

Vizvári Béla

Repülési technológiára alapozott, nagyvárosi, kiterjedt katasztrófa utáni mentőszervezet: koncepció és elvek

A világ számos nagyvárosa földrengésveszélyes övezetben fekszik. Ebben a dolgozatban ennek megfelelően egy nagyvárosban működő katasztrófaelhárítási rendszert tárgyalok. A városban valamilyen katasztrófára számítunk, például földrengésre és azt követő cunamira. Az előrejelzések szerint mind a halottak, mind a sebesültek száma tízezrekben mérhető. A rendszer a katasztrófa után azonnal, automatikusan működésbe lép. Természetesen egyes funkciókat emberek látnak el, de a cél az, hogy minél többet automata rendszerek lássanak el. A segélycsomagok kiszállítása forgószárnyú drónokkal történik. Ugyancsak drónok végzik a felderítést, a járőrözést és a kisebb, egyéni segélycsomagok kiszállítását. A dolgozat tárgyalja a rendszer elveit, ideáltipikus működését, a nyújtott szolgáltatásokat, a felhasználható járműveket, egyéb műszaki kérdéseket és a pénzügyi vonatkozásokat.

Kulcsszavak: katasztrófa, katasztrófa-elhárítás, földrengés, cunami, drón.

Bevezetés

1755. november elsején bekövetkezett az írott történelem egyik legsúlyosabb katasztrófája. 9 óra 30 perckor az Atlanti-óceán alatt a Richter-skála szerinti 9-es erősségű földrengés és az azt követő szökőár elpusztította a portugál fővárost, Lisszabont [1]. A halottak számáról nagyon eltérő becslések léteznek [1]. Mindenképpen több tízezer emberről van szó. A földrengés nyomai a mai napig láthatók. Számos más nagyváros veszélyben van egy vagy több törésvonal közelsége miatt. Csak a legismertebbeket sorolva, ide tartozik San Francisco, Los Angeles, Isztambul, Teherán, Tokió. Általában a súlyos földrengéseket ciklikusan visszatérőknek gondolják. Teherán esetében, amely város három törésvonal alkotta háromszög belsejében épült, a ciklus hosszát 173 évre becsülték [2]. Az utolsó súlyos rengés 1830-ban történt, tehát amennyiben az elmélet helyes, bármely pillanatban bekövetkezhet egy jelentős katasztrófa. Kína területén szintén több, igen sok áldozatot követelő földrengés volt a történelem folyamán. A 2010-es, haiti földrengés a halottak számát tekintve csak hetedik a Wikipédia listáján [3].

Az emberek az érintett városokban tisztában vannak a veszélyes helyzettel. Földrengés esetén bizonyos mély hangok megelőzik a felszínen a rengést. E hangok érzékelése esetén lehetséges riasztást kiadni a rengés bekövetkezése előtt minimális idővel. Ez a körülbelül

legfeljebb egy perc azonban életmentő lehet. Egy tanulmány 2007-ben arra a következtetésre jutott, hogy a teheráni háztartások havi 38 dollárt lennének hajlandók fizetni ezért a korai riasztásért [4]. Ez egyben azt is jelenti, hogy van értelme más mentőrendszerek létrehozásában és fenntartásában gondolkodni.

Ez a dolgozat azzal foglalkozik, hogy egy nagyvárosban bekövetkező, kiterjedt katasztrófa utáni mentés céljára létrehozott, fenntartott és kiképzett szervezetet milyen elvek szerint kell megszervezni, és a munkáját milyen technológiai megoldásokra lehet alapozni belátható időn belül. Az utóbbi úgy értendő, hogy már 20 év múlva is egészen más kapacitású járművek és kommunikációs eszközök fognak rendelkezésre állni, így folyamatos technikai frissítéssel számolni kell. Az alapelvek azonban lassabban változnak.

A mentőszervezet felállításának, kiképzésének és szükség esetén történő működtetésének nagyon sok ága van. Számos műszaki, kiképzési és szervezési problémát kell megoldani. Ebben a dolgozatban azokra koncentrálok, amelyek kapcsolódnak a repülő szerkezetekhez. Azonban szükségképpen említeni kell másokat is. Közöttük olyanokat is, amelyek jelenleg megoldatlanok. Nem foglalkozom viszont olyan problémákkal, amik csak a katasztrófa utáni nagyobb időtávlatban oldhatók meg. Ilyen például az újjáépítés, a helyi közösségek újjászervezése és az események személyes feldolgozása pszichológusok segítségével. Az itt tárgyalt mentőszervezet lényege az azonnali reakció, a mentés haladék nélküli megkezdése. A szervezet katonai elvek alapján épül fel és dolgozik, amelyek különböznek a szokásos polgári vezetésre alapozott katasztrófa-elhárítási elvektől.

A dolgozat eredményei rövid távon nem Magyarországra vonatkoznak. Azonban a felhasznált technológia fejlődésével és olcsóbbá válásával az elvek hazánkban is alkalmazhatóvá válhatnak.

A katasztrófa utáni helyzet

A városban azzal számolunk, hogy sok ház összeomlik. Ezt alátámasztják azok a japán vizsgálatok, amelyek Isztambulra [5] és Teheránra [6] vonatkoznak. Gondoljuk meg, hogy egy város házait nem lehet egyik napról a másikra kicserélni. Az új háztól már megkövetelhető, hogy szigorú szabványoknak tegyenek eleget, amelyek következtében földrengésbiztosak lesznek. Azonban a történelmi városrészek továbbra is veszélyben maradnak. Az összedőlt házakban tartózkodók legnagyobb része meghal. Néhányan élve a romok alá szorulnak. Mások, ugyancsak kevesen, ki tudnak menekülni. Azok, akik a köztereken tartózkodnak, illetve házuk állva marad, túlélnek a katasztrófát. Érdekes módon nem áll rendelkezésre olyan kutatási eredmény, hogy az emberek mit csinálnak a rengések alatt. Viszont sok hasznos jótanács érhető el [7]. Csak egy rendszer létezik, aminek a segítségével a CCTV¹-n rögzített reakciókat lehet elemezni [8].

¹ Closed-Circuit Television.

A katasztrófa személyekre gyakorolt hatását az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat
A katasztrófa legfontosabb hatásai személyekre [9]

A személy meghalt.
A személy súlyosan sérült és sürgős orvosi ellátásra szorul.
Közepes súlyú orvosi ellátás szükséges.
Az események hatása miatt a személy sokkos állapotban van.
A személy a romok alá szorult, és nem tud kiszabadulni.
A személy víz és élelem nélkül van.
A személy hajléktalanná vált.
A személy kritikus gyógyszerei (például: inzulin, szívgyógyszer) hozzáférhetetlenné váltak a romok alatt.
A személy elvesztette közeli rokonait.
A személy minden tulajdona a romok alá szorult.
Egy felnőttnek nincs információja közeli rokonairól.
Egy gyermek elvesztette a szüleit.
Egy gyermeknek nincs tudomása a szüleiről.

