
GUBÁN MIKLÓS GUBÁN ÁKOS

Egy multinacionális vállalat centrumkeresési problémájának elemzése és előkészítése egy genetikus algoritmussal történő megvalósításhoz

Analysis and preparation of a solution by means of a Genetic Algorithm of the problems related to the selection of a central location by a multinational company

The major topics of our former research were the problems of location selection. The initial problem goes back to the 1980s, the years when the Hungarian electoral constituencies were defined in such a way that settlements were assigned to so-called centres, so that the number of voters was nearly equal, and the distance between the centres and the settlements assigned to them remained under a pre-defined limit. The problem could be managed by modified, non-hierarchical cluster analysis; however, this was a rather lengthy process. Obviously this method does not solve the entire problem of location selection because of the pre-defined character of the centres (i.e. larger settlements were designated as centres).

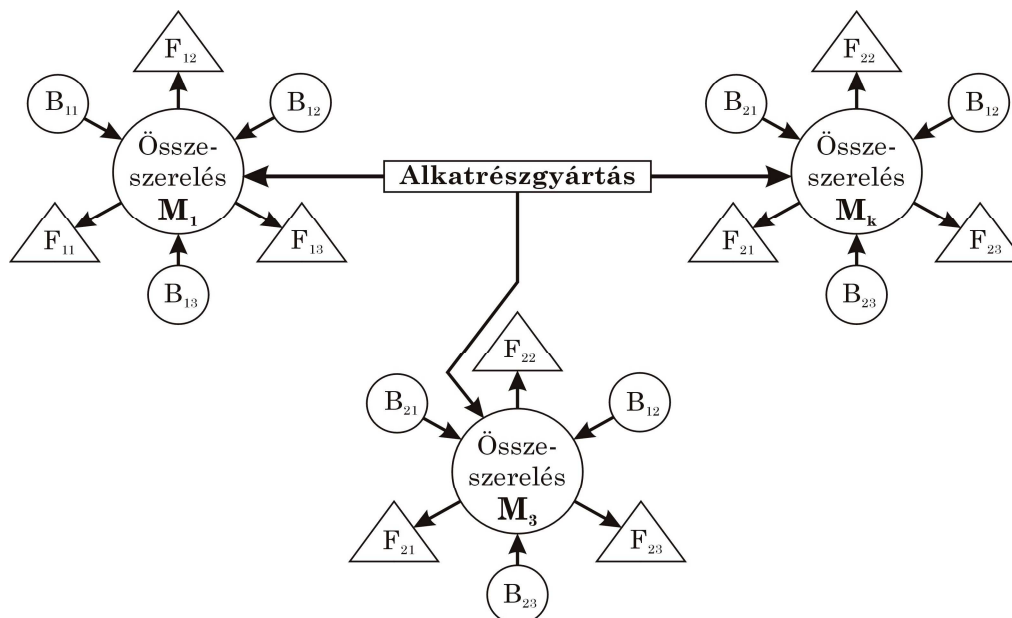
Our research led to alternative directions by the appearance of some new problems. Multinational companies often employ the method of delayed assembly, production and packing. This means that the last phase of assembly (and, in some cases, packing) is outsourced to locations close to users. Thereby they can speed up the sales process and enable the manufacture of a number of varieties of a product in order to satisfy the demands of groups of users with different cultures and social systems. The primary difference between delayed assembly, production and packing is that in the case of assembly and production, a system of suppliers needs to be established near the assembly plant, i.e. more parts and semi-finished products are to be sourced from that particular region. In the case of packing, fewer "parts" and suppliers are needed. It is also important that there should be a sufficient number of users in the region who are able to purchase the whole output of the plant at an appropriate price. The differences in the quality of infrastructural circumstances make the problem even more complex.

1. Bevezetés

Korábbi kutatásaink központi témája a telepítési problémák voltak. A kiindulási probléma még az 1980-as évekre nyúlik vissza, amikor tervek között szerepelt a magyarországi választóközetek olyan kialakítása, ahol a „centrumok” köré települések rendelődnek úgy, hogy a centrumokhoz tartozó települések szavazó létszáma közel azonos, és a települések és a centrumok közötti távolság egy rögzített korlát alatt marad. A probléma kezelhető volt módosított nem hierarchikus klaszter analízis módszerével, bár a megoldás eléggé hosszadalmas volt. Nyilván ez a probléma nem elégíti ki teljes mértékben a telepítési problémákat, mivel itt a centrumok eleve adottak voltak (nagyobb települések).

A kutatásainkat több újabb valós probléma megjelenése irányította más irányba. A multinacionális cégek gyakran alkalmazzák azt a megoldást, hogy a késleltetett összeszelést, gyártást illetve késleltetett csomagolás megoldását alkalmazzák. Azaz a szerelés utolsó fázisait (esetleg a csomagolást) a felhasználók közelébe

helyezik ki. Így meggyorsítják az értékesítés folyamatát, valamint lehetőséget biztosítanak az eltérő társadalmi rendszerű és kultúrájú felhasználói csoportok igényeinek kielégítésére egyedi termékváltozatok kialakítására. Természetesen a készletetett összeszerelés, gyártás, csomagolás abban tér el elsősorban, hogy az összeszerelés és gyártás esetén, egy az összeszerelő üzemhez közel elhelyezkedő beszállítói rendszert kell kiépíteni, azaz több alkatrészt, félkész terméket kell az adott centrum közeléből beszerezni. A csomagolás esetén ez kevesebb „alkatrészt” igényel és kevesebb beszállítót. Fontos továbbá az is, hogy a centrumok közelében megfelelő számú olyan felhasználó legyen, akik a teljes termelt mennyiséget képesek megvásárolni, a megfelelő áron. (Tovább bonyolítja a problémát az infrastrukturális körülmények eltérő minősége.)



1. ábra
Készletetett összeszerelés [3]

A problémakör bővülését jelentette a biomassza feldolgozó üzemek telepítésének problémája. Lényegében itt is az összeszereléssel hasonló problémát találunk. Mivel ebben a problémakörben is meg kell határozni a centrumok (biomassza feldolgozó üzemek) helyét, közelében megfelelő mennyiségű és minőségű alapanyagot biztosító mezőgazdasági, fafeldolgozó stb. üzemek kell, hogy elhelyezkedjenek, továbbá a felhasználó helyek is megfelelő módon és megfelelő távolságra legyenek megtalálhatók.

