

Restás Ágoston, PhD<sup>1</sup>

## A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK (UAV) ERDŐTÜZEKNÉL TÖRTÉNŐ ALKALMAZÁSÁNAK STRUKTURÁLT FELOSZTÁSA<sup>2</sup>

*A pilóta nélküli repülőgépek (UAV) erdőtüzeknél történő különböző alkalmazásának strukturált felosztását mutatja be a cikk. Az UAV légi őrzékeztetésével a tüzek gyors detektálására vagyunk képesek, ezzel lehetővé téve, hogy elsőként adjunk tűzjelzést a tűzoltóság részére. A beavatkozás megkezdése előtti felderítéssel a tűzoltás irányítását végzőket segíthetjük; a rövid időn belül felszállásra kész UAV a start után már 2-3 perccel valós idejű információt szolgáltat a tüzről és annak környezetéről. A beavatkozás közben, amikor légi felderítésre lenne szükség, de a hagyományos eszközök igénybevétele drága, az UAV alkalmazása költséghatékony megoldást nyújthat. A tűzoltás után a terület felügyeletéről való gondoskodásban segíthet az UAV alkalmazása, hogy az esetlegesen visszamaradó parázsló részek ne gyújtsák vissza a területet. Közepes méretű UAV ellenőrzött tüzeket is gyűjthet. Egy speciálisan erre a célra átalakított eszközt alkalmazunk, amely tűzgolyókat, vagy pasztillákat kibocsát ki. A tömegcsökkentés lehetővé teszi, hogy a feladatot UAV is végrehajtsa.*

### THEMATICALLY SEPARATED APPLICATIONS OF UAV AT FOREST FIRE

*This paper describes structured applications of using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for supporting fire managers in different ways. Aerial patrol by UAV can detect hot spots very quickly and able to give the first fire report to fire brigades. Starting intervention the operational used UAV could help for fire managers; below just some minutes it is ready for launch and 2-3 minutes later it transmits the real time pictures about the fire and their circumstances. During intervention, where aerial reconnaissance is required but manned aircraft is above price, UAV could give also a cost effective solution. After suppressions, in many times, area surveillance is required to prevent starting fire again by remained cinder. There are other initiatives as making prescribed fires with using medium size UAV. The special equipment full filled with fire eggs or pastilles takes less weight than the payload capacity of UAV. It means UAV can provide also this task, giving more possibilities for managers using prescribed fires method with limited costs.*

## BEVEZETÉS

A pilóta nélküli repülőgépek erdőtüzeknél történő alkalmazási lehetőségét szinte kivétel nélkül valamennyi gyártó ajánlásában megtaláljuk, azonban egyetlen helyen sem találkozunk annak konkrét megvalósítására tett javaslatlall, vagy példával. Ennek nyilvánvaló okai között szerepelhet az, hogy a tűzoltás szakembereivel ennek az alkalmazásnak a részleteit a gyártók sohasem vizsgálták vagy elemezték. Az ajánlás egyértelműen a légi felderítésre fókuszál, holtan ettől ma már lényegesen többre is képesek lehetnek az UAV-k.

A légi felderítés fogalmkörébe beletartozik a tűzjelzést megelőző, a tűz mielőbbi észlelését, detektálását célzó aktív észlelés; a tűzoltás megkezdése előtti, a hatékony beavatkozást infor-

<sup>1</sup> egyetemi docens, mb. tanszékvezető, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszék, arestas@r-fire.hu

<sup>2</sup> Lektorálta: Prof. Dr. Makkay Imre ny. okl. mk. ezds; egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, makkay.imre@uni-nke.hu

mációkkal segítő felderítés; a tűzoltás folyamata során a tűz alakulásának állandó nyomon követése, monitorozása; valamint a tűz támadó jellegű oltását követő utómunkálatok közbeni, a parázsló részek utáni kutatás, a visszagyulladás megelőzését szolgáló információszerzés. A fentiek kiegészítéseként ma már megkezdődött az aktív tűzoltásban, az ellenőrzött tüzek gyűjtésében való közreműködés kidolgozása és megvalósítása is. A cikk a fenti lehetőségeket strukturális felosztás alapján mutatja be; elsőként a légi felderítésre koncentrálva, majd az ellenőrzött tűzgyűjtés lehetőségével kiegészítve. A fentiek alkalmazások tűzoltó-taktikai és gazdaságossági szempontú elemzése időszerűnek ítéltető.

