

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék

*Metrikák és kapcsolódó indikátorok
definiálása a city logisztikában
használt csomagautomata topológiák
térbeli tulajdonságainak értékelésére*

TDK dolgozat

**Szerző:
Uglik Zalán Tiborc**

**Témavezető:
Dr. Bóna Krisztián**

Budapest, 2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	3
2.	A témával kapcsolatos korábbi kutatások.....	5
3.	Első hipotézis.....	7
3.1.	Problémafelvetés	7
3.2.	A vizsgálati módszertan	9
3.2.1.	Az adatok kinyerése	9
3.2.2.	Raszterháló alkalmazása	10
3.2.1.	Az átlagos lefedettség mutatók	13
3.2.2.	A centrális szóródási mutató	15
3.2.3.	A közelségi szóródási mutató.....	18
3.2.4.	Szóródási mutatókból származó eredmények összesítése	20
3.2.5.	Az átlagos közelségi mutató	23
3.3.	Konklúzió	24
4.	Második hipotézis.....	26
4.1.	Problémafelvetés	26
4.2.	A vizsgálati módszertan	27
4.2.1.	A lakossági adatok elemzése.....	27
4.2.2.	A kapacitások vizsgálata	30
4.2.3.	A forgalomkeltési modell.....	33
4.3.	A vizsgálat eredményei	34
4.4.	Konklúzió	35
5.	Összegzés.....	37
	Ábrajegyzék.....	37
	Táblajegyzék.....	40
	Hivatkozások	41
	Mellékletek	43

1. Bevezetés

A kutatásom célja egy minősítő modell létrehozása, amivel bármelyik város tekintetében vizsgálható a csomagautomata (angolul: parcel locker, továbbiakban: PL) topológia. Hipotéziseim egy lehetséges módszertan alkalmazásával igyekszem vizsgálni. A minősítő modellt a dolgozatomban a Budapesten kiépített csomagautomaták példáján keresztül mutatom be, melyben a fővárosban több logisztikai szolgáltató által kitelepített egységek elhelyezkedését elemzem részletesebben.

Elsődleges hipotézisem, hogy Budapesten a csomagautomaták a piaci versengés miatt organikusan, konszolidálatlanul, jellemzően csupán az üzleti szempontokat figyelembe véve és a city logisztikai szempontokat kevésbé szem előtt tartva lettek telepítve, figyelmen kívül hagyva más cégek közeli csomagpontjai által lefedett területeket. Ezt a feltételezésem a vállalatok saját, online felületén elérhető csomagautomata keresőinek használata által gyűjtött koordinátákon, valamint a fővárosra vetített, egy század fok léptékű raszterhálón végzett számítások segítségével igyekszem igazolni. A módszertan tartalmaz terület alapú és térbeli közelségi mutatószámokat, illetve két szóródási mutatót. Egyik a centrális szóródás, ami a csomagautomatákat reprezentáló pontok koordinátái és az azokat tartalmazó raszter sarokpontjai közötti távolságok átlagából számolt ingadozást és variabilitást vizsgálja, a másik a közelségi szóródás, amely a pontok egymástól vett átlagos távolságait figyelembe véve határozza meg ugyanezeket a paramétereket. Az ez alapján definiálható raszter klasztereket két külön indikátorból (az értékek átlagos eltéréséből eredő ingadozásából, valamint a szórásukból számított variabilitásból) kialakított pontfelhő szemlélteti.

Másodlagos hipotézisem, hogy a jellemzően organikusan fejlődött csomagautomata hálózat kapacitása vélhetően a valós igények tulajdonságaihoz képest jelen állapotában kissé túlméretezett. A csúcsidőszakokat (értve ez alatt jellemzően az év végét) kivéve a kapacitásuk kihasználtsága még a csomagautomaták népszerűségének növekedése mellett is kisebb mértékű, ami felveti azt a kérdést, hogy a hálózat rendszer szintű konszolidációjával az üzemeltető cégek erőforrást, a város pedig területet takaríthatna meg vélhetően úgy, hogy mindemellett a csomagautomaták üzemeltetéséből származó bevétel nem csökkenne. A hipotézis vizsgálatának alapjául egy kapacitás becslő eljárás, egy statisztikai alapokon nyugvó csomagforgalom-keltési modell, illetve az ez alapján becsülhető feltételezett kihasználtsági mutató szolgál, amihez a 2022-es évi, belföldi csomagrendelésekről gyűjtött információkat,

valamint Budapest demográfiai adatait veszem alapul. A legkisebb, területi alapon rendelkezésre álló, lakossági adathalmaz alapján a rászterek kerületekre való csoportosítása, ezenkívül a csomagautomaták tárolórekesz típusokra való bontása tovább pontosítja a becsült eredményeket. Az ilyen módon kiszámított mutatószámokat korosztály (18-tól 64 éves korig 9 csoportra bontva), csomagméret (kicsi, közepes és nagy), illetve kerület alapján (1-23) soroltam különböző osztályokba.

2. A témával kapcsolatos korábbi kutatások

Mára már köztudott tény, hogy a globális e-kereskedelem drasztikusan növekedő tendenciát mutat. Az ezzel járó rendelési módok során felmerülő problémák már több szempontból is vizsgálva lettek különböző kutatások során. Vizsgálták a kiszolgálási szintet – és az ezzel kapcsolatos vevői vélemények alapján igyekeztek következtetéseket levonni –, a PL-ek kihasználtságát, illetve azok elhelyezkedését. Megoldást a problémára egyik sem nyújtott, de általuk egyre közelebb kerülhetünk a következő kérdés megválaszolásához. Mi lehet a kulcsa egy konszolidált, gyors reakció idejű, környezet- és felhasználóbarát csomagszállításnak?

A kiszolgálási szint kérdésével kapcsolatos kutatásokban az eredmények azt mutatták ki, hogy a kiszállítások pontos időzítése a legjelentősebb tényező, amely pozitívan befolyásolja a vevők elégedettségét a csomagautomatákkal kapcsolatos szolgáltatásokkal szemben, ezt követi a megbízhatóság, a biztonság, a reagálóképesség és a kézzelfoghatóság. [1] Emellett azt is megfigyelték, mennyire befolyásolja a rendelések gyakoriságát, a csomagok méretét és a csomagkézbesítés idejét a lakóházakban elhelyezett PL-ek. [2]

A dolgozatomban szereplő két szempont a PL-ek elhelyezkedése és a kapacitás. Egy elhelyezkedéssel kapcsolatos kutatásban két tervezési kérdést kombináltak egy optimalizációs problémamegoldásos módszertan kialakítása érdekében. Az egyik a PL-ek kiépítésének tervezése, ami fontos tényező azok sikerének szempontjából. A másik, amivel foglalkoztak, az az, hogy a PL-ek rekeszstruktúrájának kialakítása miként felel meg a vásárlói igényeknek különböző termékek esetén. Ennek célja egy lineáris függvény maximalizálása volt, a lefedett kereslet alapján, egy olyan költségvetés mellett, amit a szolgáltató hajlandó befektetni. [3] Egy kapacitást érintő kutatásban pedig Norvégiában vizsgálták a csomagautomatás kiszállítást. Az eredmények azt mutatták, hogy a PL-ek használata előnyös lehet, és javíthatja a last mile hatékonyságát, azonban a csomagautomaták kapacitását és számát minden helyszínen pontosabban kell meghatározni. [4]

Legyen szó akár aznapos kiszállításról [5] vagy a kiszállítás módjáról, a mai napig nincs olyan megoldás, ami a kérdésben felsoroltaknak mind megfelelne. A házhozszállítás kapcsán felmerülő kérdések közé tartozik a kiszállítások magas sikertelensége, amit a legtöbb esetben más kiszállítási módok alkalmazásával igyekeznek elkerülni. A csomagautomaták erre megoldást nyújthatnak, hiszen a rövid időablak helyett minimum 2 napos átvételre ad

lehetőséget. Ez egy igen kedvezőtényező, viszont nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy ebben az esetben a felhasználó teszi meg a csomagátvétel utolsó lépéseit, és ehhez igen gyakran hasonlóképpen a közlekedési infrastruktúrát használja, azt a saját járművével terhelve (kivéve, ha a közösségi közlekedési infrastruktúrát vesz igénybe). Számos országban váltak az átvételi pontok a last-mile-hoz kapcsolódó logisztikai szolgáltatások fontos részévé a B2C¹ reláció utolsó szakaszaként. Az átvételi pontok népszerűsége növekedik, de a lakosság számára még megosztó lehet. Több városban tartottak a lakosság körében felméréseket (Christchurch (Új-Zéland) [6], Szczezin (Lengyelország) [7]), ahol kiderült, hogy az emberek számára legfontosabb szempontok a biztonság, a megbízhatóság, a parkolási lehetőség, illetve, hogy ezek a pontok a lakóhelyükhöz, munkahelyükhöz közel helyezkedjenek el.

A legtöbb esetben a PL hálózatok telepítése alatt a városüzemeltetés és az egyes logisztikai szolgáltatók igyekeznek ezeknek a szempontoknak megfelelni. Különböző analitikai módszerek segítségével próbálják megközelíteni az optimális hálózat kialakítását. Egyik ilyen módszer az analitikus hierarchia eljárás (AHP, Analytic Hierarchy Process), ami különböző kritériumok és azoknak a súlyozása segítségével határozza meg a megfelelő helyszín jellemzőit, ami alapján a városok erre megfelelő pontjai közül választani lehet. [8]

A témával kapcsolatos irodalmak olvasása során más módszertanokkal is találkoztam. Ilyen például a Threshold Luce Model (TLM), amit arra használtak, hogy előrejelezze, hogy a vásárlók milyen valószínűséggel használják a PL szolgáltatást. [9] Ugyanebben a kutatásban használták még a binomiális logit (BNL) és a multinomiális logit (MNL) modellt, amik erős és szigorú feltételeket szabnak a PL-ek elhelyezkedésének meghatározására.

A fentebb bemutatott korábbi kutatások alapján is látható, hogy a PL-ekkel kapcsolatos összetett kérdésekkel sokan foglalkoznak, illetve a last-mile logisztikára való hatásuk kapcsán is számos kutatási kérdés merül fel a különböző publikációkban, különös tekintettel a PL-ek számosságára és térbeli elhelyezkedésére vonatkozóan. Érdekes kérdés, illetve további kutatási irány lehet tehát a térbeli topológia egzakt vizsgálatára és az ezzel kapcsolatos objektív vélemény formálására alkalmas mérőszámok további fejlesztése, amit a dolgozatomban célul tűztem ki, és Budapest példáján keresztül két hipotézist vizsgálva mutatok be.

¹ B2C = Business To Customer

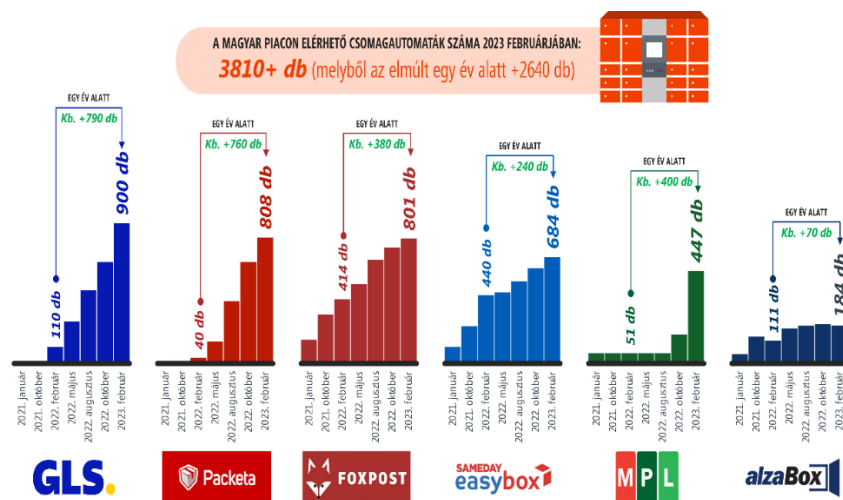
3. Első hipotézis

Budapesten a csomagautomaták a piaci versengés miatt organikusan, konszolidálatlanul, jellemzően csupán az üzleti szempontokat figyelembe véve és a city logisztikai szempontokat kevésbé szem előtt tartva lettek telepítve, figyelmen kívül hagyva más cégek közeli csomagpontjai által lefedett területeket.

3.1. Problémafelvetés

Az e-kereskedelem térnyerése egyre nagyobb mértékben befolyásolja a piacot. Hazánkban is láthatóvá vált, hogy növekszik az internetes rendelések népszerűsége és lassan már mindennapjaink részeként tekinthetünk arra, ha különböző weboldalakon, telefonos applikációkon keresztül vásárlunk. A korábbi években elterjedté vált az érintésmentes fizetés, kevesebben veszik át csomagjaikat depókban, üzlethelyiségekben és egyre többen kezdeményeznek házhozszállítást. A házhozszállítás nagy problémája viszont az, hogy a rövid kiszállítási idő a konszolidált kiszállítás elhanyagolását eredményezi. Emellett gyakoriak a sikertelen kézbesítések is, mivel a megadott időablakok gyakran ütköznek a vevők napi rutinjával, ez viszont többletet okoz a járműveknek.

„Hiába növekszik a házhozszállítás iránti igény, egy idő után nem lehet nagyobb mennyiségű embert, autót, kapacitást beállítani, ezért az lesz a cél, hogy egy pontra vigyünk minél több csomagot és a végfelhasználók menjenek el értük... ...Az irány a csomagautomaták felé tart...” [10]



1. ábra: Csomagautomaták számának bővülése (forrás: GKID)

A PL-ek esetén ezek a problémák nem lépnek fel, hiszen nincs sikertelen kézbesítés, biztonságos, könnyen megközelíthető helyen vannak, gyalogosan, kerékpárral rövid idő alatt is megtehető távolságban és a nap minden órájában elérhetőek. Más oldalról viszont fontos látni, hogy a PL-ek üzemeltetése a vállalatok részéről jelentős erőforrást igényel, hiszen fenntartásuk nagyon költséges. Egyre több cég dönt amellett, hogy átvételi pontokat alakítanak ki forgalmas helyeken, függetlenül attól, hogy van-e már ott efféle lehetőség vagy sem. Ráadásul az eddigi cégek kiépített átvető pontjainak száma is monoton növekedett az elmúlt évben, többnyire más, konkurens vállalatok környezetébe települve (ld. 1. ábra). [11]

Felmerülhet a kérdés, hogy miért jelent problémát, ha sok csomagautomata kevésbé átgondolt, és a városüzemeltetés által kevésbé koordinált módon kerül telepítésre. Nem könnyű választ adni erre a kérdésre, mert alapvetően vevői oldalról azt érezzük, hogy többletszolgáltatást kapunk, egyre több helyen, egyre több szolgáltató automatái kerülnek közel hozzánk, így nagyobb a választási lehetőségünk, akár csomagátvételtől, akár csomagfeladásról legyen is szó. Fontos továbbá leszögezni, hogy az automaták hatása a szállítási tranzakciók koncentrációjából fakadóan jótékony lehet, mivel lényegében egyfajta mikro áruforgalmi csomagszilipként funkcionálnak, és így a kiszállítást végző járműveknek egy helyre kell több csomagot eljuttatni, nem pedig sok helyre egyet-egyed. Tehát alapjában véve egy hasznos és jó ötletéről van szó. A kérdés nem az, hogy hasznosak-e a csomagautomaták, hanem az, hogy az amúgy sok szempontból jó megoldást és szolgáltatást rendszer szinten lehet-e, kell-e okosabban, jobban szervezni és üzemeltetni, ha a városellátási és üzemeltetési szempontokat is figyelembe vesszük.

