

Erdős Marcell

A KARDIOLÓGIAI REHABILITÁCIÓS ELLÁTÓ RENDSZER RETROSPEKTÍV ELEMZÉSE HÁLÓZATTUDOMÁNYI MÓDSZEREKKEL

Témavezető: Dr. Vassányi István, Dr. Kósa István

Műszaki Informatikai Kar, Villamosmérnöki és
Információs Rendszerek Tanszék

Pannon Egyetem

Intézményi Tudományos Diákköri Konferencia

2024



Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
1.1. Problématér bemutatása	1
1.2. Irodalmi előzmények.....	2
2. Előzmények.....	4
3. Alkalmazott technológia	5
4. Adatfeltárás és adattisztítás	6
4.1. Áramlási térkép az intézmények közti főbb betegmozgásokról	6
4.1.1. Irányított multigráf.....	7
4.1.2. Ki- és bemeneti központúság (In- and out-degree centrality).....	8
4.2. Adattisztítás	8
5. Módszer statisztikailag értékelhető esetszámú, optimális földrajzi régiók kialakítására	9
5.1. Régiók kialakításának szükségessége	9
5.2. Módszer minőségi kritériumai.....	9
5.2.1. Minimális esetszámtól való eltérés	9
5.2.2. Foltok száma	9
5.2.3. Foltszerűség	9
5.2.4. Betegszámra vonatkozó statisztikai mértékek	11
5.3. Előzetes adatkorrekció	11
5.4. Területi alapú referencia módszer.....	12
5.5. Új módszer területi és demográfiai alapon	13
5.5.1. Összevonás eredményei P esetekre.....	15
5.5.2. Összevonás eredményei B és I esetekre.....	20
6. Körzetek numerikus ellátási jellemzői	24
6.1. Korra normalizált rehabilitációs ráta	24

6.2. Lakosságra vetített esetszámok.....	27
7. De facto ellátási körzetek.....	29
7.1. De facto ellátási körzetek P esetekre	29
7.2. De facto ellátási körzetek B és I esetekre	30
7.3. De facto ellátási körzetek P infarktusos esetekre.....	31
7.4. De facto ellátási körzetek P nem infarktusos esetekre.....	33
8. Klaszterezés rehabilitációs ráta alapján	35
8.1. Rehabilitációs ráta és a rehabilitációs ellátói kapacitás korrelációjának vizsgálata.....	35
8.1.1. Rehabilitációs ellátói kapacitás.....	35
8.1.2. Korreláció vizsgálatának előzetes feltételei.....	37
8.1.3. Spearman korreláció	38
8.2. Klaszterezés alapját képező gráf készítése.....	38
8.3. Louvain klaszterezés	39
8.3.1. Klaszterek P infarktusos eseteknél.....	40
8.3.2. Klaszterek P nem infarktusos eseteknél.....	41
8.3.3. Klaszterek B és I eseteknél	43
9. Térbeli autokorreláció	45
9.1. Globális térbeli autokorreláció – globális Moran I.....	45
9.2. Lokális térbeli autokorreláció – lokális Moran I	45
9.3. Térbeli késleltetés	47
10. Ellátók összesített jellemzése.....	49
10.1. Ellátók jellemzői	49
10.2. Ellátók viszonya gyakorlat-hasonlóság alapján	52
11. Az eredmények értékelése és összevetése korábbi publikációkkal.....	55
12. Összefoglalás.....	57

1. Bevezetés

Magyarországon a kardiológiai centrumokban évente több mint tízezer akut kardiológiai beavatkozás történik, melyet bizonyos esetekben a felépülést segítő rehabilitáció követ egy erre szakosodott kórházban. 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, 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.

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 vagy újabb kardiológiai esemény bekövetkezésével

1.1. Problémátér bemutatása

Alapvetően 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 [1]:

"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, például mint a nem megfelelő infrastruktúra, a közlekedési lehetőségek hiánya, a rehabilitációs hely távolsága, pénzügyi korlátok, illetve a személyes korlátok. Tényüket több ország adatain végzett elemzések is bizonyítják [2]. Az akut eseményeket követő rehabilitációs arány nemzetközi viszonylatban 5-35% között mozog. A kor is befolyásolhatja a rehabilitációs döntés meghozatalát. A korábbi kutatások alapján az orvosi döntési gyakorlatot (ajánlást) befolyásolja az intézet esetszáma, az eset súlyossága, illetve a rehabilitációs ellátói kapacitás földrajzi elérhetősége (lásd 8.1.1). Ez utóbbi tényező a betegek oldalán is jelentős hatással van. A rehabilitáció megvalósulására tehát ezen két oldal együttesen van hatással.

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):

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

1.2. Irodalmi előzmények

A kardiológiai rehabilitációs ellátások növekvő igénye miatt több korábbi kutatás is készült a témában, mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban.

Egyikük egy megyei bontásban készült elemzés [3], mely jelen kutatásnál újabb, de rövidebb időszakot vizsgál. Tárgyalja a kardiológiai rehabilitációs ágyak megoszlását progresszivitási szintenként és szakmai szorozónként, 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. Elmondható tehát, hagyományos biostatistikai módszerekkel jelentős területi egyenlenséget tárt fel.

Japán kutatók területi elemzést publikáltak [4], 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.

Veszprém vármegyei retrospektív elemzés [5] 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 tényleg javítja a beteg túlélési esélyeit.

Több tanulmány is igazolja a rehabilitációhoz köthető egészségnyereséget [6], [7], [8] illetve gazdasági hasznot [7].

2. Előzmények

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, illetve nemüket, korukat és irányítószám-körzetüket. Az egyetem tanszékén folyó korábbi kutatások során lett elkészítve, a Balatonfüredi Honvéd Kórházzal együttműködésben. Rendelkezésre áll 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, akut eseménnyel nem indokolt rehabilitáció (AR, A, illetve R típusok). Az 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 infarktuszos és anélküli esetek megkülönböztetésére bizonyos szakaszokban, utóbbiakat pedig a csekélyebb esetszám miatt (is) együtt kezelve az elemzés során. A kevesebb 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.

A kutatás előzményének tekinthető továbbá, 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 [9], [10].

Célom a térbeli összefüggések feltárása a fenti adathalmazon, újszerű megközelítéssel, többek között hálózattudományi eszközökkel (mivel a rendszer akár hálózatként is modellezhető [9]).

3. 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 bemutatott modulok teljesen kompatibilisek egymás adatstruktúráival, adattípusaival.

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

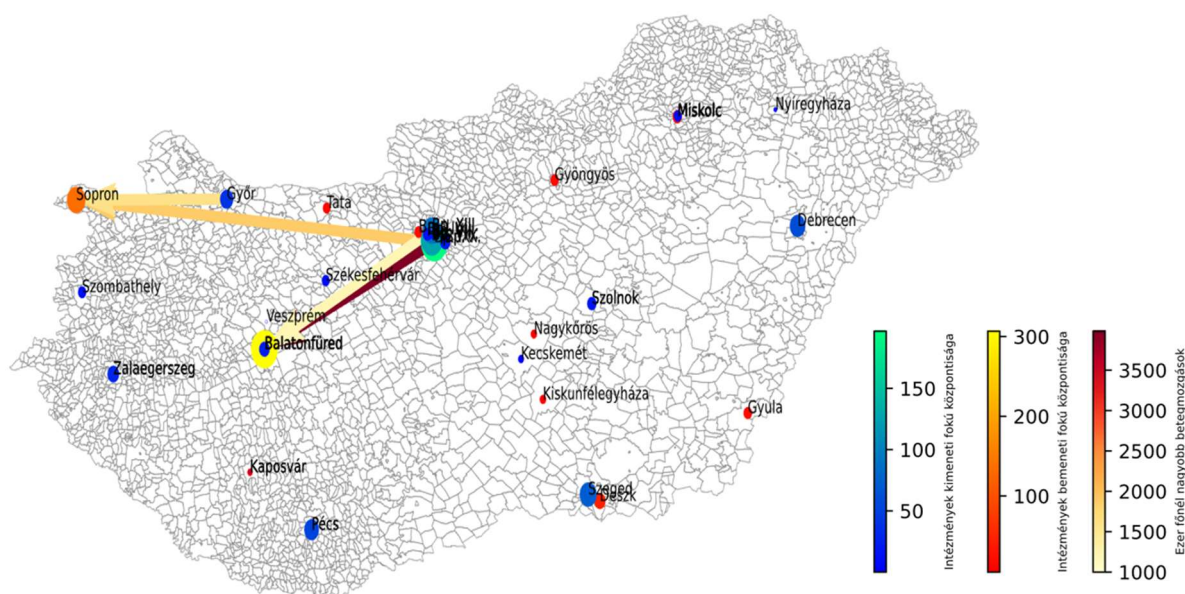
A térbeli autokorreláció számításában, ábrázolásában a PySAL könyvtárhoz tartozó ESDA részkönyvtár használható. Továbbá alkalmazásra került a NumPy matematikai függvénykönyvtár, a SciPy a Spearman korreláció kalkulálásához és az eddigiek közül többre is ráépülő scikit-learn (sklearn) könyvtár. A gráfok felépítésére, vizualizálására pedig a NetworkX hálózattudományi könyvtára, mely lehetőséget biztosít még különböző mértékek, algoritmusok, strukturális elemzések kivitelezésére.

4. Adatfeltárás és adattisztítás

4.1. Áramlási térkép az intézmények közti főbb betegmozgásokról

Az adatfeltárási folyamat részeként kiindulópontként érdemes vizsgálni az intézmények közti áramlások, úgynevezett „betegutak” jellemző nyomvonalait, hiszen ezek ismeretével kirajzolódik az ellátók alkotta hálózat, mely alapvető képet ad az országos jellemző területi gyakorlatokról. Megismerhető, melyik index eseményt végző intézmény jellemzően mely irányba, mely rehabilitációs ellátóhoz küldi betegeit.

A szemléltető ábra, adatszerkezet elkészítéséhez az informatika terén alkalmazásra került számos Python könyvtár. Előbbihez kézenfekvő megoldás a Matplotlib, míg utóbbihoz a Pandas, GeoPandas könyvtárak. A gráfként leírható hálózat megalkotható a NetworkX alkalmazásával, mely könnyedén vizualizálható már ezt követően.

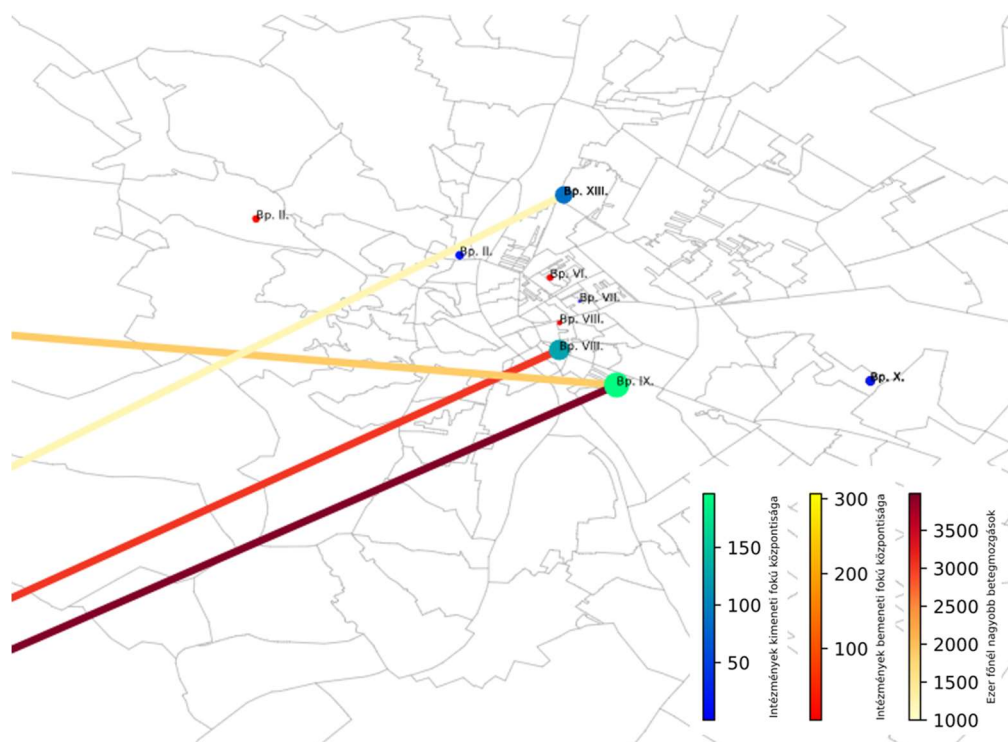


1. ábra: Magyarország rehabilitációs hálózata a domináns ellátókkal, betegutakkal. Kék-zöld színskála: kimeneti központúság, piros-sárga: bemeneti központúság, sárga-piros: betegszámok főbb betegutakra, a további magyarázatot lásd a szövegben.

Látható, a legfőbb betegutak a budapesti kardiológiai centrumokból indulnak ki, jellemzően a balatonfüredi és a soproni rehabilitációs ellátókhoz (1. ábra), továbbá még Győrből Sopronba irányuló él a jelentős az 1000 fő feletti „utakat” vizsgálva. Ez kifejezetten érdekes, Nyugat-Magyarország irányú tolódást, orientációt mutat. A rehabilitációt illetően tehát a két legfontosabb igénybe vett intézmény a balatonfüredi és a soproni, mely az országos hálózat területi kiegyensúlyozatlanságát vetíti előre, hiszen a budapesti intézmények gyakorlata szerint (is) ezen csomópontok kapnak túlzott terhelést.

Az ábrán az adott ellátókat illetően előfordul, hogy az intézmény rendelkezik kimeneti és bemeneti értékkel is, de ez esetben az ábrán a jelentősebb került megjelenítésre. Néhány esetben előfordul az index esemény és a rehabilitáció egy városban, akár egy intézményben is történő végzése (a gráfban irányított hurokért képezve), de ezek száma nem jelentős.

A kimeneti központúság értékek a vidéki városokat nézve regionálisan viszonylag kiegyensúlyozottak, de ennek ellenére sok esetben nincs megoldva a közeli rehabilitáció kielégítő mértékben, mely szintén a hálózat optimalizálásának igényét vetíti előre.



2. ábra: Budapest rehabilitációs hálózata a domináns ellátókkal, betegutakkal

Budapest közelebbi vizsgálata után (2. ábra) megállapítható a korábbiakon felül, hogy a jelentős kifelé irányuló betegforgalmat a IX., a VIII. és a XIII. kerületi akut kardiológiai beavatkozást végző centrumok kezdeményezik, ezzel viszonylag hasonló, Nyugat-Magyarország irányú gyakorlatot alkalmazva. A budapesti rehabilitációs ellátók igénybevétele a területi közelség miatti várt magasabb aránynak közel sem felel meg.

4.1.1. Irányított multigráf

A hálózat megalkotásakor egy irányított multigráfot készítettem. Multigráfnak nevezhető a gráf, ha megengedett a többszörös (párhuzamos) él ugyanazon csúcsok, végpontok között [11]. Irányított, ha az élek felcserélhetőek egy-egy csúcspárral, tehát irányuk egyértelműen meghatározott.

A NetworkX könyvtár segítségével tehát elkészíthető a betegek index ellátótól a rehabilitációs intézményig vezető „útjainak” hálózata az erre alkalmas függvény meghívásával, illetve az élek hozzáadásával.

A főbb betegutak a betegforgalom mértékének növekedésének megfelelően egyre sötétedő színskálát alkalmazva nyilakkal vannak kirajzolva, jelen esetben csak az 1000 fő feletti utakat ábrázolva, az átláthatóságnak megfelelően.

4.1.2. Ki- és bemeneti központúság (In- and out-degree centrality)

Ahhoz, hogy az igazán domináns ellátók látszódjanak (törekedve egy átláthatóan vizualizálható térképre), nem helyénvaló csak az áramlási, irányított élek ábrázolása az esetszámokat illetően, hanem javasolt az ellátókra egyénileg is ábrázolni a belőlük kiinduló és hozzájuk érkező betegek mértékét. Erre alkalmas a súlyozást jelentő „centrality” mérték, mely széles körben alkalmazott a gráfelmélet és a hálózatelemzés területén, mely jellemzi a strukturális fontosságát a hálózatban szereplő végpontoknak, esetleg éleknek [12], [13], [14]. Több központúság mérték létezik, de az egyik, talán legáltalánosabb a „degree centrality”, mely attól függően, épp melyiket keresem, megadja a ki- vagy bemeneti élek száma alapján a központúság értékét az adott ellátónak, mely tehát reprezentálja a hálózatban betöltött szerepének mértékét. Jelen ábrán a bemeneti központúságot a Matplotlib piros-sárga színskálája alapján (világosodó) és még méretben is növekvő körökkel ábrázoltam, a kimenetét pedig a kék-zöld színskála alapján ugyanígy. A központúság érték alkalmazott skálái az ábrák (1-2. ábra) jobb alsó sarkában találhatóak, ezek alapján pedig beazonosítható a településükkel/kerületükkel megnevezett intézmények hálózatban betöltött szerepének mértéke. Leolvasható, hogy a balatonfüredi és a győri ellátók fogadják a legtöbb rehabilitációra küldött beteget (1. ábra), a legtöbb rehabilitációt megelőző index eseményt pedig budapesti (2. ábra), illetve szegedi, debreceni intézményekben végzik.

4.2. Adattisztítás

Az elemzés alapjául szolgáló (már részben tisztított) adatbázisban számos 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 is egyedi helymegjelöléssel rendelkeznek már.

5. Módszer statisztikailag értékelhető esetszámú, optimális földrajzi régiók kialakítására

5.1. Régiók kialakításának szükségessége

Számos egészségügyi (adat)elemzés készült már, mely a kezelt betegek adatbázisban rögzített irányítószámát használta, természetesen a többi adat anonimizálásával, azonban ezen területi azonosító használata így, nyers állapotban a számolt statisztikai értékek, mérőszámok és ezáltal az elemzés torzulásához vezethet a túl kicsi esetszámmal vagy lakosságsszámmal rendelkező körzetekben, illetve kisebb településeken beazonosíthatósági problémákat is felvethet [15], [16], [17]. 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, minőségibb országos felosztást tesz lehetővé. Az ennek megfelelő kritériumok a következő pontban olvashatóak.

5.2. Módszer minőségi kritériumai

Az elvárt jellemzőket a korábbi hasonló elemzések tanulságai alapján, szakértő segítségével határoztam meg, szintűgy a kompromisszumként felfogható 50-es minimális esetszámot.

5.2.1. Minimális esetszámtól való eltérés

A térbeli összeolvasztás paramétere a minimális esetszám, mely meghatározza azt a körzetenkénti minimális betegszámot, mely elérését minden „folt” esetén biztosítani kell, figyelve az egyéb, alább olvasható szempontokra is.

5.2.2. Foltok száma

Alapvetően az algoritmus minőségének mértékét több kritérium határozza meg. Az első ilyen, hogy minél több „folt” maradjon az összeolvasztás után, mivel ennek hiányában kevésbé kerülnének megőrzésre a hálózat eredeti, regionális jellemzői és a teljes elemzéssel kapcsolatban kétségeket vetne fel a helytállóság terén. Tehát fontos a nagyobb térbeli felbontás elérése.

5.2.3. Foltszerűség

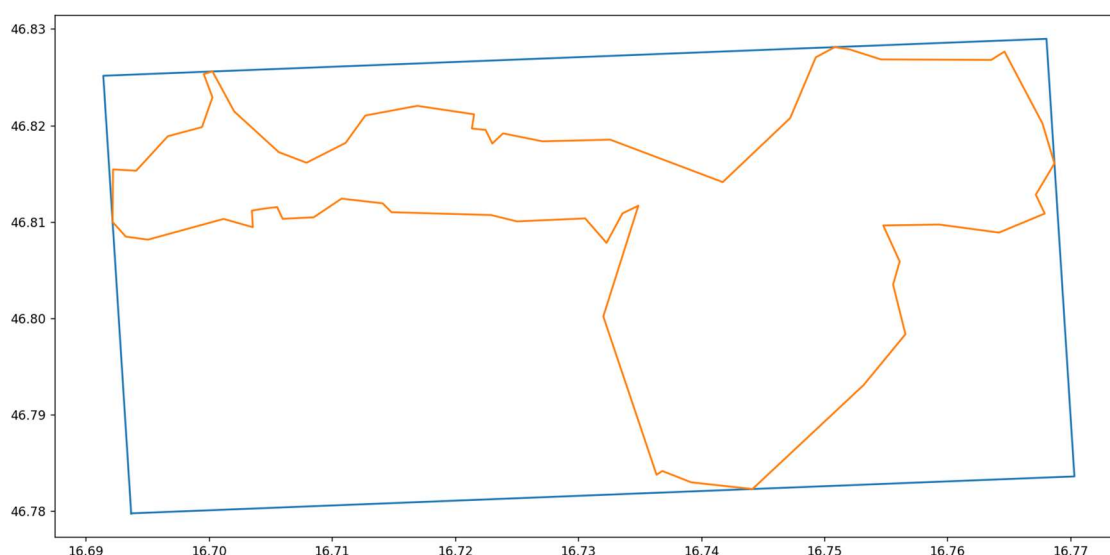
Emellett törekedni kell a foltszerűség biztosítására, azaz nem alakulhatnak ki túlságosan szerteágazó, kevésbé szabályos, torz régiók, mivel ez esetben jellemzően nem hasonló rehabilitációs gyakorlatot követő, földrajzilag is egymástól távol elhelyezkedő körzetek kerülnének összevonásra. Ezen kritérium több mérték együttes vizsgálatával mérhető. Ilyen a

lehetséges új foltra vonatkozó befoglaló minimális elforgatott téglalap (melyre szemléletes példa a 3. ábra) oldalainak aránya.

