes vonal hossza 46,132 egység lenne. Ennek gyakorlati jelentősége ugyanakkor nincs.

A lakosság értékének együtthatója $1,935 \times 10^{-5}$. Ez azt jelzi, hogy a lakosság minden egyes egységnyi növekedése 0,00001935 egységnyi növekedést eredményez az összes vonal hosszában. Beta értéke 0,563, ami azt mutatja, hogy **a lakosság hatása erősebb** a vonalhosszra,

mint a hálózat üzemeltetési gyakorlaté. A t-érték: 10,149, és a hozzá tartozó szignifikancia-szint pedig 10^{-16} -as nagyságrendű, ami azt jelenti, hogy a lakosság **szignifikáns hatással van** a függő változóra.

Hálózat üzemeltetési gyakorlat esetében az érték együtthatója 7,748. Vagyis minden egyes év, amely eltelt a hálózat megnyitása óta, átlagosan 7,748 egységnyi növekedést eredményez az összes vonal hosszában. A Beta értéke 0,443, ami azt mutatja, hogy ez a változó is **jelentős hatással van** a vonalhosszra, de valamivel gyengébb, mint a lakosság hatása. A t-érték: 7,987, és a hozzá tartozó szignifikancia-szint pedig 10^{-12} -es nagyságrendű, tehát a hálózat üzemeltetési gyakorlat is **szignifikánsan befolyásolja** az összes vonal hosszát.

10. Összegzés

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen szervezett *Nagyvállalati versenyképesség-elemző szakirányú továbbképzés* keretében **Nemzetközi metró-nagyberuházások összehasonlító vizsgálata** címmel készítettem el szakdolgozatomat.

A feladat első részében, rövid, személyes bevezetés után, a feladat célját és korlátait fogalmaztam meg. Ezután több oldalról megközelítve vizsgáltam a szakdolgozattal kapcsolatba hozható szakirodalmakat. Először is kitértem a metrófejlesztések történeti vonatkozásaira, majd elemeztem a metrófejlesztések közvetett és közvetlen gazdasági kapcsolatait. Külön alfejezetet szenteltem a hálózatfejlesztések összehasonlíthatósági kérdéseinek szakirodalmi összefoglalására. A modern elemző munka jellegére tekintettel kitekintést tettem a gépi tanulási módszereknek a közlekedésgazdaságtanban alkalmazott irányaira. Mindezek után a később alkalmazott matematikai statisztikai módszertannal kapcsolatban vizsgáltam a nemzetközi és hazai szakirodalmat.

A szakirodalmi áttekintések alapján, valamint figyelemmel a kérdésben szerzett gyakorlatomra, a dolgozat elemzése előtt négy darab hipotézist fogalmaztam meg melyek igazolására vagy megcáfolására a matematikai statisztika eszköztárát kívántam felhasználni.

A kvantitatív vizsgálatok elvégzése előtt egy fejezetet szenteltem a képzés során elvégzett kvalitatív felvétel ismertetésének, melyben a budapesti metrófejlesztés múltjával, jelenével és lehetséges jövőjével kapcsolatos kérdéseket tettem fel a budapesti metrótervezésben és -építésben jelentős élettapasztalattal rendelkező kollégáknak.

Az előzetes kutatások, vizsgálatok után tértem rá a kvantitatív elemzésre, melynek célja így a világ különböző részein megvalósított metró nagyberuházások főbb műszaki és gazdasági paramétereinek összehasonlítása. A kutatás során főleg az **IBM SPSS**, kisebb részben az **R** statisztikai programokat alkalmaztam, hogy a rendelkezésre álló adatokat elemezzem és betekintést nyerjek az építési költségek, időtartamok és egyéb infrastruktúra jellemzők közötti különbségekbe.

A vizsgálatok alapján megállapítottam:

Leíró statisztikai vizsgálatok: A régiókra bontott adatok alapján megvizsgáltam a lakosság, az egy főre jutó GDP, az éves utazásszám, a megépített szakaszok hossza, valamint

az állomások száma és az építési költségek eloszlását. A *leíró statisztikai elemzés* kiemelte, hogy:

Ausztrália és Új-Zéland esetében csak egy adatpont áll rendelkezésre, így nem volt variabilitás. Kelet-Ázsiában jelentős gazdasági és infrastruktúra-beli különbségek figyelhetők meg, a régió nagy szórást mutat az építési költségek és az éves utazásszám tekintetében. Kelet-Európában a fajlagos építési költségek széles skálán mozognak, ami az eltérő infrastruktúra-fejlettségből adódhat. Észak-Amerikában a lakosság, GDP és utazásszám széles tartományban változik, míg az építési idő és költség szintén variabilitást mutat.