Másfelől viszont a kérdést nem csupán vevői, illetve szolgáltatási oldalról érdemes vizsgálni. A csomagautomaták ugyanúgy területet foglalnak el a város hasznos és korlátos területéből. Energiát fogyasztanak, konszolidálatlan, azaz nem a valós igények térbeli, időbeli és volumen alapú tulajdonságaihoz igazodó telepítésük – különösen az elmúlt években tapasztalható ugrásszerű növekedést figyelembe véve – konszolidálatlan forgalmat generál, mind a csomagokkal való feltöltés, mind pedig a csomagok átvétele szempontjából, ami ahány szolgáltató, lényegében annyiféle alapelv mentén van szervezve. Ráadásul a csomagautomaták nagyon csábító üzleti lehetőségnek tűnnek, már nem csupán a logisztikai szolgáltatók, hanem nagyobb áruházláncok is egyre szívesebben élnek ezeknek az eszközöknek az alkalmazásával, amik hasznosságukon túl kiváló reklámfelületként is funkcionálnak. Jogosan merülhet fel tehát a kérdés, hogy vajon helyes-e szabadjára engedni ezt a látszólag megállíthatatlan növekedési folyamatot, vagy (mivel ezeknek az automatáknak

komoly city logisztikai funkciója is van) lényegesen koordináltabb és rendszer szinten a fejlődést támogató, átgondoltabb telepítésre és a kapacitások méretezésére is szükség lenne.

A vizsgált jelenség tehát, hogy mára már szinte mindegyik benzinkúton, a legtöbb bevásárló központ környékén és számos forgalmas csomópont közelében található PL. Ez természetesen még nem ad aggodalomra okot, a probléma abban rejlik, hogy többnyire ezeken a helyeken nem egyetlen egység lett kiépítve, hanem egymás mellett sorakoznak a különböző szolgáltatók egységei, amik a fentebb bemutatott jelenséget mintázzák. A célom az, hogy olyan indikátorokat határozzak meg, amelyekkel ezt a jelenséget objektív módon jellemezni és vizsgálni lehet, illetve ezekből következtetéseket lehet levonni a hipotézisben megfogalmazott állításokat tekintve.

3.2. A vizsgálati módszertan

Az alábbi módszertan kifejlesztése során olyan standard eljárás létrehozása volt a célom, amellyel bármely város PL kapcsolatainak vizsgálata megvalósítható. Jelen dolgozatban a kifejlesztett módszertan bemutatására Budapestet választottam a vizsgálataim helyszínéül.

3.2.1. Az adatok kinyerése

Az adatok kinyerése a vállalatok saját, online felületén elérhető csomagpont keresőinek használatával történt. A folyamat során Budapest mind a 23 kerülete figyelembe lett véve és ezáltal, egy összesen 976 PL-t tartalmazó adathalmaz készült. A PL-ek a megvizsgált vállalatok alapján egyesével lettek kiemelve, majd összevonva. A szolgáltatók szerinti, mennyiségi – csomagautomata darabszám szerinti – felosztást az 1. táblázat tartalmazza. A PL-ek földrajzi koordinátáit tartalmazó adathalmazok XML-fájlként lettek exportálva, majd a későbbi feldolgozás érdekében importálásra kerültek egy MS Excel dokumentumba. Az első munkalapon belül a koordináták hosszúsági és szélességi fok alapján külön is rögzítve lettek a további számítások megkönnyítése érdekében.

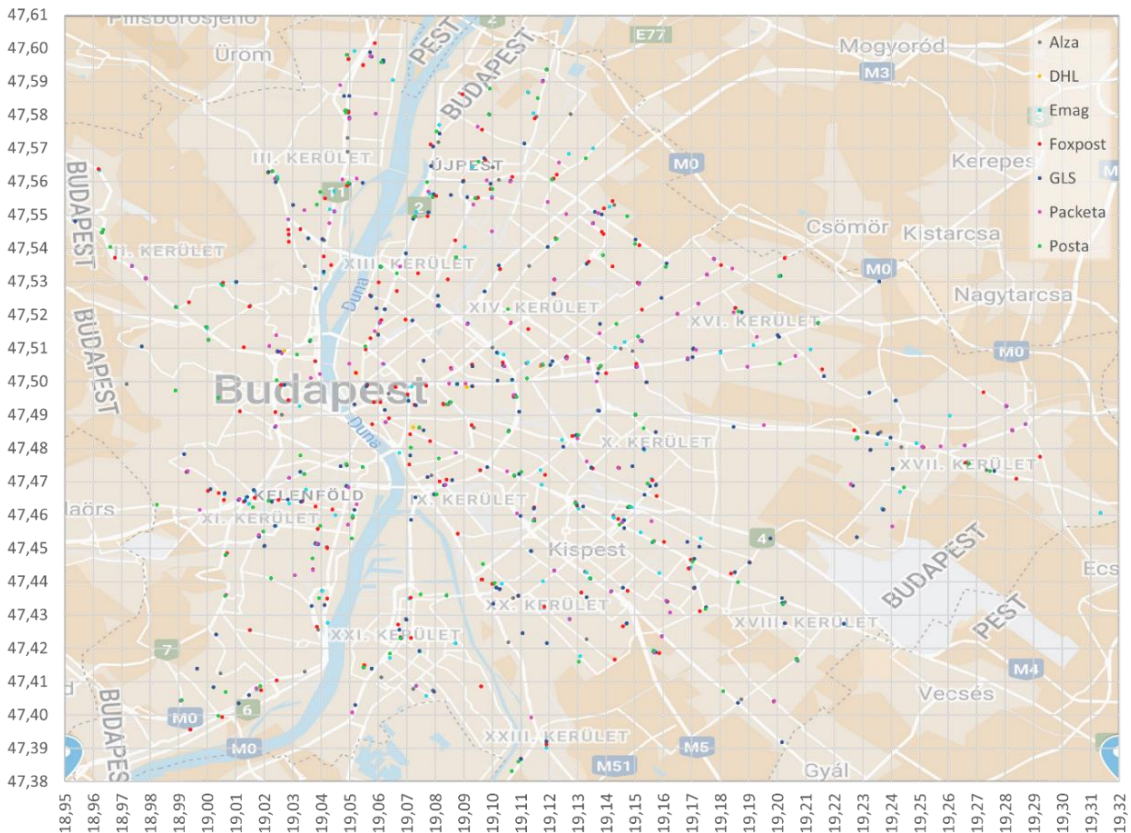
1. táblázat: A budapesti csomagautomaták szolgáltatók szerinti megoszlása

Budapest	Alza	DHL	Emag	Foxpost	GLS	Packeta	Posta
976	123	14	173	197	241	113	115

3.2.2. Raszterháló alkalmazása

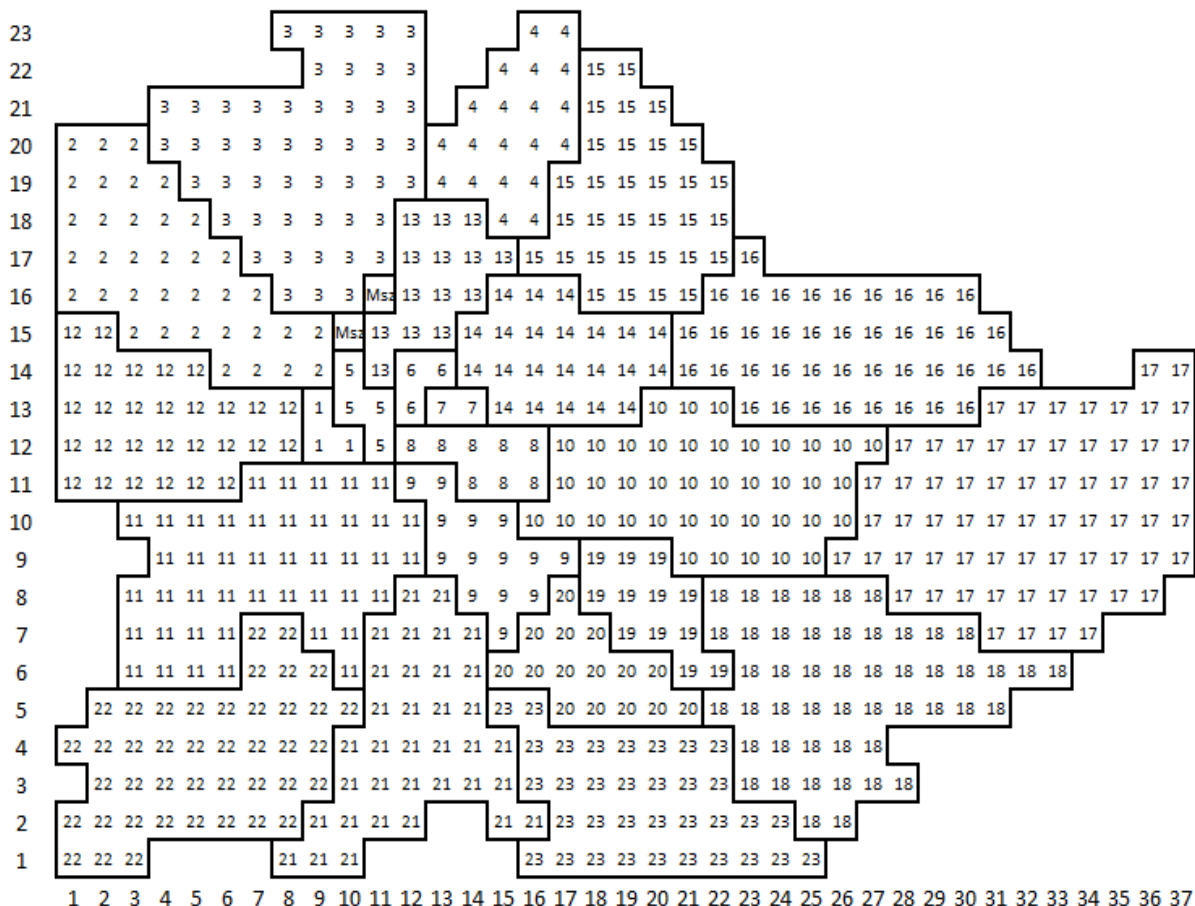
A raszterháló létrehozása a topológiai vizsgálat elősegítése érdekében szükséges. A kisebb területi egységekre bontás segítségével a vizsgálandó terület könnyebben szemügyre vehető, így különböző elhelyezkedési mintákat figyelhetünk meg. Kezdetben egy egyszázad fokos felosztású raszterhálójával lefedve a fővárost, a raszterek közel 1 km² területet foglalnak magukba (lásd (1)). A raszterosztás függhet a város méretétől, illetve a megfigyelni kívánt területek nagyságától. A számítást el lehet végezni akár különböző kerületekre vagy lakótömbökre is attól függően mit szeretnénk megtudni. Jelenleg szempont volt, hogy egy 1 km²-es raszter középpontjától a raszter minden pontja nagyjából „kellemes” gyaloglási távolságra helyezkedik el. A raszterek használata esetén a terület kiszámításához nem elég a megadott földrajzi fokok. Tekintve, hogy a Föld torzulását a térképek nem ábrázolják, a valós terület kiszámításához két váltószám szükséges, ezek a szélességi 75,65 km/° és a hosszúsági 111,23 km/° váltószámok. Ilyen módon Budapest és környéke 851 (37x23) raszterre lett felosztva, ennek területét és a PL-ek elhelyezkedését a 2. ábra mutatja be.

$$(1) \quad 0,01^\circ \cdot 75,65 \frac{km}{^\circ} \cdot 0,01^\circ \cdot 111,32 \frac{km}{^\circ} = 0,8415 km^2$$



2. ábra: Az alkalmazott raszterháló és a PL-ek elhelyezkedése

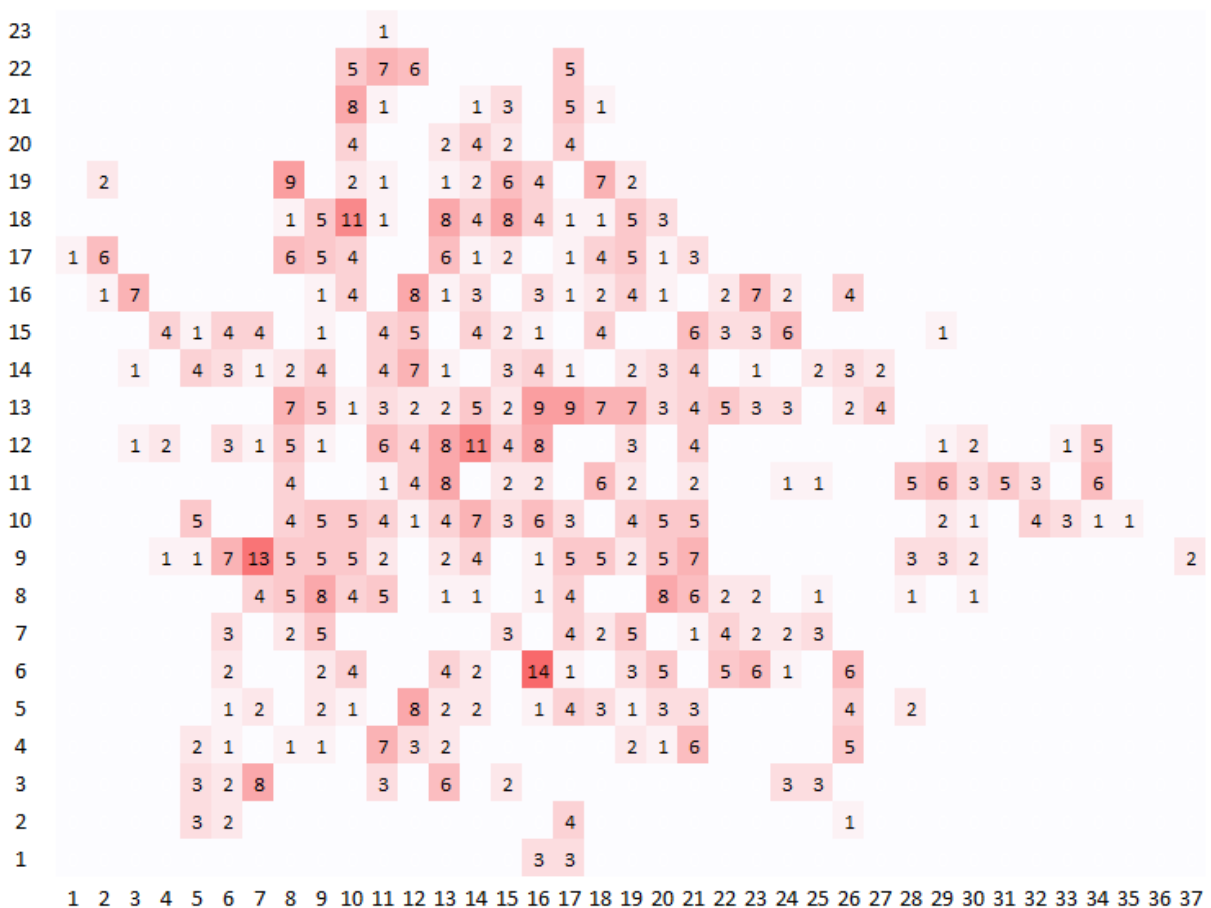
A 851 raszterből a fővárost 616 raszter fedi le, melyet kerületek szerint felosztva a 3. ábra szemléltet. Itt a kerületek raszterei számozással vannak ellátva, az „Msz” pedig a Margit szigetet hivatott jelölni, ami hivatalosan, 2013. július 20. óta a főváros közvetlen közigazgatása alatt van, egyik kerülethez sem tartozik. A kerületek határán a raszteren belül legnagyobb területet magába foglaló kerülethez lett sorolva a raszter, míg a városhatár mentén hasonló felosztással alakult ki Budapest kontúrja.



3. ábra: Raszterek szemléltetése kerületi felosztásban

Fontos megemlíteni, hogy amennyiben egy PL valamelyik kerületnek a határán vagy annak közelében helyezkedik el, előfordulhat, hogy a raszterek kerületi csoportosításának módszere miatt nem abba a kerületbe került a módszertan alapján, mint amibe valójában tartozik. Ez nem vonatkozik azokra az automatákra, amik Budapest határán kívül esnek. Ez a fajta csoportosítás a terület alapú mutatókra nem hat, hiszen az elhelyezkedés szempontjából ebben az esetben nem lényeges melyik kerületbe tartoznak az egyes automaták. A „**Második hipotézis**” esetében a kerületeken belül elhelyezkedő PL számokra való hivatkozások során viszont előfordulhat a valóságtól való kisebb eltérés, de a kis beosztású raszterek miatt ennek alacsony a valószínűsége, emiatt csupán kis mértékben befolyásolhatja a végeredményt.

