

Restás Ágoston

PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK ALKALMAZÁSA ERDŐTÜZEK FELDERÍTÉSE ÉS MONITOROZÁSA CÉLJÁBÓL. A SZENDRŐI TŰZOLTÓPARANCSNOKSÁG EREDMÉNYEI

Az időjárás csapadékossága és az erdőtüzek száma, valamint kiterjedése és súlyossága között fordított arányú, sztochasztikus kapcsolat fedezhető fel. A szárazabb időszakok velejárója a fel-fellobbanó erdőtüzek megjelenése, ami mind a felhasználható eszközök tekintetében, mind taktikai szempontból új feladat elé állítja a beavatkozókat, elsősorban a tűzoltókat. Ennek az új feladatnak való megfelelést segítheti elő egy innovatív eljárás, a pilóta nélküli repülőgépek helyszíni felderítést elősegítő alkalmazása.

A repülőgépek és helikopterek erdőtüzek felderítéséhez történő alkalmazása roppant drága bár, de a tapasztalat azt mutatja, hogy nagyon hatékony. A technikai fejlődés lehetőséget, a globális klímaváltozás szélsőséges időjárási jelenségei pedig kényszerrel jelentenek arra, hogy a légi felderítés gyakorlatát kiszélesítsük. A pilóta nélküli repülőgépek alkalmazása ennek az elvárásnak tesz eleget.

A TŰZOLTÓK PROBLÉMÁJA A FELDERÍTÉS SORÁN ÉS A LEHETSÉGES MEGOLDÁS

A felderítés általános követelményei és a felmerülő problémák erdőtüzek esetén

A tűzoltás helyszínén általános esetben is az első és egyik legfontosabb feladat a felderítés, de területtüzek, így erdőtüzek esetén ennek különös jelentősége lehet. A felderítés az életmentéssel és a tűzoltással kapcsolatos feladatok meghatározásához, azok biztonságos végrehajtásához szükséges adatgyűjtés és tájékozódás, amely a tűzjelzéstől az utómunkálatok befejezéséig tart. A felderítésnek alkalmasnak kell lennie:

- az adott és a várható helyzet felmérésére,
- a helyes megoldás megválasztására és a szükséges feladatok meghatározására,
- a tűzoltás egyes szakaszai során felmerülő speciális feladatok megoldására,
- a beavatkozók biztonsága érdekében a szükséges óvintézkedések meghozatalára.

Felderítés nélkül a beavatkozás megkezdésére nem adható parancs! A felderítésnek hozzá kell segítenie a tűzoltásvezetőt ahhoz, hogy döntésével az oltási módszerek közül azt tudja alkalmazni, amellyel emberéletet, testi épséget nem veszélyeztet, és a tűzoltás a legrövidebb idő alatt, a legkisebb kárral, a legkevesebb erővel, eszközzel, a leggazdaságosabban végezhető el (1/2003. (I. 9.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentésének szabályairól).

A hatékony erdőtűzoltás egyik alapvető követelménye, hogy a felderítés kellően pontos legyen. Azonban számos alkalommal ez nehézségekbe ütközik. Az egyik ilyen probléma a tűz kiterjedésének megítélése. Az égő terület olyan nagy lehet, hogy a pontos felderítés érdekében szükségessé válik a terület teljes körbejárása. Gépjárművel ez a domborzati viszonyok és a növényzet (pl.: áthatolhatatlan cserjés) miatt nem lehetséges. A gyalogos körbejárást szintén nehezítheti a domborzat és az aljnövényzet hatása, de a tűzoltók nem megfelelő védőruhája is gátja lehet ennek. Vegyük figyelembe, hogy egy 300 m sugarú terület körbejárása közel 2 km távolság lejárását jelenti!

A hatékony tűzoltás egy másik problémája az égő terület környezetével együtt történő kezelése. Az erdőtüzek oltása időben elhúzódik és közben a tűz frontja is tovább terjed. Ezért a tűz hatékony oltásának elengedhetetlen feltétele, hogy ne csak a tűz pillanatnyi frontvonalára legyünk figyelemmel, hanem azt a környezet jellegétől függően legyünk képesek kezelni! A tűzoltásvezető a tűzvonal

közvetlen közelében egyszerűen túl közel van a tűzhöz, hogy azt környezetével együtt tudja kezelni. Szó szerint nem látja a fától az erdőt! Meg kell jegyezni, hogy ezt az esetleges információhiányt a megfelelő szintű helyismeret csupán részben ellensúlyozhatja.

Egy jellemző példa a lehetséges döntéstámogatásra: amennyiben az egész területet komplexen vagyunk képesek kezelni, úgy nem biztos, hogy a tűzoltás megkezdésekor leg súlyosabbnak ítélt terület megóvása a legfontosabb feladat. Az oltás ideje alatt a nem oltott részekben a tűzterjedés tovább tart, így esetleg természetes akadályokba, falakba ütközhet. Lehet, hogy egy folyó, nagyobb út, nyíladék képes természetes akadályként a tüzet megállítani, így előtte 100 –200 méterrel az oltást megkezdeni csak akkor tekinthető hatékonynak, ha van elegendő erőnk, eszközünk és azokat máshová nem szükséges összevonni. Azonban előfordulhat olyan is, amikor a gyenge tűzterjedési paraméterekkel rendelkező, látszólag nem súlyos helyzetet mutató irányban egy jelentősen veszélyeztetettebb terület, például fokozottan védett kiterjedtebb növénytakarulás, vagy állatok élőhelye, esetleg jelentősen kedvezőbb tűzterjedési paraméterekkel bíró növényzet helyezkedik el. Ez utóbbira példa lehet a fenyőerdő veszélyeztetése.

A fentiek mutatják, hogy a tűzoltás során a leghatékonyabb beavatkozást nem minden esetben a legintenzívebben égő területen tudjuk elérni. Ahhoz, hogy a lehető legjobb döntés születessen, az égő területet a környezetével együtt, komplexen szükséges kezelni.

A légi felderítés, mint a döntéstámogatás eszköze

A fenti problémákat olyan eszköz segítségével lehet feloldani, amely az adott helyszínről az egész körzetre vonatkozó gyors és pontos információt képes adni. Ennek kézenfekvő megoldása lehet a levegőből, személyes megfigyeléssel történő felderítés alkalmazása. Felderítés céljára lehetőség van a készenléti rendőrség helikopterét igénybe venni, azonban ennek számos problémája van: az igénybevétel túl bürokratikus, időigényes az engedélyezés, a helyszínre jutás túl sokáig tart, a tűzoltóknak nincs tapasztalatuk a levegőből történő felderítésre. A fenti problémák ellenére is számos alkalommal kerültek helikopterek alkalmazásra erdőtüzek felderítésének elősegítésére. Ezek a tüzek azonban óriási kiterjedésűek voltak és az oltásuk több napig is eltartott. A tűzoltás vezetését ezekben az esetekben már magasabb irányítási szervezetben végezték, többnyire vezetési törzs formában. A tapasztalatok azonban egyértelműen bizonyítják, hogy a levegőből történő felderítés hatékonyan segíti elő a helyes döntéshozatalt.

A felderítés légi támogatásának hatékonyságát az igazolja, hogy több száz, esetleg ezer hektár erdőterület egyidejű átlátásával lehetőség adódik a beavatkozás összehangolására. A levegőből történő felderítés nélkül a beavatkozás összehangolására csak a különböző helyeken lévő egységek parancsnokai közötti hírforgalmazás adataiból nyert információ alapján van módja a tűzoltásvezetőnek. A különböző helyeken lévő parancsnokok a saját helyzetük súlyosságát azonban nem egymáshoz viszonyítva, hanem teljesen szubjektíven ítélik meg. A levegőből történő felderítés esetén lehetőség van a szubjektív megítélés kizárására, a gócpontok egymáshoz viszonyított rangsorolására. A légi felderítéssel elérhető, hogy a terület átlátását egyébként nehezítő, vagy lehetetlenné tévő domborzat hatása se érvényesülhessen.

Ha a fenti megállapításokat elfogadjuk, akkor a feladatunk az, hogy a légi felderítés nyújtotta előnyöket kisebb tüzek esetén is alkalmazni legyünk képesek. Ezzel az is elősegíthető, hogy a kisebb kiterjedésű tüzeknél történő beavatkozásokat olyan hatékonysággal tudjuk alkalmazni, amelyekkel elkerülhető, hogy azok nagyokká váljanak. Az teljesen természetes, és mindenki által belátható, hogy a személyzettel együtt repülő gépek fenntartási, üzemeltetési költségei nem állhatnak arányban a kisebb erdőtüzek hatékony oltásával elért megmentett értékkel. Legfeljebb akkor, ha ezzel a nagy kiterjedés megakadályozását tudjuk elérni, ennek a megítélése azonban szintén meglehetősen szubjektív és nehezen mérhető. Ezért a légi felderítés elvét úgy tudjuk viszonylag kis költséggel megtartani, hogy a vizuális megfigyelést felcseréljük képi adatszolgáltatásra.