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

$$BB_{ar\acute{a}ny} = \frac{A_{r\acute{o}videbb\ oldal\ hossza}}{A_{hosszabb\ oldal\ hossza}} \quad (2)$$

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



3. ábra: Példa befoglaló minimális elforgatott téglalapra

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 foltszerűséget meghatározza továbbá a kerület/terület aránya, mely esetében cél volt, hogy minél kisebb értéket kapjak.

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, kidolgozott új módszer ezt is használja.

A jellemzők átlagának való számolására az összevonás után, az összes körzetre nézve, annak minőségének értékelése apropóján kerül sor.

5.2.4. Betegszámra vonatkozó statisztikai mértékek

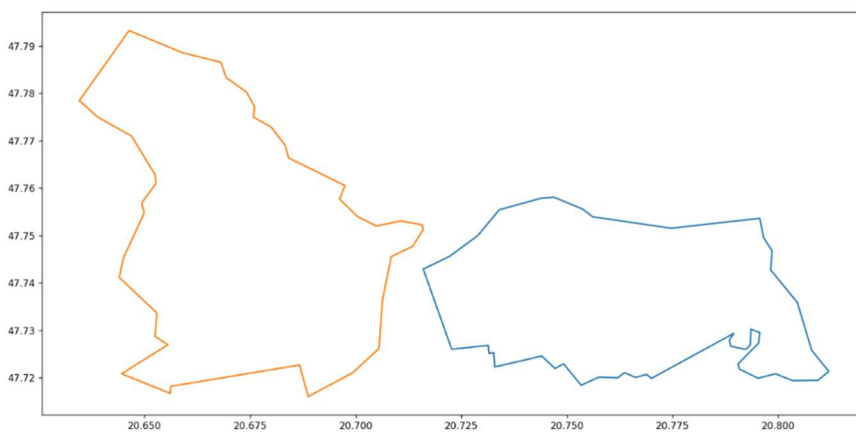
Az esetszám értékek optimalitása mérhető az összes foltra vett átlagos esetszám és az esetszámok szórása segítségével. Pozitív elbírálású, ha az átlagos esetszám és annak szórása minél alacsonyabb, mivel így teljesül a létrehozott régiók országos szintű lehetséges mértékű legjobb homogenitása.

5.3. Előzetes adatkorrekció

A későbbiekben olvasható algoritmusok megfelelő futásához további korrekcióra lehet szükség, hiszen előfordulhatnak térképészeti hibák/problémák a rendelkezésre álló adatbázisban, melyek megszüntetésének elmulasztása félreviheti az algoritmust, ezzel nem a kívánt eredményt előállítva. Problémát jelent már az is, hogy bizonyos körzetek eleve több különálló részből állnak.

Néhány esetben a kutatás alapjául szolgáló adathalmazban előfordultak több nem szomszédos részből álló körzetek, úgynevezett „multipolygonok”, melyek megszüntetése/átalakítása tehát szükséges volt.

Abban az esetben, ha a két, vagy több különálló részből álló multipolygon valamely részpoligonjainak területe arányában jóval kisebb a legnagyobb részpoligonhoz képest (4. ábra), akkor ezeket beolvasztottam a környezetükbe, ezzel a multipolygon problémáját feloldva. Ha az arányuk megközelítette az 1-et (ennek +/- 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 beolvasztottam a környezetébe.



4. 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. Ezen esetben, mivel a betegnek csupán csak ezen területi adata ismert, itt is összeolvasztást végeztem. Az új körzethez a területileg domináns település neve lett hozzárendelve. Kialakítottam a budapesti kerületeket a hozzájuk tartozó irányítószámú körzetek összevonásával, továbbá a több irányítószámmal rendelkező nagyvárosokhoz tartozó körzeteket egyesítettem, a domináns területi azonosítóval jelölve ezután [17]. Az összevonások elvégzéséhez a Shapley könyvtár union függvényét használtam. Alább látható (5. ábra) az előkészítő adatkorrekció, az összevonás eredménye, mely már alkalmas állapotban van a további, tényleges összevonásokhoz.



5. ábra: Az előzetes adatkorrekció utáni régiók

5.4. Területi alapú referencia módszer

Egy már kialakított módszer [17] csupán távolságalapú irányítószám-aggregációt javasol, melynek alapja a következő (az azonos irányítószámok, a budapesti kerületek és a több irányítószámmal rendelkező nagyvárosok kezelését követően):

„Iteratívan ismételjük a következő lépést mindaddig, amíg van olyan irányítószám, vagy irányítószám csoport, amely nem éri el a felhasználó által meghatározott minimálisan lefedendő összlakosságszámot:

- Az aktuálisan legkisebb lakosságszámot lefedő irányítószámot, vagy irányítószám csoportot vonjuk össze a hozzá földrajzilag legközelebb*

eső, azonos megyébe tartozó irányítószámmal, vagy irányítószám csoporttal. Tekintsük az újonnan kialakuló irányítószám csoport irányítószámának az eredetileg több lakost lefedő terület irányítószámát.”

Az említett módszert alkalmazva (50-es minimálisan lefedendő összlakosságot meghatározva), külön kezelve a P és B+I eseteket (melyek az akut kardiológiai beavatkozás típusát jelzik) az alábbi (1. táblázat) eredményekhez jutottam (az értékeket két tizedesjegyre kerekítve).

1. táblázat: A referenciaként tekintett algoritmus eredményei.

Esemény típusa	Foltok száma	Átlagos oldalarány	Átlagos esetszám	Szórás	Átlagos kerület/terület arány
P	614	0,54	183,51	275,08	52,95
B+I	228	0,71	120,89	85,51	40,60

Mint látható (1. táblázat), az eredeti, több ezres irányítószám-körzetek száma 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 azt mutatja, hogy ezen módszer egyedül területi alapon nyugszik, így erre kifejezetten előnyös mértéket képvisel.

5.5. Új módszer területi és demográfiai alapon

A korábbi módszer csupán területi alapon nyugvó algoritmus, mely a népességadatok figyelembevétele nélkül csak a területileg egymáshoz leginkább közel eső szomszédos körzetekkel végzett összevonást [17], mely alapvetően szintén teljesíti az elvárt feltételeket (lásd 5.1.), de érezhetően tartogat még lehetőségeket az optimalizálás terén, hogy egy országosan is homogénebb eloszlású (demográfiai szempontból) felosztást, hálózatot eredményezzen.

Ezen homogenitás elérése szempontjából egy pontozásos alapon súlyozott értékelési rendszert vezettem be kutatásom során. A kiindulási alap megegyezik a korábbi módszer előkészítő fáziséval, mivel így egy hibák nélkül alkalmazható kiinduló adathalmaz kapható [17]. 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 körzet csoportot). Azonosság esetén a minimális területet veszem alapul.
2. Szomszédot választok a következők alapján:
 - 2.1. A két, potenciálisan összeolvasztandó körzet közös határa nem lehet nagyobb 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.
 - 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 70 %-os súllyal szerepel az esetszám-pont, mely annál magasabb, minél közelebb lenne az új esetszám érték a felhasználó által meghatározott minimális népességlimithez (esetemben 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 70%-os szorzóval veszem majd.
A pontozás alapú megközelítés másik eleme, a 30 %-os súllyal rendelkező foltszerűség-pont, mely három érték együttes, normált értékének átlagából számítandó. Ilyen a lehetséges új folt oldalainak aránya, kerület/terület aránya és a közös határszakasz hossza (kifejtve lásd 5.2.3.). Ezen (szintén az említett módon normált) érték 30%-os súllyal számít bele az összesített pont értékébe.
 - 2.3. Kiválasztom a legnagyobb ponttal rendelkező szomszédos körzetet, majd elvégzem az összeolvasztást. Az új körzethez meghatározom a legjelentősebb részkörzet irányítószámát mint fő azonosító, de érdemes tárolni a többi, az összeolvasztás által már tartalmazott részirányítószámot is a későbbi könnyebb használathoz, beazonosíthatósághoz.

A módszer jobb eredményt (2. táblázat) hozott a referenciaként tekinthető algoritmushoz (1. táblázat) képest a demográfiai statisztikai mértékeket nézve átlagosan 15 %-kal, de egyik esetben még a foltszerűség egyik paraméterét illetően is. Ez alapvetően azt sugallja, az algoritmus eredménye csak a foltszerűség minimális romlásával javítható, de a másik

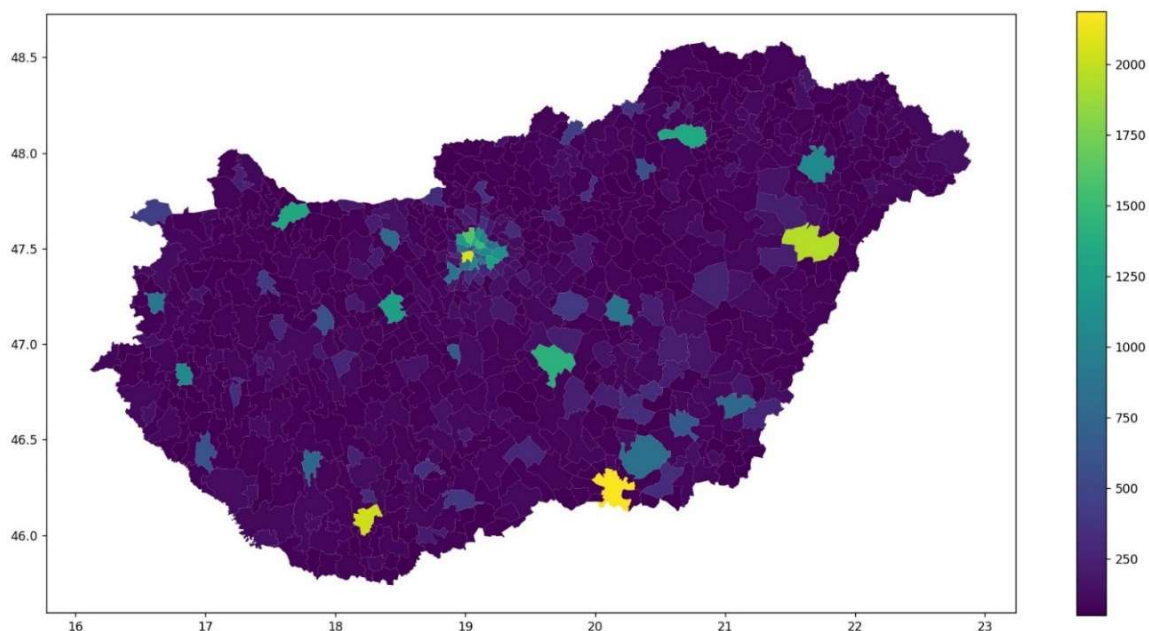
szempontot illetően számottevő mértékben. Látszódik, érdemes nem csak területi alapon megközelíteni a problémát, hanem fontos a demográfiai adatok bevonása is.

2. táblázat: Az új algoritmus eredményei.

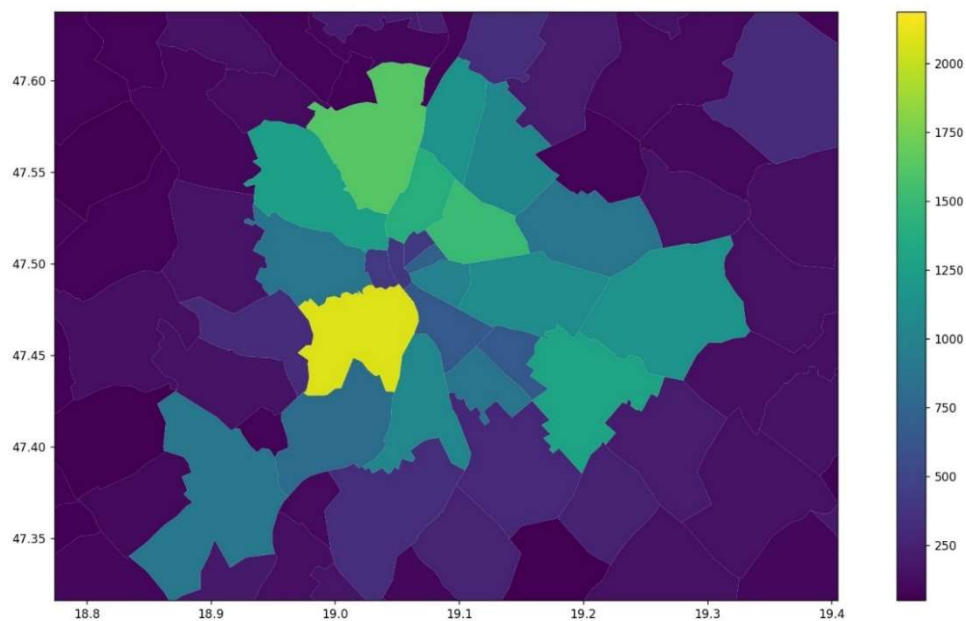
Esemény típusa	Foltok száma	Átlagos oldalarány	Átlagos esetszám	Szórás	Átlagos kerület/terület arány
P	721	0,6326	156,2732	256,3363	59,0434
B+I	269	0,6562	102,4684	74,2158	43,9820

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. 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”.

5.5.1. Összevonás eredményei P esetekre

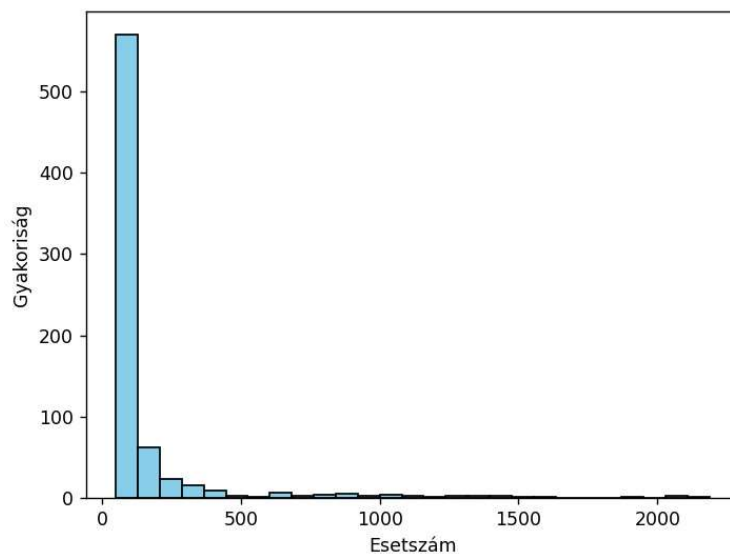


6. ábra: Az új algoritmus eredményeként létrejött régiók a P esetszámok alapján ábrázolva, a körzetenkénti esetszámok által felvett értékek skálájával

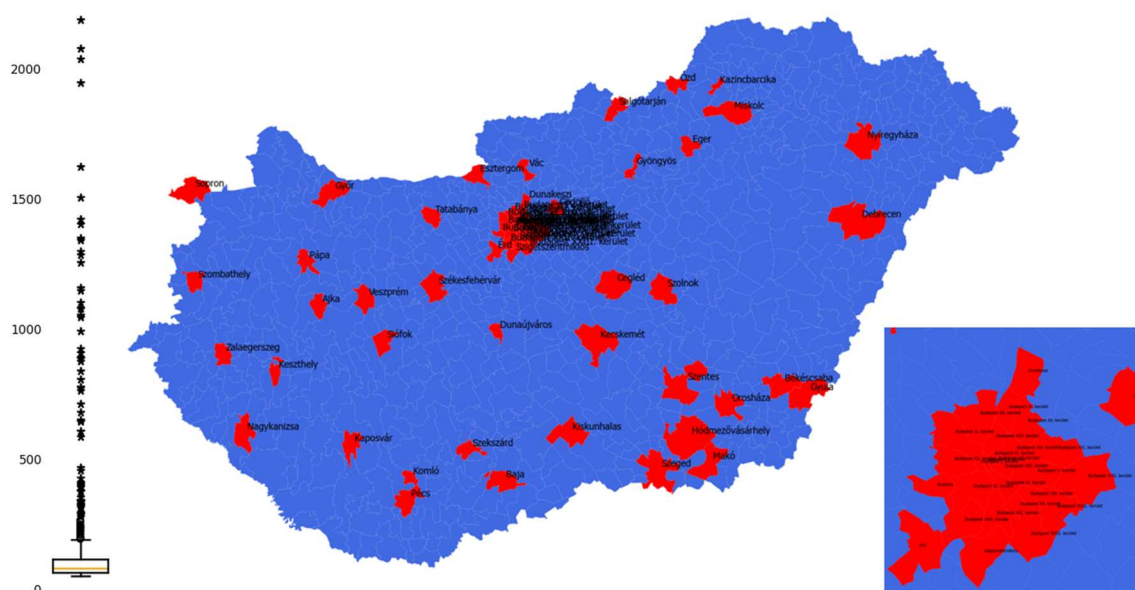


7. ábra: Az új algoritmus eredményeként létrejött budapesti régiók a P esetszámok alapján ábrázolva, a körzetenkénti esetszámok által felvett értékek skálájával

Mint látható (6. ábra), országos szinten viszonylag homogén P esetszám értékeket (8. ábra) létrehozó az algoritmus eredménye az index események számát illetően. Kivételt képeznek a nagyobb városok körzetei, melyekhez értelemszerűen kezdetben is nagyobb esetszámok tartoztak. Budapesten (7. ábra) szintén magasabb esetszámok mutatkoznak a település központi szerepét tükrözve.