Az olyan raszterek száma, amelyben legalább egy csomagautomata található 277, ami a fővárosi raszterek közel 45%-a. Ennek mennyiségi eloszlását a 4. ábra tartalmazza, ahol jól kivehetőek a különböző topológiai adottságok, a budai hegyek okozta üres foltok, a Duna vonala, erdős, vagy szimplán kiépítetlen területek, de akár az infrastruktúra okozta lefedetlenség is megfigyelhető, mint például a reptér, illetve különböző ipari területek. Ami ezek mellett szintén látható, az az egyenetlen mennyiségi megoszlás. Ezen az ábrán, egyfajta hőterképnek tekinthető színskála segítségével vizuálisan is megjelennek a problémásnak vélt gócpontok. Míg egyes rasztereken belül 1-2 PL helyezkedik el, addig sötétedő piros árnyalattal társítva látható, hogy nem egy raszteren belül 10 darab feletti is lehet a PL-ek száma. Jogosan merül fel tehát a kérdés, hogy ez a topológia mennyiben felelhet meg a fentebb már felvetett kérdéseknek Budapest tekintetében, illetve hogyan lehetne olyan mérőszámokat kialakítani, amelyek a helyzetet objektív módon tudják jellemezni, és belőlük következtetéseket lehet levonni.

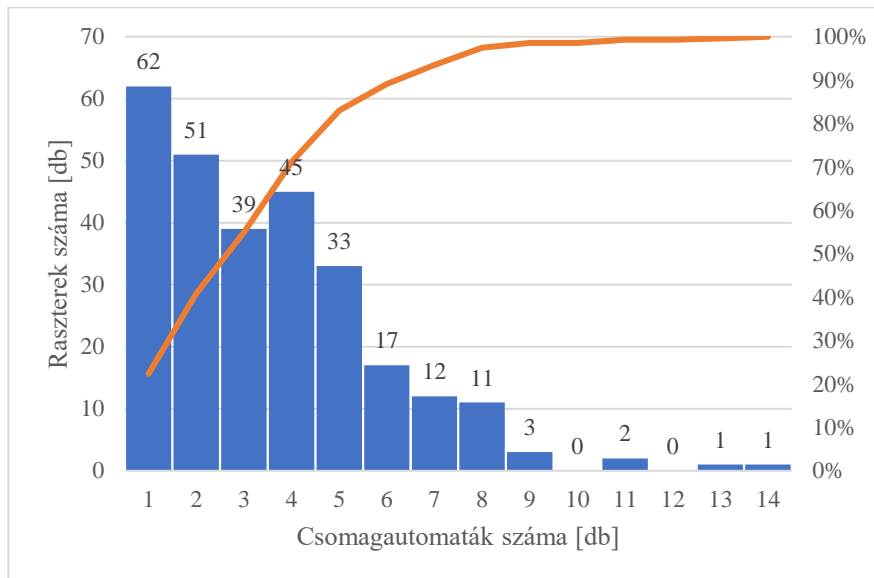


4. ábra: A PL-ek száma raszterenként

3.2.1. Az átlagos lefedettség mutatók

Ebben a fejezetben a fenti ábrák alapján vett, PL-ek raszterekre való mennyiségi elosztását jellemző helyzeti és számított középértékek, valamint az ezek közötti viszonyszámok lesznek tárgyalva, amelyek a raszterek és a vizsgált terület **átlagos lefedettségét** hivatottak jellemezni. A PL-ek közötti távolságot, valamint a PL-ek szórtságát vizsgáló indikátorok, mint például az ingadozás és a variabilitás „A centrális szóródási mutató” és „A közelségi szóródási mutató”, illetve „Az átlagos közelségi mutató” című fejezetekben szerepelnek.

Ahhoz, hogy egyszerűbben tudjuk értelmezni a helyzeti középértékeket, azaz a PL-ek raszterenkénti darabszámának móduszát és mediánját, elsősorban érdemes a raszterenkénti PL darabszámok megoszlását ábrázolni (ld. 5. ábra).



5. ábra: A raszterenkénti PL darabszámok megoszlása

A fenti oszlopdiagramról a móduszt le is lehet olvasni, ebből kiderül, hogy a lefedett raszterek között a legtöbben 1 db PL van. A 277 darabos sokaságból a medián 139-edik érték, ami a 3. oszlopba kerül, így 3 db PL-t jelent.

A számtani középértékek számítása kerületenként a 2. táblázatban látható, vizsgálva az összes fővárosi és a lefedett rasztereket is. A lefedett raszterek, illetve az összes raszter és a PL-ek aránya a következő egyenletek alapján lettek kiszámítva:

$$(2) \quad X_{\text{lefedett}} = \frac{PL}{\text{Lefedett}} = \frac{976 \text{ db}}{277 \text{ raszter}} = 3,52 \frac{\text{db}}{\text{raszter}}$$

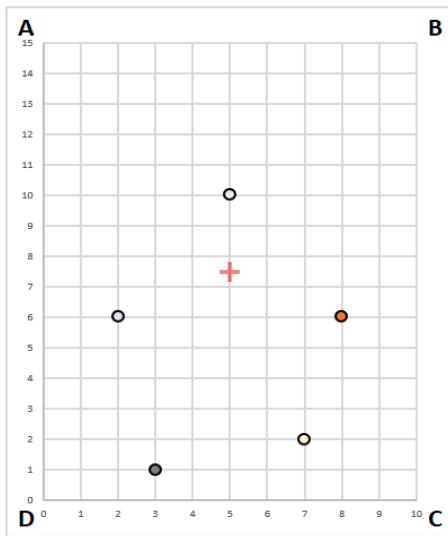
$$(3) \quad X_{\text{összes}} = \frac{PL}{\text{Összes}} = \frac{976 \text{ db}}{616 \text{ raszter}} = 1,58 \frac{\text{db}}{\text{raszter}}$$

2. táblázat: A PL-ek kerületenkénti mennyiségének eloszlása

	PL [db]	Lefedett [raszter]	X_{lefedett} [db/raszter]	Összes [raszter]	$X_{\text{összes}}$ [db/raszter]
1. kerület	6	2	3,00	3	2,00
2. kerület	41	14	2,93	36	1,14
3. kerület	82	19	4,32	49	1,67
4. kerület	51	14	3,64	20	2,55
5. kerület	10	3	3,33	4	2,50
6. kerület	10	3	3,33	3	3,33
7. kerület	7	2	3,50	2	3,50
8. kerület	39	7	5,57	8	4,88
9. kerület	43	12	3,58	14	3,07
10. kerület	61	16	3,81	40	1,53
11. kerület	108	25	4,32	44	2,45
12. kerület	24	8	3,00	29	0,83
13. kerület	46	11	4,18	14	3,29
14. kerület	62	16	3,88	22	2,82
15. kerület	41	15	2,73	32	1,28
16. kerület	58	18	3,22	41	1,41
17. kerület	61	22	2,77	66	0,92
18. kerület	47	16	2,94	49	0,96
19. kerület	37	8	4,63	12	3,08
20. kerület	47	12	3,92	15	3,13
21. kerület	42	12	3,50	35	1,20
22. kerület	33	15	2,20	42	0,79
23. kerület	20	7	2,86	34	0,59
Budapest	<i>976</i>	<i>277</i>	<i>3,52</i>	<i>616</i>	<i>1,58</i>

3.2.2. A centrális szóródási mutató

Az itt bevezetésre kerülő centrális (középpontos) szóródás mutató a raszterek sarokpontjai és a raszteren belüli PL-ek között mérhető Descartes távolságok várható értékeit vizsgálja. Ezzel azt vizsgálom, hogy az egyes automaták mennyire centralizáltak, a középpont körül egyenletesen szóródva helyezkednek el a raszteren belül. Legyenek A, B, C és D egy általános raszter sarokpontjai és legyen a raszteren belül tetszőleges számú pont, ami a PL-eket reprezentálja. A vizsgált példában a 6. ábra által szemléltetett módon 5 darab pont (P1, P2, P3, P4 és P5) helyezkedik el, ami különböző PL-eket reprezentál.



A raszter sarokpontjai:

- A (0,15)
- B (10,15)
- C (10,0)
- D (0,0)

A raszteren belüli pontok:

- P1 (3,1)
- P2 (2,6)
- P3 (8,6)
- P4 (5,10)
- P5 (7,2)

6. ábra: Raszter példa (centrális szóródás)

Ez alapján felvehető egy $n \times m$ mátrix, aminek elemei a sarokpontokból a pontokba mutató vektorok abszolút értékei (azaz a sarokpontoktól mért Descartes távolságok):

	A	B	C	D			
P1	14,32	15,65	7,07	3,16	Sarokpontokra vonatkozó átlagos távolságok átlaga	9,54	
P2	9,22	12,04	10,00	6,32		...ezek átlagos eltérése	1,93
P3	12,04	9,22	6,32	10,00		...ezek korrigált empirikus szórása	2,23
P4	7,07	7,07	11,18	11,18		...ezek ingadozása	20,2%
P5	14,76	13,34	3,61	7,28		...ezek variabilitása	23,4%
Átlag	11,48	11,47	7,636	7,589			

7. ábra: A raszterre vonatkozó centrális szóródás számításához szükséges mátrix

A 7. ábra alapján meghatározott sarokpontoktól mért távolságok segítségével kiszámíthatók a sarokpontokra vonatkozó átlagos értékek, illetve ezek átlaga, az átlagtól való átlagos eltérése és a szórása. Ezekből pedig kiszámítható az ingadozás és a variabilitás. A legkedvezőtlenebb helyzetek akkor adódnak, ha a „P” pontok a sarokpontokba centralizálódnak, ebben az esetben lesz a legnagyobb az ingadozás és a variabilitás mutató. Ennek maximális értéke függ a raszter „x” és „y” irányú méretétől (jelen példa esetében X=10 és Y=15). A példát tekintve ennek maximális értéke az ingadozás esetében 53,5%, a variabilitás esetében pedig 73,4%. A vizsgálat szempontjából az érték annál kedvezőtlenebb, minél nagyobbra adódik. A szóródás maximális értékének kiszámítására az alábbi táblázat szolgál, ahol a pontok az egyik sarokpontban helyezkednek el – jelen esetben a „D” pontban.

	A	B	C	D		
P1	15,00	18,03	10,00	0,00	Sarokpontokra vonatkozó átlagos távolságok átlaga	10,76
P2	15,00	18,03	10,00	0,00	...ezek átlagos eltérése	5,76
P3	15,00	18,03	10,00	0,00	...ezek korrigált empirikus szórása	7,90
P4	15,00	18,03	10,00	0,00	...ezek ingadozása	53,5%
P5	15,00	18,03	10,00	0,00	...ezek variabilitása	73,4%
Átlag	15	18,03	10	0		

8. ábra: A raszterre vonatkozó centrális szóródás maximumának számítása

Visszatérve a fővárosra, a fenti példához hasonlóan járhatunk el a várost lefedő összes olyan raszter esetében, amely legalább egy csomagautomatát tartalmaz. A raszterháló a 6. ábra alapján épül fel $r_{1,1}$ -től $r_{37,23}$ -ig. Tekintve, hogy Budapest földrajzi elhelyezkedése miatt a koordináták kelet és észak irányban növekednek, így a számozást érdemes a korábbi ábrákon is látható módon, a legdélnyugatibb rasztertől indítani. A raszterek sarokpontjait így a számozás alapján egyszerűen meg lehet határozni felhasználva a kezdő koordinátákat (18.95, 47.38) és a raszterbeosztást (0.01).

$$(4) \quad A_{(i,j)} = [(18,95 + (i - 1) \cdot 0,01), (47,38 + j \cdot 0,01)]$$

$$(5) \quad B_{(i,j)} = [(18,95 + i \cdot 0,01), (47,38 + j \cdot 0,01)]$$

$$(6) \quad C_{(i,j)} = [(18,95 + i \cdot 0,01), (47,38 + (j - 1) \cdot 0,01)]$$

$$(7) \quad D_{(i,j)} = [(18,95 + (i - 1) \cdot 0,01), (47,38 + (j - 1) \cdot 0,01)]$$

Ha ismerjük az adott raszter sarokpontjainak koordinátáit, akkor a példának megfelelően, következő lépésként a raszteren belüli PL-ek és az egyes sarokpontok távolságainak átlagát kell venni. Az alábbi egyenletek alapján megkapható egy tetszőleges $r_{i,j}$ raszter elemeinek és a korábban meghatározott A, B, C és D sarokpontok távolságainak átlaga. Legyen n a raszteren belüli PL-ek száma, PL_{kx} és PL_{ky} a k -adik automata „x” és „y” koordinátája:

$$(8) \quad X_{A(i,j)} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n \sqrt{\left((A_x - PL_{kx}) \cdot 75,65\right)^2 + \left((A_y - PL_{ky}) \cdot 111,23\right)^2}$$

$$(9) \quad X_{B(i,j)} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n \sqrt{\left((B_x - PL_{kx}) \cdot 75,65\right)^2 + \left((B_y - PL_{ky}) \cdot 111,23\right)^2}$$

$$(10) \quad X_{C(i,j)} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n \sqrt{\left((C_x - PL_{kx}) \cdot 75,65\right)^2 + \left((C_y - PL_{ky}) \cdot 111,23\right)^2}$$

$$(11) \quad X_{D(i,j)} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n \sqrt{\left((D_x - PL_{kx}) \cdot 75,65\right)^2 + \left((D_y - PL_{ky}) \cdot 111,23\right)^2}$$

A négy eredmény átlagát véve megkapható a centrális szóródás vizsgálatához szükséges átlagos érték.

$$(12) \quad X_{r(i,j)} = \frac{X_{A(i,j)} + X_{B(i,j)} + X_{C(i,j)} + X_{D(i,j)}}{4}$$

Ha sikerült meghatározni $X_{r(i,j)}$ átlagot, akkor a következő lépésként megkapható az átlagtól való abszolút eltérés $AAE_{i,j}$, illetve a korrigált empirikus szórás $s_{i,j}$ értéke:

$$(13) \quad AAE_{i,j} = \frac{|X_{r(i,j)} - X_{A(i,j)}| + |X_{r(i,j)} - X_{B(i,j)}| + |X_{r(i,j)} - X_{C(i,j)}| + |X_{r(i,j)} - X_{D(i,j)}|}{4}$$

$$(14) \quad s_{i,j} = \sqrt{\frac{(X_{r(i,j)} - X_{A(i,j)})^2 + (X_{r(i,j)} - X_{B(i,j)})^2 + (X_{r(i,j)} - X_{C(i,j)})^2 + (X_{r(i,j)} - X_{D(i,j)})^2}{3}}$$

Ezekből az alábbi módon kiszámítható a centrális szóródást jellemző $I_{i,j}$ ingadozás, valamint $V_{i,j}$ variabilitás, mely paramétereknek a Budapest esetében felvett jelenlegi raszterosztás melletti maximális értékei $I_{max}=52,92\%$ -ra és $V_{max}=73,15\%$ -ra adódnak:

$$(15) \quad I_{i,j} = \frac{AAE_{i,j}}{X_{r(i,j)}}$$

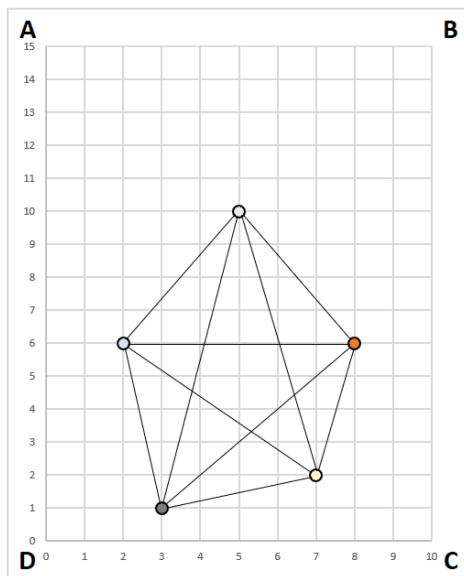
$$(16) \quad V_{i,j} = \frac{s_{i,j}}{X_{r(i,j)}}$$

3.2.3. A közelségi szóródási mutató

Az itt bevezetésre kerülő közelségi szóródás mutató a raszteren belül elhelyezkedő PL-ek többi (raszteren belüli) PL-től mért Descartes távolságainak átlagát, illetve ezeknek az átlagoknak a változékonyságát vizsgálja. Ezzel a mutatószámmal (a fenti szóródást kiegészítve) azt vizsgálom, hogy az egyes pontok a raszteren belül mennyire vannak egymáshoz „egyenletesen közel”, azaz az egyes csomagautomatákat reprezentáló pontok mennyire „szimmetrikusan” helyezkednek el egymáshoz képest.

