

Tudományos közlemény

Az otthoni ápolás mint szolgáltatás logisztikai és fenntarthatósági szempontú kérdéseinek vizsgálata

Beküldve: 2021.01.15.
Elfogadva: 2021.06.30.
Online közzétéve: 2022.10.24.

DR. SZANDER NORINA tudományos munkatárs, szenior kutató, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésmenedzsment Osztály, szander.norina@kti.hu

Absztrakt: A demográfiai előregedés gyorsuló tendenciát mutat Európában, ezért az elmúlt néhány évtizedben ez a jelenség számottevő tudományos érdeklődésre tett szert. Az otthoni ápolás egyre jobban terjedő formája az idős, mozgásában korlátozott vagy tartós gondoskodásra szoruló egyének segítségének. Ennek okait számos kutatás vizsgálta: az egészségügyi intézmények túlterheltségének és alulfinanszírozottságának problémakörén túl a korcsoport tagjai körében is ez a preferált ellátási forma. Jelen tanulmány az otthoni ápolás logisztikai vonatkozású kérdéseit vizsgálja, három különböző szempontból, amelyek rávilágítanak a szolgáltatás speciális aspektusaira: a sűrűség és eloszlás összefüggései, az időablakok és a szolgáltatásminőség kérdései, valamint az útvonal- és munkaterhelés-elosztás optimalizálása. Az eredmények alkalmasak lehetnek a fenntartók erőforrás-allokálási, szervezeti döntési folyamatainak segítésére.

Kulcsszavak: otthoni ápolás; szolgáltatásütemezés; útválasztás; térbeli diszperzió; funkcionális régió; közlekedési módválasztás

Examining the logistical and sustainability issues of home care as a service

Abstract: Demographic ageing is an accelerating trend in Europe and has attracted considerable academic interest over the last few decades. Home care is an increasingly widespread form of assistance for older people with limited mobility or in need of long-term care. The reasons for this have been investigated in a number of studies: in addition to the problems of overcrowding and underfunding of health care institutions, it is also the preferred form of care among members of this age group. This paper examines the logistical aspects of home care from three different perspectives that highlight specific aspects of the service: the relationship between density and dispersion, time windows and service quality issues, and the optimisation of routing and workload assignment. The results can be used to support resource allocation and organisational decision-making processes of operators.

Keywords: home care; service scheduling; routing; spatial dispersion; functional region; transport mode choice

Bevezetés

A kutatás háttere

Európában egyre inkább elterjedt formája az ápolási szolgáltatásoknak az otthoni ápolás (Carpenter et al., 2004). Az otthoni ápolásnak két hasonló, de lényegi különbséget hordozó formája létezik:

- lehet ideiglenes, egy akut eseményt követően, amelyből a páciens belátható időn belül jó eséllyel felgyógyul, és ezt a folyamatot támogatják az otthonában, mivel kórházi ápolást az állapota nem követel meg;
- vagy a páciens tartós ápolásban részesül, mert krónikus betegsége(i) vagy fogyatékosága(i) várhatóan élete végéig vele maradnak – esetükben az ápolás célja nem az egészség visszanyerése, hanem az életminőség emelése (Blomqvist – Busby, 2012).

A tartós ápolás nyújtása nincs életkorhoz kötve, az esetek 80%-ában mégis az idősebb (65 éven felüli) korosztály veszi igénybe a fiatalabb, fogyatékosággal élők csoportja mellett (OECD, 2015), akik segítségre szorulnak

a mindennapi élethez kapcsolódó tevékenységeikben¹ vagy egészségi problémájukkal kapcsolatban (Szociális Védelmi Bizottság és az Európai Bizottság, 2014).

Az otthonápolás jogi kategória, különleges, intézményen kívüli betegellátási forma, amelynek kereteit, feltételeit jogszabály határozza meg². Ebben a tanulmányban viszont a magyar jogi környezettől elrugaszkodva, magát a szolgáltatást vizsgáljuk, amely lényegében a beteghez juttatja el a számára megfelelő ápolást, segítséget, ezért a továbbiakban az egymással egyező jelentésű *otthoni ápolás* vagy *házi segítségnyújtás* fogalmakat alkalmazzuk.

Az utóbbi évtized kutatásai számos esetben arra a következtetésre jutottak, hogy az idősök saját otthonukban kívánnak maradni, és nem szeretnék utolsó éveiket intézményi keretek között (például időotthonban) tölteni (Gillsjö et al., 2011; Keenan, 2010; Nahal – Ma, 2014). Az Európai Unióban az egészségügyre vonatkozó hosszabb távú elképzelés középpontjában az önálló életvitel és az otthoni idősödés megvalósítása áll, az intézeti elhelyezés elkerülése, megelőzése érdekében: mindezek támogatását olyan integrált megoldásokkal tervezik, mint a távgondozás és az egészségügyi távellátás, valamint az egészségügyi, ápolási szolgáltatások házhozszállítása, azaz a házi segítségnyújtás széles körű alkalmazása (Európai Bizottság, 2015).