A túlélők többségét az események sokkhatásként érték. Ezért még azokra is pozitívan hat a mentés megindulása, segélycsomagok érkezése, akiknek fizikai bántódása nem esett. Az emberek azonnal elkezdnek aggódni a távol lévő rokonaikért és barátaikért. Megnö a kommunikációs igény, miközben a kommunikációs csatornák megsérültek és kapacitásuk egy része kiesett. Működni kezd a mentőszervezet, ami további jelentős kommunikációs igény megjelenésével jár. Az utak egy része járhatatlan, részben azért, mert megsérült, részben azért, mert törmelék és rom borítja, ami például a mentőautók irányításában vezet megoldandó számítási problémához.

Az eddigieket összefoglalva a következő feltételezések írják le a katasztrófa után közvetlenül kialakult helyzetet. (A) sokan megmenekültek, de víz, élelem és fedél nélkül maradtak; (B) egy részüknek kisebb sérülése van; (C) többen súlyos sérüléseket szenvedtek, közülük soknak valamely csontja törött; (D) mások a romok alatt rekedtek, és nem tudnak kijönni; (E) mások elszakadtak a rokonaiktól és barátaiktól, akiket szeretnének megtalálni: ezért káosz van az utakon, és megnőtt a kommunikációs igény; és végül (F) számos út nem használható, mert sérült vagy törmelék fedí.

A helyzet kezelésére javasolt szervezet, mint alább kifejtem, elsődlegesen a repülési technológiára épül. Ez sok szempontból hatékonyabb és biztonságosabb, mint a földi technológia. A szervezet legfontosabb feladata az azonnali válasz a katasztrófára. Ezzel csökkenteni lehet az áldozatok számát és általában az emberi szenvedést. A katasztrófa bekövetkezése után mind a nemzeti, mind a nemzetközi segélyszervezetek aktivizálódnak, és bizonyos idő elteltével segélyszállítmányokat küldenek. A szereplők között megtalálható a Vöröskereszt, az ENSZ és sok más, valamely kormányhoz kötött vagy kormányoktól független szervezet. Ezen szereplőknek általában 3–4 napra van szükségük, hogy a helyzet felmérése után segélyszállítmányaikkal a helyszínen megjelenjenek. A katasztrófa területén élő embereknek azonban addig is segítségre van szükségük. Ez a feladata annak a szervezetnek, amiről ez az írás szól. Az események első 48 óráját írrom le.

Előzmények

Először 2015-ben tettünk javaslatot elég kidolgozatlan formában egy ilyen rendszer kiépítésére [10]. Számításaink szerint Teherán esetében 460 közepes méretű UAV² elég a segélycsomagok több hullámban történő kiszállítására. Ha összehasonlítjuk Teheránt Budapesttel, akkor a területet illetően Budapest csak valamivel kisebb, mert 525 km² áll szemben 730 km²-rel. Viszont Teherán lakossága több mint négyszer akkora, mint Budapesté. Tehát Budapest esetében lényegesen kevesebb drón is elég volna. A katasztrófák következményeinek elhárításában a drónok szerepére [11] is felhívja a figyelmet.

Azok a funkciók, amiket a drónoknak el kell látni a mentés esetén, részben azonosak a biztonságtechnikában előforduló alkalmazásokkal [12]. Ide tartozik a szállítás, kamerával való felderítés, információ kérése és adott esetben felszólítás valamely cselekmény befejezésére. Természetesen a biztonságtechnikai alkalmazások bizonyos kockázatokkal is járnak [13]. Ugyanakkor több lényeges különbség is van a katasztrófa utáni helyzet és a biztonságtechnikai alkalmazás között. A legfontosabb, hogy katasztrófa esetén nagyszámú légi jármű közlekedik egyszerre. A drónokon felül egyéb járművek is. Ez további megoldandó problémákat vet fel, amit alább részletesen elemzek. A biztonságtechnikában, különösen telephelyvédelem esetén, csak néhány drónról van szó. Egy másik különbség, hogy ha a drónokat egy nagyváros katasztrófaelhárításában használják, akkor a drónoknak sokkal nagyobb távolságokat kell bejárni.

Lényeges a rendszer létesítésének jogi háttere, és ezen belül az egyes járművek használatának és az egyes repüléseknek az engedélyezése [14]. Ezen a területen nincs egységesen elfogadott kritériumrendszer [14]. A jelenlegi folyamatok is csak a normál napi működésre koncentrálnak, érthető okoknál fogva, miközben külön vészhelyzeti szabályozás nincs. A mind [14], mind [15] által tárgyalt UTM³ egyes funkciói (lásd például: [15] 2. táblázat, 172. oldal) mindenképpen vonatkoznak a mentőrendszer járműveire is, függetlenül attól, hogy azok a forgalomban csak ritkán, szervezeten és a polgári járművektől elválasztva vesznek részt.

Azok a személyiségjogi aggodalmak, amiket a szakirodalom [16] feldolgoz, katasztrófa esetén a közérdek alá rendelve. A szabályozás hiányára az ENSZ mentésért felelős szakosított szervezete is felhívta: „Számos országban, ahol humanitárius szervezetek működnek, a jogi keretek hiánya azt jelenti, hogy az UAV-k használatát a helyi és nemzeti hatóságok segítségével kell lehetővé tenni⁴ [17].

Az aktív feladatok (például szállítás, felderítés, járőrzés) mellett a megrongálódott kommunikációs vonalak helyreállításában és a forgalom biztosításában is jelentős szerepe lehet a légi járműveknek. Az elérhető technológiák alapvetően három csoportra oszthatók a jármű tartózkodási magassága szerint: (1) műholdas megoldás, (2) drón a 17 és 21 km közötti magassági zónában, (3) földközeli megoldás. Minél magasabban van a jármű, annál nagyobb energia kell az adáshoz, viszont annál nagyobb területet lehet az adással elérni. A megoldás ára a magassággal szintén nő. A (2) kategóriába tartozik a NATO⁵ Global Hawk nevű programja [18], amelynek célja 24 óráig levegőben tartózkodó járművek kifejlesztése. Ugyancsak ehhez a kategóriához sorolandó némely ballon, ami képes ebben a magasságban tartózkodni

² Unmanned Aerial Vehicle (UAV) ember nélküli légi jármű, magyarul drón.

³ Unmanned Aerial System Traffic Management: pilóta nélküli légi jármű rendszerek forgalmi menedzsmentje.

⁴ Az eredeti szöveg: „Many countries where humanitarians are working do not yet have legal frameworks, meaning that use of UAVs will probably need to be cleared on an ad hoc basis with local and national authorities.”