A korábbiakban a fent vázolt problémakörre már adtunk megoldásokat, ismertek egzakt matematikai megoldások és heurisztikus eljárások. A továbbiakban első lépésben megadjuk a rendszer matematikai modelljét, majd röviden ismertetjük a korábbi megoldásokat és hátrányaikat.

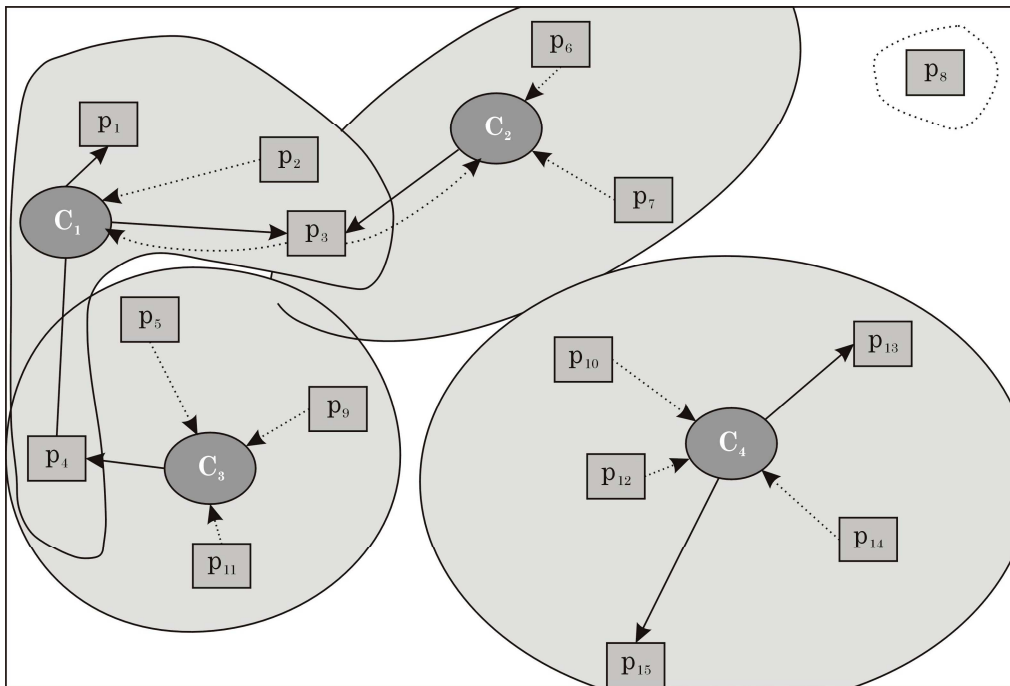
2. A rendszer általános leírása

A megoldás legegyszerűbben egy nem feltétlen összefüggő gráffal, egy „csillag-rendszerrel” modellezhető. Legyen a lehetséges centrumok halmaza:

$$C = \{c_i | i = 1, K, n\}$$

Általános esetben a felhasználók és a beszállítók lehetnek azonosak, gondoljunk egy kereskedelmi vállalatra, mely a szükséges alkatrészeinket is, de a termékünket is forgalmazhatja. A jelen bekezdésben a továbbiakban partnereknek fogjuk hívni és $P \triangleq \{p_i | i = 1, K, m\}$. Legyen az optimális telepítés irányított gráfja $G(V, E)$, ahol $V \subseteq C$ és $E = \{(c_i; p_j) \vee (p_j; c_i) | i = 1, K, n; j = 1, K, m\}$ élek halmaza mutatja, hogy melyik partnerrel van kapcsolatban az adott ideális centrum. Az él iránya azt mutatja, hogy beszállítóként, vagy felhasználóként vesszük figyelembe az adott partnert.

Az általános esetben egy beszállító több centrumhoz kötődhet, azonban egy felhasználóhoz csak egy centrum szállíthat. A 2. ábra egy 4 centrumú és 15 partnerű (5 felhasználójú és 9 beszállítójú) telepítést mutat egyelőre ismeretlen terméktípusra és alkatrésztípusra.



2. ábra
Egy egyszerű telepítés általános váza

Legyen továbbá az $U_i \triangleq \{p_j \mid (c_i; p_j) \in E\}$ a felhasználók halmaza a c_i centrumhoz, és hasonlóan a beszállítók halmaza: $S_i \triangleq \{p_j \mid (p_j; c_i) \in E\}$. $P_i \triangleq U_i \cup S_i$ egy adott centrum partnereinek halmazát jelenti.

Természetesen a gráf csupán csak a kapcsolatokat mutatja, de semmilyen információnk nincs arról, hogy milyen alkatrészek vagy termékek szerepelnek a kapcsolatban, sőt nem tudjuk a mennyiségüket sem. (Továbbiakban feltételezzük, hogy mind a termékek, mind pedig az alkatrészek diszkrét.)

A gráf természetesen átalakítható lenne úgy, hogy annyi él szerepeljen egy kapcsolatban, ahány terméktípus vagy alkatrésztípus szerepel a hozzárendelésben. Ekkor az éleken már súlyként szerepelhetne a kapcsolatbeli mennyiség is. Ez a megoldás nagyon elbonyolítaná a gráfot, ami használhatatlanná tenné.