A mutatószám kiszámításához az egyes csomagautomatákat reprezentáló pontok közötti relációk távolság alapú tulajdonságait kell elemezni. A gráfelmélet alapján, a teljes gráf olyan egyszerű gráf, amelynek minden csúcsa össze van kötve minden más csúccsal. A teljes gráf éleinek száma $\frac{n(n-1)}{2}$, ami nem más, mint a raszteren belüli csomagautomata „kapcsolatok” száma, ami valójában nem valós kapcsolat, csupán egy vizsgálandó relációt reprezentál az egymáshoz képesti elhelyezkedés vizsgálata céljából.

A korábbi példában felhasznált minta raszter alapján a 9. ábra a gráfok éleit a mutatja. Ennek a gráfnak a felhasználásával felvehető egy $n \times n$ mátrix (lásd 10. ábra), ami a pontok egymástól mérhető Descartes távolságát tartalmazza.



9. ábra: Raszter példa (közelségi szóródás)

A raszteren belüli pontok:

- P1 (3,1)
- P2 (2,6)
- P3 (8,6)
- P4 (5,10)
- P5 (7,2)

Kapcsolatok száma:

- $m = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{5 \cdot 4}{2} = 10$

	P1	P2	P3	P4	P5		
P1	0	5,10	7,07	9,22	4,12	Az egyes pontokra vonatkozó átlagos távolságok	6,03
P2	5,10	0	6,00	5,00	6,40	...ezek átlagos eltérése	0,48
P3	7,07	6,00	0	5,00	4,12	...ezek korrigált empirikus szórása	0,57
P4	9,22	5,00	5,00	0	8,25	...ezek ingadozása	7,9%
P5	4,12	6,40	4,12	8,25	0	...ezek variabilitása	9,5%
Átlag	6,38	5,63	5,55	6,87	5,72		

10. ábra: A raszterre vonatkozó közelségi szóródás számításához szükséges mátrix

Megfigyelhető, hogy a főátló elemei rendre 0 értéket vesznek fel. Természetesen egy pont önmagától vett távolsága minden esetben zérus, de az átlag számításánál ez az érték befolyásolná az eredményt. A pontos érték kiszámítása érdekében az átlag a négy nemnulla távolság átlaga. A mátrixon belül minden távolságérték kétszer szerepel, így a 10 kapcsolatra 20 távolságot számolunk, de az átlag értéke emiatt nem változik. A fenti mátrix ebben az esetben is szemléltetésként szerepel. Minél nagyobbak a fenti ingadozási és variabilitási paraméterek, annál kevésbé szimmetrikus a pontok elhelyezkedése a raszteren belül (és fordítva), azaz egymáshoz képest annál kevésbé vannak hasonló távolságban.

Visszatérve a fővárosra, a számítás menetét általánosan leírva legyen $X_{m(i,j)}$ egy tetszőleges PL számú raszter egyik automatájának átlagtávolsága. Az alábbi egyenletek segítségével az összes PL közötti távolság megkapható a Descartes-féle távolságokat alkalmazva, majd ezek átlagát kell venni. A számítás menete az alábbi levezetésben látható, ahol n a raszteren belüli PL-ek száma, PL_{mx} és PL_{my} a vizsgált m -edik csomagautomata, PL_{kx} és PL_{ky} pedig a k -edik csomagautomata „x” és „y” koordinátája.

$$(17) \quad X_{m(i,j)} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{k=1}^n \sqrt{((PL_{mx} - PL_{kx}) \cdot 75,65)^2 + ((PL_{my} - PL_{ky}) \cdot 111,23)^2}$$

$$(18) \quad X_r(i,j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{m=1}^n X_{m(i,j)}$$

Megfigyelhető az egyes elemek $X_{m(i,j)}$ átlagtávolságának számításánál történt változás, ugyanis ebben az esetben mindenképpen előfordul, hogy k érték egyenlő lesz az m -edik vizsgált értékkel. Ahogyan korábban is említésre került, ezek értéke minden esetben 0, emiatt

az összegzés eredménye nem változik, de az $X_{m(i,j)}$ átlag számításánál $n - 1$ értékkel kell az összegzett távolságokat leosztani.

A centrális szóródás számításánál bemutatott módszerhez hasonlóan az $X_{r(i,j)}$ átlag felhasználásával megkapható az átlagtól való abszolút eltérés $AAE_{i,j}$, illetve a korrigált empirikus szórás $s_{i,j}$ értéke:

$$(19) \quad AAE_{i,j} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{m=1}^n |X_{r(i,j)} - X_{m(i,j)}|$$

$$(20) \quad s_{i,j} = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (X_{r(i,j)} - X_{m(i,j)})^2}{n-1}}$$

Ezekből pedig a fentiekhez hasonló módon megkapható a közelségi szóródást jellemző $I_{i,j}$ ingadozás, valamint $V_{i,j}$ variabilitás paraméter:

$$(21) \quad I_{i,j} = \frac{AAE_{i,j}}{X_{r(i,j)}}$$

$$(22) \quad V_{i,j} = \frac{s_{i,j}}{X_{r(i,j)}}$$

3.2.4. Szóródási mutatókból származó eredmények összesítése

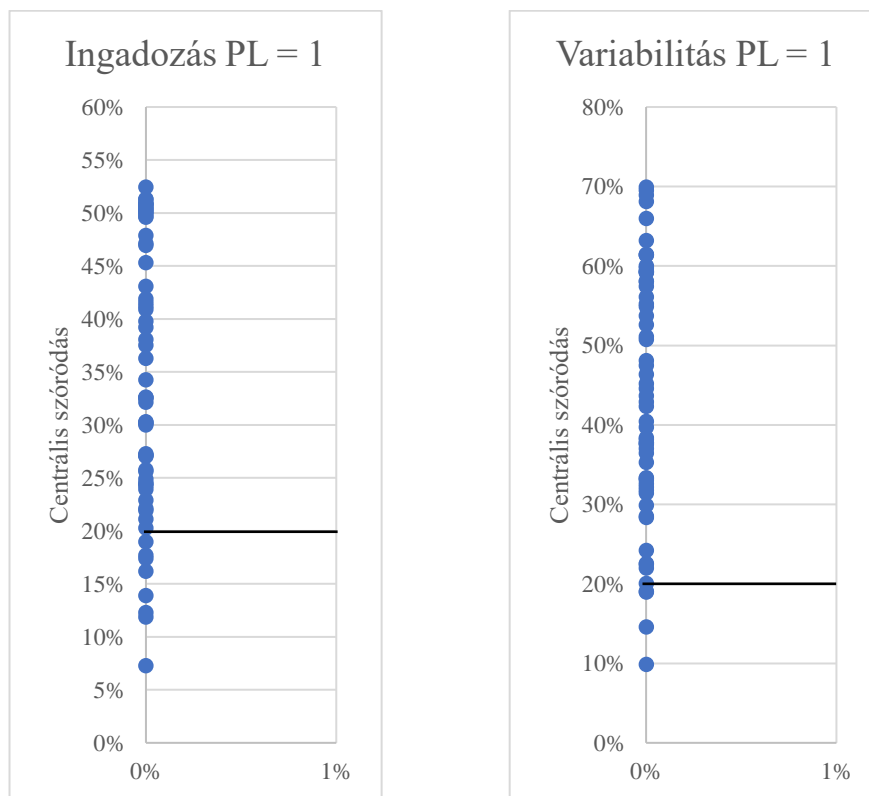
Miután minden raszterre ki lett számolva a centrális és közelségi szóródás alapján az ingadozás, valamint a variabilitás mértéke, a számított százalékok értékeit pontfelhőn ábrázolva a rasztereket különböző kategóriákba lehet sorolni az alapján, hogy milyen a PL-ek egymáshoz és a raszter középpontjához viszonyított elhelyezkedése. Az eredmények az ingadozás és variabilitás esetében is két-két esetre bonthatóak. Az **első** esetben azok a raszterek vizsgálhatók, amelyekben maximum 1 PL lett telepítve (ld. 11. ábra). Ebben az esetben a közelségi szóródást nem lehet értelmezni, hiszen nincs másik automata, amihez a közelséget és az elhelyezkedési szimmetriát mérni lehetne. A **második** esetben (amit a 12. ábra és a 13. ábra mutat) a raszteren belüli PL-ek száma több, mint 1. Ebben az esetben megfigyelhető a 0% közelségi szóródás esete, melyek a két PL-t tartalmazó raszterek lesznek (egymáshoz képest ugyanis bármely két pont szimmetrikusan helyezkedik el). Ezenfelül jellemző az erős decentralizáltság és az aszimmetria jelensége, ami megerősíteni látszik azt a feltételezést, hogy a városban kiépített automata-hálózat vélhetően organikus alakult ki. Az ingadozás és variabilitás közötti különbség is világosan látható, hiszen a variabilitási mutató a

szórás miatt az eltéréseket négyzetesen bünteti, így a csomagpontok decentralizált és aszimmetrikus jellegét egyaránt még jobban felszínre hozza.

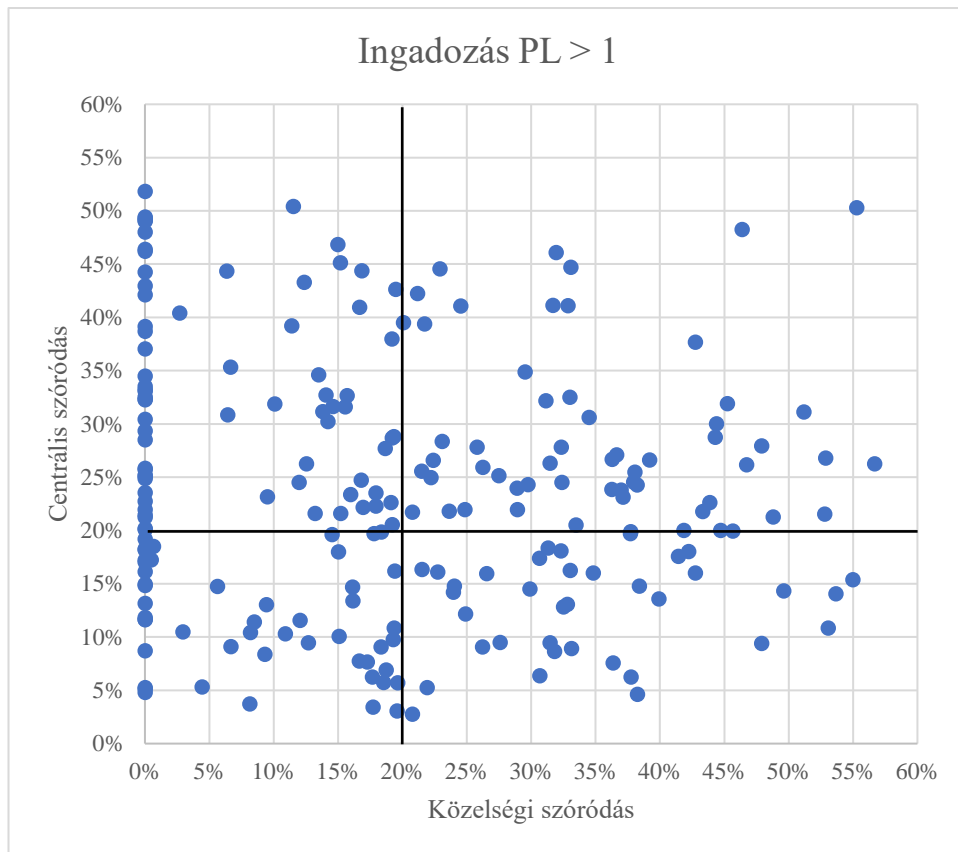
A raszterek további kategorizáláshoz célszerű határozni a szóródások küszöbértéket, melyek alapján az eltérő ingadozású és variabilitású raszterek különböző besorolásúak lesznek. A centrális szóródás küszöbértéke (jelenleg hasonló jellegű mutatók küszöbértékei alapján tapasztalati értéként felvéve) 20%, az ezen belül eső raszterek C1 kategóriába esnek, az ezen kívüliek pedig C2 kategóriájúak. A közelségi szóródás küszöbértéke szintén 20%, az ennél alacsonyabb százalékot felvevő raszterek K1, az ennél magasabbak pedig K2 kategóriába lettek sorolva.

- C1: középpont körül relatíve egyenletesen szóródó, inkább centralizált elhelyezkedésű
- C2: középpont körül relatíve egyenetlenül szóródó, inkább decentralizált elhelyezkedésű
- K1: relatíve szimmetrikus elhelyezkedésű
- K2: relatíve aszimmetrikus elhelyezkedésű

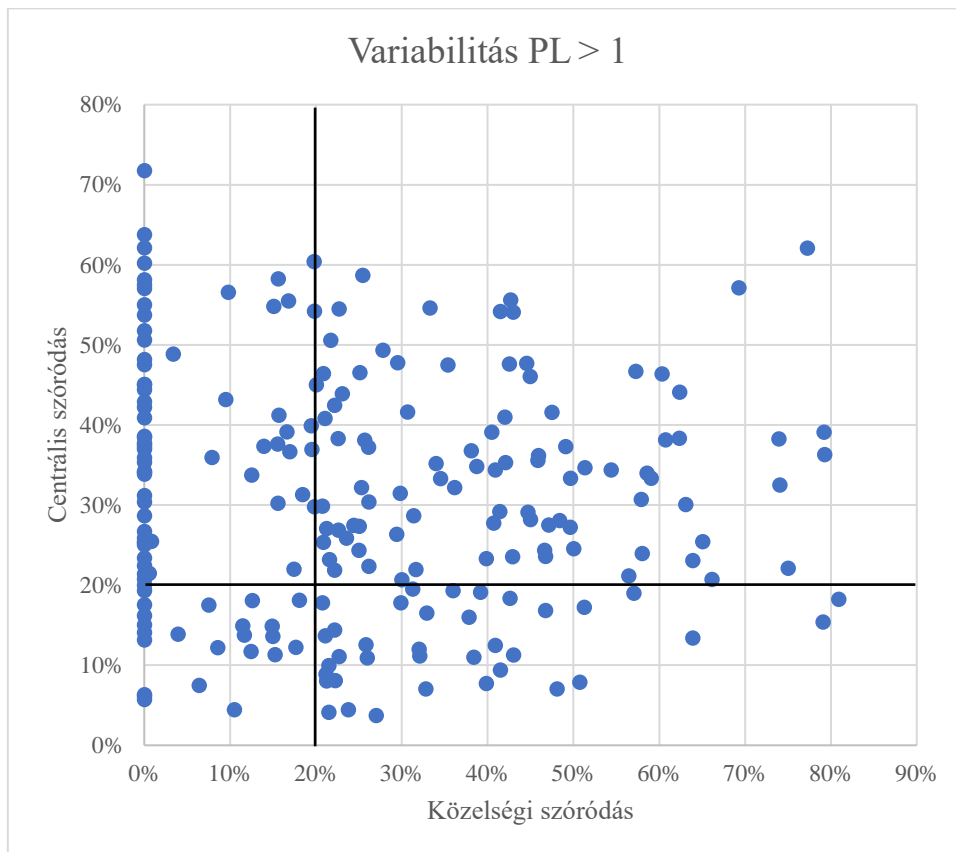
Ezek alapján meghatározható az ingadozás és a variabilitás esetén is négy különböző kategória, melyek a C1K1, C1K2, C2K1, C2K2. Ezek közül a leginkább ideálisnak tűnő a C1K1, a legkevésbé ideális pedig a C2K2.



