

# **TDK-dolgozat**

**Erdős Marcell**



**2024**

**Erdős Marcell** (III. évfolyam)

## **EGÉSZSÉGÜGYI ELLÁTÁSI FOLYAMATOK POPULÁCIÓ-SZINTŰ ELEMZÉSE**

Témavezetők: Dr. Vassányi István (egyetemi docens),  
Dr. Kósa István (egyetemi docens)

Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar,  
Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék

**Kézirat lezárása:** 2024. december 13.



# Tartalomjegyzék

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Bevezetés .....</b>                                                            | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Mérőszámok .....</b>                                                         | <b>2</b>  |
| <b>1.2. Hipotézisek.....</b>                                                         | <b>3</b>  |
| <b>1.3. Áttekintés .....</b>                                                         | <b>3</b>  |
| <b>1.4. A munka kiindulópontja .....</b>                                             | <b>5</b>  |
| <b>1.5. Alkalmazott technológia .....</b>                                            | <b>6</b>  |
| <b>2. Módszer ellátási régiók kialakítására.....</b>                                 | <b>10</b> |
| <b>2.1. A térbeli adatok tisztítása.....</b>                                         | <b>12</b> |
| <b>2.2. A területi alapú referencia módszer .....</b>                                | <b>13</b> |
| <b>2.3. Új területi és demográfiai módszer ellátó-homogenitás vizsgálattal .....</b> | <b>13</b> |
| 2.3.1. Alap módszer területi és demográfiai alapon.....                              | 13        |
| 2.3.2. Javított módszer a „billegés” csökkentésére .....                             | 14        |
| <b>3. Ellátási régiók jellemzése.....</b>                                            | <b>20</b> |
| <b>3.1. Körzetek numerikus ellátási jellemzői .....</b>                              | <b>20</b> |
| <b>3.2. De facto ellátási körzetek.....</b>                                          | <b>22</b> |
| <b>3.3. Klaszterezés rehabilitációs ráta alapján .....</b>                           | <b>25</b> |
| <b>3.4. Területi különbségek alátámasztása térbeli autokorrelációval .....</b>       | <b>31</b> |
| <b>4. Ellátók jellemzése .....</b>                                                   | <b>35</b> |
| <b>5. A betegek viselkedésének jellemzése .....</b>                                  | <b>41</b> |
| <b>6. Túlélés-elemzés .....</b>                                                      | <b>49</b> |
| <b>7. Diskusszió .....</b>                                                           | <b>52</b> |
| <b>7.1. Limitációk .....</b>                                                         | <b>55</b> |
| <b>8. Összefoglalás.....</b>                                                         | <b>57</b> |

# 1. Bevezetés

Hazánk kardiológiai centrumaiban évente több mint tízezer akut kardiológiai beavatkozás történik, melyet bizonyos esetekben a felépülést segítő rehabilitáció követ egy erre szakosodott intézményben. A rehabilitáció pozitív hatását a későbbi túlélésre, gyógyulásra több vizsgálat is megerősítette [1, 2]. A rendelkezésre álló egészségügyi infrastruktúra, emberi erőforrás ellátónként különböző, illetve az ellátó rendszer szereplőinek döntési szabadsága az alkalmazott protokollok mellett nagy, ezért lehetséges a térben/időben jelentősen különböző ellátási gyakorlatok kialakulása. A gyakorlatnak hatása lehet a betegek halálozási, felépülési mutatóira, az ellátási költségekre, de akár még a gyógyszerszedési szokásokra is, ezért a betegséghez köthető társadalmi és gazdasági teher csökkentése szempontjából indokolt a rendszer működésének, hatékonyságának vizsgálata, az esetleges anomáliák feltárása. Az ebből nyert eredmények, összefüggések közvetlenül felhasználhatók az ellátó rendszer tervezéséhez, fejlesztéséhez.

Az esetleges rehabilitációt megelőző akut esemény lehet tervezett, de nem tervezett is. Utóbbit tipikusan az infarktus diagnózis jelzi. A beavatkozás történhet katéteres, vagy mellkasmegnyitós módszerrel. Előbbi egyszerűbben, olcsóbban kivitelezhető, melyet a magasabb esetszáma, nagyobb gyakorisága is mutat. Ezt követően születik döntés a rehabilitáció megvalósulásáról, melyet az intervenciót végző intézmény ajánlhat és tehet javaslatot a rehabilitáció helyére is. A rehabilitáció elfogadása végül a beteg döntése. A rehabilitációra való küldést nem csak az ellátási gyakorlat, hanem egyéb tényezők is befolyásolhatják, azonban a korábbi irodalmak szerint [3]:

*"Nagy a felelőssége tehát a kórházi kardiológusnak, többek között az intervenció kardiológusnak a beteg döntésének segítésében."*

Nem elhanyagolhatók a beteg számára a rehabilitációt akadályozó fizikai korlátok, mint például a nem megfelelő infrastruktúra, a közlekedési lehetőségek hiánya, a rehabilitációs hely távolsága, a pénzügyi, illetve személyes korlátok. Tényüket több ország adatain végzett elemzések is bizonyítják [4]. Az akut eseményeket követő rehabilitációs arány nemzetközi viszonylatban 5-35% között mozog. A kor is befolyásolhatja a rehabilitációs döntés meghozatalát. Egy 2021-es német felmérés szerint a betegek 69%-ának ajánlotta fel a kezelőorvosa a rehabilitációt.

A korábbi kutatások alapján az orvosi döntési gyakorlatot (ajánlást) befolyásolja az intézet esetszáma, az eset súlyossága, illetve a rehabilitációs ellátói kapacitás földrajzi elérhetősége.

Ez utóbbi tényező a betegek oldalán is jelentős hatással van. A rehabilitáció megvalósulására tehát ezen két oldal együttesen van hatással.

## 1.1. Mérőszámok

A rehabilitációs ráta azon numerikus jellemző, mely megmutatja, hogy egy adott körzetben az akut ellátási eseményeket milyen arányban követte rehabilitáció. A ráta önmagában az ellátó intézményekkel nincs kapcsolatban. Kiszámítása a következőképp történik általánosan egy körzetre ( $AR$  a rehabilitációra küldött, míg  $A$  a rehabilitációra nem küldött betegek epizódjainak halmaza):

$$RR = \frac{|AR|}{|AR| + |A|} \quad (1)$$

Mivel azonban a kor is befolyásolhatja a rehabilitációs döntés meghozatalát, szükséges a földrajzi egységeket jelentő körzetekre vonatkozó esetszámok, ezáltal a rehabilitációs ráta korra normalizálása [5]. Erre a leggyakrabban használt megoldás, melyet ebben a munkában én is használok, több korcsoport alapú szekciót határoz meg úgy, hogy országosan megközelítőleg ugyanannyi epizód tartozzon mindegyikőjükbe.

Az alkalmazott módszer képlete a következő egy adott körzetre (ahol  $E$  az aktuálisan vizsgált körzet epizódjainak<sup>1</sup> halmaza,  $O$  pedig az összes epizód halmaza,  $E \subset O$ ):

$$RR_{norm} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{|O_i| \cdot |E| \cdot |E_{i_{AR}}|}{|O| \cdot |E_i|} \right) \cdot \frac{1}{|E|} \quad (2)$$

Az  $i$  index az adott korcsoportot (annak indexét) jelöli (jelen elemzésben:  $n = 4$ ).

Az akut esemény utáni fő (időbeli) folyamati elem a rehabilitáció mellett az adott betegút követését illetően a gyógyszerek felírása, kiváltása és beszedése. Adatok természetesen csak a kiváltást illetően állnak rendelkezésre, azonban ezek időbeli skálán való együttes vizsgálatával lehet következtetni a kiváltott kiserelés-mennyiségek segítségével arra, hogy az adott személynek melyik napra volt beszedni való tablettája. A beteg együttműködésének számszerű mérésére alkalmazható tehát az adherencia (AD), mely számítása egy aránnyal írható le:

---

<sup>1</sup> Az ellátási epizód fogalmának pontos meghatározását lásd később.

$$AD = \frac{|N_{\text{ellátott}}|}{|N|} \quad (3)$$

Ahol  $N$  a teljes időtartam napjainak halmazát,  $N_{\text{ellátott}} \subseteq N$  pedig azoknak a napoknak a részhalmazát jelenti, amikor a beteg rendelkezett gyógyszerrel.

## 1.2. Hipotézisek

A kutatás alap gondolata az, hogy az ellátó rendszer felfogható úgy, mint egy hálózat, ezért a korábbi hasonló eredményekre támaszkodva a statisztikai elemzéseken túl a rendszert erősen térbeli jellegű hálózatként modellezve, a hálózattudomány módszereivel (is) vizsgálom a következő kiinduló hipotéziseket:

- Az ellátási gyakorlat az ország területén, különösen vidéken inhomogenitást mutat, tehát a lakhely befolyásolhatja a várható ellátást
- A lakhely és az ellátási gyakorlat kapcsolata nem szigetszerű, hanem inkább a domináns ellátókhoz tartozó nagyobb földrajzi régiókhoz köthető
- Az ellátási gyakorlat (egyéb tényezők mellett) kapcsolatba hozható a betegek túlélésével, gyógyszereszedési adherenciájával vagy újabb kardiológiai esemény bekövetkezésével

Céлом tehát a térbeli és időbeli összefüggések feltárása a későbbiekben részletezett adathalmazon újszerű megközelítéssel, többek között hálózattudományi (mivel a rendszer hálózatként is modellezhető [6]) és statisztikai eszközökkel. Jellemzem az ellátási régiókat gráf készítésével, klaszterezéssel, térbeli autokorrelációval, majd magukat az ellátókat és viszonyukat is definiált mértékekkel. A következő szakaszban a betegek viselkedésének jellemzéséről esik szó, szintén korrelációval és gráf készítésével, a munka zárását pedig a túlélés-elemzés és a különböző mértékek/szemponatok közös vizsgálata jelenti.

## 1.3. Áttekintés

A kardiológiai rehabilitációs ellátások növekvő igénye miatt több korábbi kutatás is készült a témában, mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban. A vizsgálatok legnagyobb része nem foglalkozik térbeli elemzéssel, csak a különböző programok eredményességét vizsgálja a világ különböző pontjain, mint például Brazíliában [7] vagy Indiában [8]. Egy Veszprém vármegyei retrospektív elemzés [9] során vizsgálták az ottani, szívinfarktust elszenvedő és a Balatonfüredi Állami Szívkórházban 2018 és 2021 között ellátott betegek sorsát, túlélésének arányát

különböző jellemzőkre is kitérve. Eredményeik bizonyítják a rehabilitációs program sikerességét, azaz a rehabilitáció valóban javítja a beteg túlélési esélyeit. Emellett több tanulmány is igazolja a rehabilitációhoz köthető egészségnyereséget [10-12], illetve gazdasági hasznot [11].

Ha térbeli elemzés is történik, ennek egységei tipikusan adminisztratív körzetek, például államok vagy megyék. Erre példa egy megyei bontásban készült hazai elemzés [13], mely jelen munkánál későbbi, de rövidebb időszakot vizsgál. Tárgyalja a kardiológiai rehabilitációs ágyak megoszlását progresszivitási szintenként és szakmai szorzónként, a betegforgalmi adatokat idő és beteg-/esetszámok alapján, a kapacitások területi egyenlőtlenségeit az ágyszámok elemzésével. Az egészségügyi szolgáltatásokhoz való hozzáférést a betegforgalom alapján, a beteg lakóhelye szerint vizsgálja. Egy mátrix segítségével bemutatja a megyék közötti betegmozgásokat, továbbá kitér az akut szívinfarktus ténye alapján megkülönböztetett arányszámok meghatározására. Az elemzés hagyományos biostatisztikai módszerekkel jelentős területi egyenlenséget tárt fel. Ugyanakkor a módszer gyengesége, hogy az ellátó rendszer anomáliái nem feltétlenül követik az adminisztratív körzetek (például a megyék) határait. Ezért érdekes az a tanulmány, melyben az ellátási területeket foltszerűen vizsgálták Ausztráliában (az ellátáshoz való hozzáférés és a tényleges szükséglet szempontjából), a területek („catchment”) méretét nagyobbra választva a ritkán lakott régiókban [14].

Az ellátó rendszert vizsgáló térbeli elemzések tárgyai sok esetben az erőforrások/ellátók, az utak, a megközelíthetőség, az ellátóhoz való beéréshez szükséges idő [15].

A külföldi elemzések közül a téma szempontjából leginkább releváns az a Japánban folytatott területi elemzés [16], mely korrelációkat számít a körzetekben lévő kardiológiai rehabilitációs szakemberek száma és az osztályok száma között. Térképekkel vizualizálják a kategorizált rehabilitációs szakemberek regionális számszerű eloszlását, továbbá a rehabilitációs egységek számait a lakosságszámmal arányosítva. A cikk konklúziója szerint erős kapcsolat mutatható ki az ágyszámok és a rehabilitációs ráta között.

A legjobb tudomásom szerint hálózattudományi módszereket a vizsgált területen (kardiológiai rehabilitáció) még nem alkalmaztak. Ugyanakkor az ellátórendszer más vonatkozásaiban már igen, például egy kínai tanulmány utcák és egészségügyi ellátók hálózatának sűrűségét hasonlítja össze egy kínai nagyvárosban. A cél az egyenlőtlen eloszlású régiók detektálása a rendszer tervezésének támogatására [17].

A hálózattudományi módszerek (megfelelő) alkalmazásának fontosságát az egészségügyi hálózatok terén kiválóan összefoglaló publikáció [18] a társadalmi hálózatelemzés (SNA) megvalósíthatóságát vizsgálja az alacsony és közepes jövedelmű országokat illetően. Mivel ezen rendszerekben több szereplő (humán vagy szervezeti akár) működhet együtt, fontos a köztük lévő kapcsolatok feltárásával a hálózat szerkezetének, jellemzőinek elemzése. Kiemeli a különböző mutatók alkalmazásának (például központiság, távolság), valamint a különböző felbontású térbeli vizsgálatok létjogosultságát. A tudományág segítségével megalapozható a rendszer teljesítményének, stabilitásának javítása.

#### **1.4. A munka kiindulópontja**

A munka kiindulópontja egy olyan (részben) tisztított, anonimizált adatbázis, mely egy 8 éves időszakban (2004 és 2012 között) tartalmazza az egészségügyi ellátók által rögzített eseteket a hozzájuk tartozó diagnózis- és beavatkozás-kódokkal, illetve az érintett betegek gyógyszerkiváltási és halálozási adatait, továbbá nemüket, korukat és irányítószám-körzetüket. A forrásadatokat a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK) bocsátotta a tanszéki kutatócsoport rendelkezésére a rehabilitációs ellátás vizsgálata céljából. Fontos megemlíteni, hogy a gyógyszerkiváltási adatok csupán csak a 2010 és 2012 közötti időszakra álltak rendelkezésre (több, mint 9 millió rekorddal), így adherencia-vizsgálat esetén az epizódok és egyéb adatok halmaza is ezen időtartamra lett korlátozva. A forrásadatokat az egyetem tanszékén folyó korábbi kutatások során lettek előkészítve, a Balatonfüredi Honvéd Kórházzal együttműködésben. Rendelkezésre állt az ellátók (kórházak) térbeli elhelyezkedése és az egyes települések közötti közúton mért távolság. Korábbi elemzések során szakértő által definiált logika alapján elkészültek a tipizált esetekből felépített, index eseménnyel induló eseményláncok (epizódok), három lehetséges típussal: rehabilitációt indokoló akut esemény rehabilitációval, illetve anélkül, valamint akut eseménnyel nem indokolt rehabilitáció (AR, A, illetve R típusok). Az eseteket tartalmazó adatbázis 200,154 beteg 289,195 epizódját tartalmazza, epizódonként az index esemény típusával, az esetleges rehabilitáció időzítésével és hosszával és az érintett ellátók adataival együtt. Az index események típusait illetően három féle kód használatos megkülönböztetésül, a P a perkután, a B a bypass, az I pedig a szívbillentyűt érintő beavatkozást, akut eseményt jelenti. Előbbi (mely egy éren keresztül elvégzett műtét) esetén kitérek még az infarktusos és anélküli esetek megkülönböztetésére bizonyos szakaszokban. A nyitott szív műtétet pedig a csekélyebb esetszám miatt (is) együtt kezelem az elemzés során. A kisebb eset- és ellátószám itt abból fakad, hogy sokkal nagyobb

orvosi csapatot érintő, nagyobb kockázatú, több tervezést igénylő és komplex beavatkozásokról van szó, melyeket a kardiológiai centrumoknak csak egy része képes elvégezni.

Az elemzés alapjául szolgáló adatbázisban több esetben előfordult, hogy az ellátó intézmény kódját illetően (mely alapján beazonosítható) nem, vagy csak hibásan volt az eseménynél információ rögzítve, így ezen adatsorok törölve lettek. Bizonyos intézmény több kóddal is szerepelt, ugyanis a vizsgált évek során előfordultak változások, így ezek egységesítve és eszerint is kezelve lettek. Minden ellátóhoz egy egyedi koordináta érték is tartozik, valamint a budapesti intézmények egyedi helymegjelöléssel rendelkeznek már.

A kutatás módszertani előzményének tekinthető továbbá a korábban említetteken kívül, hogy egy hasonló problématerületen, az iszkémiás szívbetegség ellátásában már jó eredménnyel sikerült az ellátási gyakorlatot hazai adatokon, hálózattudományi módszerekkel jellemezni és a hasonló gyakorlatú ellátók csoportjait azonosítani [6, 19]. A kutatás közvetlen előzményének tekinthető a korábban elkészült, saját TDK dolgozat [20], valamint az abban bemutatott eredmények, melyre az itt bemutatott eredmények ráépülnek. Ezen munka leginkább csak a területi jellemzők vizsgálatára fókuszált a hálózattudomány eszköztárát (is) jelentősen alkalmazva.

## **1.5. Alkalmazott technológia**

A kitűzött célok Python nyelven történő megvalósítására számos hasznos könyvtár állt rendelkezésre, melyek használatával ugyanazon környezetben elérhetővé váltak a gráf, statisztikai és térbeli funkciók is. Hatalmas előny, hogy a következőkben röviden ismertetett modulok teljesen kompatibilisek egymás adatstruktúráival, adattípusaival. Azonban előtte fontos áttekinteni a hálózattudományt, mint tudományterületet, továbbá alkalmazhatóságát a különböző, a kutatás során is használt módszerek bemutatásával.

Világunkban járva, szétnézve alapvetően rendszerek halmazával találkozhatunk, bizonyos fokú szabályszerűség figyelhető meg. Ezen rendszerek természetesen kapcsolatban állhatnak egymással, ezzel már a hálózatok fogalmára kiterjesztve a minket körülvevő környezetet. A hálózatok fontosságát bemutató, nagy horderejű publikáció [21] is leírja, elemzésük és megértésük az üzleti, tudományos, de a mindennapi élet során is nagy előnyt jelenthet (akár a döntéshozatalban), de sajnos előfordulhat ezen ismeretek káros tevékenységekben megvalósuló kihasználása is, melyre az említett könyv is számos szemléletes példát hoz. A hálózatok alapvetően a csúcsokat/pontokat reprezentáló objektumokból, illetve a köztük lévő kapcsolatokból, élekből (például személyek közti kapcsolatok, weboldalak közti linkek,

rehabilitációs folyamat során az intézmények közti betegutak) állnak. Előfordulhatnak kulcsfontosságú csomópontok („hubok”), melyek sok kapcsolattal rendelkeznek a hálózat többi résztvevője felé, ezzel a teljes struktúra stabilitására, sérülékenységre is erős befolyást gyakorolva. Új „szereplők” felvételük során nagyobb eséllyel kapcsolódnak ezen pontokhoz, mely a skálafüggetlenség megvalósulását jelenti az adott hálózatban [22]. A véletlen hibákkal szemben védettebbek az ilyen struktúrák, de a célzott támadások a „hubok” ellen valóban a jelentős széthullás veszélyével fenyegethetnek. A hálózatokban kialakulhatnak sűrűn összekapcsolt pontok csoportjai, klaszterei, ismeretük pedig információt nyújthat ezen komplex struktúrák viselkedéséről, szerkezetéről, melyek elemzése alapvetően le is írja a hálózattudományt is, mint tudományágat.

A hálózatok gráfok formájában jeleníthetők meg, dolgozhatóak fel, ezen formában lehetőség nyílik többük összehasonlítására, még akár teljesen különböző területről származva is. Megvalósítására számos módszer létezik [23], melyek közül kiemelendő azon alapeset, amikor két hálózat azonos csomóponthalmazzal rendelkezik (vagy legalább van közös részhalmazuk) és a páronkénti megfeleltetés ismert, hiszen jelen kutatás is ezen kiinduló esetet alkalmazza. Megnevezése „Ismert Csomópont-Megfeleltetés” (KNC). Erre épülnek egyszerűbbnek tekinthető módszerek, melyek a szomszédsági mátrixok különbségének direkt számításán alapszanak. Az eredményre lehet tehát mátrix normát alkalmazni, például az euklideszit, ahol minden elem négyzetösszegének gyökét vesszük, de említendő még a Manhattan-, Canberra- és a Jaccard-távolság is [23, 24] (utóbbi esetében a súlyozottként való bővített módszert kell alkalmazni az élek súlyozottságának jelenléte miatt [25]).

Reprezentatívabb, fejlettebb módszer a DeltaCon-távolság, amely a két gráf összes élpárjának hasonlóságait hasonlítja össze, azaz egyetlen globális különbség-mérőszám [23, 26, 27]. Jelen elemzés megfelelő szakaszaiban is ezen módszer került alkalmazásra. Figyelembe veszi, hogy egyes élek fontosabbak lehetnek másoknál, valamint az egynél hosszabb ösvények hasonlóságát is. Abban az esetben, ha nagyobb súlyú él a különbség, akkor nagyobb lesz az értéke. Emellett a gráfok alacsony sűrűsége esetén a különbség nagyobb, mint nagy sűrűség esetén és kibővített verziójával képes megtalálni azon csomópontokat/éleket is, amelyek leginkább felelősek a különbségért [27].

Definiálása a Matusita-távolságon ( $d$ ) alapszik, ahol  $X$  és  $Y$  a két összehasonlítandó hasonlósági mátrix,  $i$  és  $j$  pedig az indexek:

$$d = \sqrt{\sum_i \sum_j (\sqrt{X_{ij}} - \sqrt{Y_{ij}})^2} \quad (4)$$

Számításigényt illetően a csomópontok számával négyzetes, azonban egy megközelítőleges opcióval gyorsítható, mely a hasonlóság-mátrixok számítását egy véletlenszerűen választott ponthalmazra korlátozza [26]. Megvalósítását illetően a gráfok felépítése és az ezt előkészítő adatfeldolgozások után a „netrd” Python könyvtár megfelelő függvényét alkalmaztam, mely bemenetként a lényeges paramétereket illetően a két „NetworkX” gráfot várja.

Lehetséges alternatívaként megemlíthető még a gráfok összehasonlítását illetően a vágási távolság, mely a vágási súlyon alapszik [23, 28]. Két gráf hasonló, ha kevésbé eltérő vágási súllyal rendelkeznek minden lehetséges hálózat bipartíció mentén.

