



Prof. Dr. Makkay Imre – Dr. Ványa László

TERMO-KAMERÁK ROBOTREPÜLŐGÉPEK FEDÉLZETÉN

Az emberi érzékszervekkel korlátozottan észlelhető infravörös fénytartomány a technika mai eszközeivel már viszonylag olcsón hozzáférhető, megjeleníthető. A robotrepülőgépek fedélzetén telepített termo-kamerák képe alapján számos geológiai, archeológiai felfedezés születik, nagy szerepük van a katasztrófa helyzetek – árvizek, erdőtüzek, eltűnt személyek – felderítésében, a mező-, erdő-, vadgazdálkodás, földi-, vízi-, légi közlekedés, energiaellátó rendszer hasznos információkkal való támogatásában.

BEVEZETÉS

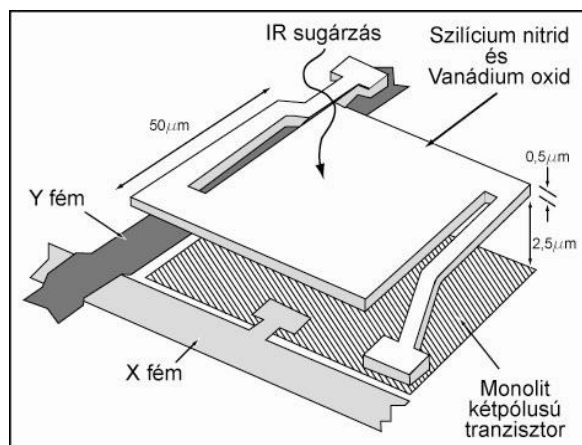
Az ember számára a kép nyújtja a leginformatívabb, leggyorsabb értékelhető élményt. A látható fény hullámtartományánál nagyobb hullámhosszú az infravörös hullámok tartománya. Ennek különös tulajdonsága, hogy minden fizikai test, amely az abszolút nulla Kelvin foknál melegebb, infravörös hullámokat bocsát ki magából. A köznapi értelemben vett hő érzékelését a bőrünk segítségével tudjuk természetes úton – a tárgyak, közeg érintésével – megvalósítani, azonban a távoli testek az általuk keltett jellegzetes hullámhosszúságú sugarak segítségével, ún. távérzékeléssel is megmérhetők. A hőkép megjelenítésére speciális segédeszközt, termo-kamerát kell igénybe vennünk, amely a látható fény tartományán kívüli hőhullámokat a szemünk által érzékelhető képpé transzformálja, vagyis az emberi szem számára „frekvenciatranszponálást” végez., mint amire sok más technikai megoldásban már van példa.

A hőkép olyan, az ember számára – szabad szemmel – nem látható információkat hordoz, amelyek ha rendelkezésére állnak számos területen (építészet, gépek üzemeltetése, környezetvédelem, gyógyítás, stb.) megalapozottabb döntéseket hozhatna. A levegőből olyan „madártávlatú” termo-felvételek készíthetők, amelyek a földfelszín és a tárgyak, élőlények viszonyát egészen új dimenzióban mutatja be. A hosszúhullámú (8-14 μm) hőképhez nincs szükség a szokásos megvilágításra, mert a tárgyak, élőlények a természetes testhőmérsékletük alapján nagyon jól megjeleníthetők. Az éjszakai – még holdfényt is nélkülöző – felvételeken ugyanolyan biztonsággal kirajzolódnak a hőmérsékleti különbségek, mint nappali fényben. Ez a képesség – ötvözve a robotrepülőgépek „mindenidős” bevetetőségével – olyan alkalmazásokhoz enged hozzáférést, melyek az eddigi eszközökkel elérhetetlenek voltak. Jelen írásmű e még jelentős tartalékkal rendelkező technikai eszköz-párra kívánja a kutatók, fejlesztők és leendő alkalmazók figyelmét irányítani.