A szerző megítélése szerint a személyes megfigyelés hatékonyságát képi adatszolgáltatásra cserélve a felderítés minősége még nem csökken a tűzoltás hatékonyságát elősegítő mérték alá. Röviden: a képi felderítés is hasonlóan kielégíti a hatékonyságot elősegítő kritériumok teljesülését. Ez pedig már nem igényli személyzettel repülő eszköz jelenlétét. A fenti kritériumoknak megfelelő képi

adatszolgáltatásra a személyzet nélkül repülő, de személyzet által a földről irányított eszköz már alkalmas. Erre is találhatunk számos példát. A földről irányított modellrepülőkre, vagy pilóta nélküli repülőre (PNR) szerelt kamerák ma már kiváló minőségű fotók, élőképek továbbítására alkalmasak. Ezek irányítását kiképzett személyzet végzi. Ezek alkalmazása nagyon előnyös a lassan kialakuló, vagy lefolyású katasztrófahelyzetekben. Ezekre tipikus példa az árvizeknél történő helyzetfelmérés, gátak állapotának értékelése. Itt van idő a modellrepülő odaszállítására, a gép felszállásához megfelelő terület kiválasztására, a megtelepítésre, kiszolgálásra, stb. Ezek a repülők többnyire személyhez kötöttek, esetleg bázison tartózkodnak. A személyzet sportszerűen, hobbyszerűen, de rendszeresen repül velük, hiszen a pontos navigálás és repülési rutin ezt megköveteli.

Amennyiben ezek a PNR –ek kamerát visznek magukkal, a tüzek felderítésére potenciálisan alkalmasak. Az általuk szolgáltatott képi információ minősége többnyire a rájuk szerelt kamerától függ. Ezek kielégítik a tűzoltás hatékonyságát elősegítő kritériumok teljesítését. Óriási előnyük a viszonylag költségkímélő üzemeltetés. A fenti előnyöket elfogadva fel kell tenni a kérdést, hogy ha ez ennyire hatékony eszköz és már például árvíznél is bizonyította a hatékonyságát, akkor miért nem kerül alkalmazásra a személyzettel repülő eszközök igénybevételét még el nem érő szintű erdőtüzek oltása esetén?

A választ több tényező együttesen adhatja. Az egyik az időtényező. A fentiekben már említésre került, hogy a PNR -ek többnyire személyhez kötöttek és bizonyos állomáshelyeken tartózkodnak. Egy közepes méretű erdőtűz oltása néhány órát, legfeljebb fél, egy napot tart. Az oltás idejéhez mérten a személyzetet igénylő PNR -ek alkalmazása is túl hosszú ideig tart. Ennek riasztása a helyszínen végzett földi, gyalogos felderítés adatai alapján lenne indokolt, azonban pont a kezdeti felderítés lehetőségéről a fentiek alapján a modellrepülő már le is maradt. Alkalmazása még így is lehetne indokolt, azonban az igénybevétel kidolgozatlansága erre nem ad lehetőséget. A kitelepülés, a gép felszállásához megfelelő terület kiválasztására, a megtelepítés, kiszolgálás a tűzoltás idejéhez képest túl sokáig tart.

A hatékonyság elérhető maximuma annál inkább érvényesül, minél inkább a beavatkozás kezdetén teszünk érte erőfeszítéseket. Ezt a problémát a tűzoltóság kezelésében lévő repülő tudná feloldani. Azonban arról is szó esett, hogy ezekkel a gépekkel a navigáció, a repülési rutin miatt a személyzetnek rendszeresen repülnie kell. A gépek bekertülési, javítási költsége sem olcsó. A tűzoltóság részéről ez számos ember egyszeri kiképzését, hosszú távon rendszeres gyakoroltatását feltételezná. Minél kisebb egy tűzoltóság, annál inkább szüksége lenne a kezdeti segítségre, de annál súlyosabb problémát jelentene a személyzet kiképzése. A tűzoltó mentalitás - megítélésem szerint - egyébként is távol áll a fentiektől. Az alkalmazás során a gép helytelen üzemeltetéséből származó károk utáni felelősség kérdése felvetheti az állomány passzivitását, elutasítását. Külön szakszemélyzet fenntartása, pedig mindannyiunk számára beláthatóan nem tartozhat a tűzoltóság feladatkörébe.

PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK FEJLESZTÉSE ERDŐTÜZEK FELDERÍTÉSÉNEK TÁMOGATÁSÁRA

A fejlesztés

A fentiek figyelembe vétele mellett a Szendrői Tűzoltóparancsnokság a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Elektronikai Hadviselés Tanszékével, majd a HM EI Rt, az Aerotarget Bt, a HI Aero Kft és a Macher Modell Bt. Közreműködésével egymást segítő, erősítő, illetve párhuzamos fejlesztésekbe kezdett. A fejlesztés folyamata külső okoknál fogva nem volt zökkenőmentes, mindig forráshiánnyal küszködött, így időközben a szereplők cserélődtek, vagy újra visszatértek. A fejlesztés fő irányvonala a következő lépéseket foglalta magában:

1. A tűz természetének és az oltás folyamatának elemzéséből a jelenlegi rendszer problémáinak, hiányosságainak feltárása.
2. A problémák feloldását lehetővé tevő eszköz, a speciális pilóta nélküli felderítő repülő hatékony alkalmazását lehetővé tevő célok, paraméterek meghatározása.

3. A nemzetgazdasági szempontból is hatékony alkalmazás gazdaságossági igazolása.
4. Az első gyakorlati kísérletek a hagyományos PNR eszközökkel.
5. A kísérleti eredmények és a célkitűzések összevetése alapján meghatározni a tűzoltók igényeit kielégíteni képes PNR fejlesztésének irányát.
6. A fejlesztés megvalósítása.

A fejlesztés egyik sarkalatos pontja volt a célkitűzések meghatározása. A számos kritérium közül az alábbiakban csupán a legfontosabbak kerülnek leírásra rövid magyarázattal:

- Az azonnali bevetethetőség: ezt a hagyományos felderítéshez, illetve a tűzoltás idejéhez mérten kell, hogy értsük. Ez a szerző megítélése szerint kb. 5 perc időtartamnak kellene, hogy megfeleljen.
- Magasan kiképzett földi irányító személyzetet ne igényeljen: ennek teljesítése az, ami igényli a robot fogalmát takaró eszköz alkalmazását. Erre azért van szükség, hogy tartósan és kizárólagosan egyetlen tűzoltót se kössön le az irányítása, kiszolgálása. Ezzel elérjük, hogy a robottal felszerelt PNR alkalmazása nem vesz el embert a tűzoltástól, de ennek ellenére ad plusz információt. Nagyon röviden: ad, de nem vesz el. Ennek különösen a kis tűzoltóságok esetében van óriási jelentősége, ahol csupán néhány ember áll rendelkezésre a tűzoltáshoz.
- A PNR repülési útvonalának megadása a lehető legegyszerűbb legyen: ez jelentheti pontok, vagy görbe digitális térképen történő megadását, ami nem szabad, hogy túlzott háttértudást, vagy felkészültséget igényeljen. Magától értetődik, hogy a kezelése egy ember, a tűzoltásvezető által megoldható legyen.
- A képi információ kezelése egyszerű legyen: amennyiben digitális kamerával történik a felvétel és on-line kapcsolattal megoldható, akkor a tűzoltásvezető folyamatosan tudja egy kijelzőn a képet követni. Előnyös lenne, ha ezek a képi információk a későbbi kiértékelés céljából adatbázisba menthetőek lennének.
- A PNR az útvonalat automatikusan, segítség nélkül, a képi adatszolgáltatásra megfelelő magasságon repülje le, a domborzat viszonyait is figyelembe véve. Erre megítélésem szerint a ma használatos digitális, háromdimenziós térképek, valamint a műholdas navigációs rendszer alapján van lehetőség.
- A fel- és leszállás minimális helyet igényeljen, és lehetőleg helyből történjen. Erre azért van szükség, mert egy erdőben nagyon nehéz lenne egy hagyományos modellrepülőnek szükséges helyet találni. Leginkább az az erdei út áll rendelkezésre, amelyen a megközelítést a tűzoltó járművel, vagy terepjáróval megtettük. Egy alkalmas terület kiválasztásánál a domborzati lehetőségeket is figyelembe kell, hogy vegyük. Nagyobb erdőterület széle pedig lehet olyan távol, amely nem teszi lehetővé az onnét történő irányítást.
- A PNR képes egy feltöltéssel egy 1 km sugarú kör lerepülésére kb. 10 – 15 perc alatt. A fenti kitétel abból a feltevésből adódik, hogy az elsőnek kiérkező és a robottal rendelkező egység viszonylag kis kiterjedésű tűzzel kerül szembe. Az 1 kilométer sugarú kör egy hozzávetőleg 300 hektáros területet jelent, amely a magyarországi fogalmak szerint már inkább nagynak számít. Ebben az esetben a külső segítség igénybevétele úgy is elkerülhetetlen.