A kutatás másik fő hálózattudományi egységét a hálózat egészétől jelentősen elkülönülő, elemeiben egymáshoz hasonló, nem átfedő közösségek, csoportok megtalálása jelentette. Erre széleskörűen alkalmazott megoldás a Louvain klaszterezési módszer [29], mely alapvetően a modularitás értékének optimalizálásán alapszik, ez ugyanis méri a kapcsolatok (élek) közösségeken belüli sűrűségének mértékét a közösségek közti élek sűrűségéhez képest. Először kisebb közösségeket talál meg (lokálisan optimalizálva a modularitást a csomópontokon), majd ezek összevonásra kerülnek és iteratívan tér vissza ez után az algoritmus az előbbi lépéshez. Futásidőt tekintve  $n \cdot \log(n)$  idejű, ahol  $n$  a csomópontok száma a hálózatban. Elkészítése során az adatelőkészítés, gráf-felépítés után a SLM („smart local moving”) algoritmust használtam [30], mely az említett modularitás értéket maximalizálja. Elérhető egy parancssoros Java program formájában.

A hatalmas adathalmazok kezelésére, effektív feldolgozására kiválóan használhatóak a Pandas, GeoPandas könyvtárak. Segítségükkel könnyedén olvashatóak, írhatóak nagy adatfájlok, végezhetőek műveletek a teljes halmazon is akár. Utóbbi könyvtár lehetőséget biztosít a térbeli adatokkal, geometriai alakzatokkal való munkára, mellyel olyan formában lehet feldolgozni őket, hogy azok egyéb térinformatikai eszközökkel, alkalmazásokkal is kompatibilisek legyenek. A térbeli adattípusokat (és ezek kezelését) a Shapely könyvtár biztosította, például a Polygon, MultiPolygon, illetve Point típusokat, de használatával történt az alakzatok összeolvasztása, mely jelen kutatásban fontos szereppel bírt.

Az eredmények, térképek vizualizálására alkalmazható a Matplotlib könyvtár, illetve a QGIS földrajzi információs szoftver. Előbbi segítségével könnyedén, az alkalmazott környezetben tehető ez meg a „plot” függvény hívásával (mely a GeoPandas adattárolóira közvetlenül is

meghívható), lehetőséget biztosítva a széles körű testreszabásra. Utóbbi program pedig leginkább a térképek igényes elkészítésében nyújt segítséget többek között.

A térbeli autokorreláció számításához, ábrázolásához a PySAL könyvtárhoz tartozó ESDA részkönyvtár használható. Továbbá alkalmazásra került a NumPy matematikai függvénykönyvtár, az eddigiek közül többre is ráépülő scikit-learn (sklearn) és a SciPy könyvtár a Spearman korreláció kalkulálásához. Utóbbi azonban nem alkalmazható bináris és folytonos változó kapcsolatának, együttes változásának mértékének meghatározására, ezért ekkor ugyanezen bővítmény segítségével a point-biserial korrelációs koefficiens számítására került sor. A gráfok felépítésére, vizualizálására pedig a már említett NetworkX hálózattudományi könyvtár, mely egyebek mellett lehetőséget biztosít különböző mértékek, algoritmusok, strukturális elemzések kivitelezésére.

## 2. Módszer ellátási régiók kialakítására

Számos egészségügyi (adat)elemzés készült már, mely a kezelt betegek NEAK-adatbázisban rögzített irányítószámát használta területi elemzés céljából, természetesen a személyes adatok anonimizálásával. Azonban ezen területi azonosító (illetve az általa lefedett beteghalmaz) használata ezen állapotában a számolt statisztikai értékek, mérőszámok és ezáltal az elemzés torzulásához vezethet a túl kicsi esetszámmal vagy lakosságszámmal rendelkező körzetekben, illetve kisebb településeken beazonosíthatósági problémákat is felvethet [31-33]. Ezen okok miatt fontos, hogy az adatsorok formájában rendelkezésre álló irányítószám-körzetekből legyen összevonva annyi és olyan összetétellel, mely lehetővé teszi az említett problémák megszűnését, de emellett minél előnyösebb, jobb minőségű országos felosztást biztosít.

Az eredményként kapott felosztás minőségének mérésére az alábbi kritériumokat határoztam meg a korábbi hasonló elemzések tanulságai alapján, szakértő segítségével.

1. Minden összevont körzetben („foltban”) minimum 50 epizódnak kell lennie a statisztikai elemzések kivitelezhetőségének biztosítására. Az ettől való eltérés felfelé pedig a homogenitás érdekében legyen minél kisebb. Ezen kritérium minősége mérhető az összes foltra vett átlagos esetszám és az esetszámok szórása segítségével. Előnyös, ha az átlagos esetszám és annak szórása minél alacsonyabb, mivel így teljesül a létrehozott régiók országos szintű homogenitása.
2. Az összevont körzetek (foltok) száma minél nagyobb legyen a finomabb térbeli felbontás érdekében. Túlságosan nagy foltok esetén kevésbé kerülnének megőrzésre a hálózat eredeti, regionális jellemzői.
3. A körzetek a lehető leghomogénebb eloszlást mutassák a területükön élő betegek által látogatott, index eseményt végző ellátók kilétét, mennyiségét illetően. Ez különösen a határzónáknál jelenthet problémát, hiszen, ha dominancia szerint hozzárendelésre kerül valamely ellátóhoz egy „billegő” körzet (lásd később a De facto ellátási zónák c. fejezetben), akkor az természetesen kissé torzíthatja az eredményeket az adott kórház vonatkozásában a valósághoz képest. Egy-egy foltra nézve ezen homogenitás egy 0-1 közötti „szürkesség” értékkel mérhető, mely minél nagyobb, annál kevésbé jellemző, hogy egy ellátó egyértelműen dominálna a körzet betegellátását. Az összesítő táblázatokban ennek számszerű értékének megjelenítése azon foltok teljes országra nézett százalékos arányával történik, melyeknél a dominánsként meghatározott index intézmény epizódjainak száma nem éri el a 60%-ot.

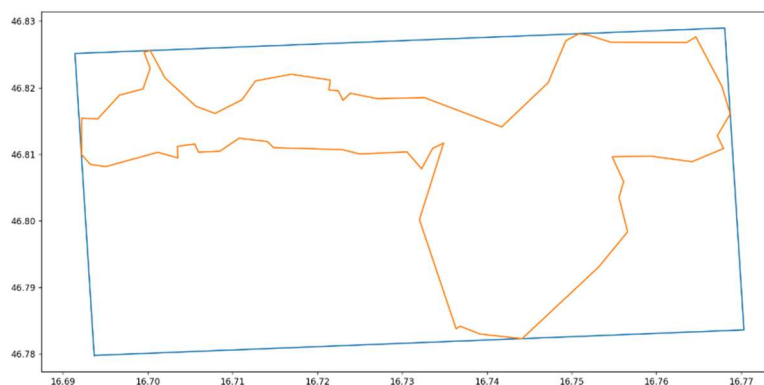
4. Továbbá törekedni kell a foltszerűség biztosítására, hogy lehetőleg ne alakuljanak ki túlságosan szerteágazó, kevésbé szabályos, torz régiók, mivel ez esetben jellemzően nem hasonló rehabilitációs gyakorlatot követő, földrajzilag is egymástól távol elhelyezkedő körzetek kerülnének összevonásra.

Az utolsó kritérium több mérték együttes vizsgálatával mérhető. Ilyen a lehetséges új foltra vonatkozó befoglaló minimális elforgatott téglalap (melyre szemléletes példa a 1. ábra) oldalainak aránya.

Az oldalarány számítása a következő egyszerű képlet alapján történik, ahol  $T$  jelenti a befoglaló minimális elforgatott téglalapot:

$$BB_{arány} = \frac{T_{rövidebb\ oldal\ hossz}}{T_{hosszabb\ oldal\ hossz}} \quad (5)$$

A használandó téglalap a Shapley könyvtár `minimum_rotated_rectangle` függvénye segítségével előállítható poligon formájában, mely könnyű kezelhetőséget tesz lehetővé. Multipoligon (több poligon együttese) esetében a „részpolygonok” oldalainak arányának átlagát vettem.

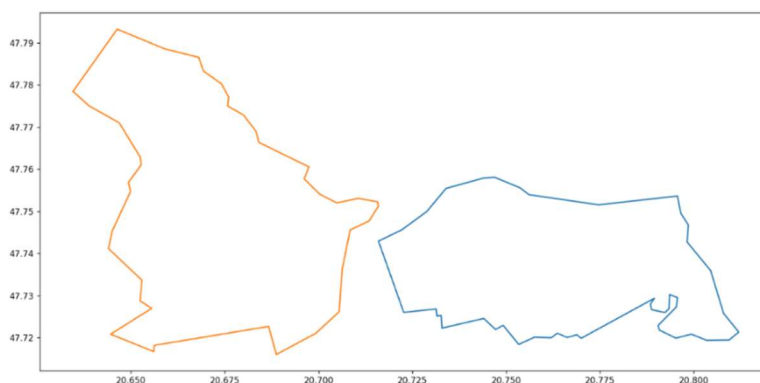


**1. ábra:** Példa befoglaló minimális elforgatott téglalpra

Ezen érték összes körzetre vetített átlaga meghatározza tehát a foltszerűség egyik részkritériumát, az oldalarányt. Minél közelebb van a kalkulált érték az 1-hez, annál inkább foltszerűbb egy-egy újonnan létrejövő poligon ezen értelemben. A foltszerűségre jellemző továbbá a terület/terület aránya, mely esetében cél volt, hogy az eredmény minél kisebb érték legyen. Befolyásolja még az összeolvasztás alakulását, hatékonyságát a foltszerűséget illetően a közös határszakasz hossza, mely azonban az algoritmus eredményeit, jellemzőit bemutató táblázat adatai között nem szerepel, mint az értékelés/összehasonlítás alapjául szolgáló statisztikai eredmény, de a későbbiekben leírt, új módszer ezt is használja.

## 2.1. A térbeli adatok tisztítása

A későbbiekben olvasható algoritmusok megfelelő futásához további korrekcióra volt szükség a földrajzi adatokat illetően is. Problémát okozott, hogy bizonyos körzetek eleve több különálló részből álltak („multipolygonok”), melyek megszüntetése/átalakítása elengedhetetlen volt. Abban az esetben, ha a két, vagy több különálló részből álló multipolygon valamely részpoligonjainak területe arányában jóval kisebb a legnagyobb részpoligonhoz képest (2. ábra), akkor ezeket beolvastottam a környezetükbe, ezzel a multipolygon problémáját feloldva. Ha az arányuk megközelítette az 1-et (ennek  $\pm 0,3$ -as környezetében) és mindkettőre esett a koordináták alapján létező település, akkor az esetszámok megosztásával két külön körzetet hoztam létre, település koordináta hiányában pedig a kisebbet itt is beolvastottam a környezetébe.



2. ábra: Példa két részből álló körzetre

Előfordult továbbá olyan eset is, hogy az események adatbázisával való összeköttetés alapját jelentő irányítószám értékkel több folt is szerepelt. Ekkor, mivel a betegnek csupán csak ezen területi adata ismert, szintén összeolvasztást végeztem. Az új körzethez a területileg domináns település lett hozzárendelve. Kialakítottam a budapesti kerületeket a hozzájuk tartozó irányítószámokkal rendelkező körzetek összevonásával. Továbbá a több irányítószámmal rendelkező nagyvárosokhoz tartozó körzeteket egyesítettem, a domináns területi azonosítóval jelölve ezután [33]. Az összevonások elvégzéséhez a Shapley könyvtár union függvényét használtam. Az előkészítő adatkorrekció eredményeként olyan körzeteket kaptam, melyek már alkalmas állapotban voltak a további, tényleges összevonásokhoz, a különböző kritériumoknak megfelelő, értékelhető elemzés végzéséhez.

## 2.2. A területi alapú referencia módszer

Egy már kialakított módszer [33] csupán távolságalapú irányítószám-aggregációt javasol, mely iteratíván az aktuálisan legkisebb lakosságszámot lefedő irányítószámot, vagy irányítószám csoportot vonja össze a hozzá földrajzilag legközelebb eső, azonos megyébe tartozó irányítószámmal, vagy irányítószám csoporttal. Az újonnan kialakuló irányítószám csoport területi azonosítójának az eredetileg több lakost lefedő terület irányítószámát tekinti. Addig ismétli a lépést, amíg van olyan irányítószám, vagy irányítószám csoport, amely nem éri el a felhasználó által meghatározott minimálisan lefedendő összlakosságszámot.

A módszert a jelenlegi adathalmazon megvalósítottam 50-es minimálisan lefedendő összlakosságot meghatározva, külön kezelve a P és B+I eseteket (melyek az akut kardiológiai beavatkozás típusát jelzik). Az eredményeket az 1. táblázat mutatja (az értékeket két tizedes jegyre kerekítve).

1. táblázat: A referenciának tekintett első algoritmus eredményei

| Esemény típusa | Foltok száma | Átlagos oldalarány | Átlagos esetszám | Szórás | Átlagos kerület/terület arány | Foltok százaléka 60% alatti domináns ellátóval |
|----------------|--------------|--------------------|------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| P              | 614          | 0,54               | 183,51           | 275,08 | 52,95                         | 39,41%                                         |
| B+I            | 228          | 0,71               | 120,89           | 85,51  | 40,60                         | 19,30%                                         |

Mint látható (1. táblázat), az eredetileg több ezres nagyságrendű irányítószám-körzet mennyiség az összeolvasztást végző algoritmus lefutása után leredukálódott bőven ezer alattira mindkét vizsgált esetben. Az oldalarány-érték viszonylag közel van a maximumnak tekintett 1-hez, mely bizonyítja, hogy ezen módszer egyedül területi alapon nyugszik, így erre kifejezetten előnyös mértéket képvisel.

## 2.3. Új területi és demográfiai módszer ellátó-homogenitás vizsgálattal

### 2.3.1. Alap módszer területi és demográfiai alapon

Mivel a referencia módszer csak földrajzi alapokon nyugvó algoritmus, ezért a munka első fázisában [20] arra törekedtem, hogy egy demográfiai szempontból is homogénebb eloszlású felosztást hozzak létre.

Az iteráció a referencia-módszerhez hasonlóan addig történt, amíg volt olyan körzet, amely nem érte el a minimális esetszámot, de azon belül egy pontozásos alapon súlyozott értékelési

rendszert alkalmazott. 70%-os súllyal került reprezentálásra az esetszám-pont (minimális távolságra törekedve az alsó korlátból), valamint 30%-kal a foltszerűség-pont.

A módszer jobb eredményt (2. táblázat) hozott a referencia-módszerhez (1. táblázat) képest a demográfiai statisztikai mértékeket nézve átlagosan 15%-kal, de egyik esetben még a foltszerűség egyik paraméterét illetően is. Az algoritmus eredménye összességében nézve csak a foltszerűség minimális romlásával volt javítható, de a másik szempontot illetően számottevő mértékben. Bizonyítva, érdemes nem csak területi alapon megközelíteni a problémát, hanem fontos a demográfiai adatok bevonása is. Azonban ezen módszer sem tért ki a foltokon belüli ellátó-homogenitás, a „billegő körzetek” kezelésére.

**2. táblázat:** A területi és demográfiai alapú referencia algoritmus eredményei

| Esemény típusa | Foltok száma | Átlagos oldalarány | Átlagos esetszám | Szórás | Átlagos kerület/terület arány | Foltok százaléka 60% alatti domináns ellátóval |
|----------------|--------------|--------------------|------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>P</b>       | 721          | 0,63               | 156,27           | 256,34 | 59,04                         | 39,49%                                         |
| <b>B+I</b>     | 269          | 0,66               | 102,47           | 74,22  | 43,98                         | 21,56%                                         |

### 2.3.2. Javított módszer a „billegés” csökkentésére

A korábbiakban tárgyalt módszerek nem tértek ki annak biztosítására, hogy lehetőleg minél kevesebb „billegő” körzet legyen, azaz a többi minőségi kritériumnak megfelelés mellett az adott foltban minél kevesebb index ellátó osztozzon. Ezáltal a körzetre a domináns intézmény szempontjából számított mutatók valósabb képet adnak a tényleges működéséről.

A javított módszer megvalósításához a már bevált, hatékonyabbnak, eredményesebbnek bizonyuló alapszámításhoz hasonlóan pontozásos alapon súlyozott értékelési rendszert alkalmaztam. A kiindulási alap is megegyezik a korábbi módszerek előkészítő fáziséval, mivel így egy hibák nélkül alkalmazható kiinduló adathalmaz kapható [33]. Az iteráció addig történik, míg van a minimálisnak a felhasználó által meghatározott népességlimitet (jelenlegi elemzésben 50 fő) el nem érő irányítószám körzet vagy csoport:

1. Kiválasztom az aktuálisan legkisebb esetszámú körzetet (vagy körzetcsoportot).  
Azonosság esetén a minimális területet veszem alapul.
2. Szomszédot választok a következők alapján:
  - 2.1. A két, potenciálisan összeolvasztandó körzet közös határa nem lehet kisebb a kerület 5%-ánál, ezzel kizárva a minimális kapcsolódási ponttal rendelkező

szomszédokat. Továbbá nem lehet nagyobb a szomszédos körzet esetszámának értéke, mint az erre külön meghatározott határérték (ezen túl felső korlát). Ez csak abban az esetben léphető túl, ha nincs egyéb, ez alatti szomszéd. Ilyenkor mindig az kerül kiválasztásra, mellyel így minimális az esetszám, a pontozásos rendszertől függetlenül. Bevezetésére eredetileg a nagy esetszámú körzetek körül enélkül megfigyelt „csoportosulás” elkerülése, vagy legalább csökkentése céljából került sor.

- 2.2. Ha a szomszéd kiválasztása nem ütközik az előbb említett problémákba, akkor a lehetséges opciók közül kiválasztom a legtöbb ponttal rendelkezőt. A pontozás során 21%-os súllyal szerepel az esetszám-pont, mely annál magasabb, minél közelebb lenne az új esetszám érték a felhasználó által meghatározott minimális népességlimithez (jelen elemzésben 50 fő) akár alulról, akár felülről. Fontos a differencia normálását alkalmazni az  $x \in [0,1]$  tartományra, ahol  $x$  a pont értéke. A szomszéd értékelésében ezt az értékét 21%-os szorzóval veszem majd.

A pontozás alapú megközelítés második eleme, a 9%-os súllyal rendelkező foltszerűség-pont, mely három érték együttes, normált értékének átlagából számítandó. Ilyen a lehetséges új folt oldalainak aránya, a kerület/terület aránya és a közös határszakasz hossza (kifejtve lásd 2. bevezető). Ezen (szintén az említett módon normált) érték mint említettem, 9%-os súllyal számít bele az összesített pont értékébe.

A harmadik, egyben legnagyobb súllyal rendelkező paraméter az ellátó-homogenitás szerinti pont, mely 70%-os fontossággal szerepel (mellette megőrizve a másik két szempont egymáshoz viszonyított arányát). A pont számítása szintén 0 és 1 közötti értékkel történik, mely megkapható az összevonandó földrajzi egységre vonatkozó minimum és maximum esetszámú ellátók epizódjainak mennyiségének különbségével, majd ennek az összegzett esetszámmal való osztásával (természetesen, ha van legalább kettő ellátó). Ezen módszerrel a képletben reprezentálva van annak súlya is, ha több intézmény is jelen van.

- 2.3. Kiválasztom a legnagyobb ponttal rendelkező szomszédos körzetet, majd elvégzem az összeolvasztást. Az új körzethez meghatározom a legjelentősebb részkörzet irányítószámát mint fő azonosítót, de tárolom a többi, az

összeolvastás által már tartalmazott részírányítószámot is a későbbi beazonosíthatósághoz.

A foltösszevonási ciklus 2.1-es pontjában említett felső korlátként eredetileg egy állandó, 500-as értéket határoztam meg a jelenlegi elemzéshez, de felismertem, hogy ezen érték csökkentése, azaz csupán mindentől függetlenül a „minimum esetszámú szomszédos körzet választása” elv gyakoribb alkalmazása egy bizonyos mértékig még javított az eredményen. Opcionális alkalmazása nélkül is jobb eredmények várhatóak a referencia módszereknél. Jelen kutatás adathalmazához igazítva fokozatos értékcsökkentés mellett tesztelve mindkét epizódhalmazra meghatároztam azon értéket, mely alatt már nem volt jelentős javulás és mind számszerűleg, mind térképen vizualizálva/tekintve is minden szempontnak egységesen megfelelő felosztást kaptam. A feltehető optimumot már egész jól megközelítette a P esetben a 100-as (mivel tovább csökkentve már nem túl foltszerű körzetek is keletkeztek, de a demográfiai mértékek is csak elhanyagolható javulást hoztak), a B és I index eseményeket illetően a 300-as érték beállítása „felső korlátként”.

Az említett részpont arányokat alkalmazva a fő irányvonalat jelentő P eseteknél közel 1%-os javulás volt megfigyelhető a referencia módszerekhez képest az ellátó-homogenitást illetően, a B és I epizódoknál pedig a demográfiai alapot is alkalmazó korábbi verzióhoz [20] képest 5%-nál is több egymáshoz viszonyítva (lásd 3. táblázat ezen algoritmus eredményeihez). Itt azonban ennek javára csökkent a foltszám. Bár előbbi esettípusnál csak 1%-os a számszerű javulás a kiértékelést szolgáló 60%-os szabállyal, a „billegő” foltok jól láthatóan kevésbé billegnek (lásd 3. ábra színezése).

