



# Területi Statisztika

Közzététel: 2023. július 24.

**A tanulmány címe:**

Hálózati hányadosok Budapest kerületeinek közösségi közlekedéssel feltárt belső hálózataira, 2019

Szerzők:

*Kocsis Tamás–Nagy Dániel Attila*

<https://doi.org/10.15196/TS630403>

***Az alábbi feltételek érvényesek minden, a Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban: KSH) Területi Statisztika c. folyóiratában (a továbbiakban: Folyóirat) megjelenő tanulmányra. Felhasználó a tanulmány, vagy annak részei felhasználásával egyidejűleg tudomásul veszi a jelen dokumentumban foglalt felhasználási feltételeket, és azokat magára nézve kötelezőnek fogadja el. Tudomásul veszi, hogy a jelen feltételek megszegéséből eredő valamennyi kárért felelősséggel tartozik.***

- 1) A jogszabályi tartalom kivételével a tanulmányok a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény (Szjt.) szerint szerzői műnek minősülnek. A szerzői jog jogosultja a KSH.
- 2) A KSH földrajzi és időbeli korlátozás nélküli, nem kizárólagos, nem átadható, tértítésmentes felhasználási jogot biztosít a Felhasználó részére a tanulmány vonatkozásában.
- 3) A felhasználási jog keretében a Felhasználó jogosult a tanulmány:
  - a) oktatási és kutatási célú felhasználására (nyilvánosságra hozatalára és továbbítására a 4. pontban foglalt kivétellel) a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
  - b) tartalmáról összefoglaló készítésére az írott és az elektronikus médiában a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
  - c) részletének idézésére – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző(k) megnevezésével.
- 4) A Felhasználó nem jogosult a tanulmány továbbértékesítésére, haszonszerzési célú felhasználására. Ez a korlátozás nem érinti a tanulmány felhasználásával előállított, de az Szjt. szerint önálló szerzői műnek minősülő mű ilyen célú felhasználását.
- 5) A tanulmány átdolgozása, újra publikálása tilos.
- 6) A 3. a)–c.) pontban foglaltak alapján a Folyóiratot és a szerző(ke)t az alábbiak szerint kell feltüntetni:

***„Forrás: Területi Statisztika c. folyóirat 63. évfolyam 4. számában megjelent, Kocsis Tamás–Nagy Dániel Attila által írt, Hálózati hányadosok Budapest kerületeinek közösségi közlekedéssel feltárt belső hálózataira, 2019 c. tanulmány”***

- 7) A Folyóiratban megjelenő tanulmányok kutatói véleményeket tükröznek, amelyek nem esnek szükségképpen egybe a KSH, vagy a szerzők által képviselt intézmények hivatalos álláspontjával.

## Hálózati hányadosok Budapest kerületeinek közösségi közlekedéssel feltárt belső hálózataira, 2019

Circuitry of different internal networks of the districts of Budapest where public transport is available, 2019

### **Kocsis, Tamás**

Budapesti Corvinus Egyetem,  
Fenntartható Fejlődés Intézet  
E-mail:  
tamas.kocsis@uni-corvinus.hu

### **Nagy, Dániel Attila**

eNET Magyarország Kft.  
E-mail: daniel.nagy@enet.hu

A hálózatelemzés nem újdonság a területi statisztikában, azonban az adatok rendelkezésre állása és az adatelemzés technikája számos ponton fejlődött az elmúlt években. A hálózati hányados a közlekedési hálózatot, s általában a tér fizikai szerkezetét jellemző kvantitatív mutatószám, mely a hálózathoz tartozó bármely két pont közötti légvonalbeli – mint legrövidebb – távolságot veti össze a tényleges eljutáshoz szükséges távolsággal. A szerzők kutatási célja kettős: (1) tömeges útszegmensszámításon nyugvó hálózati hányados számítási módszertan kialakítása, mely kiaknázza az elmúlt évek információtechnológiai fejlődésében rejlő lehetőségeket, és megbízhatóan képes jellemezni egy-egy területi egység szerkezetét; valamint a kialakított módszertannal (2) a budapesti kerületek közösségi közlekedéssel feltárt belső területein (i) az autós-, (ii) a közösségi közlekedési és (iii) a gyalogshálózatok vizsgálata. Az elemzés szerint Budapest belvárosi kerületeiben az „autós”, míg külső kerületeiben a „közösségi közlekedési” hálózati hányados jelez tendenciaszerűen nagyobb többletűtígyényt a légvonalbeli távolsághoz képest (kanyargósság). A „gyalogos” közlekedési hálózat esetében a hányadosok homogénebbek, az átlaghoz képest nincsenek kiemelkedően nagy eltérések. A módszer segítheti a területi tervezést, valamint a térbeli szerkezet és az egyéb társadalmi-gazdasági mutatók közötti összefüggések feltárását.

### **Kulcsszavak:**

Budapest,  
földrajzi tér,  
hálózati hányados,  
közösségi közlekedés,  
open data,  
útvonaltervezés

Network analysis is not a novelty in spatial statistics, however, in terms of data availability and data analysis techniques, there have been many developments in the recent years. Circuity is a quantitative indicator characterizing the transport network and the physical structure of the space in general, comparing the shortest distance in a straight line between any two points belonging to the network with the distance required to actually get there. Our research goal is twofold: (1) the development of a circuity calculation methodology based on numerous amount of road segment calculations, which exploits the potential inherent in the development of information technology in recent years and could reliably characterize the structure of each territorial unit; and with the developed methodology (2) the examination of (i) car, (ii) public transport and (iii) pedestrian networks in the internal areas of the Budapest districts where public transport is available. According to the analysis, driving circuity in Budapest's inner-city districts, and the public transportation circuity in its outer districts indicates a tendency for a higher additional travel demand compared to the distance in a straight line (sinuosity). In the case of the walking circuity, the coefficient values are more homogeneous, there are no particularly large differences compared to the average. The method could help spatial planning and the exploration of the relationships between the spatial structure and other socio-economic indicators.

**Keywords:**

Budapest,  
geographical space,  
circuity,  
public transport,  
open data,  
route planning

*Beküldve:* 2022. július 4.

*Elfogadva:* 2023. február 13.

## Bevezetés

A tér legyőzése jelentős, gazdasági vonzatú témakör (Erdősi 2005), s az ebben elért siker területi alapon vizsgálható (Fleischer 2008a, 2008b, Szalkai 2008, Tóth–Nagy 2013, Rechnitzer 2016). Ezzel összefüggésben a közlekedés olyan tömegszerű mozgás, amely jellemzően az e célra létrehozott, általában hálózatokba szervezett közlekedési infrastruktúra és műszaki berendezések igénybevételével valósul meg (Jászberényi–Munkácsy 2018). A közlekedés a társadalmi tér elemzése szempontjából is kiemelten fontos, hiszen az különféle területek között teremt kapcsolatot, térbeli viszonyt alakít ki (Dusek 2004). A tér legyőzésében elért sikerben (vagy kudarcban) nagy szerepe van a hálózatoknak, amelyek könnyen leírhatók a csomópontok és az ezeket összekapcsoló élek összességéeként.

A földrajzi hálózatok elemzése ugyanakkor sajátos problémákat is felvet, ugyanis a csomópontok közötti távolságok többféleképpen értelmezhetők. A területi kutatásokban a csomópontok lehetnek útelágazások, települések (Németh–Tóth 2020, Zdanowska et al. 2020, Lieszkovszky 2023) vagy településen belüli kitüntetett pontok (Guzik et al. 2017, Viergutz–Krajzewicz 2016). Az élek jellemzően fizikai objektumok, például utak, vasutak, anyag- és információáramlások (Erdősi 1990), kivétel az óceáni hajózás és a légi közlekedés. Ezek figyelembevételével a terület- vagy településszerkezet pontokként és azok között lévő kapcsolatokként jellemezhető, valamint hálózatelemzési eszközökkel vizsgálható. A földrajzi hálózatok különféle távolságok egymáshoz viszonyított arányaival is leírhatók, illetve összehasonlíthatók. A távolságok összehasonlításánál – az említett óceáni hajózást és légi közlekedést nem számítva – megszokott, hogy a földrajzi pontok közötti hálózati távolság nagyobb, mint a légvonalbeli távolság, melynek oka – többek között – az úthálózat, hangsúlyosan a közlekedési hálózat „kanyargóssága”, illetve szerkezete (Dusek–Kotosz 2016).

A hálózatok fogalma és elemzése már jóval a hálózattudomány önállósodása előtt jelen volt a területi és térszerkezeti kutatásokban, illetve a települések vizsgálataiban, emellett a közlekedésföldrajz is már azelőtt fontos kutatási ág volt, hogy a legújabb, elméletileg általánosított, matematikailag azonosított hálózattípusokat bemutatották volna a hálózatkutatók (Nemes Nagy 2017). Azonban a közlekedési hálózatok számszerűsítése és elemzése korábban jelentős technológiai korlátokba ütközött, melyek nagy része mostanra eltűnt, és olyan lehetőségek jelentek meg, melyek tömegszerű számítások elvégzését teszik lehetővé (Béres et al. 2019). Ilyen technológiai fejlődés az útvonaltervező programok terjedése (Liebig et al. 2017), illetve az open data (Long–Liu 2016) és a big data (Batty 2013, Graham–Shelton 2013, Lau et al. 2019) széles körű térhódítása, melyek hozzájárulhatnak a közlekedési hálózatok megbízhatóbb, pontosabb vizsgálatához.

Mindezeknek megfelelően kutatási célunk kettős: (1) tömeges útszegmensszámításon nyugvó hálózathányados-számítási módszertan kialakítása, mely kiaknázza az elmúlt évek információtechnológiai fejlődésében rejlő lehetőségeket, és megbízható-

an képes jellemezni egy-egy területi egység szerkezetét. (2) A kialakított módszertan-  
nal a budapesti kerületek közösségi közlekedéssel feltárt belső területein (i) az autós-,  
(ii) a közösségi közlekedési és (iii) a gyalogoshálózatok vizsgálata. A tanulmányban  
először áttekintjük a hálózati hányados fogalmát, és példákat mutatunk az eddigi  
alkalmazásokra, majd ismertetjük az általunk kidolgozott adatelemzési módszertant,  
végül ez alapján számításokat végzünk Budapest kerületeire. A tanulmány következtetések  
levonásával és további kutatási lehetőségek vázolásával zárul.

## Hálózati hányados

### A hálózati hányados elmélete

A területi kutatásokban az 1960-as évek elejétől kezdve nagy hagyománnyal rendel-  
kezik a különféle hálózatok elemzése. A térinformatikai és útvonaltervező rendsze-  
rek napjainkban tapasztalható fejlődése (Liebig et al. 2017) megteremtette annak  
lehetőségét, hogy az elérhető adathalmazokból kinyert digitális információk haté-  
kony feldolgozásával (Béres et al. 2019) a korábbi elemzéseknél is megbízhatóbb  
eredményekhez juthassunk a közlekedési hálózatokról. Konkrét elemzésekben is  
használt, régóta ismert matematikai képlet az úgynevezett hálózati hányados (Ko-  
vács 1973), mely e tanulmány középpontjában áll.