8. ábra: Hisztogram az új algoritmus eredményeként létrejött régiók P esetszámai alapján



9. ábra: Boxplot diagram és az új algoritmus eredményeként létrejött extrém régiók (pirossal jelölve) P esetszáma alapján (a körzetek domináns településeivel)

Az esetszámokat tekintve kiugró, úgynevezett „extrém” körzetek megkülönböztetésére kitűnő módszer a boxplot (dobozdiagram) készítése, melyből számos egyéb információ is leolvasható (9. ábra). Ezen statisztikai eszköznek egyéb változatai is léteznek [18]. Részei közti távolságok képesek bemutatni nagy adatmennyiség esetén is az adatok egészére vonatkozó terjedelmét. A „doboz” belsejében látható a narancssárga vonallal ábrázolt medián (Q2). A box lefelé „ferdülése” azt jelenti, a legtöbb érték kicsi, de van néhány kivételesen nagy is, az átlag pedig nagyobb lesz, mint a medián. A „doboz” az 50 %-át reprezentálja az adatoknak (alsó: Q1 és felső: Q3 kvartilis között), mely interkvartilis terjedelemnek is nevezhető (IQR). A kiugró értékek üres körökkel, az extrém kiugró értékek pedig csillaggal vannak jelölve. Utóbbiak azok, melyek extrémabbak, mint:

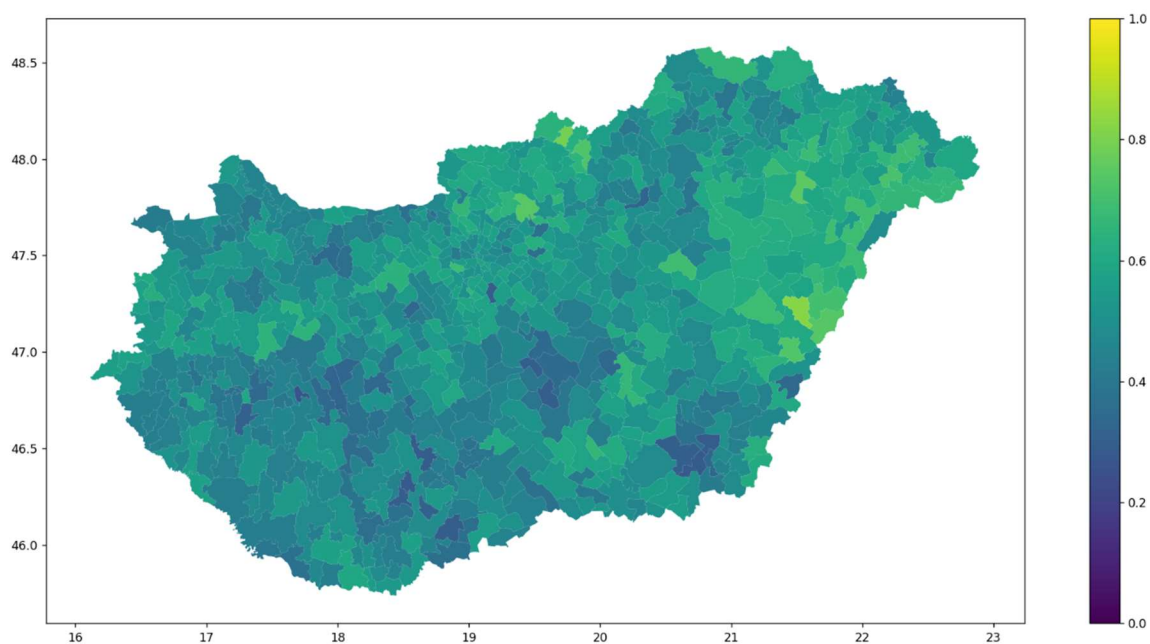
$$Q1 - 3 \cdot IQR \text{ vagy } Q3 + 3 \cdot IQR. \quad (3)$$

Szimplán kiugró értékek, ha nem extrém kiugróak, de extrémabbak, mint:

$$Q1 - 1,5 \cdot IQR \text{ vagy } Q3 + 1,5 \cdot IQR. \quad (4)$$

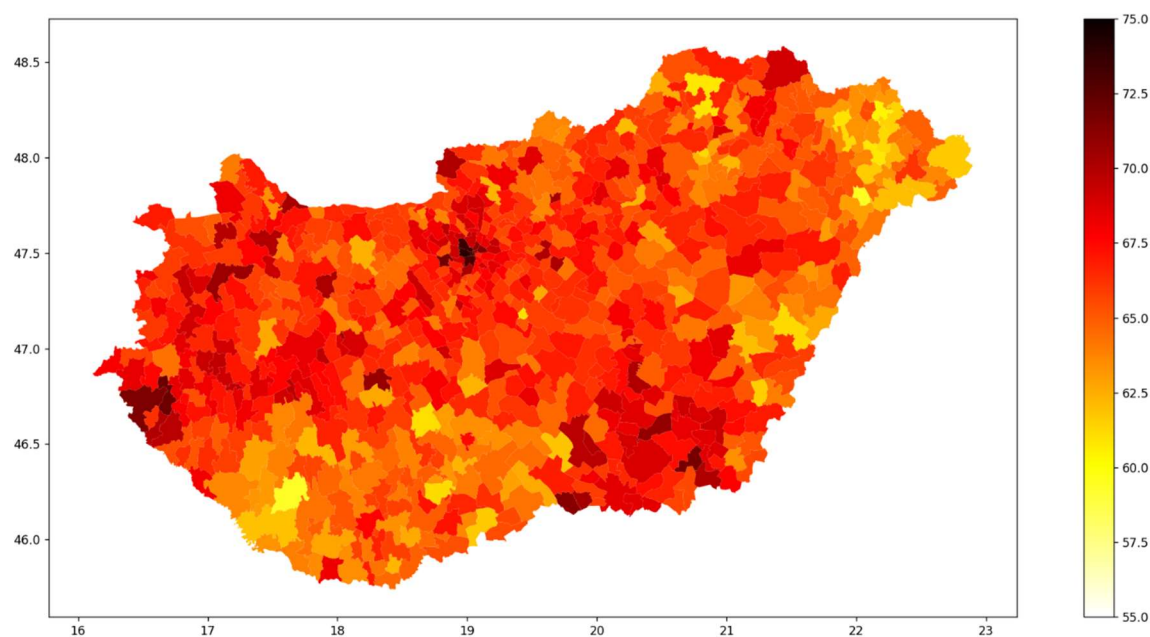
Ennek megvalósítására saját verziót készítettem, mert a Matplotlib függvénye nem volt megfelelő, mivel így lehetőség nyílt az extrém értékek külön mintával való ábrázolására is.

Mivel a nem, kor, infarktus jelenléte az ellátási folyamat lényeges tényezői, ezért az újonnan meghatározott körzeteket használva színezett térképekkel ábrázoltam ezek területi eloszlását és szélső értékeit.



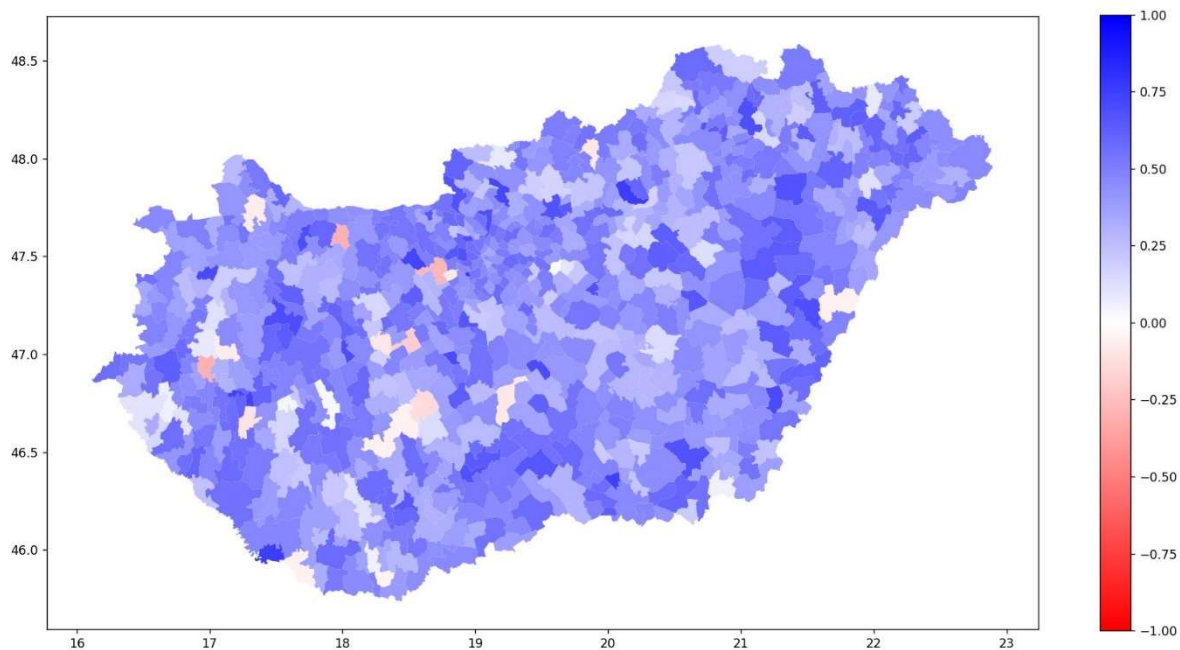
10. ábra: Infarktusok aránya a P akut eseményeket tekintve

P esetekre érdemes megvizsgálni az infarktusos index események arányát is (10. ábra), melyek az ország keleti részein mutatnak csekélyen, de mégis az átlagnál összefüggően magasabb arányt. Minél sárgább a körzet színe, annál nagyobb az infarktus aránya.



11. ábra: Körzetek ellátott betegeinek átlagéletkora P eseteket tekintve

A körzetek átlagéletkorait tekintve (11. ábra) a főváros területén figyelhető meg jellemzően magasabb szám, de Dél-, és Kelet-Magyarország területeit nézve kiterjedtebben alacsonyabb, 60 életkorhoz közelebb régiók rajzolódnak ki.

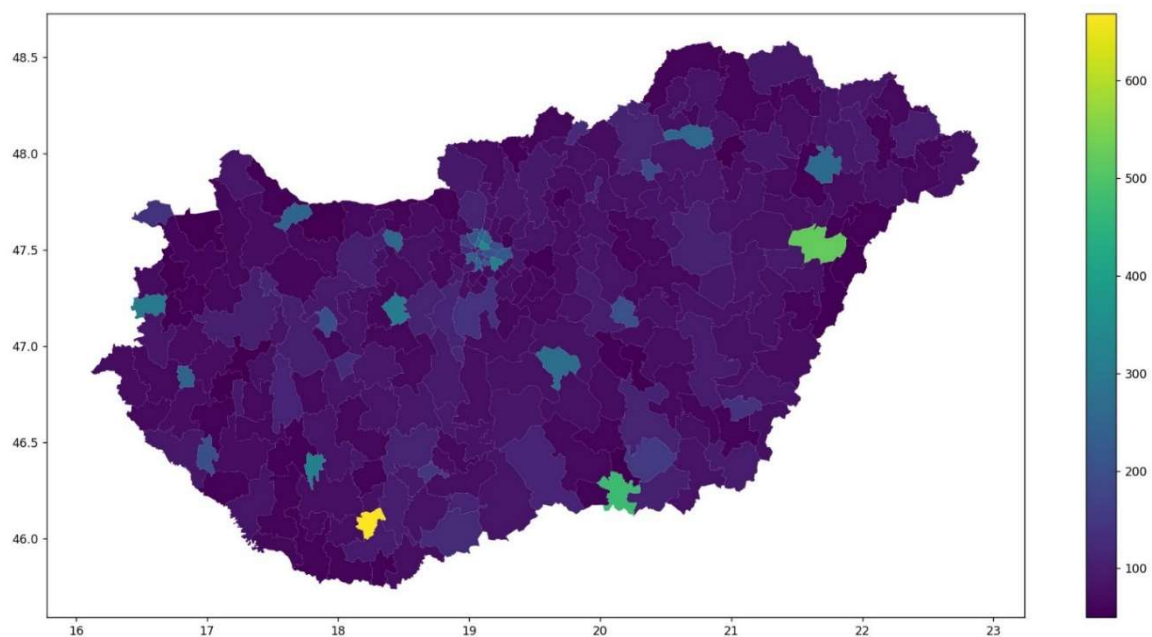


12. ábra: Ellátottak nemeinek aránya P esetekre (skála 1-es értéke a férfiak, -1-es értéke a nők abszolút arányát jelenti)

A nemek arányát tekintve (12. ábra) jellemzően a férfiak száma van túlsúlyban, csupán az ország néhány középső, nyugati körzetében haladja meg a nők aránya.

Amint az ábrák mutatják, a nem és az infarktus arány szempontjából nem jelentősek a területi különbségek, de a kor eloszlása nem egyenletes, ezért is szükséges a későbbiekben a korra normalizált esetszámokkal dolgozni.

5.5.2. Összevonás eredményei B és I esetekre

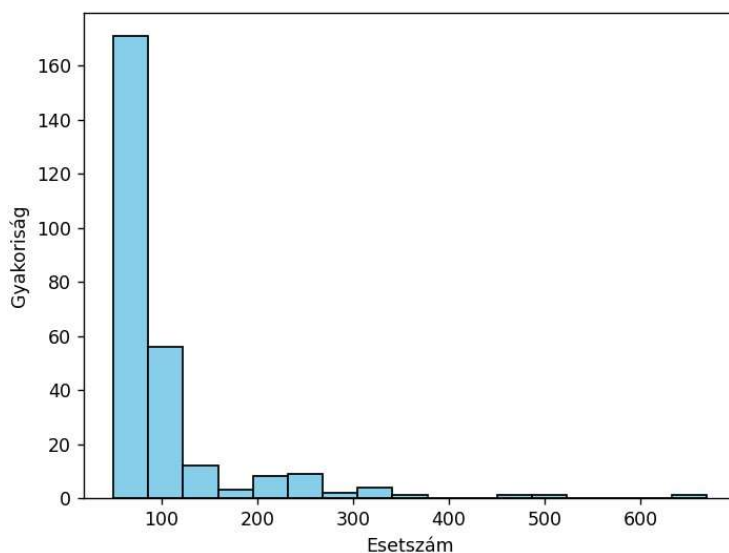


13. ábra: Az új algoritmus eredményeként létrejött régiók a B és I esetszámok alapján ábrázolva

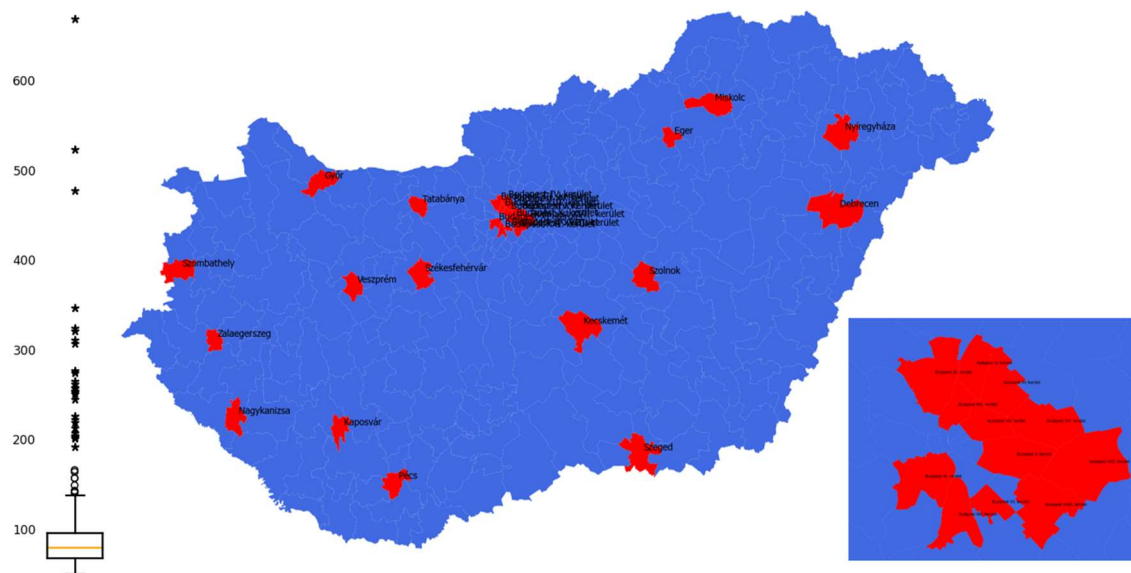


14. ábra: Az új algoritmus eredményeként létrejött budapesti régiók a B és I esetszámok alapján ábrázolva

A B és I esetek (13-14. ábra) együttes vizsgálata esetén is megfigyelhető a viszonylagos, még jelentősebb homogenitás, mely egyik oka az esetszámok alacsonyabb értéke lehet. Pontosan emiatt is sokkal nagyobb, kiterjedtebb foltoknak kellett keletkezniük, hiszen a minimálisnak meghatározott népességhatár csak így érhető el. Az ábrák esetszámok szerinti felbontása is részletesebb, szűkebb tartományt ölel fel (15. ábra).

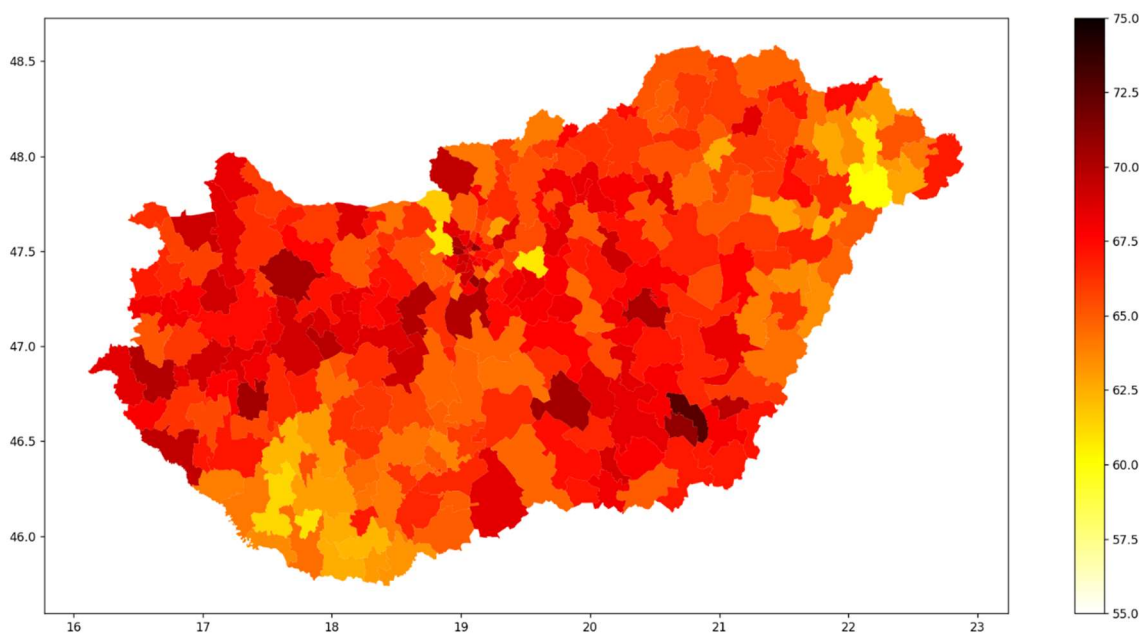


15. ábra: Hisztogram az új algoritmus eredményeként létrejött régiók B és I esetszámai alapján



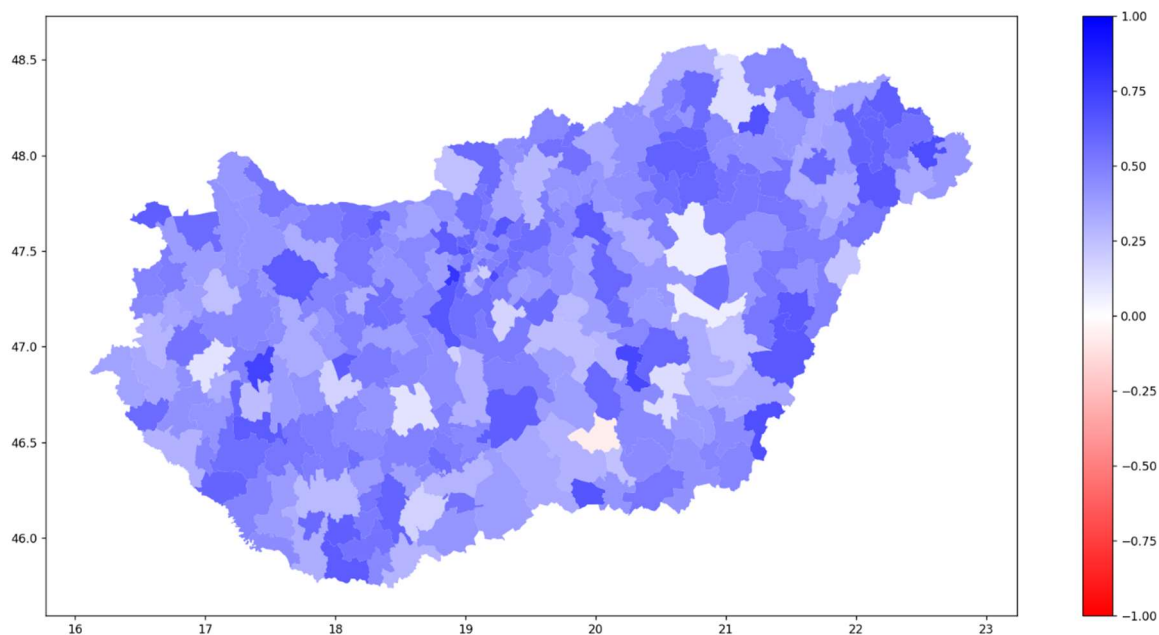
16. ábra: Boxplot diagram és az új algoritmus eredményeként létrejött extrém régiók (pirossal jelölve) B és I esetszámai alapján (a körzetek domináns településeivel)

Az extrém kiugró körzetek száma jelen vonatkozásban az esetszám csökkenésének megfelelően változott (16. ábra). A boxplot ábra mediánja enyhén magasabban van a másik vizsgált index esemény típusához képest.



17. ábra: Körzetek ellátott betegeinek átlagéletkora B és I eseteket tekintve

A körzetek ellátott betegeinek átlagéletkorát tekintve (17. ábra) szintén megfigyelhetőek a P eseteknél jelen lévő 60 év körüli régiók.



18. ábra: Ellátottak nemeinek aránya B és I esetekre (skála 1-es értéke a férfiak, -1-es értéke a nők abszolút arányát jelenti)

A férfiak többsége itt még jellemzőbb, csupán egy körzetben nagyobb a nők aránya (18. ábra), szintén a korra normalizált esetszámok használatának igényét alátámasztva.

6. Körzetek numerikus ellátási jellemzői

Miután az adathalmaz megfelelt a különböző követelményeknek (lásd 5.1.) és lehetőség szerint a legjobb felosztást alkalmaztam (lásd 5.5.), megkezdhettem az ellátási gyakorlatok területi elemzését, melynél már figyelembe vehettem az anonimizált eseménysor beteg lakhelyére vonatkozó irányítószám adattagjait.