Kellően nagy területű tűz oltása időben jelentősen elhúzódhat, ezért úgyis olyan erőösszevonásra kell intézkedni, ami már valóban indokoltta teheti a személyzettel repülő felderítő repülő, helikopter igénybe vételét. A megkövetelt viszonylag kis repülési teljesítmény azt az elvet követi, hogy ne fölösleges képességekkel rendelkező eszköz szülessék meg, hanem egy valóban kicsi, de a legkisebb tűzoltó egység felderítő tevékenységét is hatékonyan támogatni képes robotrepülő. A túlzott repülési teljesítmény fölösleges, hiszen a felderítés hatékonyságának igényeit az egyszeri perspektivikus kép is kielégíti. Az újabb repülés a tűz viszonylagos lassú terjedése miatt pedig már kellően precíz információhoz juttatja a tűzoltásvezetőt. Természetesen nem arról van szó, hogy minden egyes

tűzoltóságnak ilyen robottal kellene rendelkeznie. Ott lehet ez indokolt, ahol az erdős területek aránya jelentős, esetleg különösen védett természeti értékek találhatók és a domborzati viszonyok is kedvezőtlenek a felderítéshez és tűzoltáshoz.

A fejlesztés főnti, első pontjainak végrehajtása egyébként elméleti vizsgálatokat és igazolásokat jelentett, amelyek eredményei több alkalommal is nemzetközi találkozókra kerültek bemutatásra. Jelentős állomása volt a fejlesztésnek a 2004. nyarán végrehajtott kísérlet és az azt követő elemzések, az eredmények és célkitűzések összevetése. A kísérletek több géptípussal és kamerával kerültek végrehajtásra. A kísérletek után a kapott eredmények és a korábbi célkitűzések összevetésre kerültek (1. táblázat).

A kísérlet eredményei

1. sz. táblázat

ÖSSZEHASONLÍTÁS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK				
Célkitűzések	Eredmény (1-5)	Fejlesztés	Jelentés	Probléma
Azonnali alk.	2	Spec. Rep	5 perc	X
Képi inform.	4	Thermo	Pénz	
Autonóm rep.	1	GPS robot	Idő/fejlesztés	X
Felsz. hely igény	3	Kézből/ kézbe?	Függ. felsz. feladása	
Rep. telj: r=1km	5	Növelés	-	
Rep. telj: t=15 p	5	Növelés	-	
Felhasználóbar át alk.	2	Képzés	Autonómia feladása?	X

A repülési magasság növelésével kezdetben rohamosan nő a kamera rálátási szöge, ezáltal a kapott képek használhatósága is. Figyelembe véve a tűz frontjától való célszerű vízszintes repülési távolság megválasztását, a 300 - 500 méteres repülési magasság adta a legjobb minőségű információkat (1. ábra). Az 500 métertől nagyobb magasság már nem adott érdemben jobb kép, azaz jobb információ minőséget. Ezért a kísérlet megállapítása: az adott kamerával (objektív) a felszín feletti 300 – 500 méteres magasságú repülés végrehajtása a legcélszerűbb. Természetesen a domborzati viszonyokat mindig szem előtt kell tartani.

A kísérleti repülések során a repülési sebesség változtatása nem módosított érdemben a képi információ minőségén. Ennek eredményeként a sebesség értékére nincs szigorító kíváncsi. A repülési sebesség célszerű megválasztását a gép teljesítménye és repülési tulajdonságai kell, hogy megszabják. Ettől függetlenül a repülési sebesség többszörösre növelése nyilvánvalóan rontja a kép minőségét, illetve a PNR órába fixen beépített kamera esetén csökkenti a megfigyelési időt (rárepülés).

Jellemző, hogy a rárepülések közötti, alig több mint 1 perces időközök, a tűz frontjában beállt változásokat is szemléletesen képesek mutatni. Ebből származtatott információként a tűz terjedési sebességére és irányára, valamint egyéb paramétereire lehet következtetni. Az eredmények indokolják, hogy a fejlesztés eredményeként egy forgatható, fókuszálható kamera kerüljön alkalmazásra.

Érdekes eredményt hozott a színes és fekete – fehér kamerák által adott képek összevetésének értékelése. A színes kamerák által adott képeket összevetve a fekete – fehér kamerák képeivel megállapítható, hogy a színes képek nem adnak érdemben több információt a fekete – fehér kamerák által adott képektől. Inkább a szemnek kellemesebb látvány, de a fekete – fehér képek értékelhetősége magasabb. A színes kamerák „szín” információi inkább zavaróak az értékelés szempontjából. A fekete – fehér kamera szürke árnyalatai viszont egyszerűen és értékelhetően mutatja a vegetáció változását és az erdei utak is meggyőzően kirajzolódnak.

A termo kamerával végrehajtott későbbi kísérletek azt mutatják, hogy a kamera skálájának osztásával lehet változtatni a felismerni kívánt objektum környezetéből történő kiemelését. A kipróbált A 10 típusú kamera szürke árnyalataival, valamint két, előre beállított küszöbértékkel lehet a

környezet hőmérsékletét megvizsgálni. Megítélésem alapján a hőkamera előnye a vizuális kamera által nem kellően pontosan adott információinak megerősítése, korrigálása esetén lehet jelentős, illetve a tűz eloltása után, a vizuálisan már nem látható, de hőkép alapján könnyen felismerhető esetleges visszagyulladás góccok helyének meghatározásában lehet.

A kísérletek során a tűzoltók szakmai elvárásai és a PNR szolgáltatását biztosítók között érdekes nézetkülönbség alakult ki. A PNR építők a kamera helyzetét, fókuszának közepét minden áron függőlegesen a gép alá állították be. Ennek indokaként azt feltételezték, hogy a gép a tűz fölött repülve ad majd pontos információt a tűzoltóknak. Ezt egyrészt a GPS koordinátára értelmezték, másrészt a tűzről kapott közeli, így pontos képre. Nagyon sok egyezkedés árán sikerült meggyőzni őket ennek a felfogásnak a tévességéről. A tűzoltást irányító személyeknek, döntéshozóknak nem csak a tűz pillanatnyi állapotára kell tekintettel lenniük! Az erdőtüzek, vegetációtüzek nyílt területen égnak, az oltás folyamata közben is terjednek, így a hatékony oltás időben előrelátó következtetések alapján kell, hogy történjen. Tehát nem a tüzet kell direktben figyelni, hanem a tüzet környezetével együtt kell kezelni, menedzselni. Ezért a kamerát inkább a horizont irányába, a tüztől nagyobb területre kell fókuszálni, képesnek kell lenni arra, hogy az egész területet átlássuk. Ennek alapján tudunk hatékony oltást végezni, meghatározva a legveszélyeztetettebb körzeteket, a tűz terjedésének változását.

