

KATASZTRÓFALOGISZTIKAI PROBLÉMÁK MODELLEZÉSE

MODELING OF EMERGENCY LOGISTIC PROBLEMS

*Dr. Bányai Tamás**

ABSTRACT

Nowadays the improvement of emergency logistics systems plays an outstanding role in the humanitarian services. The improvement of this emergency logistics services and systems is a very complex problem. Within the frame of this paper the author focuses on the general logistic aspects of the supply chain problems of nature disaster areas. One purpose of this work is to describe a possible model of the material supply problem and to summarise the logistic aspects of optimization of transportation of material demands (food, medicine, drinking water, clothes).

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben számos olyan katasztrófa történt bolygónkon, mely hatalmas károkat okozott mind emberéletben, mind anyagi értelemben [1, 2]. A katasztrófalógisztika egyik legösszetettebb, legnehezebben megoldható problémaköre a természeti katasztrófával sújtott területek szükséges anyagokkal, eszközökkel történő ellátása [3, 4]. A logisztika célja, hogy a megfelelő termék, a megfelelő helyről, a megfelelő helyre, a megfelelő időben, a megfelelő mennyiségben és minőségben jusson el a megfelelő költséggel. Abban az esetben, amikor katasztrófa sújtotta területen kell megoldani az élelmiszer-, gyógyszer-, ruházat- és ivóvízellátást, akkor azonban ezen jól ismert 7M-szabály érvényét veszti, vagy legalábbis nehezen értelmezhető:

- megfelelő termék: az igények nem minden esetben definiálhatóak egyértelműen, hiszen a mentés és a korai kárfelmérés szakaszában az igények egyértelmű megfogalmazása nem lehetséges, csupán olyan általános igények fogalmazhatóak meg, melyeket a mentőcsapatok korábbi tapasztalatai támasztanak alá.
- megfelelő helyről: talán ez tűnik az egyik legegyszerűbben eldönthető kérdésnek, hiszen az igény ismeretében az meghatározható, hogy hol állnak rendelkezésre olyan készletek, melyek eljuttathatóak az igény helyére.

- megfelelő helyre: nagyon fontos feladat egy katasztrófa sújtotta terület esetében a terület zónákra bontása, hiszen logisztikai szempontból sem mindegy, hogy az igényelt áruk egy nagy kiterjedésű terület mely részére kerülnek kiszállításra. Ez különösen azért igaz, mert a katasztrófa sújtotta területeken belül a szállítás az egyik legproblematicusabb feladat, tehát nem helyes az a megközelítés, hogy légi úton eljuttatjuk az igényelt árut a terület közepébe, hiszen esetleg sem közúti, sem vasúti szállítással nem oldható meg az áruk eljuttatása a tényleges célzónákba.
- megfelelő időben: ez a szempont igen röviden elintézhető: azonnal. Tehát egy katasztrófa sújtotta terület esetében az elsődleges segítségnek az igény felmerülését követő legrövidebb időn belül meg kell érkeznie, igaz ez főként az ivóvíz, élelmiszer, gyógyszer és technikai eszközök vonatkozásában.
- megfelelő mennyiségben és minőségben: a mennyiségi aspektusok vizsgálata nagyon fontos, ezért célszerű a terület zónákra osztása, és az igények zónánkénti specifikálása. Ez azért is lényeges, mivel a felmerült igények kielégítésére rendelkezésre álló készletek végesek (vagy sok esetben adományokból tevődnek össze), ezért oda nem szabad például gyógyszert vinni, ahol arra nincs igény, hiszen a területen belüli mozgítás gyakran lehetetlen, vagy csak légi úton oldható meg.
- megfelelő költség: költségoptimalizálásnak nincs nagy jelentősége, hiszen elsődleges cél az emberélet mentése és a további anyagi károk megakadályozása. Természetesen a rendelkezésre álló költségkorlátokat figyelembe kell venni.

Jelen kutatómunka célja egy olyan általános matematikai modell megfogalmazása katasztrófa sújtotta területek ellátási-logisztikai feladatai számára, melynek segítségével egy nagy földrajzi kiterjedésű katasztrófa-helyszín ellátásának logisztikai szempontú optimális tervezése válik lehetővé, figyelembe véve azon speciális adottságokat, melyek a hagyományos tervezési modellek alkalmazását nem teszik lehetővé.