6.1. Korra normalizált rehabilitációs ráta

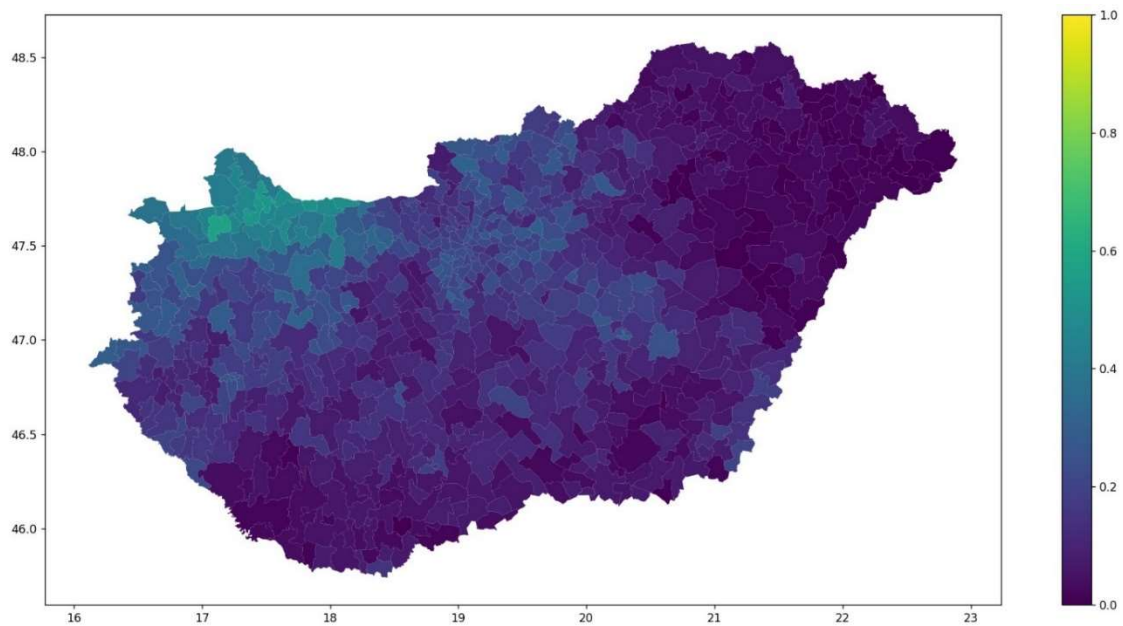
Mivel a kor is befolyásolhatja a rehabilitációs döntés meghozatalát, szükséges a körzetekre vonatkozó esetszámok, ezáltal a rehabilitációs ráta korra normalizálása [19]. Korcsoport alapú módszert használok, mely alapvetően négy szekciót határoz meg úgy, hogy országosan megközelítőleg ugyanannyi epizód tartozzon mindegyikőjükbe:

- 0-55
- 56-65
- 66-75
- 76-

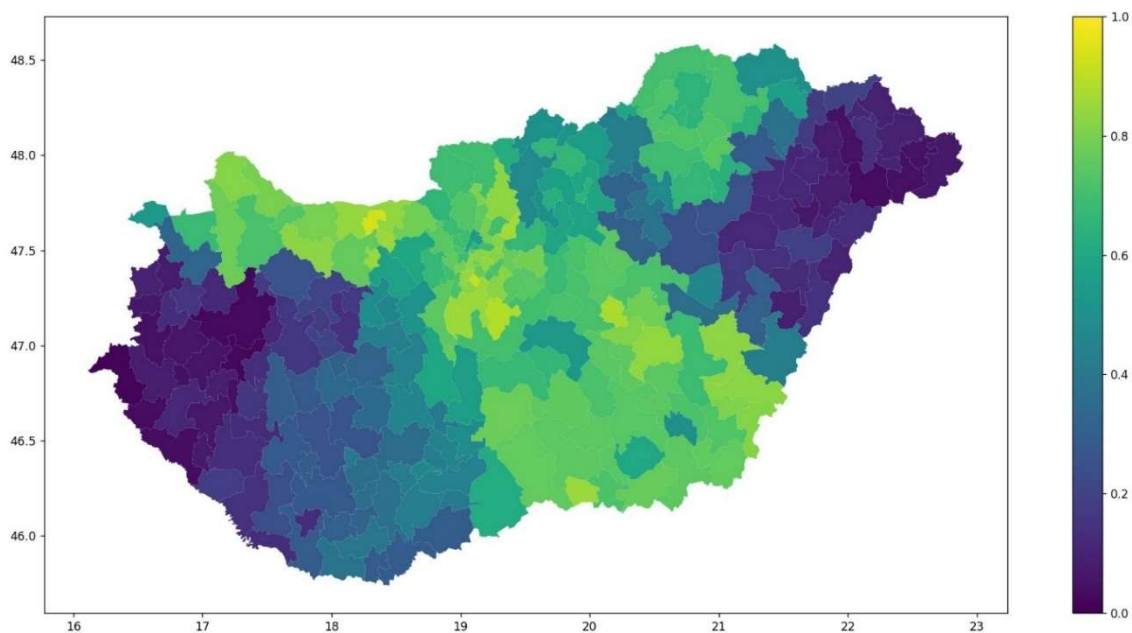
Az alkalmazott módszer képlete a következő egy adott körzetre (ahol A az aktuálisan vizsgált körzet epizódjainak halmaza, O pedig az összes epizód halmaza, $A \subset O$):

$$A_{RR_{norm}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{|O_i| \cdot |A| \cdot |A_{i_{AR}}|}{|O| \cdot |A_i|} \right) \cdot \frac{1}{|A|} \quad (5)$$

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



19. ábra: Korra normalizált rehabilitációs ráták körzetenként, P eseteket vizsgálva



20. ábra: Korra normalizált rehabilitációs ráták körzetenként, B és I eseteket vizsgálva

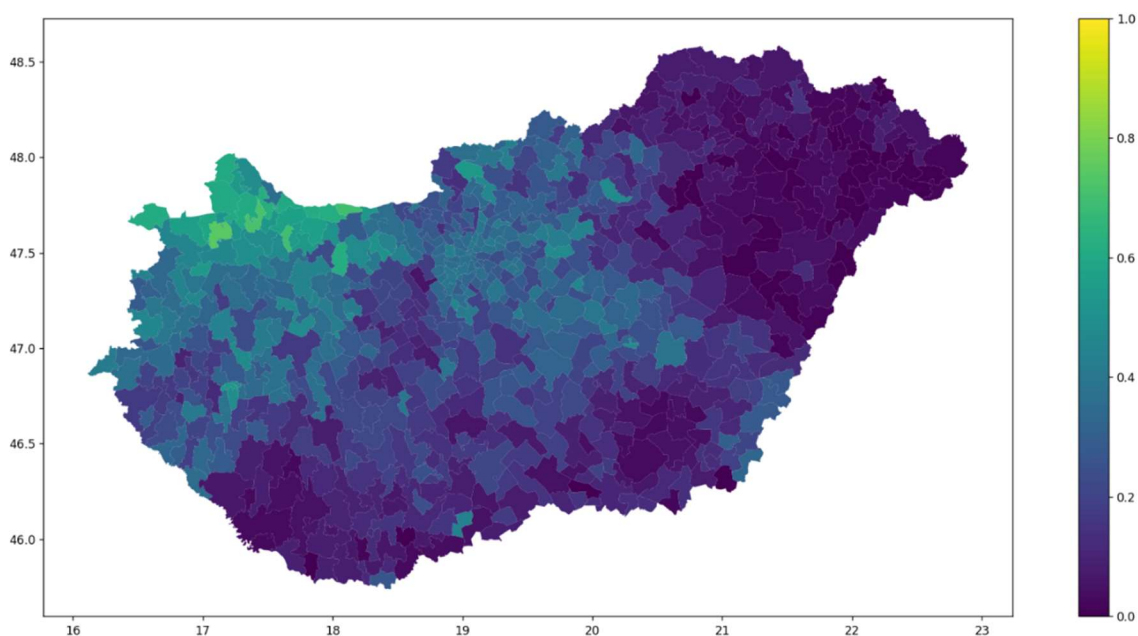
A körzetenkénti korra normalizált rehabilitációs ráták országos szintű elemzése (19. és 20. ábra) során látható, nagyobb regionális hasonlóságok tükröződnek a kapott eredményeken. Fontos megjegyezni, a skála 1-es értéke jelentené, hogy a körzetről mindenki, a 0-s értéke pedig, hogy senki nem vett részt rehabilitáción az akut eseményt követően.

A P eseteket vizsgálva (19. ábra) 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

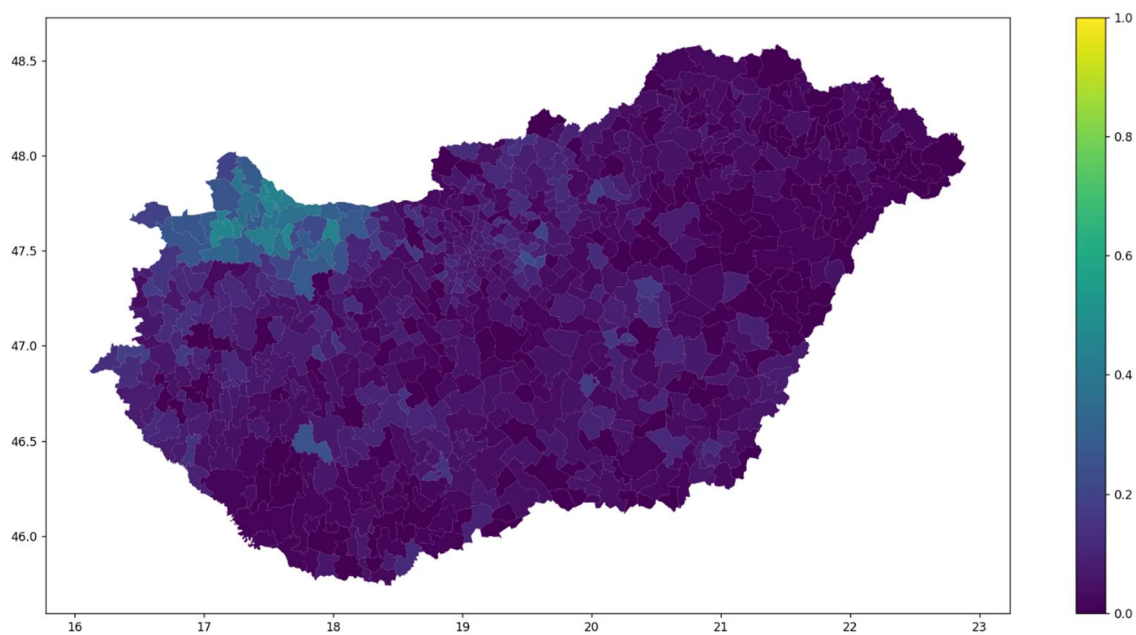
említett orvosi befolyás [1], orvosi gyakorlat, a gyakori keresettség mértékéből (1. ábra), de a lakosságra jutó rendelkezésre álló rehabilitációs ágyak számából is [3]. Magyarország keleti, északkeleti régióit egyértelműen alacsonyabb rehabilitációs arány jellemzi.

A B és I akut eseményeket követően (20. ábra) 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 peremvidékét jellemzi.

A P esetek rehabilitációs rátája az infarktus kiléte szerint külön is vizsgálható (21-22. ábra). Egyértelműen látszik, infarktust követően sokkal gyakoribb a rehabilitáció. Az összes P eset RR ábráján (19. ábra) látható területi, regionális sajátosságok itt is hasonlóan megjelennek.



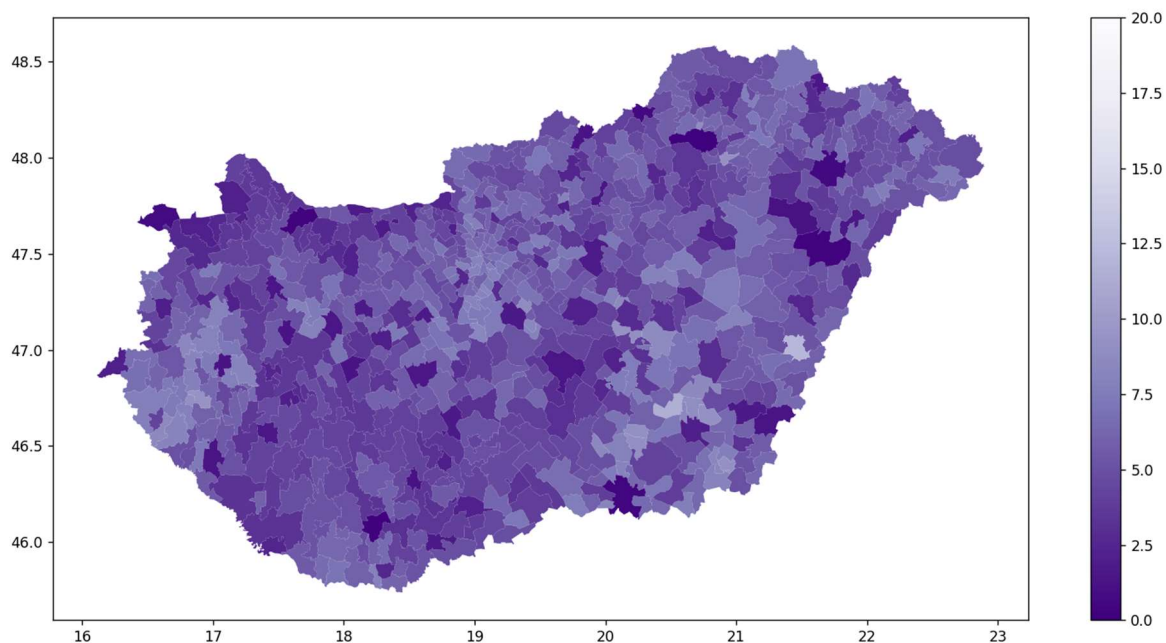
21. ábra: Korra normalizált rehabilitációs ráták körzetenként, infarktusos P eseteket vizsgálva



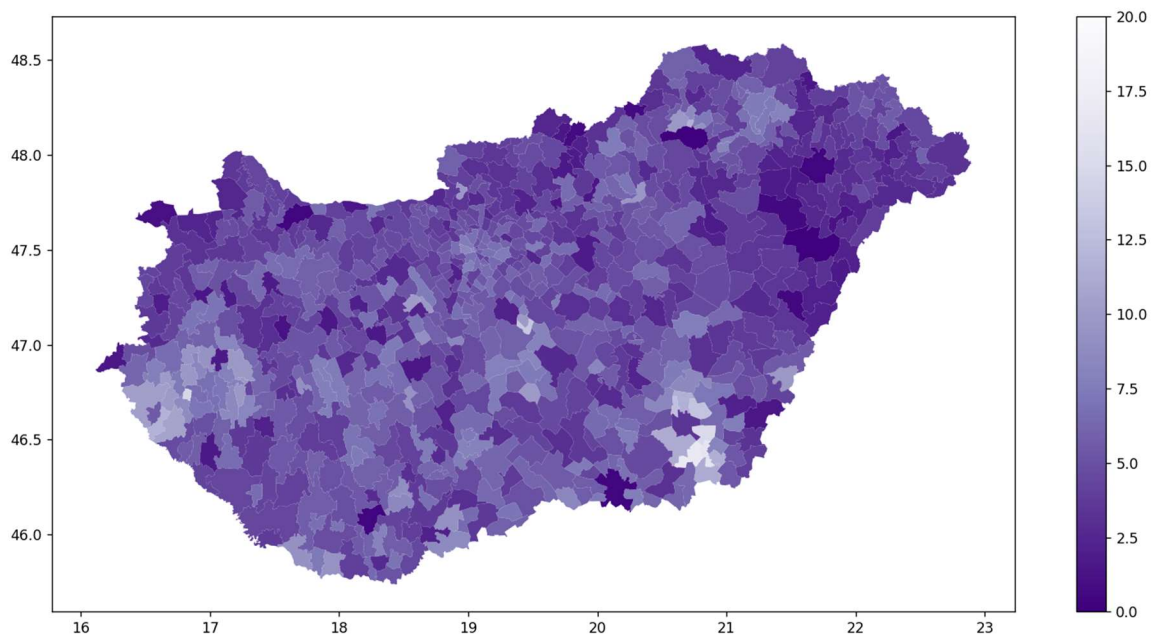
22. ábra: Korra normalizált rehabilitációs ráták körzetenként, nem infarktusos P eseteket vizsgálva

6.2. Lakosságra vetített esetszámok

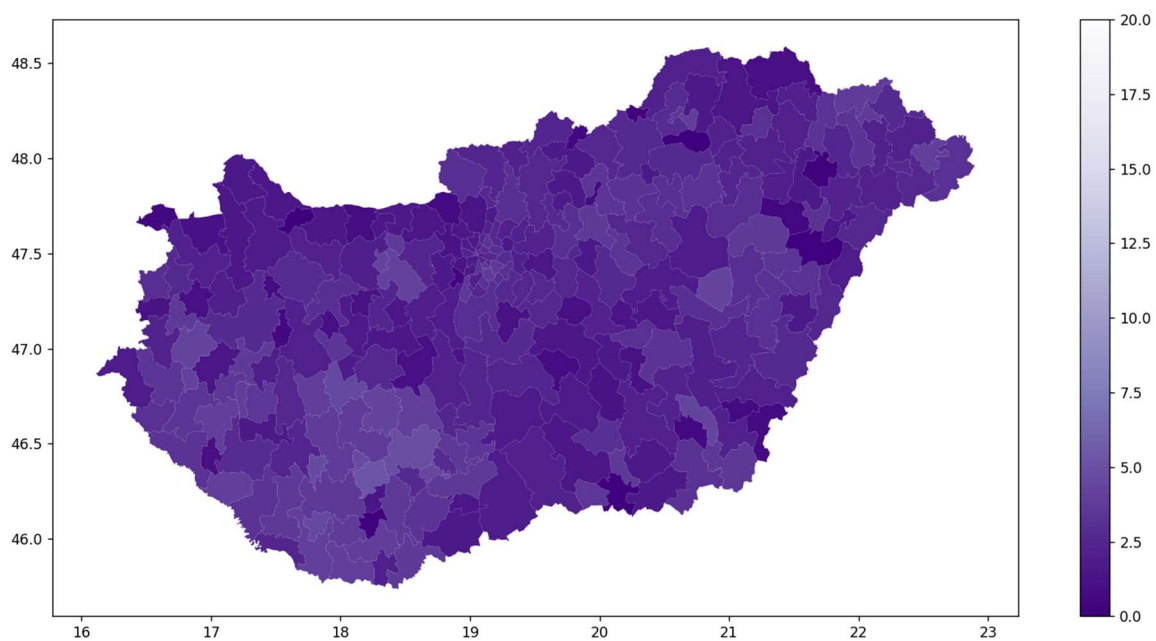
A körzetenkénti ellátási jellemzők numerikus értéként mérhetőek a rehabilitációt megelőző akut események körzetenkénti összesített népességre vetített számával is, ezer főre normalizálva. Ábrázolásra kerültek térképeken a P és a B/I esetekre nézve ezen adatok, előbbi az infarktus ténye szerinti bontásban.



23. ábra: Körzetenként ezer főre eső akut, rehabilitációt megelőző P infarktusos esetek száma



24. ábra: Körzetenként ezer főre eső akut, rehabilitációt megelőző P nem infarktusos esetek száma



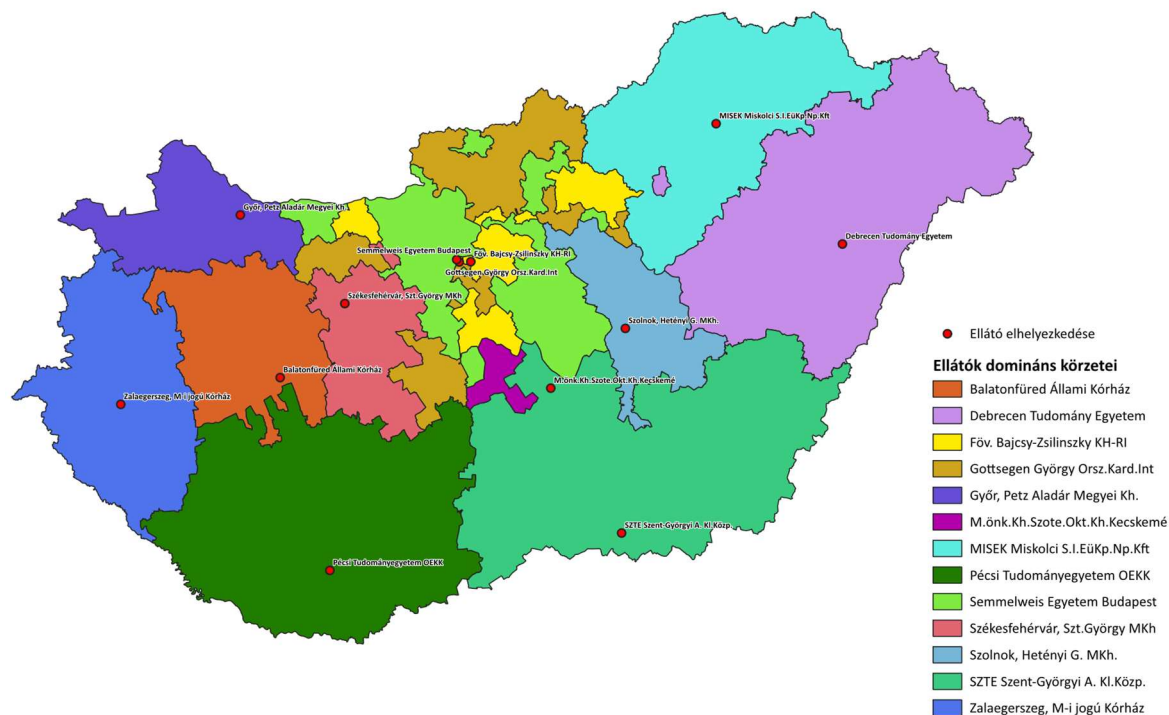
25. ábra: Körzetenként ezer főre eső akut, rehabilitációt megelőző B és I esetek száma

Az ezer főre eső esetszámok elemzésével kirajzolódik, a P eseteknél (23-24. ábra) hasonló értékeket mutatkoznak, azonban a B és I eseteknél (25. ábra) már hozzájuk képest jelentősen alacsonyabb az országos kardiológia rehabilitációs ellátási részvétel, mely kapcsolatba hozható utóbbi kezelések komplexitásával, illetve az ellátók csekélyebb mennyiségével.