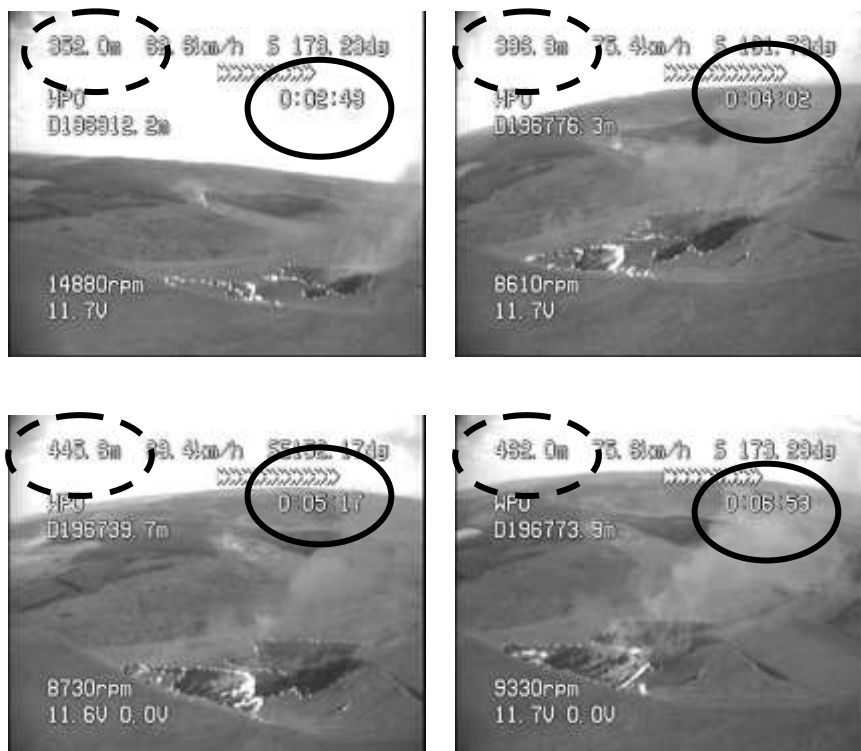
A nemzetközi fejlesztések publikált eredményeiből az a következtetés vonható le, hogy a fenti problémát mások még nem ismerték fel. Ennek oka az, hogy a nemzetközi fejlesztések a repülőgépek gyártóitól, forgalmazóitól indul, hibásan kihagyva, vagy megkerülve a tűzoltókat, mint a PNR által szolgáltatott információ végfelhasználóit. Ebben továbbra is előnyt élvezünk.

A pilóta nélküli repülőgép alkalmazása a tűz helyszínén

Nézzük most meg a folyamatot, ahogyan a pilóta nélküli repülőgépek használata megvalósul: A tűzoltóságra beérkező jelzés alapján az egy rajos, 6 fős személyzet erdőtűzhöz kezdi meg a vonulást. A terepadottságok miatt a tűzoltó jármű nem a hagyományos fecskendő, hanem egy mozgékony és nagyfokú terepjáró képességgel rendelkező jármű. Ezzel elérhetjük, hogy az erdei utak által nyújtott legkedvezőbb helyre történik a helyszínre jutás.

A magasság és az idő függvényében kapott képek

1. sz. ábra



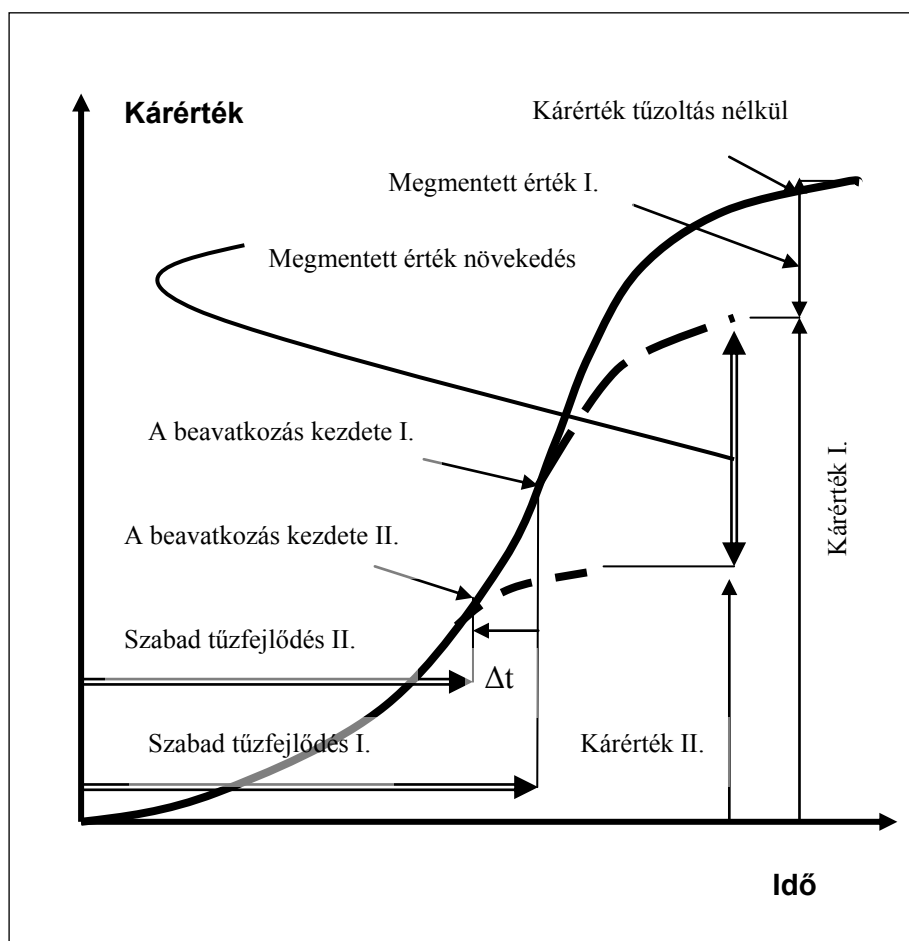
A közepesen átszegdelt területen a domborzati viszonyok nem adnak lehetőséget a terület azonnali átlátására, de a füst alapján a tűzoltásvezető alapos felderítést tart szükségesnek. Ezért az erdő egy tűzhez viszonylag közeli, de kellő biztonságban lévő ösvényén a tűzoltásvezető kijelöli az irányítási pontot és felszállási helyzetbe hozzák a repülőt. Ez a PNR málházott helyéről történő kiemelését, szükség szerinti összeszerelését és földre helyezését jelenti. A tűzoltásvezető a füst alapján hozzávetőlegesen tudja megítélni a tűz kiterjedését, amit példánkban közepesen súlyosnak tart. A domborzat miatt sem a terjedés pontos iránya, sem a kiterjedése nem ismert. A járműre málházott laptop kijelzőjén megjeleníti a terület digitális térképét.

Egy speciális ceruza segítségével a települési helyről kiinduló és önmagába visszatérő görbét rajzol. Esetleg pontokat jelöl meg, amelyek összekötve ugyanúgy jelenthetik az útvonalat, csak fordulópontok megadásával. Ez a felderítés útvonala. A PNR a kapott útvonalat a memóriájában lévő digitalizált térképre konvertálja.

A tapasztalat alapján nem nehéz egy olyan görbét megrajzolni, amely biztosan jelentősen nagyobb a tűz területénél. Ezzel elérjük, hogy a robot a tüzet körberepüli, mint ahogyan azt a tűzoltásvezetőnek kellene körbejárnia. A PNR a beépített GPS segítségével a megadott útvonalat lerepüli és a rajta telepített vizuális és/vagy thermo kamera képeit lesugározza a laptop kijelzőjére. Így a tűzoltásvezető élő egyenesben, de perspektivikusan láthatja a tűz területét. Az égés paramétereiről kapott pontos képi adatok lehetőség szerint a laptop kijelzőjén megjelenő digitalizált térképre konvertálódnak. Amennyiben a thermo kamera alkalmas a legforróbb pontok összekötésének algoritmusát alkalmazni, úgy a tűzfront pontos vonala máris kirajzolódik a térképen. Amennyiben a fenti elképzelés egy integrált rendszer részét képezi, akkor lehetőség van a tűz jelenlegi és várható terjedési paramétereinek objektív meghatározására. Ehhez a nemzetközi gyakorlatban már alkalmazott, de a helyi viszonyokhoz illesztett algoritmusokat már csak az időjárási adatokkal szükséges kiegészíteni.

Kárérték – idő függvény

2 sz. ábra



A PNR adatszolgáltatása a felszállástól folyamatos, így várhatóan már az első pecekben olyan mennyiségű és minőségű információt képes szolgáltatni, ami a tűzoltásvezető döntését hatékonyan támogatja. Az egyik ilyen döntéstámogató elem, hogy már a robot visszaérkezése előtt lehetőség van az égő terület kiterjedésének olyan szintű megállapítására, amely lehetővé teszi más egységek segítségének azonnali elrendelését. Ezzel jelentős időmegtakarítást, a tűz fejlődését leíró görbe elemzéséből látva pedig négyzetesen csökkenő kárértéket kapunk (2. ábra.).

A KÍSÉRLETEK ÉS AZ ALKALMAZÁS GYAKORLATI EREDMÉNYEI

A kárérték – idő függvény vizsgálata alapján bizonyítottam, hogy a tűz eloltása általános esetben is annál hatékonyabb, minél korábban kezdhető meg a beavatkozás. A korszerű tűzvédelem a gyakorlatban ezt az által igazolja, hogy automatikus rendszerek beépítésével a személyektől függetlenül az azonnali és közvetlen riasztást. Egyes országokban (Németország, Egyesült Államok) ma már nem csak ipari létesítmények és közösségi helyiségek, de a lakóházak elengedhetetlen tartozéka is a tűzoltóságra bekötött automatikus tűzjelző rendszer. A vegetációtüzek automatikus észlelésére jelenleg már Magyarországon is folynak kísérletek¹.