Összetett korrelációs mátrix létrehozásával és eredményeinek értékelésével kapcsolatot mutattam ki többek között a *lakosságszám* és az *összes üzemeltetett vonal hossza*, a *GDP/fő* és az *üzemeltetési tapasztalat*, valamint a *GDP/fő* és az *épített szakasz km-költsége* között.

Regressziós vizsgálatok során **erős, egyszerű lineáris** kapcsolatot mutattam ki a *megépített szakaszok hossza* és a *létrehozott állomások között*, igazolva az átlagos állomástávolságok statisztikai állandóságát. A lakosságszám és az átlagos állomástávolság között szignifikáns regressziós kapcsolatot nem tudtam kimutatni. *Többváltozós lineáris regressziós vizsgálattal szignifikánsan erős* kapcsolatot mutattam ki a *városok lakosságszáma*, az *üzemeltetett metróvonalak hossza* és az *éves utazásszám* között. A *lakosságszám*, az *egy főre jutó GDP*, a *teljes üzemeltetett hossz és állomásszám*, a *működtetési idő* valamint a *szakaszhossz* és a *szakasz állomásainak száma* között vizsgált, összetett modellben **nem tudtam szignifikáns kapcsolatot kimutatni**.

Nemparaméteres vizsgálatok során a *Kruskal-Wallis teszt* alkalmazásával kiderült, hogy **szignifikáns különbségek** vannak a fajlagos km-költségek eloszlásában az egyes régiók között. Az eredmények szerint Afrika, Amerika és Európa jelentős szórást mutat, míg Ázsiában stabilabbak a költségek. Az eloszlások vizsgálatánál figyelembe vettem a *Bonferroni korrekciót* is, amely alapján néhány esetben a páronkénti különbségek már nem voltak szignifikánsak.

Az elemzések kimutatta, hogy az *építési költségek*, az *építési idő* és az *infrastruktúra-jellemzők* *régióként nagy eltéréseket mutatnak*. Az adatok alapján a fejlett régiókban, például Nyugat-Európában, magasabb költségekkel és hosszabb építési idővel találkozhatunk, míg a fejlődő régiókban, mint Kelet-Európa vagy Dél-Ázsia, alacsonyabb költségek és rövidebb időtartamok jellemzőek. A fajlagos költségek eloszlása és a régiók közötti különbségek statisztikailag szignifikánsak, ami fontos tényező a további infrastrukturális beruházások tervezésében és megvalósításában.

Külön elemzésben vizsgáltam a legnagyobb elemszámú, kínai beruházásokra felállítható elméleteket, ahol **szoros kapcsolatot** mutattam ki a lakosságszám, a hálózatüzemeltetéssel eltöltött évek száma és a hálózati hossz között.

Az eredmények alapján a vizsgálat elején tett hipotézisek közül:

- **a H.1 számú hipotézist nem tudtam igazolni;**
- **a H.2 számú hipotézist regressziós modellel igazoltam;**
- **a H.3 számú hipotézist a nemparaméteres Kruskal-Wallis próbával és a leíró statisztikai elemzések együttes alkalmazásával igazoltam;**
- **a H.4 számú hipotézis esetén szignifikáns, de nem erős korrelációs kapcsolattal tudtam a hipotézist részben alátámasztani.**

A vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy még ennyire általános projekt, város és országjellemzők esetén is lehet **statisztikailag szignifikáns és egyben műszakilag értelmezhető** kapcsolatot kimutatni bizonyos műszaki-gazdasági-társadalmi jellemző között.

A vizsgálatok, a szakdolgozat megírása, és a teljes képzés során elsajátított képességek véleményem szerint a jövőben hatékonyan fogják segíteni, kiegészíteni további szakmai és kutatói munkámat.