⁵ North Atlantic Treaty Organization.

többé-kevésbé stabil helyzetben. Ezek a járművek képesek kapcsolatot tartani egy 400 km átmérőjű területtel, ami Magyarországnál nagyobb. Jelenleg egy nagyváros esetében ilyen méretre nincs szükség. Ezért leggazdaságosabbnak látszik a viszonylag alacsonyan lebegő, rögzített ballon vagy léghajó használata, amely megoldást repüléstechnikai szempontból [19] tárgyalt. Katasztrófa esetén a ballon pusztításával sokkal kisebb mértékben kell számolni, mint harci helyzet esetén. Jelentős előny, hogy a ballon gyorsan üzembe helyezhető.

A szervezet felépítése

A szervezet „agya” a Katasztrófavédelmi Központ (a továbbiakban: KVK). Egyszerűen szólva ez a parancsnokság és az információs és kommunikációs centrum, amely erős és különböző funkciók között szétosztott számítástechnikai háttérrel rendelkezik. A másik fontos létesítményfajta a segélycsomagokat tároló raktár, ami egyben a szállításokra használt drónok hangárja. Ugyanitt van az egyéb feladatokat ellátó drónok központja is. Ebből a raktárból egy nagyvárosban többre is szükség lehet. Különösen akkor, ha a város eltérő részei más-más veszélynek vannak leginkább kitéve. A harmadik fontos elem az ellátási pontok (a továbbiakban: EP) rendszere. Ezek a pontok nagyjából négyzethálósan fedik le a várost. A segélyszállítmányok ezekre a pontokra érkeznek. Az EP-k helye előre meghatározott, és a lakosság számára ismert. A négyzetek élhossza tekinthető a közgazdasági értelemben vett szolgáltatási szintnek. A legrosszabb esetben, vagyis, amikor a város párhuzamos utcák két egymásra merőleges rendszeréből áll, legfeljebb az élhosszal egyenlő távolságot kell gyalogolni a legközelebbi EP-ig. Természetesen minél rövidebb az élhossz, annál jobb az ellátás. Ha az él hossza 1 km, akkor az EP-k száma nagyjából egyenlő a város területének km^2 -ben kifejezett mérőszámával.

A rendszer még további részlegekkel rendelkezik, amelyek egyéb funkciókat látnak el. Ezek közé tartozik a tájékoztatás, felderítés, járőrözés, betegszállítás, az utak takarítása, renoválása és a közrend biztosítása.

Az alábbiakban felsorolok néhány alapelvet a rendszer működésére vonatkozóan.

1. A rendszer több forgatókönyvre is felkészült. Ezek különbözhetnek egymástól, földrengés esetén például a rengés erősségében és a rengést előidéző törésvonalban, ha több is van a város környékén. Ezen különbségek eredményeként a megsérült városrészben és a sérülés mértékében is különbségek vannak a forgatókönyvekben. Az alkalmazandó forgatókönyv kiválasztása az érzékelőktől KVK-ba érkező adatok alapján történik.
2. A rendszer mindaddig szabványakciókat hajt végre, amíg valamilyen hiteles információ alapján megállapítható, hogy másra van szükség, illetve más igények is felléptek. Az 1. táblázatból látható, hogy életmentő fontosságú egyéni igények keletkezhetnek, például sérültek szállítása és nem mindenki által használt gyógyszerek elérhetősége. Ezeket az igényeket azonban csak akkor lehet kielégíteni, ha azokról hiteles bejelentés érkezett a KVK-ba. Ezek az igények is jelentős mértékben szabványosíthatók. A szabványosított eljárások nagy előnye, hogy a kiképzés során begyakorolhatók.
3. A rendszer épületeit katasztrófabiztosra kell építeni.
4. A légtér használatát a katasztrófa bekövetkezése után azonnal újra kell szabályozni, mégpedig a katasztrófa előtti állapothoz képest lényegesen eltérő módon. (Erre az alábbiakban külön fejezetben térünk vissza.)

5. A rendszer jelentős személyzettel kell, hogy rendelkezzen, akik közül nem mindenki főállású tag. Különösen az egészségügyi személyzet az, aki a katasztrófa előtt az egészségügyben dolgozhat, és csak a katasztrófa bekövetkezésekor lép azonnal a rendszer szolgálatába.
6. Természetesen számolni kell azzal, hogy a személyzet számos tagja maga is a katasztrófa áldozatául esik. Ezért minden funkció ellátására több személyt kell kiképezni.
7. Ugyanezen oknál fogva minden olyan funkciót, amit automatizálni lehet, automatizálni is kell. Már ma is számos beszéddel kapcsolatos technológia magas színvonalon érhető el. Ez vonatkozik a bejelentések kezelésére is, azaz a helyi közösség tagjai és a KVK közti kommunikációra. E technológiák között említhető (I) beszéd generálása [20], (II) beszéd felismerése és megértése [21], (III) kihallgatás, különös tekintettel a feltett kérdésekre [22], (IV) a kihallgatott személy, adott esetben a bejelentő, viselkedésének elemzése [23]. Az automatizálás kényszere különösen vonatkozik a szállítandó sebessétek kiválasztására. Ezt részletesebben említem a következő fejezetben.
8. Mivel nagyon sok különféle kommunikációra van szükség, közöttük olyan fajtákra is, amelyek nagyobb számban fordulnak elő (például bejelentések, a többszáz drón irányítása, megfigyelési eredmények jelentése), a kommunikáció mennyiségét előre csökkenteni kell automatizálással. Ide tartozik a megfigyelődrónok saját számítógéppel való felszerelése, amely képes a felvételek kiértékelésére, és ezért a felvételek helyett csak az azokból levont következtetéseket továbbítja a KVK felé. Ugyancsak ebbe a kategóriába tartozik minden olyan okostelefonra előre telepített speciális alkalmazás, ami csak a lényegi információt közli a KVK-val, például a telefon utolsó ismert pozícióját a katasztrófa előtt.

A szervezet ideáltipikus működése

Amikor ideáltipikus működésről beszélünk, elhanyagoljuk a nyilvánvalóan jelentkező zavaró tényezőket. Erre a katasztrófa előtti időszak gondos tervezési és szervezési munkája, a többszörös kapacitások alkalmazása és a megelőző biztonsági intézkedések (mint például katasztrófabiztos épületek használata) adhatnak alapot. Az ideáltipikus viselkedés leírása és a rendszer ennek megfelelő tervezése és kivitelezése tekinthető a katasztrófára, mint eseményre adott válasz tervének. A válasz tervének hiánya végzetes lehet, mint arra [24] Fukushima atomerőművének kapcsán rámutatott.