Alapvetően a tagállamok felelősségi körébe tartozik a szociális védőháló és a tartós gondozási rendszerek működtetése. Miközben a nemzetek erről nagyon különböző álláspontokat is képviselhetnek, a Nyitott Koordinációs Módszer keretében megállapodtak az alábbi három szakpolitikai cél követésében (Szociális Védelmi Bizottság és az Európai Bizottság, 2014):

- Mindenki számára elérhetővé teszik (pénzügyi értelemben is) a tartós gondozási szolgáltatásokat, a jelenleg még a rendszerben lévő diszkriminatív, akadályozó vagy különböző egészségi kimenetelt eredményező körülményeket leküzdik;
- Előmozdítják a minőségügyi szempontok érvényesítését az egészségügyben és a tartós gondozási szolgáltatásokban, miközben a kínálatot a kereslethez igazítják, figyelembe véve a szükségleteket és egyedi preferenciákat, valamint a társadalom minőséggel kapcsolatos elvárásait, minden érintett felelősségvállalásának megerősítésével;
- Biztosítják a pénzügyi fenntarthatóságot, amelynek elemei: az aktív időskor és az egészségmegőrzés előmozdítása; az erőforrások racionális felhasználása; megfelelő ösztönzők kialakítása a felhasználók és szolgáltatók részére egyaránt; kellő koordináció a különböző ápolási rendszerek és intézmények között.

A fenti célok elérését a tudományos kutatás eszköztárával is szükséges támogatni. Jelen tanulmányban elsősorban a minőségügyi, tervezési és logisztikai szempontokra fókuszáltunk. A kutatás célja, hogy felvázoljunk olyan módszereket, amelyek támogatni tudják az aktív és jó egészségben töltött időskorral kapcsolatos uniós célokat az otthoni ápolási szolgáltatáson keresztül, figyelembe véve az érintettek szükségleteit és preferenciáit. Ennek során azt a hipotézist fogalmaztuk meg, hogy korszerű módszerek alkalmazása a települések, hálózatok és szolgáltatások tervezésében – a logisztikai szolgáltatások minőségi követelményeinek megfelelően – alkalmassá teszi az idősebb korosztály által választott helyszínt az aktív és egészséges idősödésre, az „otthoni korosodást” célzó európai uniós törekvéseknek megfelelően, az otthoni ápolás biztosításával, amely mellett az idősök megőrizhetik önálló életvitelüket.

A fentieknek megfelelően három vizsgálati területet választottunk, amelyek részletes ismertetése a módszertani részben következik:

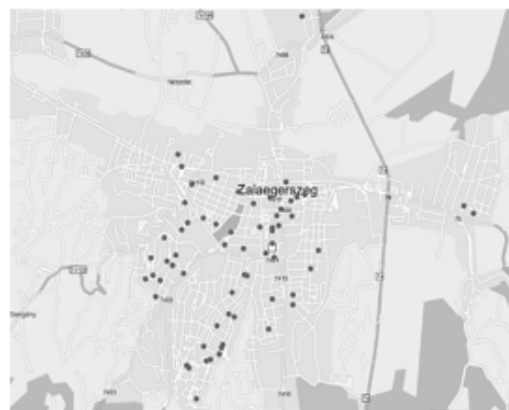
- az időablakok és a szolgáltatásminőség kérdései;
- a sűrűség és az eloszlás összefüggései;
- az útvonal és munkaterhelés elosztása (optimalizálás).

¹Ezeket a külföldi szakirodalom activities of daily living (ADL) és instrumental activities of daily living (IADL) néven tartja számon.
²Ld. 20/1996. (VII. 26.) NM rendelet az otthoni szakápolási tevékenységről

A kutatás keretei

A kutatáshoz a Zalaegerszegi Gondozási Központ szolgáltatott adatokat, továbbá információt a tevékenység részleteiről és a szolgáltatás megszervezéséről. A kutatás időszakában 67 fő részesült házi segítségnyújtásban Zalaegerszeg város közigazgatási határain belül, amelyet 11 gondozó végzett, akik gyalog és helyi autóbusszjáratokkal közlekedtek. A segítségnyújtás tervezése az alapszolgáltatási vezető feladata, aki ezt a segítségnyújtás típusa szerinti időigények alapján készíti el, számítógépes támogatás nélkül. A segítségnyújtás gyakoriságának megoszlása az 1. ábra bal oldalán látható, a jobb oldalon pedig a címeket jelöltük, ahol a segítségnyújtás történik.

Gondozási gyakoriság	Hétfőtől péntekig	Hétfőtől vasárnapig	Keddtől péntekig
Napi 1	34	7	1
Heti 1	4		
Napi 2	5	3	
Heti 2	13		
Napi 3		1	
Heti 3	5		



1. ábra A házi segítségnyújtás gyakoriságának megoszlása (bal) és a címek elhelyezkedése a városon belül (jobb)

Forrás: saját szerkesztés, Google Térkép használatával

Módszertan

Az időablakok és a szolgáltatásminőség kérdései

A házhoz érkező szolgáltatások (étel, csomag, karbantartás stb.) szolgáltatási színvonala növelhető az érkezési időpont pontosabb behatárolásával (Bennett, 2010; Ehmke et al., 2015). A szakpolitikai törekvéseknek megfelelően ez az otthoni ápolás esetében is elérni kívánt cél, ráadásul a gondozásra szoruló egyének eleve kiszolgáltatott helyzetben vannak, a segítség érkezési idejének bizonytalansága növelheti szorongásukat és diszkomfortérzetüket. Azért, hogy számszerűsíthetővé váljon a szolgáltatási színvonal növelésének hatása a házi segítségnyújtásban, megvizsgáltuk a kiszolgálási területen végzett szolgáltatás időigényét a jelenlegi rendszerben és érkezési időablakok alkalmazásával is. Az időeredmények ezután közvetlenül költséggé konvertálhatók, így alkalmazhatóvá válnak más szolgáltatók számára, saját költségtényezőik ismeretében.