* egyetemi docens, Miskolci Egyetem, ALT

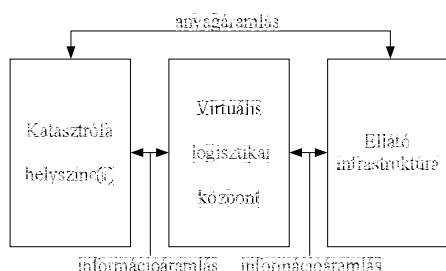
2. RÖVID SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A katasztrófalogisztika nemzetközi szakirodalmi háttérének gazdagsága is mutatja, hogy milyen jelentőséget tulajdonítanak a kutatók ezen gyakorlati probléma vizsgálatának. Az egyik legkomolyabb átfogó szakirodalmi áttekintésben több mint 70 a tématerületet érintő kutatási munka került összefoglalásra [5].

Kidolgozásra kerültek olyan módszerek, melyek alkalmasak a katasztrófa-logisztikai rendszerek rendelkezésre állásának vizsgálatára, értékelésére, és ezen vizsgálat számára a fuzzy cluster módszertant alkalmazták a kidolgozók, melyet indokol a probléma sztochasztikus (sőt gyakran kaotikus) jellege [6]. A természeti katasztrófák helyszíneinek megközelítése is egy izgalmas tervezési feladat, hiszen a hagyományos logisztikai feladatokban ismert statikus úthálózattal szemben egy esetleg sztochasztikusan viselkedő „úthálózattal”, vagy inkább megközelíthetőségi lehetőségekkel kell kalkulálni. Ezen útvonaloptimalizálási probléma területén kerültek kidolgozásra olyan modellek, melyek szállítási idő, vagy útkomplexitás-csökkentés figyelembevételével keresik a megoldást [7]. Mivel az azonnali reagálásnak fontos szerepe van ezen problématerületen, ezért nem véletlen, hogy fontos szerepet kapnak a tudományos munkákban az olyan modellek és módszerek, melyek a kritikus fontosságú áruk katasztrófa sújtotta területre történő eljuttatásának logisztikai szempontú tervezését támogatják [8]. A problémakör hasonlósága miatt célszerű a szakirodalmi háttér vonatkozásában olyan nagyhatású műveket is kiemelni, melyek a sürgősségi orvosi ellátás [9, 10], vagy a háború sújtotta övezetek segélyárúkkal történő ellátásának logisztikai tervezésével foglalkoznak, hiszen a két problémakör sztochasztikus jellegéből adódóan számos azonosság fedezhető fel a logisztikai tervezésének vonatkozásában.

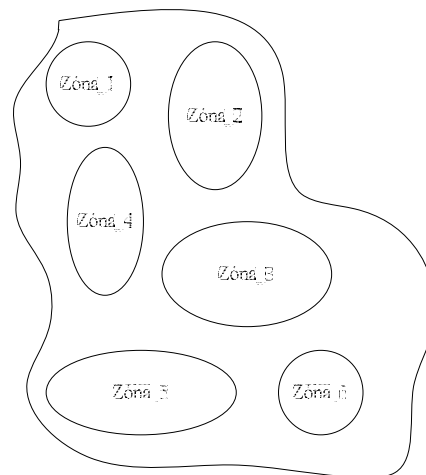
3. LOGISZTIKAI RENDSZER MODELLEZÉSE

A katasztrófa sújtotta területek ellátásának logisztikai rendszerében három fontos, általában földrajzilag is elkülönülő területet különböztetünk meg: a katasztrófa helyszíne, az ellátórendszer, a tervezést végző virtuális logisztikai központ (1. ábra).



1. ábra *Katasztrófa sújtotta terület ellátásának tagozódása*

A katasztrófa sújtotta területet zónákra kell bontani (2. ábra), hiszen a földrajzi terület nagy kiterjedésének okán nem szerencsés megoldás a terület többszintes ellátása, mely során először bejuttatják a terület egy kijelölt pontjába a szükséges árut, majd azt onnan szállítják tovább a szükséglete felmerülésének tényleges helyére.