A legfontosabb műveleteket a 2. táblázat foglalja össze. A 0 időpontot a katasztrófa bekövetkezése jelenti. A többi időpont ehhez képest relatíve értendő. Az automatizált műveletek esetében a kezdési időpont korai, míg azon műveletek esetében, ahol a személyzet közreműködése szükséges, a kezdés eltolódik, mert a személyzetnek a sérült városra át kell eljutnia az akció helyszínére. Minden időpontot és időtartamot javaslatként kell felfogni. Egyes konkrét városokban a földrajzi adottságok és más tulajdonságok miatt eltérő értékekre lehet szükség.

A folyamat működése úgy indul, hogy az érzékelők jelzései alapján a rendszer kiadja a riasztást és meghatározza, hogy melyik forgatókönyvet kell alkalmazni. Megkezdődik a drónok és az őket kiszolgáló raktárak felélesztése. A felderítésre használt kisebb drónok megkezdik küldetésüket. A szállításra használt erőteljesebb eszközök röviddel utánuk szállnak fel a segélyszállítmányok első hullámával. Ebben a hullámban az egységcsomagok ivóvizet,

barnacukrot, fertőtlenítőt, antibiotikumot, kötszert és könnyű szerszámokat, úgymint ásót, munkakesztyűt, mini zseblámpát és gyufát tartalmaznak. Az utóbbiakra azért van szükség, hogy az emberek segíteni tudjanak egymáson [10].

Az ellátási pontok előre meghatározott helyeken vannak. Lehetnek épületben és azon kívül. Utóbbi esetben szükség van valamilyen felszerelés felállítására, legalább egy asztalra. Ha épületen belül működik egy EP, akkor ott több szolgáltatás nyújtására van lehetőség. A város minden épületében található tájékoztató a legközelebbi EP helyéről. A drónok nem szállnak le az EP-knél, hanem a megfelelően csomagolt szállítmányt ledobják. Ez abból a szempontból biztonságosabb megoldás, hogy ember nem tehet kárt a járműben. Fosztoztatás és illegális felhalmozás ellen az is véd, hogy kisebb csomagok érkeznek, ezért egyszerre viszonylag keveset lehet birtokba venni. A használt drónok kapacitásától függően egy EP-t többször is fel kell keresni. Mobil orvosi egységek járnak a várost és nyújtanak elsősegélyt, ha szükséges. Minden mobil egység valamely EP-hez van rendelve. Azon keresztül tud kommunikálni a KVK-val. Az orvosi egységek létszáma alapesetben 2 fő. Nem feltétlenül orvosokból állnak, mert a szakmájában jól képzett egészségügyi személyzetet sok mindenre ki lehet képezni. Még egyes életveszélyes helyzetek elhárítására is, mint a légmell.

A sérült személyek kórházba szállítása összetett és kritikus feladat [25]. Sem földi, sem légi szállítás esetén nem fog annyi jármű rendelkezésre állni, amennyivel a több tízezer sérültet kórházba lehet juttatni. Ha pedig ez mégis sikerülne, a kórházak, illetve műtők kapacitása nem lesz elég minden sérült ellátására. [26] szerint jelenleg egész Isztambulban 219 mentőautó található. Egy szállítás átlagos ideje 20 perc, de itt nagy a szórás. Ha földrengés szempontjából vizsgáljuk a mentőautók elhelyezését, akkor az sok esetben nem megfelelő, és a földrengés kipattanásakor azonnal megsérülhet a jármű. Nyilván nem lehetséges mentők ezreit tárolni akár évtizedekig különösebb felhasználás nélkül, katasztrófára várva. Nem lesz sokkal jobb a helyzet akkor sem, ha a betegszállítás egy részét meg lehet oldani légi úton. (Nyilván kár lenne kihasználatlanul hagyni a működőképes földi mentőautókat.) Jellemző a helyzet nehézségére, hogy [6] egyik forgatókönyve (Modell A) szerint Isztambulban 73 ezer halottal és 120 ezer súlyosan sérült emberrel számol. A fenti paraméterekkel (219 mentő, 20 perc szállítás/fő) ha a járművek pihenő nélkül folyamatosan dolgoznának, akkor 7,6 nap szükséges az összes sérült kórházba szállításához. Nyilvánvaló, hogy sok sérültet el fogunk veszíteni. Ezért szerintem ez az egész rendszer legkényesebb pontja az utóhatás szempontjából. Itt el kell kerülni az emberi döntés lehetőségét és előre publikált algoritmusokat kell alkalmazni. Sőt, kívánatos lehet az alkalmazandó algoritmusokat jogszabályban rögzíteni. A kiválasztás feladata hasonlatos az etikában tárgyalt *vasúti kocsi problémához*⁶ [27], aminek sok megközelítése és változata van. A műtők befejezik a katasztrófa előtt már elkezdett műtéteket. A nem életfontosságú műtéteket elhalasztják és átállnak a sérültek fogadására. Ennek részeként megérkeznek az előre kijelölt sebészek és a műtők egyéb munkatársai, akik a katasztrófa után ellátandó esetekkel kapcsolatban speciális ismeretekkel rendelkeznek.

A rendőrség helyi egységei felveszik a kapcsolatot a KVK-val, amely, mint információs központ folyamatosan tájékoztatja őket és szükség esetén feladatot jelöl ki számukra. Ennek részeként a város kritikussá váló közlekedési csomópontjaira forgalomirányítókat küldenek. A korábban felderítésre használt drónok megkezdik a légi járőrözést, részben bűnmegelőzési célból, részben további bajbajutottak felderítésére. Az elpusztult mobil adótornyok és más

⁶ Angolul: trolley problem.

kommunikációs eszközök helyettesítésére felállítják azt a rögzített léggömböt, ami az ezek pótlására szolgáló eszközöket hordozza. A KVK működtet és folyamatosan frissít egy erre a városra kifejlesztett információs oldalt. Ebben legalább a következő rovatoknak szerepelnie kell: utak járhatósága, keresett, megtalált és elhunyt személyek, kit melyik kórházba szállítottak.

Végül megkezdődik a segélyszállítmányok második, majd harmadik hulláma. [10] szerint a második hullámban az egységcsomagokban további víz, bébiétel, felnőttek számára magas energiatartalmú ételek (magok, vaj, tej, csokoládé), WC-papír, kézfertőtlenítő, műanyag zacskó és könnyű hálósák, valamint további szerszámként könnyű műanyag kötél található. A harmadik hullám tartalma: ismét víz, élelem, takaró, ruha, általános és női higiéniai eszközök, zsebkendő és evőeszköz.

Mindeközben a KVK folyamatosan tartja a kapcsolatot a lakossággal, információt kap és nyújt.