A vizsgálathoz a legelterjedtebb táblázatkezelő szoftvert, a Microsoft Excelt választottuk, egyrészt mert egyik célunk az volt, hogy alkalmazható legyen a szokásos irodai körülmények között, másrészt pedig így tudtuk biztosítani, hogy a modell továbbfejleszthető legyen a kutatás további céljainak megfelelően, ellentétben a speciális útvonaltervező programokkal, amelyeknek nem célja a testreszabhatóság. R. Rasmussen (2011) is megfelelően rugalmasnak találta az MS Excelt az utazóügynök-probléma (Travelling Salesman Problem, a továbbiakban: TSP) számos változatának modellezésére és megoldásának eszközéül, habár Lee és Raffensperger (2006) felhívja a figyelmet, hogy az eredmények vizuális megjelenítésére nem ez a legalkalmasabb szoftver.

A TSP klasszikusnak mondható leírását alkalmaztuk, vagyis az utazóügynök, esetünkben a gondozónő egyszer érinti az útvonalhoz rendelt összes címet, kivétel nélkül, a legrövidebb, leginkább költséghatékony módon, ld. (1)–(3) egyenlet. A modellben az MTZ (Miller-Tucker-Zemlin-féle) korlátozást (subtour elimination constraint) alkalmaztuk a rövidebb útvonalak kizárásának érdekében (Miller et al., 1960), ld. (4).

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$x_{ij} = 0, 1$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \quad (3)$$

MTZ-féle korlátozás:

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad (4)$$

$$u_i \geq 0$$

$$x_{ij} = 0, 1$$

$$i = 1 \dots n - 1$$

$$j = 2 \dots n$$

Jelölések:

i, j : a távolság- vagy költségmátrix i -edik sorában található cím és a j -edik oszlopban található cím közötti utazás távolsága vagy költsége.

x_{ij} : ha 1, akkor az utazóügynök i pontból j pontba halad, egyéb esetben 0.

u : segédváltozó, amely biztosítja az útvonalhoz hozzárendelt összes cím érintését (a rövidebb útvonalak elfogadhatóságának kizárásával).

A TSP alapmodelljét az (5) egyenletben úgy módosítottuk, hogy alkalmazható legyen a házi segítségnyújtás leírására a Zalaegerszegi Gondozási Központ munkarendjére, ahol a gondozónők minden esetben a Központból indulnak (c_{0F}) és oda is térnek vissza (c_{L0}), valamint minden címen hozzáadódik a gondozási idő (w_i) is az eléréshez szükséges utazási időhöz (c_{ij}), és ez összesen ($c(T)$) kevesebb, mint 8 óra (napi munkaidő), ellenkező esetben túló-

$$c(T) = c_{0F} + \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + w_i) + c_{L0} \quad (5)$$

$$c(T) \leq 8 * 60 + x$$

$$x \geq 0$$

$$\min(c(T) + ax/60)$$

rával (ax) is számolnunk kell.

A szimuláció végeredményeként meghatároztuk, hogy legkevesebb mennyi idő alatt tudják a gondozónők ellátni a pácienseket, ha az érkezési időpont nincs rögzítve. Továbbá a (6) egyenlet alapján kiszámoltuk, hogy milyen hatása van a szolgáltatásminőséget javító intézkedésnek, azaz az időablakok bevezetésének az útvonaltervezésbe,

$$c_{\delta}(T) = c_{0F} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1, i \neq L}^{n-1} \left[\frac{c_{ij} x_{ij} + w_i}{\delta} \right] \delta + w_L + c_{L0} \quad (6)$$

$$c_{\delta}(T) \leq 8 * 60 + x$$

$$x \geq 0$$

$$\min(c_{\delta}(T) + ax/60)$$

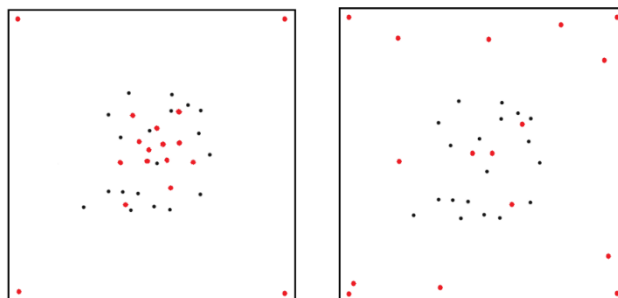
az időablakok nagyságát (δ) 15 percben határozva meg.