A tűzoltás folyamatának elemzése alapján megállapítottam, hogy jelenleg a tűzoltóság az erdőtüzek keletkezéséről „külső forrás”, a jelentő személy által kap információkat. Célszerű ezért megvizsgálni annak lehetőségét, hogy a tüzek mielőbbi felderítésére, észlelésére a légi járművek milyen hatékonysággal képesek megfelelni. Egy másik megközelítés alapján: vizsgálat tárgyává teszem a tűzoltás során - az előző fejezetben bizonyított - hatékony légi felderítés módszerének kiterjesztési lehetőségét az erdőtüzek mielőbbi észlelése céljából. Ezt az is indokolja, hogy egyes országok meghatározott időszakokban folyamatosan fenntartanak légi őrzáratozást (Spanyolország, Franciaország), míg mások ennek leállításáról döntöttek (Németország, Lengyelország).

A légi őrzáratozás tüzek észlelése céljából történő vizsgálatához, hatékonyságának igazolásához a következő hipotéziseket állítom föl:

1. A légi őrzáratozás a tűzoltóság számára előnyös, alkalmazásával a tűzjelzés gyorsabban megvalósul. Az alkalmazás szakmai szempontból hatékony.
2. A légi őrzáratozás hatékonyságának feltétele gazdaságossági alapon is bizonyítható. Az alkalmazás nemzetgazdasági szinten hatékony.
3. A légi őrzáratozás költségei annak előnyeinek megtartása mellett is jelentősen csökkenthetők. A szűkös források felhasználása hatékony.

A légi őrzáratozás a tűzoltóság számára előnyös, alkalmazásával a tűzjelzés gyorsabban megvalósul. Az alkalmazás szakmai szempontból hatékony.

A légi őrzáratozás célja, hogy a keletkező tüzeket a repülőgép személyzete mielőbb észlelje, a tűzoltóság számára külső forrástól gyorsabban legyen képes jelzés, információ adására. Az őrzáratozás célorientált tevékenység, így elfogadom, hogy azonos körülményeket feltételezve jelentése gyorsabb, mint a természetes észlelő jelzése. Mivel a tűzoltóság saját erőfeszítést az erdőtüzek mielőbbi felderítése érdekében jelenleg nem tesz, ezért abszolút (igen – nem) értelemben bármely módszert, amely ezt a célt szolgálja szakmai szempontból előnyösnek, hatékonynak fogadom el.

Egy adott területen a jelenlévők számának növelésével - a személyek szubjektív ítéletalkotásának, magatartásának széles skálája, a jelentések idejének szórása miatt - statisztikailag növekedik a bejelentések gyakorisága és gyorsasága². Ez abból következik, hogy a nagyobb populáció jelentéseinek szórása szélesebb bár, de a tűzoltóság részére csak a szórás egyik szélső értéke, a gyorsabban jelentő személyek jelennek meg, ami a gyorsabb tűzjelzésben nyilvánul meg. Ezt

¹ KMFP 00025/2003 számon és Integrált környezetvédelmi tájfigyelő és riasztási rendszer fejlesztése vegetációtüzek korai észlelésére címen jegyzett projekt.

² Ez természetesen az antropológiai eredetű tűzkeletkezés lehetőségét és gyakoriságát is növeli, amelyet az előadás nem tárgyal.

felismerve megállapítom, hogy a jelentés gyorsasága a jelenlévők számától, a terület népsűrűségétől is függ, azzal arányosan nő. Így a légi őrzáratozás előnye, a külső személyek által adott jelentések szórásának átlagához viszonyított gyorsasága, a hatékonyság mértékét is kifejező időtartalék csökken. A fentiek alapján azt a következtetést vonom le, hogy a sűrűbben lakott területek fölött a légi őrzáratozás eredményessége csökken, míg ritkán lakott területek fölött nő. Minél ritkább egy terület népsűrűsége, a légi őrzáratozás hatékonysága annál magasabb és fordítva: minél sűrűbb a terület népsűrűsége, a légi őrzáratozás hatékonysága annál alacsonyabb. A nemzetközi gyakorlat a megállapítást az által igazolja, hogy egyes országok (Oroszország, Egyesült Államok, Kanada, Ausztrália) alacsony népsűrűségű, de nagy kiterjedésű erdőterületei fölött a tűzjelzés célját szolgáló légi őrzáratozás teljesen általános³.

A fentiek alapján megállapítom, hogy a légi őrzáratozás a tűzoltóság számára a terület látogatottságától, népsűrűségétől függően lehet előnyös, illetve szakmai szempontból hatékony. Amíg a külső személyek által adott jelzések szórásának átlaga magasabb, mint a légi felderítés jelzéseinek átlaga, addig a módszer szakmailag hatékony, utána már nem.

A légi őrzáratozás hatékonyságának feltétele gazdaságossági alapon is bizonyítható. Az alkalmazás nemzetgazdasági szinten hatékony.

A hipotézist a légi őrzáratozás költségeinek számbavételével és az alkalmazás várható előnyeivel bizonyítható. A hipotézis teljesülése a hatékonyság feltételének gazdaságossági szempontból történő teljesülését jelenti, vagyis a körülményektől függő, összehasonlító értelmű bizonyítás.

A légi őrzáratozás segítségével az erdőtüzek hatékony észlelése az 1. számú hipotézis feltételekhez kötött függvényében gyorsabbá tehető. A tűzoltóság a gyorsabb jelzés eredményeként korábban a helyszínre érkezik és képes megkezdeni a szakszerű beavatkozást. A gyorsabb beavatkozás eredményeként a leégett terület nagysága és így a kárérték, valamint a beavatkozás költségei kisebbek, a megmentett terület és annak értéke pedig nagyobb lesz. A légi őrzáratozás nélküli és a légi őrzáratozással végrehajtott tűzoltás eredményessége a kárérték, illetve a megmentett érték különbségében kimutatható kell, hogy legyen. Amennyiben a korábbi jelzés eredményeként a kárérték olyan mértékben csökken, illetve a megmentett érték olyan mértékben nő, amely legalább eléri, de inkább meghaladja a légi őrzáratozás ($C_{\text{légi őrzáratozás}}$) valamennyi költségét, akkor a légi őrzáratozás gazdaságossági szempontból is előnyös. A gazdaságossági szempontból előnyös beavatkozás a nemzetgazdasági szintű hatékonyság feltételének teljesítését, bizonyítását jelenti.

$$\Delta K_{\text{kárérték}} > \Sigma C_{\text{légi őrzáratozás}} \quad (1)$$

$$\Delta M_{\text{megmentett érték}} > \Sigma C_{\text{légi őrzáratozás}} \quad (2)$$

A tűzoltóságok saját erőből képtelenek a légi őrzáratozás költségeinek fedezésére. Magyarországon az ezredforduló idején civil kezdeményezésre⁴ történtek ennek bevezetésére erőfeszítések, de szakmai megalapozottság hiányában nem sikerült a szükséges feltételek megteremtése. A repülőgépek üzemeltetési költségei nemzetgazdasági szinten csak akkor térülhetnek meg, ha a tüzek észlelése által jelentős kárérték csökkenések következnek be⁵. Azaz a légi őrzáratozás teljes repülési idejéhez viszonyítva az észlelések aránya egy bizonyos mértéket elér, illetve meghalad. Ez a mérték az észlelés számából, gyakoriságából adódik, és eredményeként a gyorsabb észlelések által a leégett területek összességének kárérték csökkenése, vagy megmentett érték növekedése levezethető. A kárérték csökkenések összessége el kell, hogy érje, illetve meg, kell, hogy haladja a légi őrzáratozás teljes költségét.

³ A nem emberi közreműködés által keletkezett, pl. villámlás okozta tüzek felderítésére lakatlan területen csak a légi felderítés, vagy a műholdas tűzdetektálás jelenthet megoldást.

⁴ Az Erdők Védelméért Alapítvány az 1993. évi Bócsa és 2000. évi Ágasegyháza körzeteiben pusztító erdő és bozóttüzek tapasztalatai alapján Matkópuszta Repülőtér központtal kezdeményezte a légi őrzáratozás megszervezését.

⁵ A folyamatos légi őrzáratozás a tüzek keletkezésének megelőzésben, visszatartó erejében betöltött nyilvánvaló szerepét az előadás nem tárgyalja.