11. ábra: A raszterekre vonatkozó ingadozás és variabilitás változása PL = 1 esetekben



12. ábra: A raszterekre vonatkozó ingadozás változása PL > 1 esetekben



13. ábra: A raszterekre vonatkozó variabilitás változása PL > 1 esetekben

Miután az ingadozás és a variabilitás – egy sokkal szigorúbb megközelítés – alapján is besorolásra kerültek az egyes raszterek eldönthetjük melyik alapján vonjuk le a következtetéseinket. Amíg a 3. táblázatban láthatóan az ingadozás alapján a középpont körül relatíve egyenletesen szóródó, centralizált és relatíve szimmetrikus elhelyezkedésű (C1K1), valamint az egyenletlenül szóródó, decentralizált és relatíve aszimmetrikus (C2K2) elhelyezkedésű kategóriákba besorolt raszterek mennyisége közel megegyezik, addig a raszterek variabilitása alapján vizsgálva a C2K2 raszterek szám több, mint háromszorosa a C1K1 kategóriájú raszterek számának.

3. táblázat: A raszterek száma a különböző kategóriák esetén

Kategória	Ingadozás			Variabilitás		
	PL < 1	PL > 1	I%	PL < 1	PL > 1	V%
C1K1	8	49	20,58	4	24	10,11
C1K2	-	38	13,72	-	36	13,00
C2K1	54	72	45,49	58	65	44,40
C2K2	-	56	20,22	-	90	32,49

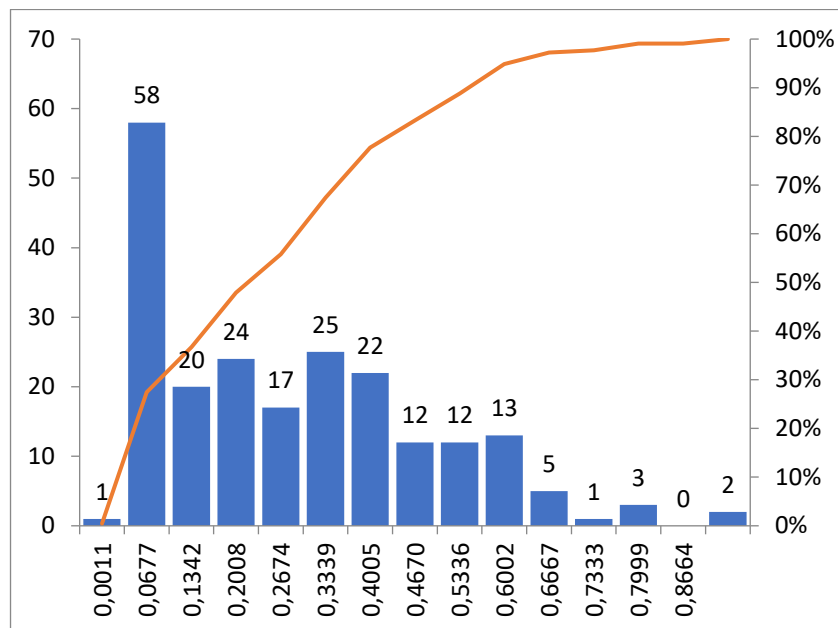
3.2.5. Az átlagos közelségi mutató

Érdeemes lehet megvizsgálni továbbá azt is, hogy az egyes rasztereken belül elhelyezkedő csomagpontok a közelségi szóródás számításánál már bemutatott átlagos közelség indikátor ($X_{r(i,j)}$) alapján hogyan jellemezhetők.

4. táblázat: Az átlagos közelség leíró statisztikája

$X_{r(i,j)}$ átlagos közelség [km]	
Várható érték	0,2477
Standard hiba	0,0141
Medián	0,2207
Szórás	0,2061
Csúcsosság	-0,0820
Ferdeség	0,7090
Tartomány	0,9319
Minimum	0,0011
Maximum	0,9330
Mintanagyság	215
Konfidenciaszint (95,0%)	0,0277

Ehhez elkészült az egyes rasztereket jellemző átlagos közelségi adatokat elemző leíró statisztika (4. táblázat), illetve az adatok hisztogramja (14. ábra).



14. ábra: Az átlagos közelségre vonatkozó hisztogram

A számított középérték mutató alapján a rasztereket jellemző **átlagos közelségi mutató** várható értéke Budapestre esetében 247.7 méter, melynek konfidencia intervalluma $P(220.0 \text{ méter} < M(X_{r(i,j)}) < 275.4 \text{ méter}) = 95\%$. Így lényegében statisztikai alapon elég nagy megbízhatósággal kimondható, hogy az olyan raszterek esetében ($N=215$), ahol egynél több csomagautomata van telepítve ($PL > 1$), ott az ezek közötti távolság átlagosan 250 méternél kisebb. Mindemellett a hisztogram adatai alapján az is látható, hogy az ilyen raszterek közel 56%-ában 270 méternél kisebb ez az átlagos közelségi mutató 95%-ában 600 méternél kisebb, és egyébként sehol sem nagyobb 1 km-nél (maximum = 933 méter). Ezek az adatok további fontos információkat szolgáltathatnak a vizsgált terület csomagautomatái telepítésének topológiai tulajdonságait illetően.

3.3. Konklúzió

A fenti eredmények elemzése alapján láthatóvá válik a probléma. Bár a csomagautomaták telepítési tulajdonságokat nagymértékben befolyásolják a vizsgált terület úthálózatának topológiai jellemzői, továbbá a forgalmasabb csomópontokon elhelyezkedő kereskedelmi egységek (pl. bevásárló központok, benzinkutak stb.), valamint a közösségi közlekedési csomópontok elhelyezkedése is, azonban ebben a viszonylag egyszerű, de újszerű metrikákat

alkalmazó modellben is jól látszódnak a telepítési topológiára jellemző, hálózati szempontból nem éppen kedvező jelenségek.

Ha az ingadozást, mint „engedékenyebb” vizsgálati szempontot vizsgáljuk, a raszterek többségét valamelyik szóródási mutató szempontjából – legyen szó centrális vagy közelségi szóródásról (esetleg mindkettőről) – az igen magas szóródási értékek jellemzik. A C1K1 kategória az egész mintának alig több, mint a 20%-a. Amennyiben viszont a variabilitási mutatót vizsgáljuk, tisztán látható, hogy a centrális és közelségi szóródás alapján is a C1K1 raszterek aránya 10% körül van. Produkálva ezt az értéket úgy, hogy egyébként a küszöbértékként megválasztott 20%-os határérték is azért egy elég magas érték az értelmezhető maximumhoz képest. Mindemellett az átlagos közelségi mutató tekintetében is látszódik, hogy relatíve „kényelmes” gyaloglási távosságok vannak az automaták között és a lefedettséget tekintve az 1...3 automatát tartalmazó raszterek adják az 55%-t, a fenti szempontok alapján véleményesnek tekinthető 4...6 automatát tartalmazó raszterek a 35%-ot, és az erősen véleményes 7..14 automatát tartalmazók a maradék 10%-ot.

Ezek a számok arra engednek következtetni, hogy a hipotézisben megfogalmazott feltevések, miszerint a csomagautomata telepítési kérdések megválaszolása során kevésbé a globális hálózati konszolidációs kérdések befolyásolták a döntéseket, sokkal inkább a piaci verseny, vélhetően igazak lehetnek, azonban ennek korrektebb igazolásához és megítéléséhez további tényezőket is vizsgálni szükséges. Az azonban feltétlenül levezethető következtetésként már ezekből a mutatószámokból is, hogy az automaták piaca telítődni látszik, és egyre-másra alakulnak ki olyan gócok, ahol a csomagautomata koncentráció rendkívül magas fokú, és ennek hatása a későbbiekben nem feltétlenül lesz pozitív a város city logisztikai struktúráját tekintve.

4. Második hipotézis

A jellemzően organikusan fejlődött csomagautomata hálózat kapacitása vélhetően a valós igények tulajdonságaihoz képest jelen állapotában kissé túlméretezett. A csúcsidőszakokat (értve ez alatt jellemzően az év végét) kivéve a kapacitásuk kihasználtsága még a csomagautomaták népszerűségének növekedése mellett is kisebb mértékű, ami felveti azt a kérdést, hogy a hálózat rendszer szintű konszolidációjával az üzemeltető cégek erőforrást, a város pedig területet takaríthatna meg vélhetően úgy, hogy mindemellett a csomagautomaták üzemeltetéséből származó bevétel nem csökkenne.

4.1. Problémafelvetés

Ahogy az már a korábbiakban bemutatásra került, a különböző szolgáltatók által üzemeltetett csomagautomaták hálózatának fejlődése töretlen lendületet vett az elmúlt években. Mindegyik cég a legjobban látható, legforgalmasabb helyekre szeretné telepíteni a PL-eit. A korábban már kiépített egységek mellé újakat és újakat telepítenek, mely kiszolgálása (természetes módon, az egyedi üzleti érdekeltségek miatt) cégenként egyedileg van szervezve, így a szállítási célpontokra irányuló city logisztikai szempontú konszolidációra nincs is esély. Például, ha egy weboldalról megrendelt termék esetében csomagautomatába irányuló kiszállítást választ az ügyfél, akkor a célpont megválasztása csupán a weboldallal szerződésben álló szolgáltató hálózatából lehetséges, a térbeli elhelyezkedés idealitására, vagy a kapacitáskihasználásra vonatkozó optimalizálás nem lehet része a feladatnak. Emiatt tehát előfordulhat, hogy egy távolabbi csomagautomatába történik a kiszállítás, hiába van a globális hálózatot vizsgálva a vevőhöz közelebbi, kihasználatlan rekesszel rendelkező lehetőség. Nincs konszolidálva sem a PL hálózat, sem pedig annak üzemeltetése, ezzel a kihasználatlanság mellett többletforgalmat generálhat amellett, hogy a több, egymás mellé telepített PL üzemeltetése területet és jelentős erőforrást is igényel.

A csomagautomata piac folyamatosan növekszik, az elmúlt években több száz PL lett kiépítve országszerte. Egy 2021-es nyári interjú [12] egyik kérdése, amit az egyik meghatározó, magyarországi csomagautomatákat üzemeltető cég vezetőjével folytattak rávilágít a problémára:

- > „Nem tart attól, hogy néhány év múlva ott lesz egymás mellett nyolc cég automatája és mindegyik majd csak 20-60 százalékos kihasználtsággal működik?”

> „Nem, szerintem csupán négy-öt szolgáltató fog megmaradni... ...A helyhiány fog dönteni. Egy új belépő hiába szeretne 100 automatát letenni egy olyan piacon, ahol másoknak már több száz van... ...a kiépítése rendkívül tökeigényes, de még a havi fenntartásához is több tízmillió forint szükséges...”

Ennek ellenére 2022-ben megjelent hazánkban a GLS és a Packeta is, melyek azóta Magyarországon a két legtöbb PL-rel rendelkező logisztikai szolgáltatóvá váltak.

4.2. A vizsgálati módszertan

A módszertan alapja egy statisztikai alapú forgalomkeltési modell létrehozása a kerületek lakossága és a becsült csomagautomata kapacitás adatok alapján. Az igények pontos ismerete nélkül ezzel a módszerrel a célokat egy becslés, ami egy közelítő értéket ad a valós igényekre és az abból kiszámítható feltételezett kihasználtságra nézve.

4.2.1. A lakossági adatok elemzése

A modellben vizsgált budapesti lakosság a felnőtt, 18 éves elmúlt, de 65. életévét még be nem töltött személyek köre. A népességmennyiség kilenc különböző, korkülönbség alapján közel egyenlő tartományban felosztott korcsoportja, kerületenkénti bontásban a [6. táblázatban](#) szerepel. A kerületek népessége mellé szükséges meghatározni a különböző korosztályok rendelési szokásai alapján a rendelések arányát, illetve, hogy ezeknek hány százaléka történik vélhetően a PL-ek használatával.

A korábban is említett cikk [\[12\]](#) alapján: „A kiscsomagokat megrendelő, webshopot használó ügyfelek többnyire a 30-60 év közötti korosztályba tartoznak, melyből a 40 éves korosztály a megrendelők felét teszi ki.” Legyen a csomagmegoszlási arány a [5. táblázat](#): Csomagmegoszlási és csomagautomata-használati arány [5. táblázat](#) szerint definiálva, ahol a 30-59 évesek a teljes megoszlás 77%-át teszik ki, amiből a 40-49 évesek csoportja közel ennek fele, ami összesen 35%. A megoszlást továbbá a [15. ábra](#) is szemlélteti.

5. táblázat: Csomagmegoszlási és csomagautomata-használati arány

Korosztályok	18–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64
Csomagmegoszlás kor szerint (R%)	10%	12%	15%	20%	25%	10%	5%	2%	1%
Automatába rendel általában (PL%)	13%	14%	15%	17%	21%	15%	10%	8%	1%

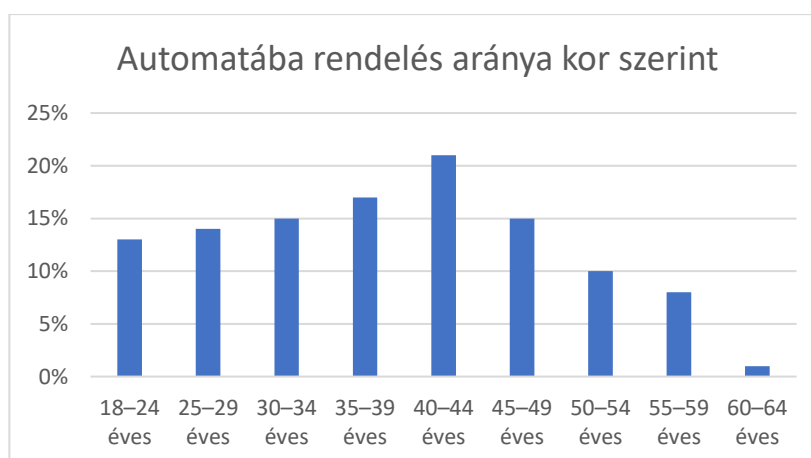


15. ábra: Csomagmegoszlási arány kor szerint

A fenti ábra az összes megrendelt csomagot figyelembe veszi. Szükséges emellé meghatározni egy PL-be rendelési hajlandóságot, az alapján, hogy a rendelések 16%-a történik jellemzően PL-es kiszállítással [11]. Abban az esetben, ha nincs adat az automatába való rendelés arányát illetően, a teljes százalékhoz képest meg kell becsülni egy valósághoz közelítő értéket. Ennek alapjául a csomagmegoszlás szerinti arány szolgál, amihez képest a különböző korosztályok százalékos értékei egymáshoz közelítenek. Annak ismeretében, hogy az összes rendelés ($PL_{össz}^{\%}$) 16%-át szállítják PL-be, továbbá, hogy a korábban meghatározott csomagrendelési arányok ($R_i^{\%}$) hogyan alakulnak, közelítő becsült értéket lehet megadni a rendelési szokások arányára ($PL_i^{\%}$) mindegyik korosztály esetén. Ha „ n ” jelöli a korosztályok számát (jelenleg $n=9$), akkor:

$$(23) \quad PL_{össz}^{\%} = \sum_{i=1}^n R_i^{\%} \cdot PL_i^{\%}, \quad \text{így a } PL_i^{\%} \text{ értékek változtatásával, a 5. táblázat alapján:}$$

$$(24) \quad \sum_{i=1}^n R_i^{\%} \cdot PL_i^{\%} = 16,05\% \approx 16\%$$



16. ábra: Automatába rendelés aránya kor szerint

6. táblázat: Budapest demográfiai adatai

	18–24 éves	25–29 éves	30–34 éves	35–39 éves	40–44 éves	45–49 éves	50–54 éves	55–59 éves	60–64 éves
1. ker	1 267	1 488	1 864	1 816	1 956	1 948	1 524	1 178	1 055
2. ker	5 114	3 876	4 739	5 729	6 901	7 658	5 875	3 989	3 564
3. ker	8 511	7 004	8 392	8 693	10 269	11 785	9 083	6 385	5 777
4. ker	5 871	5 654	6 934	6 848	7 987	8 912	6 962	5 561	5 073
5. ker	1 846	2 026	2 014	1 838	1 648	1 728	1 550	1 167	1 127
6. ker	3 436	4 265	4 113	3 216	2 816	2 665	2 166	1 822	1 486
7. ker	5 314	6 106	5 572	4 310	3 728	3 653	3 066	2 346	2 132
8. ker	8 822	7 767	7 279	5 730	5 130	5 282	4 572	3 893	3 470
9. ker	5 870	6 892	6 857	5 379	4 780	4 516	3 608	2 843	2 569
10. ker	5 611	5 709	6 398	5 838	6 319	7 020	5 780	4 664	3 814
11. ker	13 081	10 214	11 548	10 952	11 185	11 261	8 723	6 091	5 794
12. ker	3 295	2 718	3 425	3 915	4 544	4 994	3 833	2 568	2 367
13. ker	7 703	10 390	12 143	11 187	11 299	10 814	8 000	5 963	5 352
14. ker	8 151	8 519	9 642	9 175	9 800	10 339	8 307	6 271	5 431
15. ker	5 101	4 641	5 314	5 029	5 809	7 095	6 351	5 096	4 155
16. ker	4 914	3 244	3 751	4 562	5 955	7 016	5 861	4 239	3 702
17. ker	5 459	4 188	4 950	5 285	6 986	8 026	6 641	5 179	4 527
18. ker	6 407	5 233	6 042	6 170	7 924	9 816	7 846	6 332	5 146
19. ker	3 651	3 258	3 634	3 641	4 644	5 392	4 211	3 177	2 844
20. ker	4 040	3 697	4 276	4 281	4 885	6 005	5 074	4 027	3 416
21. ker	4 643	4 009	4 545	4 443	5 625	6 802	5 496	4 331	3 879
22. ker	4 343	2 684	3 117	3 726	4 495	5 463	4 252	3 038	2 663
23. ker	1 570	1 276	1 544	1 441	1 756	2 086	1 954	1 593	1 309

Bár a vizsgálat szempontjából nem szerepelnek a 18 év alattiak, illetve a 65. életévét betöltött személyek, a táblázatban látható demográfiai adatok alapján megfigyelhető a Magyarországra jellemző haranggörbe. A lakossági arány többnyire a 40 éves korosztály körül csúcsosodik. A vizsgált lakosság többsége a 11., 13., 14. és 3. kerületekben él, ebből következtetve itt kell lennie a legtöbb PL-nek, ami valóban így is van (10. táblázat).