## LÉGI ŐRJÁRATOZÁS A TÜZEK ÉSZLELÉSE CÉLJÁBÓL

Az UAV erdőtüzeknél történő alkalmazásának logikailag első lehetősége a tüzek keletkezése előtti tevékenység, amely légi őrjáratozás formájában valósítható meg. A légi őrjáratozás célja az, hogy gyorsabb tűzérzékelést biztosítson, mint a spontán jelző személyek bejelentései. Ezáltal a beavatkozás korábban megkezdhető, gyorsabb oltást és nagyobb megmentett értéket eredményez. Amennyiben a légi őrjáratozás gyorsabb jelzést eredményez, mint az állampolgári bejelentés, úgy abszolút értelemben ez a módozat hatékonyabbnak tekinthető.



1. ábra Az UAV alkalmazásának strukturális felosztása: légi őrjáratozás. Forrás: szerző

Az UAV légi őrjáratozásának végrehajtása alapvetően megegyezik a klasszikus, a fedélzetén személyzettel repülő légi járművek őrjáratozásával. A különbség az, hogy a repülőgép fedélzetén tartózkodó személyzet helyett a tüzek észlelését az UAV fedélzetre installált kamera lesugárzott képének figyelésével a megfigyelő központban tartózkodó személyzet végzi. Az alkalmazás hasznosságánál elsősorban a hatékonyság kérdéskörét kell vizsgálni.

Amennyiben a központban korábban észlelik a tüzet, mint ahogyan állampolgári bejelentés érkezik, úgy abszolút értelemben hatékonyabb megoldásról beszélhetünk<sup>3</sup>. Ez a megközelítés szakmailag védhető bár, de nemzetgazdasági szinten nem bizonyítható a hatékonyság valóban magasabb szintje. Ehhez gazdaságossági alapon nyugvó bizonyítás szükséges: A megmentett érték növekedése amennyiben eléri, vagy meghaladja a légi őrjáratozás költségeit, úgy az észlelésnek ez a módja már nemzetgazdasági szinten is hatékonyabb.

A légi őrjáratozás nélküli és a légi őrjáratozással végrehajtott tűzoltás eredményessége a kárérték,

<sup>3</sup> Részletesebb gazdaságossági elemzéseket szintén a szerző végzett PhD értekezésében. [1]

illetve a megmentett érték különbségében kimutathatónak kell lennie. 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 őrjáratozás valamennyi költségét, akkor a légi őrjáratozás gazdaságossági szempontból is előnyös. A gazdaságossági szempontból előnyös beavatkozás a nemzetgazdasági szintű hatékonyság feltételének teljesítését is jelenti.

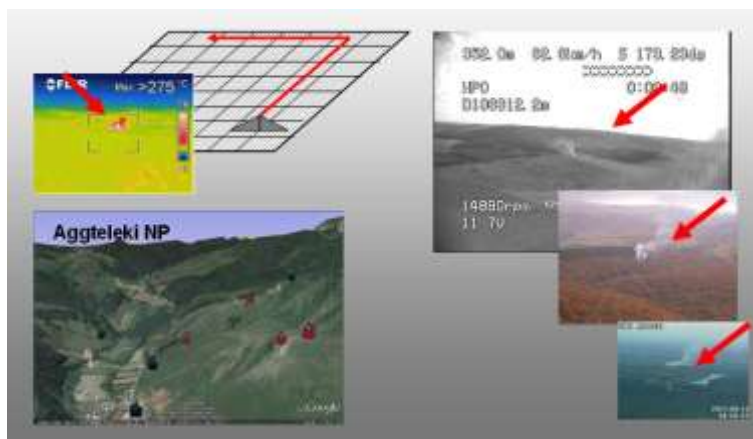
$$\Delta K_{\text{kárérték}} > \Sigma C_{\text{légi}_\text{őrjáratozás}} \quad (1)$$

$$\Delta M_{\text{megmentett\_érték}} > \Sigma C_{\text{légi}_\text{őrjáratozás}} \quad (2)$$

- $\Delta K_{\text{kárérték}}$  kárérték különbség a légi őrjáratozással és légi őrjáratozás nélküli beavatkozások között;
- $\Sigma C_{\text{légi}_\text{őrjáratozás}}$  a légi őrjáratozás során felmerülő valamennyi költség;
- $\Delta M_{\text{megmentett\_érték}}$  megmentett érték különbség a légi őrjáratozással és légi őrjáratozás nélküli beavatkozások között.

A tűzoltóságok saját erőből képtelenek a légi őrjáratozás költségeinek fedezésére. Magyarországon az ezredforduló idején civil kezdeményezésre<sup>4</sup> már történtek erőfeszítések a légi őrjáratozás bevezetésére, de szakmai és gazdaságossági 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 be<sup>5</sup>. Azaz a légi őrjáratozás teljes repülési idejéhez viszonyítva az észlelések aránya egy bizonyos mértéket eléri, 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 összességének el kell érnie, illetve meg kell haladnia a légi őrjáratozás teljes költségét.



2. ábra Az UAV légi őrjáratozásának eredménye a tüzek gyors detektálása.