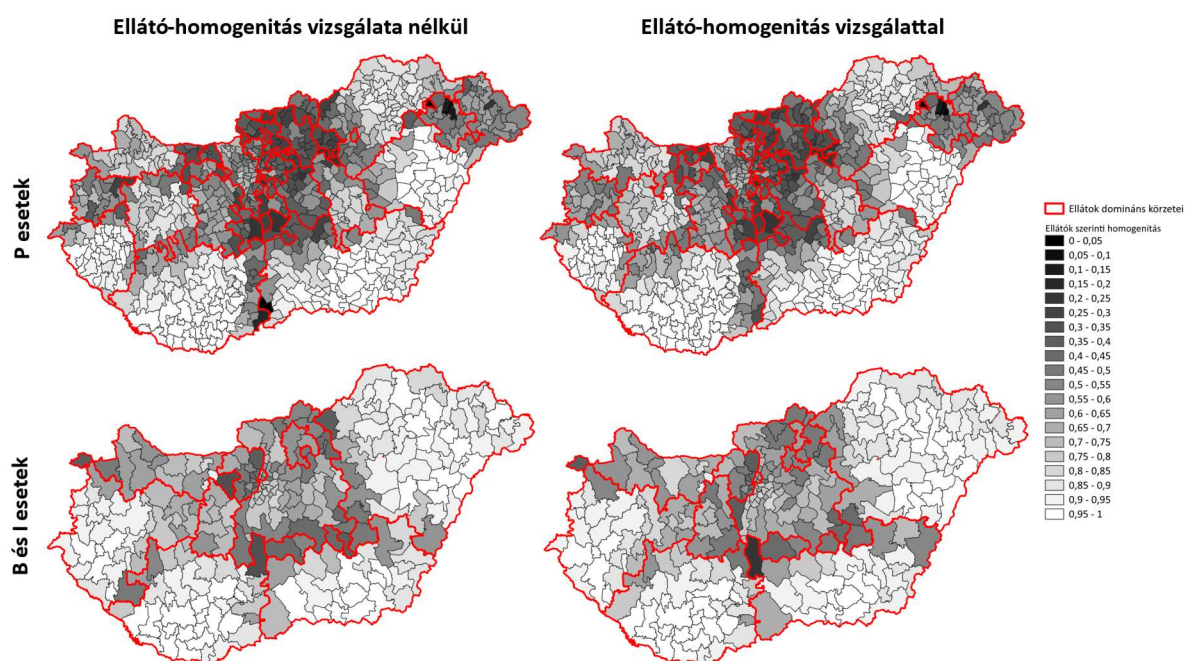
**3. táblázat:** A területi és demográfiai alapú, de ellátó-homogenitást is vizsgáló algoritmus eredményei

| Esemény típusa | Foltok száma | Átlagos oldalarány | Átlagos esetszám | Szórás | Átlagos kerület/terület arány | Foltok százaléka 60% alatti domináns ellátóval |
|----------------|--------------|--------------------|------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>P</b>       | 721          | 0,63               | 156,27           | 256,24 | 58,92                         | 39,11%                                         |
| <b>B+I</b>     | 265          | 0,65               | 104,02           | 74,24  | 44,28                         | 20,38%                                         |

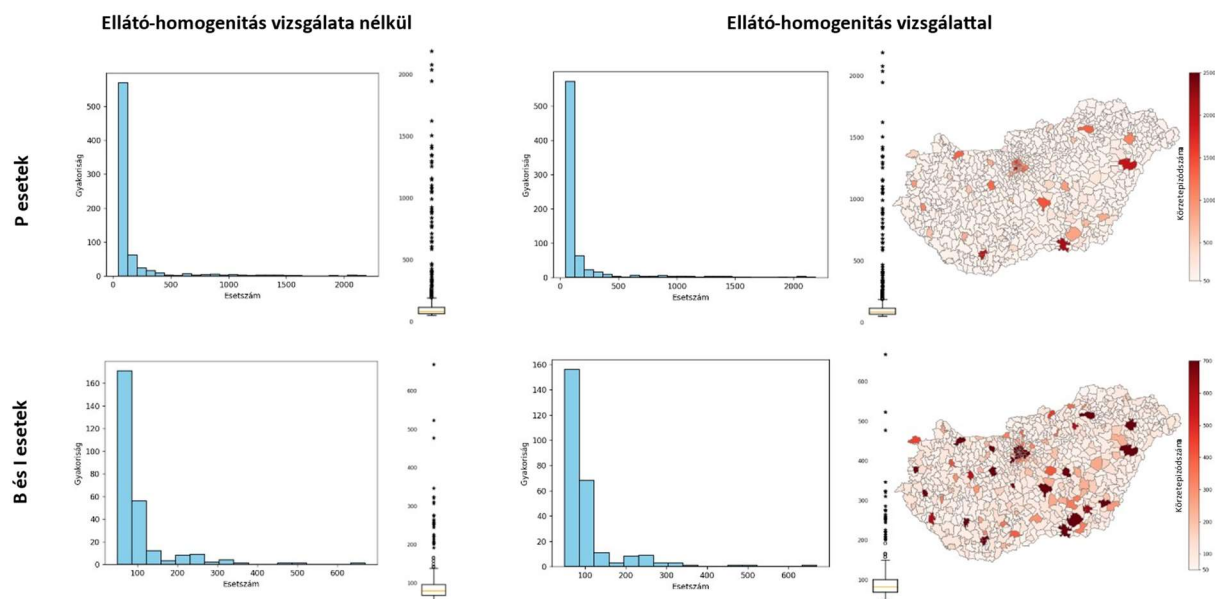
Az szempontok százalékos arányának meghatározása többszörös teszteléssel történt, majd végül a korábban olvasható eloszlás megtartásával sikerült elérni egy alapvetően mindhárom téren előnyös megoldást (mind számszerűleg, mind vizuálisan ellenőrizve). Szükség volt a 70%-os homogenitás-súly alkalmazására, mert a fő irányvonalat jelentő P eseteknél ez hozott egy jelentősen jobb változást, továbbá még a foltszám sem változott negatívan ezen

epizódoknál. B és I eseteknél eredetileg is nagyobb homogenitás volt megfigyelhető (feltehetőleg a kevesebb esetszám és ellátó miatt).

A foltokra vett ellátókat illető homogenitás mérték térképeken történő összehasonlításával (3. ábra) látható, valóban csökkenthető volt a két területi és demográfiai módszert nézve a „billegő” körzetek jelenlétének száma. Természetesen a szürkezónák teljes eltüntetésére (a határok mentén) nem kínálkozott esély, mivel enélkül nem lehetne biztosítani a különböző alapfeltételeket, melyeket az összevonás, illetve megvalósításának elvi háttére előír. Az esetszámok összevonás utáni eloszlása viszonylatában (4. ábra) nem mutatkozott jelentős különbség, mégis csökkenthető volt a „billegő” körzetek száma. Mint látható (4. ábra), országos szinten viszonylag homogén P esetszám értékeket hozott létre az algoritmus eredménye az index események számát illetően. Kivételt képeznek a nagyobb városok körzetei, melyekhez értelemszerűen kezdetben is nagyobb esetszámok tartoztak. Budapesten szintén magasabb esetszámok mutatkoznak a település központi szerepét tükrözve. B és I epizódokra nézve hasonló jelenségek figyelhetők meg, itt azonban a jellemzően alacsonyabb esetszám miatt nagyobb körzetek keletkeztek.

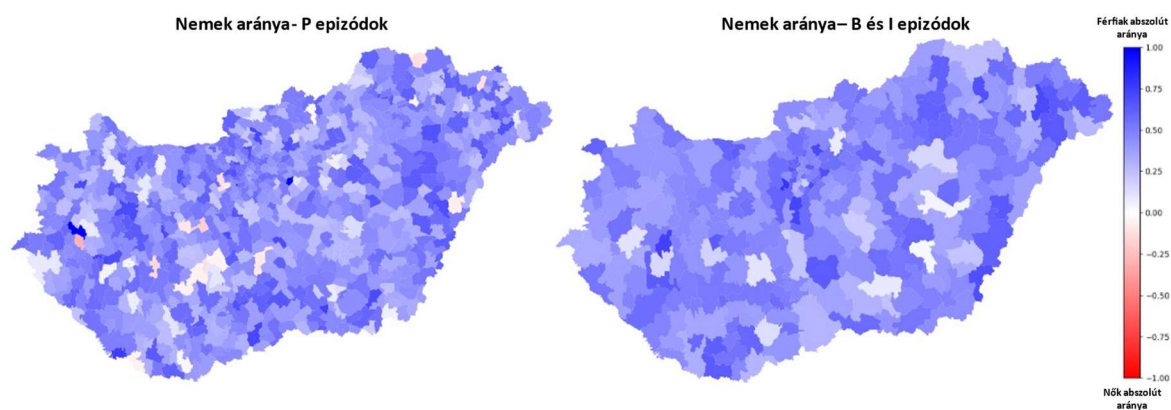


**3. ábra:** Referencia és új demográfiai-területi alapú módszer eredményeinek összehasonlítása az ellátók szerinti homogenitásra nézve (fő epizódtípusokra bontva)



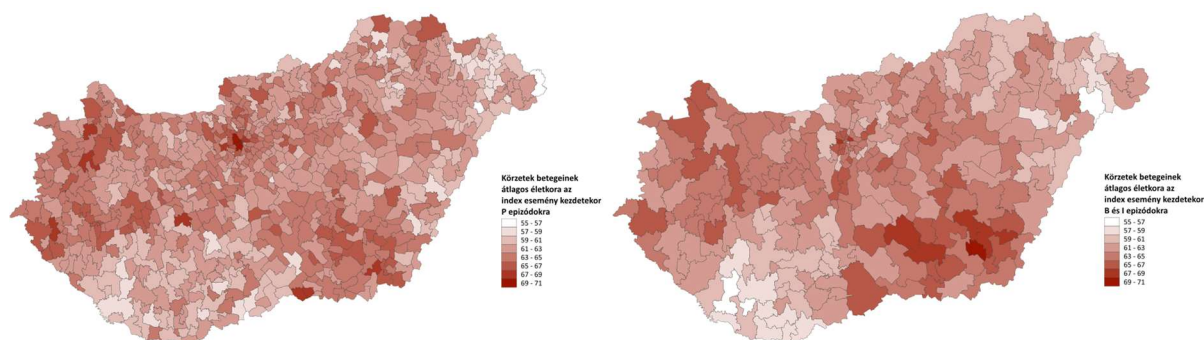
**4. ábra:** Referencia és új demográfiai-területi alapú módszer eredményeinek összehasonlítása az esetszámok eloszlására nézve (fő epizódtípusokra bontva)

Mivel a nem, a kor, az infarktus jelenléte az ellátási folyamat lényeges tényezője, érdemes a körzetekre való területi eloszlását megvizsgálni. Ezzel olyan anomáliák fedhetők fel a rendszer működésének alapját képező beteg-adathalmazon, melyek a kutatás további szakaszaira is hatással lehetnek.



**5. ábra:** Ellátottak nemének aránya P, valamint B és I epizódokra

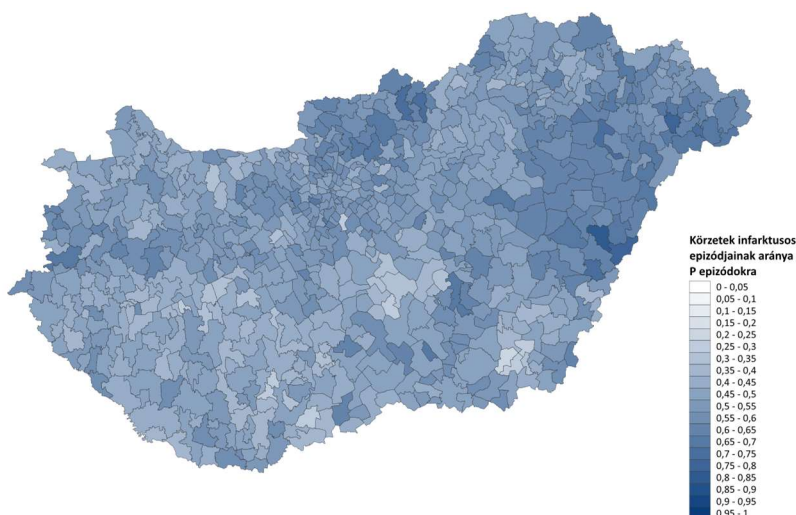
A nemek arányát tekintve (5. ábra) jellemzően a férfiak száma van túlsúlyban, csupán az ország néhány középső, nyugati körzetében haladja meg a nők aránya P epizódokra nézve, B és I epizódok tekintetében még ennél is alacsonyabb számuk a férfiakéhoz képest.



**6. ábra:** Ellátottak átlagos életkora az index esemény időpontjában P, valamint B és I epizódokra

A körzetekben élő, epizóddal rendelkező betegeknek az akut esemény kezdetekor vett átlagéletkorát tekintve (6. ábra) a főváros, a Dél-Alföld és az ország északnyugati területein figyelhető meg jellemzően magasabb érték (70 évhez közelítve). Dél-, és Kelet-Magyarország területeit nézve kiterjedtebben, összefüggően alacsonyabb, 60 éves átlagéletkor alatti régiók rajzolódnak ki. Figyelemre méltó, hogy az eltérő felbontás ellenére mégis hasonló regionális jellemzők figyelhetők meg a két epizódcsoportha.

P esetekre érdemes megvizsgálni az infarktusos index események arányát is (7. ábra), melyek az ország keleti részein mutatnak csekélyen, de mégis az átlagnál összefüggően magasabb arányt. Ezt leszámítva egyéb jelentős, összefüggő területi klaszterek kialakulása az egész hálózatra nézve nem jellemző.



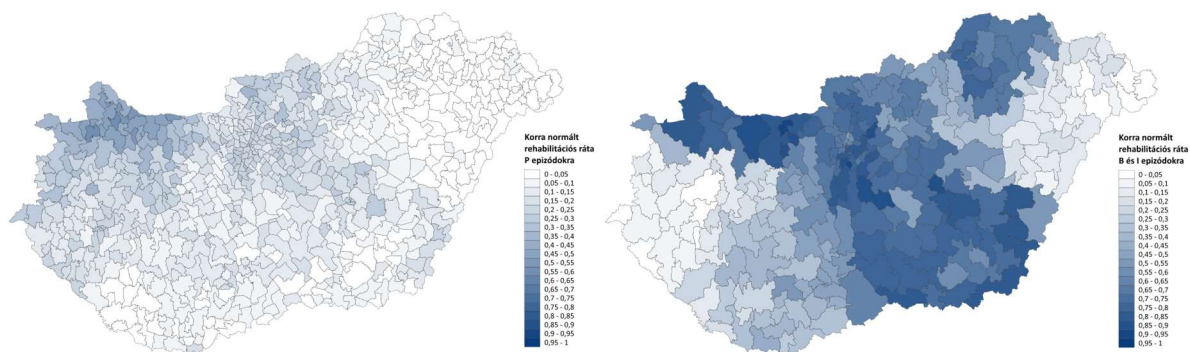
**7. ábra:** Infarktusos epizódok aránya körzetekre nézve P esetekre

### 3. Ellátási régiók jellemzése

#### 3.1. Körzetek numerikus ellátási jellemzői

Az adathalmaz különböző követelményeknek való megfelelésének biztosítása és ellenőrzése után, egy minden szempontból előnyös felosztást alkalmazva (lásd 2. fejezet) lehetőség nyílt az ellátási gyakorlatok területi elemzésének elvégzésére. Ezt követően figyelembe lehetett venni az anonimizált eseménysor betegek lakhelyére vonatkozó irányítószám attribútumait.

A régiók jellemzésének alapját numerikus jellemzőként a rehabilitációs ráta jelenti. Megmutatja, hogy egy adott körzetben az akut ellátási eseményeket milyen arányban követte rehabilitáció. A ráta önmagában az ellátó intézményekkel nincs kapcsolatban. Azonban fontos a földrajzi egységeket jelentő körzetek epizódjainak korra történő normálása (lásd 2. képlet), hiszen a kor is befolyásolhatja a rehabilitációs döntés meghozatalát, ezzel pedig arányosabban vannak reprezentálva ezen szempontból a betegek/epizódok [5]. A módszer négy korcsoportot definiál (55 év alatt, 56–65 év, 66–75 év, 76 év felett), melyek határainak meghatározása annak biztosításával történt, hogy országosan megközelítőleg ugyanannyi epizód tartozzon mindegyikőjükbe.



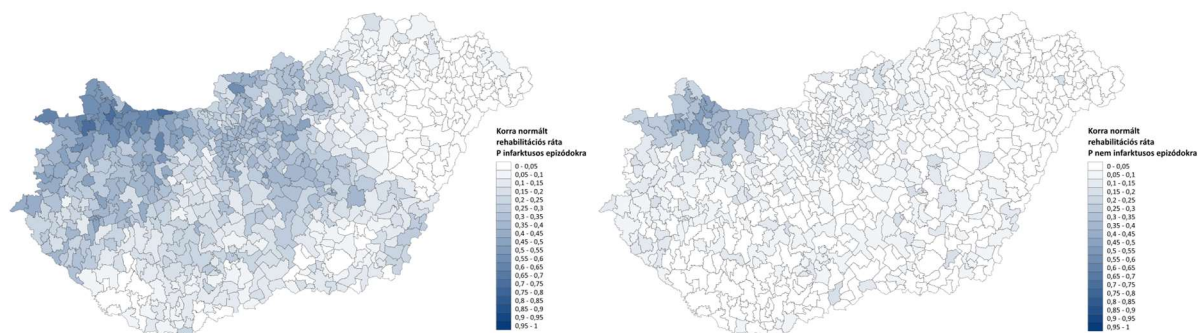
8. ábra: Korra normált rehabilitációs ráta P, B és I epizódokra

A körzetenkénti korra normalizált rehabilitációs ráták országos szintű elemzése (8. ábra) során látható, nagyobb regionális hasonlóságok tükröződnek a kapott eredményeken. Fontos megjegyezni, a skála 1-es értéke jelentené, hogy a körzetből mindenki, a 0-s értéke pedig, hogy senki nem vett részt rehabilitáción az akut eseményt követően.

A P eseteket vizsgálva látható, jellemzően az ország nyugati és középső régióiban élő betegek kicsit kevesebb, mint fele választja a rehabilitációt, de Győr-Moson-Sopron vármegye és környéke jellemző értéke még ezt is meghaladja néhol. Ez származhat a már említett orvosi

befolyás [3], az orvosi gyakorlat, vagy a gyakori keresettség mértékéből, de a lakosszámmra jutó rendelkezésre álló rehabilitációs ágyak számából is [13]. Magyarország keleti, északkeleti régióit egyértelműen alacsonyabb rehabilitációs arány jellemzi.

A B és I akut eseményeket követően sokkal magasabb a rehabilitációs ráta országos szinten (feltehetőleg az index esemény jellege miatt), de most is kiemelkedő Győr-Moson-Sopron vármegye és környéke, valamint Közép-Magyarország. Kirívóan alacsony arány csupán az ország keleti és nyugati peremvidékeinél figyelhető meg.



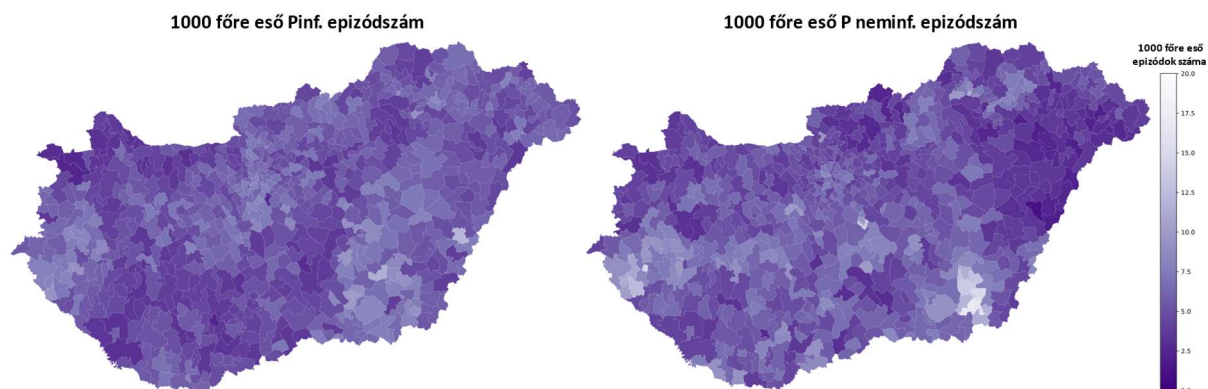
**9. ábra:** Korra normált rehabilitációs ráta P infarktusos, P nem infarktusos epizódokra

A P esetek rehabilitációs rátája az infarktus megléte szerint külön is vizsgálható (9. ábra). Egyértelműen látszik, infarktust követően sokkal gyakoribb a rehabilitáció. Az összes P eset RR ábráján (8. ábra) látható területi, regionális sajátosságok itt is hasonlóan megjelennek. Nem infarktusos epizódoknál egyedül Győr-Moson-Sopron vármegye és környéke bír kiemelkedően magas rehabilitációs továbbküldési aránnyal, mely gyakorlatuk országostól erősen eltérő jellegét mutatja.

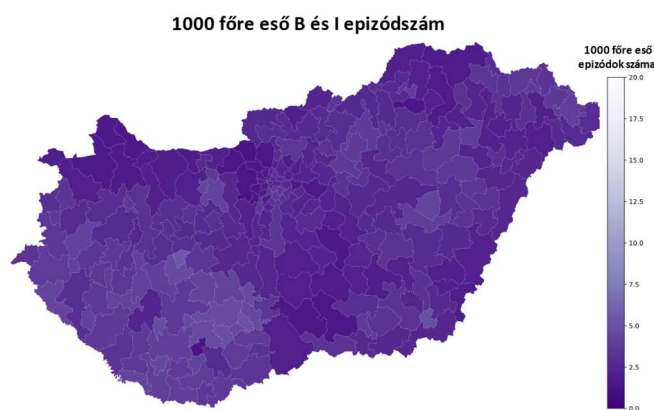
A körzetenkénti ellátási jellemzők numerikus értéként mérhetőek a rehabilitációs döntés meghozatalát megelőző akut epizódok körzetenkénti összesített népességre vetített számával is, ezer főre normalizálva. Ábrázolásra kerültek térképeken a P és a B/I esetekre nézve ezen adatok, előbbi az infarktus ténye szerinti bontásban.

Mindhárom epizódtípusra jellemző, hogy 20 alatti az 1000 főre vetített esetek száma. P epizódokra nézve (10. ábra) különösebb klaszterezettség nem figyelhető meg, nem infarktusos típusoknál keleten látható egy alacsonyabb összefüggő régió. Szakértő szerint ennek valószínű oka azon tény, hogy az infarktus diagnózisra kerül a mentőben vagy valamelyik nagyobb kórházban, a tervezett perkután intervencióra viszont csak akkor kerül el a beteg, ha van a területen kardiológus aki elindítja a kivizsgálást és ez utóbbi ezen területen gyengélkedhetett. A B és I eseteknél (11. ábra) egységesen kisebb előbbiekhöz képest a normált epizódok száma, mely

kapcsolatba hozható utóbbi kezelések komplexitásával, illetve az ellátók csekélyebb mennyiségével.



**10. ábra:** Körzetenként ezer főre eső akut, rehabilitációs döntést megelőző P epizódok száma infarktus ténye szerinti bontásban

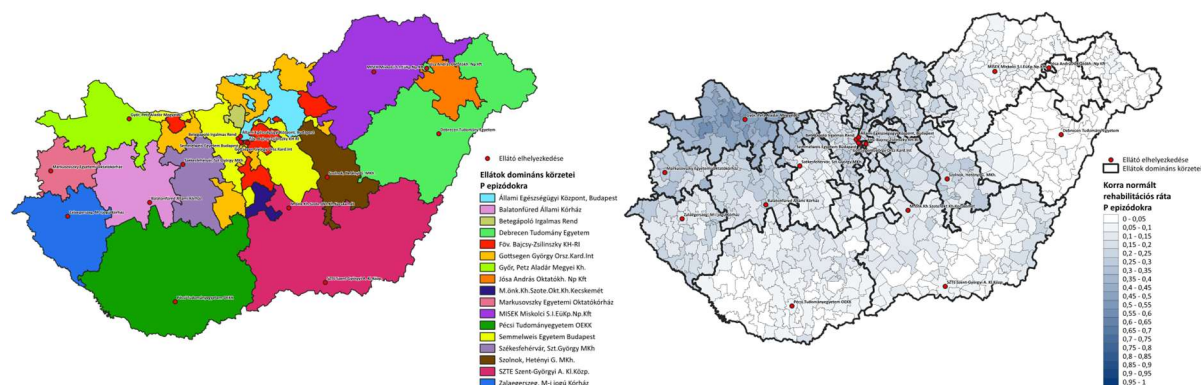


**11. ábra:** Körzetenként ezer főre eső akut, rehabilitációs döntést megelőző B és I epizódok száma

### 3.2. De facto ellátási körzetek

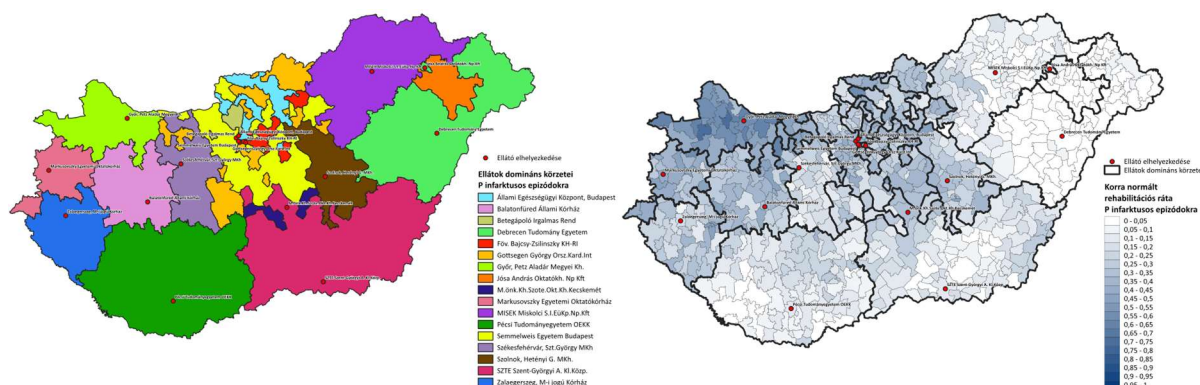
Az országos kardiológiai rehabilitációt jellemző gyakorlatok vizsgálatának fontos eleme az ellátók (index eseményt végzők) de facto ellátási körzetének meghatározása, mellyel lehetőség nyílik összehasonlítani, mennyire homogén a rehabilitációs ráta határaiakon belül. Annak eldöntésére, hogy az adott, összevonás utáni (lásd 2. fejezet) körzetek melyik ellátóhoz tartoznak leginkább, szavazásos módszert alkalmaztam. E módszer lényege az intézményekre egyenként az adott foltot illető kezelt epizódok száma megismerése, majd a körzet azon ellátóhoz hozzárendelése, amely a legtöbb „szavazatot” kapja. A korábban bemutatott „billegő” körzetek jelensége természetesen a határvonalaknál továbbra is jelen van, ezzel néhány esetben az ottani körzetek nem egyértelműen domináns ellátó-hozzárendeltségét okozva (arányukhoz lásd 3. táblázat). Külön kerültek vizsgálatra a P (továbbá szétbontva infarktusos és az nélküli részhalmazokra), valamint a B és I epizódcsoportok.