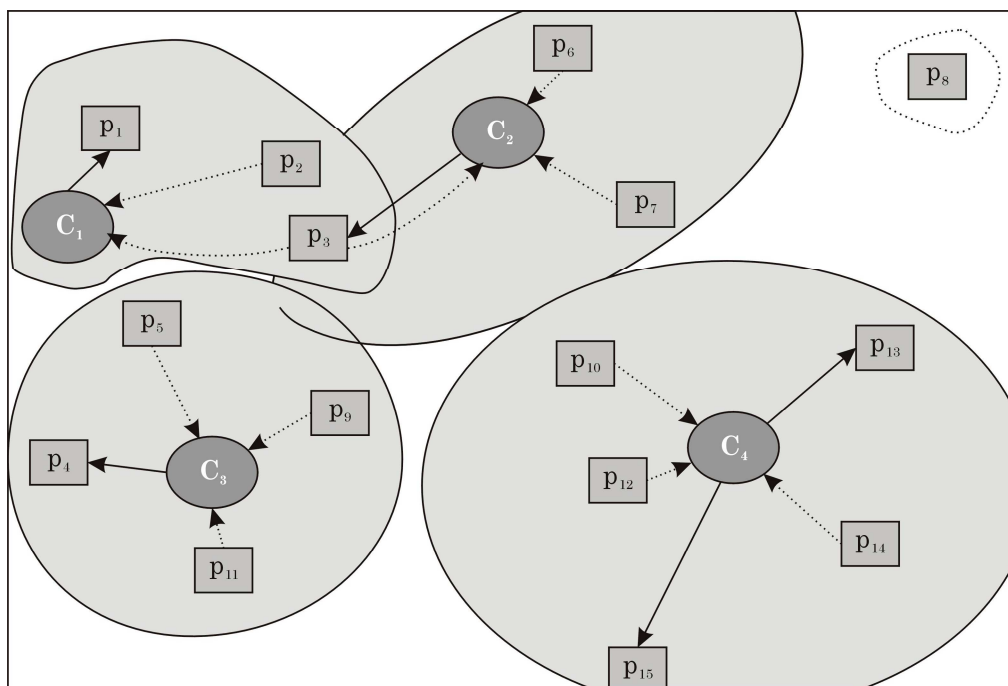
Egy jobb megoldás érdekében egy másik aspektusból vizsgáljuk a problémát. Számunkra egy telepítés nem attól jobb vagy rosszabb, hogy milyen termékkel/alkatrésszel kapcsolódik egy centrumhoz egy partner, hanem az a fontos, hogy milyen minőségű egy telepítés. Ezért mind a centrumokhoz, mind a partnerekhez, mind pedig a kapcsolathoz rendelhetünk egy „költség” súly értéket. Ezek egy jól meghatározott lineáris kombinációja fogja számunkra megadni, hogy az adott centrumhoz történt hozzárendelés milyen „értékű”. Az már a korábbi vizsgálatokból kiderült, nagyon fontos a telepítéshez egy jól megkonstruált célfüggvényt rendelni. [2]

3. A telepítés optimalizálási célfüggvénye

A telepítés célfüggvényének meghatározása komplex feladat. Egyrészt azért, mert a célfüggvény komponensei önmagukban nem összemérhető mennyiségek, illetve értékek. Másrészt a benne szereplő kvantitatív elemek csak becsléseken alapulnak, emiatt maga az optimalizálás sem biztosíthat pontos értéket. Az első probléma az, hogy a költségelemeket milyen időintervallumra tekintjük.

Mivel a telepítés alapköltsége fix, a projekt elején felmerülő költség, az nyilvánvaló, hogy „fajlagosítása” a centrum *teljes elavulási idejére* kell, hogy vonatkozzon. Az, hogy az elavulás alatt mit értünk, megint csak szemlélet kérdése, a továbbiakban célszerű lesz azt az időintervallumot érteni alatta, amely időre egyrészt nagy valószínűséggel tervezhető a stabil termelés/összeszerelés/csomagolás, közel azonos mennyiségi szinten, vagy megadható az a hányada a működési időtartamnak, amire a termelés még becsülhető és a hányad legalább a működési időtartam fele. A továbbiakban az elavulási időt évekre vonatkoztatjuk.

A vizsgálatok céljából néhány egyszerűsítő feltételezést végzünk, amely nem fogja a problémát nagymértékben módosítani (sőt, a módosított modell leképezhető egyszerű transzformációval az eredeti problémára). Egy felhasználó felé csak egy centrum szállíthat. Ez a megkötés azért nem rontja a helyzetet, mivel a telepítés során az eljárás határozza meg a centrum kapacitásait, így oly módon paraméterezzük a centrumot, hogy egyedül képes legyen ellátni az adott felhasználót. A módosítás a következőt jelenti a 2. ábra esetén (3. ábra).



3. ábra
Módosított telepítés

A telepítési célfüggvényt a legtöbb szakirodalom általánosítás értelemben és rögzített, jól definiált költségként kezeli. A benne szereplő komponenseket nem túlságosan részletesen elemzi, és a végleges és optimalizálásban használt telepítési költségbe nagyon nagyvonalúan építik be és az üzem életciklusára vonatkozóan egyenletesen osztják fel.

Az nyilvánvaló, hogy ennek a megoldásnak az előnye, hogy a számítások és formalizmusok, valamint az optimalizálási célfüggvény nem lesz olyan összetett és bonyolult, ezáltal a használata egyszerű. Mivel a valóságban ezek a telepített késleltetett összeszerelő üzemek aránylag rövid életciklust élnek meg, ezért fontos figyelembe venni a változó mennyiségi és költségtényezőket. Ennek vizsgálatára a szakirodalomban igen kevés kutatás, elemzés található. A kutatás során első lépésben nagyvonalúan szétbontottuk a telepítés költségeit. A kapott komponenseket továbbá úgy tekintjük, hogy ezek egymástól függetlenek, illetve a köztük lévő kapcsolatok nem jelentősek számunkra, ezért önállóan vizsgálhatók. Minden komponens alapját a tervezett szerelési és kiszállítási mennyiség fogja elsődlegesen meghatározni.

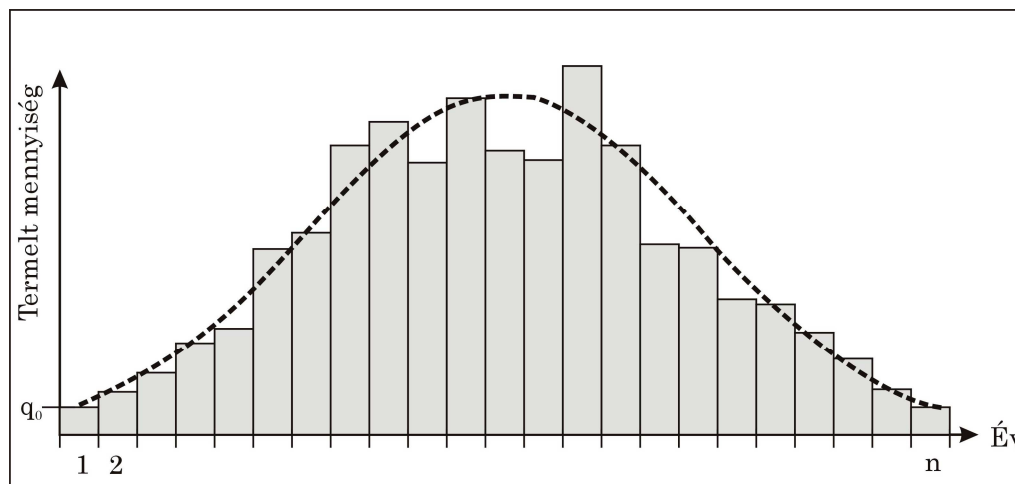
Megjegyzés: A bekezdés címében célfüggvény szerepel, a mi esetünkben most mint minőséget használtuk. Természetesen végső eredményként már egy konkrét kvantitatív célfüggvényt adunk meg.