A légi őrjáratozás illusztrációja és UAV által készített valós tüzdetektálások képei. Forrás: szerző.

<sup>4</sup> Az Erdők Védelméért Alapítvány az 1993. évi Bócsa és 2000. évi Ágasegyháza körzeteiben pusztító tüzek tapasztalatai alapján Matkópuszta Repülőtér központtal kezdeményezte a légi őrjáratozás megszervezését.

<sup>5</sup> A légi őrjáratozásnak a megelőzésben, a visszatartó erőben megnyilvánuló szerepét a cikk nem tárgyalja.

Érdekes felismerést jelent, hogy logikailag az UAV-kel végrehajtott légi őrzáratkozás közgazdasági elemzése meg kell, hogy egyezzen a személyzettel rendelkező repülőgépekkel végrehajtott őrzáratkozás hasznossági kritériumaival.

A légi őrzáratkozás végrehajtásához olyan UAV alkalmazása jöhet szóba, amelynek üzemelési paraméterei lehetővé teszik a néhány órás levegőben való tartózkodást (1-3 óra), a közepes magasságú repülést (1000-6000 m) és a valós idejű adatok nagy távolságú lesugárzását (min. 100 km). A fenti meghatározások közelítő értékek, azok alapvetően függenek a megfigyelni kívánt terület nagyságától és adottságaitól (sík vidék – hegyvidék)<sup>6</sup>.

A fenti feladatok ellátására magyar példaként alkalmas lehet a BONN Hungary Kft. által gyártott BX UAV, nemzetközi példából az UAVNavigation, Alpha Unmanned System családjából az Atlantic.

## LÉGI FELDERÍTÉS A BEAVATKOZÁS MEGKEZDÉSE ELŐTT



3. ábra Az UAV alkalmazásának strukturális felosztása:  
légi felderítés a beavatkozás megkezdése előtt. Forrás: szerző.

A tűzoltás megkezdése előtt a legfontosabb dolog a felderítés, amely segítségével a beavatkozáshoz nélkülözhetetlen alapvető információkat szerzünk be. Bármely módszer, amely ehhez segítséget képes nyújtani, szakmai szempontból hatékonyan értékelhető. A fentiek alapján az UAV alkalmazása, mint a légi felderítést lehetővé tevő eszköz szakmai szempontból hasznosnak tekinthető.

A felderítéssel szemben támasztott egyik legfontosabb kritérium a gyorsaság. A bevetés előtti információhiány mielőbbi kielégítése segíti elő a hagyományos módtól – azaz az UAV támogatása nélküli beavatkozástól – a hatékonyabb tűzoltást. Ez az ún. kárérték-idő függvény elemzéséből is következik. [1][2] Ez megköveteli, hogy az UAV alkalmazására a helyszínen azonnal szükség van, tehát logikailag következtetve annak hozzá kell tartoznia az erdőtüzoltást végzők speciális málfelszereléséhez.

A gyors alkalmazás feltétele a saját tapasztalataim alapján teljesítettnek vehető, amennyiben a tűz helyszínére érkezéstől számított 5 percen belül az UAV felszállásra képes. Figyelembe véve a felszállás utáni emelkedés és a tűz irányára való ráfordulás idejét, a kísérletek alapján

<sup>6</sup> A cikk nem tárgyalja az alkalmazáshoz szükséges hatósági engedélyeztetés körülményeit.

már akár 2 percen belül is értékelhető képet kapunk a tüzről. Ez alatt az idő alatt a tűzoltó gyalogosan legfeljebb 420 méter megtételére képes, amely csupán egy 67 méter sugarú tűzterület körbejárására lenne elegendő. Azaz a gyalogos felderítés hatékonysága legfeljebb ekkora kiterjedésű tűz esetéig lehetne magasabb, ettől nagyobb tűz ( $T_{\text{tűz}} > 1,5 \text{ ha}$ ) esetén a teljes területről az UAV gyorsabban képes információt szolgáltatni.

A fentiek teljesíthetősége egy vizuális és szükség szerint hőkamerával együtt felszerelt repülőgépet igényel, az adatokat valós időben lesugározva a döntéshozó részére.

Az azonnali bevethetőség kizárja annak lehetőségét, hogy a felderítésnek ezt a módját szolgáltatásként külső szerv lássa el, így az alkalmazást a tűzoltóknak kell saját maguk biztosítani. Ez utóbbi újabb követelményeket generál, amely magában foglalja néhány tűzoltó kiképzését, a végfelhasználó – barát kivitelezést és üzemeltetést. Ezáltal feltételként szabható, hogy az UAV indítása után az üzemeltetést akár egy tűzoltó is képes legyen ellátni. Ezt megkönnyítheti, ha a repülőgép autonóm irányítási rendszerrel (robotpilóta) is fel van szerelve.