TERMO-KAMERÁK

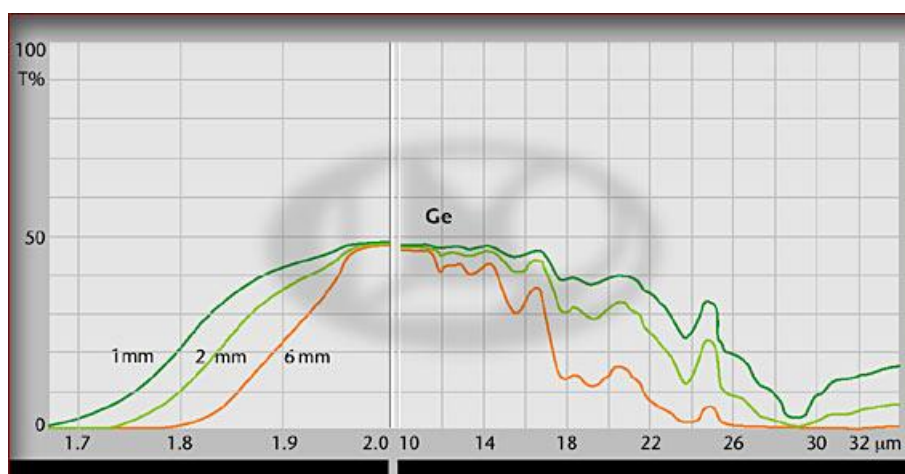
Termo-kamerák általános felépítése

Az első termo-kamerák szerkezeti felépítésében a hűtőrendszer foglalt el jelentős helyet, ugyanis a hőt érzékelő foton-detektálók folyékony nitrogénhűtést igényeltek. A hűtés nélküli termo-kamerák érzékelői, a mikrobolométerek a 80-as években indult amerikai katonai kutatások és fejlesztések eredményeként születtek. A legnépszerűbb 160x120, 320x240 pixeles, vanádium oxid alapú érzékelők után megjelentek a 384 x 288 felbontású amorf szilícium érzékelők.



1. ábra. Hűtés nélküli hődetektor¹

A mai termo-kamerák külső megjelenése már alig különbözik a látható fény tartományú társaktól, hacsak a germániumból készült lencse nem árulkodik. A germánium „frekvencia ablaka” az 1.7-30 μm tartományba esik, ezért egyben kiváló szűrőként is működik. Különböző fix és változtatható gyújtótávolságú lencsákat készítenek belőle. Az utóbbiak – a költséges előállítási technológia miatt – jelenleg a kamerák legdrágább elemei.



2. ábra. Különböző vastagságú germánium lap áteresztő képessége²

¹ <http://www.thermodelta.hu/mikrobolometer-technologia.html>

² http://www.laseroptik.de/?Substrates:Transmission_Curves:%26%23150%3B_Ge

Termo-kamera alkalmazások

A hőkép a környezet tárgyainak hőmérsékletkülönbségét rajzolja le a tónusok szintjével jellemezve a hideg-meleg átmeneteket. Az alapvetően szürkeskálán megjelenő kép szoftveresen színezzhető, ami az azonos hőmérsékletű pontok megtalálásában segíthet.

Az éjjel (is) látás különleges képessége – mint sok más technikai újdonság – először a hadiipar privilégiumaként jelent meg. Mára a szabad szemmel nem észlelhető események, rejtett tulajdonságok megjelenítésére, mérésére számos polgári alkalmazás is született: erőgépek működés közbeni állapotvizsgálata, [1] villamosenergia hálózat ellenőrzése, [2] élőlények „hőtérképe” – szomatológia, [3] épületek hőhátartásának ellenőrzése, [4] geológiai, archeológiai kutatások, [5] mező-, erdő-, vadgazdálkodási felmérések [6] tartoznak az egyre bővülő felhasználói körbe.

Felderítés céljára fejlesztett termo-kamerák

A termo-kamerák önállóan és a látható fény tartományú eszközökkel együtt alkalmazhatók. A kamera-párok nappali fényben a színekkel „gazdagított” hőképet szolgáltatják, ami a jelenségek gyorsabb, pontosabb felismerését segíti. Az ipari, katonai alkalmazású eszközök esetén – a nagy érzékenység mellett – fontos elvárás a lehető legkisebb méret, a megfelelő mechanikai védettség, és széles hőmérséklettartomány [7].