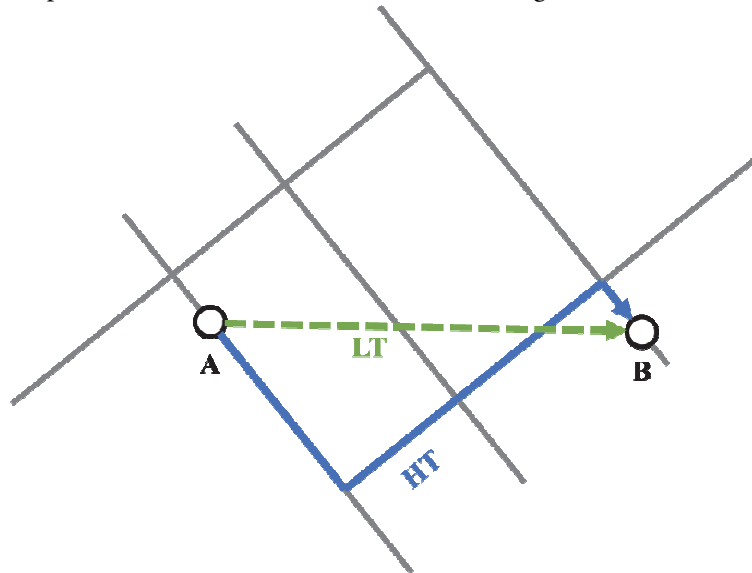
Népszerű köznyelvi fordulat, hogy a „legrövidebb út az egyenes”. A kijelentés az  
euklideszi geometria esetén természetesen igaz, azonban a bolygónkon történő köz-  
lekedés kapcsán a gömbi geometria szabályai érvényesek, így az „egyenes” helyett  
célszerű a „légvonal” fogalmát használni a két pont közötti legrövidebb távolság  
meghatározására.<sup>1</sup> Ilyen alapon, bármely térbeli vizsgálati egység esetén a közép-  
ponthoz közeli objektumok (települések) többihez képest mért átlagtávolsága lesz a  
kisebb, míg a középponttól távoli, periférikus objektumok átlagtávolságai lesznek a  
legnagyobbak. Ez az elemzési módszer azonban semmit nem mutat a vizsgálati egy-  
ségben elérhető közlekedési hálózatok létéről és fejlettségéről, a jellemzést a földrajzi  
fekvés határozza meg. Éppen ezért a társadalmi teret pontosabban jellemző mutató-  
számhoz jutunk akkor, ha átlagtávolságok helyett hálózati hányadosokat vizsgálunk  
(vö. Szalkai 2004), melyek természetesen a különféle vízrajzi, domborzati sajátossá-  
gokból fakadó hálózati eltéréseket is tükrözik (Szalkai 2003). E tanulmány a közle-  
kedési hálózatot magában is olyan skálafüggetlen és komplex hálózatnak tekinti,  
melynek szerkezete elemezhető matematikai összefüggésekkel (Guzik et al. 2017) és  
képes belesimulni az új hálózattudomány vizsgálati keretébe (Barabási 2016).

<sup>1</sup> Mivel a gömbi geometria lényegesen különbözik az euklideszi geometriától, ezért a távolságszámításra hasz-  
nált matematikai képletek is eltérők. Az euklideszi geometriában a legrövidebb távolságot a két pontot összekötő  
geometriai távolság (más néven euklideszi távolság), a gömbi geometriában a két pontot összekötő légvonalbeli  
távolság (tudományos megfogalmazásban ortodromikus távolság vagy ortodroma; más néven geodetikus vonal)  
mentén mérjük. A köznyelvi fordulatban ez utóbbira utal az „egyenes” kifejezés.

A hálózati hányados mindig két különböző típusú távolságot arányaként számítható (Tiner 1981, Fleischer 1992, Szalkai 2004), általában a két pont közötti hálózati és légvonalbeli távolság hányadosát jelenti, melynek elméleti minimuma 1. Ebben az esetben a két pont közötti út egy „egyenes”, ezáltal a hálózati távolság megegyezik a légvonalbeli távolsággal. A hálózati hányados tehát azt mutatja meg, hogy a hálózati távolság (azaz a hálózati úthossz, mely akár lehet közúti, gyalogos-, kerékpáros-, vasúti és közösségi közlekedési) hányszorosa a légvonalbeli távolságnak (azaz a légvonalbeli úthossznak) (Otto 2016, Buczkowska 2018), amely a földfelszín két pontja közötti legrövidebb távolságot jelöli. A hálózati távolság és a légvonalbeli távolság összehasonlítását lásd az 1. ábrán.

1. ábra

**A hálózati távolság és a légvonalbeli távolság összehasonlítása**  
Comparison of network distance (HT) and straight-line distance (LT)



*Megjegyzés:* az ábrán a hálózati távolság (HT) folytonos, a légvonalbeli távolság (LT) szaggatott vonallal jelölve.

A hálózati hányados egyaránt alkalmazható országok, valamint városok és települések közlekedési hálózatának elemzésére is. A rendelkezésre álló adatok függvényében kiszámítható akár autós-, gyalogos-, kerékpáros-, vasúti és közösségi közlekedés esetén is. A hálózati hányados képlete (Otto 2016):

$$HH_f = \frac{HT_f}{LT}$$

ahol  $HH$  a hálózati hányados,  $HT$  a hálózati távolságot, azaz a hálózati úthosszt,  $LT$  a légvonalbeli távolságot, azaz a légvonalbeli úthosszt,  $f$  pedig a hálózat fajtáját (például „autós”) jelöli.

A képletben szereplő hálózati távolság (HT) számítására jellemzően – a múlthoz képest ma már széles körben elérhető – útvonaltervező programok alkalmasak. Ezzel szemben a légvonalbeli távolság (LT) kiszámítására létezik egy általánosan elfogadott módszer az útvonaltervező és térképszerkesztő alkalmazások, illetve a földrajzi információs rendszerek mellett, ugyanis két szélességi és hosszúsági koordinátával adott pont légvonalbeli távolságát a haversine formula adja meg (Németh–Tóth 2020).

A két pont közötti hálózati hányados az útvonalvezetés „kanyargósságának” a mutatójaként is értelmezhető, hiszen minél valószínűbb a sűrű irányváltoztatás és a nagyobb kerülok igénybevétele, annál nagyobb a hányados értéke (Dusek–Kotosz 2016). Különösen igaz ez helyi léptékű, nagy hálózati sűrűségű (városi) vizsgálatokban, ezért e tanulmányban a hálózati hányadosra a „kanyargósság” mérőszámként tekintünk. A mutató kiszámítása során, illetve az értelmezésével kapcsolatosan fontos szempont a lehatárolás, azaz a vizsgálatba bevont pontok köre és a hálózat jellege. Módszertani problémák merülhetnek fel az utazási távolságok többféle mérési lehetősége, a közlekedési hálózatok és módok egyidejű figyelembevétele, valamint az utazási célok és számítási időpontok miatt, ezért fontos az alkalmazott módszertan pontos ismertetése (Dusek–Kotosz 2016). A hálózati hányados megtalálható Barthélemy (2011) klasszikusnak számító, kvantitatív területi elemzésekhez köthető, elméleti módszereket rendszerező tanulmánykötetében, mely azt szándékozik feltárni, hogy a térbeli korlátok hogyan befolyásolják a hálózatok szerkezetét és tulajdonságát, emellett áttekinti a térbeli hálózatok és a hálózaton belüli kapcsolatok modelljeit is.

### A hálózati hányados gyakorlati alkalmazásai

A hálózati hányadoshoz kapcsolható empirikus kutatások jellemzően nagyobb területeket, országot lefedő közlekedési hálózatokat vizsgálnak. Népszerű téma a vasúthálózat (Kovács 1973, Szalkai 2001, Dusek 2010) és a közúthálózat elemzése (Tiner 1981, Fleischer 1992, Szalkai 2003, 2004, 2006, Dusek–Szalkai 2006, Tóth–Kincses 2007a) hálózati hányados segítségével. A hányados társadalomföldrajzi kutatáshoz alkalmazásából Tóth–Kincses (2007b) megállapította, hogy a térbeli elkülönülés gátolja a különböző térségek közötti interakciót és együttműködést. A Pálóczi–Pénzes (2011, 2012) felhívta a figyelmet arra, hogy a technológiai fejlődés, az elmélet és a gyakorlat térinformatikai találkozása egyre nagyobb kínálatát adja az elemzési módszereknek, így egyre pontosabb és egyre finomabb módszertanú hálózati hányadossal kapcsolatos kutatásokat lehet végezni. A kórházakba, egészségügyi ellátó központokba történő szállítás útvonalain keresztül kapott hálózati hányados számítása már régebb óta tárgya az empirikus kutatásoknak (Diaz et al. 2003, Jones et al. 2010), és a témával foglalkozó szakirodalom egyik legnépszerűbb kutatása is ehhez köthető (Boscoe et al. 2012). A szintén nagyobb térséghez köthető hálózati kutatás-

ban Gonçalves et al. (2014) Brazília szójaszállításán keresztül vizsgálta a légvonalbeli és a tényleges közúti távolságok hányadosát.

Az elmúlt néhány évben már megjelentek város(ok)on belüli elemzések is. Az elemzések módszertana sokszínű, és a technológiának köszönhetően számos modellezési eljárás áll rendelkezésre. A közúti autós közlekedés vizsgálata (Giacomin–Levinson 2015, Cubukcu–Taha 2016, Lee et al. 2018, Buczkowska 2018) mellett megjelentek olyan elemzések is, melyek a gyalogos- (Boeing 2019), a kerékpáros- és a közösségi közlekedés (Leth et al. 2017) hálózati hányadosára is kiterjednek. Módszertani újdonságként hatott az open data bevonása (Leth et al. 2017), illetve a különböző programozási alapokon nyugvó számítások alkalmazása (Boeing 2017, 2019, Zhao et al. 2019, Yen et al. 2019) a hálózati hányadosok meghatározása során. Városon belüli térségi lehatárolással az egyik legrészletesebbnek tekinthető közlekedési eszközre vonatkozó hálózati hányados-elemzést Yen et al. (2019) végezte Kambodzsa fővárosában, Phnompenben, melynek 12 kerületén belül vizsgálta az autós-, kerékpáros- és gyalogosközlekedési hálózatot.