2. ábra *Katasztrófa-sújtotta terület felosztása zónákra*

Az egyes zónák jellemzőinek megadása a modellezés egyik első lépése, mely során meg kell adni azon zónánkénti jellemzőket, melyek alapján a virtuális logisztikai központ el tudja dönteni, hogy mely árut, milyen mennyiségben, mikor és milyen szállítóeszközzel kell eljuttatni az adott zónába. Ezen zónákra bontás előnye, hogy az egyes zónákban felmerült igények hamarabb kielégíthetőek, mint központi, ellátás esetében. Meg kell jegyezni, hogy az ellátási modell kialakításakor felmerülhet az a kérdés, hogy miért kell mennyiséget és árutípust specifikálni, „hiszen a katasztrófa helyszínén mindenből hiány van, tehát minden oda kell szállítani, amit csak lehetséges”, de ezen kérdést is roppant egyszerűen megválaszolható: a készletek és az erőforrások, valamint a költségek korlátosak, tehát tervezni és optimalizálni kell! Az egyes zónákban felmerülő igények az igénymátrix segítségével definiálhatóak:

$$Y = Y[h, t, p, q], \quad (1)$$

ahol h a zóna azonosítója, t az igényelt áru típusa, m az igényelt áru mennyisége, p pedig az adott igényre vonatkozó prioritás, mely értelmezhető a klasszikus értelemben vett prioritásként, vagy definiálható a legkésőbbi lehetséges beérkezési idővel (mely nagymértékben függ az erőforrások és készletek függvényében kalkulálható, termelési rendszerek kapcsán gyakran tárgyalt szállítókészséggel). A zónák kapcsán definiálni kell az elérhetőséget is, mely azt jelenti, hogy az egyes zónák milyen szállítóeszközzel (közúti, vasúti, vízi, légi, speciális) mennyi idő alatt érhetőek el az ellátó infrastruktúra

egyes objektumaiból. Ez azért fontos, mert az igényelt termékek az ellátó infrastruktúra különböző pontjaiból (készletpontokból) jutnak el az egyes zónákba, ezért fontos egyrészt azt ismerni, hogy mennyi idő alatt lehet eljutni a zónához a terület szélétől (gyakran speciális szállítóeszközzel) és mennyi idő alatt lehet eljutnia terület széléig a készletpontoktól (általában hagyományos szállítóeszközzel).

A következő egyszerű összefüggés tehát kifejezi azt, hogy a zóna és a terület széle közötti megközelítési idő és a terület széles valamint a készletpont közötti szállítási idő adja meg a szükséges készletek célbajuttatási költségét:

$$M = M_{i,j}^{Z \rightarrow S}(sz, u) + M_{j,k}^{S \rightarrow K}(sz, u), \quad (2)$$

ahol sz a szállítóeszköz típusa, u a zóna és a terület széle, illetve a terület széle és a készletpont közötti szállítási útvonalalternatíva.

A termékek célbajuttatásának természetesen csak egy szükséges eszköze a szállítóeszköz, számos más olyan erőforrás (humán erőforrás, rakodógép, csomagológép, egyéb technikai eszközök: például kompresszor) is szükséges ezen feladat megoldásához, melyek esetében hasonló megfontolások alkalmazása szükséges. Ez azt jelenti, hogy vizsgálni kell azt is, hogy milyen egyéb infrastruktúrák állnak rendelkezésre a zónában és ha azok nem állnak rendelkezésre, akkor azokat hogyan lehet legkésőbb az áru megérkezésének időpontjára eljuttatni a zónába.

$$T^E(e, t, h) \in (\text{van, nincs, eljuttatható}), \quad (3)$$

ahol e a szükséges erőforrás típusa, t a vizsgált termék típusa (sátor vagy mobil lakóépület esetében olyan gépek, eszközök szükségesek, melyek a felépítés, beüzemelés nélkülözhetetlen eszközei), h a zóna azonosítója.