A sűrűség és az eloszlás összefüggései

A demográfiai előregedéssel összefüggésben várhatóan az otthoni ápolási szolgáltatásokat igénybe vevők száma is növekedni fog. Az Eurostat becslése szerint 2030-ra 21,8%-kal növekszik a 65 éven felüliek aránya; egyéb tényezők változatlansága mellett erre a létszámnövekedésre lehet és kell számítani a szolgáltatás potenciális igénybe vevőinek esetén is (Czibere – Gál, 2010). Erre a jelentős keresleti növekményre érdemes proaktív módon felkészíteni a szolgáltatók logisztikai rendszerét. A disztribúciós hálózatok tervezésekor két fontos tényezőhöz tudunk igazodni: 1) a kereslet létszámához, amelyet a populáció sűrűségéből a potenciális felhasználók aránya

ad meg, valamint 2) az elhelyezkedésükhöz (eloszlás), amelyet az igénylőlokációk egymástól mért távolságának szórásnégyzete határoz meg (Briggs, 2010). Logisztikai szempontból a kisebb szórásnégyzet a kedvezőbb, ekkor alacsonyabb a logisztikai költség (Chopra, 2003). Az igényvezérelt tervezéshez érdemes ennek a két tényezőnek a hatását egymástól elválasztani, valamint a kiszolgáló rendszer lehetőségeit és erőforrásait megvizsgálni. A jövőbeli kiszolgálási képességet (kapacitáselemzést) a több utazóügynökös probléma (Multiple Travelling Salesman Problem, továbbiakban: mTSP) alkalmazásával modelleztük és vizsgáltuk.

A 2. ábra szemlélteti a populáció (kereslet) lehetséges növekedését kisebb, illetve nagyobb eloszlás (σ) mellett. Az 1. táblázat összefoglalja a különböző települési mintákat, amelyeket a szimulációk során lefuttatunk.



2. ábra Azonos mértékű populációnövekedés különböző eloszlás mellett

Forrás: saját szerkesztés

Településválozat	Településválozat 1.1	Településválozat 1.2
	- Sűrűség A - Eloszlás B	- Sűrűség D - Eloszlás B
Településválozat	Településválozat 2.1	Településválozat 2.2
	- Sűrűség A - Eloszlás C	- Sűrűség A - Eloszlás B

1. táblázat Településválozatok összefoglalása különböző populációsűrűség és -eloszlások mellett

Forrás: saját szerkesztés

Az mTSP-modellezés abban különbözik a TSP-től, hogy a szimuláció egyszerre optimalizálja az útvonalakat az összes utazóügynökre (gondozónőre). Vagyis azt is számításba veszi, amikor azonos időben kell több beteget ellátni – oly módon, hogy a cél az összes útvonal összes költségének minimalizálása, minden pont meglátogatása mellett. Így az egyenletrendszerből adódóan nemcsak az utazás költsége, de a gondozónők (k) száma is a lehető legkisebb lesz. A (7)–(13) egyenletrendszer a TSP fent ismertetett leírását követi, kivéve a túlóra tekintetében: az időkeretet

$$\text{Minimize } m \tag{7}$$

$$c(k) = \sum_{i=0}^n (\sum_{j=0}^n c_{ij}x_{ijk} + x_{ijk}w_{jk}) + c_{i0k}x_{ijk} \leq 0,9 * 8 * 60 \quad k = 1,2 \dots m \tag{8}$$

$$x_{ijk} = 0, 1$$

$$c_{ij} = s_{ij} * d_{ij}$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n x_{0jk} = m \tag{9}$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n x_{i0k} = m \tag{10}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ijk} = 1 \quad \forall i \quad \forall k \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} = 1 \quad \forall j \quad \forall k \tag{12}$$

MTZ-féle korlátozás:

$$u_i - u_j + px_{ijk} \leq p - 1 \tag{13}$$

$$u_s \geq 0; \quad s = i, j$$

$$x_{ijk} = 0, 1$$

$$i = 0 \dots n - 1$$

$$j = 1 \dots n$$

$$\forall k; \quad k = 1, 2, \dots, m$$

8 órában határoztuk meg (a kapacitás növelése a gondozónők számának növelésével teljesül), 10% tartalékidővel.

Az útvonal és munkaterhelés elosztása (optimalizálás)

Az erőforrások hatékony felhasználása (ideértve a munkaerőt és a képességeket is) kiemelt fontossággal bír a szervezetek működésében, főként, ha olyan munkaerő-igényes ágazatról van szó, mint az egészségügyi ellátó-rendszerek (Eveborn et al., 2006). Az útvonaltervezés és feladatütemezés területén számos tanulmány fellelhető, amely valamilyen célfüggvény szerint igyekszik optimalizálni az erőforrások felhasználását a házi segítségnyújtásban. A szakirodalom áttekintésének eredményeit a 2. táblázat foglalja össze.

Optimalizáció célja	Utazás ideje	Utazás költsége	Utazási távolság	Várakozási idő	Túlóra	Preferenciák	Gondozók száma	Puha megkötések megszegése	Munkaterhelés egyenletessége	Feladatok száma
Minimalizálás (↓)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Maximalizálás (↑)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Akjiratikarl et al. (2007)	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Allaoua et al. (2013)	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Bachouch et al. (2011)	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Bertels – Fahle (2006)	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-
Braekers et al. (2016)	-	X	-	-	X	X	-	X	-	-
Bräysy et al. (2009)	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Bredström – Rönnqvist (2008)	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-
Dohn et al. (2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Eveborn et al. (2006)	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Fernandez et al. (1974)	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Fikar – Hirsch (2014)	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Hiermann et al. (2015)	X	-	-	-	X	X	-	X	-	-
T. Hindle et al. (2000)	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-
T. Hindle et al. (2009)	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanzarone – Matta (2014)	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-
Mankowska et al. (2013)	-	X	-	-	-	-	-	X	X	-
Misir et al. (2015)	X	-	-	X	X	X	-	X	-	-
Mutingi – Mbohwa (2014)	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-
M. S. Rasmussen et al. (2012)	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X
Redjem – Marcon (2016)	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Rest – Hirsch (2015)	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-
Trautsamwieser – Hirsch (2011)	X	-	-	X	X	X	-	X	-	-
Trautsamwieser et al. (2011)	X	-	-	X	X	X	-	X	-	-
Yalçındağ et al. (2016)	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Yuan et al. (2015)	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-
Összesen:	10	7	6	6	7	8	2	9	5	2

2. táblázat Az egyperiódusú otthoni gondozás útválasztási és ütemezési problémáinak célkitűzései

Forrás: saját szerkesztés Fikar and Hirsch (2017) alapján. A hivatkozások az eredeti cikkben találhatóak meg.