A de facto ellátási körzetek és a korra normált rehabilitációs ráták együttes megjelenítésével (például 12.2. ábra) válasz kapható többek között arra is, hogy a tényleges vonzáskörzetekben mennyire tér el a kardiológiai rehabilitációban való részvétel aránya a beteg lakhelye alapján, illetve az összevonás során keletkezett régiók alapvetően milyen homogenitást mutatnak.



**12. ábra:** Index ellátók de facto régiói (majd rehabilitációs rátával kiegészítve) P esetekre

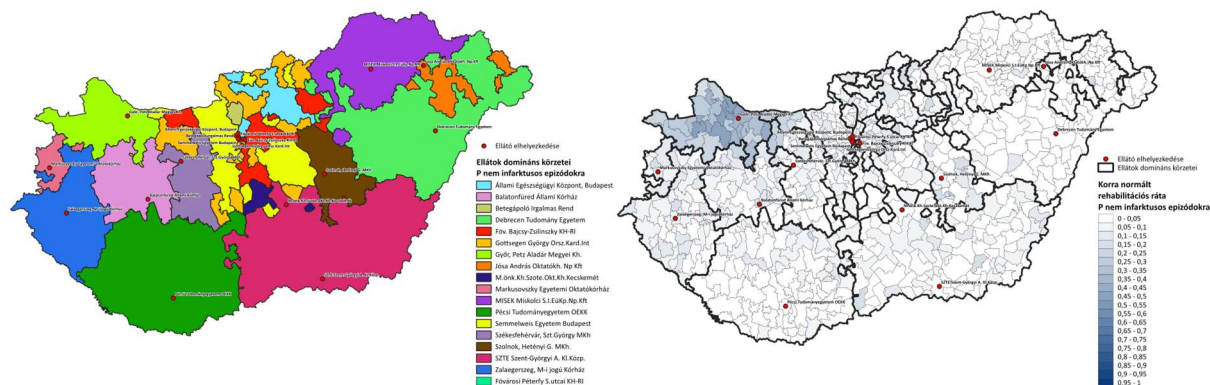
A de facto régiók határai az összes P epizódot nézve többnyire a körzetek korra normált rehabilitációs rátái által alkotott összefüggő régiókéval egyeznek. Különösen kiemelendő a győri, a debreceni ellátó domináns vonzáskörzete, ugyanis előbbinél egységesen magas minden részkörzetében a ráta, élesen el is különül a szomszédos ellátókétól, utóbbinál pedig homogén alacsony RR figyelhető meg. A két réteg ilyen mértékű illeszkedése az adott index ellátó intézmény gyakorlatának erős hatását sugallja a rehabilitációs döntés meghozatalában.



**13. ábra:** Index ellátók de facto régiói (majd rehabilitációs rátával kiegészítve) P infarktusos esetekre

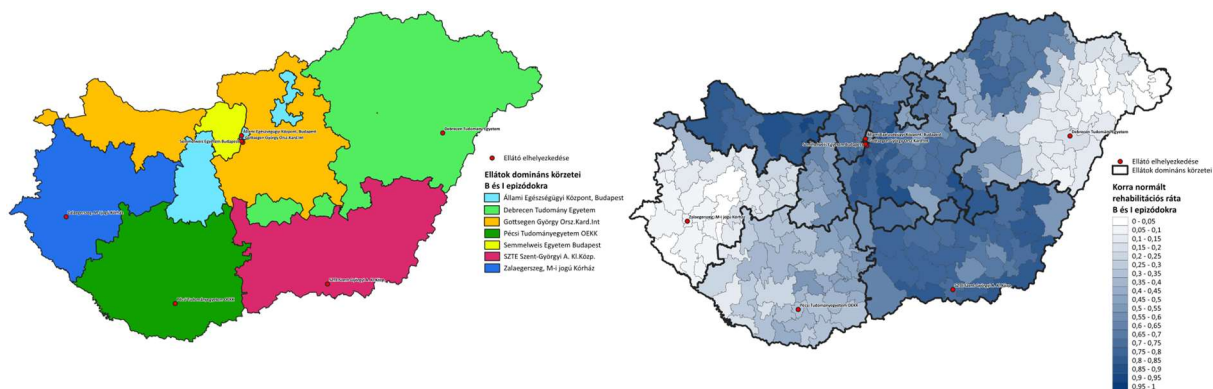
A P eseteket érdemes az infarktus ténye szerint szétbontva is elemezni az epizód eltérő jellegéből adódóan. A P infarktusos eseteket vizsgálva látható (13. ábra), itt szintén tizenhét akut eseményt végző ellátó jutott dominánsan körzetekhez. Kevésbé összefüggő vonzáskörzetek a P eseteket együtt vizsgáló ábrához hasonlóan leginkább Budapest és Közép-Magyarország területén figyelhetőek meg. Több esetben is szinte a vármegyei határoknak

megfelelő régiók alakultak ki (például Győr-Moson-Sopron vármegye). Az ország déli és keleti ellátói mind hatalmas, összefüggő területeken dominálnak. Ezzel szemben pár ellátó alig néhány körzettel rendelkezik (például a Markusovszky Egyetemi Oktatókórház, illetve a kecskeméti kórház). A rehabilitációs ráta viszonylagos homogenitása (13.2. ábra) a körzetek jelentős részénél kimutatható, külön kiemelve a győri, és a debreceni ellátót. Több határvonalnál figyelhető meg a rehabilitációs ráta éles elkülönülése, ezzel is az adott ellátóhoz való tartozást, annak jellemző gyakorlatát mutatva.



**14. ábra:** Index ellátók de facto régiói (majd rehabilitációs rátával kiegészítve) P nem infarktusos esetekre

A P nem infarktusos eseteket (14. ábra) az infarktusoshoz (13. ábra) viszonyítva elmondható, a legnagyobb területen domináns ellátók kiléte változatlan, az ország középső régióiban kevés az összefüggő régió, ezzel az ottani változatosságot sugallva az adott index eseményt végző ellátók választásában. Egyes ellátók vonzáskörzete csökkent (például Markusovszky Egyetemi Oktatókórház), de megjelent egy új domináns ellátó is (Fővárosi Péterfy Sándor utcai KH-RI, de csupán egy részkörzettel). Az intézmények száma tizenhatsz. A rehabilitációs rátát is tartalmazó térképet figyelve (14.2. ábra) látható, a győri ellátó körzetében most is homogén, magas a ráta, a debreceni területében pedig szintén jelentősen, egyöntetűen alacsony. Összességében nézve az infarktusos esetek alapján készült térképhez képest (13. ábra) kevésbé homogének az ellátók de facto régiói.



**15. ábra:** Index ellátók de facto régiói (majd rehabilitációs rátával kiegészítve) B és I esetekre

A B és I eseteket együttesen vizsgálva látható, csupán hét ellátó (15. ábra) osztozik dominánsan a kardiológiai akut eseményeken. A kevesebb betegszám (és ellátást végző intézményszám) következményeként keletkezett nagyobb foltok kiterjedtebb vonzáskörzeteket alkotnak, melyek jellemzően összefüggőek, leszámítva Közép-Magyarország néhány régióját. Elmondható, nincs olyan B és I eseteteket kiszolgáló országosan domináns ellátó, mely a P eseteket illetően (12. ábra) ne lenne szintén domináns. A rehabilitációs rátát illető homogenitás a de facto körzeteken (15.2. ábra) belül jellemzően pozitív mértékben megvalósul.

### 3.3. Klaszterezés rehabilitációs ráta alapján

A de facto körzetek ismerete után érdemes a rehabilitációs ráta szempontjából megvizsgálni, mennyire homogén régiók különülnek el a hasonló gyakorlat alapján, illetve ezen területek határvonalai milyen mértékben egyeznek a már tárgyalt dominancia szerinti határvonalakkal. Hasonlóság esetén elmondható, az adott ellátónak valóban van ráhatása a rehabilitációs döntés eredményére. A hipotézis bizonyítására, vagy éppen cáfolására egy-egy intézményt illetően Louvain klaszterezési módszert [29] implementáló algoritmus [30] került alkalmazásra, mellyel kirajzolódnak a hasonló gyakorlatot követő index ellátók, egymással alkotott országos rehabilitációs hálózatuk jellemzői. Előtte azonban szükséges vizsgálni a rehabilitációs ráta és a helyi rehabilitációs ellátói kapacitás korrelációját, továbbá elkészíteni az RR alapján a klaszterezés alapját képező, a körzeteket hálózattá egyesítő gráfot.

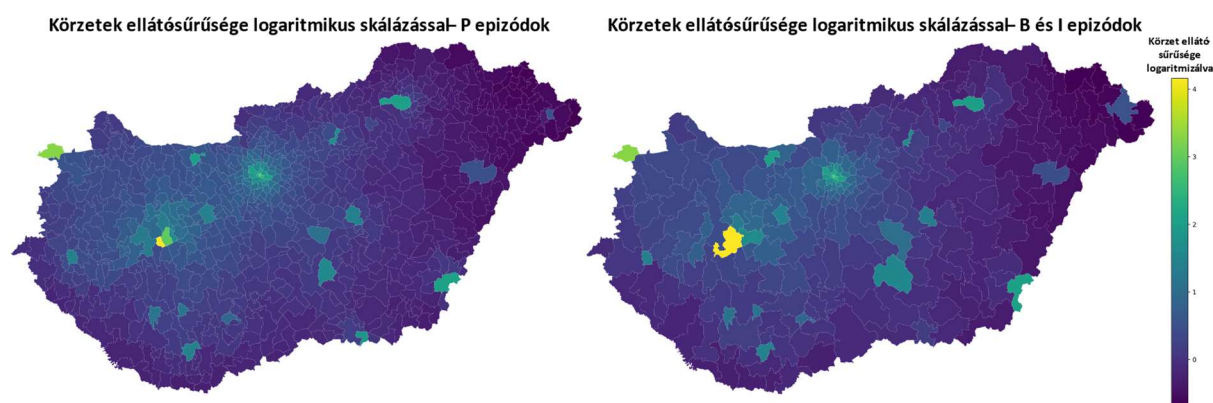
A rehabilitációs ellátási kapacitás számszerű leírására definiáltam egy heurisztikus, minden körzetre kiszámítható jellemzőt, mely az összes rehabilitációs ellátó „hatását” figyelembe veszi, a távolsággal fordítottan arányos mértékben. Az új jellemzőt „ellátó-sűrűségnek” neveztem el. Ehhez az ötletet az adta, hogy ilyen módon az ellátók lámpákhoz hasonló módon jelennek meg, „bevilágítva” a növekvő közúti távolság alapján egyre csökkenő fénnel a körzeteket. Képlete

a következő (ahol  $i$  a körzet,  $j$  az ellátó indexe,  $k$  a körzetek,  $e$  az ellátók halmaza,  $d$  a közúton mért távolság a két paraméter között,  $AR$  az akut eseményt követő rehabilitációs esetek halmaza,  $R$  pedig a csupán rehabilitációs eseteké):

$$\rho_i = \sum_j \frac{|AR_j| + |R_j|}{d(k_i, e_j)} \quad (6)$$

Ez alapján tehát az összevont körzetekre nézve meghatározható a sűrűség érték. Mivel voltak kiugróan magas értékek, ezért logaritmikus skálázással ábrázoltam őket (16. ábra). Ezen számolási elv mellett két másik mérték is kipróbálásra került (esetszámnak, illetve a távolságnak a négyzetét véve), de ezek nem hoztak jelentős javulást mind a három vizsgált index eseménnytípusra (P inf., P nem inf., B és I) egységesen, így ezt tartottam meg.

Amint látható (16. ábra), a távolságot figyelembe vevő rehabilitációs sűrűség jelentős különbségeket mutat az ország területén belül, ami más kutatások alapján, feltételezve azt, hogy a sűrűség a beteg döntésének fontos tényezője, lényeges mértékben hozzájárulhat a tapasztalt RR különbségek kialakulásához.



**16. ábra:** Ellátó-sűrűségek logaritmikus skálázással a körzetekre vetítve, fő epizódtípusokra bontva

Annak ellenőrzésére, hogy a heurisztikusan definiált sűrűség ténylegesen statisztikai kapcsolatban van-e a rehabilitációs rátával, Spearman korrelációt számítottam. Három alapfeltételnek kell teljesülnie a két változót illetően a módszer használatához, azaz ordinális, intervallum- vagy arányskálán kell lenniük, párosított megfigyeléseket kell képviselniük, továbbá közöttük monotonikus kapcsolatnak kell lennie, melyeknek megfeleltek.

A rangkorreláció korrelációs együtthatója egy nemparametrikus mérőszám, mely a kapcsolat erősségét és irányát méri két legalább ordinális skálán mért változó között, továbbá annak mértékét, hogy az egyik változó nagysága mennyire határozza meg a másikat. Az értéke -1 és

1 közé eshet. Minél közelebb van valamelyik szélsőértékhez, annál erősebb a változók közti összefüggés. Negatív esetében ellentétes, míg pozitív együtthatónál azonos irányú.

**4. táblázat:** A Spearman-féle korreláció eredményei epizódos bontásban vizsgálva

| Esemény típusa           | Korrelációs együttható | Szignifikanciaszint (p) |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>P infarktusos</b>     | 0,708                  | <0,001                  |
| <b>P nem infarktusos</b> | 0,408                  | <0,001                  |
| <b>B+I</b>               | 0,342                  | <0,001                  |

Az eredmények (4. táblázat) pozitív korrelációt mutatnak, különösen erős kapcsolat a rehabilitációs ráta és az ellátó-sűrűség között leginkább a P infarktusos eseteknél figyelhető meg, a másik kettőnél szinte azonosan, kisebb mértékű az összefüggés.

Az ellátási területek homogenitásának számszerű jellemzése céljából hálózat-alapú klaszterezést végeztem, a hálózatot pedig a következőkben olvasható módon definiáltam. Az irányítatlan gráf létrehozása során kezdetben minden lehetséges körzetszomszéd között van él (sűrű gráf). Az élek súlyának meghatározását a következő formula alapján végeztem, ahol  $G = (V, E, c)$  jelképezi a gráfot,  $c(u, v)$  pedig egy adott él súlyát, mely értéke:

$$c(u, v) = (1 - |RR_u - RR_v|) \cdot SZ \quad (7)$$

A képletben a két végpont rehabilitációs rátái különbségének abszolút értékét 1-ből kivonva megszoroztam az  $SZ$  szomszédság-erősségi változóval:

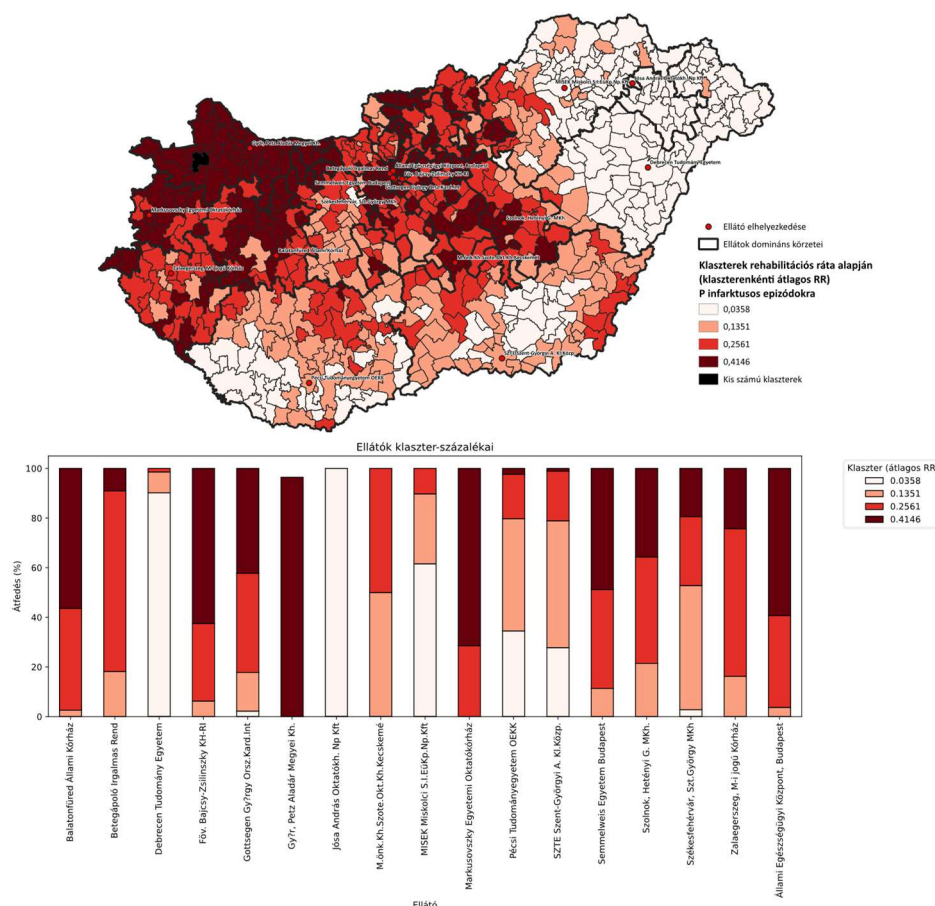
$$SZ := \begin{cases} 1,2 & \text{ha } u \text{ és } v \text{ szomszédos körzetek,} \\ 1,1 & \text{ha } u \text{ és } v \text{ második szomszédok,} \\ 1 & \text{egyébként.} \end{cases} \quad (8)$$

Ezen heurisztikusan (ad hoc módon) definiált változóval a cél a lokalitás bevitele volt, de csak maximum 20% erejéig, azaz már nem csak a rehabilitációs arányok hasonlósága kapott szerepet abban, hogy nagyobb eséllyel kerüljenek a közeli körzetek egy klaszterbe. Ezen súlyozási arányok mellett eléggé homogén régiók alakultak ki, azonban ha tovább lenne erősítve a lokalitás, akkor elveszne a gyakorlatot illető hasonlóság. Tehát ezért került meghatározásra az említett maximum lokalitás-szerep százalék. Az éleknek csupán a súly szerinti felső 20%-át tartottam meg a lényeg kiemelése céljából, az általánosan bevett gráffeldolgozási szokások szerint.

A klaszterezés megvalósítására a széles körben ismert Louvain módszert használtam, mely alkalmas a nagyméretű hálózatok elkülönülő, hasonló értékekkel rendelkező közösségeinek azonosítására. Alapja a modularitás értékének optimalizálása, mely méri a kapcsolatok, élek közösségeken belüli sűrűségének mértékét a közösségek közti élek sűrűségéhez képest [20]. Először kisebb közösségeket talál meg (lokálisan optimalizálva a modularitást a csomópontokon), majd ezek összevonásra kerülnek és iteratíván tér vissza ez után az algoritmus az előbbi lépéshez.

Ezt implementálva alkották meg el az SLM („smart local moving”) algoritmust [30], mely ezen értéket maximalizálja és jelen elemzésben is használatra került. Elérhető egy parancssoros Java program formájában (egyéb módszereket is tartalmaz). Használatához át kell konvertálni egy tetszőleges szöveges fájlba a már felépített gráfból az élek végpontjait (0-tól kezdődő elnevezésekkel, sorba rendezve), illetve súlyértékeit. Állítható a felbontás (alapból 1-es érték), melyre csak a P nem infarktusos esetben volt szükség, mivel az elvárthoz képest (nagyjából 4-5 darab) túl sok klaszter keletkezett, így itt 0,6-os felbontás-paraméter értéket alkalmaztam.

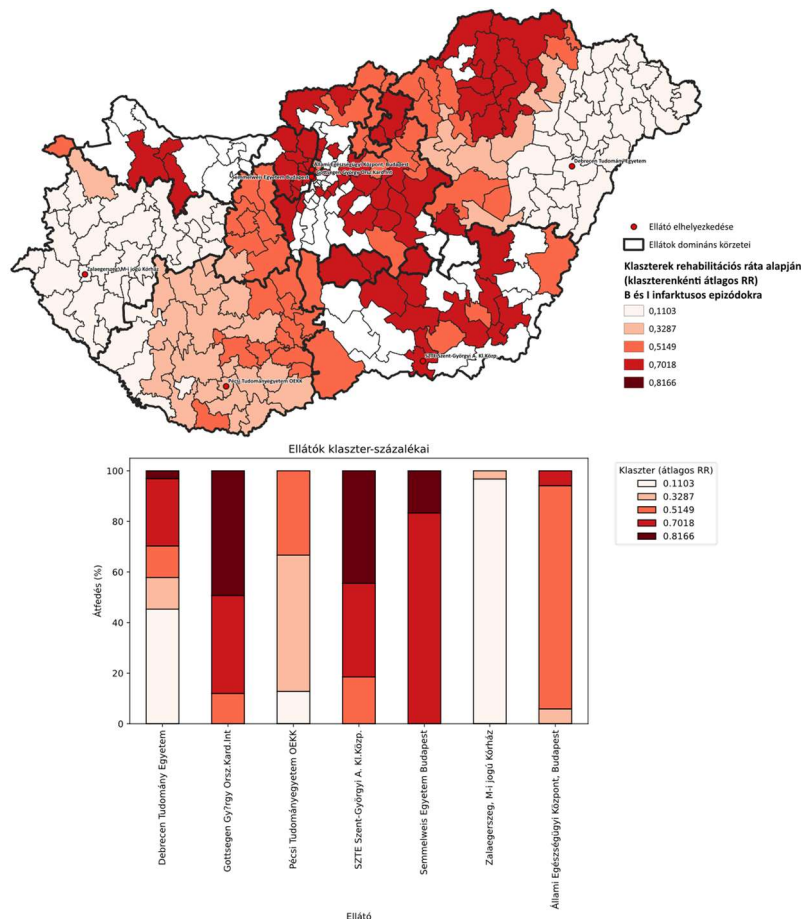
A létrejött klaszterek neve, ahogy a de facto ellátó határokkal kibővített ábrákon látható, az adott klaszter átlagos korra normált rehabilitációs ráta értéke. Azon klaszterek, melyek túl kevés körzetből állnak (kettőnél kevesebb) elvetésre kerültek, egységesen fekete színnel jelölve őket a térképeken.