1. kép. A ThermoVision Micron/A10 nagy-, közepes- és kislátószögű (11, 18, 30mm) lencsái³

A termo-kamerák lencserendszere nem csak árában, tömegében is jelentős tétel – a germánium sűrűsége $5,32 \text{ g/cm}^3$ – ezért meggondolandó; az egy kamera nagytömegű (emellett rendkívül drága) zoom objektívvel, vagy több kameratest fix fókuszú lencsékkel változat. A több kamera mellett szól, hogy a „kutatás” és „követés” két képernyőn, azonos fázisban valósulhat meg. A nagylátószögű lencsével szerelt kamera képen feltűnt néhány „gyanús” pixelre a hosszabb gyújtótávolságú lencsével szerelt (nagyobb nagyítású) kamera azonnal ráirányítható, ahol az objektum nagyobb felbontásban jelenik meg. Ugyanezt zoom-os lencsével csak egymást követően, a mechanika nem kis késleltetésével

³ <http://www.corebyindigo.com/usermanuals/Micron130.pdf>

is számolva lehet végrehajtani – miközben a nagylátószögű teret nem látva, éppen valami fontos eseményről lemaradunk. A következő képsorozat ennek illusztrálására készült.



2. kép. Három különböző gyújtótávolságú lencsével (11, 18, 30 mm) készült felvétel

A kamerák felbontása (pixelszáma), érzékenysége, dinamikatartománya további fontos jellemző, amit az elektronikai képfeldolgozó egység további értékes információkkal gazdagíthat. A képek „utógondozása” – szűrése, válogatása, statisztikai értékelése – gyakran hoz felszínre az emberi szemmel észrevehetetlen összefüggéseket.

TERMO-KAMERÁK ROBOTREPÜLŐGÉPEKEN

Robotrepülőgépek felderítő, megfigyelő, ellenőrző feladatra

A felderítést előre nem ismert objektumok helyének, tevékenységének meghatározása céljából végzik. A robotrepülőt a feltételezett körzetbe küldik, ott szisztematikus „kereső” profilt repülve a kamerák kézi, vagy automatikus vezérlésével fésülik át a teret.



3. kép. Az AeroTarget cég MGR-6 felderítő repülőgépe és a lesugárzott termo-kép megfigyelése⁴

A manuális, vagy gépi képfeldolgozás eredményeként a keresett tárgy, személy, esemény helyének meghatározása után a kezelő dönt a további megfigyelés (változások jelzése) vagy az ellenőrzés (az eredeti állapot fennmaradása) feladatait illetően. A két utóbbi feladathoz – az eredmények elvárt

⁴ ZMNE Elektronikai Hadviselés Tanszék kísérleti repülése, Szeged 2002.

gyakoriságától függően – lehet a robotrepülőnek az adott térben, vagy oda időnként visszatérő útvonalakat kijelölni.

A robotrepülőgépek „egész életükben” műszeres repülési szabályok (IFR- Instrument Flight Rules) alapján működnek, nincs szükségük megvilágításra a tájékozódáshoz, így éjszaka is bevetethők. A sötétség a termo-kamerák számára sem okoz nehézséget, ezért együtt különösen alkalmasak a rossz látási viszonyok közötti felderítésre.

Fedélzeti termo-kamerák beépítése, mozgatása

A fedélzeti termo-kamerák beépítését a repülőgép konstrukciós lehetőségei illetve a feladat által megkövetelt mozgékonyság, manőverező képesség határozzák meg. A fix beépítés mellett szólnak az egyszerű, olcsó, „eldobható” robotrepülőgépek, az eleve alacsony információs küszöb átlépését megcélzó alkalmazások követelményei [8].



4. kép. A kamerának csak akkor van esélye a túlélésre, ha „jól be van ágyazva”⁵

A kamera mozgatására a repülőgép teherhordó képességeihez alkalmazkodó szerkezetek szolgálnak. A kisebb tömegű – ezzel együtt szerényebb teljesítményű – kamerák a stabilizált forgató szerkezettel együtt is 1 kg alatt maradnak.



5. kép. A Controp cég U-STAMP kameramozgatója⁶

⁵ http://techrepublic.com.com/2346-1035_11-199561-5.html

⁶ http://defense-update.com/newscast/1208/news/151208_uav_skylark.html

A képen látható (kamera előtti) védőborítás speciális szilikon lemez, amely a mechanikai sérülésektől hivatott védeni a temo-kamerát. A gyakran „kemény leszállás” így is erősen igénybe veszi a finommechanikai elemeket.