A szakirodalom feltárása során megállapítottuk, hogy két aspektus vizsgálatának a tudományos közösség eddig nem szentelt figyelmet ezen a területen – ezek az alábbiak: a közlekedési módválasztás és a fenntarthatóság. A jelen tanulmányban bemutatott algoritmus a *Branch and Bound* megoldási módszeren alapul (Clausen, 1999; Rouillon, Desaulniers, & Soumis, 2006), célja a kereslet (ápolási igények) kielégítése a legrövidebb út (legalacsonyabb költség) mellett.

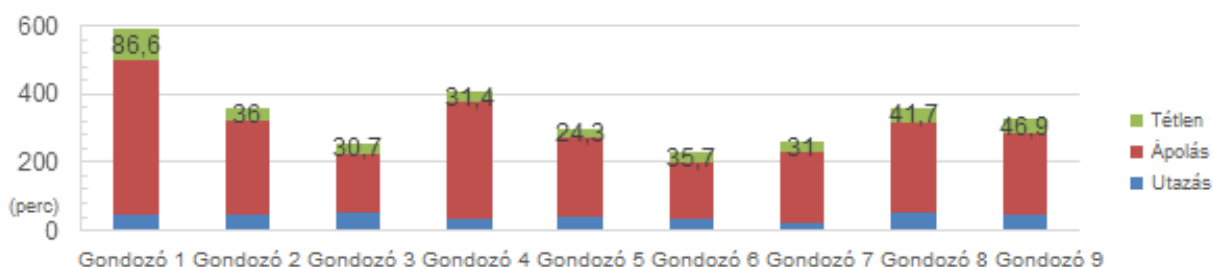
A munkaterhelés elosztására merítettünk a *hátizsák* és az *általános hozzárendelési probléma (GAP)* megoldási módszereiből (Albareda-Sambola et al. 2006; Fisher et al. 1986; Li – Curry, 2005; Martello – Toth, 1981; Osorio – Laguna, 2003; Ross – Soland, 1975). Ezekon kívül felhasználtuk még Ribeiro – Pradin (1993) munkáját, akik két szakaszra bontották a GAP megoldását: először csoportosították a hasonló tevékenységeket, majd a második szakaszban újra elosztották, hogy még tovább csökkentsék a kevésbé hatékony megoldások számát. Ezen a ponton hozzáadtuk az algoritmushoz Osorio – Laguna (2003) eljárását, amely szerint az erőforrások vagy ügynökök hatékonyságának

vizsgálatán alapuló kiválasztás az optimumhoz még közelebb álló eredményt hoz.

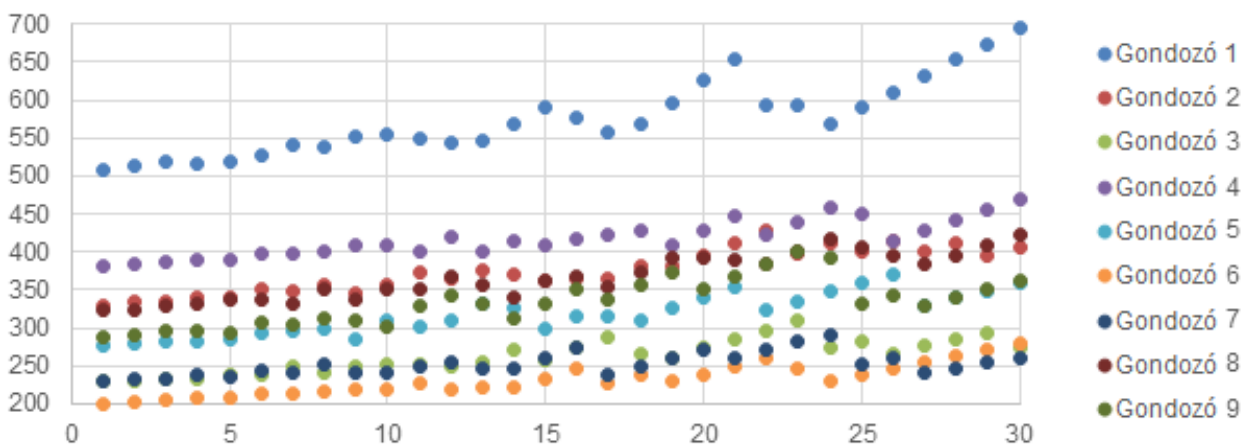
Az így létrejövő algoritmus minimalizálja a költségeket, miközben növeli az erőforrások kihasználtságát. Eredményességét meghatározza az elérhető erőforrások (gondozónők munkaterhelése) és a nyújtott szolgáltatások időigénye.