2. táblázat
A katasztrófa utáni első 48 óra műveletei.
(A kezdési és befejezési időpontok relatívok a katasztrófa 0 idejéhez képest. Mind az időpontok, mind az időtartamok hipotetikus javaslatok.) [saját szerkesztés]

Művelet	Kezdet	Befejezés	Hely	Megjegyzés
Riasztás, segélyhívások és helyi információk fogadása.	0	folyamatos	KVK	
Felderítő repülések.	5 perc	2 óra	légtér	Folyamatos kommunikáció a KVK-val.
A segélyszállítmányok első hulláma.	10 perc	3 óra	légtér	A raktárakból az EP-khez.
Az épületen kívüli EP-k felállítás.	20 perc	1,5 óra	föld	Előre meghatározott helyeken.
Mobil orvosi egységek látogatják a katasztrófa helyszínét.	0,5 óra	folyamatos	föld	Szórványos kommunikáció a KVK-val.
Sérült személyek kórházba szállítása.		folyamatos	föld/légtér	
A műtőknek a vészhelyzethez való alkalmazkodása.		3 óra	kórházak	
A helyi rendőrség és a KVK kapcsolatfelvétele.		1 óra	kommunikációs csatorna	
Járőrözés a légtérben.	1 óra	folyamatos	légtér	Folyamatos kapcsolat a KVK-val.
Forgalomirányító rendőrök kihelelyezése.	1 óra		föld	
Rögzített kommunikációs léggömb felállítása.	0,5 óra		föld	
Egyéni igények kielégítése segélyszállítmánnyal.	2–5 óra	folyamatos	légtér	
Segélyszállítmányok második hulláma.	4–5 óra	12–15 óra	légtér	A raktárakból az EP-khez.
Segélyszállítmányok harmadik hulláma.	15 óra	24–36 óra	légtér	A raktárakból az EP-khez.

A felhasználható légi járművek

Az iparág rendkívül gyorsan fejlődik, ezért egy dolgozatban, ami az alapelvekről szól, nincs értelme konkrét típusokhoz ragaszkodni.

A legelső dolog, amit említeni kell, hogy jó manőverezőképességre van szükség. Emiatt a forgószárnyú eszközöket kell előnyben részesíteni a merevszárnyúakkal szemben.

A drónok között legalább két különböző típusra szükség lesz. A nagyobbikat használja a rendszer a segélycsomagok kiszállítására, a kisebbiket felderítésre, járőrözésre és az egyéni igények kielégítésére szolgáló csomagok szállítására.

Az általánosan megadott adatok közül fontos a hasznos teher⁷ és az egy feltöltés melletti repülési idő.⁸ Nem fontos viszont az elérhető maximális magasság,⁹ mert itt jóval alacsonyabban kell repülni. Jelenleg a folyékony üzemanyaggal működő drónok tudnak hosszabb ideig levegőben maradni. A városok alakja szabálytalan. Egy 18 km sugarú kör területe 1017 km². Tehát egy város közepén lévő támaszpontról 18–20 km-re lehet a legtávolabbi pont, amit el kell érni. De ez a távolság egyes esetekben, például Isztambul és Tokió, sokkal nagyobb is lehet. Ekkor viszont több támaszpontra van szükség. A drónok maximális sebessége általában 60 km/h és 72 km/h között van. Ez annyit jelent, hogy egy küldetéshez, ami tartalmazza a felszállásnak, a cél megközelítésének, a csomag kézbesítésének és a drón támaszpontra való visszatérésnek idejét leszállással együtt, közel 1 óra szükséges. Ezért, ha az az igény, hogy ne kelljen minden küldetéshez üzemanyagot felvenni, a maximális repülési időnek 2 óra felett kell lennie. A nagyobbik fajta drón esetén a hasznos tehernek 20 és 50 kg között célszerű lennie. Ilyen drónok mind amerikai (például SR200 [10]), mind kínai (RH-1 és XH-1 [28]) forrásból beszerezhetők. A kisebbik drón esetén a hasznos tehernek a kamerát és képfeldolgozó számítási egységet is beleértve, legalább 4–5 kg-nak kell lennie.

A kieső kommunikációs kapacitás pótlását segítő ballonra ma a legjobb megoldásnak az Európai Unió ABSOLUTE¹⁰-projektjének ballonja tűnik, mert mind a műszaki paraméterek, mind az ár tekintetében megfelelőnek látszik [19].

A város mint egyetlen reptér

Amikor a katasztrófa bekövetkezik, akkor a drónok használatával kapcsolatos helyzet gyökeresen megváltozik, beleértve a prioritásokat. Véleményem szerint [16] aggálya például a napfürdőző személy akaratlagos vagy akaratlan megfigyeléséről értelmét veszti. A személy nyilván a napfürdőzést megszakítja és mással lesz elfoglalva. A köz érdekét kell az első helyre tenni, és ennek megfelelő szabályokat bevezetni.

Ha a városnak maradt épen repülőtere, akkor a következő típusú repülésekre kell számítani: (a) a több különböző feladatot ellátó felderítő drónok, (b) szállító drónok, (c) biztonsági erők helikopterei, (d) nagy távolságról repülőgéppel érkező nemzeti és nemzetközi segélyek. Viszont (e) a kommunikációs rendszer kiesett kapacitásainak pótlására szolgáló léggömb vagy

⁷ Angolul: payload.

⁸ Angolul: endurance.

⁹ Angolul: ceiling.

¹⁰ Aerial Base Stations with Opportunistic Links for Unexpected & Temporary Events – Váratlan és időleges események esetén átjátszásra készült légi platform.

léggömbök úsznak a levegőben, azaz nem repülnek, és elfoglalják a légtér egy részét. Az említett repüléseket kell elválasztani egymástól. Az egy repülési típuson belül pedig gondoskodni kell az összeütközések elkerüléséről.

A megoldás az, hogy a várost egyetlen reptérnek kell nyilvánítani. Az (a)–(d) repülések kivételével minden más repülést tiltani kell. Minden repülő szerkezetnek felszólításra azonosítania kell magát, és az erre nem képes eszközöket meg lehet semmisíteni. Erre a feladatra alkalmasak a felderítő drónok.

Az (a)–(d) repüléseket magassági elválasztással lehet biztonságossá tenni. Az (a) és (b) esetén szükség van a támaszponttól kifelé repülés esetén egy meghatározott magasságra, továbbá egy visszatérési magasságra és a kettő között a közvetlen ütközések elkerülése végett egy várakozási magasságra. A (c) esetben lényegesen e magasságok felett kell repülni. Ebben az esetben nem pilóta nélküli repülésről van szó, a járművek száma is nagyságrendekkel kevesebb, így az ütközés kockázata lényegesen alacsonyabb. Az említett magasságokat a város szerkezetének megfelelően kell megválasztani úgy, hogy a repülés lehetőség szerint az épületek és a növényzet felett történjen.