Az 5 percen belüli felszállás a műszaki követelményeket is megszabja. Mivel a robbanómotorok üzemeltetése, kiszolgálása (üzemanyag feltöltés, karbantartás, stb.) jelentősen körülményesebb, ezért az alkalmazható meghajtás csak elektromos lehet.

A málházás követelményének kielégítése elemeire bontható és gyorsan összeszerelhető sárkányszerkezetet igényel, amely könnyen dobozolható és méreteiben lehetővé teszi a rendszerített eszközökön történő szállítást (pl. tűzoltásvezetői jármű).

A hatékony beavatkozás megkezdéséhez szükséges alap információkat a lehető legrövidebb időn belül kell biztosítani. Saját tapasztalataim alapján így elegendő, ha a PNR 15–20 percet tartózkodik a folyamatosan a levegőben. Amennyiben hosszabb repülési időre van szükség, úgy leszállást kell közbeiktatni és egy akkumulátor cserével a repülés tovább folytatható.



4. ábra A tüzről rendelkezésünkre álló információ légi felderítéssel és annak közeli képe  
Forrás: másodlagosan a szerzőtől.

A fenti célok teljesítéséhez számtalan lehetőséget találunk. A kisméretű merevszárnyú repülőgépek ugyanúgy alkalmasak lehetnek a feladatra, mint a helikopterek. Saját tapasztalataim alapján az UAV képességeivel szemben támasztott követelmények közül a gyorsaság sokkal inkább fontosabb kritérium, mint annak magas technikai színvonala.

Tűzoltó-taktikai szempontból számos előnyét lehetne sorolni az UAV alkalmazásának. Az információk objektivitásának megítélésére példák sora mutatható be. A domborzati és terepviszonyok, valamint a füstképződés és esetenként a völgyekben megülő füst is korlátozza a felderítést. Az egymástól távoli beavatkozók különböző paraméterekkel jellemezhető frontvo-

nalat oltanak, így az arról tett jelentéseiket a saját helyzetük szubjektív megítélése alapján teszik. Ez által a tűz helyzetéről, alakulásáról szerzett információk nem a valós képet adják, a szubjektív jelentések egymáshoz viszonyított arányai eltorzítják azt. Az UAV alkalmazásával a nagyobb magasság, a rálátás kedvezőbb szöge lehetővé teszi, hogy teljes, átfogó képet kapjunk az erdőtűz jelenlegi helyzetéről és várható alakulásáról.

Az UAV segítségével végrehajtott légi felderítés nem csak a statikus helyzet felmérésére és megítélésére alkalmazható, hanem meghatározott időszakonként végrehajtott útvonalrepüléssel a tűz terjedési irányának és sebességének pontos meghatározását is biztosítja. Ez lehetővé teszi az erők és eszközök célszerű összevonását és a beavatkozás helyének szakszerű, taktikailag optimális megválasztását. A légi felderítésnek ez a módja már átvezet a beavatkozás közbeni alkalmazás tárgyalásához.



5. ábra Merevszárnyú UAV (Fenix) indítása és helikopter (Bee) lebegése. Mindkettő horvát gyártmány (6DOF), Magyarországon az R-Fire Kft. alkalmazza. Forrás: 6DOF és a szerző magánarchívuma

## LÉGI MEGFIGYELÉS A BEAVATKOZÁS KÖZBEN

A pontos felderítés általánosan is a szakszerű beavatkozás követelménye, de az erdőtüzeknél ez különös szerepet kap. A földi beavatkozó állomány a tűz nagy kiterjedése miatt nem látja át az egész területet, így korlátozott a pontos felderítésben. A terület teljes áttekintésére, a valós és a várható helyzet megítélésére a nagyobb magasságból történő megfigyelés<sup>7</sup> és a légi felderítés<sup>8</sup> lehetőségét a Tűzoltási Szabályzat értelmében is célszerű kihasználni.



6. ábra Az UAV alkalmazásának strukturális felosztása: légi felderítés tűzoltás közben. Forrás: szerző

<sup>7</sup> Tűzoltási Szabályzat 347. pontja

<sup>8</sup> Tűzoltási Szabályzat 338. pontja

Az erdőtüzek oltásának egyik alapvető jellegzetessége, hogy az oltás ideje alatt az égő terület tovább nő, így a tűzoltásvezetőnek erre figyelemmel kell meghatározni a hatékony oltási technikát. Vagyis, nem csak a már égő területre kell koncentrálni, hanem az oltás során várhatóan még bizonyosan leégő, megmenthető, stb. részekre is. A tüzet környezetével együtt kell kezelni! [3] Ez a kritérium meghatározza, hogy az UAV repüléseket nem a tűz fölött kell végrehajtani és nem a tűz frontvonalának közeli láthatóságát, hanem a terület egészéről egy perspektivikus képet kell biztosítani, amellyel nyomon követhető a tűz frontvonala, a vegetáció változása, a megközelítési útvonalak lehetősége.