Megállapítható tehát, hogy a szakirodalomban fellelhetők olyan munkák, melyek célja a közlekedési hálózatok hálózati hányados segítségével történő elemzése. Az idő előrehaladtával a technológia is sokat fejlődött, mely megteremtette annak lehetőségét, hogy egyre változatosabb és pontosabb módszerekkel, egyre finomabb és részletesebb elemzéseket lehessen készíteni akár városokban, akár városon belüli kisebb egységekben, például kerületekben is. A programozási tudást igénylő módszerek mellett célszerű a jövőben olyan módszereket is keresni és alkalmazni, melyek nem állítanak technológiai korlátokat a kutatások elé, emellett törekedni kell arra is, hogy az eredmények mások számára is reprodukálhatók legyenek.

### **Módszer: elméleti szempontok és a munkamódszer kialakításának a menete**

Kutatási célunk egy olyan módszertan kialakítása, mely a tömegszerű útszegmensszámítás<sup>2</sup> lehetőségével számszerűen, megbízhatóan képes bemutatni és megítélni, elemezhetővé tenni egy-egy nagyváros, illetve nagyvároson belüli terület közlekedési szerkezetét, hálózatait a kanyargósság szempontjából. Ennek érdekében elsőként egy olyan adatbázist kerestünk, mely nagy számban tartalmaz adott város(ok)on belül található – helyszínek beazonosítására alkalmas – címeket, földrajzi koordinátákat. Erre azért volt szükség, mert a hálózati hányadosok számításához szükséges az útszegmensek kezdő- és végpontjának (origin–destination pairs) meghatározása. Ezt segíti egy pontos címeket vagy koordinátákat tartalmazó adatbázis, ami kijelöli ezeknek a csomópontoknak a helyét a városon belül. Minthogy a reprodukálhatóság

<sup>2</sup> A továbbiakban az „útvonal” kifejezést a teljes vizsgálati egységen (kerületen) belüli, a csomópontokat rögzített sorrendben érintő bolyongásra használjuk, „útszegmens” kifejezéssel pedig az útvonalon belüli, két csomópont közötti szakaszra hivatkozunk.



és az összehasonlíthatóság fontos szempont a módszer kialakítása során, ezért olyan adatbázisok után kutattunk, melyek nemcsak egy-egy konkrét városra érhetőek el, hanem globálisan, a világ számos nagyvárosára is, emellett azonos attribútumok mentén lettek kialakítva és szabadon hozzáférhetőek. Az open data térnyerését követően a világ számos városára megtalálhatók olyan adathalmazok, melyek nem tartalmazzak „érzékeny”, személyes információkat és szabadon hozzáférhetőek másodlagos felhasználásra. A digitálisan elérhető információk – ideértve elsősorban a globális helymeghatározó rendszer (global positioning system – GPS-) koordinátáit – hatékony kinyerésével és feldolgozásával a korábbiakhoz képest megbízhatóbb eredményekre lehet jutni a közlekedési hálózatok elemzésekor.

Ilyen adatbázis a Google által 2005-ben kifejlesztett nyilvános és ingyenes formátumrendszer, ami lehetővé teszi a földrajzi információk, pozíciók és a közösségi közlekedési menetrendek másodlagos felhasználását, ideértve a városi és a közlekedési hálózatok elemzési lehetőségeit is (general transit feed specification – GTFS). A közösségi közlekedést megszervező vállalatok a változásokat folyamatosan frissítik, így e rendszerben a világ számos városára naprakész adatbázisokhoz lehet hozzáférni (Antrim–Barbeau 2013, Kujala et al. 2018). Az adatbázisokat jellemzően a szolgáltatók oldalán lehet elérni, de vannak olyan weboldalak (például [1]), ahová számos szolgáltató adatát egy helyre gyűjtötték. A megállóhelyek hálózati csomópontként történő használata módszertanilag megfelelő választás, hiszen feltételezhető, hogy a város ezen pontjain közlekednek az emberek a közösségi közlekedésen kívül is, azaz autóval és/vagy gyalogosan. E választás sajátossága, hogy a sűrűbben lakott, forgalmasabb központi területeken több, rövidebb útszegmensből áll elő a végső, bolyongó útvonal, hiszen e területeken a megállóhelyek sűrűbben helyezkednek el.<sup>3</sup>

A módszertan kialakításának másik kulcsfontosságú lépése az adatbázisból kinyert adatok feldolgozásához, azaz az útvonalak kiszámolásához szükséges platform kiválasztása. A cél egy olyan útvonaltervező megoldás keresése, mely képes viszonylag nagy mennyiségben útszegmenseket számolni, ezzel biztosítva a tömegszerűséget. További szempont, hogy használatához ne kelljen magas szintű programozói tudás, így a későbbiekben akár mások, ilyen tudással nem feltétlenül rendelkező kutatók és elemzők is igénybe tudják venni, ezzel biztosítva az eredmények reprodukálhatóságát.

Az ismertetett feltételeknek megfelelő platform egy Google Táblázat felületen működik, a Google Maps által a fejlesztőknek ajánlott, útvonalszámításhoz szükséges függvények felhasználásával, ahol a függvények másolásával előáll a tömbösített számítások lehetősége.

<sup>3</sup> Mivel az elemzéshez olyan *hányadost* használunk, melynek a számlálója és a nevezője is távolság, ezért az útszegmensekből képzett bolyongó útvonal szakaszainak a darabszáma és azok átlagos hossza irreleváns, a csomópontsűrűség az elemzést nem torzítja, csak a légvonalhoz viszonyított *arányok* számítanak. Vagyis e módszertanban mindegy, hogy egy-egy területen 50 vagy 1000 lépés a hálózati csomópontul szolgáló megállóhelyek közötti átlagos távolság. A lényeg az, hogy a vizsgált hálózatot az egyes közlekedési módokkal virtuálisan alaposan bejárjuk.

A Google Táblázat alapú útvonaltervező platform helymeghatározó függvénye segítségével a GPS-koordinátapárokhoz hozzá lehet rendelni a természetes címetek (irányítószám, településnév, utcanev, házszám), így ezen adatokkal bővíthető a megállóhelyek táblázata. Ez a lépés a kutatás szempontjából azért fontos, mert egy-egy finomabb elemzés a városnál kisebb vizsgálati egységekhez (kerületekhez) kapcsolódó hálózati hányadosok képzésén alapszik, így célszerű annak ismerete, hogy az adott GPS-koordináták (azaz a megállóhelyek) mely vizsgálati egységben (kerületben) helyezkednek el.

Végül, a különféle városok közötti összehasonlítás biztosításához érdemes az útszegmensek tömeges képzésére olyan módszert választani, amely nagyon eltérő jellegű városok esetén is alkalmazható. Erre a csomópontok véletlenszerű sorrendje által meghatározott bolyongó módszer tűnik alkalmasnak, mely biztosítja, hogy a vizsgálati egység közlekedési hálózatai nagy részben le legyenek fedve a mesterségesen képzett útszegmensek által, így egy-egy épített struktúrát tekintve reprezentatív eredményekre lehet jutni. A csomópontok véletlenszerű sorrendje által meghatározott „bolyongó” módszer egy nagyon sok csomóponttal rendelkező, egybefüggő útvonal (egy konkrét megjelenését lásd a Melléklet M1. ábráján), mely két csomópont között megengedi, hogy az útvonaltervező autós-, közösségi közlekedési, illetve gyalogosbejárás esetén eltérő útszegmenseket alakítson ki. A módszer első lépéseként tehát minden egyes vizsgálati egységre (1) elkészítjük a megállóhelyeknek egy véletlenszerű sorrendjét, melyet rögzítünk (útvonal), s (2) amelyet egy útvonaltervező programmal mintegy bebarangoltatunk egy-egy konkrét közlekedési móddal (autóval/közösségi közlekedéssel/gyalogosan). Mivel magát a közlekedési hálózatot szándékozunk jellemezni, ezért a Google Maps olyan algoritmusával érdemes a számításokat elvégezni, melyek nem veszik figyelembe a tipikus utazási mintázatot, az aktuális forgalmat, így az elérési idővel sem számolnak (Riaño et al. 2022).

Az algoritmusokhoz való hozzáférés a Google Maps esetében egy egyedi kóddal, úgynevezett API-kulccsal (application programming interface – API) valósítható meg, amelynek igénybevételével hozzáféréshez és lekérdezési lehetőséghez jut a felhasználó a Google térképes szolgáltatásaihoz. Az API-kulcs ingyenes napi, illetve havi kvótát biztosít a különböző lekérdezésekhez, de a kvótát meghaladó lekérdezéseket automatikusan kiszámlázzák. Használatával olyan beágyazott algoritmustárhoz férhetünk hozzá, amelyekkel célzottan, előre megtervezetten és tömegesen lehet információkat lekérni különböző kezdő- és végpontok közötti útvonalakról, így lehetőség van különböző utazási módokhoz tartozó távolságadatok elérésére is. Bár a konkrét algoritmusok elemezhetők és tovább is fejleszthetők, a jelen tanulmány keretében mégis az eredeti, „gyári” verziókat használtuk [2].

## Adatok: Budapest kerületeinek közösségi közlekedéssel feltárt belső közlekedési hálózatai

A Budapesti Közlekedési Központ (BKK) folyamatosan elérhetővé teszi a GTFS-formátumú nyilvános adatbázisát a saját oldalán [3], így hozzáférhető a budapesti közösségi közlekedésre vonatkozó GTFS-adatok, közöttük a megállóhelyek neve és azok pontos GPS-koordinátái.<sup>4</sup> Kutatásunkban ezt az adathalmazt vettük igénybe, és az ebből kinyerhető, megállóhelyekhez tartozó GPS-koordináták adták a hálózati hányadosok számításához szükséges útszegmensek csomópontjait. Az empirikus elemzéshez eszközként használt adathalmaz a 2019. augusztus 6-i állapotot tükrözi.

A Budapest közigazgatási határán belül elhelyezkedő megállóhelyeket és azok koordinátáit kerületekhez rendeltük,<sup>5</sup> majd minden egyes kerületre (1) kialakítottuk a csomópontok véletlenszerű sorrendjét (útvonalképzés) és (2) útvonaltervező alkalmazással bebarangoltuk a csomópontsört (tömeges útszegmensszámítás). Az egyes kerületeken belül a megállóhelyek függvényében eltérő mennyiségű útszegmens képzésére volt lehetőség.<sup>6</sup>

Az útszegmenseket úgy alkottuk meg, hogy az első szegmens kezdőpontja mindig az adott kerület önkormányzatának polgármesteri hivatala [4] legyen (más kezdőpont is választható lenne), és minden egyes új útszegmens kezdőpontját az előző szegmens végpontja adja. A bolyongás során minden megállóhely egyszer szerepelt útszegmens kezdő, illetve végpontjaként,<sup>7</sup> s a bolyongás addig tartott, amíg el nem fogytak a csomópontok. Fontos kiemelni, hogy ez a módszer az egyes kerületeket önálló, önmagában vizsgálható területegységként kezeli, de ez a közigazgatási felosztáson alapuló területvizsgálat egy önkényes módon megválasztott technikai tényező.<sup>8</sup>

Az egy-egy kerületre meghatározott útvonal útszegmenseire elvégeztük a tömeges útszegmensszámítást a már bemutatott Google Táblázat alapú platformon, ahova bemásoltuk a MS Excelben megalkotott útszegmenseket kerületenként. A számítások – a megfelelő Google-függvény alkalmazásával – a következő útszegmensadatok megszerzésére fókuszáltak: (1) az útszegmens hossza, kilométerben megadva

<sup>4</sup> Az elérhető adatbázisból a MS Excel „BAL” és „JOB” függvényeivel lehet a természetes címből kinyerni az irányítószámokat, abból pedig a „KÖZÉPSŐ” függvénnyel a kerületeket, mivel Budapesten az irányítószám középső két száma jelöli a kerületet.