A tüzek kialakulásának valószínűségét, gyakoriságát és terjedésének feltételeit több tényező együttes hatása befolyásolja. A legfontosabb tényező az állampolgári fegyelem, amelynek magas szintje jelentősen csökkenti a szándékos és gondatlan tűzokozást. Ez a tényező időben lassan változik, értékét állandónak veszem, így a továbbiakban a vizsgálata mellőzhető. Egyéb befolyásoló tényezők: a pillanatnyi hőmérséklet, páratartalom, utolsó csapadék ideje és mennyisége, a növényzet kiszáradási foka. A megadott tényezőket a meteorológiai viszonyok alakítják, így változásuk bár dinamikus, de jól leírható. A megfelelő algoritmus alkalmazása esetén a tüzek keletkezésének valószínűsége, kockázata a fentiekből számítható, az előrejelzési adatokból becsülhető. A kockázat mértékére a nemzetközi gyakorlat⁶ már évtizedek óta tűzveszélyességi, vagy szárazsági indexeket használ. Magyarország esetén a légi őrzáratozás alkalmazásának alapvető feltétele, hogy az eddig nem alkalmazott, a tűzkeletkezés kockázatának mértékét kifejező jellemző, szárazsági index bevezetése szükséges, amely a módszer nemzetgazdasági szinten történő hatékonyságát garantálja.

Amikor ez az index meghatározott értéket elér, vagy meghalad, a légi őrzáratozás gazdaságossági hatékonyságának feltétele, a tüzek észlelésének megfelelő gyakorisága teljesül, míg érték alatti index esetén az észlelés átlagos gyakorisága a hatékonyság feltételének teljesítése alatt marad.

A tűzkeletkezés kockázatát jelentősen befolyásolja a növényzet fajtája. Ezért a szárazsági index egyes fafajták esetében, így az azokból álló erdőtürsülésekben akár jelentősen korábban is elérheti a kritikus értéket. Ez egyrészt az ország területének előzetes felmérése alapján is becsülhető, a légi őrzáratozás tervezhető. A fentiekből következően egyes veszélyeztetettebb, de megfelelő kiterjedésű területek igénylik, míg mások akár nem a légi őrzáratozást.

A légi őrzáratozás eredményességének tovább nem vizsgált, de kétségtelenül járulékos előnye még, a tüzek keletkezésének megelőzésében betöltött nyilvánvaló szerepe. Ennek feltétele a tüzek keletkezésének adott időszakra vonatkozó magas száma, amely meghatározott körülmények teljesülése esetén következik be.

A hatékony észlelés kritériuma az, hogy a tűz keletkezéséről a lehető leggyorsabban kapjunk információt. Ez biztosíthatja, hogy minimális erő és eszköz alkalmazásával az oltás elvégezhető. A tűz szabad fejlődése azonnali detektálás esetén lehet minimális. Saját tapasztalataim, valamint egyéb forrásból (HIV) ítélve a tűz keletkezésétől számított 15 percen belüli tűzjelzés hatékonynak nevezhető. Ekkor az extrém tűzterjedési lehetőségektől eltekintve a tűz kiterjedése még lehetővé teszi a minimális erő és eszköz alkalmazásával történő biztonságos eloltást.

A légi őrzáratozás hatékonyságának megítélésénél alapkérdés, hogy átlagosan milyen gyorsan képes egy tetszőleges helyen keletkező tűz észleléséről jelentést adni. Mivel az őrzáratozás egy adott útvonal rendszeres lerepülését jelenti, a vizsgálat egy adott pont megfigyelésének időtartamára és „nem megfigyelésének”, időtartamára kell, hogy vonatkozzon. Ez utóbbi fogalomra a holt idő kifejezést használom a továbbiakban.

A következtetéseim igazolása érdekében a szolgálati helyem (Szendrő Város Önkormányzatának Hivatásos Tűzoltósága) működési körzetével közel azonos nagyságú terület vizsgálatát választottam.

Alapfeltételek: a terület szabályos négyszög, domborzati viszonyai jelentősen nem korlátozzák akár az oldalról történő megfigyelés eredményességét sem, méretei: 24 km x 24 km, területe 576 km². A légi őrzáratozást végző repülőgép 180 kmh⁻¹ sebességgel repül, 1500 m föld feletti magasságon. A vizsgálat eredményének objektív mérhetősége érdekében a fedélzeten lévő észlelő személy megfigyelését a repülőgép aljára szerelt kamera alkalmazásával helyettesítem. (HIV Szlovákiai példa) Ez 90°-os látószöget feltételezve egy adott időpillanatban 3 km x 3 km terület egyidejű átlátását teszi lehetővé.

Vizsgálatom során ésszerű korlátok között növelem a repülési sebesség és magasság értékeit, valamint a kamerával történő észlelés szögét. Vizsgálatom célja annak megállapítása, hogy egy tetszőleges pontra vonatkoztatva hogyan és milyen arányban változik a megfigyelt és holt idő, valamint a változás trendjéből milyen további következtetések vonhatók le. A vizsgálat során

⁶ Magyarország területére vonatkozóan az Országos Meteorológiai Szolgálat négy, a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott szárazsági index összehasonlítását végezte el. Az összehasonlító vizsgálatához nem kapcsolódva bár, de 2003. év őszén Borsod Abaúj Zemplén Megye egy kiválasztott területére vonatkozóan történtek adatgyűjtések.

alkalmazott jelölések és megadható értékei:

- $T = 576 \text{ km}^2$ - a vizsgált terület nagysága,
- $T_{DA} = 3 \text{ km} \times 3 \text{ km} = 9 \text{ km}^2$ – alapterületi egység,
- $\alpha_{DA} = 90^\circ$ – a kamera látószöge alap esetben,
- H_{rep} = föld feletti repülési magasság,
- V_{rep} = föld feletti repülési sebesség,
- A = a vizsgált terület nagysága az adott esetben,
- l = a területi egység oldalainak hossza,
- A_{mf} = terület egység, a megfigyelt terület nagysága,
- α_D = a kamera látószöge,
- T_{rep} = a teljes útvonal hosszának lerepülési ideje,
- L_{rep} = a teljes útvonal hossza,
- t_{mf} = a terület egység feletti átrepülés, megfigyelés ideje,
- t_{holt} = a holt idő,
- R_{mf} = a megfigyelési idő aránya a teljes repülési időhöz.

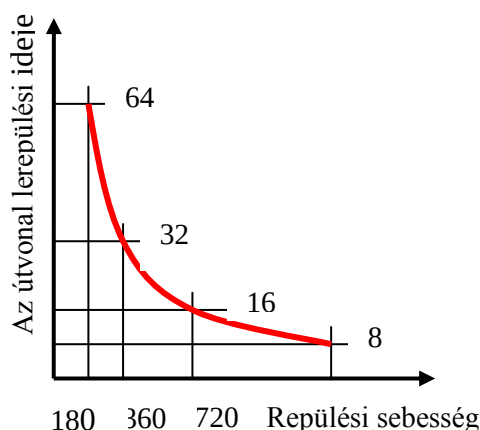
Repülési sebesség

Az A alapeset értékeinek meghatározása: az $A = 576 \text{ km}^2$ –es területet 9 km^2 –es négyszögekre osztva $T_{DA} = 64$ db alapterületi egységet kapunk (sakktábla). Egy T_{DA} alapterületi egység fölött a megadott 180 kmh^{-1} sebességgel repülve a megfigyelés t_{mf} idejének értéke: $t_{mf} = l_A / V_{repA} = 3 \text{ km} / 180 \text{ kmh}^{-1} = 0,0167 \text{ h}$, azaz 1 perc ideig tart. A teljes útvonal hossza $L_{repA} = 64 \times 3 \text{ km} = 192 \text{ km}$ hosszú szakasz, amelynek lerepülése $T_{repA} = L_{repA} / V_{repA} = 192 \text{ km} / 180 \text{ kmh}^{-1} = 1,067 \text{ h}$, azaz 64 perc ideig tart.

A repülési sebesség változásának hatása

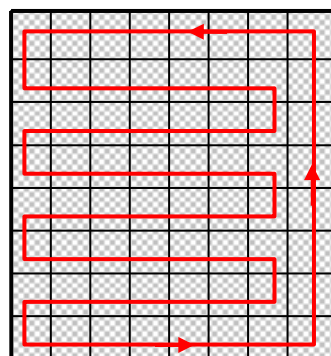
2 sz. táblázat

Érték Eset	V_{rep} kmh ⁻¹	H_{rep} [m]	α_D [°]	A_{mf} [km ²]	l [km]	L_{rep} [km]	T_{rep} [min]	t_{mf} [min]	T_{holt} [min]	R_{mf} [-]
A	180	1500	90	9	3	192	64	1	63	1/64
B	360	1500	90	9	3	192	32	0.5	31.5	1/64
D	720	1500	90	9	3	192	16	0.25	15.7	1/64
E	900	1500	90	9	3	192	12.8	0.20	12.6	1/64



3. sz. ábra.