7. De facto ellátási körzetek

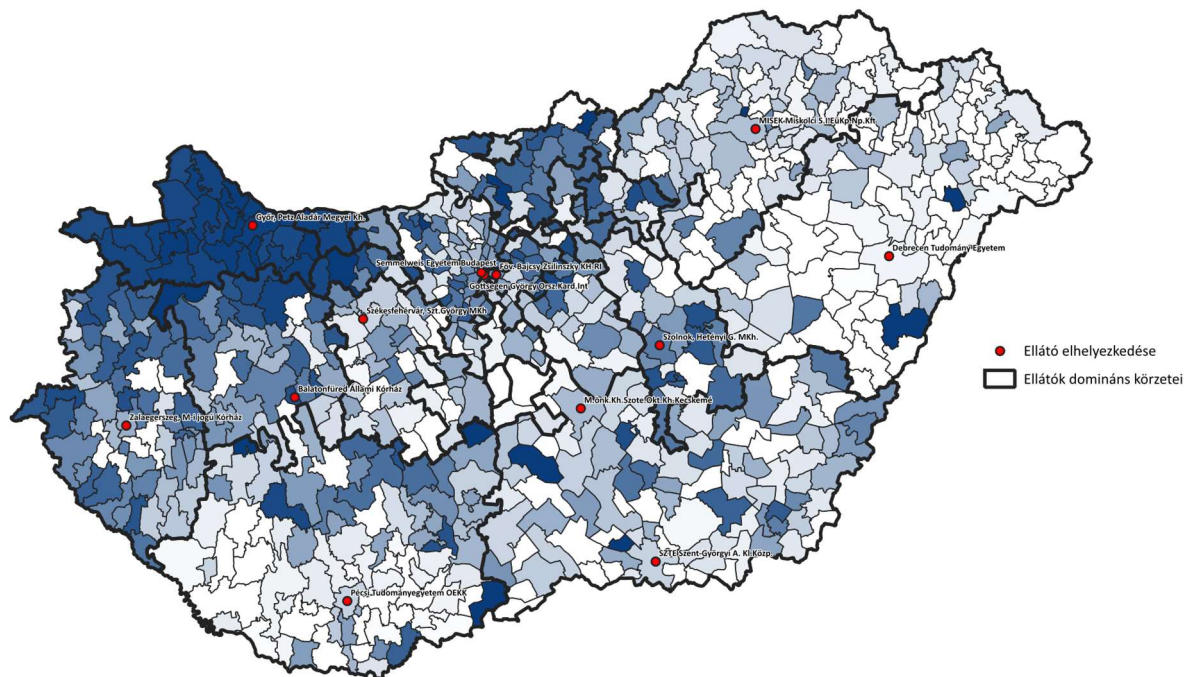
Az országos kardiológiai rehabilitációt jellemző gyakorlatok vizsgálatának fontos eleme az ellátók (index eseményt végzők) de facto ellátási körzetének meghatározása, mellyel lehetőség nyílik összehasonlítani, mennyire homogén a rehabilitációs ráta határaikon belül. Annak eldöntésére, hogy az adott, összevonás utáni (lásd 5.5) körzetek melyik ellátóhoz tartoznak leginkább, szavazásos módszert alkalmaztam. E módszer lényege, hogy megszámlálom az intézményekre egyenként az adott foltot illető kezelt esetszámokat, majd azon ellátóhoz rendelem hozzá a körzetet, amely a legtöbb „szavazatot” kapja. Természetesen itt is külön vizsgáltam a P, valamint a B és I eseteket. Elemeztem őket a rehabilitációs rátákat is feltüntetve, illetve anélkül (26-33. ábra) is.

7.1. De facto ellátási körzetek P esetekre



26. ábra: De facto ellátási körzetek P eseteket vizsgálva akut események alapján

A P esetek elemzését követően látható, az ország kardiológiai akut eseményeit illetően (26. ábra) csupán tizenhárom ellátó tudott „megnyerni” körzeteket. Budapest környékét leszámítva általában jól elkülönülő tényleges vonzáskörzetek alakultak ki, ott ugyanis az intézmények körzeteinek részei gyakran egymásba ékelődve, kevésbé összefüggően jelennek meg.

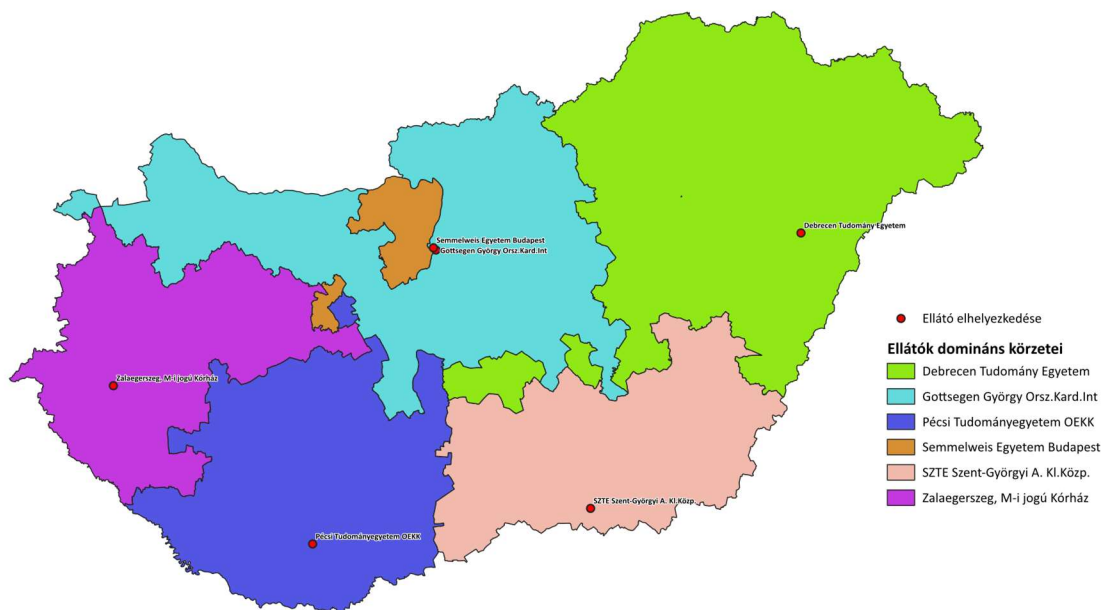


27. ábra: De facto ellátási körzetek és rehabilitációs ráták (színnel jelölve, ahol legsötétebb a 0,47-es, legvilágosabb a 0-s érték) P eseteket vizsgálva akut események alapján

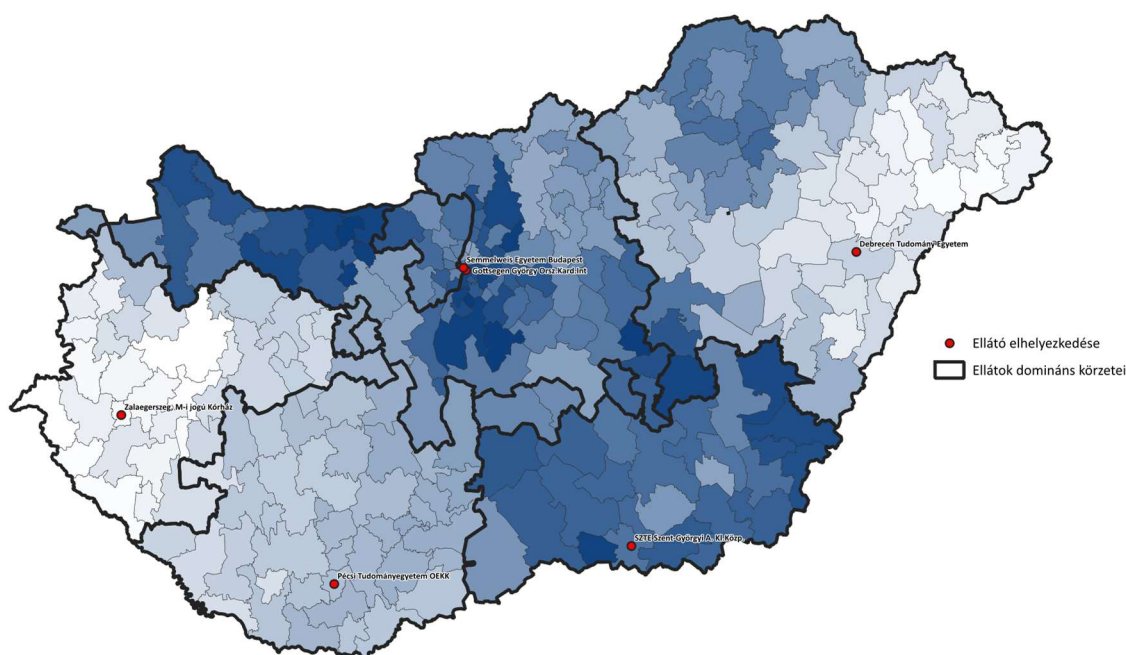
A de facto ellátási körzetek és a korra normált rehabilitációs ráták együttes megjelenítésével (27. ábra) válasz kapható többek között arra is, hogy a tényleges vonzáskörzetekben mennyire tér el a kardiológiai rehabilitációban való részvétel aránya a beteg lakhelye alapján, illetve az összevonás során keletkezett régiók alapvetően milyen homogenitást mutatnak. A legtöbb ellátási körzetet illetően kijelenthető, a rehabilitációs ráta közelítőleg hasonlóságot sugall a gyakorlatot illetően.

7.2. De facto ellátási körzetek B és I esetekre

A B és I eseteket együttesen vizsgálva látható, csupán hat ellátó (28. ábra) osztozik dominánsan a kardiológiai akkut eseményeken. A kevesebb betegszám 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 (26. ábra) ne lenne szintén domináns. A rehabilitációs rátát illető homogenitás a de facto körzeteken (29. ábra) belül jellemzően egész pozitív mértékben megvalósul.



28. ábra: De facto ellátási körzetek B és I eseteket vizsgálva akut események alapján



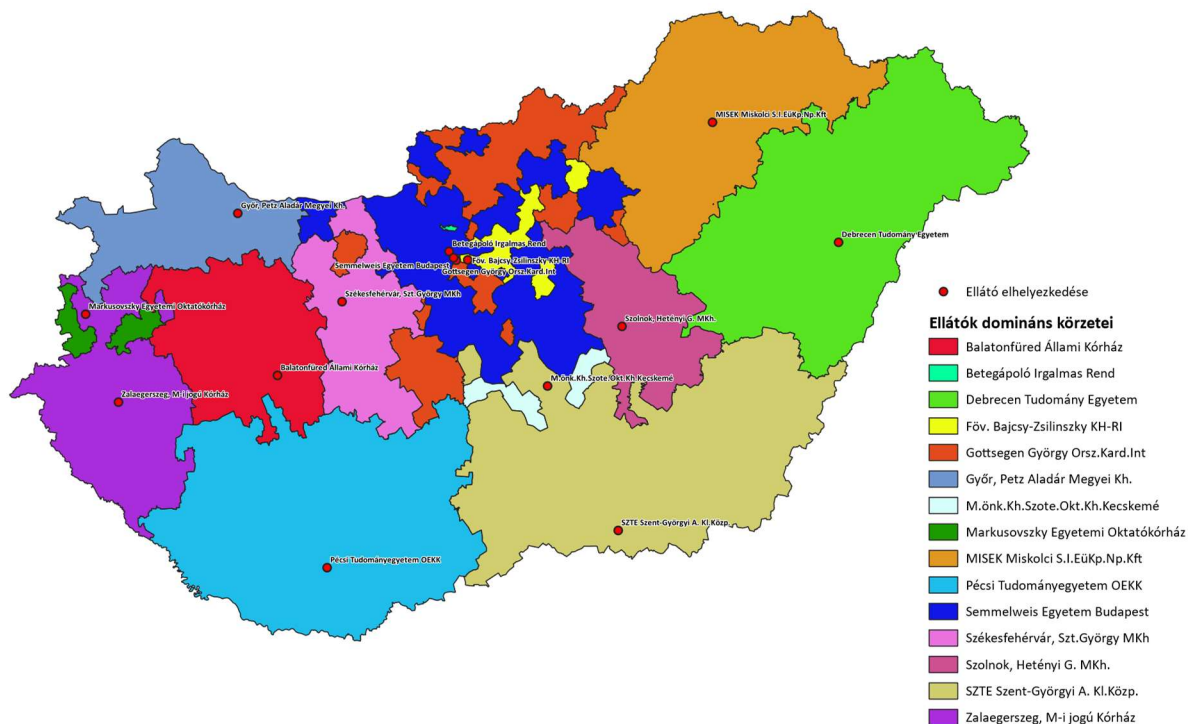
29. ábra: De facto ellátási körzetek és rehabilitációs ráták (színnel jelölve, ahol legsötétebb a 0,94-es, legvilágosabb a 0,01-s érték) B és I eseteket vizsgálva akut események alapján

7.3. De facto ellátási körzetek P infarktusos esetekre

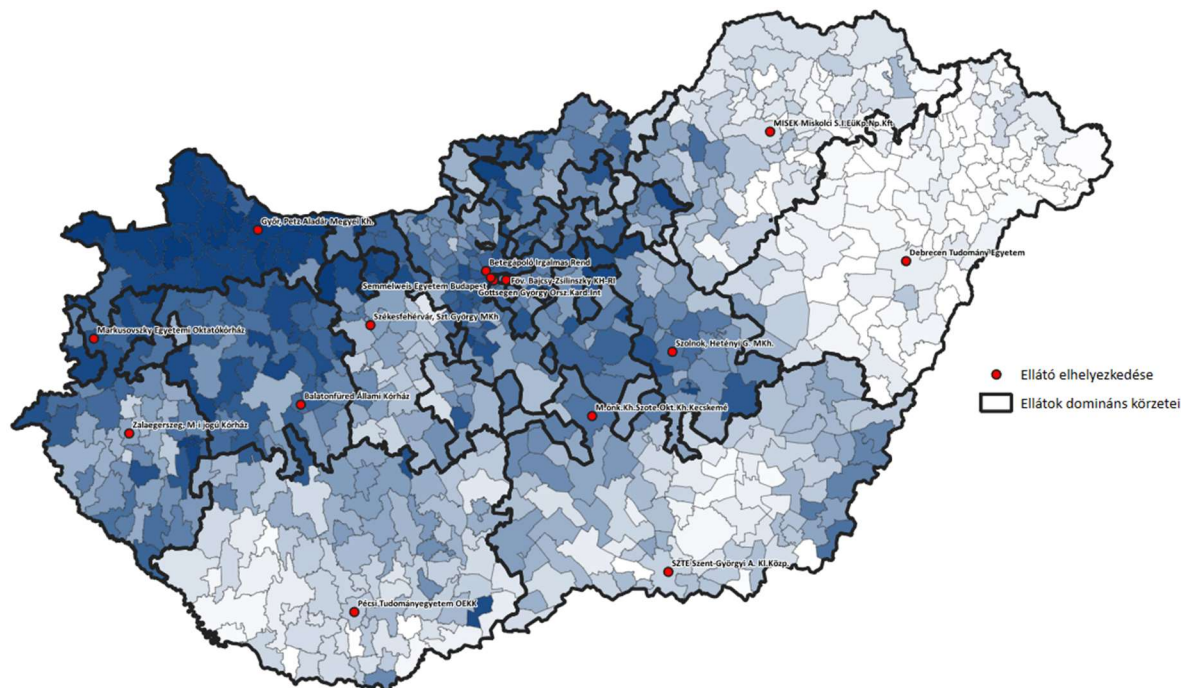
A P eseteket innentől kezdve külön bontva (infarktusos és nem infarktusos) kezeltem, leszámítva a későbbi 9-es pontot.

A P infarktusos eseteit külön vizsgálva látható (30. ábra), itt már 15 akut eseményt végző ellátó jutott dominánsan körzetekhez. Kevésbé összefüggő vonzáskörzetek a P eseteket együtt vizsgáló ábrához hasonlóan leginkább Budapest és Közép-Magyarország területén figyelhetők

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 területeket dominálnak. Ezzel szemben pár ellátó alig néhány körzettel rendelkezik (pl. Markusovszky Egyetemi Oktatókórház, illetve a kecskeméti ellátó).



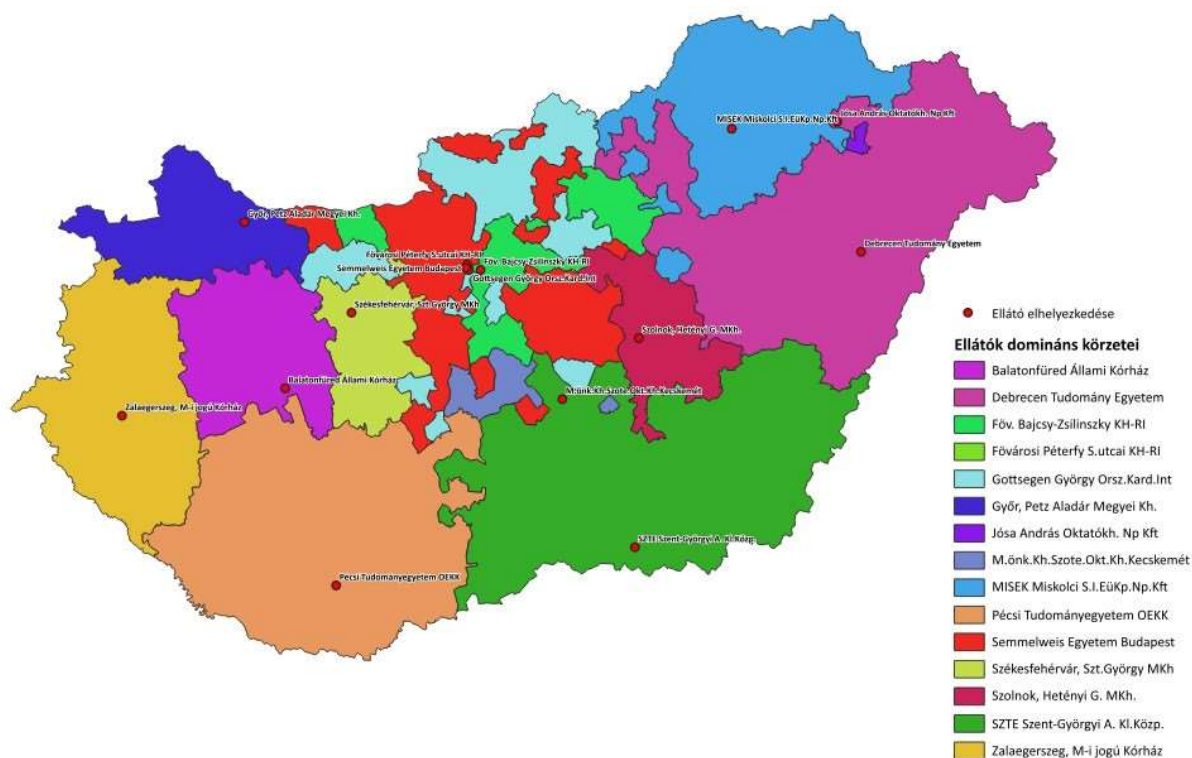
30. ábra: De facto ellátási körzetek P infarktusos eseteket vizsgálva akut események alapján



31. ábra: De facto ellátási körzetek és rehabilitációs ráták (színnel jelölve, ahol legsötétebb a 0,74-es, legvilágosabb a 0-s érték) P infarktusos eseteket vizsgálva akut események alapján

A rehabilitációs ráta viszonylagos homogenitása (31. 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.