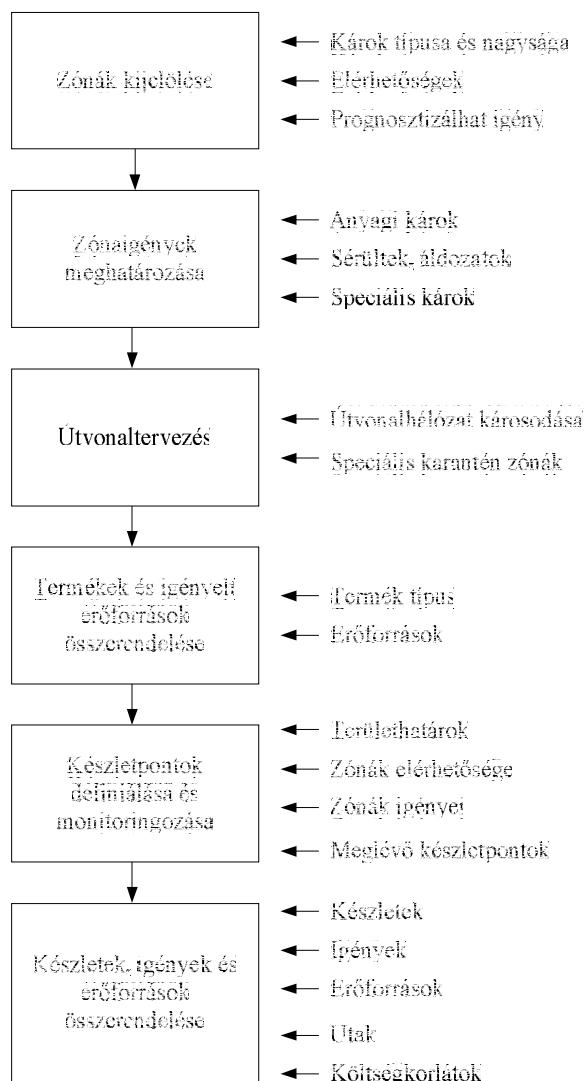
A tervezés egyik legfontosabb feladata a meglévő készletek és az igények közötti összhang megteremtése. A probléma ezen tervezési feladat során gyakran az, hogy a készletek sem definiálhatóak az egyes készletpontokba egyértelműen, sőt gyakran az is előfordul, hogy maguknak a készletpontoknak a lokációja és száma is dinamikusan változik.

$$K = K(t, h, \tau), \quad (4)$$

A virtuális logisztikai központ feladata (3. ábra) tehát a következő lépésekből tevődik össze:

- katasztrófaövezet zónákra bontása a károk típusa és súlyossága, az egyes zónapontok elérhetőségének homogenitása, az előre látható igények jellege szerint;
- a zónánkénti igények meghatározása terméktípusonként a prioritások megadásával;
- a zónák elérhetőségi útvonalainak és a lehetséges szállítóeszközök típusának meghatározása;

- az egyes termékekhez rendelhető szükséges erőforrások meghatározása;
- a készletpontok definiálása és a meglévő készletek meghatározása és nyomon követése az idő függvényében (ez azért fontos, mert az előre nem prognosztizálható segélyszállítmányok gyakran nem közvetlenül a zónába érkeznek, hanem készletpontokba);
- készletek, erőforrások, zónák és útvonalak összerendelése, mely tulajdonképpen magát az optimalizálási feladatot jelenti.



3. ábra Virtuális logisztika központ tervezési feladatai és azok főbb befolyásoló tényezői

Jelen probléma logisztikai koordinálását azért virtuális logisztikai központ végzi el, mivel a katasztrófák helyszínei egyrészt nem előre kiszámolhatóak, másrészt földrajzilag igen szétszórtan helyezkednek el (bár természetesen vannak olyan területek, melyeken a katasztrófák előfordulási valószínűsége nagyobb), emiatt helyhez kötött, fix struktúrával rendelkező logisztikai központok ezen feladatok megoldására nem

jelentősen optimális szervezetet. A szakirodalomban számos utalás található arra, hogy a virtualitás a logisztika területén egyre nagyobb jelentőségre tesz szert, hiszen a globalizált világ globális kihívásaira (hasnólóan egy katasztrófahelyzet rendkívül sztochasztikus feltételrendszere által megfogalmazott feladatokra) a rugalmas, virtuális rendszerek és struktúrák tudnak a legnagyobb hatékonysággal megfelelni [11, 12].