17. ábra: RR klaszterek és az ellátók de facto régióin való területi eloszlásuk P infarktusos epizódokra

A P infarktusos eseteket vizsgálva látható, a korábbiakban homogenitásuk miatt már kiemelt ellátók domináns régióinak határai itt is (17.1. ábra) jól elkülönülnek és területükön kevés klaszter osztozik (17.2. ábra). A magasabb rehabilitációs arányáról ismert Győr-Moson-Sopron vármegye, illetve a szinte egységesen alacsony Kelet-Magyarország (debreceni ellátó vonzáskörzete), továbbá a Főv. Bajcsy-Zsilinszky KH-RI régiója a de facto és klaszter határok hasonlósága alapján egyértelműen bizonyítja a hipotézist, mely szerint itt az ellátónak jelentős ráhatása van a rehabilitációs döntés eredményére. Ezen jelenség több egyéb ellátónál is megfigyelhető, de nem ilyen mértékben. Van olyan ellátó, melyre ez csupán a nagyon alacsony körzetszám miatt jellemző, természetesen ekkor nem relevánsan. Ezzel ellentétben a pécsi intézmény domináns területéről például ez már nem elmondható, hiszen több klaszter is osztozik rajta hasonló arányokban. Ahogy az ábra is mutatja, alakult olyan csoport, mely csupán egy körzetből áll, melynek oka a rehabilitációs rátát illető túlzott eltérése az ország többi részeihez képest. Magukról a klaszter foltokról érdemes megjegyezni, nem mindegyik összefüggő, az ország több, távolabbi részén is felbukkannak akár nagyobb kiterjedésekben is. Kiemelendő a legmagasabb átlagos rehabilitációs rátájú klaszter, mely döntő többségben csak a győri ellátó domináns területén és környezetében bukkan fel, itt kifejezetten homogénen.





**19. ábra:** RR klaszterek és az ellátók de facto régióin való területi eloszlásuk B és I epizódokra

B és I eseteket vizsgálva (19. ábra) egyértelműen homogén de facto régiókon belüli klasztermegoszlások a zalaegerszegi (kirívóan alacsony átlagos rehabilitációs rátával), az Állami Egészségügyi Központ, valamint kisebb, de még mindig jelentős mértékben a Semmelweis Egyetem ellátónál rajzolódnak ki, a hipotézist alátámasztva. Azonban a debreceni, pécsi, szegedi ellátónál és a Gottsegen György Országos Kard. Intézetnél nagyfokú megosztottság jelenik meg, ezzel az ottani rehabilitációs döntésekre való kisebb hatást sugallva.

Csupán a klasztereket figyelve tehát nagyobb az összefüggő területek aránya, de szintén felbukkannak részklaszterek egymástól távolabb eső területeken. Érdekes megemlíteni a Közép-Magyarországtól nyugati és keleti irányban kirajzolódó sávosságot (egyre csökkenő átlagos rehabilitációs rátával).

### 3.4. Területi különbségek alátámasztása térbeli autokorrelációval

A kardiológiai rehabilitáció terén fontos a jellemző, regionális gyakorlatok beigazolására, vagy a különböző domináns ellátók vonzáskörzete közti hasonlóságok mérésére az úgynevezett térbeli autokorreláció. Ezen eljárás súlymátrix alapján leírja az aktuális körzet és a szomszédai

közti kapcsolatnak az intenzitását. Jelen kutatásban a Moran által kidolgozott módszer [34] került alkalmazásra, mely a korra normált rehabilitációs rátát veszi alapul, mint a hasonlóságmérés alapját képező attribútum.

A statisztikában a Moran I egy széles körben ismert mértékét jelenti a térbeli autokorrelációnak. Globális értelemben számolva megmutatja, mennyire klaszterezett a vizsgált teljes térbeli adathalmaz. Jelen elemzésben válasz kapható alkalmazásával azon kérdésre, számszakilag mennyire alkotnak csoportokat (hasonlóak) a rehabilitációs ráta alapján az összevonás utáni régiók úgy, hogy a többi klaszterbe tartozók ezektől különbözőek.

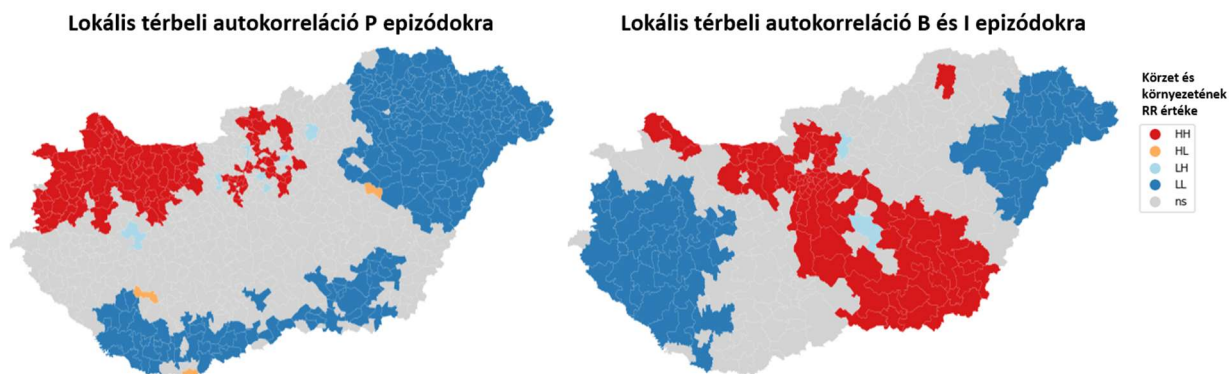
Az említett súlymátrix alapját a Rook-féle súlyozás adja, mely esetén a legalább egy közös oldallal rendelkező poligonok kapnak nullától különböző értéket. Létrehozásához tökéletesen alkalmazható a Pythonhoz készült libpysal, míg a Moran érték meghatározásához az ESDA könyvtár. Természetesen a korábbiakhoz hasonlóan itt is megtartom a fő epizódtípusok szerinti bontást.

A globális Moran I érték mérésének eredménye P epizódokra (három tizedesjegyre kerekítve) 0,800, míg a B és I eseményekre együttesen 0,852 lett. Mivel a tárgyalt mérték -1 és 1 közötti tartományon vizsgálendő, ahol a negatív érték felé közelítve egyre nagyobb diszperziót, míg a pozitív felé közelítve növekvő klaszterezettséget lehet tapasztalni, elmondható, az erősen pozitív térbeli autokorrelációnak megfelelően a rehabilitációs ráta alapján a magas és az alacsony értékkel rendelkező körzetek a hozzájuk hasonló területekkel általánosan összefüggésben állnak, csoportokat alkotnak a vizsgált problémakört illetően. Ezen megállapítás a kalkulált értékek alapján a B és I index eseményekre a P-vel jelöltekhez képest mérsékelten jobban jellemző.

A tárgyalt globális Moran I kiváló eszköz arra, hogy megmutassa a teljes vizsgált területet illető földrajzi klaszterezettséget csupán egy érték segítségével, de arról nem ad képet, mely területek milyen értékkel alkotnak csoportokat. A konkretizálásra a lokális térbeli autokorreláció (lokális Moran I alapján) alkalmazható, mely inkább a kisebb földrajzi egységek szempontjából közelíti meg a problémakört.

A használt jelölésrendszer (HH, HL, LH, LL) magyarázataként elmondható, az első betű mindig azt határozza meg, magas vagy alacsony korra normalizált rehabilitációs rátával rendelkezik az adott körzet (az angol szavak rövidítéséből), a második pedig leírja, milyen rátájú a környezete. Az „ns” a korrelációt illetően ilyen szempontból nem jelentősen mutató

(„nem szignifikáns”) körzeteket jelenti. A szignifikáns területek 5%-os szignifikanciaszintet használnak.



**20. ábra:** Lokális térbeli autokorreláció két fő epizódcsoportha bontva, vizsgálva a beteg lakhelye és a körzet rehabilitációs rátája alapján

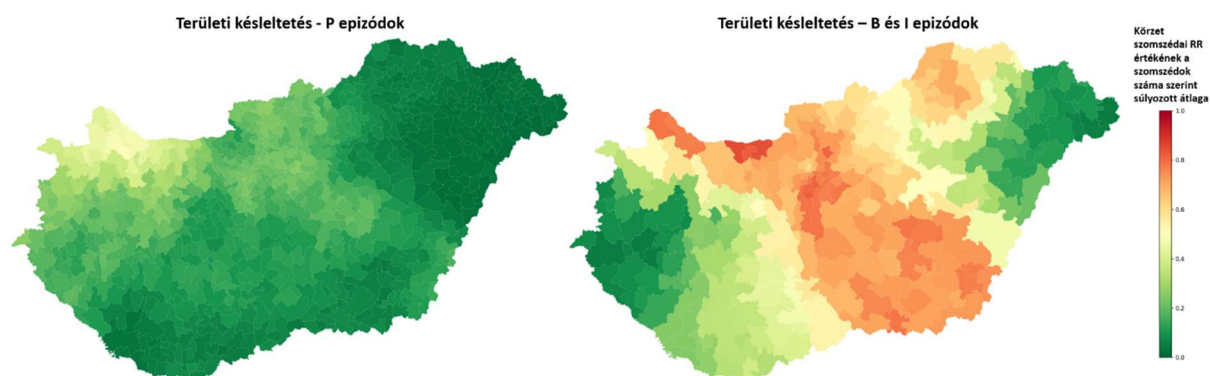
A P esetekre vizsgálva a lokális térbeli autokorrelációt (20.1. ábra), Győr-Moson-Sopron vármegye és környéke, valamint Budapest és tágabb vonzáskörzete rendelkezik magasabb és hasonló jellemzőkkel leírható (HH) szomszédú régiókkal, egy-egy nagyobb klasztert alakítva. Alacsony rehabilitációs rátájú és környezetű (LL) klaszterek Dél- és Kelet-Magyarországon lelhetők fel. Néhány „átmeneti” (LH, HL) csoportot csupán pár különálló körzet képez.

B és I index eseményeket nézve (20.2. ábra) egészen más klasztereloszlások tapasztalhatóak. Alacsony értékekkel rendelkező és körülvelt körzetek (LL) Nyugat- és Kelet-Magyarországon figyelhetők meg, magasak pedig Közép-Magyarországon főleg. HL nem, csupán néhány LH jelölésű átmeneti jellegű klaszter keletkezett.

Elmondható, a korábbiakban fellelt területi különbségeket igazolta ezen módszer eredménye is, hiszen jól látható, az ország keleti része szinte kizárólag alacsony RR értékű körzetei nagy kiterjedésű régiókba csoportosulnak. Hasonló klaszterezettség figyelhető meg a P epizódoknál még Észak- és Dél-Magyarország, továbbá B és I epizódoknál Nyugat- és Közép-Magyarország vonatkozásában. Utóbbiak esetében látható a jól kirajzolódó, középről nyugat-kelet irányban csökkenő RR értékű sávotottság, átmenet. A klaszterek a rehabilitáció alapján a két módszert összevetve (RR klaszterezés és területi autokorreláció) területileg hasonló eredményt mutatnak.

A térbeli autokorreláció jellemzésének szemléletes eszköze lehet még a területi késleltetés („spatial lag”), mely az adott körzet szomszédai rehabilitációs rátájának a szomszédok száma szerint súlyozott átlagát veszi alapul. Az ábrákon (21. ábra) vörös színnel jelölt régiók magasabb, a zöld színnel jelöltek pedig alacsonyabb értékű szomszédokkal vannak körülveve,

a köztes értékek pedig az ezek által behatárolt tartományon mozognak. Az eddig kimutatott eredmények ezen módszerrel vizsgálva is jól láthatóak.



**21. ábra:** Térbeli késleltetés P, valamint B és I akut epizódokat vizsgálva a beteg lakhelye és RR szerint

## 4. Ellátók jellemzése

Annak meghatározására, hogy az index ellátók milyen mértékben befolyásolják a várható rehabilitációt, a de facto körzeteikre számolt mértékek esettípusok szerinti táblázatba foglalásával, rehabilitációs ráta szerint rendezve kapható válasz.

Alapvetően négy mértéket határoztam meg:

1. Súly (ellátó domináns régiójában ellátott akut esetek számának százalékos aránya az országos összes esethez képest),
2. Gyakorlat (a tényleges körzetek hány százaléka tartozik az ellátó területén lévő leggyakoribb klaszterhez),
3. Területi homogenitás (körzetek száma/klaszter-foltok száma az ellátó területén),
4. De facto RR (körzetenként az esetszámmal súlyozott rehabilitációs ráta az ellátó tényleges területén),

melyek közül az első a súly, mely alapján kiderül, melyik intézmény milyen mértékben veszi ki a részét az ellátásból országos viszonylatban. A következő a gyakorlat, mutatva, mennyire homogén a rehabilitáció szempontjából az intézmény vonzáskörzete. A de facto RR esetén körzetenként az esetszámmal súlyoztam a rehabilitációs rátát az ellátó tényleges területén. A területi homogenitás igazolja, a csoportok mennyire összefüggően jelennek meg az adott de facto régióban.

5. táblázat: Ellátók jellemzői P infarktusos epizódokra

| Ellátó                                | Súly (%) | Gyakorlat (%) | Területi homogenitás | De facto RR |
|---------------------------------------|----------|---------------|----------------------|-------------|
| Győr, Petz Aladár Megyei Kh.          | 3,22     | 96,43         | 14,00                | 0,55        |
| Markusovszky Egyetemi Oktatókórház    | 2,54     | 71,43         | 5,25                 | 0,39        |
| Balatonfüred Állami Kórház            | 3,82     | 56,41         | 4,88                 | 0,34        |
| Állami Egészségügyi Központ, Budapest | 7,84     | 59,26         | 2,70                 | 0,34        |
| Semmelweis Egyetem Budapest           | 16,78    | 48,86         | 3,03                 | 0,32        |
| Föv. Bajcsy-Zsilinszky KH-RI          | 3,33     | 62,50         | 2,00                 | 0,31        |
| Gottsegen György Orsz.Kard.Int        | 10,05    | 42,22         | 1,67                 | 0,29        |
| Szolnok, Hetényi G. MKh.              | 3,29     | 42,86         | 3,50                 | 0,27        |
| Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház         | 3,79     | 59,46         | 3,36                 | 0,26        |
| Betegápoló Irgalmas Rend              | 2,14     | 72,73         | 2,20                 | 0,25        |
| Székesfehérvár, Szt.György MKh        | 3,66     | 50,00         | 3,28                 | 0,21        |
| M.önk.Kh.Szote.Okt.Kh.Kecskemét       | 0,21     | 50,00         | 1,00                 | 0,21        |

|                                       |       |        |       |      |
|---------------------------------------|-------|--------|-------|------|
| <b>SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.</b> | 11,94 | 51,11  | 5,29  | 0,13 |
| <b>Pécsi Tudományegyetem OEKK</b>     | 8,07  | 45,24  | 4,42  | 0,12 |
| <b>MISEK Miskolci S.I.EüKp.Np.Kft</b> | 7,72  | 61,54  | 6,00  | 0,08 |
| <b>Debrecen Tudomány Egyetem</b>      | 9,17  | 90,14  | 11,83 | 0,03 |
| <b>Jósa András Oktatókh. Np Kft</b>   | 2,45  | 100,00 | 18,00 | 0,02 |

**6. táblázat:** Ellátók jellemzői P nem infarktusos epizódokra

| <b>Ellátó</b>                                | <b>Súly (%)</b> | <b>Gyakorlat (%)</b> | <b>Területi homogenitás</b> | <b>De facto RR</b> |
|----------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|
| <b>Győr, Petz Aladár Megyei Kh.</b>          | 3,81            | 88,89                | 6,75                        | 0,34               |
| <b>Markusovszky Egyetemi Oktatókórház</b>    | 1,31            | 87,50                | 2,67                        | 0,10               |
| <b>Balatonfüred Állami Kórház</b>            | 4,09            | 64,71                | 3,40                        | 0,08               |
| <b>Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház</b>         | 5,55            | 74,00                | 6,25                        | 0,08               |
| <b>Föv. Bajcsy-Zsilinszky KH-RI</b>          | 8,68            | 67,44                | 2,53                        | 0,08               |
| <b>Állami Egészségügyi Központ, Budapest</b> | 6,43            | 79,17                | 3,00                        | 0,08               |
| <b>Szolnok, Hetényi G. MKh.</b>              | 2,73            | 52,17                | 2,56                        | 0,07               |
| <b>Gottsegen György Orsz.Kard.Int</b>        | 6,15            | 58,14                | 1,65                        | 0,07               |
| <b>Semmelweis Egyetem Budapest</b>           | 15,47           | 52,44                | 3,15                        | 0,06               |
| <b>Székesfehérvár, Szt.György MKh</b>        | 3,35            | 44,83                | 2,42                        | 0,05               |
| <b>Fővárosi Péterfy S.utcai KH-RI</b>        | 0,67            | 100,00               | 1,00                        | 0,05               |
| <b>SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.</b>        | 14,21           | 37,23                | 3,36                        | 0,04               |
| <b>Pécsi Tudományegyetem OEKK</b>            | 10,98           | 35,29                | 3,86                        | 0,04               |
| <b>MISEK Miskolci S.I.EüKp.Np.Kft</b>        | 6,57            | 44,78                | 2,39                        | 0,03               |
| <b>Betegápoló Irgalmas Rend</b>              | 0,58            | 50,00                | 2,00                        | 0,03               |
| <b>Debrecen Tudomány Egyetem</b>             | 7,37            | 58,33                | 3,23                        | 0,02               |
| <b>Jósa András Oktatókh. Np Kft</b>          | 1,74            | 58,82                | 1,89                        | 0,01               |
| <b>M.önk.Kh.Szote.Okt.Kh.Kecskemét</b>       | 0,33            | 50,00                | 1,33                        | 0,01               |

**7. táblázat:** Ellátók jellemzői B és I epizódokra

| <b>Ellátó</b>                                | <b>Súly (%)</b> | <b>Gyakorlat (%)</b> | <b>Területi homogenitás</b> | <b>De facto RR</b> |
|----------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|
| <b>Gottsegen György Orsz.Kard.Int</b>        | 27,68           | 49,33                | 3,95                        | 0,75               |
| <b>SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.</b>        | 9,59            | 44,44                | 3,00                        | 0,72               |
| <b>Semmelweis Egyetem Budapest</b>           | 5,23            | 83,33                | 4,00                        | 0,71               |
| <b>Állami Egészségügyi Központ, Budapest</b> | 8,59            | 88,24                | 3,40                        | 0,53               |
| <b>Pécsi Tudományegyetem OEKK</b>            | 15,14           | 53,85                | 7,80                        | 0,35               |
| <b>Debrecen Tudomány Egyetem</b>             | 22,30           | 45,31                | 4,92                        | 0,35               |
| <b>Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház</b>         | 11,46           | 96,77                | 15,50                       | 0,10               |

P infarktusos epizódokat nézve (5. táblázat) a legjelentősebb index ellátó az esetszámok szerint a budapesti Semmelweis Egyetem, melyet már határozottan kisebb súllyal követ még két-három, egymástól ezen szempontból nem sokkal eltérő intézmény. A gyakorlatot illetően a csekélyebb ellátott esettel rendelkező ellátókat nem figyelembe véve (így téve a következő paragrafusokban vizsgált epizódtypusoknál is) a nyíregyházi, a győri és a debreceni intézmény de facto régiójában van egy egyértelműen jellemző klaszter, ezzel a rehabilitációra való hatásukat igazolva. A klaszterek összefüggősége ugyanezen három kórház domináns ellátási vonzaskörzetére igaz kifejezetten. A de facto rehabilitációs ráta a legmagasabb az ország nyugatibb részein (Győr, Szombathely, Balatonfüred) és néhány fővárosi intézmény vonatkozásában, legalacsonyabb (még 0,1-es értéket sem elérve) keleten (Nyíregyháza, Debrecen, Miskolc).

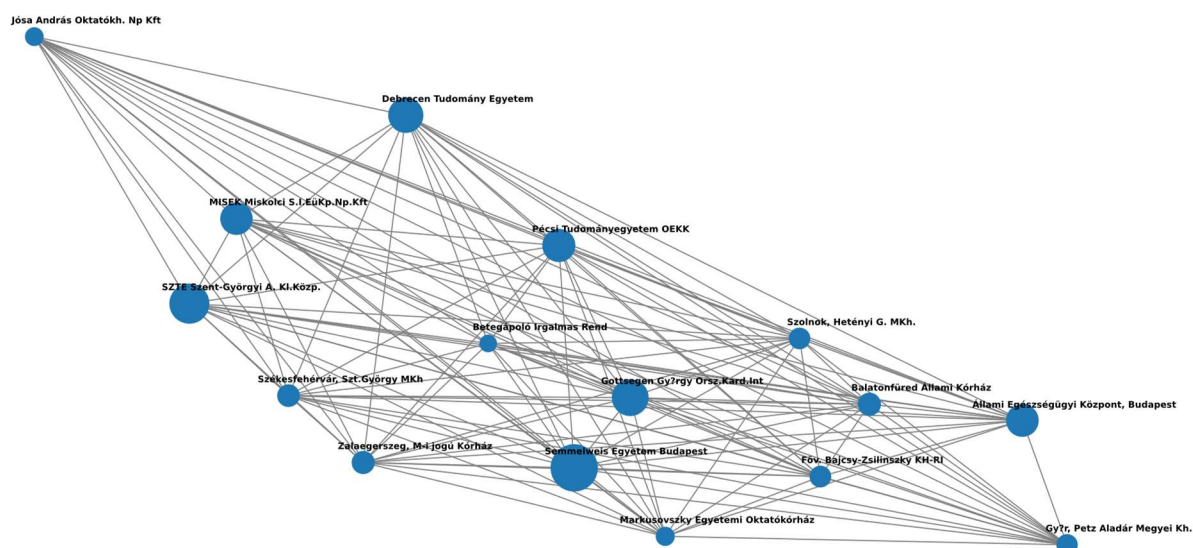
P nem infarktusos epizódokat nézve (6. táblázat) látható, az országos hálózat legjelentősebb képviselői a budapesti Semmelweis Egyetem, a SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp, illetve a Pécsi Tudományegyetem OEKK ellátók. A gyakorlatot tekintve a nyugati ellátók és a budapesti Állami Egészségügyi Központ emelhető ki, azaz esetükben nagy arányban van jelen egyetlen RR klaszter. A területi homogenitás minden vonzaskörzetre nézve alacsonyabb, nem említhető egyedülálló mértékben magas értéket adó ellátó, csupán a győri és a zalaegerszegi, de az ezelőtti epizódtypus legmagasabb értékeihez képest is kifejezetten alacsony számokkal. A de facto rehabilitációs ráta a többihez képest kiemelkedő a győri intézménynél (itt is csak 0,3 körüli értékkel), viszont ezen kívül mind 0,1 és az alattiak.

B és I eseteket vizsgálva (7. táblázat) legnagyobb súlyú a Gottsegen György Orsz.Kard.Int, követi a Debrecen Tudomány Egyetem és a Pécsi Tudományegyetem OEK. A gyakorlatot illetően leginkább a zalaegerszegi, a budapesti Állami Egészségügyi Központ és Semmelweis Egyetem intézmények domináns körzeteiben mutat az ellátó tényleges hatást a rehabilitáció alakulására. A legmagasabb területi homogenitás a zalaegerszeginél figyelhető meg (kiemelkedően), de a pécsi ellátónál is magas. A de facto rehabilitációs ráta kifejezetten magas minden ellátónál a korábban elemzett epizódtypusokhoz képest, különösen kiemelendők a 0,7 feletti arányt produkáló Gottsegen György Orsz.Kard.Int, SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp. és Semmelweis Egyetem kórházak. A zalai ellátó ezen szempontból a többitől nagyon eltérően alacsony mutatóval rendelkezik.