<sup>5</sup> Mivel a Margit-sziget objektumai a vizsgálat idején (2019 augusztusában) – a BKK által közzétett GTFS-adatbázis irányítószámai szerint – a XIII. kerülethez tartoztak, ezért ezeket a megállóhelyeket mi is ide soroltuk.

<sup>6</sup> Az eredményeinket bemutató térképeken (Melléklet 4. ábra) a megállóhelyeket is feltüntettük. Ha a közösségi közlekedéssel *nem feltárt* területekről további csomópontokat vontunk volna be, akkor (1) egyrészt önkényes elem került volna a módszertanba; (2) másrészt a „közösségi közlekedés” hálózati hányadosának értékei kevésbé lennének megbízhatók, hiszen az útvonaltervező e feltáratlan helyekről az első megállóhely gyalogos megközelítésével számolna (rövid gyaloglással átszállások esetén is számolhat a Google Maps).

<sup>7</sup> Ugyanazon a csomóponton többször is áthaladhat a bolyongó folyamat, de ekkor az nem kezdő- vagy végpontja az adott útszegmensnek.

<sup>8</sup> A további kutatások során igénybe vehetők más jellegű – akár közigazgatási, akár egyéni – felosztások, ideértve akár kerületeken belüli, finomabb felosztásokat is. Bármilyen felosztást veszünk is alapul, elsősorban a részeket – s nem az egészet (teljes Budapestet) – jellemző hálózati hányadosokat kapunk eredményül.

(autóval, közösségi közlekedéssel, gyalogosan; három darab adat); (2) a két végpont legrövidebb távolsága, kilométerben megadva (légvonalbeli távolsággal<sup>9</sup> számolva; egy darab adat).

A számításokat 2019 november–decemberében végeztük. A huszonhárom kerületben képzett 23 különálló útvonalat összeadva összesen 5347 darab útszegmensen számítottunk Budapest közigazgatási határán belül. Minden egyes, a csomópontok sorrendjével definiált útszegmensen az útvonaltervező programmal virtuálisan járatuk be autóval, közösségi közlekedéssel és gyalogosan.

Az útszegmensek kiszámítását követően adattisztítással kiszűrtük és minimalizáltuk a módszerből fakadó torzításokat. Az alkalmazott korrekciós lépés azokhoz az útszegmensekhez kapcsolódik, ahol bármelyik hálózati hányados értéke 1 alatti értéket vett fel a Google Maps alapú platformon végzett számítások során. Az ilyen adatok torzíthatják a kutatás eredményeit, így töröltük őket. A torzítások oka jellemzően az, hogy a számítások során előfordulhatnak olyan esetek, amikor a légvonalbeli távolságok minimálisan (jellemzően pár méterrel, de néha akár többel is) nagyobbak, mint a hálózati távolságok. A fizikai térben elhelyezkedő közlekedési hálózatok esetében ilyesmi nem állhat fenn, hiszen a hálózati hányadosok elméleti minimuma 1. A probléma forrása a beépített Google-függvény módszerében keresendő. Összesen 61 darab (1,1%) ilyen, néhány méter erejéig hibás tételt töröltünk, így 5286 útszegmens maradt az adatbázisban. A kerületenként vizsgált útszegmensek száma (ezeket lásd az 1. táblázatban) – korrekció nélkül – eggyel kevesebb, mint a kerületekben található közösségi közlekedési megállóhelyek száma.

Az adatfelvételt követően minden kerületről rendelkezésre állt a csomópontok közötti útszegmensekre az átlagos utazási távolság (kilométerben megadva, közlekedési módonként) és az átlagos légvonalbeli távolság (kilométerben megadva). Mint-hogy ugyanazt a csomópontsorozatként megadott bolyongó útvonalat mindhárom közlekedési móddal külön-külön bebarangoltattuk az útvonaltervezővel, ezért az adatokból kerületenként a következő három típusú hálózati hányadost számíthattuk ki: (1) az „autós” hálózati hányados: az autóval megtett utazások átlagos távolságának és az utazások átlagos légvonalbeli távolságának hányadosa; (2) a „közösségi közlekedési” hálózati hányados: a közösségi közlekedéssel megtett utazások átlagos távolságának és az utazások átlagos légvonalbeli távolságának hányadosa; (3) a „gyalogos” hálózati hányados: a gyalogosan megtett utak átlagos távolságának és az utak átlagos légvonalbeli távolságának hányadosa (1. táblázat). Az útszegmensek számának növelésével a hálózati hányadosok minden kerületben egyre kevésbé ingadoztak (a XI. kerületben lásd például a Melléklet M2. ábráját), így a bolyongás végére a kanyargósság megbízható mutatószámához jutottunk.

<sup>9</sup> Bár a Google Maps útvonaltervezésre és távolságszámítására használt algoritmusairól nincsen publikus információ, számos tanulmány (Maria et al. 2020, Prasetya et al. 2020) bizonyította, hogy a légvonalbeli távolság kiszámításához az említett haversine formula által kapott eredmények állnak a legközelebb, így nincs szignifikáns eltérés a manuálisan és a Google Maps által számított távolságadatok között.

1. táblázat

**A vizsgált útszegmensek száma és a hálózati hányadosok értéke  
budapesti kerületenként, 2019**

The number of examined road segments and the value of  
the different circuitities per Budapest districts, 2019

Kerület	Útszegmensek száma	Hálózati hányados		
		autós	közösségi közlekedés	gyalogos
I.	101	1,9526	1,5628	1,2546
II.	309	1,3942	1,4653	1,1687
III.	357	1,4330	1,5051	1,1918
IV.	243	1,4022	1,5308	1,1776
V.	102	2,0026	1,4535	1,2004
VI.	108	1,5388	1,3615	1,1972
VII.	80	1,6644	1,3714	1,1665
VIII.	199	1,7168	1,3626	1,1854
IX.	239	1,4660	1,4859	1,1949
X.	375	1,4477	1,5076	1,2214
XI.	456	1,5767	1,5997	1,2067
XII.	277	1,6408	1,9142	1,2601
XIII. (Margit-szigettel)	262	1,4760	1,4658	1,2053
XIV.	321	1,4216	1,4797	1,1944
XV.	232	1,4117	1,5648	1,2221
XVI.	249	1,3617	1,5199	1,2128
XVII.	241	1,2947	1,5241	1,1930
XVIII.	272	1,4212	1,5632	1,2235
XIX.	159	1,5659	1,5472	1,2438
XX.	160	1,4951	1,5457	1,2512
XXI.	196	1,2910	1,4680	1,1502
XXII.	241	1,5191	1,8072	1,2374
XXIII.	107	1,6158	1,9298	1,2763
Kerületek összesen	5286	1,4670	1,5553	1,2071

Az így kiszámított hálózati hányadosokkal elemezhetővé és összehasonlíthatóvá váltak a budapesti kerületek belső közlekedési hálózatai, illetve vizsgálhatóvá váltak az összkörületi átlagtól való eltérések is. Fontos szem előtt tartani, hogy a *teljes* funkcionális várostest (a főváros és az agglomeráció) kanyargóssága e mesterségesen képzett részek átlaga alapján nem feltétlenül jellemezhető, ezért nem Budapestről, hanem csupán a kerületi értékek átlagáról vontunk le következtetéseket.

## Eredmények

A Melléklet M3. ábra sugárdiagramján a három típusú hálózati hányados, így a kerületek közötti hasonlóság és különbség komplex módon vizualizálható. A Melléklet 4. ábra pedig térképeken mutatja a budapesti kerületeken *belül* megfigyelt – hálózati hányadossal mért – kanyargósságot rendre az autós-, a közösségi közlekedési és a gyalogshálózatra vonatkozóan. (A hálózati hányadosok számszerűen az 1. táblázatban találhatók.) A hálózati hányadosok színekkel jelölt tartományai mindhárom térképen azonosak, így azok könnyen összevethetők. Narancs, illetve vörös színnel jelöltek a „forró területek”, ahol az adott közlekedési hálózat feltűnően kanyargós: e területeken akár kétszer akkora is lehet a ténylegesen megtett távolság a légvonalbelihez képest.

Az eredmények értelmezésekor fontos szem előtt tartani, hogy a kerületeken belüli közlekedési hálózatokat magukban vizsgáltuk, mintha azok különálló rendszerek volnának, és a kerületi úthálózatokon belül a közösségi közlekedéssel is bejárható helyeket tártuk fel. Épp ezért egy-egy külső kerület esetében nem a belváros elérésének az egyszerűségére, hanem kizárólag a kerületen *belüli* hálózati mozgások kanyargósságát, illetve szerkezetét jellemzik a kapott eredmények. Fontos továbbá, hogy míg az autóshálózat esetében a közforgalom előtt megnyitott útvonalakat, valamint bejárhatóságuk szabályait (egyirányúság, kanyarodási szabályok stb.), addig a közösségi közlekedési hálózat esetén a viszonylatok hálózatát, továbbá a gyalogshálózat esetén a járdákkal ellátott útszakaszok hálózatát vizsgáltuk.

A hálózati hányadosok alapján kijelenthető, hogy az „autós” közlekedési hálózat kiugróan kanyargós az I. és az V. kerületben, 2 körüli értékekkel. Viszonylag magas az érték még a VII., a VIII., a XI., a XII., a XIX. és a XXIII. kerületben, míg ezzel szemben láthatóan kevésbé kanyargós a II., a III., a IV., a XIV., a XV., a XVIII. kerület, és a legkevésbé kanyargós a XVII. és a XXI. kerület (1,3-es értékkel). A „közösségi közlekedési” rendszer kiemelkedően kanyargós a XII., a XXII. és a XXIII. kerületben (2-t közelítő értékekkel), szemben a belvárosi VI., VII. és VIII. kerülettel (1,4 alatti értékekkel), ami a viszonylatok kialakításával állhat szoros kapcsolatban. A „gyalogos” közlekedési hálózat esetében az eredmények homogének, árnyalatnyit kanyargósabb azonban az I., a XII., a XX. és a XXIII. kerület, 1,25–1,28 közötti értékekkel.