4.1. A termelés mennyiségi modelljei az összeszerelő üzemek esetében

Az összeszerelő üzemek életciklusa eltér az adott anyavállalat életciklusától. Ennek több oka van, egyrészt ezek az üzemek csak a szerelés egy részét végzik, mégpedig a végső összeszerelést. Ez a tevékenység függ a telepítési hely megrendelési környezetétől, másrészt függ az adott környezet infrastrukturális, társadalmi környezetétől. A tapasztalatok szerint egy összeszerelő üzem létesítése általában nem olyan nagy költséget jelent, hogy aránylag rövid időtávon belül ne térüljön meg a létesítés költsége. Emiatt a továbbiakban úgy tekintjük, hogy a multinacionális központ a telepítendő centrumaira nagyságrenddel rövidebb megtérülési időre vizsgálja a költségeket, mint a saját maga esetében. A továbbiakban ezt a vizsgált időt elavulási időnek fogjuk nevezni. Az is természetes, hogy ezalatt az idő alatt az értékesített (azaz összeszerelt) termékek mennyisége is eltérő értéket mutat. Az is nyilvánvaló, hogy a szerelő üzem életciklusa nagymértékben függ a termék életciklus görbétől. Bár tapasztalható az is, hogy egy vállalat csupán olcsóbb szerelési költség miatt is képes új telepítést végrehajtani, és emiatt egy korábban jól működő szerelőüzemet bezár.

Vizsgáljuk meg egy adott termék értékesítési görbét egy megtérülési időn belül, abban az esetben, ha csak ettől függ egy üzem élettartama.

Az értékesítési görbének leginkább az alábbi négy típusát vesszük figyelembe, mivel években vizsgálódunk, éven belüli szezonálisokat nem vesszük figyelembe.



4. ábra
Normális eloszlású termelés

A számításokhoz használt közelítő függvény:

$$q_j = q_0 + \frac{1}{2\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\left(j - \left[\frac{n}{2}\right]\right)^2}{2\sigma^2}}; \quad (j = 1, K, n). \quad (1)$$

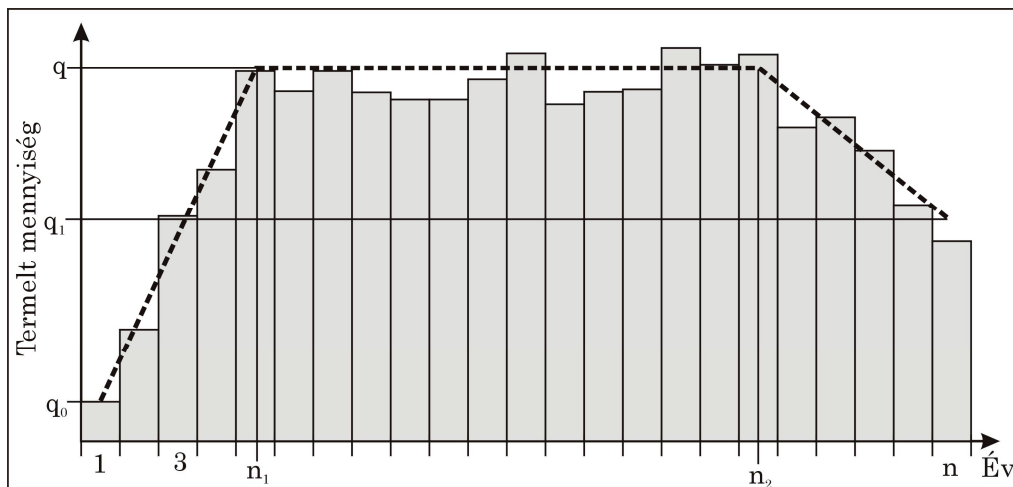
ahol:

$q_0 > 0$ a minimálisan termelt mennyiség;

q_j a k éves elavulási idő j évében kiszállított termékmennyiség;

σ a mennyiség szórása;

n az elavulási idő években.



5. ábra
Trapéz termelés

A közelítő függvény:

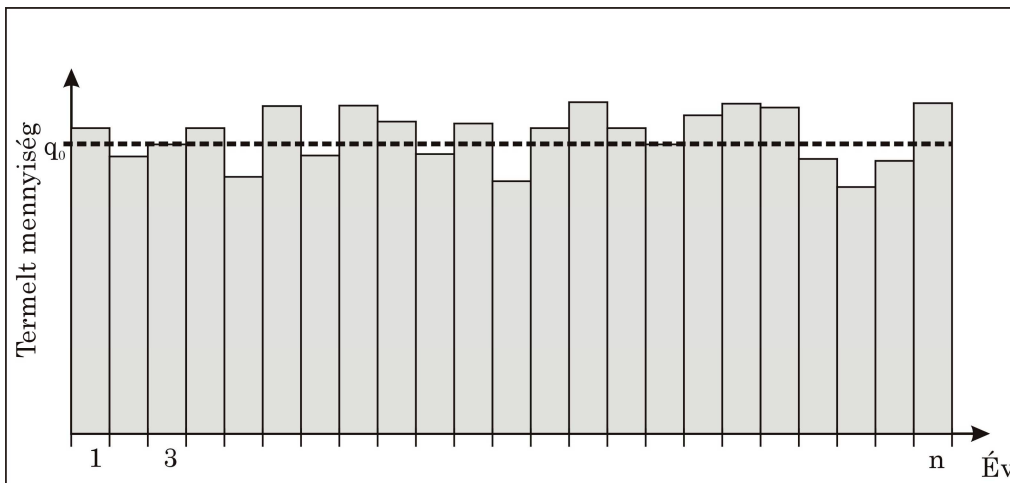
$$q_j = \begin{cases} q_0 + j \frac{q - q_0}{n_1} & \text{ha } j < n_1 \\ q & \text{ha } n_1 \leq j \leq n_2 \\ q_1 + (n - j) \frac{q - q_1}{n - n_2} & \text{ha } n_2 < j \end{cases} \quad (2)$$

ahol:

q_j a k éves elavulási idő j évében kiszállított termékmennyiség;