Egymáshoz viszonyítva a három epizódtypust, a de facto RR és a területi homogenitás, de viszonylag a gyakorlat szempontjából is a P nem infarktusos egyértelműen elmarad a többitől, mely a rehabilitációra való index intézményi hatás, kontrolláltság hiányát mutatja. Mindkét P

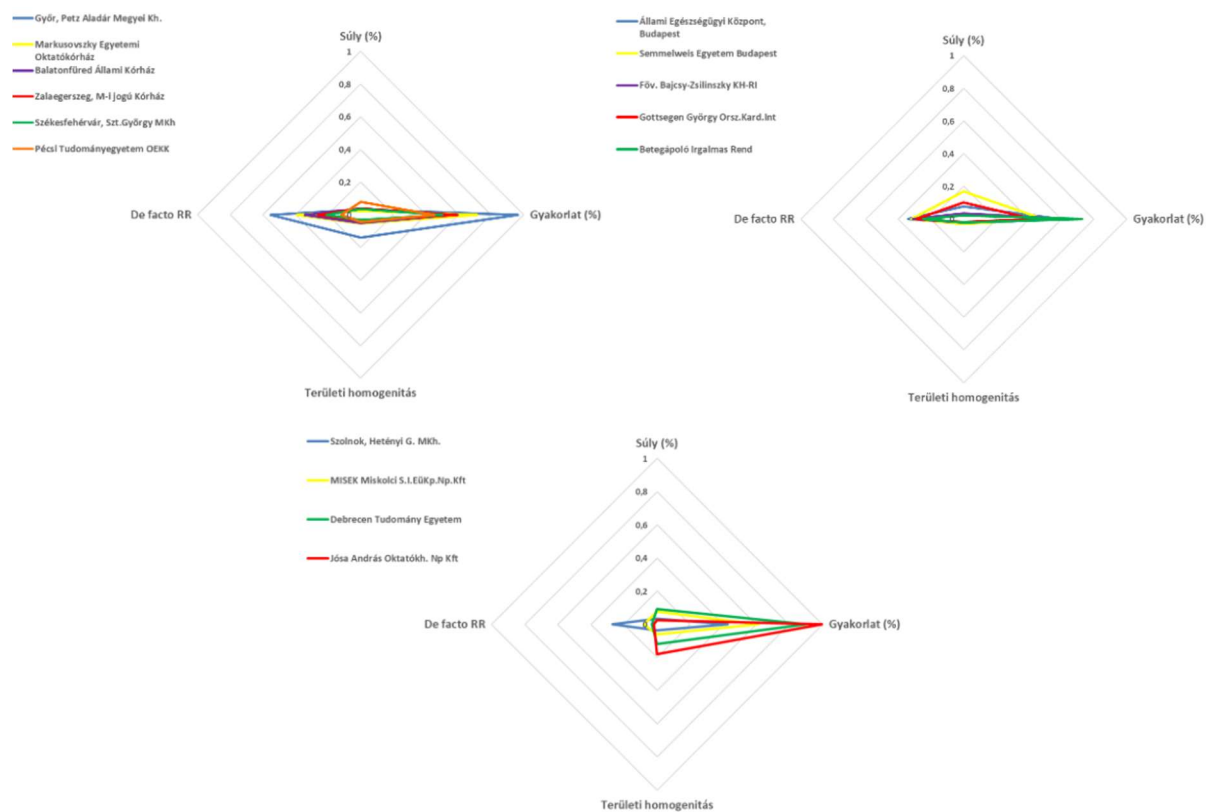
esetben egyértelműen kiemelkedik minden szempontból együttesen a győri Petz Aladár Megyei Kh., de a B és I-t tekintve nem is domináns ellátó. Hozzá képest kisebb mértékben ez jellemzően a nyugati intézményekről mondható el. A kiinduló hipotéziseket illetően az, hogy vidéken inhomogenitás van jelen, néhány esetben cáfolásra került az eredmények alapján, de például látszik, hogy az ország keleti részén az alacsony ellátó-sűrűség együtt jár az alacsony rehabilitációs rátával. Budapest és környéke az ottani ellátók de facto határainak szabálytalansága miatt csak átlagos homogenitást mutat (területi és a gyakorlati szempontból is), közülük egyedül az Állami Egészségügyi Központ tér el pozitívan némely epizódtypusnál.

Az index ellátók közti rehabilitációs gyakorlat-alapú hasonlóságokat, viszonyokat erő alapú gráf-vizualizáció segítségével reprezentáltam. A gráf csomópontjainak mérete az adott ellátó súlya (5-7. táblázatban megtalálhatóak). A köztük (két ellátóra nézve) lévő „erő” kiszámításának módszere:  $1 - (a \text{ klaszter gyakoriságok különbségének összege})$ . Az 1%-os súlyt el nem érő intézmények nem voltak figyelembe véve.



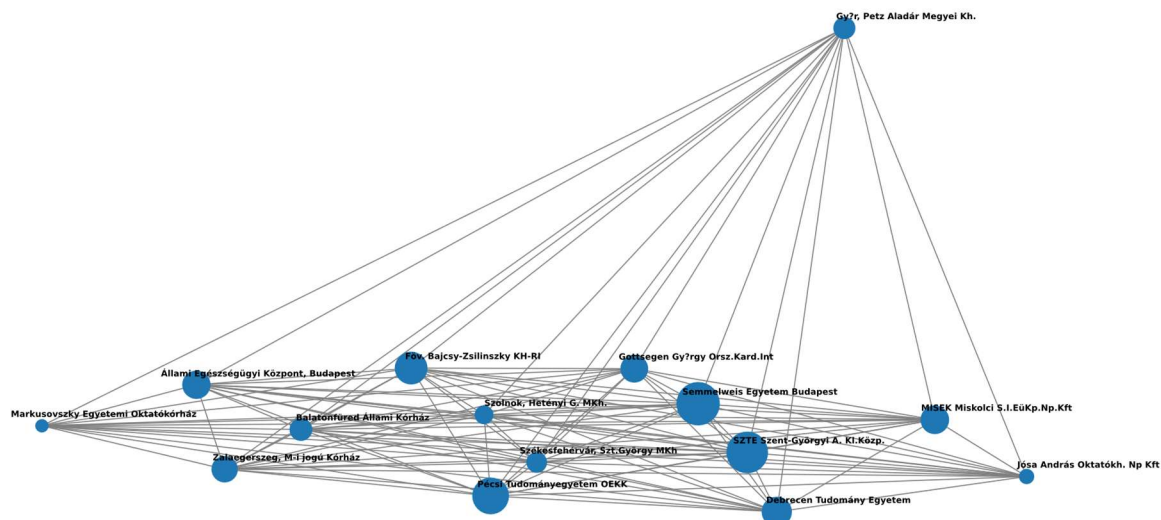
**22. ábra:** Akut eseményt ellátók viszonya rehabilitációs gyakorlat alapján P infarktusos epizódokra

Az erő alapú gráf (mely megjelenítése a NetworkX könyvtár `spring_layout` függvényét használva készült) P infarktusos eseteket nézve (22. ábra) azt mutatja, a legeltérőbb gyakorlatot a nyíregyházi, a debreceni és a győri ellátó képviseli, a főváros intézményei pedig közel kerültek egymáshoz. A legnagyobb súllyal a Semmelweis Egyetem rendelkezik. Radardiagramon (23. ábra) is ábrázolásra kerültek az intézmények jellemzői (szintén a hasonlóságok és/vagy különbségek reprezentálása céljából) P infarktusos epizódokra, hiszen az elemzés szempontjából ez tekinthető a legfontosabb típusnak. Az ellátók elhelyezkedésük alapján kerültek csoportosítva a diagramra (nyugat, főváros, kelet).



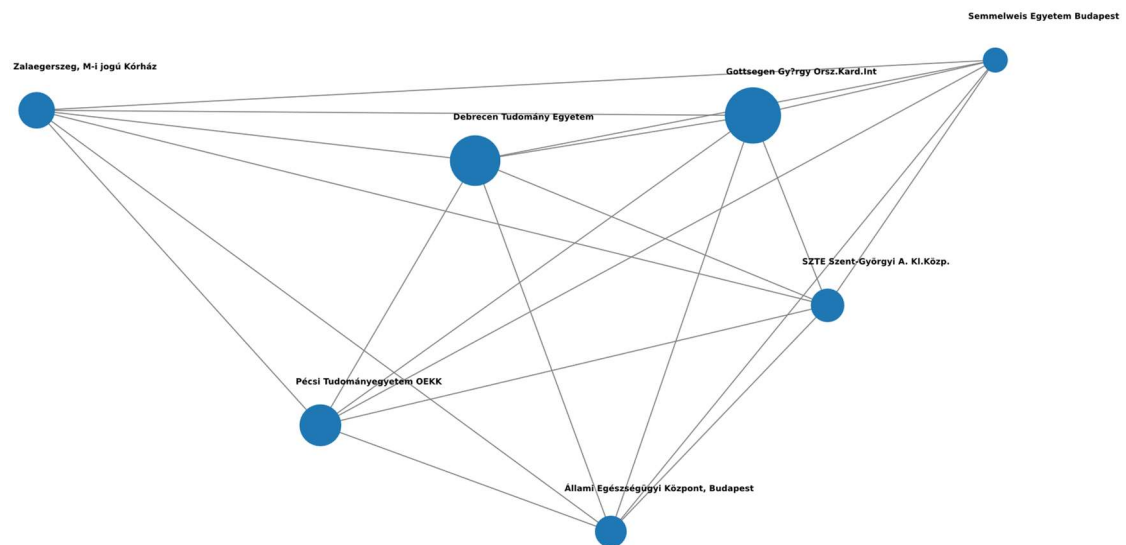
**23. ábra:** Akut eseményt ellátók jellemzői P infarktusz epizódokra

P nem infarktusz eseteknél (24. ábra) szintén jól elkülönül a győri ellátó a gyakorlat alapján, a legnagyobb súllyal pedig ugyanúgy a Semmelweis Egyetem rendelkezik.



**24. ábra:** Akut eseményt ellátók viszonya rehabilitációs gyakorlat alapján P nem infarktusz epizódokra

B és I eseteket tekintve (25. ábra) leginkább a zalaegerszegi ellátó különül el kissé a hálózat magjától.



**25. ábra:** Akut eseményt ellátók viszonya rehabilitációs gyakorlat alapján B és I epizódokra

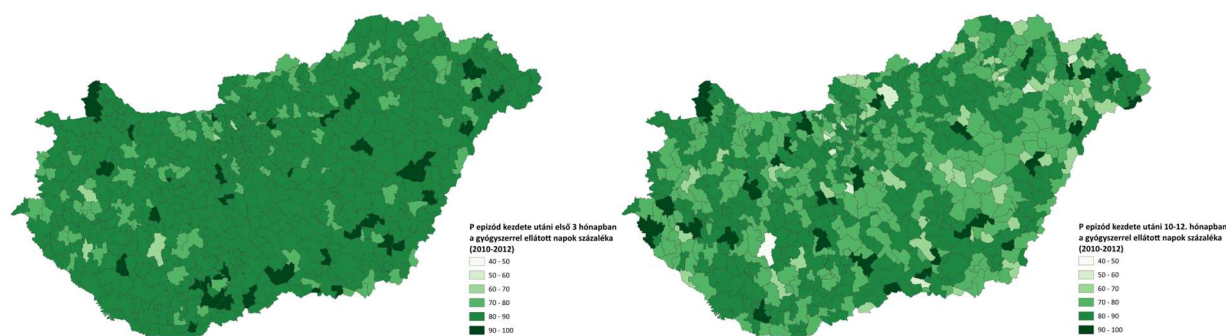
## 5. A betegek viselkedésének jellemzése

Az ellátási gyakorlat kiterjedt területi elemzését követően érdemes megvizsgálni, van-e közte, illetve a betegek viselkedése között kapcsolat, ezzel már az ő szerepüket, valamint az időbeliséget is kiemelve a rehabilitáció alakulásában. Előtte azonban fontos ismertetni, milyen módon került mérésre ezen paraméter, valamint milyen jellemzők olvashatóak ki alakulásából.

Mérése az adherencia (röviden: AD) segítségével történik, mely a páciens a felírt gyógyszerek szedését illető együttműködését mutatja a kezelőorvossal az akut eseményt követő felépülés érdekében. Számítására rendelkezésre állnak az anonimizált TAJ számmal az epizódok listájához köthető tablettafelírási, -kiváltási rekordok, (a fontosabb attribútumokat említve) tartalmazva a hatóanyagot (jelen munkában a statinra leszűrve az adathalmazt), a kiszerezés tablettaszámát, a szedés kezdetének tekintett dátumot és annak számát, hány dobozzal lett felírva az adott készítményből. Ha kigyűjtésre kerülnek ezen adatsorok egy-egy beteghez kapcsolódóan, akkor a kiváltás dátumától kezdve a tabletták száma alapján a napok vonatkozásában egy idősor készíthető, mely az akut eseménytől kezdődik, majd pedig egy meghatározott időintervallum végéig tart. Minden napra egy logikai érték került tárolásra, mely azt jelenti, hogy aznap rendelkezett-e tablettával a beteg (tehát természetesen a tényleges szedési gyakoriságra nincs elérhető adat, de így, a kiváltás utáni naponta történő beszédéseket feltételezve lehet következtetni az adherenciára). Ezen jellemző számítása tehát a gyógyszerrel ellátott napok számának a vizsgált időtartam napokban mért hosszával való leosztásával történik (lásd 3. képlet). Értéktartománya 0 és 1 közötti, azaz gyakorlatilag a tablettával ellátott napok százalékos értéke.

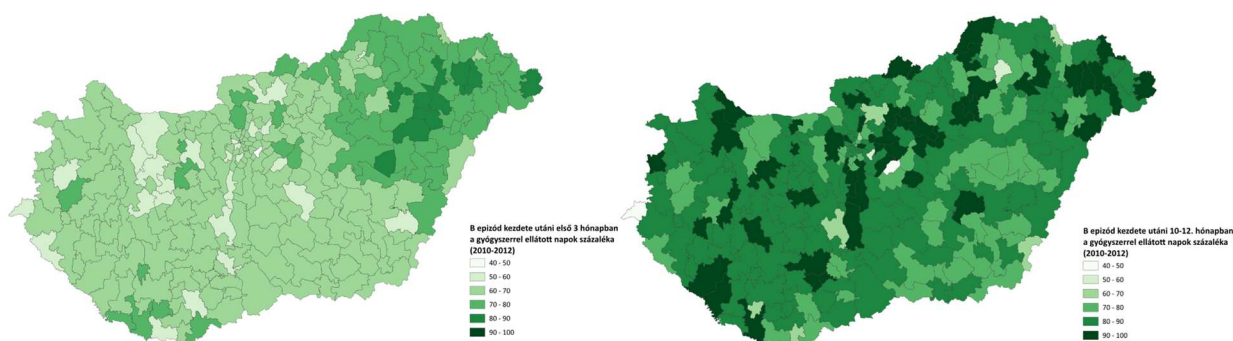
Az adherencia alakulásának elemzéséhez első lépésként szükséges volt az epizódokat az index esemény dátuma szerint a 2010-es év kezdete és a 2011-es év vége között történetekre leszűrni, hogy minden esetben legyen lehetőség egy éves követés vizsgálatára. A szűkebb intervallum oka a gyógyszeres adatok 2010-12. közötti rendelkezésre állása. Ezt követően vizualizálásra került az irányítószám körzetek összevonása utáni foltokra bontva (lásd 2.3.2) az említett években történt epizódok utáni egy év első három, valamint utolsó három hónapja idejére számított átlagos adherencia (lásd 26-27. ábra). Fontos megemlíteni, hogy minden eset egy önálló „személynek” tekintett, akkor is, ha egy betegnek több epizódja volt a vizsgált időszakban. A felírások közül mindig csak az akut esemény után történtek kerülnek számításra, hiszen az azonos személyhez tartozó epizódok egymástól függetlenül vannak kezelve. Az eredmények mindkét fő esettípusra vonatkozóan készültek el, azonban a B+I epizódok közül

utóbbi betűvel jelölt típusúak el lettek hagyva az adherencia-vizsgálatot illetően, ugyanis náluk ez orvosi szemszögből nézve nem értelmezhető a szakértő javaslata alapján a rendelkezésre álló adatokból.



**26. ábra:** P típusú akut epizódok utáni egy év első és utolsó három hónapjára vonatkozó, körzetes bontású átlagos adherencia

A P epizód típusokra nézve (26. ábra) elmondható, az első három hónapban országos szinten jellemzően 80-90% körül alakul a foltokra számított átlagos adherencia, majd az 10-12. hónapra véve már alacsonyabb értékeket (70-80%) mutat a foltok jelentős százalékában, azonban több körzet is ugyanazon tízes tartományban maradt. Regionálisan összefüggő klaszterek nem mutatkoznak, nem figyelhető meg erős szabályszerűség.



**27. ábra:** B típusú akut epizódok utáni egy év első és utolsó három hónapjára vonatkozó, körzetes bontású átlagos adherencia

B epizódok vonatkozásában azonban már kifejezetten érdekes, az előzetesen gondolt eredménytől eltérő adherencia-alakulást mutatnak a térképek (27. ábra). Szemmel láthatóan alacsonyabb százalékos értékek figyelhetők meg az első három hónapban, mint a 10-12. hónapokban, azaz ezen eseteknél az idő múlásával egyre inkább erősödik a gyógyszereszedési hajlandóság. Az előbbi időintervallumban a P eseteknél abszolút nem mutató regionális differenciák itt megfigyelhetők, hiszen az ország nyugati, középső része döntően a 60-70%-os tartományba esik, azonban keleten összefüggően magasabbakba. Tehát ezen elemzési szakasz

szintén igazolja a lakhely szerepének fontosságát a jellemzésre használt paraméter alakulása szerint. Az adherencia az RR térképekkel összevetve sokkal kisebb variabilitással bír, néhány 50% körüli értékű körzet van csak, a többi esetben efölötti.

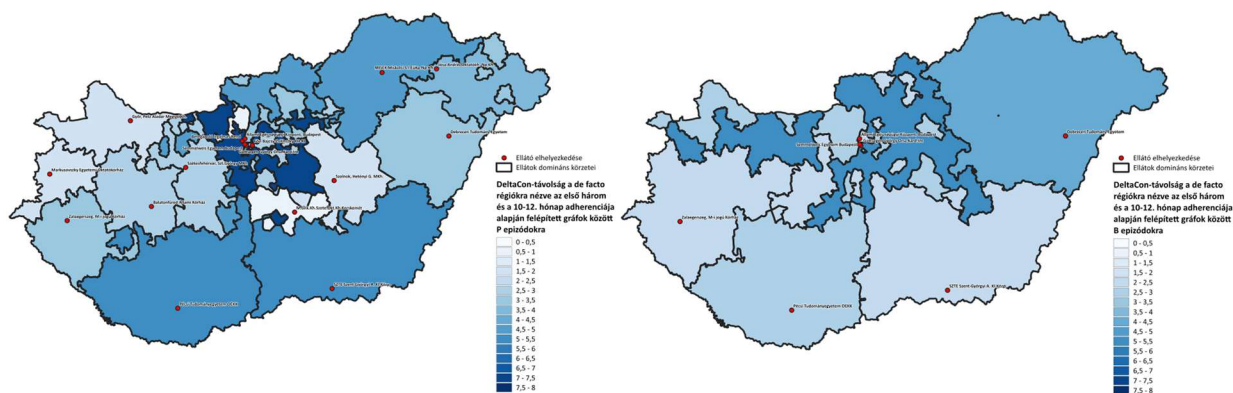
Az adherencia említett két időszakot érintő területi hasonlóságának mérése hálózattudományi megközelítéssel valósult meg. Első lépésként mindkét, körzetekre egyaránt kiszámolt gyógyszerrel ellátott napokat jelentő változó vonatkozásában elkészítésre került egy-egy gráf, melyek csúcsai a körzetek, az élek és súlyuk meghatározása pedig a korábbiakban ismertetett módszer alapján történt (lásd 3.3). Tehát az irányítatlan gráf létrehozása során kezdetben minden lehetséges körzet-pár között van él, azaz sűrű gráf. Tárolására szomszédsági mátrixot alkalmaztam, melynél a sorok/oszlopok a csúcsokat jelentik, az általuk beazonosított mezők pedig a szomszédság-erősségi változókat (SZ). Értékei ugyanazon elvek alapján kerültek meghatározásra, melyek bemutatásra kerültek korábban (lásd 7-8. képlet és magyarázata), természetesen az RR változók helyett a két adherencia változót behelyettesítve.

Tehát az él súlya egy körzetpárra (természetesen csak a nem azonos csúcsok között, a különbözőek által is csupán egyszer véve az irányítatlanságra tekintettel) az adherenciájuk abszolút különbsége egyből kivonva, majd megszorozva a már tárgyalt szomszédsági viszonyt leíró változóval. A gráfok esetében szintén az élsúly szerinti felső 20%-a került a kapcsolatoknak megtartásra a lényeg kiemelése céljából.

A gráfok elkészítése után mérhető a két hálózat hasonlósága a bevezetőben taglalt módszerekkel, melyek közül a leginkább használhatót az „Ismert Csomópont-Megfeleltetés” (KNC) alapesetre támaszkodóak között kell keresni. Fejlett, széles körben alkalmazott algoritmus a DeltaCon-távolság számítását megvalósító. Számítása minden de facto régióval rendelkező index ellátóra külön történt, azaz mindig csak a mindkét végpontjában hozzá tartozó körzetek közötti élek kerültek leszűrésre a megalkotott és már előzetesen is szignifikancia szerint csökkentett élszámmal rendelkező, országos léptékű gráfból. Minél nagyobb a távolság értéke, annál nagyobb a különbség.

A DeltaCon-távolságok területi ábrázolását követően (28. ábra) látszódik (fontos megemlíteni, hogy a de facto régiók a gyógyszerbezárás adatok miatt leszűkített epizódhalmazt felhasználva készültek), P epizódok tekintetében az index esemény utáni első három és a 10-12. hónap adherencia értéke alapján felépített gráfok közül kiemelkedően magas a budapesti Semmelweis Egyetem de facto régiójának a két időszak között számolt távolsága, ezzel jelentős különbséget mutatva. A nyugati ellátóknál látható egy északi irányú átmenet a győri ellátó felé.

A B epizódokra nézve egy másik fővárosi ellátó képviseli a legnagyobb különbségeket (Gottsegen György Orsz.Kard.Int), melyet a debreceni intézmény követ. Nyugaton és délen jellemzően alacsonyabb távolság értékek figyelhetők meg.