Eredmények

Az időablakok bevonásával keletkezett tétlen idő annál több lett, minél több címet kellett az adott gondozónőnek felkeresnie, vagyis: minél több a rövidebb időigényű gondozási feladatot igénylő páciens, annál költségesebbé válik a szolgáltatónak betartania a szolgáltatási minőséget növelő időablakokat. Felvetődik a kérdés, hogy a munkaidő-kihasználtság csökkenése ebben az esetben mennyire „drága”, hiszen ha túlságosan sok ilyen periódus van a munkatársak napjaiban, az végül további gondozónő alkalmazásához vezethet, és ez nem felel meg a költséghatékonysági céloknak. A 3. ábra szemlélteti az egyes gondozónők útvonalának megoszlását a fix időpontra érkezések bevezetésével, az utazással, gondozással, tétlenül töltött idő szempontjából. A 4. ábra szemlélteti az érzékenységvizsgálat eredményét. Mindkét ábrán megfigyelhető, hogy a legtöbb címre kijáró gondozónő (Gondozó 1³) munkaideje a leginkább érintett az időablakok hosszának változtatása által. A többi útvonalhoz (gondozónőhöz) tartozó összes időigény negyedórás időablakokkal nem változna olyan mértékben, hogy plusz munkaerőt kelljen bevonni a feladatok ellátására.



3. ábra A gondozónők útvonalának megoszlása a fix időpontra érkezések bevezetésével az utazással, gondozással, tétlenül töltött idő megoszlása szerint



Forrás: saját szerkesztés

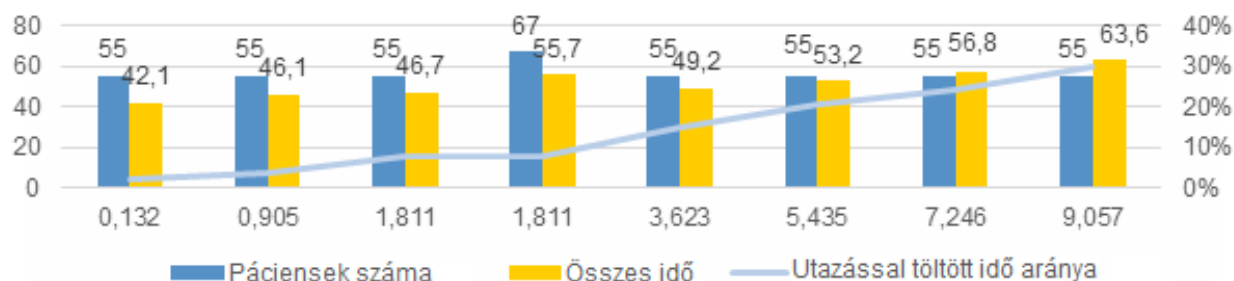
4. ábra Az érzékenységvizsgálat eredményei különböző időablakok esetén ($\Delta=1...30$ perc)

Forrás: saját szerkesztés

Megállapítható tehát, hogy egy *trade-off* (kompromisszum) alakul ki a szolgáltatási színvonal növelése érdekében alkalmazott népszerű menedzsmenteszköz – az érkezés fix időponthoz kötése – esetén az összes feladat teljes időigényével (költségével) szemben.

³Megjegyzés: ez a gondozónő 12 órás munkarendben dolgozik, a mindennapos, hétvégén is gondozást igénylő (tehát informális segítőt nélkülöző) pácienseket látja el.

A mTSP-szimulációk további idő-, azaz költségmegtakarítást eredményeztek: kevesebb gondozónőre és kevesebb időre volt szükség az összes páciens ellátásához. További eredmény, hogy sikeresen elválasztottuk egymástól a kereslet növekedésétől és a lokációtól függő hatásokat. Az 5. ábra bemutatja, hogyan változik a teljes ellátási időigény és az utazással töltött idő aránya a páciensek számának változására, illetve az eloszlásuk változására. A vízszintes tengelyen jelöltük az eloszlás (σ) értékét, a bal oldali függőleges tengelyen az időt órákban. Megfigyelhető, hogy az utazással töltött idő arányára egyedül az eloszlás nagysága hat, a páciensek számának növekedése vagy csökkenése nem.



5. ábra Teljes ellátási időigény és az utazással töltött idő aránya a páciensek különböző száma, illetve eloszlása esetén

Forrás: saját szerkesztés

A szimuláció alapvetően az Eurostat fent említett előrejelzésének hatását vizsgálja, amelyet a harmadik és a negyedik oszlopban figyelhetünk meg: a páciensek számát 55-ről 67-re növeltük, a $\sigma=1,811$ változatlansága mellett. Az eloszlásértékek változtatása mellett lefuttatott szimulációk azt hivatottak bemutatni, hogy a kisebb σ értékek mellett csökken, a nagyobb σ értékek mellett növekszik az utazással töltött idő aránya a teljes ellátásra fordított idő arányán belül.