A légi felderítés gyakorlati [4][5], valamint saját tapasztalataim alapján a repülési magasság 500 méter alatt már biztosítja a területre történő megfelelő rálátást, de kiterjedt tüzeknél is elegendő az 1000 méter alatti tartomány.

Az UAV alkalmazására az elsődleges beavatkozók által kerül sor, így várható, hogy a tűz kiterjedése még korlátozott. Ezért viszonylag kis terület megfigyelésére kell koncentrálnunk, ami lehetővé teszi, hogy a rálátás szöge már 500 méter alatt is kedvező lehessen.

A kamera típusától függően lehet fixen vagy távirányítással mozgathatóvá téve rögzíteni. Amennyiben a kamera mozgatása nem lehetséges, úgy a megfigyelési idő a tűz irányára történő rárepülés idejével egyezhet meg. Ebben az esetben a repülés pályája is kötöttebb, hiszen az előre néző kamera esetén az ideális helyzet a tűz irányára történő rárepülés. Amennyiben ettől a gép törzse eltér, úgy a kép kieshet a látómezőből, csökkentve a megfigyelés hatékony idejét. A legegyszerűbb fix kamera rögzítése esetére a következőképp adom meg a ciklusidőből számított hatékony megfigyelés idejét:

$$t_{\text{monitor}} = t_{\text{ciklus}} - (2t_{\text{ford}} + t_{\text{visszarepülés}} + t_{\text{korrekció}}) \quad (3)$$

A fenti képletben szereplő jelölések értelmezése:

- $t_{\text{monitor}}$  - a tűz irányába való repülés idejéből a tényleges megfigyelés időtartama;
- $t_{\text{ciklus}}$  - egy teljes repülési ciklus, a repülőgép visszaérkezik a kiindulási helyre;
- $t_{\text{ford}}$  - a fordulási idő;
- $t_{\text{visszarepülés}}$  - a tűztől való elrepülés ideje;
- $t_{\text{korrekció}}$  - a rárepülés idejéből a tűz látótéren kívül maradásának ideje.

Az erők és eszközök koncentrációja célszerűen a legveszélyeztetettebb objektumok védelme, illetve legintenzívebben égő területek megfékezése érdekében történik. Azonban a tűz intenzitásának mértéke az idő függvényében akár jelentősen is módosulhat. Ezt a vegetáció típusának, az adott terület tűzterhelésének változása, természetes akadályok befolyásolhatják. Az adott pillanatban intenzív terjedés később lelassulhat és fordítva: a csekély terjedésű frontvonal égése magasabb tűzterhelésű terület elérésekor intenzívebbé, terjedése gyorsabbá válhat. A fentiek következménye, hogy az erdőtüzek hatékony oltása nem csak a jelenleg égő frontvonalak szakszerű oltását követeli meg, hanem a jövőben várható frontvonalakhoz igazított oltási helyek megválasztását is. A fentiek miatt az UAV alkalmazása egyértelműen hasznos segítség a döntéshozó számára.



7. ábra Az UAV által készített fotókon 3 tipikus tűzforma azonosítása lehetséges:  
pont tűz, lineáris tűzterjedés, területtűz. Forrás: szerző magánarchívuma

Az erdőtűzekre jellemző erős helyi feláramlások (konvenció) következtében kialakuló röptűzek mielőbbi felderítése jelentős előnyökkel jár<sup>9</sup>. A földi megfigyelők látókörén kívül eső, – még jelentős területen nem égő és nem füstölő – tűzek időbeni eloltása a későbbiekben erő, eszközök tartós lekötését takaríthatja meg. A tűzvonal mögött kialakuló újabb tűzfészek nem csak a tűz frontvonalainak számát, hosszát növeli, de időben nem észlelve veszélyt jelent a beavatkozó állomány biztonságára is.