11. Köszönetnyilvánítás

A dolgozat elkészültében nyújtott segítségéért szeretném köszönetemet kifejezni konzulensemnek Dr. Prihoda Emese docens asszonynak.

Tekintettel a dolgozat összeállítási szerkezetére, köszönettel tartozom a részterületi tárgyakat oktatóknak, az egyes, tárgyi területeken összeállított projektmunkák véleményezésével hozzájárultak e szakdolgozat megszületéséhez is.

Megköszönöm a BKV Zrt.-nek, különösen a DBR Projekt Igazgatóságnak, hogy lehetővé tette a képzésen való részvételt.

Hálás vagyok családomnak, hogy a többi szakmai, kutatási, oktatási feladatom mellett ismét elviselték egy posztgraduális képzésen való részvételem őket érő kellemetlen hatásait.

Dr. Fehérvári Sándor

Budaörs, 2024. november

12. Felhasznált programok

12.1 *Általános Software-s és Hardware-s környezet*

- Kiadás Windows 11 Pro
- Verzió 23H2
- Operációs rendszer buildszáma 22631.4317
- Minőség Windows Feature Experience Pack 1000.22700.1041.0
- Processzor Intel(R) Core(TM) i5-10400F CPU @ 2.90GHz 2.90 GHz
- Memória mérete 32,0 GB
- Rendszer típusa 64 bites operációs rendszer, x64-alapú processzor

12.2 *Alkalmazott táblázatkezelő software*

- Microsoft Excell 365 - Verzió 2409, build: 18025.20160

12.3 *Alkalmazott statisztikai software-ek*

R-es környezet

- R version 4.4.0 (2024-04-24 ucrt) -- "Puppy Cup"
- RStudio 2024.04.2 Build 764

IBM SPSS környezet

- IBM SPSS Statistics - Version 29.0.1.1 (244)

13. Ábrák jegyzéke

7.1 ábra: Az SPSS programba betöltött adatbázis „Variables” táblája a megfelelő beállítások, kiegészítések és rendezések után	26
8.1 ábra: A 2023-as évre inflált USD-ben fajlagosított km-költségek hisztogramja	33
8.2 ábra: Box-plot diagram a 2023-as USD-ben fajlagosított km-költségekről	33
9.1 ábra: Épített szakasz hosszának és az épített állomások számának összefüggése	36
9.2 ábra: Lakosságszám és az átlagos állomástávolság összefüggése	37
9.3 ábra: Korrelációs mátrix hamis színes vizualizálása	39
9.4 ábra: A Kruskal-Wallis próbába bevont adatok box-plot diagramja	44
9.5 ábra: Kruskal-Wallis próba páronkénti kapcsolata	44

14. Táblázatok jegyzéke

1.1 táblázat: A szakdolgozat készítés során felhasznált projektfeladatokat kiíró tárgyak jegyzéke	4
8.1 táblázat: Leíró statisztikai adatok összefoglaló táblázata	27
8.2 táblázat: Box-plot diagram összefoglalója a 2023-as USD-ben fajlagosított km-költségekről	33
9.1 táblázat: Korrelációs mátrix a főbb statisztikai paraméterek között	38

15. Hivatkozott irodalom

15.1 Hivatkozott források

- Aboul-Atta, T.A. és Elmaraghy, S.B.A. (2022) ‘Factors affecting performance improvement of the metro system in cities’, *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), p. 27. Elérhető: <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00078-4>.
- Akbulaev, N., Aliyeva, B. és Rzaeva, S. (2021) ‘A Nyersolaj- És Földgázárak Hatása a Török Tőzsde Árindexeire És Részvényárfolyamaira’, *Pénzügyi Szemle = Public Finance Quarterly*, 66(1), pp. 149–164. Elérhető: https://doi.org/10.35551/psz_2021_1_8.
- Allport, R. J. (1990) ‘The metro: determining its viability’, in G. Press (ed.) *Developing World Transport*. London: JH Margaret International, pp. 64–69.
- Bargagliotti, A.E. és Greenwell, R.N. (2011) ‘Statistical Significance of Ranking Paradoxes’, *Communication in Statistics- Theory and Methods*, 40(5), pp. 916–928. Elérhető: <https://doi.org/10.1080/03610920903506546>.
- Bartus, T., Kisfalusi, D. és Koltai, J. (2019) ‘Logisztikus Regressziós Együtthatók Összehasonlítása’, *Statisztikai Szemle*, 97(3), pp. 221–240. Elérhető: <https://doi.org/10.20311/stat2019.3.hu0221>.
- Bastidas-Zelaya, E. (2021) ‘Metro systems in Latin America, comparison of planning and development models versus other regions in the world’, *Transportation Research Procedia*, 58, pp. 614–621. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2021.11.081>.
- Benedek, I.G. (1982) *Földalatti-történet*. Budapest: Kozmosz.
- Besner, J. (2016) ‘Underground space needs an interdisciplinary approach’, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 55, pp. 224–228. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2015.10.025>.
- BKK Zrt. (2023) *Budapesti Mobilitási Terv*. Budapest.
- Chazard, E. et al. (2017) ‘How to Compare the Length of Stay of Two Samples of Inpatients? A Simulation Study to Compare Type I and Type II Errors of 12 Statistical Tests’, *Value in Health*, 20(7), pp. 992–998. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.jval.2017.02.009>.