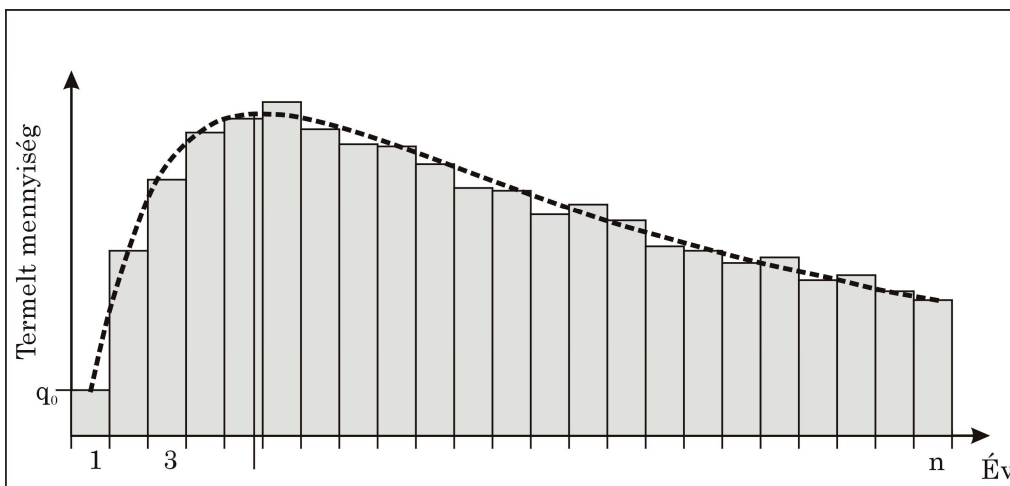
A további paraméterek az 5. ábra alapján értelmezhetők.

n az elavulási idő években.



6. ábra
Egyenletes termelés

$$q_j = q_0 \quad (3)$$



7. ábra
Lognormális termelés

A közelítő függvény:

$$q_j = q_0 + \frac{1}{2\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(j)-m)^2}{2\sigma^2}} ; (j = 1, K, n). \quad (4)$$

ahol:

- $q_0 > 0$ a minimálisan termelt mennyiség;
- q_j a k éves elavulási idő j évében kiszállított termékmennyiség;
- $\sigma; m$ termelésfüggő paraméterek;
- n az elavulási idő években.

4.2. A telepítés fix költsége

A telepítés során a legegyszerűbben elemezhető költségtényező a centrum (összeszerelő üzem stb.) létrehozásának alapköltsége. Ez egyrészt függ a helyszíntől, annak infrastruktúrájától, humán erőforrás ellátottságától stb.

Mutassa az $E^T = [e_1; K; e_n]$ vektor az összes lehetséges centrum létesítésének mennyiségtől független fix alapköltségét ($n \in \mathbf{N}^+$: a lehetséges telepítési helyek száma). Nyilván fontos költségtényező a telepítési centrum mérete, amelyet kizárólag a termelés volumene határoz meg. Nem követünk el nagy hibát, ha ezt a tényezőt a mennyiségtől lineáris függvényként kezeljük. Természetesen a linearitás csak számolási szempontból igaz, valójában tudjuk, hogy az alkalmazott humán erőforrás, vagy telepített szerelő/gyártósor, vagy maga a szerelő-üzem mérete diszkrét módon kerül hozzárendelésre egy központhoz és egy megadott intervallumon belül „használható”. Mégis megfelelő a lineáris, folytonos közelítés, mivel a fenti költség alsó és felső határa közötti eltérés elhanyagolható aránylag közepes termelési mennyiség esetén is (8. ábra). Ezért elegendő számunkra a fajlagos költség számításához a hiperbolikus közelítő függvény. Mely a következő egyszerű módon számítható egy centrum esetén (ha nem vesszük figyelembe a kamattényezőt), ha csak egyetlen egy terméket gyártunk:

$$c_i(q_i) = C_i + \frac{e_i}{q_i} \quad (i = 1, K, n), \quad (5)$$

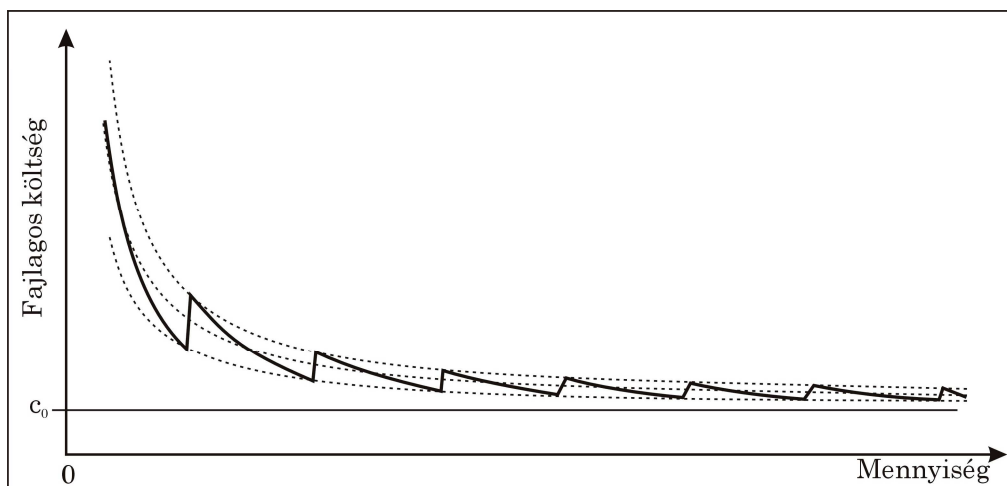
ahol:

- C_i csak az i telepítési centrumra jellemző költség paraméter;
- q_i a telepítés során a centrumhoz rendelt elavulási időre tervezett termelési mennyiség;
- c_i termelt mennyiségtől függő fajlagos telepítési költség.