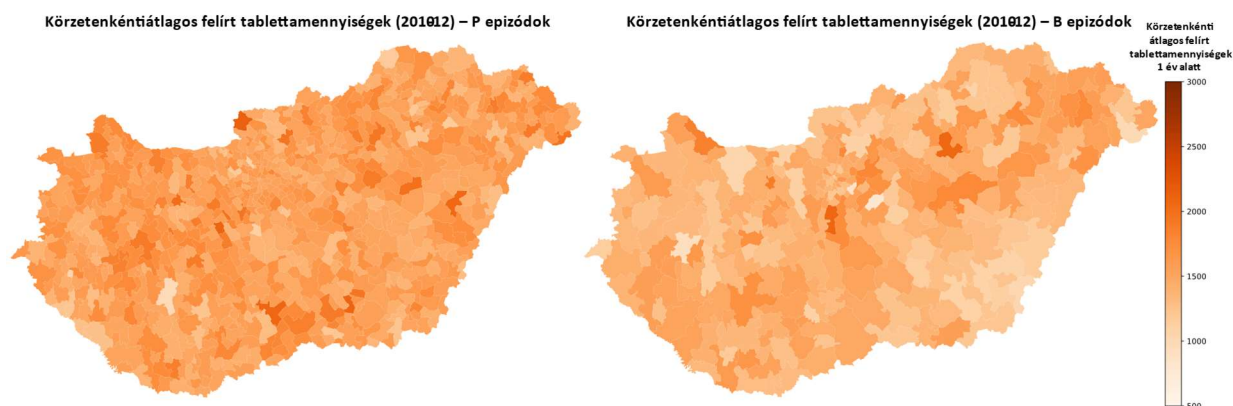
A módszer alkalmazásának táblázatos formában felsorolt és távolság szerint csökkenő sorrendben megjelenített (nagyon alacsony volumenű ellátókat elhagyva) eredményeiből látható P epizódokra nézve (8. táblázat), hogy a legnagyobb különbség a budapesti Semmelweis Egyetem vonzáskörzetét illetően van a két időszak adherenciáján alapuló gráfja között, melyet a pécsi és a szegedi ellátó követ szinte azonos értékekkel. B epizódoknál (9. táblázat) kiemelkedő a DeltaCon-távolság nagyságát illetően a Gottsegen György Orsz.Kard.Int, valamint az őt nem sokkal lemaradva követő debreceni ellátó.

**8. táblázat:** DeltaCon-távolság a domináns ellátók de facto régiójára nézve az első három és a 10-12. hónap adherenciája alapján felépített gráfok között P epizódokra

| Ellátó                                | DeltaCon-távolság |
|---------------------------------------|-------------------|
| Semmelweis Egyetem Budapest           | 7,184             |
| Pécsi Tudományegyetem OEKK            | 5,486             |
| SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.        | 5,438             |
| Gottsegen György Orsz.Kard.Int        | 4,983             |
| MISEK Miskolci S.I.EüKp.Np.Kft        | 4,920             |
| Jósa András Oktatókh. Np Kft          | 3,902             |
| Debrecen Tudomány Egyetem             | 3,247             |
| Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház         | 3,205             |
| Állami Egészségügyi Központ, Budapest | 3,142             |
| Székesfehérvár, Szt.György MKh        | 2,995             |
| Föv. Bajcsy-Zsilinszky KH-RI          | 2,865             |
| Balatonfüred Állami Kórház            | 2,625             |
| Szolnok, Hetényi G. MKh.              | 1,983             |
| Győr, Petz Aladár Megyei Kh.          | 1,667             |
| Markusovszky Egyetemi Oktatókórház    | 1,549             |
| Betegápoló Irgalmas Rend              | 0,807             |
| M.önk.Kh.Szote.Okt.Kh.Kecskemét       | 0,626             |

**9. táblázat:** DeltaCon-távolság a domináns ellátók de facto régiójára nézve az első három és a 10-12. hónap adherenciája alapján felépített gráfok között B epizódokra

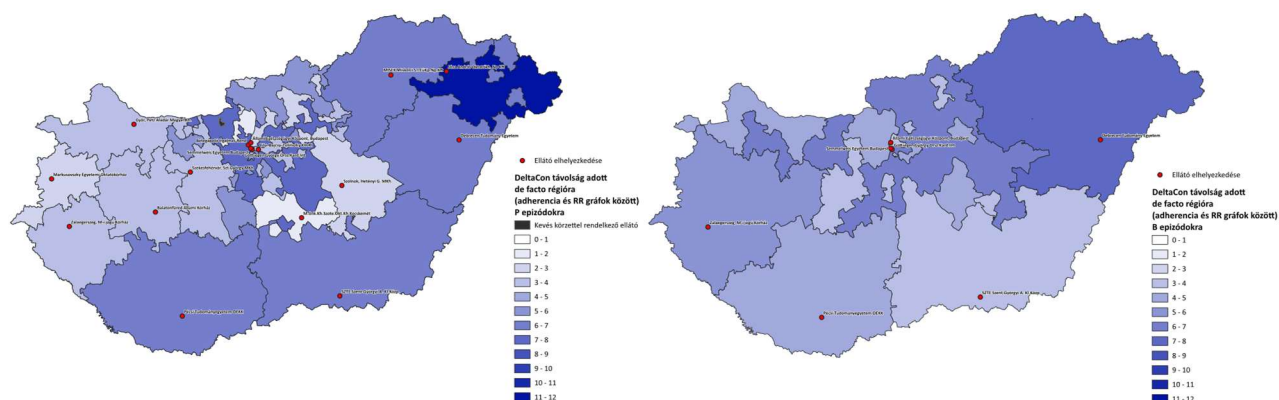
| Ellátó                                | DeltaCon-távolság |
|---------------------------------------|-------------------|
| Gottsegen György Orsz.Kard.Int        | 5,258             |
| Debrecen Tudomány Egyetem             | 4,287             |
| Semmelweis Egyetem Budapest           | 2,986             |
| Pécsi Tudományegyetem OEKK            | 2,753             |
| Állami Egészségügyi Központ, Budapest | 2,481             |
| Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház         | 2,433             |
| SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.        | 2,067             |



**29. ábra:** Körzetenkénti átlagos felírt (és kiváltott) tablettamennyiségek (2010-12 között) P és B epizódokra bontva

A körzetenkénti átlagos tablettamennyiségeket illetően a B eseteknél látszódik kisebb mértékű alacsony számú klaszterezettség délkeleten (29. ábra), nem jellemzőek a területi szabályszerűségek.

Az említett gráf-hasonlóság mérési módszer azonban nem csak azonos „típusú” attribútumokra alkalmazható, hanem olyan viszony vizsgálatára is, mint az akut esemény utáni 1 éves adherencia és a korra normált rehabilitációs ráta között lévő. Ezzel a kardiológiai ellátórendszer két különböző elemzési szempontja összevetése történik meg, egyesítve a területi és időbeli jellemzőket. Elhagyásra kerültek azon epizódok, melyek index eseményeit követően 20 napon belül beállt a beteg halála. Az RR számítása és eredményei már ismertetésre kerültek (jelen esetben az adherencia számításához rendelkezésre álló időtartományra szűkítve), az adherencia pedig az eddigiekkel ellentétben egyszerűen az akut esemény utáni teljes, egy éves intervallum vonatkozásában lett számszerűsítve. A gráfok ezen két változóra lettek felépítve és súlyozva ugyanazon módszer alapján, mely a két időszak adherenciája esetén alkalmazásra került. Szintén DeltaCon-távolságot alkalmaztam a domináns ellátók de facto régióira nézve, ezek területi egységei alapján összehasonlítva a két szempontot.



**30. ábra:** DeltaCon-távolság a domináns ellátók de facto régiójára nézve az 1 éves adherencia és az RR alapján felépített gráfok között P, valamint B epizódokra

P epizódokat tekintve (30.1. ábra) szélsőségesen nagy a távolság a nyíregyházi ellátó domináns régiója viszonylatában az adherencia és a rehabilitációs ráta között. Összefüggően öleli körbe az ország középső és északnyugati részét egy hasonló értékeket mutató kórházcsoport, az északnyugati régió pedig összefüggően nagyobb hasonlóságot mutat. B epizódok viszonylatában a legnagyobb különbség megint keleten mutatkozik, de ez esetben a debreceni ellátó képviselődik. A legnagyobb hasonlóságot mutatók között a szegedi intézmény említhető.

**10. táblázat:** DeltaCon-távolság a domináns ellátók de facto régiójára nézve az 1 éves adherencia és az RR alapján felépített gráfok között P epizódokra

| Ellátó                                | DeltaCon-távolság |
|---------------------------------------|-------------------|
| Jósa András Oktatókh. Np Kft          | 11,792            |
| Semmelweis Egyetem Budapest           | 7,431             |
| SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.        | 6,778             |
| MISEK Miskolci S.I.EüKp.Np.Kft        | 6,665             |
| Pécsi Tudományegyetem OEKK            | 6,563             |
| Debrecen Tudomány Egyetem             | 6,258             |
| Gottsegen György Orsz.Kard.Int        | 5,661             |
| Balatonfüred Állami Kórház            | 3,889             |
| Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház         | 3,726             |
| Föv. Bajcsy-Zsilinszky KH-RI          | 3,128             |
| Székesfehérvár, Szt.György MKh        | 3,121             |
| Győr, Petz Aladár Megyei Kh.          | 3,094             |
| Állami Egészségügyi Központ, Budapest | 2,941             |
| Szolnok, Hetényi G. MKh.              | 2,802             |
| Markusovszky Egyetemi Oktatókórház    | 2,477             |
| M.önk.Kh.Szote.Okt.Kh.Kecskemét       | 1,724             |
| Betegápoló Irgalmas Rend              | 1,361             |

**11. táblázat:** DeltaCon-távolság a domináns ellátók de facto régiójára nézve az 1 éves adherencia és az RR alapján felépített gráfok között B epizódokra

| Ellátó                                | DeltaCon-távolság |
|---------------------------------------|-------------------|
| Debrecen Tudomány Egyetem             | 7,714             |
| Gottsegen György Orsz.Kard.Int        | 6,277             |
| Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház         | 5,122             |
| Semmelweis Egyetem Budapest           | 4,329             |
| Pécsi Tudományegyetem OEKK            | 4,232             |
| SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.        | 3,570             |
| Állami Egészségügyi Központ, Budapest | 3,150             |

A módszer ezen változókon való alkalmazásának táblázatos formában felsorolt és távolság szerint csökkenő sorrendben megjelenített (nagyon alacsony volumenű ellátókat elhagyva) eredményeiből látható P epizódokra nézve (10. táblázat), ahogy már említésre került, a Jósa András Oktatókh. Np Kft de facto régiójának gráfjai különbsége az egy éves adherencia és a rehabilitációs ráta viszonylatában kiugróan magas. A másik típusra nézve (11. táblázat) a legnagyobb különbségek a debreceni ellátó esetében mutatkoznak, majd fokozatosan csökkenve követi a többi intézmény. Az Állami Egészségügyi Központ domináns régiója tekintetében a leghasonlóbb a két gráf.

A kutatás számszerű mértékei közti kapcsolatok további elemzését segíti elő a korrelációszámítás. Ennek elvégzésére számos módszer áll rendelkezésre, melyek közül mindig az adatok

jellemzői, jellege alapján érdemes választani. Az index epizód utáni 3 hónapos adherencia és az ugyanazon időponttól kezdődő 1 éves túlélés (bináris változó a halál beállása alapján) változók minden betegre egyénileg vett korrelációjának vizsgálatához nem alkalmazható Spearman korreláció, hiszen az egyik attribútum bináris, a másik pedig folytonos skálán (0 és 1 között) mérhető. Ekkor az erre alkalmas point-biserial korrelációs koefficiens kiszámítását lehet elvégezni, mely a Pearson korreláció egyik fajtája, különleges esete. A koefficiens értéke -1 és 1 között várható, 0-tól előbbi felé haladva egyre erősebb fordított, míg utóbbi felé egyre erősebb egyirányú kapcsolatot igazolva. Fontos megemlíteni, a két változó vonatkozásában a harmadik hónap előtt meghalt betegek epizódjai ki lettek zárva, hiszen esetükben erre az időszakra nézve természetesen nem lehet gyógyszereszedésről sem beszélni (tehát a hamis torzítás kizárása miatt), a túlélés az utána kezdődő intervallumra van számolva. P epizódokra nézve a két változó közötti korrelációs együttható értéke -0,146 ( $p < 0,001$ ), B esetekre véve pedig -0,143 ( $p < 0,001$ ). Tehát elmondható, az extrém alacsony szignifikancia szint miatt statisztikailag megalapozottan enyhe, trendszerű fordított arányosság figyelhető meg a szinte azonos negatív együttható szerint. Azaz kis mértékben a gyógyszerrel ellátott napok növekedő számával csökken a halál bekövetkeztének előfordulása az adatok alapján.

Továbbá meghatározható minden egyes betegre nézve (ugyanúgy az első három hónapban meghalt betegek kapcsolódó epizódját kizárva) az index esemény dátuma utáni első három hónapra vonatkozó adherencia, illetve a rehabilitáción való részvétel ténye közötti korrelációs együttható. Utóbbi szintén bináris változó, mely miatt ismét point-biserial vizsgálatra van szükség. Az eredményeket kiértékelve elmondható, a P esetek (-0,082,  $p < 0,001$ ) és a B epizódok (-0,148,  $p < 0,001$ ) terén kapott eredmény szintén fordított arányosságot mutat statisztikailag megalapozottan, bár kifejezetten itt sem jelentősen tér el a 0-tól a korrelációs együttható értéke. Megjegyezhető, a nagyobb adherencia enyhén, trendszerűen együtt jár a rehabilitáción nem részvétellel, mely B esetekben jobban igaz, mint P esetekre nézve.

## 6. Túlélés-elemzés

A kardiológiai rehabilitációs ellátórendszer gyakorlatának (és ahhoz kapcsolódó területi jellemzőinek), intézményeinek, valamint betegek viselkedésének elemzése után elengedhetetlen megvizsgálni a túlélés jellegzetességeit is különböző módokon, illetve kapcsolatát a már említett szempontokkal. Ennek módja elsősorban Cox-regresszió és Kaplan-Meier elemzés végzése. Alkalmazásuk a témát illetően más publikáció által is bizonyított [35]. Előbbi, azaz a „proportional hazards” regressziós módszerként is nevezhető Cox-regresszió [36] egy adott esemény (jelen kutatásban a halál) bekövetkezésének a kockázatát („hazard rate”) képes megbecsülni különböző külső tényezők függvényében, azok relatív kockázatának formájában. Természetesen olyan időintervallumban kerülnek kiértékelésre, amikor még élt a beteg, nem következett be az adott esemény. Feltételezi a módszer a kockázat arányának időbeli állandóságát, a túlélési idők függetlenségét az egyének között, multiplikatív kapcsolat fennállását a prediktorok és az esemény között, továbbá az események értékelhető számát minden változóra. Fontos, hogy utóbbiak függetlenek legyenek egymástól, ugyanis ennek figyelembevételének elmulasztásával multikollinearitás (túl szoros korrelációs kapcsolat) állhat fenn köztük, zavarva a becslést. A modell képlete szerint, ha a  $t$  időpontban (amikor a kovariánsok mindegyike 0)  $h(t)$  a kockázat mértéke,  $\underline{x} = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$  pedig a magyarázó változók vektora, cél pedig a  $\beta_i$  regressziós együtthatók meghatározása, akkor a kockázat nagyságának leírása a következő módon történik:

$$\log h(t, \underline{x}) = \log [h_0(t)] + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \quad (9)$$

Mivel az akut eseteknek a súlyosságáról nincs rendelkezésre álló adat, ezért ezen szakasz fókuszában a P infarktusos epizódok vannak. Minden betegre csak az utolsó, P infarktusos eset lett megtartva. Az akut esemény után közvetlen bekövetkezett halál torzító hatásának kivédése céljából az elemzés 0 idejét az utána lévő 20. napra időzítettem, mely a rehabilitáció átlagos követési ideje. Mint a bevezetőben is említésre került, a kockázatbecslés célpontjának számító esemény a beteg halála. Az elemzés során azon epizódhalmaz került vizsgálatra, ahol az akut eseményt rehabilitáció követte (AR).

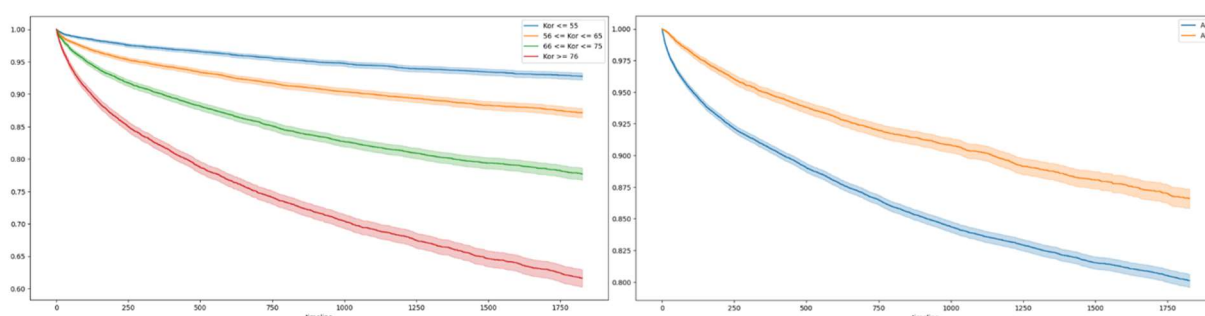
Ahogy látható az eredményeket áttekintve (12. táblázat), három kovariáns esetében mutatkozott szignifikáns hatás a halál kockázatára nézve. Az életkor minden éve 7%-kal nagyobb kockázatot jelent a halálra nézve. A következő két változó tekintetében a rehabilitációt végző intézmény volumene és vidék-főváros elhelyezkedése került vizsgálatra. A magasabb

betegszámmal rendelkező rehabilitációs intézményekben való kezelés 57%-kal csökkenti a halálozás kockázatát, azaz az adatok alapján megéri a jól bevált és ezáltal sokat látogatott intézmények választása a rehabilitációt illetően. Abban az esetben, ha a rehabilitációs intézmény a fővárosban helyezkedik el, kifejezetten nagy mértékben, 80%-kal nő a halál kockázata. Ezen jelenség további szakmai kérdéseket vethet fel, azonban annyi mindenképp elmondható konklúzióként, hogy érdemes a vidéki rehabilitációs ellátókat választani. Ezen vizsgálat eredményeit felhasználva, megfelelően kiértékelve tehát valóban megfontolandó az ellátórendszer hatékonyságának ezen szempontok szerinti javítása a betegek túlélési esélyeinek növelése céljából. A többi, alább felsorolt változó magasabb p értéke miatt nem értékelendő.

**12. táblázat:** Cox-regresszió során alkalmazott kovariánsok, relatív hatásuk a halál kockázatára és szignifikanciaszintjük P infarktusos, AR epizódokra

| Kovariáns              | Hatás a kockázatra (%) | p-érték |
|------------------------|------------------------|---------|
| Életkor                | +7%                    | <0,005  |
| Férfi                  | +17%                   | 0,01    |
| Ellátó volumen (magas) | -57%                   | <0,005  |
| Főváros                | +80%                   | <0,005  |
| Rehabilitáció télen    | +5%                    | 0,52    |
| Rehabilitáció nyáron   | +5%                    | 0,51    |

Ezen változókon kívül tesztelésre került a Cox-regresszió a rehabilitáció hosszával kapcsolatban is, de ezen kovariáns nem teljesítette az arányos kockázati feltételezést, így idővel változó változóként [37] is kipróbálásra került, de 0%-tól eltérő kockázati hatás nélkül, úgyhogy elvetésre került vizsgálata.

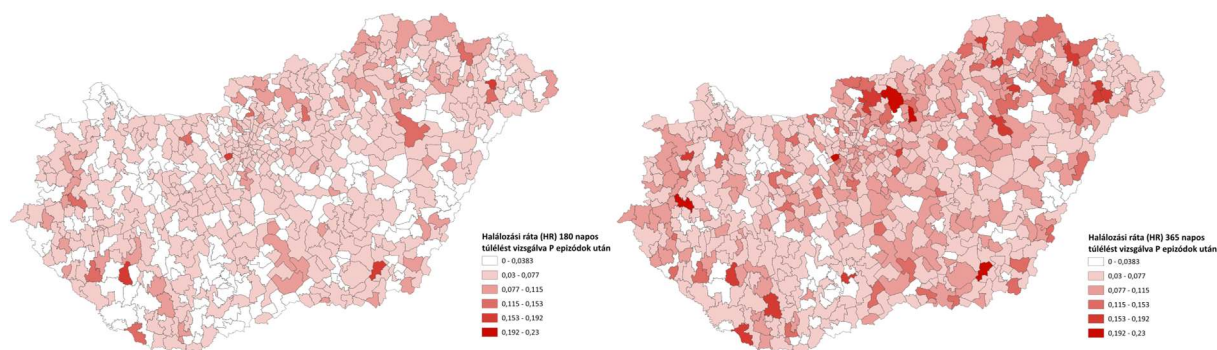


**31. ábra:** Kaplan-Meier túlélési görbe a P infarktusos epizódokra (korcsoportok, valamint A és AR szerinti bontásban)

A KM túlélési görbéket elemezve (31. ábra) látható, az akut esemény utáni rehabilitáció, és a minél alacsonyabb életkor együtt jár a halál esélyének csökkenésével az adatok alapján. Utóbbit a Cox-regresszió is alátámasztotta. A-AR görbék esetében kezdetben sokkal rosszabb a halandósága a rehabilitációra nem kerülteknek (véltető torzítás), feltételezhetően azért, mert

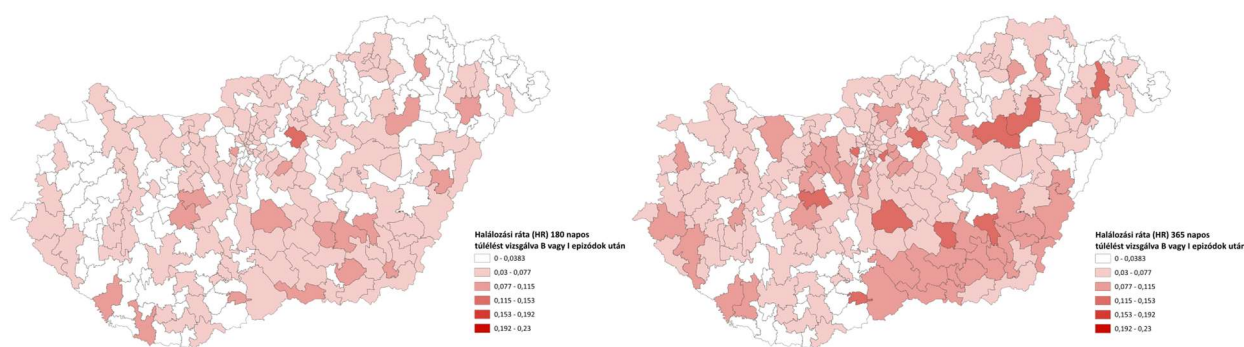
súlyosabb esetek és ez által nem, vagy csak rövidebb ideig vettek részt rehabilitáción (ez az adatkészlet limitációi miatt nem volt megvizsgálható).

A túlélés-elemzés másik elemeként definiálásra került a halálozási ráta (HR), mely az adott körzetben az index esemény utáni 180, vagy 365 napos követési időszakban meghalt betegek arányát méri 0 és 1 közötti értékként a teljes számhoz képest. Az elemzés elkészült P, valamint B és I esetek szerinti felbontással (az epizód a beteg lakhelye szerint került az adott folthoz hozzárendelésre), szintént elhagyva az akut esemény utáni 20. napig elhunyt beteg-epizódokat.



**32. ábra:** Halálozási ráta 180, majd 365 napos túlélést vizsgálva P epizódokra

A P epizódokat tekintve (32. ábra) egyértelműen látható országos viszonylatban az arányok növekedése, bizonyos körzeteknél azonban nem, vagy csak kissé módosult, de számuk alacsonynak mondható. B és I epizódok (33. ábra) terén is hasonlóan kirajzolódik az elvárt aránynövekedés, azonban kiemelendő a délkeleti területeken megfigyelhető homogenitás (különösen a 365 napos viszonylatban), mely többségében épp lefedi a szegedi index ellátó de facto régióját.



**33. ábra:** Halálozási ráta 180, majd 365 napos túlélést vizsgálva B és I epizódokra

## 7. Diszkusszió

Jelen kutatás számos újdonságot, eltérő megközelítést mutat be a korábbi, kapcsolódó egészségügyi-adatelemzési publikációkhoz képest.