A különféle hálózatok összehasonlítása azt mutatja, hogy a XVII. és a XXI. kerület esetében az „autós” hálózati hányados értéke megközelíti más kerületek „gyalogos” hálózati hányadosát (autós szempontból kedvező), míg a XII., a XXII. és a XXIII. kerületben a „közösségi közlekedési” hálózati hányados értéke majdnem megegyezik a legmagasabb „autós” hálózati hányadossal (közösségi közlekedés szempontjából kedvezőtlen). A IX., a XI., a XIII. és a XIX. kerületben az „autós” és „közösségi közlekedési” hálózati hányados értéke közel azonos.

A különböző típusú hálózati hányadosok mellett azt is megvizsgáltuk, hogy az egy-egy kerülethez tartozó értékek milyen mértékben térnek el a kerületi átlagoktól.

A közlekedési hálózatonkénti kerületi átlagokat a Melléklet M3. ábráján körkörös árnyékolással jelöltük, konkrét értékei pedig 1,47 az „autós”; 1,56 a „közösségi közlekedési” és 1,21 a „gyalogos” közlekedési hálózatra.

Az „autós” hálózati hányados míg a belvárosi kerületek többségében az összerületi átlagnál nagyobb, addig a „centrumtól” kifelé haladva jellemzően csökken (Melléklet 4. ábra), vagyis a belvárosi kerületek „autós” közlekedési hálózatában a légvonalbeli távolsághoz viszonyítva jellemzően nagyobb távolságot szükséges megtenni két pont között autóval, mint a külsőbb kerületekben. Míg a belvárosi kerületekben az „autós” közlekedési hálózat mutat nagyobb kanyargósságot, addig a „közösségi közlekedési” hálózat esetében ez többnyire pont fordítva van: a belváros az összes kerület átlagához és a többi kerülethez viszonyítva is kevésbé kanyargós (Melléklet M4. ábra). Bár nem tekinthető ökölszabálynak, de néhány esetben megfigyelhető, hogy Budapest határától a „centrum” felé haladva a „közösségi közlekedés” hálózati hányadosa csökken (Melléklet M4. ábra), vagyis a „belvárosi” kerületek közösségi közlekedési hálózatában a légvonalbeli távolsághoz viszonyítva jellemzően kisebb távolságot kell megtenni két pont között közösségi közlekedéssel, mint a külsőbb kerületekben. Ez a közösségi közlekedési hálózat, vagyis a viszonylatok sűrűbb központi szövedékéből logikusan következik. Míg az „autós” és „közösségi közlekedési” hálózati hányados esetében megfigyelhetők a centrum, illetve a centrumtól távoli kerületek közötti különbségek, addig az ilyen jellegű eltérések csekély mértékűek a „gyalogos” hálózati hányadosok esetében (Melléklet M4. ábra). Jóllehet az eredmények összességében magától értetődőnek tűnhetnek, a kanyargósság megbízható számszerűsítése és területi megjelenítése széles körű elemzési lehetőséget biztosít.

## Következtetések, további kutatási lehetőségek

Kutatási célunk kettős volt: (1) a tömeges útszegmensszámításon nyugvó hálózati-hányados-számítási módszertan kialakítása, mely kiaknázza az elmúlt évek információtechnológiai fejlődésében rejlő lehetőségeket, és megbízhatóan képes jellemezni egy-egy területi egység szerkezetét; illetve a kialakított módszertannal (2) a budapesti kerületek közösségi közlekedéssel feltárt belső területein (i) az autós-, (ii) a közösségi közlekedési és (iii) a gyalogoshálózatok vizsgálata.

Széles körben alkalmazható egységes módszertanként első lépésben a Google által 2005-ben kifejlesztett GTFS-adatok alkalmazását javasoljuk kiindulásként, mert ez a közösségi közlekedés megállóhelyeinek koordinátáit egységes formában tartalmazza a világ egyre több városára, illetve azok kerületeire vonatkozóan. Második lépésben a vizsgált területi egységre egy véletlenszerűen bolyongó útvonal kialakítását javasoljuk, melyben egy-egy útszegmens kezdő-, illetve végpontjaként egyszer szerepel minden megállóhely. Végül az összes így képzett útszegmensre a megfelelő hálózati hányadosok tömegszerű kiszámítását ajánljuk, melyek átlagolásával megbízhatóan jellemezhetjük egy-egy területi egység közlekedési szerkezetét a kanyargósság

szempontjából. E számítás elvégzésére alkalmas felület a Google Táblázat, melyben a Google Maps által a fejlesztőknek létrehozott, az útszegmensszámításhoz szükséges függvényekkel a kérdéses távolságokat megbízhatóan és tömegesen elő lehet állítani.

A kialakított módszertant Budapest kerületeinek közösségi közlekedéssel feltárt belső hálózataira alkalmaztuk. A hozzáférhető hazai szakirodalomban még nem mutattak be ilyen jellegű és ilyen nagy esetszámmal elvégzett közlekedéshálózat-elemzést. Míg a belvárosi kerületekben (I., V., VI., VII., VIII.) autóval nagyobb a kanyargósság, addig a külső kerületek többségében a közösségi közlekedéssel, vagyis a viszonylatok szerkezetéből ered az úthossznövekedés. A gyalogos közlekedési hálózat esetében a hányadosok értéke jóval homogénebb, nincsenek közöttük kiemelkedően magas vagy alacsony értékek.

Kutatásunkban meghatározónak bizonyult az utak és utcák forgalmi rendje (egyirányú utcák, behajtási korlátozások, kanyarodási szabályok), mely a belvárosban a közösségi közlekedést kevésbé sújtja (lásd még a viszonylatok sűrű hálózatát is), szemben az autós közlekedéssel. Az I. kerületi Budaváron belüli közlekedést emellett még a domborzati sajátosságok is erősen nehezítik, míg a XII. kerületi Hegyvidéken a domborzat önmagában jelentős közlekedést nehezítő tényező (az algoritmus nem számol a turistautakkal). A dél-pesti kerületeken (különösen a XXIII. kerületen) belüli mozgás pedig valószínűsíthetően azért jár átlag feletti nehézséggel, mert itt egybefüggő, viszonylag nagy területű, még gyalogszerrel is nehezen átjárható barnamezős területek találhatók.

Az eredményekből jól kirajzolódik, hogy a „gyalogos” közlekedési hálózati távolság van legközelebb a légvonalbeli távolsághoz, hiszen ez a közlekedési hálózat, illetve annak szerkezete a legrugalmasabb, azaz itt a legkevesebb a forgalmi akadály, ideértve például a sétáló utcák meglétét, az egyirányúság hiányát, illetve számos esetben a kerülő utak „levágását” (például kapualjrendszereken keresztül, lásd a Gozsdu-udvart). Eredményeink egy-egy konkrét városon belül magától értetődőnek tűnhetnek, ám a kanyargósság megbízható számszerűsítése fontos elemzési eszköz: így akár eltérő funkciójú vagy eltérő kultúrájú városok, illetve városrészek jellemző közlekedési hálózatainak számszerű egybevetésére is alkalmas lehet.

A csomópontok véletlenszerű sorrendje által meghatározott bolyongási módszert kutatásunkban a budapesti kerületek belső közlekedési hálózatainak „letapogatására” alkalmaztuk. A módszer döntéshozók által meghatározott tervezési célok és kívánatosnak tekintett végállapotok kijelölését is segítheti, illetve a területi funkciók függvényében akár értékítéletek megfogalmazására is alkalmas lehet (közlekedési hálózat szempontjából jó, rossz, fejlesztendő stb. terület), más városokat, városrészeket akár referenciaként is felhasználva. A megbízható számszerűsítés további területi statisztikai összefüggések feltárására is alkalmas lehet. Így érdemes lehet kapcsolatot keresni a hálózati hányados és további adatok (például a népsűrűség, a jövedelmi hely-



zet, az ingatlanárak) vagy akár a városok élhetőségét, vonzerejét (Varga et al. 2020) vagy fenntarthatóságát (Sikos–Szendi 2023) jellemző különféle indexek között.

További kutatási lehetőség az elemzés elvégzése más budapesti lehatárolások mentén, illetve egész Budapestre és más városokra, valamint idősoros vizsgálatok is készíthetők és a változások elemezhetőek. Ha nincs mód tömeges útszegmensszámításra (vagy az túl költséges lenne), akkor hasznos lenne egy általános képlet meghatározása is, mely megmutatja, hogy adott területre vonatkoztatva hány útszegmens kiszámítását követően már nem módosul érdemben a vizsgálati egységre vonatkozó hálózati hányados értéke. Ha programozási tudás birtokában mód van magának a számítási algoritmusnak a finomhangolására, akkor fontos lehet a vizsgálati egységen kívülre való „átbolyongás” hatásának az elemzése, vagyis hogy mi történik, ha a bolyongás során „megtöltjük”, hogy az algoritmus olyan útszegmenseket is használjon, melyek egy része a vizsgálati egységen kívül esik. Ennek, többek között, az egyes közlekedési hálózatok fenntartási költségeinek méltányos elosztásakor lehet jelentősége. Fontos, gyakorlati jelentőségű kiterjesztése lehet az elemzésnek, ha a szerkezeten túlmenően nemcsak az úthosszakat, hanem az elérési időket is figyelembe vesszük, melyek az útvonaltervező programokkal ma már szintén becsülhetőek. Végül a különböző típusú hálózati hányadosok egymáshoz is viszonyíthatók, ezekből további hányadosok képezhetőek (közösségi közlekedés vs. autós közlekedés stb.) – ekkor a légvonalbeli távolság kiesik az elemzésből.

Összegzésképpen megállapítható, hogy a javasolt módszertannal a kanyargósság jól jellemezhető a természeti adottságok által befolyásolt, de az infrastrukturális, városépítészeti és közlekedésszabályozási döntésekkel tovább formált közlekedési hálózatokban, valamint segítségével alátámaszthatók, illetve megvitathatók a megváltoztatásukra irányuló politikai és egyéb törekvések is.