- Chen, Y. és Whalley, A. (2012) 'Green Infrastructure: The Effects of Urban Rail Transit on Air Quality', *American Economic Journal Economic Policy*, 4(1), pp. 58–97. Elérhető: <https://doi.org/10.1257/pol.4.1.58>.
- Chen, Z. et al. (2021) 'The opening conditions of the metro and its early characteristics: A historical perspective', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 108, p. 103732. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103732>.
- Derrible, S. (2012) 'Network Centrality of Metro Systems', *PLoS ONE*, 7(7), p. e40575. Elérhető: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040575>.
- Dornbusch, R. (1985) *Purchasing Power Parity*. Cambridge, MA. Elérhető: <https://doi.org/10.3386/w1591>.
- Fehérvári, S. (1996) *Város az időben - Budapest a millennium idején - Amiben világszínvonalon álltunk - A Millenniumi (I. Ferenc József) Földalatti Vasút*. Budapest.
- Fehérvári, S. (2006) 4. sz. DBR metróvonal I. szakasz Szt. Gellért téri mélyállomás külső szerkezetének tervezése. MSc diploma. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- Fehérvári, S. (2009a) *Betonok szilárdsági- és törésmechanikai paramétereinek összefüggés-vizsgálata*. szakmérnöki diploma. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- Fehérvári, S. (2009b) *Betonösszetevők hatása az alagútfalazatok hőtűrésére*. PhD disszertáció. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- Fehérvári, S. (2019) *Metrót Uniós forrásból?* szakmérnöki diploma. Budapesti Corvinus Egyetem.
- Fehérvári, S. (2020) *A FIDIC rendszerű szerződések igényérvényesítése, különös tekintettel a választottbírói eljárásokra*. szakmérnöki diploma. Széchenyi Egyetem.
- Fehérvári, S. (2023) *Homogén és heterogén cementek hőtűrése*. Habilitációs értekezés. Óbudai Egyetem.
- Goliszek, S. (2024) 'City-forming role of the Metro in Warsaw', *Cities*, 150, p. 104994. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2024.104994>.
- Hargitai, R. et al. (2021) 'Énkép Egyértelműség Mérése És Korrelátumai', *Magyar Pszichológiai Szemle*, 75(4), pp. 557–580. Elérhető: <https://doi.org/10.1556/0016.2020.00033>.
- Haynes, W. (2013) 'Bonferroni Correction', in *Encyclopedia of Systems Biology*. New York, NY: Springer New York, pp. 154–154. Elérhető: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9863-7_1213.
- He, D. et al. (2024) 'New metro and housing price and rent premiums: A natural experiment in China', *Urban Studies*, 61(7), pp. 1371–1392. Elérhető: <https://doi.org/10.1177/00420980231208560>.
- Hinkle, D.E., Wiersma, W. és Jurs, S.G. (2003) *Applied statistics for the behavioral sciences*. 5th ed. Boston, Mass., [London]: Houghton Mifflin; [Hi Marketing] (distributor). Elérhető: <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/50716608.html>.
- Hu, Z., Ren, B. és Wang, T. (2018) 'Analysis and Evaluation of the Beijing Metro Project Financing Reforms'. Elérhető: <https://doi.org/10.2991/meeah-18.2018.2>.
- Ibraeva, A. et al. (2022) 'Mobility impacts of a new metro system with transit-oriented development features', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 109, p. 103357. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2022.103357>.
- Kopsidas, A. és Kepaptsoglou, K. (2022) 'Identification of critical stations in a Metro System: A substitute complex network analysis', *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 596, p. 127123. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2022.127123>.
- Kutner, M.H. et al. (2004) *Applied Linear Statistical Models*. 5th edn. New York: McGraw-Hill.
- Lin, D. et al. (2023) 'Understanding China's metro development: A comparative regional analysis', *Research in Transportation Business & Management*, 47, p. 100940. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.RTBM.2022.100940>.
- Lin, D. et al. (2024) 'Metro systems: Construction, operation and impacts', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 143, p. 105373. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2023.105373>.
- Lin, D., Broere, W. és Cui, J. (2022a) 'Metro systems and urban development: Impacts and implications', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 125, p. 104509. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2022.104509>.
- Lin, D., Broere, W. és Cui, J. (2022b) 'Underground space utilisation and new town development: Experiences, lessons and implications', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 119, p. 104204. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2021.104204>.
- Lin, D., Nelson, J.D. és Cui, J. (2021) 'Exploring influencing factors on metro development in China from urban and economic perspectives', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 112, p. 103877. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2021.103877>.
- Lin, J.J. és Chung, J.C. (2017) 'Metro-induced gentrification: A 17-year experience in Taipei', *Cities*, 67, pp. 53–62. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2017.04.019>.
- Liu, J., Chau, K.W. és Bao, Z. (2023) 'Multiscale spatial analysis of metro usage and its determinants for sustainable urban development in Shenzhen, China', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 133, p. 104912. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2022.104912>.