A közlekedési módválasztást kezelő és a fenntarthatósági szempontokat figyelembe vevő, az útvonal és a munkaterhelés elosztására (optimalizálására) létrehozott algoritmus a következő szakaszokból és lépésekből áll:

1. szakasz: páciensek csoportosítása útvonalanként
2. szakasz: napi otthoni ápolási szolgáltatás kiszámítása
 - 2.1. lépés: az egyes gondozónők munkaterhelésének kiszámítása
 - 2.2. lépés: az egyes útvonalak munkaterhelésének kiszámítása
3. szakasz: napi munkaterhelés kiszámítása
 - 3.1. lépés: a legnagyobb munkaterheléssel jellemezhető útvonal hozzárendelése N_o gondozónőhöz
 - 3.2. lépés: az útvonal megosztása, ha a munkaterhelés magasabb, mint a gondozónő szabad kapacitása
4. szakasz: költség kiszámítása
5. szakasz: a munkaterhelés-elosztás hatékonyságának kiszámítása minden közlekedési módra: a 3. szakasz hozzárendeléseinek hatékonysága (α) N_o gondozónőre,

$$N_o \rightarrow \alpha_o; \alpha_o \in [0,1]; \forall o \rightarrow o = \{1..e\} \quad (14)$$

ahol:

$$\alpha_{ok} = \frac{\text{Load}(N_o)}{\text{Capacity}(N_o)}$$

Az algoritmus 4. és 5. lépése során vizsgált közlekedési módok költsége és hatékonysága összefoglalóan a 3. táblázatban található meg.

3. táblázat Az algoritmus lépései során vizsgált közlekedési módok költsége és hatékonysága

Ti	Közlekedési mód	C(Ti)
T1	Cyaloglás	0
T2	Tömegközlekedés	20€/hó
T3	Elektromos kerékpár	9€/hó
T4	Taxi	3€/út (fix áras)
T5	Személygépjármű	0,19€/km +parkolás

Nap	Tömegközlekedés		Elektromos kerékpár	
	Gondozónók száma	Átlagos hatékonyság	Gondozónók száma	Hatékonyság
Hétfő	9	0,77	7	0,87
Kedd	9	0,79	7	0,89
Szerda	8	0,85	7	0,85
Csütörtök	9	0,78	7	0,87
Péntek	9	0,78	7	0,88
Szombat és vasárnap	2	0,76	2	0,53

Forrás: saját szerkesztés

Összefoglaló gondolatok

A kutatásban az otthoni ápolást mint szolgáltatást vizsgáltuk logisztikai és fenntarthatósági szempontból. Az első részben bevezettük a szolgáltatásminőség növelése céljából az érkezési időablakokat, amelynek szimulációja révén számszerűsítettük a többlet-munkaterhelés, illetve emberi erőforrás szükségességét az érkezés pontosságának növelése érdekében. Megállapítottuk, hogy az időablakok által okozott „tétlenség” ideje milyen mértékben növeli a teljes időszükségletet, amely kapcsán azonosítottuk a szolgáltatásminőség és az erőforrás-gazdálkodás közötti trade-offot. Az ellátórendszer fenntarthatóságát ez negatívan befolyásolja, így – az EU szakpolitikai céljaira is tekintettel – ez további vizsgálatokat igényel.

A kutatás második alkalmazott módszere a térbeli elhelyezkedés és kereslet összefüggéseit vizsgálta, hogy az egyes hatások elválaszthatóvá váljanak egymástól. Bevezettük a közlekedési módválasztás hatását is az otthoni ápolási szolgáltatásra, amely esetünkben az eloszlás szórásnégyzetét növelő vagy csökkentő eszköz. Megállapítottuk, hogy az utazással töltött idő aránya az eloszlástól függ – és nem a felmerült igénylők számától. Ez az ismeret jelentőséggel bír az ellátórendszer kapacitásának tervezésekor a várható igénynövekedés miatt, amely – egyéb tényezők változatlansága mellett – a demográfiai előregedés velejárója.

A harmadik részben létrehoztunk egy algoritmust, amely egyaránt képes kezelni a költségmegtakarítási célokat és a közlekedési módválasztást, valamint megvizsgáltuk egy fenntarthatóbb közlekedési eszköz (elektromos kerékpár) alkalmazásának lehetőségét. A javasolt otthoni ápolási útvonal- és beosztástervező algoritmussal, valamint – a vizsgált vagy hasonló szolgáltatási terület esetében – elektromos kerékpárok alkalmazásával rugalmas és pénzügyi szempontból is fenntartható idősellátási szolgáltatási móddá válhat.

A módszertan felhasználható lehet más citylogisztikai kihívások vizsgálatában is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a szerző doktori értekezésének része, így a kutatási folyamatban – főként a kutatási módszertan és a bemutatott algoritmus kialakításában – segítséget nyújtottak mentorai és kutatótársai: Lorenzo B. Ros-McDonnell, PhD, a Cartagenai Műszaki Egyetem (UPCT) egyetemi tanára, María Victoria de la Fuente, PhD, az UPCT egyetemi tanársegéde és Robert Vodopivec, PhD, a Mediterranean Institute for Advanced Studies kutatója.