### Köszönetnyilvánítás

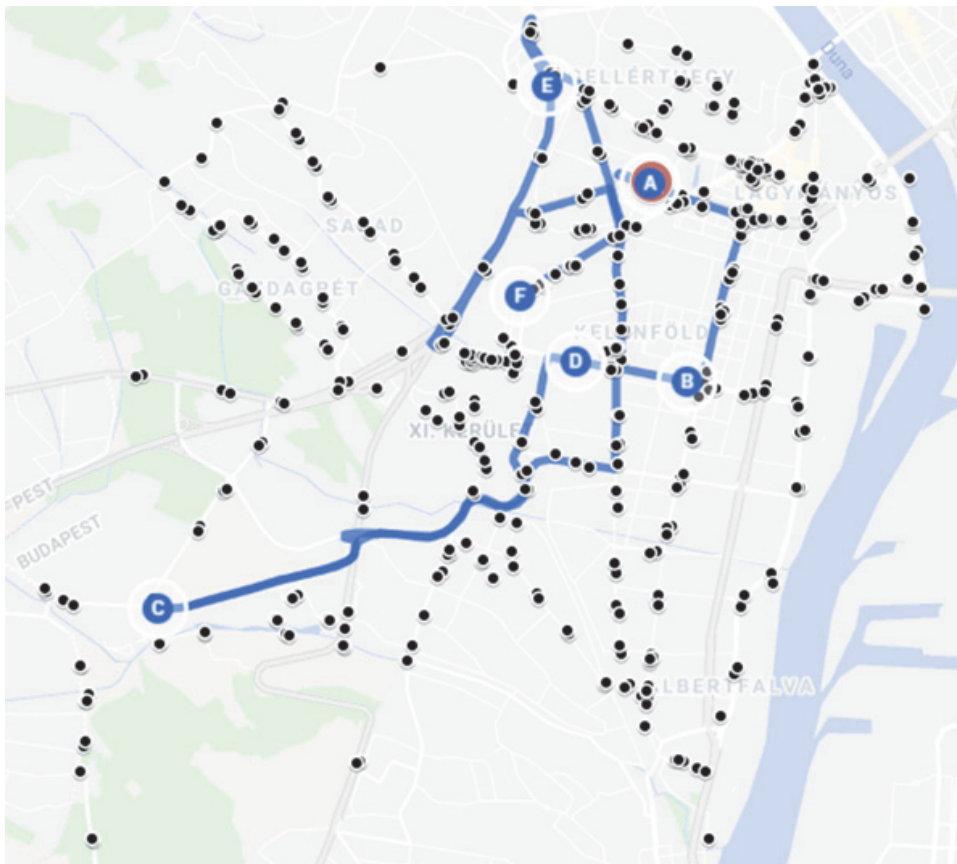
A kutatás a K-143542 számú, *A térbeli visszapattanó hatás és a fenntartható jólét* című OTKA-pályázat keretében, a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással valósult meg. A szerzők köszönetet mondanak Jeneyné Varga Ágnesnek az adatok térképi ábrázolásáért, továbbá a két anonim bírálónak a hasznos meglátásokért és tanácsokért.

## Melléklet

M1. ábra

**A közösségi közlekedési megállóhelyek eloszlása és a csomópontok véletlenszerű sorrendje által meghatározott bolyongó módszer gyakorlati megjelenése a XI. kerület első öt útszegmensének példáján, 2019**

The practical appearance of the wandering method determined by the distribution of public transport stops and the random order of nodes is in the XI. district on the example of its first five road segments of the district, 2019



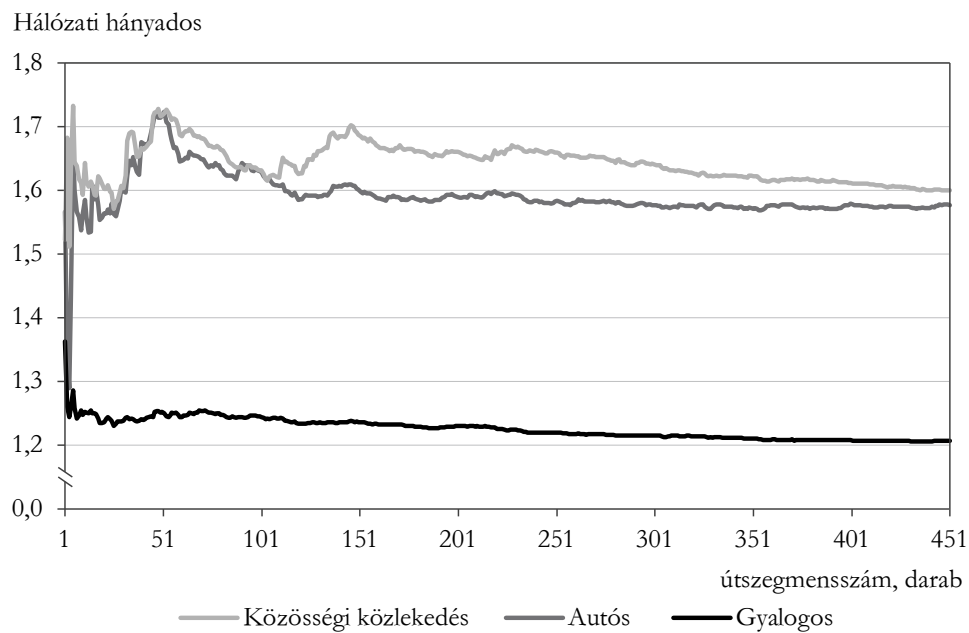
*Megjegyzés:* A–B szakasz: első útszegmens, B–C szakasz második útszegmens stb.; a megvastagított kék vonal autós közlekedési módra érvényes; egy-egy útszegmensen belül a közbenső megállóhelyeket nem tekintettük érintettnek.

*Forrás:* saját szerkesztés a Google által biztosított Saját térképek platformján.

M2. ábra

**Hálózati hányadosok a bolyongás során számításba vont útszegmensszám függvényében Budapest XI. kerületében, 2019**

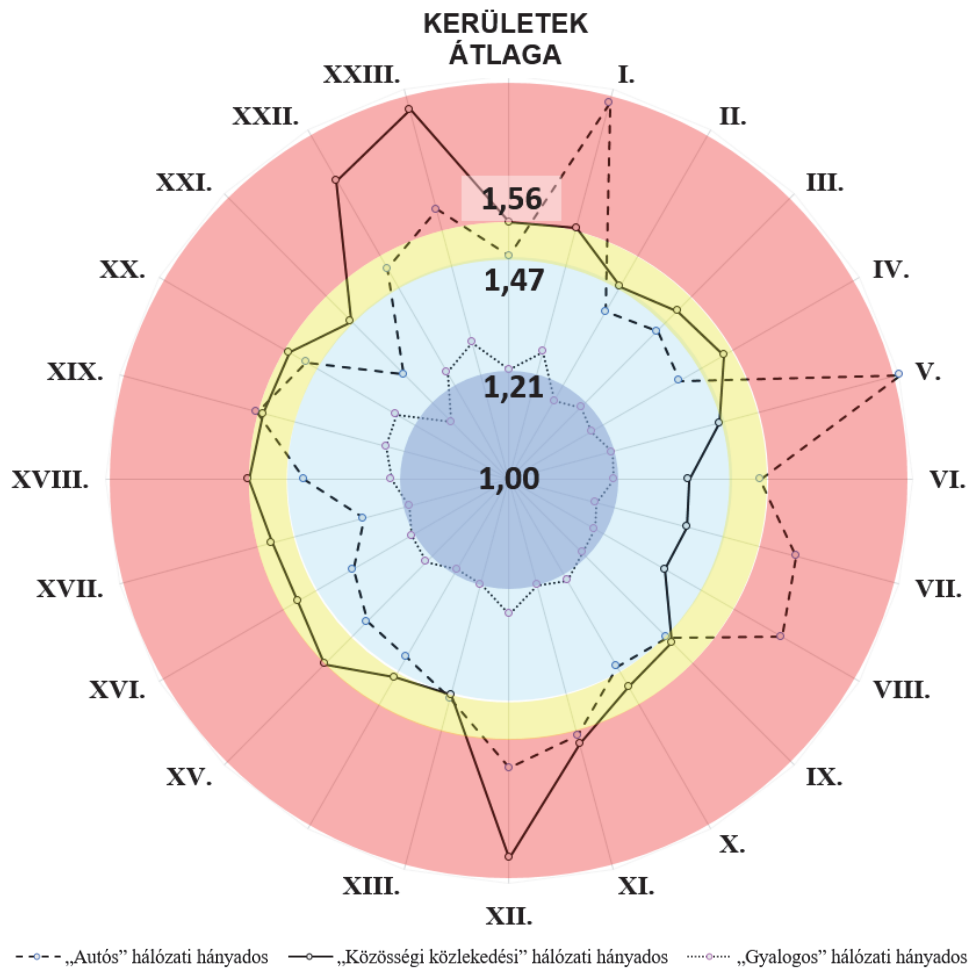
Different circuitities depending on the number of road segments taken into account during wandering Budapest's XI. district, 2019



Megjegyzés: a 456 útszegmens alapján kialakult értékek az ábra végén láthatók.

M3. ábra

**Különböző típusú hálózati hányadosok budapesti kerületenként, 2019**  
 Different types of circuities per Budapest districts, 2019

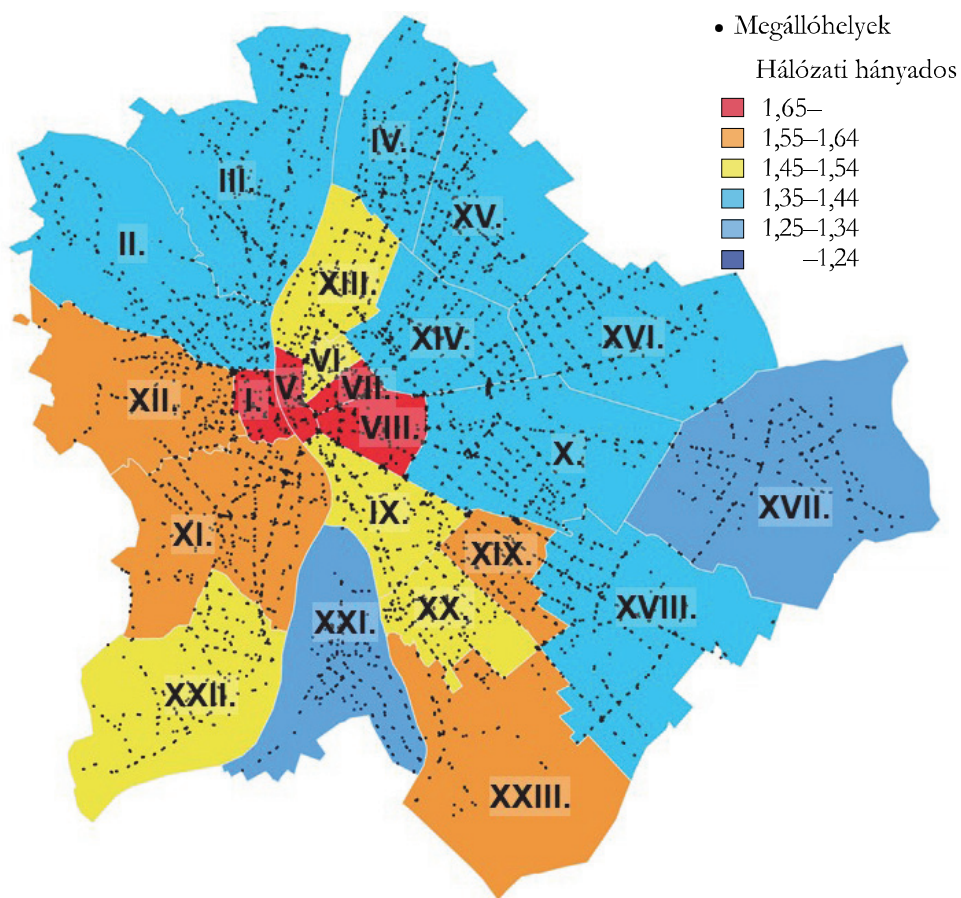


*Megjegyzés:* külső (piros) gyűrű: „közösségi közlekedés” hálózati hányados átlaga fölötti tartomány; belső (világoskék) kör: „autós” hálózati hányados átlaga alatti tartomány; sárga gyűrű: „autós-” és „közösségi közlekedés” átlagai közötti tartomány; belső mag: „gyalogos” hálózati hányados átlaga alatti tartomány.