A nagyobb méretű (tömegű, hatótávolságú) robotrepülők fedélzetére már tekintélyesebb, több kamerát hordozó felfüggesztések helyezhetők el, melyekkel a kezelő döntése, vagy az előre programozott algoritmus alapján forgatható, billenthető a keret [9].



6. kép. A CloudCap cég T2 kameramozgató rendszere 2.2 kg tömegű ⁷

A szoftveres támogatás ma már kiterjed az álló, vagy mozgó célpontok követésére, sőt a robotrepülő útvonalának a kép alapján történő kijelölésére is [10].

Az „igazi nagyok” megengedhetik, hogy a legjobb termo-kamerákat is magukkal vigyék. (A „Predator” 202.5 kg, a „Global Hawk” 900 kg hasznos terhet tud szállítani.)



7. kép. Az RQ-1 „Predator” elektrooptikai felderítő eszközei

⁷ http://www.cloudcaptech.com/gimbal_t2.shtm

A földi kiértékelés eszközzrendszere

A termo-kamerák és a látható fény tartományú eszközök képét a fedélzeti adatrögzítő, vagy a lesugárzott rádiócsatorna jelei alapján a földi kiszolgáló/irányító/kiértékelő állomáson dolgozzák fel. A nagymennyiségű, időben is hosszadalmas anyagból gyakran csak néhány „IGEN/NEM” információ megkeresésére van szükség, amit erre a célra kifejlesztett programok végeznek el.



8. kép. A repülésirányító és kiértékelő munkahely⁸

A kiértékelte adatokat a szükséges ideig – például a következő összehasonlításig – tárolják, illetve a magasabb szintű alkalmazók felé továbbítják. A földi kiértékelő állomások a bevetés körzetétől akár sok ezer kilométerre távol is elhelyezkedhetnek, amennyiben azt a megfelelő sávszélességű és hatótávolságú híradó eszközzel eléri [11].

ÖSSZEGRZÉS

A termo-kamerák és a robotrepülőgépek mindössze néhány évtizede – a mikroelektronikai ipar fejlődésének köszönhetően – kerültek ki a konstruktörök kezéből. A párosítás eredménye olyan új képességű mobil felderítő rendszer, amely alkalmazásával a katonai és polgári felhasználó korábban nem tapasztalt dimenziójú információkhoz juthatnak.

A ZMNE K+F egyik kitüntetett iránya a robottechnika, melyet már számos elméleti munka és néhány gyakorlati megvalósítás is fémjelez. Az Információs Műveletek és Elektronikai Hadviselés tanszék, a Repülő és Légvédelmi Intézet tanszékei ebben élenjárva PhD értekezésekkel, konferenciák előadásaival, tudományos publikációkkal járulnak hozzá a téma minél szélesebb és egyben mélyebb feltárásához. Jelen írásmű is újabb gondolatok, ötletek ébresztésével kíván ehhez a folyamathoz csatlakozni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <http://www.delta3n.hu/hu/szolgaltatasok/termovizio>
- [2] http://www.grimas.hu/old-termografia/banner/e.on%20story_eng.pdf

⁸ http://defense-update.com/newscast/0507/news/100507_pmats.htm

- [3] <http://www.mindentudas.hu/magazin2/20060628egymodern.html>
- [4] <http://www.hexium.hu/index2.html?HUN&PROD&HX-IDS-M>
- [5] http://members.iinet.net.au/~andronis/Technology_Projects/00_Technology_Projects.htm
<http://weather.msfc.nasa.gov/archeology/chaco.html>
- [6] <http://www.satimagingcorp.com/svc/agriculture.html>
<http://www.fire.lacounty.gov/Forestry/Infrared.asp>
<http://www.wired.com/science/discoveries/news/2002/02/50437>
- [7] <http://www.corebyindigo.com/usermanuals/Micron130.pdf>
- [8] <http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-14.html>
<http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-11.html>
<http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/puma.html>
<http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html>
- [9] http://www.cloudcaptech.com/gimbal_t2.shtm
- [10] http://www.cloudcaptech.com/movieplayer/gallery_video.shtm
- [11] <http://telstarlogistics.typepad.com/telstarlogistics/2008/11/air-combat-the-battle-to-open-source-the-predator-uav.html>