Megjegyzés: Az elavulási idő a termelési módtól, készletgazdálkodás módtól is függ. Nem foglalkozunk a szezonális hatásokkal, feltételezzük a *telepítés előtt*, hogy egyenletes lesz a termelés.

Ennek megfelelően a diszkontált telepítési költség az elavulási időtartamig közelíthető egy egyszerű lineáris függvényvel. Könnyebb lenne a megoldás abban az esetben, ha minden termék azonos mértékben befolyásolná a telepítést, de ezek sajnos teljes mértékben eltérőek lehetnek. Ezért be kell vezetnünk egy terméktelepítési tényezőt $\mu_{li} \in [0;1]$ ($i = 1, K, n$); ($l = 1, K, s$), ahol n a lehetséges centrumok száma, s a terméktípusok száma.

$$c_i^T = \sum_{l=1}^s C_{il} \mu_{li} \sum_{j=1}^k \frac{q_{ijl}}{r_j} + e_i \quad (i = 1, K, n). \quad (6)$$



8. ábra

Az eladott mennyiségtől függő költségek fajlagos költségének alakulása a mennyiség függvényében

ahol:

q_{ijl} a k éves elavulási idő j évében a becsült kiszállított termékmennyiség, melyek eloszlása termékenként eltérő lehet, de feltétezzük, hogy a fenti négy

típus valamelyike $q_{il} = \sum_{j=1}^k q_{ijl}$;

r az elavulási idő egy évére vonatkozó becsült kamattényező.

Amennyiben egyenletes termelést (kiszállítást) tételezünk fel, akkor a (6) az alábbi formulára egyszerűsödik:

$$c_i^T = \frac{v(1-v^k)}{k(1-v)} \sum_{l=1}^s C_{il} \mu_{il} q_{il} + e_i \quad (7)$$

ahol $v = \frac{1}{1+r}$ diszkonttényező.

4.3. Késztermék kiszállítás fix költsége

A következő paraméter a késztermék szállítási költsége a felhasználók felé. Nyilván ez akkor is vizsgálendő, ha a szállítást nem mi magunk végezzük, mivel a magasabb szállítási költség a felhasználóknál/továbbértékesítőknél az árban jelentkezhet, és ez az értékesítendő mennyiséget befolyásolja. Az, hogy ezek hogyan építhetők be a célfüggvénybe, később vizsgáljuk. Első lépésben építsük fel a kiszállítási költség tényezőt, a termék szállítási költsége függ a távolságtól, szállítóeszköz típusától, a környezeti körülményektől (pl. adott területen az üzemanyag ára stb.) szállított mennyiségtől.

A kapott eredmény minősége nagymértékben függ attól, mennyire pontosan tudjuk előre becsülni a vizsgálandó körülményeket. Nagyon sok olyan tényező, amely ismert szállítás esetén bekerül a költségtényezőbe itt egyáltalán nem, vagy csak torzítottan építhető be. Például, előfordulhat, hogy saját magunk végezzük a szállítást, és a felhasználói igények miatt csak úgy tudjuk megoldani, hogy a szállítóeszköz nincs maximálisan kihasználva. Amennyiben éves időszakban vizsgálódnánk, akkor egyszerűen a mennyiséget elosztanánk a szállítóeszköz kapacitásával és kapnánk egy olyan fajlagos költségtényezőt, amely sokkal alacsonyabb, mint a valós érték. Továbbá a valós szállítási ütemezések esetében, használhatunk olyan egységgrakomány-képző eszközöket, amelyek használatával a különböző típusú termékek egyszerre szállíthatók. Továbbá képezhetünk körjáratokat is amelyek a különböző felhasználók felé egyszerre szállít ki termékeket. Ezek a megoldások egy telepítést megelőzően nagyon ritkán láthatók előre és igazán a már ismert telepítés, termelés és igények birtokában oldhatók meg optimálisan. Mégis ügyelni kell a szállítási költség becslése előtt, hogy ne térjünk el túlságosan a kialakuló valós helyzettől, mert a telepítés érzékenység vizsgálata során esetleg azt tapasztaljuk, hogy egészen más rendszer alakulna ki, egy közepes hiba esetén is.

Tehát, mivel a telepítés előtt nem ismert pontosan az elavulási időig terjedő kiszállítás ütemezése, a konkrét szállítóeszközök típusa, de a szállítási infrastruktúra minősége sem, ezért egy becsült értéket kell képeznünk. A megoldásban ismét a mennyiség, valamint a távolság játssza az elsődleges szerepet ezek nagyrészt ismert, vagy könnyen becsülhető értékek, másrészt ténylegesen fontos tényezők. Javíthatjuk a becslést, ha a szállításokat szétbontjuk felhasználói helyek szerint.

Vegyük az i telepítési centrumot és a hozzákapcsolódó felhasználókat U_i . A késztermék szállítás a felhasználói helyektől függően eltérő súllyal szerepelnek a telepítés során. (A fent említett okok miatt, egyes helyekre mi szállítunk, máshová nem, esetleg részben, illetve hogyan hat az árra és mennyiségre a mások általi szállítás.) Legyen $\lambda_i \triangleq [\lambda_{ijl}]$ $i = 1, K, n$; $j = 1, K, m$; $l = 1, K, s$, (n a lehetséges centrumok száma, m a lehetséges felhasználók száma, s a késztermékek száma, k az évek száma az elavulási időn belül.) és $\lambda_{ij} \in [0;1]$. Ennek megfelelően a késztermék szállítási teljes költség – az adott elavulási időre és egy éven belül azonosnak tekintve a paramétereket) becsülve:

$$C_i^D = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^s \lambda_{ikl} \sum_{j=1}^k \frac{\bar{c}_{iklh} q_{likh}}{r^h} \quad (i = 1, K, n). \quad (8)$$

ahol:

m az összes felhasználó száma;

\bar{c}_{iklj} a szállítási kapcsolatra vonatkozó becsült fajlagos költség az l késztermékre vonatkozóan a h évben.

Megjegyzés: azon j felhasználók esetében, akikhez nem történik az i centumból az l termék szállítása, ott a $\lambda_{ij} = 0$.