M4. ábra  
Az „autós-”, a „közösségi” és a „gyalogos-” közlekedési hálózat kanyargóssága  
hálózati hányadossal, a budapesti kerületek közösségi közlekedéssel feltárt  
területeire mérve, 2019

Driving circuitry, public transportation circuitry, and walking circuitry  
for the areas of the Budapest districts where public transport is available, 2019

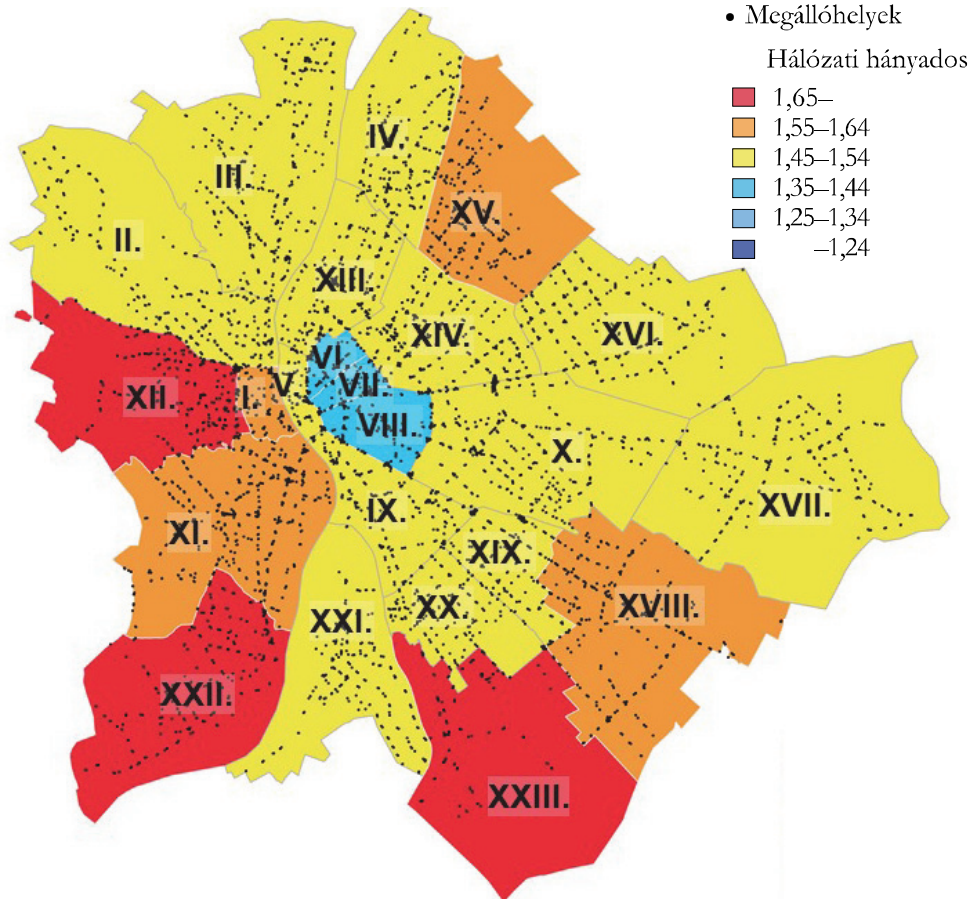
Autós közlekedési hálózat – Driving circuitry



(Az ábra a következő oldalon folytatódik.)

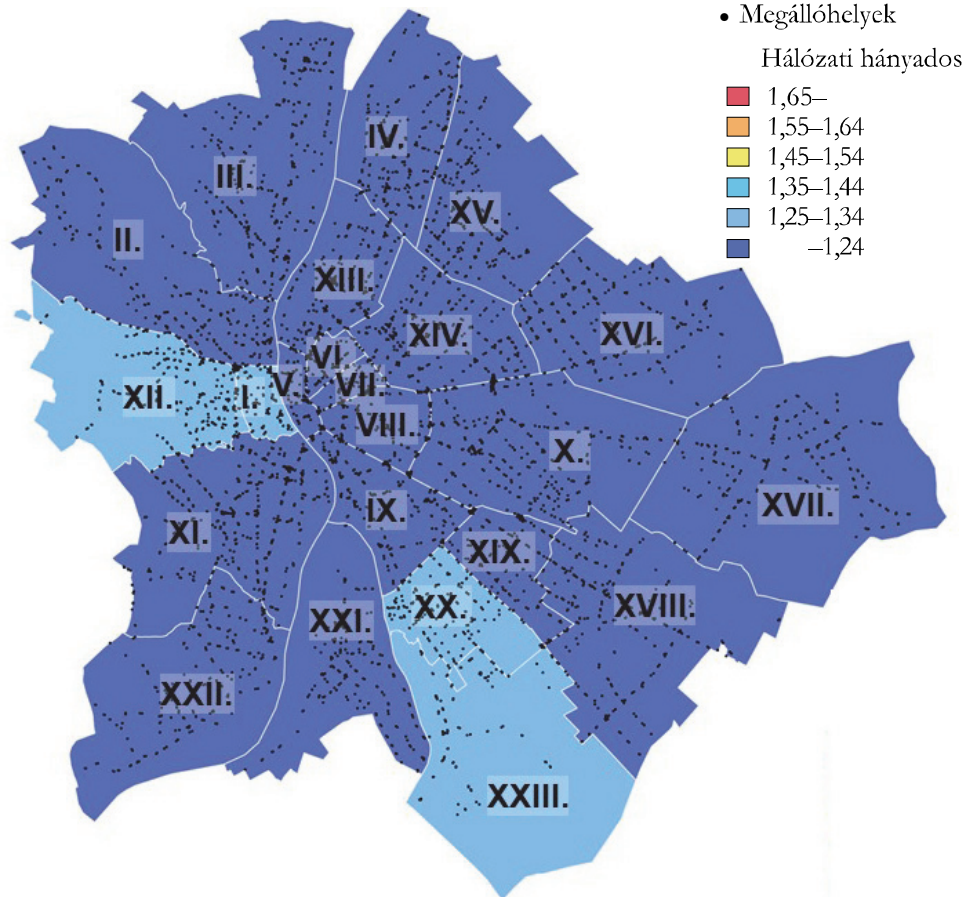
*(Folytatás.)*

## Közösségi közlekedési hálózat – Public transportation circuitry

*(Az ábra a következő oldalon folytatódik.)*

(Folytatás.)

### Gyalogos közlekedési hálózat – Walking circuitry



## IRODALOM

- BARABÁSI, A.-L. (2016): *A hálózatok tudománya* Libri Kiadó, Budapest.
- BARTHÉLEMY, M. (2011): Spatial networks *Physics Reports* 499 (1–3): 1–101.  
<https://doi.org/10.1016/j.physrep.2010.11.002>
- BATTY, M. (2013): Big data, smart cities and city planning *Dialogues in Human Geography* 3 (3): 274–279. <https://doi.org/10.1177/2043820613513390>
- BÉRES, A.–JABLONSKY, GY.–LAPOSA, T.–NYIKOS, GY. (2019): Spatial econometrics: Transport infrastructure development and real estate values in Budapest *Regional Statistics* 9 (2): 89–104. <https://doi.org/10.15196/RS090202>

- BOEING, G. (2017): OSMnx: new methods for acquiring, constructing, analyzing, and visualizing complex street networks *Computers, Environment and Urban Systems* 65: 126–139. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.004>
- BOEING, G. (2019): The morphology and circuitry of walkable and drivable street networks In: D'ACCI, L. *The Mathematics of Urban Morphology* pp. 271–287., Birkhäuser, Basel. <https://doi.org/10.31235/osf.io/edj2s>
- BOSCOE, F. P.–HENRY, K. A.–ZDEB, M. S. (2012): A nationwide comparison of driving distance versus straight-line distance to hospitals *Professional Geographer* 64 (2): 188–196. <https://doi.org/10.1080/00330124.2011.583586>
- CUBUKCU, K. M.–TAHA, H. (2016): Are euclidean distance and network distance related? *Environment-Behaviour Proceedings Journal* 1 (4): 167–175. <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v1i4.137>
- DIAZ, M. A.–HENDEY, G. W.–WINTERS, R. C. (2003): How far is that by air? The derivation of an air: ground coefficient *Journal of Emergency Medicine* 24 (2): 199–202. [https://doi.org/10.1016/S0736-4679\(02\)00725-4](https://doi.org/10.1016/S0736-4679(02)00725-4)
- DUSEK, T. (2010): A vasúthálózat 2009. évi változásának hatása a vasúti elérhetőségre *Területi Statisztika* 50 (6): 616–629.
- DUSEK, T.–KOTOSZ, B. (2016): *Területi statisztika* Akadémiai Kiadó, Budapest.
- DUSEK, T.–SZALKAI, G. (2006): Az időtér és a földrajzi tér összehasonlítása *Tér és Társadalom* 20 (2): 47–63. <https://doi.org/10.17649/TET.20.2.1053>
- ERDŐSI, F. (1990): A közlekedési-telekommunikációs viszonyok hatása a városok szerkezetének alakulására *Tér és Társadalom* 4 (2): 31–48. <https://doi.org/10.17649/TET.4.2.172>
- ERDŐSI, F. (2005): *Magyarország közlekedési és távközlési földrajza* Dialóg Campus, Budapest–Pécs.
- FLEISCHER, T. (1992): A magyarországi közúti szállítási tér *Közlekedéstudományi Szemle* 42 (6): 201–208.
- FLEISCHER, T. (2008a): Az elérhetőségről: az elérhetőség fogalma *Közúti és Mélyépítési Szemle* 58 (1–2): 1–6.
- FLEISCHER, T. (2008b): Az elérhetőség mérése, példákkal *Közúti és Mélyépítési Szemle* 58 (3–4): 15–22.
- GIACOMIN, D. J.–LEVINSON, D. M. (2015): Road network circuitry in metropolitan areas *Environment and Planning B: Planning and Design* 46 (6): 1040–1053. <https://doi.org/10.1068/b130131p>
- GONÇALVES, D. N. S.–DE GONÇALVES, C. M.–DE ASSIS, T. F.–DA SILVA, M. A. (2014): Analysis of the difference between the euclidean distance and the actual road distance in Brazil *Transportation Research Procedia* 3: 876–885. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.066>
- GRAHAM, M.–SHELTON, T. (2013): Geography and the future of big data, big data and the future of geography *Dialogues in Human Geography* 3 (3): 255–261. <https://doi.org/10.1177/2043820613513121>
- GUZIK, R.–KOŁOŚ, A.–GWOSDZ, K. (2017): Interconnections in public transport as a method for delimiting urban functional areas and the settlement hierarchy in Poland *Regional Statistics* 7 (1): 63–77. <https://doi.org/10.15196/RS07104>