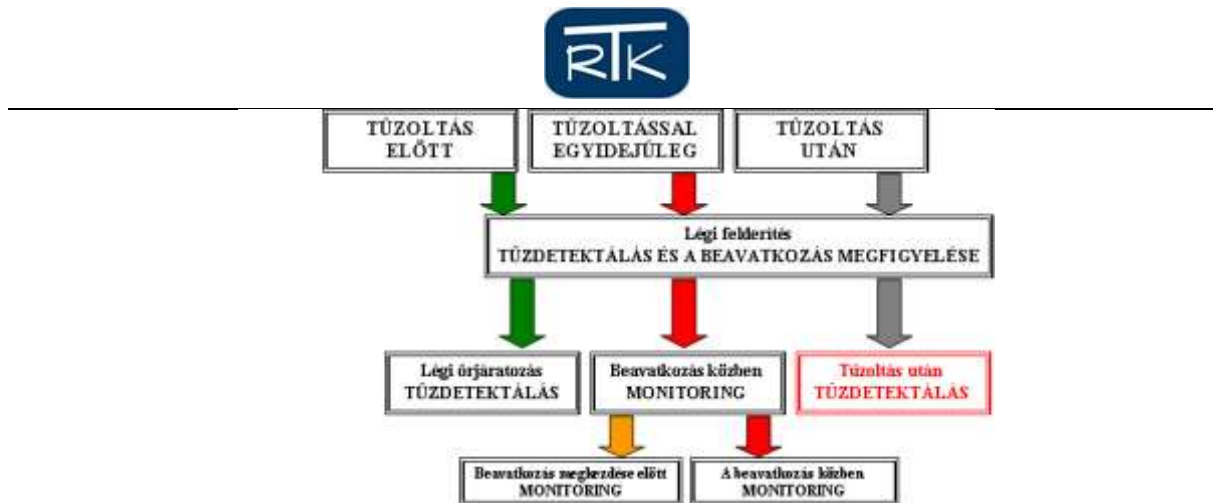
A 7. ábrán látható, hogy a tűz frontvonala élesen elkülönül a környezetétől, így nemcsak annak pontos elhelyezkedése, de legfőbb jellemzői, a tűzintenzitás, a főbb terjedési irányok is meghatározhatók. A tűz környezete is jól látható, megfigyelhetők a növénytakaságok változásai; az erdei utak is kirajzolódnak. Ezt az sem gátolja, hogy a példaként bemutatott felvételek színesek; a fekete-fehér kamerával készült képeken ezek előnyösebben kirajzolódnak<sup>10</sup>. Ez utóbbi tény további következtetés levonását teszi lehetővé: a tűz felderítéséhez, a hatékonyság minimum követelményeinek kielégítéséhez a fekete-fehér kamera alkalmazása is megfelelő.

## A TŰZ ELOLTÁSA UTÁNI TERÜLET MEGFIGYELÉS

A tűz eloltása utáni feladatok közé tartozik a terület átvizsgálása, a még parázsló részek felkutatása, annak teljes eloltása céljából. Ezzel megelőzhető, hogy a tűz spontán, vagy a szél hatására visszagyulladjon, főlegessé téve az addig elvégzett oltási munkálatokat. Nagy terület egyidejű felügyelete jelentős erőforrásokat köthet le.

<sup>9</sup> A röptűzek kialakulásának kockázata a koronatűzzel égő erdő esetén különösen magas.

<sup>10</sup> A színes kép látványa a szemnek nagyon kellemes, de információtartalma túl sok, figyelemelterelő hatása van. A figyelésre fordított energiát a többféle szín úgy emészti föl, hogy közben nem nyújt a döntéshez többlet információt. A tűz frontvonalának markáns megjelenése a fekete-fehér képekhez viszonyítva kisebb.



8. ábra Az UAV alkalmazásának strukturális felosztása:  
tűzoltás utáni terület megfigyelés. Forrás: szerző

A személyes felügyelet hatékonysága korlátozott, hiszen az egyidejűleg átlátott terület nagysága a megfigyelő helyzetétől jelentősen függ, valamint az izzó göcök felkutatása, vagy észrevételezése csak a tűz, ember által észlelhető kísérőjelensége, az izzás és füstölés észlelése által lehetséges. Hőkamera alkalmazásával a láthatósági küszöb alatti részek is könnyen észlelhetővé válnak, objektív, a környezet hőmérsékletén alapul, elkerülve a szubjektív észlelés okozta tévedést.



9. ábra. Eloltott terület megfigyelése hőkamerával  
Forrás: szerző magán archívuma.

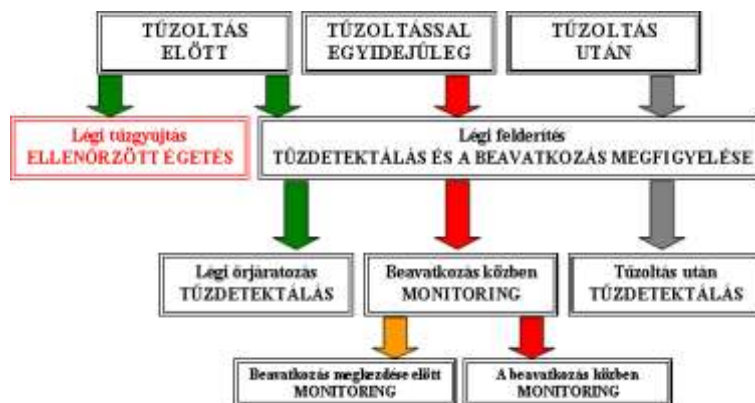
Amennyiben az eloltott terület felügyelete hőkamera alkalmazásával és az UAV igénybevételel valósul meg, úgy lehetőség van az adott terület egyidejű átláthatóságára és a parázsló göcök egyszerű detektálására.