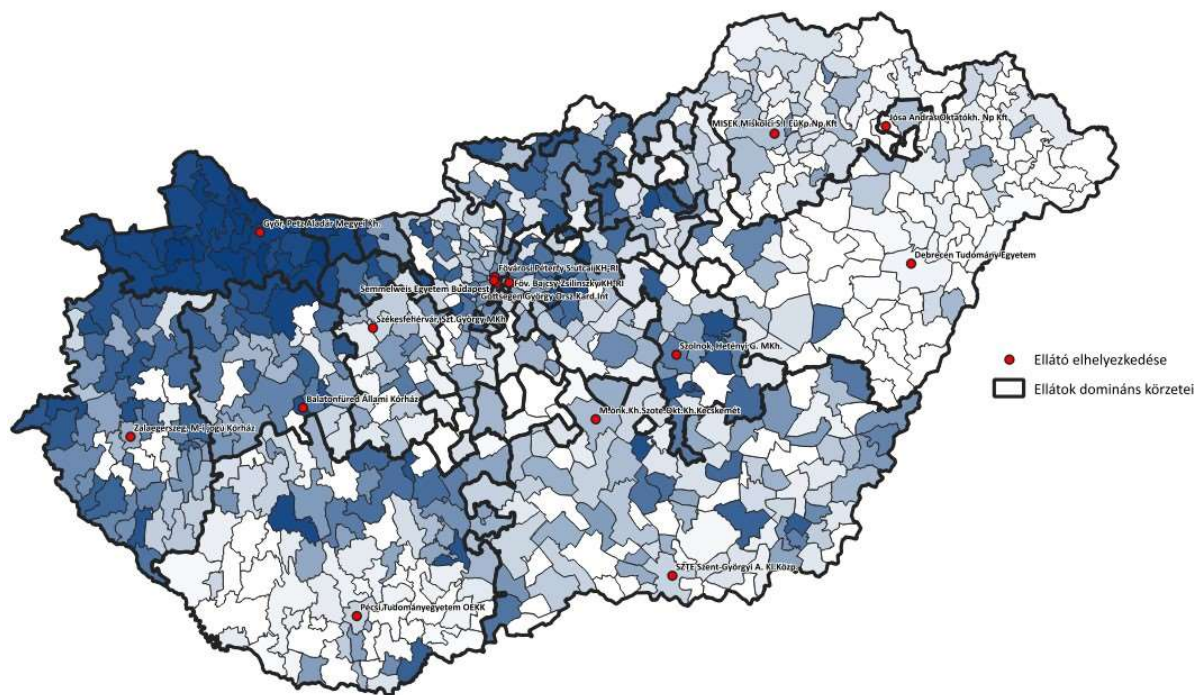
7.4. De facto ellátási körzetek P nem infarktusos esetekre



32. ábra: De facto ellátási körzetek P nem infarktusos eseteket vizsgálva akut események alapján

A P nem infarktusos eseteket (32. ábra) az infarktusoshoz (30. ábra) viszonyítva elmondható, a legnagyobb területen domináns ellátók kiléte változatlan, de az ország középső régióiban még kevesebb az összefüggő régió, ezzel az ottani változatosságot sugallva az adott index eseményt végző ellátók választásában. Néhány intézmény tekintetében elmondható, már nem tartozik a dominánsok közé, ha nem infarktusos akut eseményről van szó (például Markusovszky Egyetemi Oktatókórház, vagy Betegápoló Irgalmas Rend), de megjelent itt domináns ellátó is (például Fővárosi Péterfy Sándor utcai KH-RI). Az intézmények száma változatlanul 15.

A rehabilitációs rátát is tartalmazó térképet figyelve (33. ábra) látható, a győri ellátó körzetében most is homogén, magas a ráta, a debreceni területében pedig szintén jelentősen, egyöntetűen alacsony. Összességében nézve azért az infarktusos esetek alapján készült térképhez képest (31. ábra) kevésbé homogének az ellátók domináns régiói.



33. ábra: De facto ellátási körzetek és rehabilitációs ráták (színnel jelölve, ahol legsötétebb a 0,47-es, legvilágosabb a 0-s érték) P nem infarktusos eseteket vizsgálva akut események alapján

8. Klaszterezés rehabilitációs ráta alapján

A de facto körzetek ismerete után érdemes azonban 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 [20] implementáló algoritmust [21] használtam, 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.

8.1. Rehabilitációs ráta és a rehabilitációs ellátói kapacitás korrelációjának vizsgálata

8.1.1. Rehabilitációs ellátói kapacitás

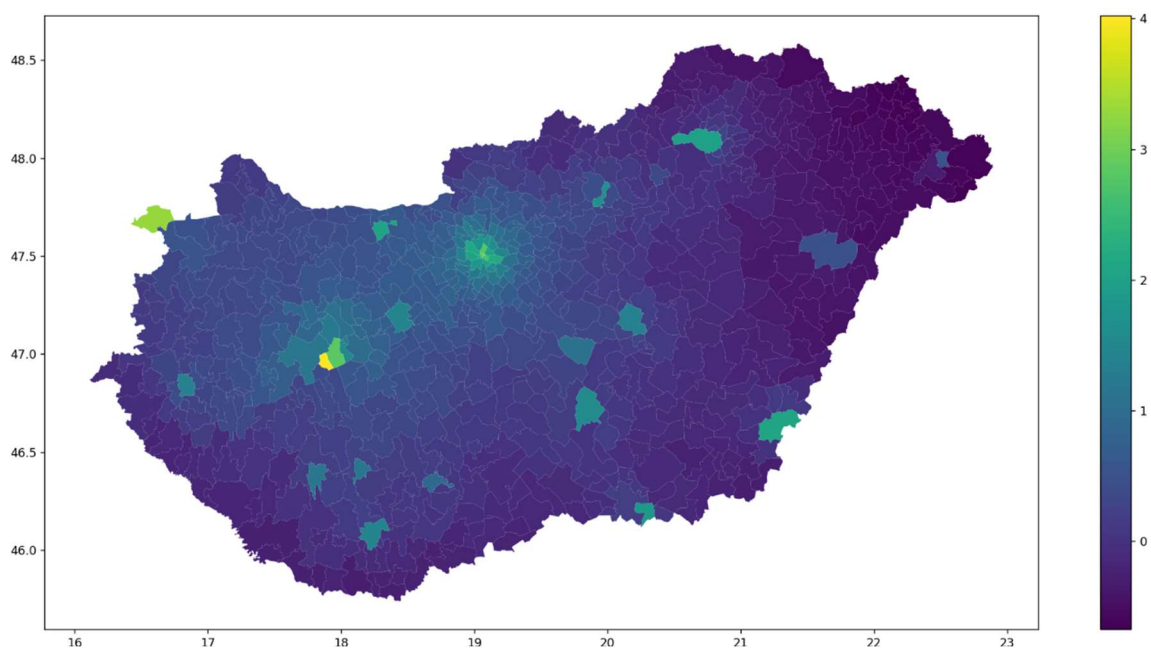
A rehabilitációs ellátási kapacitás számszerű leírására definiáltam egy heurisztikus, minden körzetre kiszámítható jellemzőt, mely az összes rehabilitációs ellátó „hatását” figyelembe veszi, a távolsággal fordítottan arányos mértékben. Az új jellemzőt „ellátó-sűrűségnek” neveztem el. Ehhez az ötletet 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 akkut eseményt követő rehabilitációs esetek halmaza, R pedig a csupán rehabilitációs eseteké):

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

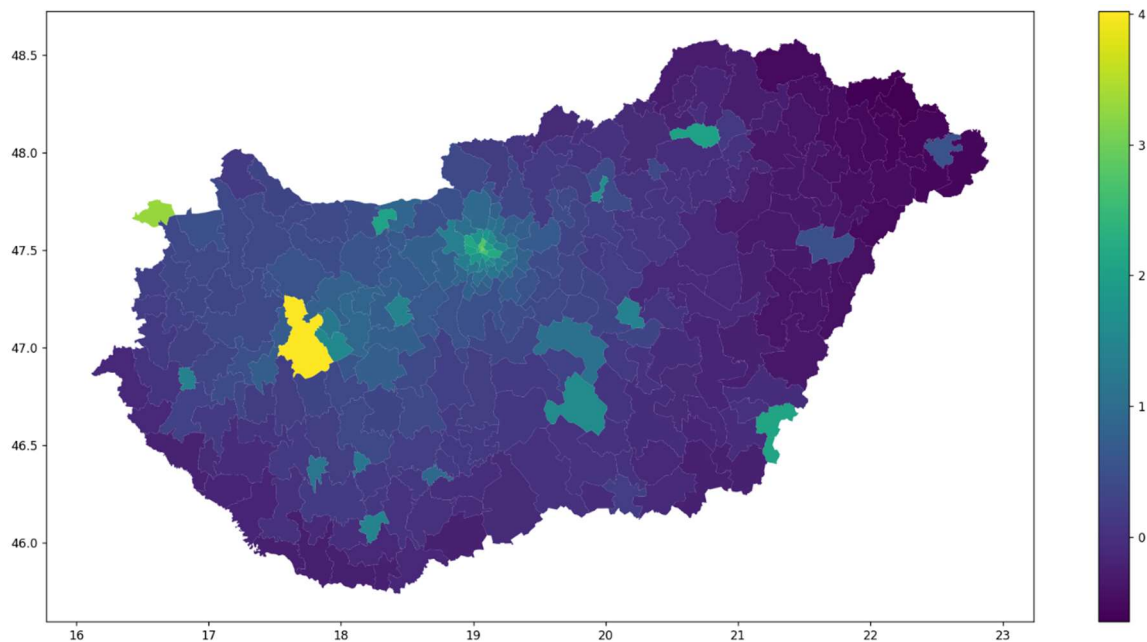
Ez alapján tehát az összevont körzetekre nézve meghatározható a sűrűség érték. Mivel voltak kiugróan magas értékek, ezért logaritmikus skálázással ábrázoltam őket (34-35. ábra). Ezen számolási elv mellett két másik mérték is kipróbálásra került (esetszámnak, illetve a távolságnak a négyzetét véve), de ezek nem hoztak jelentős javulást mind a három vizsgált index esemény (P inf., P nem inf., B és I) típusra egységesen, így ezt tartottam meg.

Amint az ábrák mutatják, 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.



34. ábra: Ellátó-sűrűségek logaritmikus skálázással a körzetekre vetítve P eseteket vizsgálva (világosabb színezéssel magasabb sűrűséget ábrázolva)



35. ábra: Ellátó-sűrűségek logaritmikus skálázással a körzetekre vetítve B és I eseteket vizsgálva (világosabb színezéssel magasabb sűrűséget ábrázolva)

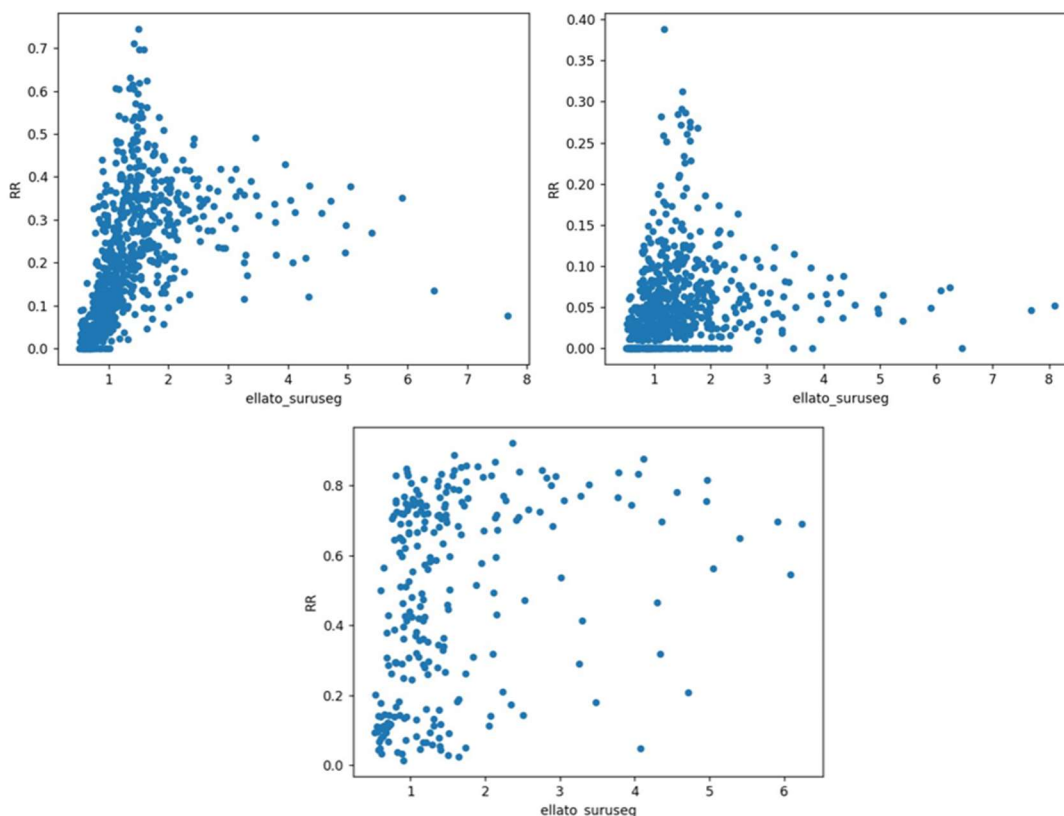
8.1.2. Korreláció vizsgálatának előzetes feltételei

Annak ellenőrzésére, hogy a heurisztikusan definiált sűrűség ténylegesen statisztikai kapcsolatban van-e a rehabilitációs rátával, Spearman korrelációt számítottam.

Alapvetően három alapfeltételnek kell teljesülnie a két változót illetően (rehabilitációs ráta és ellátó-sűrűség) ahhoz, hogy Spearman korrelációt lehessen vizsgálni érvényes eredménnyel:

- Ordinális, intervallum vagy arány skálán kell lenniük
- Párosított megfigyeléseket kell képviselniük
- Közöttük monotonikus kapcsolatnak kell lennie

Ezen állítások közül az első kettőről azonnal elmondható, hogy teljesül, de a harmadik vizsgálatához szórásvázlat készítése szükséges, mely ábrázolja egy-egy körzet értékpárját koordinátákként felfogva (ezt a `plot.scatter` Matplotlib függvényt a `GeoDataFrame`-re meghívva tettem meg). Az extrém értékeket kizártam a könnyebben látható, nem torz eredmény érdekében.



36. ábra: Szórásvázlatok P inf., P nem inf., B és I esetekre a rehabilitációs ráta – ellátó-sűrűség monotonitás vizsgálatára

Látható (36. ábra), a P eseteket illetően hasonló eredményt kaptam, de a B és I eseteknél már más a két érték viszonya. Ennek ellenére alapvetően monotonitás figyelhető meg, így elvégezhető a Spearman korreláció.

8.1.3. Spearman korreláció

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 esetben ellentétes, míg pozitív együtthatónál azonos irányú.

3. táblázat: A Spearman-féle korreláció eredményei esetenként külön vizsgálva

Esemény típusa	Korrelációs együttható	Szignifikanciaszint (p)
P infarktusos	0,7039	<0.001
P nem infarktusos	0,3898	<0.001
B+I	0,3916	<0.001

Az eredmények (3. 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 kis mértékű az összefüggés.

8.2. Klaszterezés alapját képező gráf készítése

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 körzet-pár 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 meg kell szorozni az SZ szomszédság-erősségi változóval:

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

Tehát nem csak a rehabilitációs arányuk hasonlósága, hanem a lokalitás is szerepet kap, hogy nagyobb eséllyel kerüljenek a közeli körzetek egy klaszterbe. Az éleknek csupán a súly szerinti felső 20%-át tartottam meg a hatalmas feldolgozandó adatmennyiség csökkentésére, a főbb hálózati kapcsolatok kiemelésére.

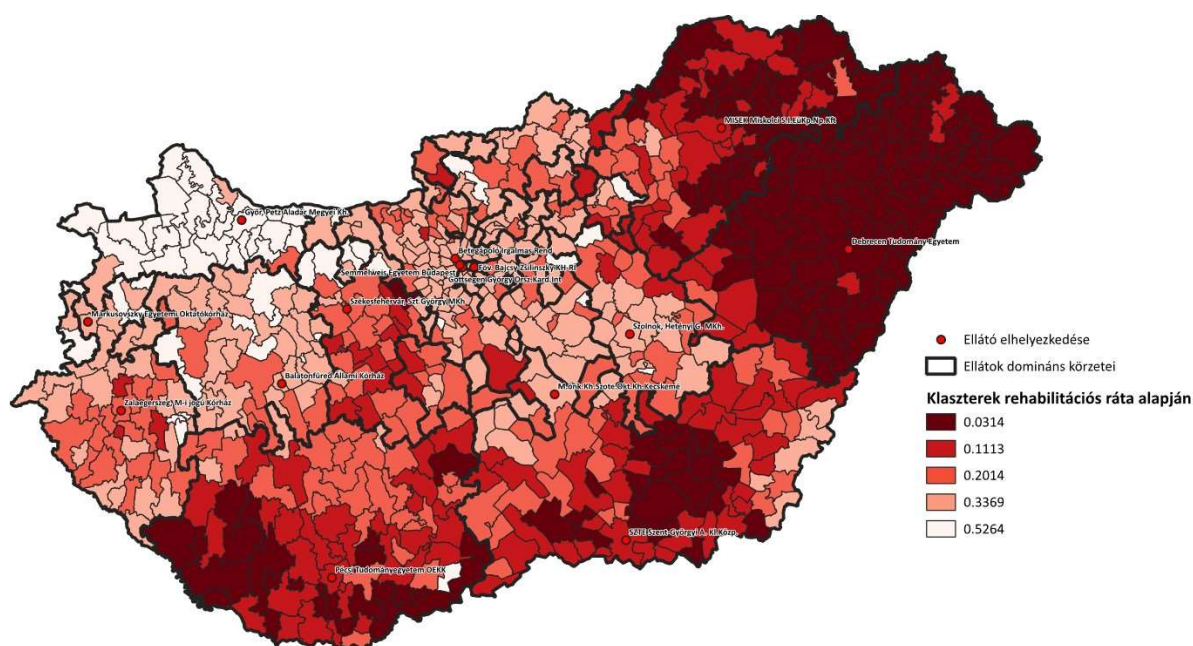
8.3. Louvain klaszterezés

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 növelése, mely méri a kapcsolatok, élek közösségeken belüli sűrűségének mértékét a közösségek közti élek sűrűségéhez képest [20].

Ezt implementálva alkották meg el az SLM („smart local moving”) algoritmust [21], 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 (lásd 8.2.) 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.

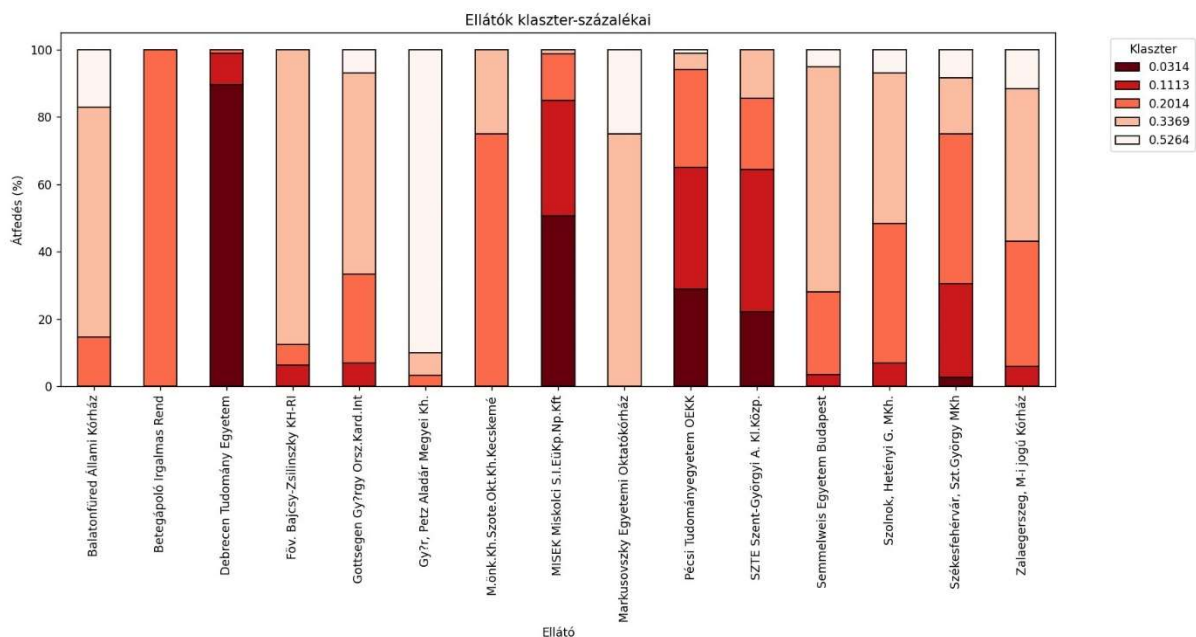
A létrejött klaszterek neve, ahogy a de facto ellátó határokkal kibővített ábrákon (37-42. ábra) is látható, a klaszter átlagos rehabilitációs ráta értéke.