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A természeti katasztrófák mindig súlyos következményekkel jártak a történelem során. Napjaink globalizált világában ezen katasztrófák következményeinek kezelésére, a segítségnyújtás megszervezésére számos professzionális szervezet létezik. Ezen szervezetek elsődleges feladata a katasztrófa bekövetkezését követően a mentési és helyreállítási munkálatok megszervezése, mely komoly és speciális logisztikai kihívást jelent. Az elmúlt évtized természeti katasztrófái kapcsán egyre többet emlegetett fogalom volt a logisztika, mely bizonyítja azt, hogy a mentés és helyreállítás ezen tudományterület eredményei nélkül kevésbé szervezett és hatékony lenne. A globális katasztrófavédelmi és katasztrófakezelési tendenciákat hazánk is jól követi, hiszen például az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság is felismerte a gazdasági, politikai, állami és civil szféra együttműködésének fontosságát. Ezen együttműködés azonban komoly integrációs és logisztikai koordinációt igényel tényleges események kezelése kapcsán.

Jelen munkájában a szerző egyrészt bemutatja a katasztrófalogisztika néhány olyan aspektusát, mely azt egyedi teszi, megkülönbözteti a hagyományos, termelési és szolgáltatási rendszerek vonatkozásában tárgyalt logisztikai rendszerektől és problémáktól, másrészt felvázol egy olyan egyszerű modellt, melynek segítségével definiálható a természeti katasztrófa sújtotta terület egyes homogén zónáinak ellátási-logisztikai feladatainak megoldása. A szerző jelen művet egy hosszútávú kutatómunka gondolatébresztő alapjának tekinti, s ennek szellemében számos továbbfejlesztési lehetőséget lát a modell részletes kidolgozásában, a metaheurisztikát alkalmazó optimalizálási módszerek alkalmasságának vizsgálatában és a gyakorlatban is használható alkalmazás készítésében.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] CHANDRE, M., BASKETT, P., GALLAGHER, G.: The southeast Asian tsunami disaster - how resuscitation helped the recovery program. *Resuscitation*. Volume 72. Issue 1. 2007. pp. 6–7.
- [2] SHEU, J.-B.: Challenges of emergency logistics management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Volume 43. Issue 6. November 2007. pp. 655-659.
- [3] SHEU, J.-B.: An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Volume 43. Issue 6. November 2007. pp. 687-709.
- [4] SHEU, J.-B.: Dynamic relief-demand management for emergency logistics operations under large-scale disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Volume 46. Issue 1. January 2010. pp. 1-17.
- [5] CAUNHYE, A. M., NIE, X., POKHAREL, S.: Optimization models in emergency logistics: Literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*. Volume 46. March 2012. pp. 4-13.
- [6] GONG, B., CHEN, X., HU, C.: Fuzzy Entropy Clustering Approach to Evaluate the Reliability of Emergency Logistics System. *Energy Procedia*. Volume 16. Part A. 2012. pp. 278-283.
- [7] YUAN, Y., WANG, D.: Path selection model and algorithm for emergency logistics management. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 56. Issue 3. April 2009. pp. 1081-1094.
- [8] LIN, Y.-H., BATTÀ, R., ROGERSON, P. A., BLATT, A., FLANIGAN, M.: A logistics model for emergency supply of critical items in the aftermath of a disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*. Volume 45/4. 12.2011. pp. 132-145.
- [9] WILLIAMS, M.: Materials management and logistics in the emergency department. *Emergency Medicine Clinics of North America*. Volume 22. Issue 1. February 2004. pp. 195-215.
- [10] MIELE, V., ANDREOLI, C., GRASSI, R.: The management of emergency radiology: Key facts. *European Journal of Radiology*. Volume 59. Issue 3. September 2006. pp. 311-314.
- [11] BÁNYAI Á.: Das virtuelle Logistikzentrum als Koordinator der logistischen Aufgaben. In: *Modelling and optimization of logistic systems* (eds. Bányai T. and Cselényi J.) University Miskolc, 1999, pp. 42-50.
- [12] BÁNYAI Á., CSELÉNYI J.: Logistic of "Just in Time" supply within frames of virtual enterprise. In: *Proceedings of the Intelligent Assembly and Disassembly '98 Conference*, Ljubljana, 1998. pp. 191-198.