4.4. Késztermék ára

Becsüljük meg minden egyes centrumra a telepítési időpontra vonatkozóan az elavulási idő alatt eladott késztermék árát!

$$c_i^p = \sum_{l=1}^s \sum_{j=1}^k \frac{q_{ijl} p_{ijl}}{r^j} \quad (i = 1, K, n), \quad (9)$$

ahol:

p_{ijl} a k éves elavulási idő j évében a becsült ár az l termékre. $\left(q_{il} = \sum_{j=1}^k q_{ijl} \right)$;

r az elavulási idő egy évére vonatkozó becsült kamattényező.

Amennyiben feltételezzük, hogy közel azonos az éves kiszállított mennyiség és az ár nem változik (vagy csak kis mértékben):

$$c_i^p = \sum_{l=1}^s \frac{p_{il} q_{i0} v(1-v^k)}{k(1-v)} \quad (i = 1, K, n), \quad (10)$$

ahol:

$v = \frac{\Delta 1}{r}$ diszkonttényező;

q_{i0} az éves átlagos termékmennyiség;

p_{il} az l termék i centrumra vonatkozó átlagos ára az elavulási idő alatt.

4.5. Szerelési/gyártási költség

A számítás módja teljesen megegyezik a (9) és (10) késztermék árszámítással:

$$c_i^a = \sum_{l=1}^s \sum_{j=1}^k \frac{q_{ijl} f_{ijl}}{r^j} \quad (i = 1, K, n), \quad (11)$$

ahol

f_{ijl} a k éves elavulási idő j évében az l termék becsült ára $\left(q_{il} = \sum_{j=1}^k q_{ijl} \right)$

r az elavulási idő egy évére vonatkozó becsült kamattényező.

Amennyiben feltételezzük, hogy közel azonos az éves kiszállított mennyiség és az ár nem változik (vagy csak kis mértékben):

$$c_i^a = \sum_{l=1}^s \frac{f_{il} q_{i0} v(1-v^k)}{k(1-v)} \quad (12)$$

ahol:

$v = \frac{\Delta 1}{r}$ diszkonttényező;

q_{i0} az éves átlagos termékmennyiség;

f_{il} az l termék i centrumbeli átlagos ára az elavulási idő alatt.

4.6. Alkatrészbeszerzés költsége

Az alkatrész vagy félkész termék beszerzési költsége összetettebb, mint a késztermék ár számítás. Ez függ az alkatrész típusától, a beszállítótól. A költség becslésénél először feltételezzük, hogy csupán annyi alkatrész beszerzése szükséges, amennyi a megrendelt termékekbe beépül. Válójában egy biztonsági készletet már a termelés megkezdése előtt célszerű a raktáron tartani. Erről feltételezzük, hogy az elavulási idő alatt csak az évek elején változhatnak. A számításban résztvevő paramétereket az alábbi lista foglalja össze:

$\mathbf{B}[b_{jh}]$ beépülési mátrix, b_{jh} megmutatja, hogy a j termékbe mennyi h alkatrész épül be. ($j = 1, K, m$); ($h = 1, K, v$), ahol s a késztermékek száma, v az alkatrészek száma.

$\mathbf{A}_1[\bar{f}_{ilkv}]$ alkatrész ár, \bar{f}_{ilkv} megmutatja, hogy a h alkatrész egy darabja mennyibe kerül v beszállítónál a l évben az i centrumra vonatkozóan. ($i = 1, K, n$), ($h = 1, K, v$), ($l = 1, K, k$), ($v = 1, K, m_i$), ahol v a alkatrészek száma, m a beszállítók száma, k az évek száma, m_i az adott centrumhoz tartozó beszállítók száma). Amennyiben egy alkatrészt nem szállíthat valamely beszállító, az $a_{ij} \triangleq 0$.

Az l évben beszállított h alkatrész mennyisége az i centrumhoz:

$$\bar{q}_{ilh} = \sum_{v=1}^{\Delta} \bar{q}_{ilhv} \quad (l = 1, K, k), (h = 1, K, v), (i = 1, K, n) \quad (13)$$

\bar{q}_{ilhv} Az l évben beszállított h alkatrész mennyisége az i centrumhoz, v beszállítótól. Ennek meg kell egyeznie a megrendelt teljes mennyiséggel:

$$\bar{q}_{ilh} = \sum_{j=1}^m q_{ij} b_{jh} \quad (l = 1, K, k), (h = 1, K, v), (i = 1, K, n). \quad (14)$$

ahol

q_{ij} : az elavulási idő l évében eladott mennyiség a j termékből, az i centrum esetében.

Ennek megfelelően az alkatrész beszerzési költség az i centrumban az l évben:

$$\bar{c}_{il} = \sum_{h=1}^v \sum_{v=1}^{m_i} \bar{f}_{ilhv} \bar{q}_{ilhv} \quad (15)$$

ahol:

\bar{f}_{ilhv} az l évben a h alkatrész átlagos ára az i centrumnál, v beszállítóra vonatkozóan.

A (15)-nek megfelelően a teljes időszakra vonatkozóan az alkatrészbeszerzési költség az i centrumban:

$$\bar{c}_i = \sum_{l=1}^s \frac{\bar{c}_{il}}{r^l} \quad (i = 1, K, n) \quad (16)$$

4.7. Alkatrész beszállítási költség

A beszállítási költség részletezés nélkül:

$$\hat{c}_{il} = \sum_{h=1}^v \sum_{\nu=1}^{m_i} \hat{f}_{ilh\nu} \bar{q}_{ilh\nu} \quad (17)$$

ahol:

$\hat{f}_{ilh\nu}$ az l évben a h alkatrész átlagos becsült fajlagos költsége az i centrumnál, ν beszállítóra vonatkozóan.