4.2.2. A kapacitások vizsgálata

A szolgáltatók PL kapacitásának kiszámításához elsődlegesen egy általános, a szolgáltatókra jellemző csomagautomata rekeszszámot kell meghatározni. Három különböző csoportra szétosztva a rekeszek lehetnek kis (S), közepes (M) és nagy (L) méretűek. Tekintve, hogy nem mindegyik PL rendelkezik azonos rekeszszámmal és mérettel, a többféle technológiai kialakítás közül egy általánosan is jellemző rekeszszámot érdemes felvenni. Ezáltal minden vállalat egy-egy tipikus automatájára kiszámítható az egyes rekesznagyságok szerinti rekeszmennyiség. Ezek után a csomagautomaták számával beszorozva megkapható a teljes kapacitás minden szolgáltató esetében.

7. táblázat: A rekeszek és a PL-ek (N) száma

Egység	S	M	L	N
Alza	53	26	12	123
DHL	9	4	3	14
Emag	31	11	12	173
Foxpost	50	27	12	197
GLS	42	28	8	241
Packeta	24	30	6	113
Posta	16	42	18	115

8. táblázat: A vállalatok összes kapacitása

Teljes	S	M	L	Összesen
Alza	6519	3198	1476	11193
DHL	126	56	42	224
Emag	5363	1903	2076	9342
Foxpost	9850	5319	2364	17533
GLS	10122	6748	1928	18798
Packeta	2712	3390	678	6780
Posta	1840	4830	2070	8740
Összesen	36532	25444	10634	72610

A fenti táblázatok alapján meg lehet határozni a különböző méretű rekeszek arányát. Ez miatt szükséges, hogy a teljes, 77,1 milliós csomagrendelésből [11] meghatározhatóak legyenek a kis, közepes és nagy méretű csomagok mennyiségei.

9. táblázat: A rekeszek méretek szerinti aránya

Eloszlás	Alza	DHL	Emag	Foxpost	GLS	Packeta	Posta	Átlag
S%	58%	56%	57%	56%	54%	40%	21%	49%
M%	29%	25%	20%	30%	36%	50%	55%	35%
L%	13%	19%	22%	13%	10%	10%	24%	16%

A rekeszek arányának átlaga a forgalomkeltés szempontjából fontos adat, hiszen a beérkező csomagkezelési igényeket reprezentáló mennyiségek ezek az adatok alapján lesznek felosztva a méretek szerint.

Az összegyűjtött koordináták és a raszterek kerületekhez történő besorolása alapján megkapható a PL-ek szolgáltatók szerinti kerületi megoszlása. A 10. táblázatban szereplő értékek a mennyiség szemléltetése érdekében formázva lettek. Minél nagyobb egy cellaérték, annál sötétebb. Bár ezek az adatok még közel sem jelentik azt, hogy nem az igénynek megfelelően vannak elosztva a PL-ek, de jól szemléltetik az egyenletlen területi megoszlást a kerületek és cégek között, amit egyébként a korábban bemutatott topológiai vizsgálat eredményei is tükröznék.

10. táblázat: A kerületenkénti PL darabszám

Kerület	Alza	DHL	Emag	Foxpost	GLS	Packeta	Posta
1. kerület	0	0	2	1	0	2	1
2. kerület	2	0	8	11	9	4	7
3. kerület	14	2	14	15	17	11	9
4. kerület	8	0	9	10	10	6	8
5. kerület	1	1	1	4	2	1	0
6. kerület	1	0	2	2	3	2	0
7. kerület	1	0	1	2	2	1	0
8. kerület	6	1	6	9	9	4	4
9. kerület	4	1	7	11	11	4	5
10. kerület	8	0	10	11	18	8	6
11. kerület	14	1	19	19	28	13	14
12. kerület	1	1	3	9	5	1	4
13. kerület	3	2	7	11	11	5	7
14. kerület	7	1	15	9	17	7	6
15. kerület	5	1	5	11	7	6	6
16. kerület	6	0	9	8	17	12	6
17. kerület	10	0	12	11	16	8	4
18. kerület	6	0	7	11	16	1	6
19. kerület	3	1	10	4	8	6	5
20. kerület	7	0	10	9	14	5	2
21. kerület	9	1	8	7	10	2	5
22. kerület	5	1	4	8	7	2	6
23. kerület	2	0	4	4	4	2	0

Szintén érdekes adatokat kaphatunk, ha az [7. táblázatban](#) lévő tipikus rekeszszámokat, a [10. táblázatban](#) szereplő kerületenkénti PL megoszlás adatokat, valamint a kerületenkénti populációt egymáshoz viszonyítva vizsgáljuk (lásd [11. táblázat](#)).

11. táblázat: Kezdetleges előrejelzés (fő/rekesz/kerület)

Kerület	S	M	L	Össz.	Lakosság	S	M	L	Össz.
1. kerület	176	151	66	393	14096	80,09	93,35	213,58	35,87
2. kerület	1490	1103	474	3067	47445	31,84	43,01	100,09	15,47
3. kerület	3066	2115	886	6067	75899	24,76	35,89	85,66	12,51
4. kerület	1895	1373	584	3852	59802	31,56	43,56	102,40	15,52
5. kerület	401	235	97	733	14944	37,27	63,59	154,06	20,39
6. kerület	389	246	96	731	25985	66,80	105,63	270,68	35,55
7. kerület	292	177	70	539	36227	124,07	204,67	517,53	67,21
8. kerület	1501	1009	423	2933	51945	34,61	51,48	122,80	17,71
9. kerület	1626	1120	469	3215	43314	26,64	38,67	92,35	13,47
10. kerület	2328	1611	648	4587	51153	21,97	31,75	78,94	11,15
11. kerület	4002	2852	1181	8035	88849	22,20	31,15	75,23	11,06
12. kerület	903	644	277	1824	31659	35,06	49,16	114,29	17,36
13. kerület	1638	1212	502	3352	82851	50,58	68,36	165,04	24,72
14. kerület	2273	1532	661	4466	75635	33,28	49,37	114,43	16,94
15. kerület	1513	1114	455	3082	48591	32,12	43,62	106,79	15,77
16. kerület	2095	1559	592	4246	43244	20,64	27,74	73,05	10,18
17. kerület	2380	1545	644	4569	51241	21,53	33,17	79,57	11,21
18. kerület	1877	1260	530	3667	60916	32,45	48,35	114,94	16,61
19. kerület	1238	914	397	2549	34452	27,83	37,69	86,78	13,52
20. kerület	1871	1161	490	3522	39701	21,22	34,20	81,02	11,27
21. kerület	1632	1065	473	3170	43773	26,82	41,10	92,54	13,81
22. kerület	1236	902	383	2521	33781	27,33	37,45	88,20	13,40
23. kerület	710	544	236	1490	14529	20,46	26,71	61,56	9,75
Összesen	36532	25444	10634	72610	1070032	29,29	42,05	100,62	14,74

Ezek alapján a kiszámolható, hogy az egyes kerületekben egy-egy különböző méretű rekeszhez elvileg hány fő rendelhető hozzá, feltételezve, hogy a populáció minden egyede használja a csomagautomatákat, és mindenkire jut minimum egy-egy kicsi, közepes és nagy rekesz. A rekeszek összesített darabszáma alapján pedig kiszámítható továbbá, hogy átlagosan egy tipikus rekeszhez hány egyed rendelhető hozzá kerületenként, illetve természetesen a teljes budapesti populációt tekintve. Világos, hogy a számított adatok nem pontosak, mivel vélhetően nem a teljes populáció használja a csomagautomatákat, viszont erre vonatkozóan sajnos nincs adatunk, így a kvázi legrosszabb esetet feltételezzük.

4.2.3. A forgalomkeltési modell

A forgalomkeltési modell működtetése során az országos szinten kezelt éves csomagszámból először a budapesti csomagszámot becsüljük. Ez a csomagszám kerül felosztásra a csomagméretek, a kapacitás, a korosztályok és a kerületek alapján, majd az ebből számított értékeket összesítve, és a kapacitásokat a fenti becslés alapján ismerve megkapható a PL-ek kihasználtsága különböző időegységekre nézve. Az éves csomagszám Budapest esetében az országos és budapesti PL-ek számának arányából közelítőlegesen megkapható az alábbi egyszerű összefüggés alapján:

$$(25) \quad \frac{PL_{Bp}}{PL_{Mo}} = \frac{N_{Bp}}{N_{Mo}} \rightarrow \frac{3810}{976} = \frac{x}{77100000} \rightarrow x = 19\,750\,551 \frac{db}{\text{év}}$$

A 5. táblázatban szereplő csomagrendelési arányt és a csomagrendelési szokások arányát, valamint a 9. táblázat „Átlag” oszlopában lévő rekeszek méreteinek arányát összesítve, az alábbi aránybecsléseket tartalmazó táblázatot lehet felírni, ami később segít kiszámítani az egyes csomagméretekre vonatkozó mennyiségeket.

12. táblázat: Az alkalmazott aránybecslés eredménye

	S%	M%	L%	R%	PL%
18–24 éves	49%	35%	16%	10%	13%
25–29 éves	49%	35%	16%	12%	14%
30–34 éves	49%	35%	16%	15%	15%
35–39 éves	49%	35%	16%	20%	17%
40–44 éves	49%	35%	16%	25%	21%
45–49 éves	49%	35%	16%	10%	15%
50–54 éves	49%	35%	16%	5%	10%
55–59 éves	49%	35%	16%	2%	8%
60–64 éves	49%	35%	16%	1%	1%

Az eddigi adatok segítségével már adhatunk egy forgalombecslést korosztály (i) és kerület (j) alapján. Legyen N_{Bp} a budapesti csomagrendelések száma, $p_{ij}^{\%}$ az i -edik korosztály százalékos megoszlása a j -edik kerületben (26), $S_i^{\%}$, $M_i^{\%}$ és $L_i^{\%}$ a különböző csomagméretek megoszlása, $R_i^{\%}$ a csomagrendelési arány, végül $PL_i^{\%}$ a csomagrendelési szokások aránya. Ezek segítségével kiszámítható n_{Sij} , n_{Mij} , n_{Lij} , mint kicsi (S), közepes (M) és nagy méretű (L) kezelendő csomagszám.

$$(26) \quad p_{ij}^{\%} = \frac{p_{ij}}{\sum_{j=1}^{23} p_{ij}}$$

$$(27) \quad n_{Sij} = N_{Bp} \cdot p_{ij}^{\%} \cdot S_i^{\%} \cdot R_i^{\%} \cdot PL_i^{\%}$$

$$(28) \quad n_{Mij} = N_{Bp} \cdot p_{ij}^{\%} \cdot M_i^{\%} \cdot R_i^{\%} \cdot PL_i^{\%}$$

$$(29) \quad n_{Lij} = N_{Bp} \cdot p_{ij}^{\%} \cdot L_i^{\%} \cdot R_i^{\%} \cdot PL_i^{\%}$$

4.3. A vizsgálat eredményei

A számítások végeredményeit a különböző csomagméretek alapján a mellékletben található három táblázat tartalmazza (15. táblázat, 16. táblázat, 17. táblázat), amelyek sorai a kerületek, oszlopai pedig a különböző korcsoportok. A táblázatok cellaértékeit összegezve megkapható az éves, illetve ebből az egy napra eső, kicsi (S), közepes (M) és nagy méretű (L) csomagrendelési volumen.

$$(30) \quad n_S = \sum_i^{23} \sum_j^9 n_{Sij} = 1\,553\,181 \frac{db}{év} \approx 4255 \frac{db}{nap}$$

$$(31) \quad n_M = \sum_i^{23} \sum_j^9 n_{Mij} = 1\,111\,477 \frac{db}{év} \approx 3045 \frac{db}{nap}$$

$$(32) \quad n_L = \sum_i^{23} \sum_j^9 n_{Lij} = 505\,305 \frac{db}{év} \approx 1384 \frac{db}{nap}$$

A forgalomkeltési modell segítségével az egy napra kiszámított eredményt, azaz a közelítőleges becsült csomagkezelési igényt egy közös táblázatba felvéve a 7. táblázatban kiszámított kapacitás értékekkel, a PL-ek rekeszeinek kihasználtságát lehet megbecsülni. A napok számának többszörözésével nagyobb időegységre is kiszámítható a kihasználtság. A legtöbb szolgáltató 2-3 nap elteltével visszaküldi a csomagot, ha a címzett nem veszi át azt, így érdemes megvizsgálni például két napos időtartamra (ld. 13. táblázat) nézve a kihasználtsági adatokat. Azt is érdemes lehet továbbá megvizsgálni, hogy a legrosszabb esetben, azaz, ha minden csomag átvétel nélkül marad, hány nap alatt telítődnének a PL-ek.

13. táblázat: PL kihasználtság 2 napos átvétellel

Kihasználtság 2 napra	S	M	L	Összesen
Meglévő kapacitás	36 532	25 444	10 634	72 610
Csomag/év	1 553 181	1 111 477	505 305	3 169 963
Csomag/időegység	8 510,58	6 090,29	2 768,79	17 369,66
Kapacitás kihasználás	23,30%	23,94%	26,04%	23,92%

A legrosszabb esetben előforduló telítődési napok száma nem más, mint a meglévő becsült kapacitás és az egy napra jutó becsült csomagszám hányadosa. A különböző méretekre kapott eredmények lefelé kerekített értékei közül a legkisebb lesz a telítődést még éppen nem előidéző napok száma. Ebben az esetben ez 7 napot fog jelenteni, a 8. napra a nagy méretű rekeszek telítődnek.