Az UAV alkalmazása szempontjából ez a feladat nem jelent a korábbiaktól jelentősebb eltérést, így a tüzek felderítésére és monitorozására vonatkozó megállapítások értelem-szerűen itt is alkalmazhatók. A végrehajtását jelentősen megkönnyíti, hogy a beavatkozáshoz viszonyítva kisebb a felelősség, nincs intézkedési kényszer és egyszerűbb a feladat [6]. Ezért ez kiválóan alkalmas az UAV pilóták képzéséhez, tréningezéséhez.

## TÜZGYŰJTÁS UAV ALKALMAZÁSÁVAL

A pilóta nélküli repülőgépek alkalmazása jelenleg az információszerzésre, vagyis a légi megfigyelésre, a felderítés lehetőségére fókuszál. [7] Azonban az UAV potenciálisan már egyéb feladatok elvégzésére is alkalmazható, amelyekre már nem csak elképzeléseket, de akár meg-

valósult példákat is találhatunk. Ez utóbbira lehet példa az a különleges alkalmazás, ahol a csekély szállítási kapacitással rendelkező UAV a hegyi mentésben egy segéd kötel felhúzásával tudta támogatni, és így gyorsabbá tenni a mentést. Ez a fejezet az ellenőrzött tüzek generálásához az UAV segítségével végzett légi tűzgyújtás lehetőségét mutatja be.



10. ábra Az UAV alkalmazásának strukturális felosztása:  
légi tűzgyújtás – ellenőrzött égetés. Forrás: szerző

Az erdőtűzoltásnál a megelőzésben speciális szerepe lehet az UAV alkalmazásának. [8] A nagy tüzek kialakulásának alapvető tényezője, hogy az adott területen évek alatt nagy mennyiségű éghető anyag halmozódott fel. Ennek csökkentésére a nemzetközi gyakorlat rendszeresen alkalmazza az ellenőrzött égetés lehetőségét, amelynek a lényege az, hogy a kiválasztott területen meghatározott körülmények között – ami elsősorban a meteorológiai viszonyokra vonatkozik – az aljnövényzetet meggyújtják. Az égés intenzitása a meteorológiai viszonyok miatt alacsony marad, ezáltal az égéshő nem sérti a fák kérgét, azok fejlődését sem gátolja, de a talajon felhalmozódott elszáradt részeket elégeti. A folyamat végén az éghető anyag mennyisége lecsökken, ezzel megakadályozza annak lehetőségét, hogy az arra alkalmas időjárási körülmények között kialakuljon a heves, nagy intenzitású és károkozású erdőtűz.

Az ellenőrzött égetésre különböző eszközöket alkalmaznak, ezek közé tartozhatnak a repülőgépek, vagy a helikopterek is. A fedélzetükre speciális eszközt telepítenek, amelyekkel a tűzgyújtás elvégezhető. A hatékonyság növelése érdekében már készíteneek olyan berendezéseket is, amelyek ún. tűzgolyókat, vagy pasztillákat bocsátanak ki magukból.



11. ábra Az ellenőrzött égetés egy eszköze a fedélzetre installálva, és bevetés közben (Wildfire2011). Forrás: SEI Industry és a szerző magánarchívuma.

A fenti berendezések távirányítása megoldott, működésük a beavatkozás során automatikus. A tömegük teljes feltöltött állapotukban lecsökkenthető akár 12 kg-ra is. Az általános gyakorlatot

szerint ezeket az eszközöket egy könnyű kategóriájú repülőgépre, vagy helikopterre helyezik, és a megadott útvonalon repülve a berendezésből kibocsátják a gyújtóforrásokat. Egy könnyű helikopter tömege (pl. 11. ábrán látható) kb. 2000 kg, ami felveti annak szükségességét, hogy megvizsgáljuk, szükségszerű-e minden esetben egy eredeti méretében is csupán 20 kg tömegű eszközöt egy 2000 kg tömegű eszközzel szállítva alkalmazni. A bruttó és hasznos tömeg aránya 1:100, ami potenciálisan is felveti a hatékonyság teljesülésének megkérdőjelezését. Amennyiben rendelkezünk olyan eszközzel, amely képes jelentősen kisebb szállítási tömeg esetén is célba juttatni a gyújtóforrásokat, úgy annak hatékonysága nyilvánvalóan előnyösebb lehet.

Jelenleg számos olyan UAV található a piacon, amelyek szállítási kapacitása kielégítheti a kb. 12 kg tömegű terhek szállításához szükséges követelményeket. A szerző a feladat ellátásához több típust is alkalmasnak talál mind a merevszárnyú, mind a forgószárnyas változatokból.