A (17)-nek megfelelően a teljes időszakra vonatkozóan az alkatrész beszerzési költség az i centrumban:

$$\hat{c}_i = \sum_{l=1}^s \frac{\hat{c}_{il}}{r^l} \quad (i = 1, K, n) \quad (18)$$

4.8. Alkatrésztárolás költsége

Az alkatrésztárolás megint csak előzetesen nehezen becsülhető probléma. Ez nagymértékben függ az alkalmazandó készletgazdálkodási modelltől a beszállítók szállítási lehetőségeitől, raktárkapacitástól, stb. Így a számításhoz feltételezzük minden alkatrésyre, hogy előre becsülhető egy átlagos raktárban tartózkodási idő (napokban), minden egyes évére az elavulási idő alatt. Ezt az értéket jelölje d_{hl} . ($h = 1, K, \nu$), ($i = 1, K, n$). Továbbá legyen c_{hl}^d ($h = 1, K, \nu$), ($i = 1, K, n$) az adott alkatrésznek az adott évben egy napra eső fajlagos tárolási költsége. A költségeket éven belül nem diszkontáljuk az év elejére, mivel nem ismert az éven belüli eloszlása a raktározott mennyiségeknek, ezért egyszerűen az alábbi módon származtatjuk az adott évre eső raktározási költséget:

$$\hat{c}_{il}^p = \sum_{h=1}^v \sum_{\nu=1}^{m_i} \hat{c}_{ilh\nu}^d d_{ilh\nu} \bar{q}_{ilh\nu} \quad (19)$$

Ennek ismeretében már származtathatjuk a kívánt komponens értéket:

$$\hat{c}_i^p = \sum_{l=1}^n \frac{\hat{c}_{il}^p}{r^l} \quad (i = 1, K, n) \quad (20)$$

4.9. Készterméktárolás költsége

A késztermék a (19) és (20)-nak megfelelően:

$$c_i^s = \sum_{l=1}^s \sum_{j=1}^k \frac{q_{ijl} d_{ijl}^s c_{ijl}^s}{r^j} \quad (i = 1, K, n) \quad (21)$$

4.10. A költségfüggvény

A kapott komponensek ismeretében most már elő tudjuk állítani a költségre vonatkozó célfüggvényünket. Felhasználva (8), (9), (11), (16), (18), (.), (.), (.) összefüggéseket egy centrumra vonatkozó költségtényezők összege adja a keresett költséget, ezeket komponensenként összegezzük a kialakítandó centrumokra:

$$\begin{aligned} C_T &= \sum_{i=1}^n c_i^T & C_D &= \sum_{i=1}^n c_i^D & C_P &= \sum_{i=1}^n c_i^P & C_a &= \sum_{i=1}^n c_i^a & \\ C_{PB} &= \sum_{i=1}^n \bar{c}_i & C_{PS} &= \sum_{i=1}^n \hat{c}_i & C_{PP} &= \sum_{i=1}^n \tilde{c}_i^P & C_S &= \sum_{i=1}^n c_i^S & \end{aligned} \quad (22)$$

- C_T a szerelőcentrumok telepítési költségének egy évi leírása;
- C_D az elavulási idő alatt az összes összeszerelt terméknek a szerelőcentrumokból a felhasználóhoz való kiszállítási (deattribúció) költsége;
- C_P a késztermék eladásból befolyt összeg;
- C_a az elavulási idő alatt összeszerelt összes terméknek a szerelőcentrumokban jelentkező szerelési költsége;
- C_{PB} az elavulási idő alatt beszerelésre kerülő összes alkatrész vásárlási költsége;
- C_{PS} az elavulási idő alatt az összes alkatrész szerelőcentrumokba való beszállításának költsége;
- C_{PP} az elavulási idő alatt az összes beszállított alkatrésznek a szerelőcentrumokban való tárolási költsége;
- C_S az elavulási idő alatt az összes összeszerelt termékeknek a szerelőcentrumokban való tárolási költsége.

A (19) alapján a költségfüggvény:

$$C = C_T + C_D + C_P + C_a + C_{PS} + C_{PB} + C_{PP} + C_S - C_P \quad (23)$$

A fenti költségfüggvény, amennyiben csupán költségoptimumra törekszünk, lehet a célfüggvény a telepítéshez, bár mint arra korábban ([4], [2]) vizsgálatokat végeztünk, nem feltétlen csak egyedi szempont lehet. Mindenesetre nélkülözhetetlen kialakítandó célfüggvény létrehozása során.

5. Összefoglalás

A fenti cikkben egy előkészítő elemzést hajtottunk végre egy telepítési eljárás kidolgozásához. A vizsgálatok korábbra nyúlnak vissza (1999), amikor is a multinacionális cégek késleltetett összeszerelő üzemeinek telepítése központi téma lett. Ma már nem csak multinacionális cégek problémájának megoldására alkalmas egy ilyen jól működő telepítési eljárás, hanem más centrumkeresési probléma megoldására is. A korábbi vizsgálatok között szerepelt már a célfüggvény vizsgálata, amiben egyik legfontosabb komponensként a költség szerepelt. Ennek a főkomponensek a vizsgálata történt meg – a telepítés szempontjából – a cikkben. A további cél egy olyan GA-ra épülő algoritmus megalkotása és vizsgálata, amely a fenti célfüggvénykomponens figyelembevételével megoldja a telepítés problémáját.

Irodalom

- [1] GUBAN, M., CSELÉNYI J. (2004): *The method and analysis of establishment of logistic-oriented postponement assembly plants*, Chapter 25, DAAAM International Scientific Book, 2004, Wien, B. Katalinic (Ed.) pp. 255-264, Published by DAAAM International, ISBN 3 901509 38 0, ISSN 1726 9687, Vienna, Austria impact factor (DOI): 10.2507
- [2] Á. GUBÁN, I. KEREPESZKI: *Objective function analysis of biomass processing plants location*, 3rd Central European Conference in Regional Science – CERS, 2009. Košice, Slovak Republic, ISBN 978-80-553-0329-1 pp. 297 – 315.
- [3] CSELÉNYI JÓZSEF, ILLÉS BÉLA: A beszállítók működése és a kapcsolódó logisztikai rendszerek és módszerek hogyan befolyásolják a termelés globalizációját, Transpack 2002.
- [4] GUBÁN ÁKOS: *Biomassát feldolgozó üzemek telepítésének logisztikai célfüggvényei*, Válság és megújulás 2009, BGF, 2010. pp. 194-210 ISSN 1558-8401 2010.
- [5] GUBÁN, M. (2010): *Non-linear programming model and solution method of ordering controlled virtual assembly plants* „Problems of increasing efficiency of a region”. alcím: „Regional and Industrial Logistics Systems” Krasnoyarsk, Oroszország, megjelenés alatt.