14. táblázat: Legrosszabb esetben eltelt napok száma

Kihasználtság	S	M	L	Összesen
Meglévő kapacitás	36 532	25 444	10 634	72 610
Csomag/nap	4 255	3 045	1 384	8 685
Telítődés [nap]	8,59	8,36	7,68	8,36

4.4. Konklúzió

Ahogy a fentebb megfogalmazott hipotézisben is leírtam, a jellemzően organikusán fejlődött csomagautomata hálózat kapacitása vélhetően a valós igények tulajdonságaihoz képest jelen állapotában vélhetően kissé túlméretezett. Láthatóvá vált a forgalomkeltési modellből származó eredmények értékelése alapján, hogy a legrosszabb esetben is egy hétnek megfelelő csomagkezelési igényt képesek hozzávetőlegesen eltárolni a csomagautomaták, mielőtt végleg telítődnének. Ha figyelembe vesszük azt, hogy a szolgáltatók általában már 2-3 nap elteltével visszaszállítják a csomagokat, akkor ennek a lehetősége még a csúcsidezőszakok esetén is csak kis eséllyel áll fenn. Ezzel ellentétben a tapasztalatok (nyilatkozatok) jellemzően azt mutatják, hogy a csúcsidezőszakokat tekintve teljes kihasználtsággal működnek a csomagautomaták. Feltételezve, hogy ez igaz, az látszódik, hogy a kapacitás vélhetően erre a csúcsterhelésre lehet „méretezve”. Látva a modellből származó számokat az azonban nehezen elképzelhető, hogy ennek a kapacitásnak a teljes kihasználása minden szolgáltató esetében bekövetkezik ezekben az időszakokban, nem is beszélve az ettől eltérő terhelést jelentő időszakokról, ahol akár jelentősebb mértékben is csökkenhet az igénybevétel. A modellben vizsgált adatok egyúttal az összes PL-re vonatkoznak, ami egy ideális, összehangolt hálózatot feltételez, viszont ismeretes, hogy a valóságban a szolgáltatók között nincsen ilyen jellegű

összehangolt működés. A piaci versengés miatt valószínűleg nem is számíthatunk hasonlóra, de érdemes lehet elgondolkodni, hogy lehet-e ez a szempont fontos a jövőben a fenntarthatóság szempontjából. Bár ez a fajta forgalomkeltési modell nem ad pontos képet az igényekről és az igényfolyamatban végbemenő valós jelenségekről, hiszen becsléseken alapul. Az viszont világosan látszódik belőle, hogy lehet akár jelentős különbség is a kapacitások és a szükségletek között, emiatt valós forgalmi adatok birtokában lenne érdemes tovább vizsgálni a jelenséget. A nagy probléma azonban az, hogy a jellemző gyakorlathoz igazodóan a pozíciójukat féltve a szolgáltatók erre nézve adatokat nagy eséllyel nem hajlandóak szolgáltatni, így az ilyen jellegű mélységi elemzések, és a globális folyamatok vizsgálata, valamint a jelenségek megértése céljából egyelőre maradnak a hasonló becsléses vizsgálatok.

5. Összegzés

A kutatásom célja olyan újszerű, általánosan is (azaz bármely város esetén) használható indikátorok definiálása volt, amellyel egy város csomagautomata hálózatának topológiai jellemzői, annak térbeli tulajdonságai és a kihelyezett kapacitások vizsgálhatók, így arról objektív következtetéseket lehet megfogalmazni, ami további (pl. az ideális telepítési döntéseket támogató) modellek bemenetéül szolgálhat. A vizsgálat helyszíne Budapest, a vizsgált statisztikai populáció és az egyedek pedig az egyes szolgáltatók csomagautomatái voltak. Mivel ebben a témában az ilyen jellegű kutatás sokrétű lehet, így elsőként fő célomnak az automaták elhelyezkedés alapú osztályozását, illetve a kapacitásuk kihasználtságának modellezését tűztem ki, amiben segítségemre volt több terület alapú indikátor, illetve egy statisztikai alapú csomagforgalom-keltési módszertan. Mindezek mellett megfogalmaztam két, Budapestre vonatkozó hipotézist, amelyeket ezeknek a módszereknek a segítségével elemeztem.

A vizsgálat első lépése – az eddig ebben a formában még nem létező – a teljes budapesti csomagautomata hálózati topológiára vonatkozó adatok összegyűjtése, a topológiai modellezéshez szükséges geográfiai koordináták felvétele és egy, a topológiai modell szempontjából ideális raszterháló kialakítása volt, ami után már különböző módszerekkel vizualizálható volt a probléma. A mutatószámok definiálása, valamint az ezek vizsgálatához szükséges statisztikai paraméterek kiszámítása után osztályoztam a csomagautomatákat a területalapú jellemzők szerint. Az osztályozás során végeredményül kapott rendszertelen szóródási mutató értékek, a közelségi mutatók és a lefedettség által láthatóvá vált, hogy a fővárosi csomagautomata hálózat kialakítása során leginkább vélhetően a szolgáltatói üzleti érdekek domináltak, emiatt a fejlődése inkább organikus volt, és kevésbé koncentrált a hálózat egészének hatékonyságát meghatározó, jellemzően city logisztikai szempontból fontos tényezőkre. Tehát a szolgáltatók természetes és legfőbb célja újabb és újabb automatákat kiépítve más-más vállalatok már meglévő egységei mellé az ügyfélkörük bővítése volt. A kapacitás és kapacitáskihasználás becslést megvalósító modell eredményei alapján pedig az feltételezhető, hogy érzékelhetően túllóttak ezen a célon. Az alacsony kapacitás-kihasználtság tehát az vetíti előre, hogy egy átgondoltabb megoldásra lenne szükség, ha a városüzemeltetéssel kapcsolatos további fontos szempontokat is szem előtt szeretnénk tartani.

Tekintve, hogy az automaták hasznossága már számos korábbi kutatásban igaznak bizonyult – hiszen ezek telepítése és üzemeltetése egy megfelelő city logisztikai megoldás –,

így a problémafeltárás és elemzés inkább arra a kérdéskörre törekedett válaszolni, hogy nem lehetne-e ezek kiépítését egy magasabb szinten, átgondoltabb elhelyezkedési és kapacitási stratégiák segítségével, akár a városüzemeltetési szempontokat is figyelembe véve kezelni.

Az eredményül kapott mutatószámok arra engednek következtetni, hogy érdemes elgondolkodni ezen a problémakörön. A jövő városainak fenntarthatósága nem csak a megtett járműkilométerek csökkentésétől függ, hanem azoktól a látszólag jelentéktelennek tűnő dolgoktól is, minthogy hány automatát célszerű a jövőben fenntartani ahhoz, hogy a vevői igényeket a megfelelő kapacitáskihasználtság mellett kezelni lehessen, úgy, hogy lehetőség szerint a szolgáltatók alapvető érdekei se sérüljenek. Ez a kérdéskör különösen fontos, ha azt is figyelembe vesszük, hogy a rendelkezésre álló korlátos városi területek egyre fogynak, és így egyre nehezebb dönteni arról, hogy milyen területeket és erőforrásokat milyen funkciókra hasznosítunk. Lehet, hogy az automaták apró porszemnek tűnnek a city logisztika nagy gépezetében, de akár ezeknek az apró porszemeknek az optimalizált működése is nagyban hozzájárulhat ahhoz, hogy egy élhetőbb környezetet hagyjunk hátra magunk után.

Ábrajegyzék

1. ábra: Csomagautomaták számának bővülése (GKID).....	7
2. ábra: Az alkalmazott raszterháló és a PL-ek elhelyezkedése	10
3. ábra: Raszterek szemléltetése kerületi felosztásban	11
4. ábra: A PL-ek száma raszterenként.....	12
5. ábra: A raszterenkénti PL darabszámok megoszlása	13
6. ábra: Raszter példa (centrális szóródás)	15
7. ábra: A raszterre vonatkozó centrális szóródás számításához szükséges mátrix	15
8. ábra: A raszterre vonatkozó centrális szóródás maximumának számítása.....	16
9. ábra: Raszter példa (közelségi szóródás).....	18
10. ábra: A raszterre vonatkozó közelségi szóródás számításához szükséges mátrix.....	19
11. ábra: A raszterekre vonatkozó ingadozás és variabilitás változása $PL = 1$ esetekben ..	21
12. ábra: A raszterekre vonatkozó ingadozás változása $PL > 1$ esetekben	22
13. ábra: A raszterekre vonatkozó variabilitás változása $PL > 1$ esetekben	22
14. ábra: Az átlagos közelségre vonatkozó hisztogram	24
14. ábra: Csomagmegoszlási arány kor szerint	28
15. ábra: Automatába rendelés aránya kor szerint	28
16. ábra: Centrális szóródás példa 1	43
17. ábra: Centrális szóródás példa 2	44
18. ábra: Centrális szóródás példa 3	45

Táblajegyzék

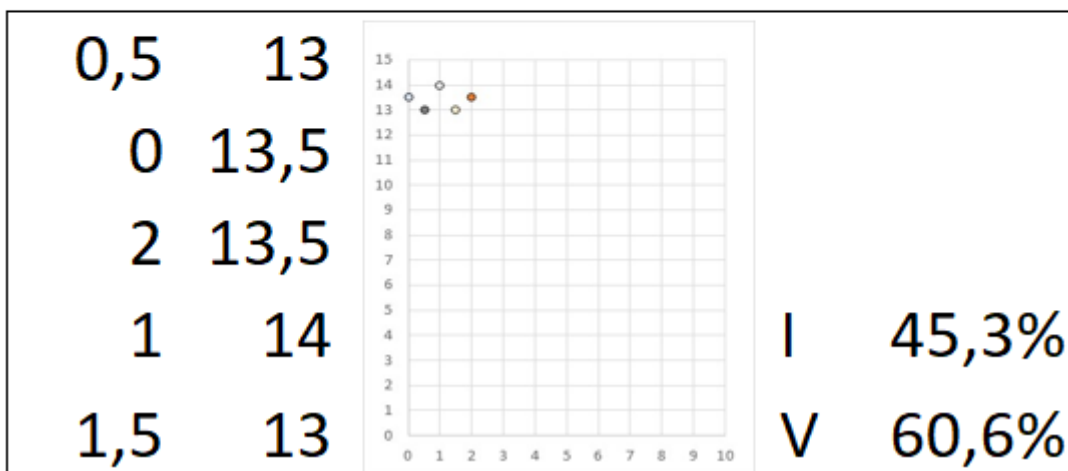
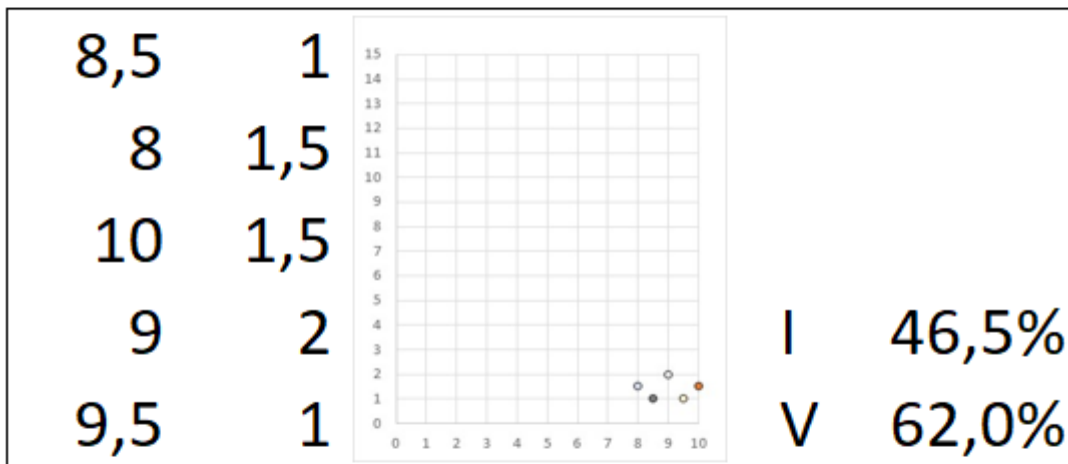
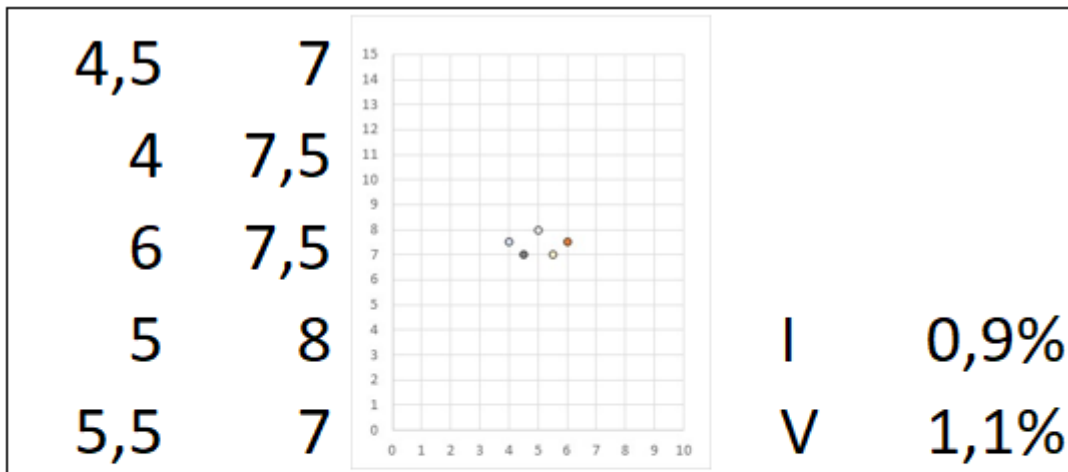
1. táblázat: A budapesti csomagautomaták szolgáltatók szerinti megoszlása	9
2. táblázat: A PL-ek kerületenkénti mennyiségének eloszlása	14
3. táblázat: A raszterek száma a különböző kategóriák esetén	23
4. táblázat: Az átlagos közelség leíró statisztikája.....	23
6. táblázat: Csomagmegoszlási és csomagautomata-használati arány	27
7. táblázat: Budapest demográfiai adatai	29
8. táblázat: A rekeszek és a PL-ek (N) száma.....	30
9. táblázat: A vállalatok összes kapacitása.....	30
10. táblázat: A rekeszek méretek szerinti aránya	30
11. táblázat: A kerületenkénti PL darabszám.....	31
12. táblázat: Kezdetleges előrejelzés (fő/rekesz/kerület).....	32
13. táblázat: Az alkalmazott aránybecslés eredménye.....	33
14. táblázat: PL kihasználtság 2 napos átvétellel.....	35
15. táblázat: Legrosszabb esetben eltelt napok száma.....	35
16. táblázat: Kis méretű csomagok megoszlása	46
17. táblázat: Közepes méretű csomagok megoszlása	47
18. táblázat: Nagy méretű csomagok megoszlása	48