Az útvonal lerepülésének ideje a sebesség változásának függvényében.



4. sz. ábra.

A repülési útvonal
modellje.

A táblázat értékeiből látható, hogy a sebesség növelésével az R_{mf} megfigyelési idő aránya a teljes repülési időhöz viszonyítva nem változik. A t_{holt} holtidő exponenciálisan csökkenő, az exponenciális kitevő értéke negatív. A célként megfogalmazott 15 percen belüli észlelés követelménye az adott feltételek mellett, a táblázat alapján csak ésszerűtlenül magas repülési sebesség esetén biztosítható. A fentiek alapján megállapítom, hogy a repülési sebesség növelésével a tűzdetektálás hatékonysága nem növelhető.

A légi őrzáratozás célja az, hogy gyorsabb tűzérzékelést biztosítson, mint a spontán jelző személyek jelzései. Ez által a beavatkozás korábban megkezdhető, gyorsabb oltást és nagyobb megmentett értéket eredményezve. Amennyiben a légi őrzáratozás gyorsabb jelzést eredményez, úgy abszolút értelemben ez a módzat hatékonyabbnak tekinthető. Ez a megközelítés szakmailag védhető bár, de nemzetgazdasági szinten nem bizonyítható hatékonyságának magasabb szintje. Ehhez gazdaságossági alapon nyugvó bizonyítás szükséges: A megmentett érték növekedése amennyiben eléri, vagy meghaladja a légi őrzáratozás költségeit, úgy az észlelésnek ez a módja nemzetgazdasági szinten is hatékony.

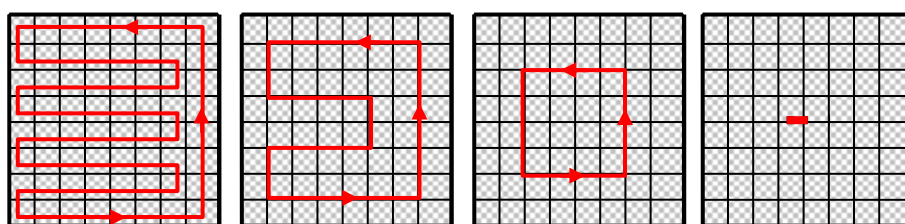
Repülési magasság

A Repülési magasság változásának hatása c. táblázat értékeiből látható, hogy a magasság növelésével az R_{mf} megfigyelési idő aránya a teljes repülési időhöz viszonyítva exponenciálisan növekszik. A T_{holt} holt idő ugyanilyen módon, de ellenkező előjellel csökken. A hatékonyság kritériumának vett 15 percenkénti ugyanazon pont feletti átrepülési idő 6000 m repülési magasság esetén már biztosítható, figyelmen kívül hagyva azt, hogy ekkor már a megfigyelési idő aránya eléri a $\frac{1}{4}$ értéket.

A repülési magasság változásának hatása

3 sz. táblázat

Érték Eset	V_{rep} [kmh]	H_{rep} [m]	α_D [°]	A_{mf} [km ²]	l [km]	L_{rep} [km]	T_{rep} [min]	t_{mf} [min]	T_{holt} [mi n]	R_{mf} [-]
A	180	1500	90	9	3	192	64	1	63	1/64
B	180	3000	90	36	6	96	32	2	30	4/64
D	180	6000	90	144	12	48	16	4	12	16/64
E	-	12000	90	576	24	-	-	foly	-	1/1

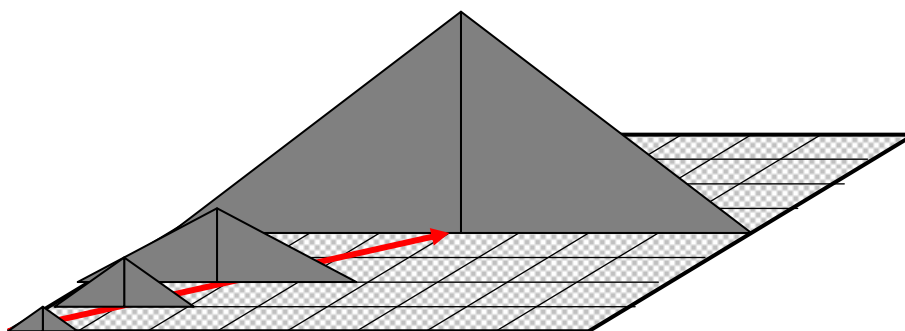


5. sz. ábra.

A repülés útvonalának változása a magasság növelésének hatására.

A repülési magasság növelésével nagyobb lett a megfigyelt területi egység is. Mivel a mintaterület lehatárolt, a nagyobb területi egység középpontja, valamint a repülési útvonal is a terület középpontja felé mozdul. A táblázat E esetét bemutató sorában látható, hogy adott feltételek esetén csupán a magasság növelésével is elérhető a terület folyamatos megfigyelése. A példában bemutatott esetben a folyamatos megfigyelés meglehetősen magasán, 12 000 m elérésekor teljesül. Ennek lehetősége

HALE, MALE⁷, esetleg a nagyobb területre vonatkozóan a műholdas megfigyelés alkalmazásával adott. A fentiek alapján a repülési magasság növelésével a tűzdetektálás hatékonysága jelentősen növelhető.



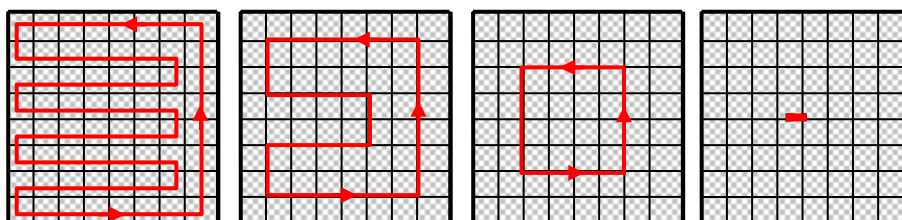
6. sz. ábra.
A repülési magasság változásának hatása

A kamera látószöge

Az egyszerű bizonyítás céljából a kamera látószögének növeléséhez azt a mértéket választom, ami a megfigyelt területi egység oldalainak hosszát kétszeresére növeli. A táblázat értékei meglehetősen hasonlóságot mutatnak a repülési magasság változásából eredő eredményekkel. Látható, hogy a látószög növelésével az R_{mf} megfigyelési idő aránya a teljes repülési időhöz viszonyítva exponenciálisan növekszik. A t_{holt} holtidő ugyanilyen módon, de ellenkező előjellel csökken. A hatékonyság kritériumának vett 15 percenkénti ugyanazon pont feletti átrepülési idő a táblázat D esetét bemutató sorában $\alpha_D = 151^\circ$ látószög esetén biztosítható, figyelmen kívül hagyva ebben az esetben is azt, hogy ekkor már a megfigyelési idő aránya eléri a $\frac{1}{4}$ értéket. A megfigyelési szög növelésével nagyobb lett a megfigyelt területi egység is.

A megfigyelés látószögének változása 4. sz. táblázat

Érték Eset	V_{rep} [kmh]	H_{rep} [m]	α_D [$^\circ$]	A_{mf} [km ²]	l [km]	L_{rep} [km]	T_{rep} [min]	t_{mf} [min]	T_{holt} [mi n]	R_{mf} [-]
A	180	1500	90	9	3	192	64	1	63	1/64
B	180	1500	126	36	6	96	32	2	30	4/64
D	180	1500	151	144	12	48	16	4	12	16/64
E	-	1500	165	576	24	-	-	folly	-	1/1



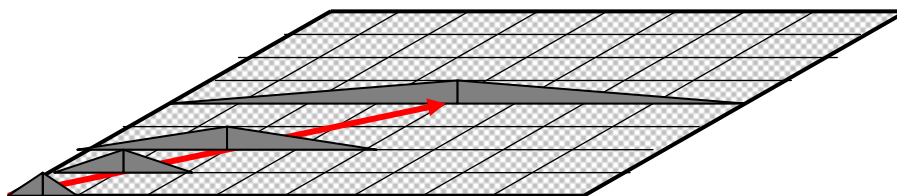
7. sz. ábra.
A repülés útvonalának változása a magasság növelésének hatására.

⁷ HALE/MALE : Hale Altitude Long Endurance/Medium Altiude Long Endurance szavakból alkotott mozaikszó, amely a nagy/közepes magasságban végrehajtott hosszú időtartamú, általában PNR repüléseire vonatkozik.