- Liu, Y. *et al.* (2023) 'Infrastructure Development, Human Development Index, and CO2 Emissions in China: A Quantile Regression Approach', *Frontiers in Environmental Science*, 11. Elérhető: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1114977>.
- McGill, R., Tukey, J.W. és Larsen, W.A. (1978) 'Variations of Box Plots', *The American Statistician*, 32(1), p. 12. Elérhető: <https://doi.org/10.2307/2683468>.
- Mejia-Dorantes, L. és Lucas, K. (2014) 'Public transport investment and local regeneration: A comparison of London's Jubilee Line Extension and the Madrid Metrosur', *Transport Policy*, 35, pp. 241–252. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2014.05.020>.
- Metz, D. (2017) 'Valuing transport investments based on travel time saving: Inconsistency with United Kingdom policy objectives', *Case Studies on Transport Policy*, 5(4), pp. 716–721. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.CSTP.2017.07.003>.
- Modi, Y. *et al.* (2022) 'A comprehensive review on intelligent traffic management using machine learning algorithms', *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1), p. 128. Elérhető: <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00718-3>.
- Mohammadi, A., Amador-Jimenez, L. és Nasiri, F. (2019) 'Review of asset management for metro systems: challenges and opportunities', *Transport Reviews*, 39(3), pp. 309–326. Elérhető: <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1470119>.
- Muruganandan, K. *et al.* (2022) 'The dynamics of systems integration: Balancing stability and change on London's Crossrail project', *International Journal of Project Management*, 40(6), pp. 608–623. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2022.03.007>.
- Nwobi, F.N. és Akanno, F. (2021) 'Power Comparison of ANOVA and Kruskal–Wallis Tests When Error Assumptions Are Violated', *Advances in Methodology and Statistics*, 18(2). Elérhető: <https://doi.org/10.51936/ltgt2135>.
- Ostertagová, E., Ostertag, O. és Kováč, J. (2014) 'Methodology and Application of the Kruskal–Wallis Test', *Applied Mechanics and Materials*, 611, pp. 115–120. Elérhető: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.611.115>.
- Pajrok, A. (2023) 'A Stratégiai Vezetői Számvitel Mint a Siker Záloga a Magyar Szállodaiparban', *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 54(7–8), pp. 77–91. Elérhető: <https://doi.org/10.14267/veztud.2023.07-08.06>.
- Papa, E. és Bertolini, L. (2015) 'Accessibility and Transit-Oriented Development in European metropolitan areas', *Journal of Transport Geography*, 47, pp. 70–83. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGE.2015.07.003>.
- Qiao, Y.K. *et al.* (2022) 'Visualization and spatial analysis of socio-environmental externalities of urban underground space use: Part 1 positive externalities', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 121, p. 104325. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2021.104325>.
- Ran, L. *et al.* (2014) 'Structural Monitoring of Metro Infrastructure During Shield Tunneling Construction', *The Scientific World Journal*, 2014, pp. 1–9. Elérhető: <https://doi.org/10.1155/2014/784690>.
- Tabachnick, B.G. és Fidell, L.S. (2018) *Using Multivariate Statistics*. 7th edn. London: Pearson.
- Tzanni, O. *et al.* (2022) 'Social Dimensions of Spatial Justice in the Use of the Public Transport System in Thessaloniki, Greece', *Land*, 11(11), p. 2032. Elérhető: <https://doi.org/10.3390/land11112032>.
- Zantalis, F. *et al.* (2019) 'A Review of Machine Learning and IoT in Smart Transportation', *Future Internet*, 11(4), p. 94. Elérhető: <https://doi.org/10.3390/fi11040094>.
- Zeng, R., Yao, Y. és Cheng, B. (2011) 'The Strategy of Chengdu Metro Management and Development', in *ICTE 2011*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, pp. 383–389. Elérhető: [https://doi.org/10.1061/41184\(419\)64](https://doi.org/10.1061/41184(419)64).
- Zhang, J. *et al.* (2024) 'The Application of Machine Learning and Deep Learning in Intelligent Transportation: A Scientometric Analysis and Qualitative Review of Research Trends', *Sustainability*, 16(14), p. 5879. Elérhető: <https://doi.org/10.3390/su16145879>.
- Zhang, M. *et al.* (2014) 'Transit development shaping urbanization: Evidence from the housing market in Beijing', *Habitat International*, 44, pp. 545–554. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.HABITATINT.2014.10.012>.
- Zhao, P. és Li, P. (2019) 'Travel satisfaction inequality and the role of the urban metro system', *Transport Policy*, 79, pp. 66–81. Elérhető: <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2019.04.014>.