Az ütközések elkerülése végett a drónok kicserélhetik helyzetük adatait és az esetleges várakozásra egyéni döntést hozhatnak. Elsőbbséget annak kell adni, amelyiknek az üzemanyaga, bármi legyen is az, fogytán van, hogy biztonságosan vissza tudjon érni a támaszpontjára. A drónok egymás közötti kommunikációja csökkenti a KVK terheit. Azonban továbbra is szükség lehet valamennyi levegőben lévő jármű valós idejű szimulációjára és szükség esetén a szimuláció alapján történő beavatkozásra.

Minden forgatókönyvhöz előzetes repülési tervet kell készíteni. Ez a terv a raktárak (támaszpontok) és az EP-k helye, illetve a várhatóan sérült terület szerint matematikai alapon számítja ki a repülések ütemezését úgy, hogy összeütközés ne forduljon elő.

A (d) típusú repülésekkel való ütközést úgy lehet elkerülni, ha az EP-k helyét harmonizáljuk a reptér elhelyezkedésével. Egy átlagos megoldást vázolok. A reptér a beton középvonalától oldalirányban várhatóan 400 m-nél tovább nem nyúlik ki. Ehhez képest további 800 méterre lehetnek a legközelebbi EP-k. E mögött az a feltételezés áll, hogy a reptér mellett közvetlenül nem lakott terület van, hanem utak. Az (e) esetben pedig tiltott zónákat kell kijelölni a drónok számára. Szerencsére ennek átmérője nem túl nagy.

További technikai kérdések

A legfontosabb megoldatlan probléma a romok alá került és még élő emberek lokalizációja, bár számos módszer ismert [29]. Ma a legtermészetesebb a mobiltelefonok jeleinek felhasználása volna. Azonban jelenleg ezt felhasználó technológia nincs. Ugyanis feltételezve, hogy az összedőlt házak részben vagy egészben betonból épültek, szabálytalanul összetört betondarabok vannak a föld alatt, amin a rádiójelek visszatükröződnek, szóródnak, elhajolnak, és az azonos forrásból származó, de különböző útvonalon haladó jelek interferálnak. Ezt a jelenséget nevezik angolul „fading”-nek és még normál esetben is zavarokat okoz a vételben. Felvettem a következőt. [30] fix tornyokkal lokalizál mozgó célpontot Kálmán-szűrő segítségével. Lehetséges volna-e a jelen helyzetben egy fordított szereposztás? A célpont, azaz a föld alatt rekedt személy, pozíciója fix. Egy mozgó UAV veszi mobiljának jeleit és annak alapján határozza meg a kibocsátó mobil helyét.

Egy másik fontos technológia a földradar¹¹ [31]. A radarjelek a hullámhossztól függően 3–10 méter mélyre tudnak a talajba behatolni. Számos alkalmazása ismert, köztük mind katonai, mind régészeti. Katasztrófa esetén való alkalmazásának legfontosabb akadálya, hogy egyenletes felszínt igényel.

A NASA kifejlesztett egy FINDER¹² nevű eszközt [32]. Mikrohullámú radart használ a szívverések érzékelésére. 6–9 m mélységig dolgozik, és sikeresen mutatkozott be a 2015-ös nepáli földrengés alkalmával. Más radartechnikák a Doppler-effektust használják fel ugyan-csak a szívverés vagy a lélegzés érzékelésére [33] és [34]. [35] pedig egy piezoelektromos megoldást javasol.

[36] egy új technológiát ismertet, amikor az okostelefon saját eszközeivel (magnetométer, giroszkóp és gyorsulásmérő) a GPS-től¹³ nagyrészt függetlenül határozza meg a helyét. A szervezet felépítése című fejezet végén már említettem, hogy hasznos lehet egy olyan mobilalkalmazás, ami közli a mobil jelenlegi vagy korábbi helyét. Ezt részletesebben kifejtvén a következő mondható a katasztrófával kapcsolatos mobilalkalmazások funkciójáról.

- Hasznos, ha egy alkalmazás elindításával a személy még a katasztrófa előtt bejelentkezhet a KVK nyilvántartási rendszerébe. A katasztrófa után a KVK a bejelentkezett személyek állapotát igyekszik megtudni. Amíg információ nem érkezik róla, eltűntként lehet nyilvántartani.
- Egy másik funkcióval a mobil tulajdonosa a katasztrófa után a saját aktív részvételével bejelentkezik, ezzel jelzi, hogy túlélő. Ugyanakkor esetleg egyéb információt is megadhat fellelhetőségéről.
- Amennyiben a mobil működőképes maradt és be van kapcsolva, a KVK automatikus kérésére a mobil bejelentkezik. Ha a tulajdonos aktívan nem jelentkezett be, ez arra utalhat, hogy a személy bajba került, például a romok alatt rekedt akár élve, akár halva.
- Ha a mobil mindig tárolja az utolsó pozíciót, és ezt nem változtatja meg a KVK által kiadott riasztás hatására, akkor ezt a pozíciót lehet tekinteni a tulajdonos utolsó ismert pozíciójának, ami szükség esetén támpontot ad arra, hogy hol kell a személyt keresni.

Ezen tanulmány készítése során nem sikerült találnom szonárt¹⁴ használó technológiát föld alá rekedt emberek felkutatására.

Fontos technikai részletkérdés, hogy a drónok üzemanyaggal való újratöltése, bármi is az üzemanyag, gyors legyen. Műszakilag úgy oldható meg a gyors csere, ha az akkumulátor vagy üzemanyagtartály alulról kapcsolódik a drónhoz, a cserét végrehajtó rendszer automatikusan szállítja el a régit és hozza az újat. Szállításkor a csomag hasonlóképp kerülhet a drónra, az üzemanyag alá.

Több számítás van, amit még a katasztrófa előtt a felkészülés jegyében, vagy a katasztrófa bekövetkezése után a hatékony válaszlépések kidolgozása érdekében kell elvégezni. Az előbbire példa az operáló személyzet műtőkhöz rendelése, mégpedig úgy, hogy a katasztrófa után is üzemképes műtők számának várható értéke – a valószínűségszámítási értemben – a lehető

¹¹ Angolul: Ground-Penetrating Radar.

¹² Magyarul: megtaláló.

¹³ Az angol Global Positioning System, azaz globális helymeghatározó rendszer, nevének rövidítése. A GPS a Föld minden pontján működő, műhold alapú, navigációs rendszer.

¹⁴ Az angol sonar szó, ami eredetileg a „sound navigation and ranging” kifejezés rövidítése volt, de köznyelvi szóvá vált.

legnagyobb legyen. A másodikra példa a legrövidebb utak meghatározása dinamikus környezetben, amikor egyes útszakaszok járhatatlanná váltak, majd idővel ismét járhatók lesznek. Az ezekre vonatkozó információk meg folyamatosan érkeznek. A feladat nehézségét jól mutatja, hogy például San Francisco városát 45 453 ponttal és 68 609 közöttük menő éllel lehet leírni. A pontok azonosak maradnak, de az élek a felderítés és a bejelentések nyomán törlődnek, illetve hozzáadódnak.