A dolgozat számszerű eredményeit más, publikált eredményekkel közvetlenül összevetni a módszerek különbözősége miatt nem lehet, csupán csak a megvalósított intelligens körzetesítés esetében, melyhez volt már referenciának használható megoldás [33], csupán területi alapon. A szomszéd-választási szempontok finomításával sikerült javulást elérni. A jelenlegi kutatás közvetlen előzményeként tekinthető munka során elkészített [20], a jelenlegi módszerhez hasonlóan pontozásos-alapú, területi és demográfiai szempontok szerint működő algoritmus további javításra került, már a domináns ellátók körzeteken belül való eloszlása szerinti homogenitásra, a „billegő körzetek” számának csökkentésére is törekedve. A minőségi kritériumokra való eredményesség megőrzése mellett a 60% alatti domináns ellátóval rendelkező körzetek száma is 1-5%-kal csökkent. Az összes hasonló témájú korábban publikált módszerhez képest [20, 33] tehát újdonság, hogy a körzetesítés eredményeképpen az eddigiekhez képest lényegesen finomabb felbontású, a valóságot a szűrkezónak az adatok engedte lehetőségek szerinti csökkentésével jobban leíró, de a statisztikai jellemzőket is megtartó elemzés vált lehetségessé.

A kutatás ellátói gyakorlatának területi jellemzését segítő numerikus értéként korra normált rehabilitációs rátát alkalmaztam, ezzel az életkor miatti torzításokat kivédve. Meghatároztam az index ellátókhoz kapcsolódó de facto körzeteket, mely során szavazásos alapon hozzárendeltem a körzeteket egy-egy adott ellátóhoz, ezzel országos szintű képet kapva a rendszer lefedettségéről. Fontos területi különbségeket fedeztem fel, illetve több ellátó esetében olyan éles de facto és rehabilitációs ráta határ azonosságot, mely az adott intézmény erős hatását sugallja a rehabilitációs döntés meghozatalát illetően. A kiemelkedő arányai, jellemzői miatt már egyéb publikációban [3] is elemzett győri, északnyugati régió a többi ellátótól jelentősen pozitívan elkülönülő RR értékkel és homogenitással bír vonzáskörzetében. Alacsonyabb rehabilitációs arányú klaszterezettség keleten, különösen a debreceni ellátó régiójában figyelhető meg. Globális és lokális térbeli autokorreláció számításával szintén alátámasztásra kerültek a felfedezett területi, regionális különbségek. Igazolásra került az ellátó jelentős szerepe a rehabilitációs döntésben, mégpedig pusztán a területi összefüggések és az epizódadatok alapján, ami szintén újítást jelent a kérdőívekre alapozott módszerekhez képest [38].

A hálózatalapú klaszterezés is az informatika hálózattudományi ágának és az egészségügyi ellátórendszer vizsgálatának előnyös, ígéretes kapcsolatát mutatja, hiszen ezen módszerrel a korábbiaktól eltérően, a számítástechnika adta lehetőségeket kihasználva vizsgálható a hálózat viselkedése, felépítése. Bizonyítja, mennyire hasonlóak a gyakorlatok egy-egy ellátó domináns régiójában, illetve az intézmények közti hasonlóságok bemutatott mérési módjának is egyik alapja. A rehabilitációs ráta alapján Louvain klaszterezést alkalmazva kialakult csoportok és az ellátók területein való eloszlásuk ábrázolása szintén elősegítették az ellátórendszer gyakorlatának területi vizsgálatát a szomszédosság figyelembevételével.

A korábbi publikációkhoz [13] képest újítás, hogy az ellátó-sűrűséget/kapacitást az adott körzettől való közúti távolság mérésével számoltam, vármegyei helyett országos elemzést végeztem (hosszabb időszakot nézve, retrospektív módon). Az infarktusos (továbbá még B/I) eseteket megkülönböztettem az egyik publikációhoz [13] hasonlóan, de azon adatfeltáráshoz képest statisztikai és területi vizsgálatot is végeztem, kitérve időbeli elemzésre, és a túlélés vizsgálatára is. Továbbá egymással is összevetésre kerültek a különböző szempontok hálózattudományi módszerek segítségével, mely szintén a munka fő újdonságértékét emeli. A tudományág módszereit ezen a szűkebb területen belül korábban még nem alkalmazták, de a gráf-klasztterezési eredmények párhuzamba állíthatók az iszkémiás szívbetegségek ellátásának hasonló elemzésével [6]. Bár a klaszterezés alapjául szolgáló hálózat más módon készült, a kialakuló, térben feltűnően homogén, és az ellátási területtel egybeeső régiók itt is az ellátó rendszer lokális anomáliáira utalnak. Ezen anomáliák pusztán statisztikai módszerekkel nehezen lennének kimutathatóak. Az eredményeket illetően jelen elemzés megerősített több hazai, és általános szakterületi vonatkozásban publikált összefüggést, így például az életkor és a nem szerepét a túlélésben, illetve a rehabilitációs ráta jelentős területi különbségeit [3, 9, 13]. Ezekhez képest a dolgozat jelentős újítása a már említett de facto ellátási körzetek szerinti elemzés, mely módot ad a konkrét ellátók jellemzésére is. Ez a megközelítés sokkal jobban leírja a valóságot, mint az adminisztratív körzetek (például megyék) alkalmazása [15-16]. A heurisztikusan definiált ellátó-sűrűség és az RR korrelációjának vizsgálata megerősítette a külföldön publikált hasonló eredményeket [16].

Az ellátókat négy releváns dimenzióban egy-egy numerikus értékkel, illetve erő alapú gráffal jellemezve azonosítani tudtam az országosan elterjedtnek tekinthető gyakorlattól lényegesen különböző, jelentős akut ellátókat. Ezek az elemzés fókuszát jelentő infarktusos perkután ellátás tekintetében a győri, a nyíregyházi, illetve a debreceni voltak. Hasonló jellegű konklúzióra az áttekintett irodalomban nem találtam példát.

Áttekintésre került a betegek viselkedése a gyógyszereszedési adherencia számításával, mely B epizódokra nézve szokatlan jelenséget emelt ki, mégpedig az index esemény utáni első három és a 10-12. hónap közötti gyógyszerrel ellátott napok százalékát illető értéknövekedést utóbbi részére. Ezen két időszak összehasonlítását az AD különbség és a szomszédosság által súlyozott gráfok készítésével, majd DeltaCon-távolságot alkalmazva a de facto régiókra nézve végeztem. Kiugró, továbbá egymással összefüggő, hasonló értékű csoportokat alkotó ellátókat azonosítottam. Az 1 éves adherencia, valamint a rehabilitációs ráta közötti hasonló elemzés különösen nyugaton szintén erős klaszterezettséget, P esetekre erősen magas különbséget mutatott ebből a szempontból a nyíregyházi intézmény. Korrelációk számításával igazoltam, az adherencia és a halál, valamint a rehabilitáció ténye közötti fordított kapcsolatot, azaz az adherencia magasabb értéke és a halál nem bekövetkezte, továbbá az adherencia magasabb értéke és a rehabilitáció tényének hiánya enyhén, trendszerűen együtt fordul elő a betegekre nézve.

A túlélés-elemzés Cox-regresszióval fontos eredményeket mutatott, azaz a halál kockázatát jelentősen csökkenti a vidéki, valamint nagy volumenű rehabilitációs intézmény választása, illetve értelemszerűen növeli az életkor. Utóbbi más publikáció által is bizonyításra került [35], csakúgy, mint a KM túlélési görbék által a rehabilitációban részt vettek magasabb görbéje a rehabilitációban nem részesültekhez képest. A halálozási ráta vizsgálata 180, valamint 365 napos túlélés tekintetében a vártaknak megfelelő változást hozott, azonban utóbbi esetében a szegedi ellátó de facto területén egy kifejezetten homogén klaszter kialakulása figyelhető meg.

Az átfogó elemzés összefoglaló értékeléseként elmondható, az országos szinten vizsgált kardiológiai rehabilitációt illető ellátási gyakorlatok egymáshoz viszonyítva területileg jellemzően inhomogenitást mutatnak kevés kivétellel. Ennek oka lehet a kardiológus döntési befolyása, illetve a hálózat erőforrásainak nem arányos allokációja is, de akár a beteg viselkedése is. Az ellátók jellemzése megmutatta, vannak leterheltebbek, felvetve a hálózat egyenlőbb, kiegyensúlyozottabb fejlesztésének lehetőségét.

Az összevonáshoz használt és lépésenként bemutatott algoritmus a korábbi módszerekhez képest jelentős javulást hozott, biztosítva az országos nagy felbontást az előírt minimális körzetenkénti esetszámokkal. A „billegő körzetek” problémájának lehetőségekhez mért visszaszorításával lehetőség nyílt ezen régiók eredményeinek domináns ellátók szerinti még inkább reprezentatívabb módon való értékelése.

Az ellátási gyakorlatok a rehabilitációs ráta alapján alapvetően homogenitást mutatnak csupán a domináns, index eseményt végző ellátók de facto ellátási körzetét vizsgálva. A vonzáskörzetek határvonalait tekintve sem jellemző a szigetszerűség a betegek irányítószám szerinti lakhelyével kapcsolatban vizsgálva (egy-egy ellátóhoz szavazásos alapon hozzárendelve). A rehabilitációs rátát tartalmazó térképpel együtt vizsgálva gyakran megegyező határvonalak alakultak ki, ezzel az adott index ellátók jelentős rehabilitációs gyakorlatra való hatását igazolva. Hasonló eredményeket hozott a klaszterezés is, mely hálózattudományi alapon is igazolta az intézményi hatást, továbbá a regionális hasonlóságokat. A területi viszonyokat a rehabilitációs ráta alapján vizsgált térbeli autokorreláció szintén alátámasztotta. Pozitív korrelációt mutatott az ellátó-sűrűség és a rehabilitációs ráta a körzetekre nézve, például az ország keleti részein összefüggően alacsony volt mindkét érték.

Az ellátók gyakorlat alapú hasonlóságát erő alapú gráf-vizualizációval ábrázolva látható, vannak nagyon eltérő intézmények, de egy szorosabb, hasonlóbb mag minden esettípusra nézve jelen van.

## 7.1. Limitációk

Az elemzés legfontosabb korlátját az adatforrások jellege adta, hiszen az alapvetően adminisztratív jellegű NEAK esetadatok alapján nem volt lehetőség mélyebb orvos-szakmai elemzést elvégezni. A leginkább hiányzó adat az akut eset *súlyossága*, ami befolyásolja mind a rehabilitációra való referálást, mind a halálozást. Ezen adatok egy TAJ alapú kardiológiai regiszterrel való összekapcsolással kerülhetek volna az elemzésbe, de erre nem volt lehetőség. A rehabilitáció által okozott egészségnyereséget tehát ezekből az adatokból nem lehet közvetlenül igazolni, hiszen ahhoz ugyanolyan súlyosságú rehabilitált/nem rehabilitált párokat kellene összevetni. A túlélés-elemzés ezért inkább a rehabilitált csoporton belüli különbségekre koncentrált.

A homogén elemzési régiók kialakításának korlátját a városok jelentették: egyes nagyvárosok, például Kecskemét egyetlen irányítószámmal rendelkeznek, jelentősen felülmúlva az átlagos epizódszámot, de még ha több irányítószám is tartozik egy városhoz, akkor sincs információ az irányítószám-körzetekhez tartozó lélekszámról.

Korlátozást jelent az is, hogy a vizsgált 8 éves időszakban az úthálózatot, körzetenkénti demográfiai adatokat állandónak tekintettem az elemzés egyszerűsítése céljából. A több éves elemzési ablakra ugyanakkor szükség volt a megfelelő epizódszám eléréséhez.

Néhány esetben egyszerűsítéseket alkalmaztam, melyek kis mértékben torzíthatják az eredményt, így például az adherenciát pontosabban is lehet modellezni a gyógyszer-kiváltások közötti időket is figyelembe véve. Hasonló egyszerűsítés volt a B és I típusú epizódok összevont kezelése. Úgy gondolom azonban, hogy ezek a torzítások nem változtatnak az alapvető eredményeken. A heurisztikus algoritmikus paraméterek meghatározásakor (például a billegő körzet definíciója vagy a szomszédság miatti élsúlyozás) a szakértői logikát igyekeztem követni.

## 8. Összefoglalás

A téma kutatására vonatkozó módszertant elősegítve kidolgozásra került egy, a korábbiaknál hatékonyabb, intelligens körzetesítési algoritmus, a „billegő körzetek” számának csökkentésére is kitérve. A területi viszonyok jellemzésére meghatároztam a de facto régiókat, melyekkel közvetlenül elemezhetővé váltak az ellátó-gyakorlatok térbeli szempontból is. Különböző mérőszámok definiálásával, gráfok segítségével bemutattam az intézmények között lévő viszonyokat.

Jól bevált eszközökkel vizsgáltam a betegek viselkedését, fontos kockázati tényezőket is feltárva a rendelkezésre álló adatok alapján. Elmondható, a betegek viselkedése homogenitást mutatott, az ellátórendszer viszont kevésbé.

A hálózattudományi módszerek segítségével számos olyan szempont összehasonlítására nyílt lehetőség, mely újdonságértéke a problémakör/téma vonatkozásában elvitathatatlan. Szignifikáns eredmények mutatkoztak az ellátási gyakorlat és a betegek túlélése, gyógyszereszedési adherenciája egymással való összefüggésében.

Jelen eredmények orvos-szakmai értelmezése, esetleges ellátás-szervezési, stratégiai konklúziók levonása nem e dolgozat feladata, de a várakozásoknak megfelelően, erre a célra az eredmények jól felhasználhatók lesznek.

A további feladatok közé tartozik lehetőség esetén az elemzés lefolytatása a közelmúltban rögzített ellátási adatsorokon (remélhetőleg már több szakmai, nem csak adminisztratív információ alapján), továbbá az összevonást végző algoritmus további optimalizálása.

## Irodalomjegyzék

- [1] Turk-Adawi, K., Sarrafzadegan, N., & Grace, S. L. (2014). Global availability of cardiac rehabilitation. *Nature Reviews Cardiology*, 11(10), 586–596. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2014.98>
- [2] Patti, A., Merlo, L., Ambrosetti, M., & Sarto, P. (2021). Exercise-Based Cardiac Rehabilitation Programs in Heart Failure Patients. *Heart Failure Clinics*, 17(2), 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.hfc.2021.01.007>
- [3] Simon, Éva és Bakai, Judit és Dézsi, Csaba András és Nagy, Lajos és Tóth, László (2017) *Szívinfarktusos betegek akut és rehabilitációs ellátása Győr-Moson-Sopron és Vas megyében = Heart attack treatment of acute and rehabilitation phase in Győr-Moson-Sopron and Vas County*. *Cardiologia Hungarica*, 47 (6). pp. 425-430. ISSN 0133-5596, doi: 10.26430/CHUNGARICA.2017.47.6.425
- [4] Neubeck L, Freedman SB, Clark AM, Briffa T, Bauman A, Redfern J. Participating in cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-synthesis of qualitative data. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2012; 19(3):494-503. doi: 10.1177/1741826711409326
- [5] Piroska, V. H., Hajdú, P., & Ferenc, B. (1996). Demográfiai és epidemiológiai módszerek a népegészségügyben. *Literatura Medica Kiadó*
- [6] Zsolt Vassy, István Kósa, István Vassányi. Correlation Clustering of Stable Angina Clinical Care Patterns for 506 Thousand Patients. *Journal of Healthcare Engineering*, ISSN 2040-2295, Volume 2017 (2017), Article ID 6937194, <https://doi.org/10.1155/2017/6937194>
- [7] Sérvio, T. C., Ghisi, G. L. de M., Silva, L. P. da, Silva, L. D. N., Lima, M. M. O., Pereira, D. A. G., Grace, S. L., & Britto, R. R. (2018). Availability and characteristics of cardiac rehabilitation programs in one Brazilian state: a cross-sectional study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 22(5), 400–407. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.03.005>
- [8] Babu, A. S., Turk-Adawi, K., Supervia, M., Jimenez, F. L., Contractor, A., & Grace, S. L. (2020). Cardiac Rehabilitation in India: Results from the International Council of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation’s Global Audit of Cardiac Rehabilitation. *Global Heart*, 15(1), 28. <https://doi.org/10.5334/gh.783>

- [9] Simon Attila, Faluközy József, Sípos Károly, Tiringer István, Lugosi Péter, Veress Gábor (2024). The effectiveness of post-myocardial infarction rehabilitation: experiences from Veszprém county 2018–2021. *Cardiologia Hungarica*, Volume 54, Issue 1. DOI: 10.26430/CHUNGARICA.2024.54.1.9
- [10] Apor, P. (2018). A szívbetegek rehabilitációjának sportos arca. *Orvosi Hetilap* OH, 159(33), 1346-1352. <https://doi.org/10.1556/650.2018.31127>
- [11] Simon É. The importance of cardiological rehabilitation in the national economy. Doctoral dissertation. [A kardiológiai rehabilitáció nemzetgazdasági jelentősége.] Doktori értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 2011. [Hungarian]
- [12] Yoichi Goto, Current State of Cardiac Rehabilitation in Japan, *Progress in Cardiovascular Diseases*, Volume 56, Issue 5, 2014, Pages 557-562, ISSN 0033-0620, <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2013.12.001>  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033062013002521>)
- [13] Boncz, Imre és Sebestyén, Andor és Csákvári, Tímea és Ágoston, István és Szabados, Eszter és Endrei, Dóra (2019) A kardiológiai rehabilitáció teljesítménymutatói Magyarországon = Performance indicators of cardiac rehabilitation in Hungary. *Orvosi Hetilap*, 160 (Supple). pp. 6-12. ISSN 0030-6002, doi: 10.1556/650.2019.31370
- [14] McGrail, M. R., & Humphreys, J. S. (2015). Spatial access disparities to primary health care in rural and remote Australia. *Geospatial Health*, 10(2). <https://doi.org/10.4081/gh.2015.358>
- [15] Amoah-Nuamah, J., Agyemang-Duah, W., Prosper Ninorb, G., & Gladstone Ekeme, B. (2023). Analysis of Spatial Distribution of Health Care Facilities and its Effects on Access to Primary Healthcare in Rural Communities in Kpandai District, Ghana. *Cogent Public Health*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/27707571.2023.2183566>
- [16] Toshikazu Ito, Issei Kameda, Naoki Fujimoto, Ryo Momosaki, Regional disparities in cardiac rehabilitation volume throughout Japan based on open data from a National Database of Health Insurance Claims, *Journal of Rural Medicine*, 2022, Volume 17, Issue 4, Pages 221-227, Released on J-STAGE October 22, 2022, Online ISSN 1880-4888, Print ISSN 1880-487X, <https://doi.org/10.2185/jrm.2022-015>, [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrm/17/4/17\\_2022-015/\\_article/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrm/17/4/17_2022-015/_article/-char/en)

- [17] Ni, J., Qian, T., Xi, C., Rui, Y., & Wang, J. (2016). Spatial Distribution Characteristics of Healthcare Facilities in Nanjing: Network Point Pattern Analysis and Correlation Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(8), 833. <https://doi.org/10.3390/ijerph13080833>
- [18] Karl Blanchet, Philip James, How to do (or not to do) ... a social network analysis in health systems research, *Health Policy and Planning*, Volume 27, Issue 5, August 2012, Pages 438–446, <https://doi.org/10.1093/heapol/czr055>
- [19] Ryan J. Gallagher et al. A clarified typology of core-periphery structure in networks. *Sci. Adv.* 7, eabc9800 (2021). DOI:10.1126/sciadv.abc9800
- [20] Erdős Marcell. A kardiológiai rehabilitációs ellátó rendszer retrospektív elemzése hálózattudományi módszerekkel. TDK dolgozat, PE MIK, 2024 április.
- [21] Barabási A-László. *Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life*. Plume; 2003.
- [22] Albert-László Barabási, Réka Albert, Emergence of Scaling in Random Networks. *Science* 286, 509-512 (1999). DOI: 10.1126/science.286.5439.509
- [23] Tantardini, M., Ieva, F., Tajoli, L. *et al.* Comparing methods for comparing networks. *Sci Rep* 9, 17557 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53708-y>
- [24] Hand, D., Mannila, H. & Smyth, P. *Principles of Data Mining*. (The MIT Press, 2001).
- [25] Ioffe, S. Improved consistent sampling, weighted minhash and L1 sketching. In *Proc. 2010 IEEE Int. Conf. Data Mining*, 246–255 (2010).
- [26] Koutra, D., Vogelstein, J. T. & Faloutsos, C. Deltacon: A principled massive-graph similarity function. *Proceedings of the 2013 SIAM International Conference on Data Mining* 162–170 (2013).
- [27] Koutra, D., Shah, N., Vogelstein, J. T., Gallagher, B. & Faloutsos, C. Deltacon: A principled massive-graph similarity function with attribution. *ACM Trans. Knowl. Discov. Data* 10, 1–43 (2016).
- [28] Liu, Q., Dong, Z. & Wang, E. Cut based method for comparing complex networks. *Sci. Rep.* 8, 5134 (2018).
- [29] Blondel, Vincent D; Guillaume, Jean-Loup; Lambiotte, Renaud; Lefebvre, Etienne (9 October 2008). "Fast unfolding of communities in large networks". *Journal of Statistical*

- Mechanics: Theory and Experiment. 2008 (10): P10008. doi: 10.1088/1742-5468/2008/10/P10008.
- [30] Waltman, L., van Eck, N.J. A smart local moving algorithm for large-scale modularitybased community detection. *Eur. Phys. J. B* 86, 471 (2013). <https://doi.org/10.1140/epjb/e2013-40829-0>
- [31] Alexin Z: Kockázatok rejt az egészségügyi adatok anonimizálása, IME – Az egészségügyi vezetők szaklapja, XIII. évfolyam, 2. szám, 2014. március, 68-72. o.
- [32] 2011. évi CXII. törvény az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról (<http://www.naih.hu/jogszabalyok.html> – utoljára megtekintve: 2015.09.15.)
- [33] Dr. Fogarassyné Vathy Ágnes, Dr. Kósa István, Dr. Vassányi István, Machalik Károly. A betegek anonimitásának biztosítása a földrajzi elhelyezkedésre kiterjedő egészségügyi adatelemzések során, IME – Az egészségügyi vezetők szaklapja, XV. évfolyam, 1. szám, 2016. január-február, 46-50. o.
- [34] Moran, P. A. P. "Notes on Continuous Stochastic Phenomena." *Biometrika*, vol. 37, no. 1/2, 1950, pp. 17–23. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/2332142>. Accessed 12 Mar. 2024.
- [35] Vassányi, I., & Kósa, I. (2022). Kardiológiai rehabilitációs betegutak elemzése. In F. Bari, F. Rárosi, & M. Szűcs (Eds.), *Az egészségügyi informatika COVID előtt és COVID után - A XXXV. Neumann Kollokvium konferencia kiadványa* (pp. 63-68). Szeged, Magyarország: Neumann János Számítógép-tudományi Társaság.
- [36] Cox, David R (1972). "Regression Models and Life-Tables". *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*. 34 (2): 187–220.
- [37] Ata, Nihal, and M. Tekin Sözer. "Cox regression models with nonproportional hazards applied to lung cancer survival data." *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics* 36.2 (2007): 157-167.
- [38] Vonk, T., Nuijten, M. A. H., Maessen, M. F. H., Meindersma, E. P., Koornstra-Wortel, H. J. J., Waskowsky, M. M., Snoek, J. A., Eijsvogels, T. M. H., & Hopman, M. T. E. (2021). Identifying Reasons for Nonattendance and Noncompletion of Cardiac Rehabilitation. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 41(3), 153–158. <https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000580>