15.2 Adatforrásként használt internetes oldalak hivatkozásai

ISO-3166-Countries-with-Regional-Codes Public (<https://github.com/luke/ISO-3166-Countries-with-Regional-Codes>; hozzáférés: 2024.05.04.)

The World Bank (<http://data.worldbank.org>; hozzáférés: 2024.05.04.)

Transit Costs Project (<http://www.transitcosts.com>; hozzáférés: 2024.05.04.)

wikipédia: 4-es villamos (Budapest) ([https://hu.wikipedia.org/wiki/4-es_villamos_\(Budapest\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/4-es_villamos_(Budapest)); hozzáférés: 2024.08.27.)

wikipédia: 6-os villamos (Budapest) ([https://hu.wikipedia.org/wiki/6-os_villamos_\(Budapest\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/6-os_villamos_(Budapest)); hozzáférés: 2024.08.27.)

wikipédia: Ankara metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Ankara_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Athens metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Athens_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: B Line (Los Angeles Metro) ([https://en.wikipedia.org/wiki/B_Line_\(Los_Angeles_Metro\)](https://en.wikipedia.org/wiki/B_Line_(Los_Angeles_Metro)); hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Barcelona metros (https://en.wikipedia.org/wiki/Barcelona_Metros; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Bay Area Rapid Transit (https://en.wikipedia.org/wiki/Bay_Area_Rapid_Transit; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Beijing Subway (https://en.wikipedia.org/wiki/Beijing_Subway; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Berlin U-Bahn (https://en.wikipedia.org/wiki/Berlin_U-Bahn; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Bucharest metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Bucharest_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Budapest metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Budapest_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Busan metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Busan_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Cairo metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Cairo_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Catania metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Catania_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Catania metro map (<https://mapa-metro.com/en/italy/catania/catania-metro-map.htm>; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Changchun Rail Transit (https://en.wikipedia.org/wiki/Changchun_Rail_Transit; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Changsha metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Changsha_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Chengdu metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Chengdu_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Cologne Stadtbahn (https://en.wikipedia.org/wiki/Cologne_Stadtbahn; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Copenhagen Metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Copenhagen_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: D Line (Los Angeles Metro) ([https://en.wikipedia.org/wiki/D_Line_\(Los_Angeles_Metro\)](https://en.wikipedia.org/wiki/D_Line_(Los_Angeles_Metro)) ; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Dalian metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Dalian_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Düsseldorf Stadtbahn (https://en.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCsseldorf_Stadtbahn; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Foshan metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Foshan_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Fuzhou metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzhou_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Genoa metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Genoa_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Guangzhou metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Guangzhou_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Hangzhou metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Hangzhou_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Hefei metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Hefei_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Helsinki metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Helsinki_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Istanbul metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Istanbul_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: İzmir metro (https://en.wikipedia.org/wiki/%C4%B0zmir_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Kaohsiung metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Kaohsiung_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Karlsruhe Stadtbahn (https://en.wikipedia.org/wiki/Karlsruhe_Stadtbahn; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Kunming Metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Kunming_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: List of Bucharest metro stations (https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Bucharest_metro_stations; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: List of metro systems (https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_metro_systems; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: London_Underground (https://en.wikipedia.org/wiki/London_Underground; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Madrid metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Madrid_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Mass Rapid Transit (Singapore) ([https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_Rapid_Transit_\(Singapore\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_Rapid_Transit_(Singapore)) ; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Milan metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Milan_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Montreal metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Montreal_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: MTR (<https://en.wikipedia.org/wiki/MTR>; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Mumbai metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Mumbai_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Nanchang metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Nanchang_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Nanjing metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Nanjing_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Nanning metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Nanning_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.) ; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Naples metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Naples_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: New York City Subway (https://en.wikipedia.org/wiki/New_York_City_Subway; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Osaka metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Osaka_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Paris métro (https://en.wikipedia.org/wiki/Paris_M%C3%A9tro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Prague metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Prague_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Quito metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Quito_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Railways in Perth (https://en.wikipedia.org/wiki/Railways_in_Perth; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Rome metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Rome_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Santiago metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Santiago_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Santo Domingo metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Santo_Domingo_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: São Paulo metro (https://en.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Paulo_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Seoul Metropolitan Subway (https://en.wikipedia.org/wiki/Seoul_Metropolitan_Subway; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Shanghai metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Shanghai_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Shaoxing metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Shaoxing_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Shenzhen metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Shenzhen_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Shenyang metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Shenyang_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Shijiazhuang metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Shijiazhuang_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Sofia metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Sofia_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Taipei metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Taipei_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Tehran metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Tehran_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Thessaloniki metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Thessaloniki_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Tianjin metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Tianjin_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Tokyo metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Tokyo_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Toronto subway (https://en.wikipedia.org/wiki/Toronto_subway; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Turin metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Turin_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Ürümqi metro (https://en.wikipedia.org/wiki/%C3%9Cr%C3%BCmqi_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Warsaw metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Warsaw_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Wuhan metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Wuhan_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Xiamen metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Xiamen_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Xi'an metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Xi%27an_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

wikipédia: Zhengzhou metro (https://en.wikipedia.org/wiki/Zhengzhou_Metro; hozzáférés: 2024.05.05.)

World Cities Database (<https://simplemaps.com/data/world-cities>; hozzáférés: 2024.05.04.)

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: **Dr. habil. Fehérvári Sándor PhD**
A Hallgató Neptun kódja: **BS50OF**
A dolgozat címe: **Nemzetközi metró-nagyberuházások összehasonlító vizsgálata**
A megjelenés éve: **2024.**
A konzulens intézetének neve: **Dr. Prihoda Emese PhD**
A konzulens tanszékének a neve: **Közgazdaságtani és Természeti Erőforrások Tsz.**

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

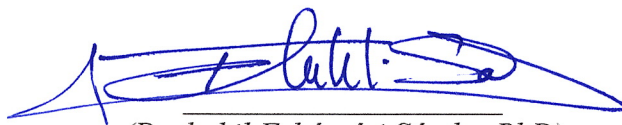
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: *Budaörs 2024. év november hó 1. nap*



(Dr. habil Fehérvári Sándor PhD)

Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Dr. habil. Fehérvári Sándor PhD (hallgató Neptun azonosítója: BS500F) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / **nem javaslom**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Gödöllő, 2024. év november hó 06. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.