Mivel a mintaterület lehatárolt, a nagyobb területi egység középpontja, valamint a repülési útvonal változás trendje is a terület középpontja felé irányul. A táblázat E esetét bemutató sorában látható, hogy adott feltételek esetén csupán a látószög növelésével is elérhető a terület folyamatos megfigyelése. A fentiek alapján megállapítom, hogy a kamera látószögének növelésével a tüزدetektálás hatékonysága jelentősen növelhető.

A repülési magasság, valamint kamera látószögének növeléséből kapott eredmények további megállapításokhoz vezetnek. Mind a két esetben biztosítható, hogy a teljes terület egyidejű megfigyelése. Ez a pont a terület középpontja. Az adatokból az is látható, hogy ezekhez a pontokhoz tartozó sebességek értéke nulla. Ebben az esetben a kamera, mint megfigyelési eszköz nem igényli mobil hordozó eszköz meglétét!

A kamera látószögének növelését bemutató táblázat D sorának értékei azt is igazolják, hogy a terület teljes megfigyelése úgy is biztosítható, ha nem csak azonos pontból, de azonos magasságból is történik a megfigyelés! Ez a megállapítás az adott feltételek szerinti esetben azt bizonyítja, hogy a mobil hordozó eszköz alkalmazása állandó telepítésű megfigyelő rendszer segítségével kiváltható.



8. sz. ábra.

A megfigyelés szöge változásának hatása.

A fenti megállapítások gazdaságossági alapon történő összehasonlító vizsgálata a következők miatt nem szükséges:

1. A kamera, mint megfigyelési eszköz mind a két vizsgálati sorban szerepelne, technikai paramétereiben hozzávetőleg azonos értékekkel kell, hogy bírjanak. Így ez jelentős különbséget nem okozna.
2. A fix telepítésű rendszer megfigyelési aránya a táblázatból is láthatóan teljes mértékű, így a mobil eszköz alkalmazásával történő összehasonlítás mindenképp ez utóbbi hátrányával jár.
3. A fix telepítésű rendszer alkalmazásakor célszerű azt a megoldást választani, amikor a kamera nem egyszerre látja a területet, hanem körbe forogva pásztázza azt. Ennek előnye, hogy paramétereiben ekkor kisebb teljesítménnyel is elérhető közel azonos hatékonyság. Ekkor a hatékonyság mértéke a körbe forgás sebességének és a látószög arányának viszonyaiból számítható, hasonlóan a sebesség vizsgálatánál alkalmazott módszerrel.
4. A légi járművek üzemeltetési költségei köztudottan magasak, a fix rendszer egyszeri beruházási költség után töredék költségen, folyamatosan üzemeltethető.

A fix telepítésű kamera rendszer alkalmazásának előnyeinek és a repülőgépek alkalmazásának lehetőségeinek meg kell vizsgálni annak korlátjait is.

A mintaterület lehetővé tette a tűz, vagy annak kísérőjeként megjelenő füst oldalról történő észlelését is. Ez utóbbi a domborzati viszonyok által erősen befolyásolt. Amennyiben a tűz észlelésére csak közvetett módon - pl. egy völgyben, domb, vagy hegy mögötti tűzkeletkezésnél, - a füst által van lehetőség, az észlelés feltétele a füstoszlop hegygerinc fölé emelkedése és annak a láthatóság, érzékelés küszöbének az elérése. Amennyiben a domborzat tagoltsága és a szintkülönbségek jelentősek, úgy a füst fix megfigyelő rendszer általi észlelése jelentős, a hatékonyságot károsan befolyásoló mértékben is késhet. Ebben az esetben a légi járművek alkalmazásának hatékonysága ismét meghaladhatja a fix rendszerek eredményességét. A domborzati viszonyok miatt Magyarországon nem tudok olyan területet lehatárolni, amelynél a légi járművek általi megfigyelés

hatékonysága elérhetné a fix telepítésű rendszerek hatékonyságát. Ennek oka, hogy domborzatunk tagoltsága nemzetközi összehasonlításban elmarad akár a környező országokétól is. Ritkán találunk 300 – 500 m –től nagyobb szintkülönbséget a völgytalp és hegygerincek között, a legmagasabb csúcs, Kékestető is csak 1015 m magas. Szlovákiában, Ausztriában jelentősen magasabb hegyek, tagoltabb terepviszonyok, esetenként kanyonszerű völgyek találhatók. Ezek olyan mértékben csökkenthetik a fix pontról történő megfigyelés, észlelés hatékonyságát, hogy a légi megfigyelés alkalmazása már indokolt. A hatékonyság abszolút kritériuma: a légi őrzáratozás alkalmazásának T_{holt} holt ideje kevesebb, mint a tűzfejlődés következtében a hegygerinc fölé emelkedő és az észlelési küszöböt elérő füst megjelenése.

A tűz eloltása utáni felderítésnek, őrzáratozásnak (utómunkálatok) szintén jelentős szerepe lehet. Az elkerülhetetlen visszagyulladások mielőbbi észlelése elősegíti a hatékony és minimális erőfeszítéssel történő oltást. Az időben elhúzódó beavatkozás roppant kimerítő, ami az állomány mielőbbi pihentetésre ösztönzi a tűzoltásvezetőt. Ez esetenként a helyszín túl korai elhagyását, a terület felügyelet nélküli visszagyulladását jelentheti. A légi őrzáratozás alkalmazása a visszagyulladások legrövidebb időn belüli észlelését teszi lehetővé.

ÖSSZEGZÉS

A légi felderítés bizonyítottan hatékony elvét a felderítő pilóta nélküli repülő alkalmazásával akár a legkisebb tűzoltóság részére is elérhetővé lehet tenni. A hagyományos felderítés már nem nyújtja a mai kor színvonalának megfelelő minőségű és mennyiségű információt. Ennek a problémának a megoldásában megítélésem szerint jelentősen hozzájárulna a tűzoltóságok igényeinek megfelelő és a kis tűzoltóságok számára is használható pilóta nélküli repülőgépek.

A felderítés hatékonyságának növelésével a beavatkozások hatékonyságának növekedése várható. Ezzel a megmentett erdőterületek nagyságának növekedését, az elpusztult területek csökkenését érhetjük el. A fejlesztés és alkalmazás költségeit gazdaságossági vizsgálatok alapján kell megítélni, amely akkor hatékony, ha nemzetgazdasági szinten megtérülnek. A tűzoltók igénybevétele csökkenhet, a segítségnyújtás szükségessége számos alkalommal elmaradhat. A főleg az igénybevételek elmaradásával az állampolgárok potenciális veszélyeztetettsége csökken, amely a magasabb fokú tűzbiztonság elérésében nyilvánul meg.

A fentiek bizonyítására a Szendrői Tűzoltóparancsnokság 2006. augusztus 14 –én, az erdőtüzek hatékonyabb felderítése érdekében pilóta nélküli repülőgépet helyezett készenlétbe - a világon a tűzoltóságok között elsőként.

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról.

1996. évi LIV. törvény az erdőről és az erdő védelméről

1999. évi LXXIV. törvény a katasztrófák elleni védekezés irányításáról, szervezetéről és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről

1/2003. (I. 9.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének szabályairól

BM Országos Rendőr-főkapitány 36/1997. sz. intézkedése a rendőrségi szolgálati helikopterek igénybevételének rendjéről

RESTÁS Ágoston: A tűzoltásvezető döntéshozatali mechanizmusa, In.: Védelem, 2001/2. szám.

RESTÁS Ágoston: An opportunity to use robot technology for fighting forest fire; UAVNET 9 Meeting, Előadás, Amsterdam, 2004. január 26 –27

RESTÁS Ágoston: How to measure the utility of robot reconnaissance aircraft supporting fighting forest fire; UAVNET 10 Meeting, Előadás, London, 2004. május 6 – 7

RESTÁS Ágoston: UAV based fire detection. Result of test flyings in summer 2004. UAVNET 11. Meeting, Előadás, ZMNE Budapest, 2004. szeptember 6 –7.

RESTÁS Ágoston: Pilóta nélküli Repülőgépek alkalmazása vegetációtüzek felderítésére. A Szendrői Tűzoltóság eredményei; Robothadviselés 4 Konferencia, Előadás, ZMNE, Budapest 2004. november 24.

SZABÓ Gergely: Az erdőtűz, In.: gergo@speed.eik.bme.hu, 1997.08.16.

Tanulmány az ágasegyházi erdőtűzről, BM Katasztrófavédelmi Oktatási Központ, 2000.