8.3.1. Klaszterek P infarktusos eseteknél



37. ábra: Rehabilitációs ráta klaszterek a domináns index ellátók és de facto határaik jelölésével P infarktusos esetekre

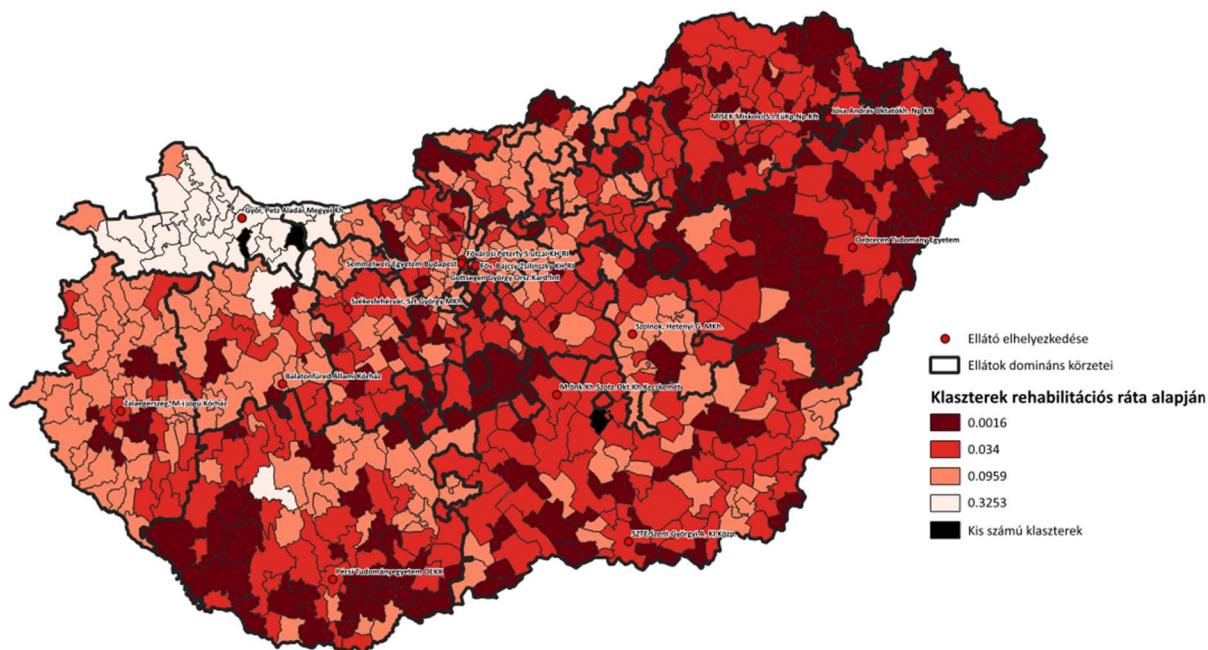
A P infarktusos eseteket vizsgálva látható, a korábbiakban is homogenitásuk miatt kiemelt ellátók domináns régiói határai itt is (37. ábra) jól elkülönülnek és területükön kevés klaszter osztozik (38. ábra). A magasabb rehabilitációs arányáról ismert Győr-Moson-Sopron vármegye, illetve a szinte egységesen 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, ez még több 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 ellátó domináns területéről például ez már nem elmondható, hiszen több klaszter is osztozik rajta hasonló arányokban.



38. ábra: Rehabilitációs ráta klaszterek százalékos megoszlása a domináns index ellátók területén P infarktusos esetekre

Magukról a klaszter foltokról érdemes megjegyezni, nem mindegyik esetében összefüggőek, 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.

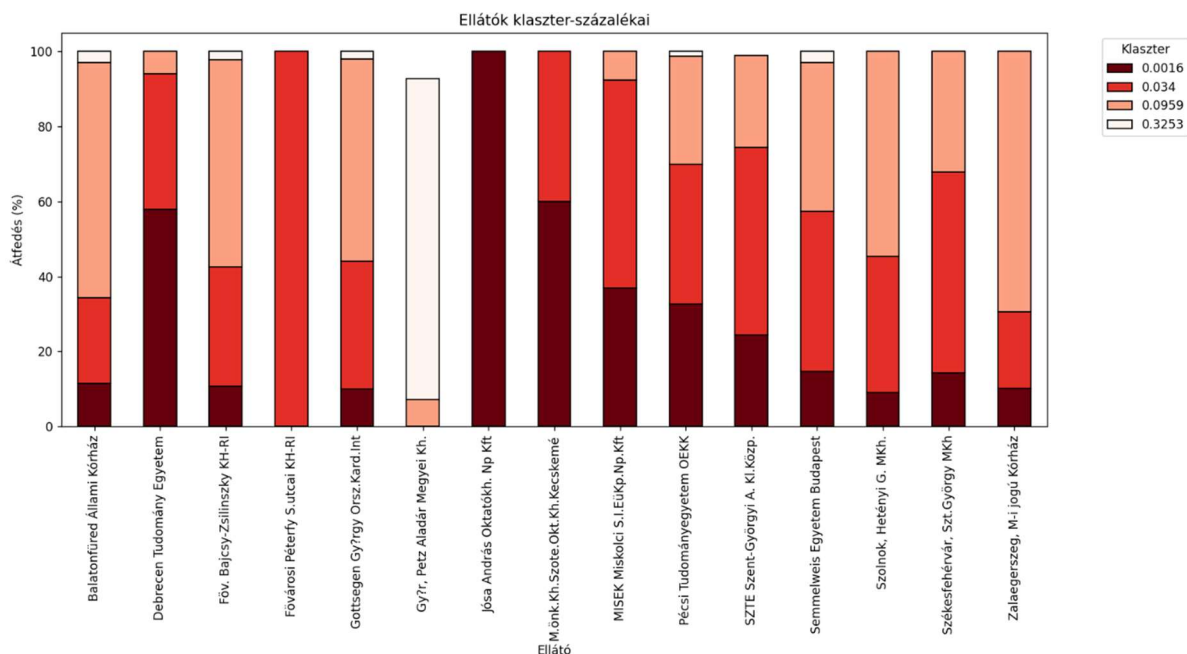
8.3.2. Klaszterek P nem infarktusos eseteknél



39. ábra: Rehabilitációs ráta klaszterek a domináns index ellátók és de facto határaik jelölésével P nem infarktusos esetekre

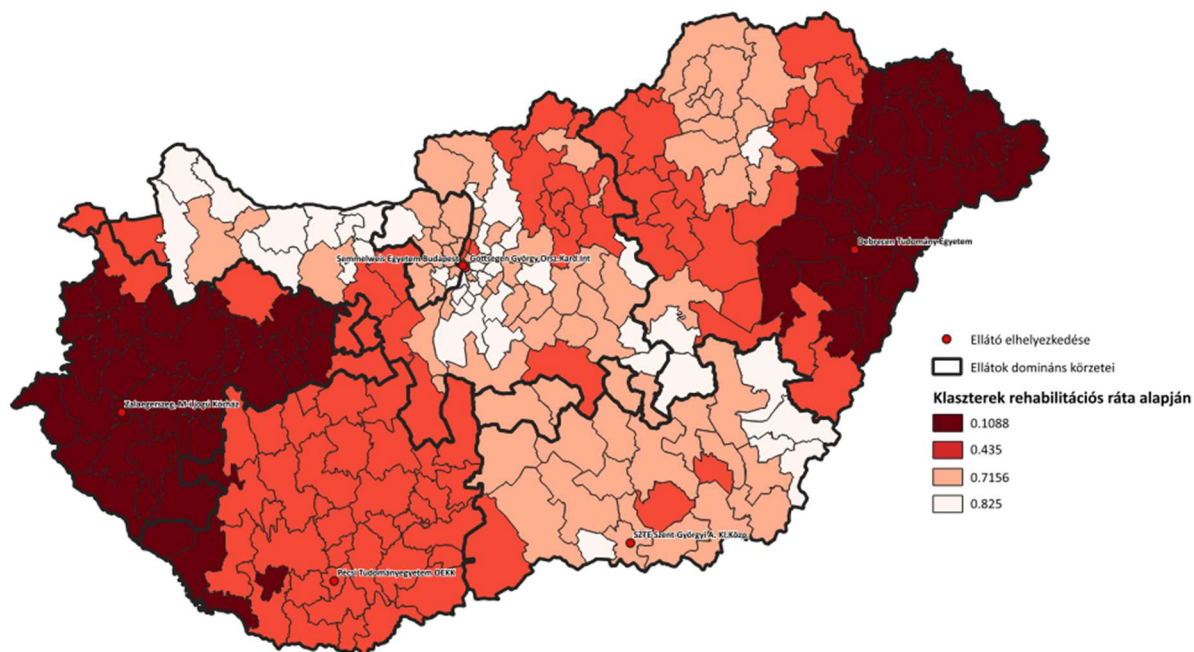
Következésképp a P nem infarktusos eseteket nézve (39. ábra), jelentősebb a homogenitás a körzeteket illetően a győri, a zalaegerszegi és a balatonfüredi nagyobb körzetszámmal rendelkező ellátók de facto területén, mely szintén a hipotézist igazolja. Itt azonban már egyértelműen több körzet cáfol rá az oszlopdiagramot tekintve is (40. ábra). Azt a három klasztert, melyek körzetszáma még a kettőt sem érte el, a lényeg kiemelése érdekében kizártam a további elemzésből (fekete színnel jelölve a térképen, az oszlopdiagramon nem is ábrázolva).

A rehabilitációs ráta klaszterek itt csupán csak a legmagasabb (0,3253) esetében alakultak ki jelentős területi összefüggéssel (az ellátó egyediségét, egységes elveit igazolva a rehabilitációs döntést illetően), csakúgy mint az infarktusos P térképen. A többi esetben nem igazán figyelhető meg hasonló, hiszen az ország számos pontján szétszóródva találhatók meg.



40. ábra: Rehabilitációs ráta klaszterek százalékos megoszlása a domináns index ellátók területén P nem infarktusos esetekre

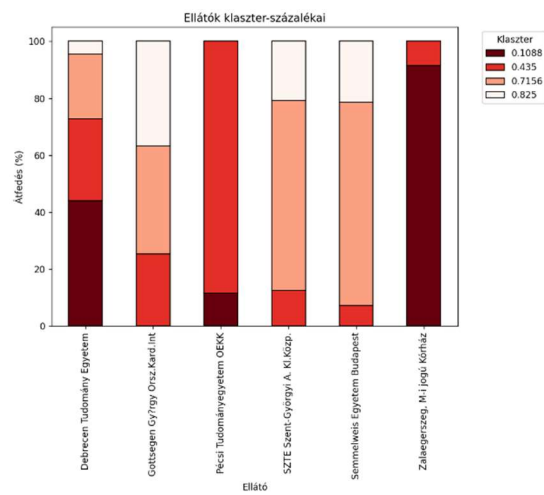
8.3.3. Klaszterek B és I eseteknél



41. ábra: Rehabilitációs ráta klaszterek a domináns index ellátók és de facto határaik jelölésével B és I esetekre

B és I eseteket vizsgálva (41-42. ábra) egyértelműen homogén de facto régiókon belüli klasztermegoszlások a zalaegerszegi (kirívóan alacsony átlagos rehabilitációs rátával) és a pécsi, valamint kisebb, de még mindig jelentős mértékben a győri és a szegedi ellátóknál rajzolódnak ki, a hipotézist alátámasztva. Azonban a debreceni 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. Érdeemes megemlíteni a Közép-Magyarországtól nyugati és keleti irányban kirajzolódó sávosságot (egyre csökkenő átlagos RR-el).



42. ábra: Rehabilitációs ráta klaszterek százalékos megoszlása a domináns index ellátók területén B és I esetekre

9. Térbeli autokorreláció

A kardiológiai rehabilitáció terén fontos lehet a jellemző, regionális gyakorlatok beigazolására, vagy a különböző domináns ellátók vonzáskörzete közti hasonlóságok mérésére az úgynevezett térbeli autokorreláció. Ezen eljárás tehát súlymátrix alapján leírja az aktuális körzet és szomszédai közti kapcsolatnak az intenzitását. Jelen esetben a Moran által kidolgozott módszert [22] használok, mely a rehabilitációs rátát veszi alapul.

9.1. Globális térbeli autokorreláció – globális Moran I

A statisztikában tehát a Moran I egy széles körben ismert mértékét jelenti a térbeli autokorrelációnak. Globális értelemben számolva megmutatja, mennyire klaszterezett a vizsgált 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 ezekről különbözőek.

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

A globális Moran I érték a P eseményekre (négy tizedesjegyre kerekítve) 0,8086, míg a B és I eseményekre együttesen 0,8531 lett. Mivel a tárgyalt mértéket -1 és 1 közötti tartományon vizsgáltam, ahol a -1 felé közelítve egyre nagyobb diszperziót, míg 1 felé közelítve növekvő klaszterezettséget tapasztaltam, elmondható, a 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-hez képest mérsékelten jobban jellemző.

9.2. Lokális térbeli autokorreláció – lokális Moran I

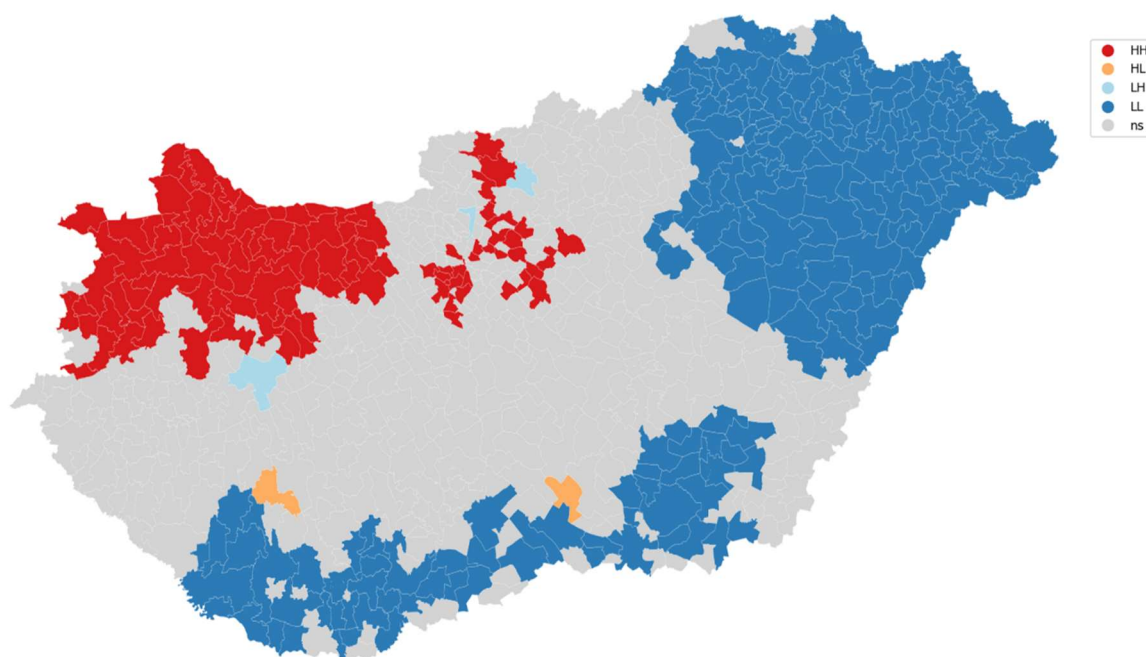
A tárgyalt globális Moran I nagyszerű eszköz arra, hogy megmutassa a teljes vizsgált területet illető földrajzi klaszterezettséget csupán egy érték segítségével, de arról nem ad képet, a melyik területek milyen értékkel alkotnak csoportokat. A konkretizálásra a lokális térbeli

autokorreláció (lokális Moran I alapján) alkalmazható, mely inkább a kisebb földrajzi egységek szempontjából közelíti meg a problémakört.

A használt jelölésrendszer:

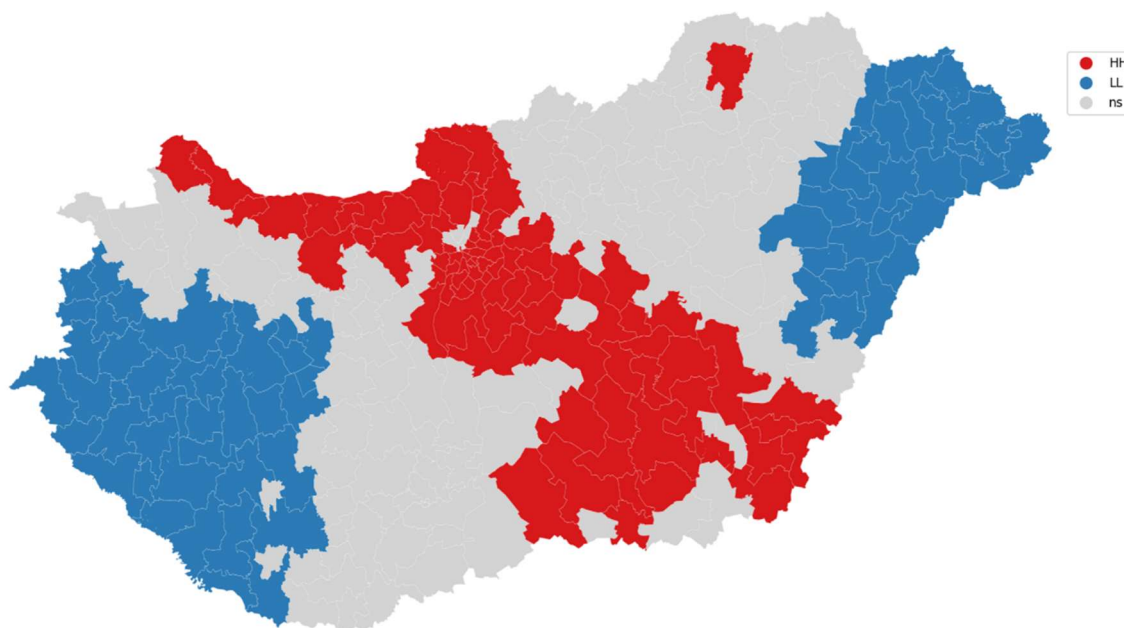
- HH,
- LL,
- LH,
- HL,

ahol 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.



43. ábra: Lokális térbeli autokorreláció P akut eseteket vizsgálva a beteg lakhelye és a körzet rehabilitációs rátája alapján

A P esetekre vizsgálva a lokális térbeli autokorrelációt (43. ábra) Győr-Moson-Sopron vármegye és környéke, valamint Budapest és tágabb vonzáskörzete rendelkezik magasabb és hasonló jellemzőkkel leírható szomszédú régiókkal egy-egy nagyobb klasztert alakítva. Alacsony rehabilitációs rátájú és környezetű klaszterek Dél- és Kelet-Magyarországon fellelhetők. Néhány „átmeneti” (LH, HL) csoportot csupán pár különálló körzet képez.

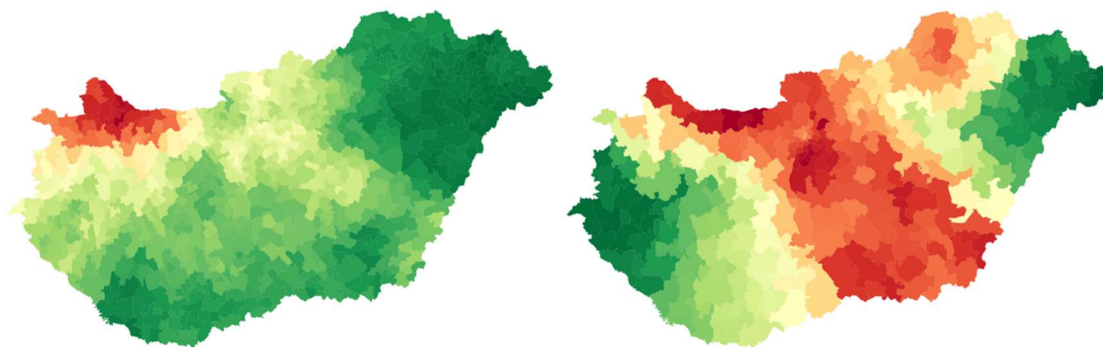


44. ábra: Lokális térbeli autokorreláció B és I akut eseteket vizsgálva a beteg lakhelye és a körzet rehabilitációs rátája alapján

B és I index eseményeket nézve (44. ábra) egészen eltérő klasztereket kaptam. Alacsony értékekkel rendelkező és körülvelt körzetek Nyugat- és Kelet-Magyarországon figyelhetők meg, magasak pedig Közép-Magyarországon főleg. HL és LH jelölésű klaszterek nem keletkeztek.