12. ábra Az UAV alkalmazási elve ellenőrzött tüzek gyújtására, és egyik lehetséges eszköze.  
Forrás: szerző.

A gyújtóforrások kibocsátása előre tervezett útvonalon és programozottan történhet. Az UAV alkalmazása esetenként nem csak gazdaságossági szempontok miatt lehet előnyösebb a hagyományos megoldásoktól, de akár az egyetlen megoldást is jelentheti. Az UAV feladatát kevésbé korlátozza a füst miatti csökkent látótávolság; ez utóbbi technikai adottság akár éjszakai feladat végrehajtásra is lehetőséget biztosít. Ennek jelentősége azért mértékadó, mert az ellenőrzött égetéshez az éjszakai meteorológiai viszonyok sokszor kedvezőbbek, mint a nappaliak: alacsonyabb hőmérséklet, magasabb páratartalom, szélcsend. Az ellenőrzött tüzek gyújtásához az éjszakai feladat végrehajtást a személyzettel repülő eszközök esetében a biztonságos repülési magasság akadályozza. Az UAV autonóm navigációs és repülési rendszere értelemszerűen nincs korlátozva ebben, így alkalmazása előnyösebb.

A szerző közreműködésével jelenleg Németországban folynak erőfeszítések az UAV ellenőrzött tüzek gyújtásában való alkalmazására. [9]

Elsőként egy elhagyatott katonai gyakorlótéren kerül sor a bevetésre, ahol a fel nem robbant lövedékek miatt a hagyományos módon nem lehet végrehajtani a frontvonalak begyújtását. A feladatot a hatóságok 1 km biztonsági védőtávolság megtartása mellett engedélyezték végrehajtani, ami lehetetlenné teszi mind a tűz begyújtását, mind a frontvonalak mozgásának követését. Ezért egyetlen megoldásként az UAV alkalmazása jöhet szóba, amely már nem csak az égő terület monitorozását fogja elvégezni, de a frontvonalak begyújtását is.

A cikk az UAV erdőtűzeknél történő alkalmazási lehetőséget strukturális felosztásban mutatta be, illetve vizsgálta egyes elemeit.

Elsőként a légi felderítés lehetőségeit tárta fel, amelynek fogalomkörébe beletartozik a tűzjelzést megelőző, a tűz mielőbbi észlelését, detektálását célzó aktív észlelés; a tűzoltás megkezdése előtti, a hatékony beavatkozást információkkal segítő felderítés; a tűzoltás folyamata során a tűz alakulásának állandó nyomon követése, monitorozása; valamint a tűz támadó jellegű oltását követő utómunkálatok közbeni, a parázsló részek utáni kutatás, a visszagyulladás megelőzését szolgáló információszerzés.

A fentiek kiegészítéseként ma már megkezdődött az aktív tűzoltásban, az ellenőrzött tűzek gyújtásában való közreműködés kidolgozása és megvalósítása is. A cikk egyes esetekben nem csak tűzoltó-taktikai, de gazdaságossági szempontokat is felvázolt az UAV hatékony alkalmazásának bemutatására és megítélésére.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BLESZITY János, ZELENÁK Mihály: A tűzoltás taktikája. Tankönyv, BM Könyvkiadó, Budapest, 1989
- [2] RESTÁS Ágoston: Az erdőtűzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése. Ph.D. értekezés. ZMNE 2008
- [3] RESTÁS Ágoston: Robot Reconnaissance Aircraft. Előadás, UAVnet 9th Meeting, Amszterdam, Hollandia, 2004
- [4] IMREH Lajos: Tűzoltás a Kiskunságon, Kézirat, Forgószárny Kft., 2007
- [5] VLASZÁK Lajos: Légi tűzoltás; Kézirat, Erdők Védelméért Alapítvány, Matkó Airport, Kecskemét, 2001
- [6] RESTÁS Ágoston: A tűzoltásvezető döntéshozatali mechanizmusa. Védelem, VIII. Évfolyam 2. szám, Budapest, 28-30 oldal, 2001, ISSN: 1218-2958
- [7] PASTOR Enric (et al.): Project SKY-EYE, Applying UAVs to Forest Fire Fighter, Support and Monitoring; Department of Computer Architecture; Technical University of Catalonia, Spanyolország, 2008
- [8] RESTÁS Ágoston: UAV Applications From Aerial Patrol to Prescribed Fires; Wildfire2011 The 5th International Wildland Fire Conference, Sun City, South Africa, 9-13 May 2011
- [9] RESTÁS Ágoston: Statikus és dinamikus döntéstámogatás UAV alkalmazásokkal, Előadás, Robothadviselés 11 Tudományos Konferencia, 2011. november 24. Budapest