- JÁSZBERÉNYI, M.–MUNKÁCSY, A. (szerk.) (2018): *Közlekedés, mobilitás, turizmus* Akadémiai Kiadó, Budapest. <https://doi.org/10.1556/9789634542292>
- JONES, S. G.–ASHBY, A. J.–MOMIN, S. R.–NAIDOO, A. (2010): Spatial implications associated with using euclidean distance measurements and geographic centroid imputation in health care research *Health Services Research* 45 (1): 316–327. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2009.01044.x>
- KOVÁCS, Cs. (1973): Főbb településeink egymáshoz viszonyított vasúti átlagtávolságai és forgalmi potenciáljai *Területi Statisztika* 23 (3): 232–245.
- KUJALA, R.–WECKSTRÖM, C.–DARST, R. K.–MLADENOVIC, M. N.–SARAMÄKI, J. (2018): A collection of public transport network data sets for 25 cities *Scientific Data* 5: 180089. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.89>
- LAU, B. P. L.–MARAKKALAGE, S. H.–ZHOU, Y.–HASSAN, N. U.–YUEN, C.–ZHANG, M.–TAN, U.-X. (2019): A survey of data fusion in smart city applications *Information Fusion* 52: 357–374. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.05.004>
- LEE, M.–CHEON, S. H.–LEE, S. (2018): *Imbalance of pairwise efficiency in urban street network*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1808.05844>
- LETH, U.–SHIBAYAMA, T.–BREZINA, T. (2017): Competition or supplement? Tracing the relationship of public transport and bike-sharing in Vienna *Journal for Geographic Information Science* 5 (2): 137–151. [https://doi.org/10.1553/giscience2017\\_02\\_s137](https://doi.org/10.1553/giscience2017_02_s137)
- LIEBIG, T.–PIATKOWSKI, N.–BOCKERMANN, C.–MORIK, K. (2017): Dynamic route planning with real-time traffic predictions *Information Systems* 64: 258–265. <https://doi.org/10.1016/j.is.2016.01.007>
- LIESZKOVSKY, J. P. (2023): A vidéki térségek térszerkezetének elemzése a közforgalmú közlekedési kínálat alapján, 2018–2020 *Területi Statisztika* 63 (1): 38–66. <https://doi.org/10.15196/TS630102>
- LONG, Y.–LIU, L. (2016): Transformations of urban studies and planning in the big/open data era: a review *International Journal of Image and Data Fusion* 7 (4): 295–308. <https://doi.org/10.1080/19479832.2016.1215355>
- MARIA, E.–BUDIMAN, E.–HAVILUDDIN, H.–TARUK, M. (2020): Measure distance locating nearest public facilities using Haversine and Euclidean Methods *Journal of Physics: Conference Series* 1450: 012080. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1450/1/012080>
- NEMES NAGY, J. (2017): *Tér, függés, kobézió, hálózatok* *Területi Statisztika* 57 (1): 3–23. <https://doi.org/10.15196/TS570101>
- PÁLÓCZI, G.–PÉNZES, J. (2011): A közösségi közlekedési rendszer térinformatikai vizsgálatának módszerei Hajdú-Bihar megye példáján. In: LÓKI, J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II.* pp. 443–449., Konferenciakötet, Kapitális Nyomdaipari Kft., Debrecen.
- PÁLÓCZI, G.–PÉNZES, J. (2012): Térinformatikai módszerek Debrecen autóbusszal való elérhetőségének vizsgálatában. In: LÓKI, J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában III.* pp. 287–294., Konferenciakötet, Kapitális Nyomdaipari Kft., Debrecen.
- PRASETYA, D. A.–NGUYEN, P. T.–FAIZULLIN, R.–ISWANTO, I.–ARMAY, E. F. (2020): Resolving the Shortest Path Problem using the Haversine Algorithm *Journal of Critical Reviews* 7 (1): 62–64. <http://dx.doi.org/10.22159/jcr.07.01.11>

- RECHNITZER, J. (2016): *A területi tőke a városfejlődésben. A GYŐR-KÓD Dialóg-Campus Kiadó, Budapest–Pécs.*
- RIAÑO, E.–REY, A.–HANSZ, M.–MASSA, F. (2022): Montevideo journey-to-work flows, 2016: A doubly constrained gravity model with random effects *Regional Statistics* 12 (2): 30–45. <https://doi.org/10.15196/RS120201>
- SIKOS T., T.–SZENDI, D. (2023): A hazai megyei jogú városok gazdasági és környezeti fenntarthatóságának mérése, 2020–2021 *Területi Statisztika* 63 (1): 88–124. <http://dx.doi.org/10.15196/TS630104>
- SZALKAI, G. (2001): Elérhetőségi vizsgálatok Magyarországon *Falu, Város, Régió* 6 (10): 5–13.
- SZALKAI, G. (2003): A közúti térszerkezet és a hálózatfejlesztés vizsgálata Romániában *Falu, Város, Régió* 8 (8): 19–24.
- SZALKAI, G. (2006): Elérhetőségi és forgalmi változások az elmúlt évek gyorsforgalmi úthálózat fejlesztéseinek következtében *Közúti és Mélyépítési Szemle* 56 (11-12): 18–24.
- SZALKAI, G. (2008): A közúti forgalom nagysága, mint fejlettségi indikátor *Közúti és Mélyépítési Szemle* 58 (9): 15–21.
- TINER, T. (1981): Az észak-magyarországi körzet főútvonalhálózatának mátrixalgebrai elemzése *Földrajzi Értesítő* 30 (4): 445–463.
- TÓTH, G.–KINCSES, Á. (2007a): Közúti elérhetőségi vizsgálatok Európában *Statisztikai Szemle* 85 (5): 431–463.
- TÓTH, G.–KINCSES, Á. (2007b): Elérhetőségi modellek *Tér és Társadalom* 21 (3): 51–87. <http://doi.org/10.17649/TET.21.3.1123>
- TÓTH, G.–NAGY, Z. (2013): Eltérő vagy azonos fejlődési pályák? A hazai nagyvárosok és térségek összehasonlító vizsgálata *Területi Statisztika* 53 (6): 593–612.
- VIERGUTZ, K.–KRAJZEWICZ, D. (2016): Analysis of the travel time of various transportation systems in urban context *Transportation Research Procedia* 41: 313–323. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.052>
- YEN, Y.–ZHAO, P.–SOHAIL, M. T. (2019): The morphology and circuitry of walkable, bikeable, and drivable street networks in Phnom Penh Cambodia *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* 48 (1): 169–185. <https://doi.org/10.1177/2399808319857726>
- ZDANOWSKA, N.–ROZENBLAT, C.–PUMAIN, D. (2020): Evolution of urban hierarchies under globalization in Western and Eastern Europe *Regional Statistics* 10 (2): 1–23. <https://doi.org/10.15196/RS100202>
- ZHAO, P.–YEN, Y.–BAILEY, E.–SOHAIL, M. T. (2019): Analysis of urban drivable and walkable street networks of the ASEAN smart cities Network *ISPRS International Journal of Geo-Information* 8 (10): 459. <https://doi.org/10.3390/ijgi8100459>
- VARGA, V.–TEVELI-HORVÁTH, D.–SALAMIN, G. (2020): A fiatal, képzett lakosságot vonzó potenciál a Budapest körüli csapágyvárosokban *Területi Statisztika* 60 (2): 179–210. <https://doi.org/10.15196/TS600204>

## INTERNETES FORRÁSOK

- ANTRIM, A.–BARBEAU, S. J. (2013): *The many uses of GTFS data – Opening the door to transit and multimodal applications* In: Conference Proceedings for 2013 TransITech Conference. Phoenix Arizona.  
<http://www.locationaware.usf.edu/wp-content/uploads/2010/02/The-Many-Uses-of-GTFS-Data-%E2%80%93-ITS-America-submission-abbreviated.pdf>  
(letöltve: 2022. november 24.)
- BUCZKOWSKA, S. (2018): *Quantitative models of establishments location choices: spatial effects and strategic interactions* PhD-dissertation, Université Paris-Est, Paris.  
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01835289> (letöltve: 2022. október 11.)
- DUSEK, T. (2004): *A területi elemzések alapjai* ELTE Regionális Földrajzi Tanszék – MTA–ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest.  
[http://geogr.elte.hu/REF/REF\\_Kiadvanyok/REF\\_RIT\\_10/REF\\_10\\_tartalom.htm](http://geogr.elte.hu/REF/REF_Kiadvanyok/REF_RIT_10/REF_10_tartalom.htm)  
(letöltve: 2022. július 23.)
- NÉMETH, A.–TÓTH, B. (2020): Gráf alapú integrált díjképzési rendszer hazai alkalmazási lehetőségei In: *Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia 2020* pp. 1–13., Széchenyi István Egyetem, Közlekedési Tanszék, Győr.  
<http://real.mtak.hu/id/eprint/108871> (letöltve: 2022. július 23.)
- OTTO, M. (2016): *Spatial constraints and topology in urban road networks* Master Thesis. Technische Universität Dresden, Institute for Transport and Economics, Dresden.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/236373434.pdf> (letöltve: 2022. október 11.)
- SZALKAI, G. (2004): A közlekedési hálózatok fejlesztésének hatása az elérhetőség változására. In: *II. Magyar Földrajzi Konferencia 2004* CD ROM, SZTE TTK, Szeged.  
[http://geography.hu/mfk2004/mfk2004/cikkek/szalkai\\_gabor.pdf](http://geography.hu/mfk2004/mfk2004/cikkek/szalkai_gabor.pdf)  
(letöltve: 2022. július 23.)

## ADATBÁZISOK/HONLAPOK

- [1] OpenMobilityData: <https://database.mobilitydata.org> (letöltve: 2022. július 23.)
- [2] Google Developers – Google Maps Platform:  
<https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview>  
(letöltve: 2022. július 23.)
- [3] <https://opendata.bkk.hu> (letöltve: 2022. február 6.)
- [4] [https://www.budapestinfo.eu/ugyintezes/polgarmesterei\\_hivatalok](https://www.budapestinfo.eu/ugyintezes/polgarmesterei_hivatalok)  
(letöltve: 2022. július 23.)