9.3. Térbeli késleltetés

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 (45. ábra) vörös színnel jelölt régiók magasabb, a zöld színnel jelöltek pedig alacsonyabb értékű szomszédokkal vannak körülveve, a köztes értékek pedig az ezek által határolt tartományon mozognak.



45. ábra: Térbeli késleltetés P, valamint B és I akut eseteket vizsgálva a beteg lakhelye és RR szerint

A területi autokorrelációt vizsgálva elmondható, a klaszterezés során is fellelhető kelet-nyugat irányú átmenet itt is kirajzolódik. A klaszterek a rehabilitáció alapján a két módszert összevetve területileg hasonló eredményt mutatnak.

10. Ellátók összesített jellemzése

10.1. Ellátók jellemzői

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.

4. táblázat: Ellátók jellemzői P infarktusos esetekre

Ellátó	Súly (%)	Gyakorlat (%)	Területi homogenitás	De facto RR
Győr, Petz Aladár Megyei Kh.	3,22	90,00	7,50	0,54
Balatonfüred Állami Kórház	4,02	68,29	4,56	0,36
Markusovszky Egyetemi Oktatókórház	0,29	75,00	1,33	0,35
Föv. Bajcsy-Zsilinszky KH-RI	3,33	87,50	3,20	0,32
Semmelweis Egyetem Budapest	25,54	66,67	2,85	0,31
Gottsegen György Orsz.Kard.Int	11,18	59,65	2,28	0,29
Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház	5,74	45,10	3,00	0,28
Szolnok, Hetényi G. MKh.	3,32	44,83	2,90	0,27
M.önk.Kh.Szote.Okt.Kh.Kecskemét	0,21	75,00	1,00	0,22
Székesfehérvár, Szt.György MKh	3,73	44,44	2,77	0,21
Betegápoló Irgalmas Rend	0,10	100,00	1,00	0,20

SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.	11,95	42,22	3,60	0,13
Pécsi Tudományegyetem OEKK	8,10	36,14	3,32	0,13
MISEK Miskolci S.I.EüKp.Np.Kft	7,65	50,63	6,08	0,08
Debrecen Tudomány Egyetem	11,64	89,53	14,33	0,03

5. táblázat: Ellátók jellemzői P nem infarktusos esetekre

Ellátó	Súly (%)	Gyakorlat (%)	Területi homogenitás	De facto RR
Győr, Petz Aladár Megyei Kh.	3,70	85,71	5,60	0,35
Balatonfüred Állami Kórház	4,17	62,86	3,18	0,08
Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház	6,82	69,49	4,92	0,08
Föv. Bajcsy-Zsilinszky KH-RI	8,93	55,32	2,61	0,07
Gottsegen György Orsz.Kard.Int	6,73	54,00	1,79	0,07
Szolnok, Hetényi G. MKh.	2,66	54,55	2,00	0,07
Semmelweis Egyetem Budapest	21,71	42,72	3,12	0,06
Fővárosi Péterfy S.utcai KH-RI	0,67	100,00	1,00	0,04
Székesfehérvár, Szt.György MKh	3,26	53,57	2,33	0,04
Pécsi Tudományegyetem OEKK	11,07	37,35	3,61	0,04
SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.	14,21	50,00	3,48	0,04
MISEK Miskolci S.I.EüKp.Np.Kft	6,42	55,38	2,60	0,02
Debrecen Tudomány Egyetem	9,17	58,00	5,00	0,02
M.önk.Kh.Szote.Okt.Kh.Kecskemét	0,44	60,00	1,67	0,01
Jósa András Oktatókh. Np Kft	0,05	100,00	1,00	0,00

6. táblázat: Ellátók jellemzői B és I esetekre

Ellátó	Súly (%)	Gyakorlat (%)	Területi homogenitás	De facto RR
SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp.	8,92	66,67	4,00	0,75
Gottsegen György Orsz.Kard.Int	34,33	37,93	3,48	0,72
Semmelweis Egyetem Budapest	5,51	71,43	3,50	0,70
Debrecen Tudomány Egyetem	22,64	43,94	6,60	0,35
Pécsi Tudományegyetem OEKK	16,76	88,37	8,60	0,34
Zalaegerszeg, M-i jogú Kórház	11,83	91,43	8,75	0,11

P infarktusos esetekre nézve (4. táblázat) a legjelentősebb ellátó az esetszámok szerint a budapesti Semmelweis Egyetem, melyet szinte azonos súllyal követ még három intézmény. A gyakorlatot illetően a csekélyebb ellátott esettel rendelkező ellátókat nem figyelembe véve (így téve a következő paragrafusokban vizsgált esettípusoknál is) a győri, a debreceni és a Föv.

Bajcsy-Zsilinszky KH-RI intézmény de facto régiójában van egy egyértelműen jellemző klaszter, ezzel a rehabilitációra való hatásukat igazolva. A klaszterek összefüggősége a debreceni ellátónál kiemelkedő. A de facto rehabilitációs ráta a legmagasabb az ország nyugatibb részein (Győr, Balatonfüred), legalacsonyabb (még 0,1-es értéket sem elérve) keleten (Debrecen, Miskolc).

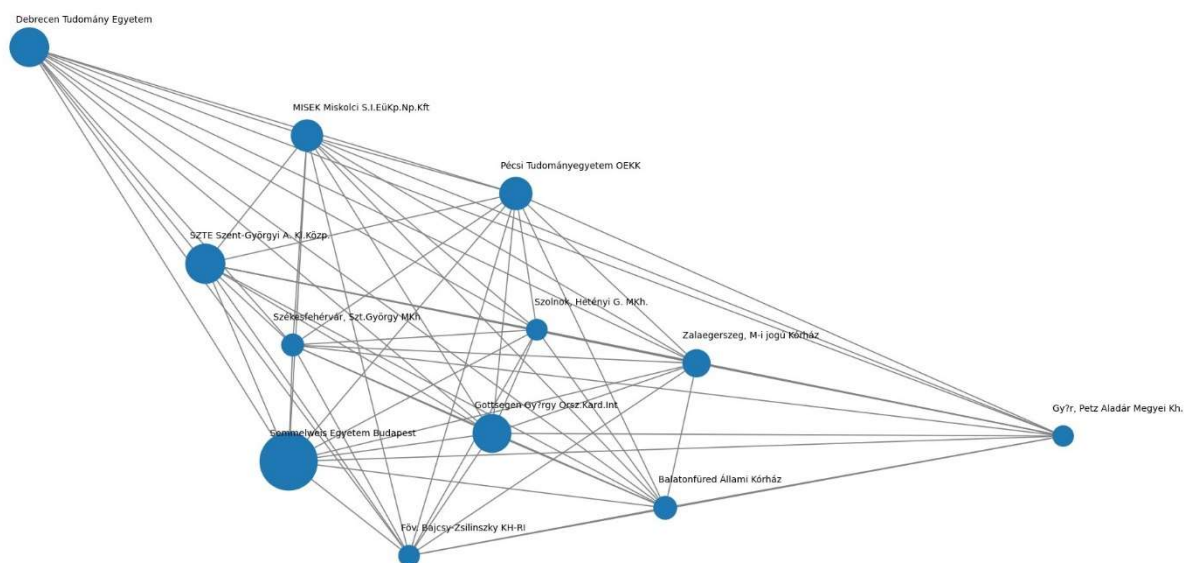
P nem infarktusos eseteket nézve (5. táblázat) látható, az országos hálózat legjelentősebb képviselői a Semmelweis Egyetem Budapest, a SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp, illetve a Pécsi Tudományegyetem OEKK ellátók. A gyakorlatot tekintve egyedül csak a győri ellátó emelhető ki, azaz itt nagy arányban van jelen egyetlen RR klaszter. A területi homogenitás minden vonzáskörzetre nézve alacsonyabb, nem említhető egyedülálló mértékben magas értéket adó ellátó. 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 alatti.

B és I eseteket vizsgálva (6. táblázat) legnagyobb súlyú a Gottsegen György Orsz.Kard.Int, a Debrecen Tudomány Egyetem, melyeket pedig a Pécsi Tudományegyetem OEKK követi. A gyakorlatot illetően leginkább a zalaegerszegi, illetve a pécsi intézmény domináns körzeteiben mutat az ellátó tényleges hatást a rehabilitáció alakulására. A legmagasabb területi homogenitás is ezen két akut ellátó esetében jelentkezik, a rehabilitációs ráta pedig náluk a legalacsonyabb a hat intézmény közül. Kiemelkedően magas a SZTE Szent-Györgyi A. Kl.Közp., a Gottsegen György Orsz.Kard.Int, illetve a Semmelweis Egyetem Budapest ellátóknál.

Egymáshoz viszonyítva a három esettípust, a de facto RR és a területi homogenitás, de 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. 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 (területileg és a gyakorlatot illetően is).

10.2. Ellátók viszonya gyakorlat-hasonlóság alapján

Az index ellátók közti rehabilitációs gyakorlat-alapú hasonlóságokat, viszonyokat erő alapú gráf-vizualizáció segítségével reprezentáltam. A gráf csomópontjainak mérete az adott ellátó súlya (4-6. táblázatban megtalálhatóak). A köztük (két ellátó) levő erő kiszámításának módszere: $1 - (a \text{ klaszter gyakoriságok különbségének összege})$. Az 1%-os súlyt el nem érő intézményeket nem vettem figyelembe.



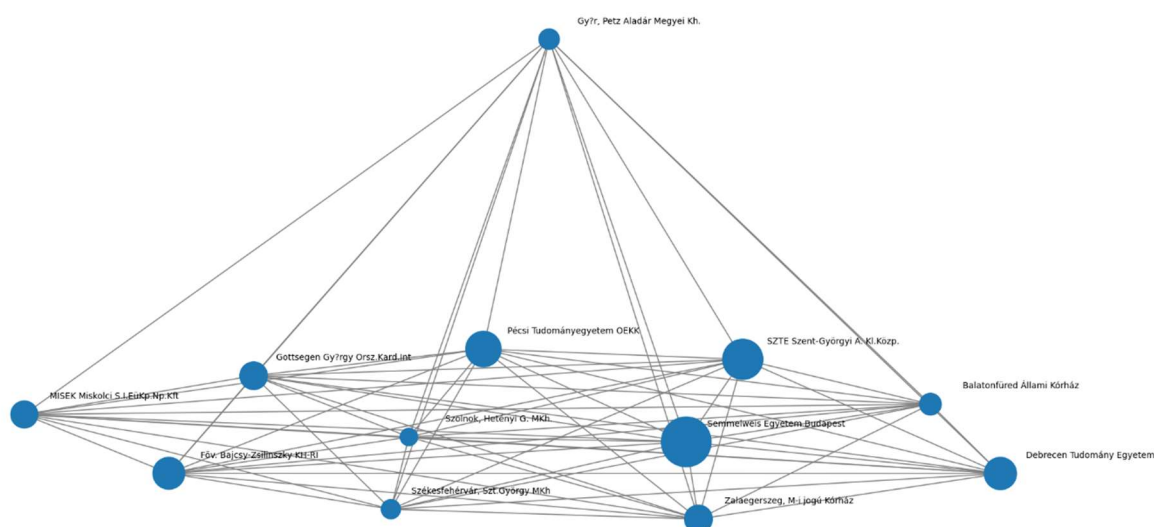
46. ábra: Akut eseményt ellátók viszonya rehabilitációs gyakorlat alapján P infarktusos esetekre

Az erő alapú gráf (mely a NetworkX könyvtár `spring_layout` függvényét használva készült) P infarktusos eseteket nézve (46. ábra) azt mutatja, a legeltérőbb gyakorlatot a debreceni és a győri ellátó képviseli, a főváros intézményei pedig közel kerültek egymáshoz. A legnagyobb súllyal a Semmelweis Egyetem rendelkezik. Radardiagramon (47. ábra) is ábrázoltam az intézmények jellemzőit (szintén a hasonlóságok reprezentálása céljából) P infarktusos esetekre, hiszen az elemzés szempontjából ezt tekinthető a legfontosabb típusnak.

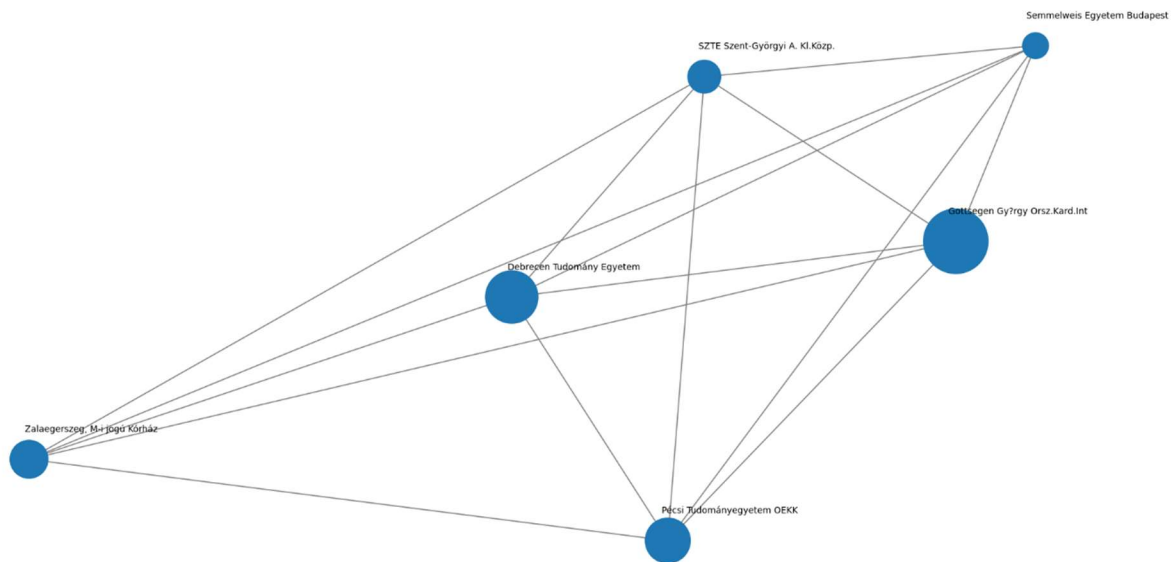


47. ábra: Akut eseményt ellátók jellemzői P infarktusos esetekre

P nem infarktusos eseteknél (48. ábra) szintén jól elkülönül a győri ellátó a gyakorlat alapján, a legnagyobb súllyal pedig ugyanúgy a Semmelweis Egyetem rendelkezik.



48. ábra: Akut eseményt ellátók viszonya rehabilitációs gyakorlat alapján P nem infarktusos esetekre



49. ábra: Akut eseményt ellátók viszonya rehabilitációs gyakorlat alapján B és I esetekre

B és I eseteket tekintve (49. ábra) csak a zalaegerszegi ellátó különül el kissé a hálózat magjától.

11. Az eredmények értékelése és összevetése korábbi publikációkkal

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

Intelligens körzetesítést valósítottam meg a referenciaként tekintett [17], csupán területi alapú módszerhez képest. Pontozások-alapú, területi és demográfiai szempontok szerint működő algoritmusom átlagosan 15%-os javulást hozott az eredményeket illetően a minőségi paramétereket összehasonlítva (a foltszerűség minimális rovására). Az összes hasonló témájú korábban publikált módszerhez képest [17] újdonság, hogy a körzetesítés eredményeképpen az eddigiekhez képest lényegesen finomabb felbontású, a valóságot jobban leíró, de a statisztikai jellemzőket is megtartó elemzés vált lehetségessé.

Meghatároztam az index ellátókhoz kapcsolódó de facto körzeteket, mely során szavazások alapján hozzárendeltem a körzeteket egy-egy adott ellátóhoz, ezzel országos szintű képet kapva a rendszer lefedettségéről.

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 korábbi publikációkhoz [3] képest újítás, hogy a betegutakat áramlási térképpel ábrázoltam, az ellátó-sűrűséget/kapacitást pedig az adott körzettől való közúti távolság mérésével, vármegyei helyett országos elemzést végeztem (hosszabb időszakot nézve, retrospektív módon). Az infarktusos (továbbá még B/I) eseteket megkülönböztettem az egyik publikációhoz [3] hasonlóan, de azon adatfeltáráshoz képest statisztikai és területi vizsgálatot is végeztem, időbeli elemzést, illetve túléléselemzést azonban nem. A heurisztikusan definiált ellátó-sűrűség és az RR korrelációjának vizsgálata megerősítette a külföldön publikált hasonló eredményeket [4].

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, illetve debreceni-miskolci klinikák voltak. Hasonló jellegű konklúzióra az áttekintett irodalomban nem találtam példát.

12. Összefoglalás

Az átfogó elemzés összefoglaló értékeléseként elmondható, az országos szinten vizsgált kardiológiai rehabilitációt illető ellátási gyakorlatok területileg jellemzően inhomogenitást mutatnak kevés kivétellel. Ennek oka lehet a kardiológus döntési befolyása, illetve a hálózat erőforrásainak nem arányos allokációja is. Látható volt, vannak túlzottan leterhelt, domináns régiók, melyek az országos betegutakat gyakran jelentősen meghosszabbítva (az esetlegesen amúgy is gyakori infrastrukturális nehézségek mellett) szintén hatással lehetnek a kevésbé fejlesztett régiók betegállományának rehabilitációs arányára (1. ábra), felvetve a hálózat egyenlőbb, kiegyensúlyozottabb fejlesztésének lehetőségét.

Az összevonáshoz használt és lépésenként bemutatott algoritmus a korábbi módszerhez képest jelentős javulást hozott, biztosítva az országos nagy felbontást az előírt minimális körzetenkénti esetszámokkal.

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.

Pozitív korrelációt mutatott az ellátó-sűrűség és a rehabilitációs ráta a körzetekre nézve, például az ország keleti részein összefüggően alacsony volt mindkét érték.

A rehabilitációs ráta alapján vizsgált térbeli autokorreláció szintén pozitívnak mutatkozott, mely alátámasztja a regionális hasonlóságokat.

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

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

A további feladatok közé tartozik többek között a halálozási elemzések elvégzése, az időbeli változások elemzése, illetve lehetőség esetén az elemzés lefolytatása a közelmúltban rögzített ellátási adatsorokon is.

Irodalomjegyzék

- [1] 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
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 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
- [5] Simon Attila, Faluközy József, Sípos Károly, Tiringner 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
- [6] Apor, P. (2018). A szívbeteg rehabilitációjának sportos arca. *Orvosi Hetilap* OH, 159(33), 1346-1352. <https://doi.org/10.1556/650.2018.31127>
- [7] 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]
- [8] 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>)

- [9] 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>
- [10] Ryan J. Gallagher et al. A clarified typology of core-periphery structure in networks. *Sci. Adv.* 7, eabc9800 (2021). DOI:10.1126/sciadv.abc9800
- [11] Balakrishnan, V. K. (1997). *Graph Theory*. McGraw-Hill
- [12] Naércio Magaia, Alexandre P. Francisco, Paulo Pereira, Miguel Correia. Betweenness centrality in Delay Tolerant Networks: A survey, *Ad Hoc Networks*, Volume 33, 2015, Pages 284-305, ISSN 1570-8705, <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2015.05.002>.
- [13] Linton C. Freeman, Stephen P. Borgatti, Douglas R. White. Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow, *Social Networks*, Volume 13, Issue 2, 1991, Pages 141-154, ISSN 0378-8733, [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(91\)90017-N](https://doi.org/10.1016/0378-8733(91)90017-N).
- [14] Karen Stephenson, Marvin Zelen. Rethinking centrality: Methods and examples, *Social Networks*, Volume 11, Issue 1, 1989, Pages 1-37, ISSN 0378-8733, [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(89\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0378-8733(89)90016-6).
- [15] Alexin Z: Kockázatok az egészségügyi adatok anonimizálása, *IME – Az egészségügyi vezetők szaklapja*, XIII. évfolyam, 2. szám, 2014. március, 68-72. o.
- [16] 2011. évi CXII. törvény az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról (<http://www.naih.hu/jogszabalyok.html> – utoljára megtekintve: 2015.09.15.)
- [17] 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.
- [18] McGill, Robert; Tukey, John W.; Larsen, Wayne A. (February 1978). "Variations of Box Plots". *The American Statistician*. 32 (1): 12–16. doi:10.2307/2683468

- [19] Piroška, V. H., Hajdú, P., & Ferenc, B. (1996). Demográfiai és epidemiológiai módszerek a népegészségügyben. Literatura Medica Kiadó
- [20] 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.
- [21] 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>
- [22] 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.