Hivatkozások

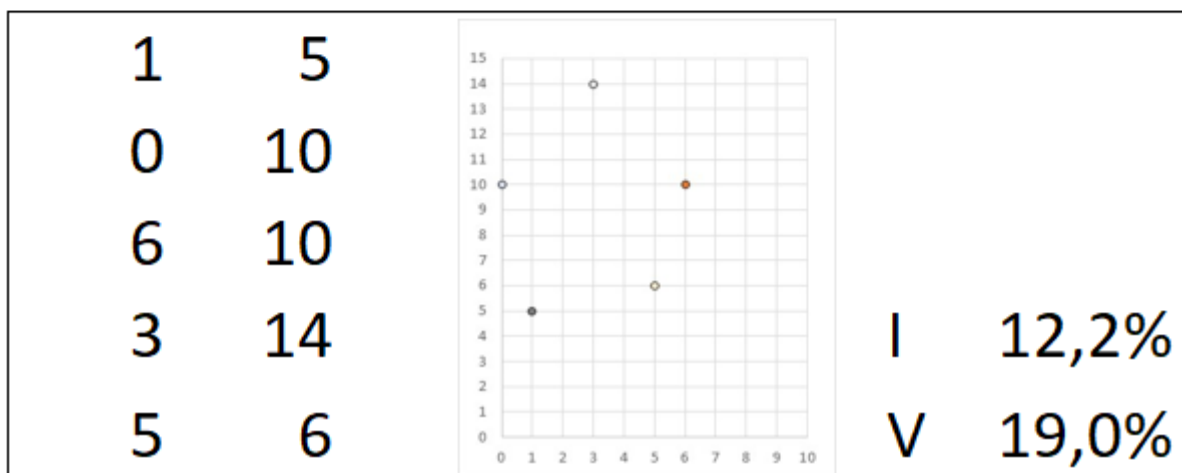
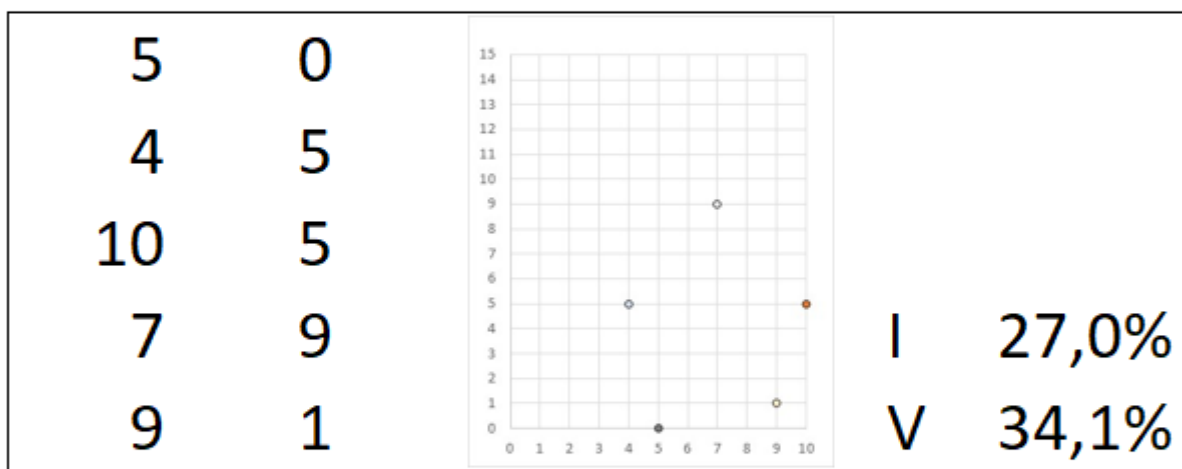
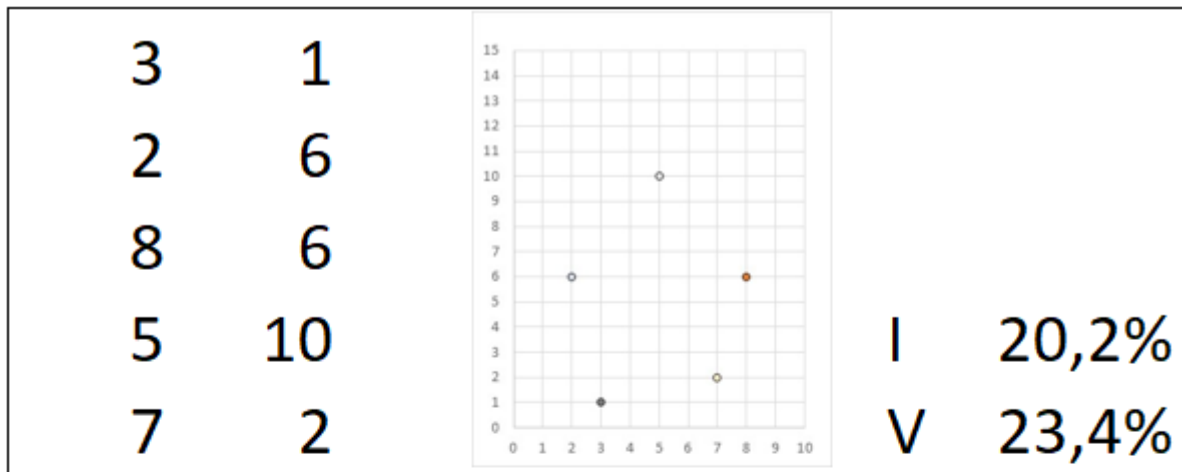
- [1] P.-L. Lai, H. Jang, M. Fang és K. Peng, „Determinants of customer satisfaction with parcel locker services in last-mile logistics,” március 2022.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092521221000493>.
- [2] A. Ranjbari, C. Diehl, G. D. Chiara és A. Goodchild, „Do parcel lockers reduce delivery times? Evidence from the field,” április 2023.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554523000583>.
- [3] M. Kahr, „Determining locations and layouts for parcel lockers to support supply chain viability at the last mile,” december 2022.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048322001281>.
- [4] B. Dong, I. B. Hovi és D. R. Pinchasik, „Analysis of Service Efficiency of Parcel Locker in Last-mile Delivery: A Case Study in Norway,” 2023.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146523002661>.
- [5] M. W. Ulmer és S. Streng, „Same-Day delivery with pickup stations and autonomous vehicles,” augusztus 2019.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054819300772>.
- [6] A. Kedia, D. Kusumastuti és A. Nicholson, „Acceptability of collection and delivery points from consumers’ perspective: A qualitative case study of Christchurch city,” december 2017.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X17301281>.
- [7] S. Iwan, K. Kijewska és J. Lemke, „Analysis of Parcel Lockers’ Efficiency as the Last Mile Delivery Solution – The Results of the Research in Poland,” 2016.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516000193>.

- [8] S. Moslem és F. Pilla, „A hybrid decision making support method for parcel lockers location selection,” szeptember 2023.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739885923000604>.
- [9] Y. Lin, Y. Wang, L. H. Lee és E. P. Chew, „Profit-maximizing parcel locker location problem under threshold Luce model,” január 2022.. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554521003008>.
- [10] Portfolio, „Csomagautomaták ezrei lephetik el hamarosan Budapestet,” 8. április 2021.. [Online]. Available: <https://www.portfolio.hu/ingatlan/20210408/csomagautomata-ek-ezrei-lephetik-el-hamarosan-budapestet-476658>.
- [11] GKID Research & Consulting, „Digitális Kereskedelmi Körkép 2023 / I.,” 2023. [Online]. Available: https://ekerkutatas.hu/wp-content/uploads/2023/05/GKID-MC_DKK-publikus-riport-2023-I.pdf.
- [12] G. Ditróy és R. Pásztor, „A csomagszállítás jövője? – Ma még többen várják inkább, pedig tud várni a csomag is,” 21. július 2021.. [Online]. Available: <https://www.portfolio.hu/ingatlan/20210721/a-csomagszallitas-jovoje-ma-meg-tobben-varjak-inkabb-pedig-tud-varni-a-csomag-is-493292>.

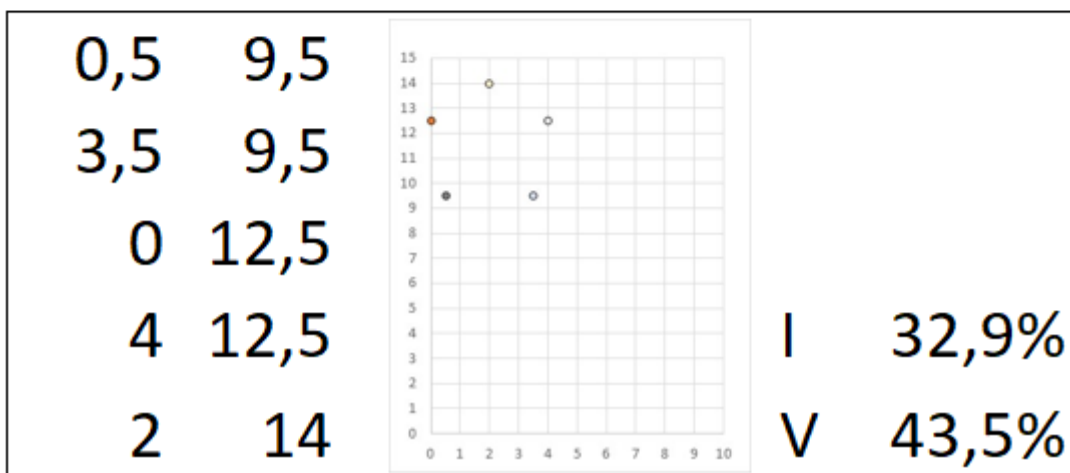
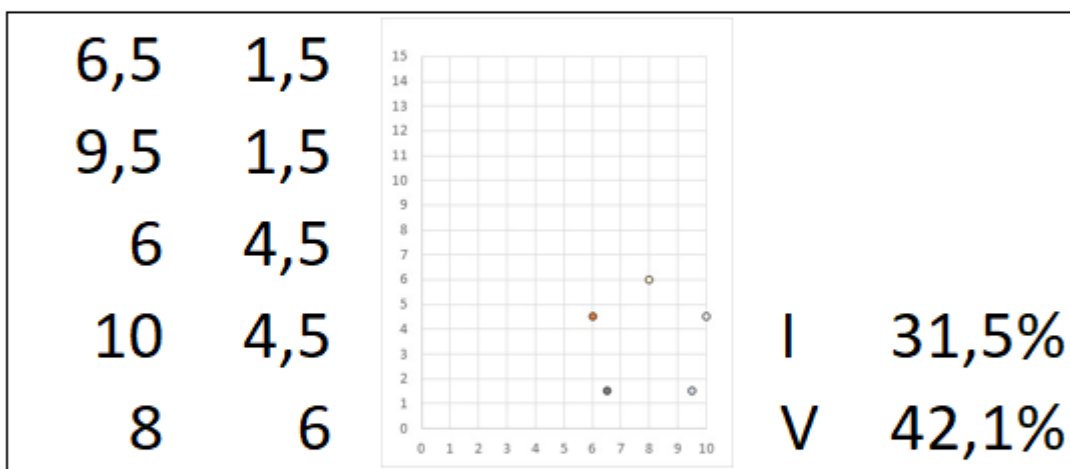
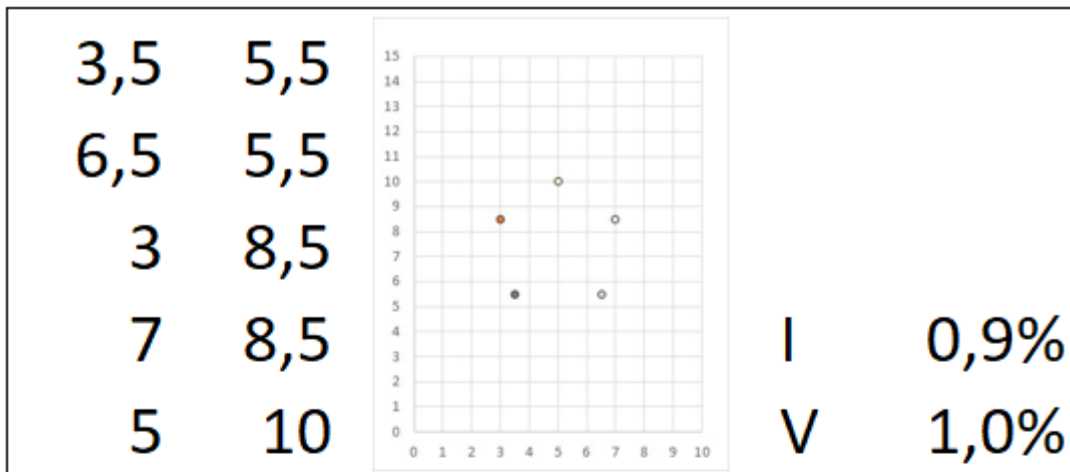
Mellékletek



17. ábra: Centrális szóródás példa 1



18. ábra: Centrális szóródás példa 2



19. ábra: Centrális szóródás példa 3

15. táblázat: Kis méretű (S) csomagok megoszlása

S	18–24 éves	25–29 éves	30–34 éves	35–39 éves	40–44 éves	45–49 éves	50–54 éves	55–59 éves	60–64 éves
1	1285	2106	3168	4850	7283	1882	611	199	13
2	5188	5486	8055	15300	25696	7397	2354	673	43
3	8633	9914	14265	23215	38238	11384	3640	1077	69
4	5955	8003	11787	18288	29740	8608	2790	938	61
5	1873	2868	3423	4908	6136	1669	621	197	14
6	3485	6037	6991	8588	10486	2574	868	307	18
7	5390	8643	9471	11510	13882	3529	1229	396	26
8	8949	10994	12373	15302	19102	5102	1832	657	42
9	5954	9755	11656	14365	17799	4362	1446	480	31
10	5692	8081	10875	15591	23529	6781	2316	787	46
11	13269	14457	19630	29248	41648	10877	3496	1028	70
12	3342	3847	5822	10455	16920	4824	1536	433	28
13	7814	14707	20641	29875	42073	10446	3206	1006	64
14	8268	12058	16390	24502	36491	9987	3329	1058	65
15	5174	6569	9033	13430	21630	6853	2545	860	50
16	4985	4592	6376	12183	22174	6777	2349	715	44
17	5537	5928	8414	14114	26013	7753	2661	874	54
18	6499	7407	10270	16477	29506	9482	3144	1069	62
19	3703	4612	6177	9723	17292	5208	1688	536	34
20	4098	5233	7268	11433	18190	5800	2033	680	41
21	4710	5675	7726	11865	20945	6570	2203	731	47
22	4405	3799	5298	9950	16738	5277	1704	513	32
23	1593	1806	2625	3848	6539	2015	783	269	16

16. táblázat: Közepes méretű (M) csomagok megoszlása

M	18–24 éves	25–29 éves	30–34 éves	35–39 éves	40–44 éves	45–49 éves	50–54 éves	55–59 éves	60–64 éves
1	920	1507	2267	3471	5212	1347	437	142	9
2	3712	3926	5765	10949	18389	5293	1685	482	31
3	6178	7094	10208	16613	27363	8146	2605	771	50
4	4262	5727	8435	13087	21283	6160	1997	672	44
5	1340	2052	2450	3513	4391	1194	445	141	10
6	2494	4320	5003	6146	7504	1842	621	220	13
7	3857	6185	6778	8237	9934	2525	879	283	18
8	6404	7867	8854	10951	13670	3651	1311	470	30
9	4261	6981	8341	10280	12737	3122	1035	343	22
10	4073	5783	7783	11157	16838	4852	1658	563	33
11	9496	10346	14047	20930	29804	7784	2502	736	50
12	2392	2753	4166	7482	12108	3452	1099	310	20
13	5592	10524	14771	21379	30108	7475	2294	720	46
14	5917	8629	11729	17534	26114	7147	2382	757	47
15	3703	4701	6464	9611	15479	4904	1821	615	36
16	3567	3286	4563	8718	15868	4850	1681	512	32
17	3963	4242	6021	10100	18615	5548	1905	625	39
18	4651	5301	7350	11791	21115	6785	2250	765	44
19	2650	3300	4420	6958	12375	3727	1208	384	24
20	2933	3745	5201	8181	13017	4151	1455	486	29
21	3370	4061	5529	8491	14989	4702	1576	523	33
22	3153	2719	3792	7121	11978	3776	1219	367	23
23	1140	1292	1878	2754	4679	1442	560	192	11

17. táblázat: Nagy méretű (L) csomagok megoszlása

L	18–24 éves	25–29 éves	30–34 éves	35–39 éves	40–44 éves	45–49 éves	50–54 éves	55–59 éves	60–64 éves
1	418	685	1031	1578	2370	612	199	65	4
2	1688	1785	2621	4978	8360	2407	766	219	14
3	2809	3225	4641	7553	12440	3703	1184	351	23
4	1938	2604	3835	5950	9676	2801	908	305	20
5	609	933	1114	1597	1996	543	202	64	4
6	1134	1964	2275	2794	3411	837	282	100	6
7	1754	2812	3081	3745	4516	1148	400	129	8
8	2911	3577	4025	4978	6215	1660	596	214	14
9	1937	3174	3792	4673	5791	1419	470	156	10
10	1852	2629	3538	5072	7655	2206	754	256	15
11	4317	4704	6386	9515	13550	3539	1137	334	23
12	1087	1252	1894	3401	5505	1569	500	141	9
13	2542	4785	6715	9720	13688	3398	1043	327	21
14	2690	3923	5332	7971	11872	3249	1083	344	21
15	1683	2137	2939	4369	7037	2230	828	280	16
16	1622	1494	2074	3964	7214	2205	764	233	14
17	1802	1929	2737	4592	8463	2522	866	284	18
18	2114	2410	3341	5361	9599	3085	1023	348	20
19	1205	1500	2010	3163	5626	1694	549	174	11
20	1333	1702	2365	3719	5918	1887	662	221	13
21	1532	1846	2513	3860	6814	2138	717	238	15
22	1433	1236	1724	3237	5445	1717	554	167	10
23	518	588	854	1252	2127	656	255	87	5