Költségek

Mint minden új intézmény esetében számolni kell a kezdeti beruházási költségekkel és a fenntartás költségeivel.

A nagyobb UAV-k esetén 50 ezer dolláros egységárral lehet kalkulálni, ami 500 darab esetén 25 millió dollár. A kisebb UAV-k esetén lényegesen alacsonyabb árral kell számolni, ami 5000 dollár/UAV szinten mozoghat. Természetesen az épületek felépítésének költsége, az automatikus raktárak és töltőállomás költségei még ehhez jönnek. A teljes beruházási költség mintegy 60–70 millió dollárra tehető. Érdekes ezt összehasonlítani az [5]-ben publikált havonta és családonként tervezett 38 dollárral, ami egy év alatt kiadja a beruházás költségét Teherán esetében 8 millió lakossal és háztartásonként 4 fővel számolva.

Az éves fenntartási költség egy nagyságrenddel alacsonyabb. Itt a legfontosabb tételek közé a személyzet fizetése, a kiképzés költségei és a segélycsomagok tartalmának folyamatos cseréje tartozik.

Ezek az összegek állnak szemben azokkal az életekkel, amelyeket a rendszer ment meg. Két, valójában nem összehasonlítható dologról van szó. Érdekes elgondolkodni, hogy mi mit ér meg.

Összefoglalás

Ebben a dolgozatban bemutattunk egy nagyvárosban működő katasztrófaelhárítási rendszert. A városban valamilyen várható katasztrófára kell felkészülni, például földrengésre és azt követő cunamira. A rendszer a katasztrófa után azonnal, automatikusan működésbe lép. Természetesen egyes funkciókat emberek látnak el, de a cél az, hogy minél többet automata rendszerek. A segélycsomagok kiszállítása forgószárnyú drónokkal történik. Ugyancsak drónok végzik a felderítést, járőrözést és kisebb, egyéni segélycsomagok kiszállítását. Ez technológiováltást jelent a katasztrófa-elhárításban. A dolgozat tárgyalja a rendszer elveit, ideáltipikus működését, a nyújtott szolgáltatásokat, a felhasználható járműveket, az egyéb műszaki kérdéseket és a pénzügyi vonatkozásokat. A rendszer fő jellemzői, hogy működése katonai elveken alapul és haladék nélkül megkezdí a mentést. Az utóbbira az alkalmazott technológia teszi képessé. Ez jelentős előny a [37] által tárgyalt, ma a világon mindenütt alkalmazott, polgárok által irányított, sok döntési szinttel és emiatt jelentős idővesztéssel rendelkező szervezetekhez képest. Ugyanakkor nem zár ki semmilyen polgári vagy katonai szervezetet, amelyik a mentési munkálatokhoz és/vagy a polgári lakosság ellátásához hozzá tud járulni.

Felhasznált irodalom

- [1] Wikipedia, the Free Encyclopedia, „1755-ös lisszaboni földrengés,” [Online]. Elérhető: https://hu.wikipedia.org/wiki/1755-%C3%B6s_lisszaboni_f%C3%B6ldreng%C3%A9s
- [2] A. K. Hosseini, M. Hosseini, S. Hosseinioon, Y. O. Izadkhah, T. Shaw, and R. Takahashi, “A survey on evacuation planning and its challenges for potential earthquake in Tehran,” *International Journal of Disaster Resilience in Built Environment*, vol. 5, no. 1, pp. 38–52, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-09-2011-0033>
- [3] Wikipedia, the Free Encyclopedia, „A legnagyobb földrengések listája,” [Online]. Elérhető: https://hu.wikipedia.org/wiki/A_legnagyobb_f%C3%B6ldreng%C3%A9sek_list%C3%A1ja
- [4] A. Asgary, J. K. Levy, and N. Mehregan: “Estimating willingness to pay for a hypothetical earthquake early warning systems,” *Environmental Hazards*, vol. 7, no. 4, pp. 312–320, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ENVHAZ.2007.09.003>
- [5] “The Study on A Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in Istanbul including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey,” Japan International Cooperation Agency (JICA), Istanbul Metropolitan Municipality (IMM), Pacific Consultants International, 2002.
- [6] “The Study on Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran,” Japan International Cooperation Agency (JICA), Center of Earthquake and Environmental Studies of Tehran (CEST), Tehran Municipality, Pacific Consultants International Report, 2000.
- [7] Earthquakes Report, “What to do during earthquakes,” [Online]. Elérhető: <https://earthquakesreport.com/earthquake-what-to-do/>
- [8] E. Lambie, T. M. Wilson, D. M. Johnston, S. Jensen, E. Brogt, E. E. H. Doyle, M. K. Lindell, and W. S. Helton, “Human behaviour during and immediately following earthquake shaking: developing a methodological approach for analysing video footage,” *Natural Hazards*, vol. 80, no. 1, pp. 249–283, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1967-4>
- [9] B. Vizvári, M. Golabi, A. Nedjati, F. Gümüşbuğa, and G. Izbirak, “Top-down approach to design the relief system in a metropolitan city using UAV technology, part I: the first 48 h,” *Natural Hazards*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03760-8>
- [10] A. Nedjati, B. Vizvári, and G. Izbirak, “Post-earthquake response by small UAV helicopters,” *Natural Hazards*, vol. 80, no. 3, pp. 1669–1688, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2046-6>
- [11] S. Nagy, „A természeti és civilizációs veszélyforrások kapcsolata a lakosságvédelemmel, a drónok szerepe a hatékony eseménykezelésben,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 3. sz. pp. 85–93, 2017.
- [12] T. Kovács, A. M. Viplak, „Drónok a biztonságtechnikában,” *Hadmérnök*, 12. évf. 2. sz. pp. 7–13, 2017.
- [13] L. Gajdács, G. Major, „Az UAV alkalmazásának kockázatai a biztonságtechnika területén,” *Repüléstudományi Közlemények*, 30. évf. 2. sz. pp. 101–111, 2018.
- [14] Á. Török, „A pilóta nélküli légitáncművek légtérbe integrálása,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 3. sz. pp. 179–187, 2017.
- [15] Zs. Sándor, „A pilóta nélküli légitáncmű rendszerek forgalmi menedzsmentjét biztosító megoldások információrendszerének modellje,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 3. sz. pp. 167–178, 2017.