Felhasznált irodalom

- Albareda-Sambola, María – Van Der Vlerk, Maarten H. – Fernández, Elena (2006): Exact solutions to a class of stochastic generalized assignment problems, *European Journal of Operational Research*, 173:2, 465-487. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.035>
- Bennett, Ashlea R. (2010): Home health care logistics planning, PhD-értekezés, Georgia Institute of Technology, Atlanta. <http://hdl.handle.net/1853/33989>
- Blomqvist, Ake – Busby, Colin (2012): Long-term care for the elderly: Challenges and policy options, *CD Howe Institute Commentary*(367). <https://www.cdhowe.org/public-policy-research/long-term-care-elderly-challenges-and-policy-options>
- Briggs, Ronald (2010): Descriptive Statistics for Spatial Distributions - Review Standard Descriptive Statistics Centographic Statistics for Spatial Data. <http://www.utdallas.edu/~briggs/>
- Carpenter, Iain et al. (2004): Community care in Europe. The aged in home care project (AdHOC), *Aging Clinical and Experimental Research*, 16:4, 259-269. <https://doi.org/10.1007/BF03324550>
- Chopra, Sunil (2003): Designing the distribution network in a supply chain, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39:2, 123-140. [https://doi.org/10.1016/S1366-5545\(02\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(02)00044-3)

- Clausen, Jens (1999): Branch and bound algorithms-principles and examples, Department of Computer Science, University of Copenhagen, 30 o. <https://imada.sdu.dk/~jbj/DM85/TSptext.pdf>
- Czibere Károly – Cál Róbert I. (2010): The Long-Term Care system for the elderly in Hungary, ENEPRI Research Report No. 79. <https://www.ceps.eu/ceps-publications/long-term-care-system-elderly-hungary/>
- Ehmke, Jan Fabian – Campbell, Ann Melissa – Urban, Timothy L. (2015): Ensuring service levels in routing problems with time windows and stochastic travel times, *European Journal of Operational Research*, 240:2, 539–550. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.06.045>
- Európai Bizottság (2015): Innovation for Active & Healthy Ageing. Paper presented at the European Summit on Innovation for Active and Healthy Ageing, Brussels. Final Report. https://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/active-healthy-ageing/ageing_summit_report.pdf
- Eveborn, Patrik – Flisberg, Patrik – Rönnqvist, Mikael (2006): Laps Care—an operational system for staff planning of home care, *European Journal of Operational Research*, 171:3, 962–976. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.011>
- Fikar, Christian – Hirsch, Patrick (2017): Home health care routing and scheduling: A review, *Computers & Operations Research*, 77, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.07.019>
- Fisher, Marshall L. – Jaikumar, R. – Van Wassenhove, Luk N. (1986): A multiplier adjustment method for the generalized assignment problem, *Management Science*, 32:9, 1095–1103. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.9.1095>
- Gillsjö, Catharina – Schwartz-Barcott, Donna – von Post, Iréne (2011): Home: The place the older adult can not imagine living without, *BMC Geriatrics*, 11:1, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-11-10>
- Keenan, Teresa A. (2010): Home and community preferences of the 45+ population, AARP, Washington DC. <http://assets.aarp.org/rgcenter/general/home-community-services-10.pdf>
- Lee, Jon – Raffensperger, John F. (2006): Using AMPL for teaching the TSP, *INFORMS Transactions on Education*, 7:1, 37–69. <https://doi.org/10.1287/ited.7.1.37>
- Li, V. C. – Curry, Guy L. (2005): Solving multidimensional knapsack problems with generalized upper bound constraints using critical event tabu search, *Computers & Operations Research*, 32:4, 825–848. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2003.08.021>
- Martello, Silvano – Toth, Paolo (1981): An algorithm for the generalized assignment problem, in: Brans, J. P. (szerk.): *Operational research*, North-Holland, Amsterdam, 589–603.
- Miller, C. E. – Tucker, A. W. – Zemlin, R. A. (1960): Integer programming formulation of traveling salesman problems, *Journal of the ACM*, 7:4, 326–329. <https://doi.org/10.1145/321043.321046>
- Nahal, Sarbjit – Ma, Beija (2014): The Silver Dollar – Longevity Revolution Primer. <https://www.longfinance.net/programmes/sustainable-futures/london-accord/reports/the-silver-dollar-longevity-revolution-primer/>
- OECD (2015): Health at a Glance 2015: OECD Indicators. OECD Publishing, Párizs. https://doi.org/10.1787/health_glance-2015-en
- Osorio, María A. – Laguna, Manuel (2003): Logic cuts for multilevel generalized assignment problems, *European Journal of Operational Research*, 151:1, 238–246. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00576-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00576-3)
- Rasmussen, Rasmus (2011): TSP in Spreadsheets – a Guided Tour, *International Review of Economics Education*, 10:1, 94–116. [https://doi.org/10.1016/S1477-3880\(15\)30037-2](https://doi.org/10.1016/S1477-3880(15)30037-2)
- Ribeiro, J. F. – Pradin, B. (1993): A methodology for cellular manufacturing design. *International Journal of Production Research*, 31:1, 235–250. <https://doi.org/10.1080/00207549308956723>
- Ross, G. Terry – Soland, Richard M. (1975): A branch and bound algorithm for the generalized assignment problem, *Mathematical Programming*, 8:1, 91–103. <https://doi.org/10.1007/BF01580430>
- Rouillon, Stéphane – Desaulniers, Guy – Soumis, François (2006): An extended branch-and-bound method for locomotive assignment. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40:5, 404–423. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2005.05.005>
- Szociális Védelmi Bizottság és az Európai Bizottság (2014). Adequate social protection for long-term care needs in an ageing society, Brüsszel. <https://op.europa.eu/hu/publication-detail/-/publication/71532344-ddf1-4d34-a7aa-f65c701a22a2>

Valamennyi online forrás esetében az utolsó hozzáférés ideje: 2020. december 17.