- [16] R. Clarke, L. B. Moses, "The regulation of civilian drones' impacts on public safety," *Computer Law & Security Review*, vol. 30, no. 3, pp. 263–285, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2014.03.007>
- [17] United Nations, Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, "Unmanned Aerial Vehicles in Humanitarian Response," OCHA Policy and Studies Series, June 2014, 010, UNOCHA.¹⁵
- [18] RQ-4A Global Hawk (Tier II+ HAE UAV), 2001. [Online]. Elérhető: https://fas.org/irp/program/collect/global_hawk.htm (Letöltve: 2018. 08. 29.)
- [19] K. Károly, Gy. Mikó, „Kis magasságú ballonok honvédelmi alkalmazásának lehetőségei, különös tekintettel a Magyar Honvédség távközlési igényeinek támogatására,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 2. sz. pp. 293–308, 2017.
- [20] J. Shen, R. Pang, R. J. Weiss, M. Schuster, N. Jaitly, Z. Yang, Zh. Chen, Y. Zhang, Y. Wang, R. J. Skerry-Ryan, R. A. Saurous, Y. Agiomyrgiannakis, and Y. Wu, "Natural TTS Synthesis by Conditioning WaveNet on MEL Spectrogram Predictions," *arXiv 1712.05884v1*, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2018.8461368>
- [21] M. Moon, "Google Voice Search can now handle multiple languages with ease," *engadget*, AOL Tech., August 15, 2015. [Online]. Elérhető: www.engadget.com/2014/08/15/google-voice-search-multi-language-default/
- [22] Polygraph, „Humán erőforrás-menedzsment támogató biztonsági alkalmazás,” [Online]. Elérhető: www.polygraph.hu/lva-i-humaneroforras-menedzsment-tamogato-biztonsagi-alkalmazas.html
- [23] Cikkgyűjtemény a kihallgatások videófelvételeinek számítógépes kiértékeléséről, 19. [Online]. Elérhető: www.kre.hu/portal/index.php/193-psychologia-hungarica-caroliensis2/947-psychologia-hungarica-caroliensis-2016-2.html
- [24] B. Papp, „A japán katasztrófavédelem II. – Szervezet és működés,” *Hadmérnök*, 14. évf. 1. sz. pp. 166–180, 2019.
- [25] S. M. Shavarani, B. Vizvari, "Post-disaster transportation of seriously injured people to hospitals," *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, vol. 8, no. 2, pp. 227–251, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-12-2017-0068>
- [26] B. K. Yılmaz, B. Y. Karakuş, E. Çevik, H. Doğan, S. A. M. Mehmet, and A. Kutur, "Metropolde 112 Acil Sağlık Hizmeti," *İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi*, vol. 77, no. 3, pp. 37–40, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18017/iuitfd.13056441.2015.77/3.37-40>
- [27] Wikipedia the Free Encyclopedia, "Trolley problem," [Online]. Elérhető: https://en.wikipedia.org/wiki/Trolley_problem
- [28] Wikipedia the Free Encyclopedia, "TTA UAV," [Online]. Elérhető: https://en.wikipedia.org/wiki/TTA_UAV#M8_Octocopter
- [29] V. Ferrara, Technical survey about available technologies for detecting buried people under rubble or avalanches, *WIT Transactions on The Built Environment*, vol. 150, pp. 91–1, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2495/DMAN150091>
- [30] H. Jamali Rad, T. van Waterschoot, and G. Leus, "Cooperative Localization Using Efficient Kalman Filtering for Mobile Wireless Sensor Networks," In 19th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2011), Barcelona, Spain, August 29 – September 2, 2011, pp. 1984–1988.

¹⁵ United Nations Office for Coordination of Humanitarian Affairs.

- [31] Wikipedia the Free Encyclopedia, "Ground-penetrating radar," [Online]. Elérhető: https://en.wikipedia.org/wiki/Ground-penetrating_radar
- [32] A. Griffin, "Nasa uses microwave technology to detect heartbeats of people stuck under Nepal Earthquake rubble," *Independent*, Friday 8 May, 2015, [Online]. Elérhető: www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/nasa-uses-microwave-technology-to-detect-heartbeats-of-people-stuck-under-nepal-earthquake-rubble-10235188.html
- [33] M. Bimpas, N. Paraskevopoulos, K. Nikellis, D. Economou, and N. Uzunoglu, "Development of a Three Band Radar System for Detecting Trapped Alive Humans under Building Ruins," *Progress In Electromagnetics Research, PIER*, vol. 49, pp. 161–188, 2004. DOI: <https://doi.org/10.2528/PIER04030501>
- [34] N. Zade Gauri, S. S. Badnerkar, "A modern Microwave Life Detection System for Human Being Buried Under Rubble," *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, vol. 1, no. 1, pp. 69–77, 2011.
- [35] J. Bethanney Janney, S. Krishnakumar, J. V. Dinakar, and S. Dilip Kumar Reddy, "Detection and Monitoring of Victims Trapped Under Collapsed Buildings Using Wireless Communication," *International Journal of Pharmacy & Technology*, vol. 8 no. 1, pp. 11056–11064, 2016.
- [36] S. Saha, S. Chatterjee, A. Kr. Gupta, I. Bhattacharya, and T. Mondal, "TrackMe – A Low Power Location Tracking System Using Smart Phone Sensors," In Proc. of Intl. Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet'15), Dec. 16–19, Trivandrum, India, 2015, pp. 457–464. DOI: <https://doi.org/10.1109/CoCoNet.2015.7411226>
- [37] J. Hornyacsek, "Földrengés! Fel vagyunk készülve?" *Hadmérnök*, 6. évf. 1. sz. pp. 276–295, 2011.

ON POST-DISASTER RELIEF SYSTEM WHICH IS BASED ON AERIAL VEHICLES AND SERVES A LARGE-SCALE METROPOLITAN CITY: CONCEPT AND PRINCIPLES

This paper discusses the first 48 hours of a post-disaster relief system after the outbreak of the disaster. The system works in a metropolitan city. The city can get only what the system can provide in this period. Long distance relief arrives later. The relief system starts to work automatically just after the disaster. The system has personnel. However, the objective of the design is that many functions are served by automatic systems. Among others the transportation of the relief items and many communication functions belong to that category. Another important such function is the selection of the persons to be transported to hospitals. The paper discusses the organisational structure, the ideal work, and the costs of the relief system. It also analyses further technical problems including non-solved ones.

Keywords: disaster, disaster relief system, earthquake, tsunami, UAV

Vizvári Béla Dr.habil.
Egyetemi tanár
Kelet Mediterrán Egyetem
Műszaki Kar
Ipari Mérnök Tanszék
bela.vizvari@emu.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-1349-1035>

Béla Vizvári, Dr. habil.
Professor
Eastern Mediterranean University
Faculty of Engineering
Department of Industrial Engineering
bela.vizvari@emu.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-1349-1035>



<http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/409/173>