

Nagy István

[istvan.nagy@hmth.hu](mailto:istvan.nagy@hmth.hu)

## MÉRGEZŐ HARCANYAG FELHŐ DETEKTÁLÁSÁNAK VIZSGÁLATA DIGITÁLIS KÉPFELDOLGOZÁS SEGÍTSÉGÉVEL

### *Absztrakt*

*Az utóbbi évtizedekben az információs technológia területén tapasztalható drasztikus teljesítménynövekedésnek köszönhetően, számtalan feladat megoldását tudjuk számítógépekkel végezni pl.: folyadékok viselkedését szimulálhatjuk, arcfelismerő rendszert készíthetünk. Napjainkra a vegyivédelmi alkalmazásokat is behálózza az informatika. Kutatásom célja olyan nehezen definiálható anyagok kimutatásának támogatása digitális képfeldolgozással, mint pl.: mérgező harcanyag felhő. A Magyar Honvédségben erre a célra létezik eszköz (RAPID), azonban alkalmazhatóságának javítása napjaink aktuális feladata.*

*Dramatic performance improvement in the field of information technology in last decades resulted in solving several kinds of tasks using computers, such as simulation of behavior of fluids, producing face recognition system etc. Nowadays not Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence applications even can be imagined without informatics. My research is aimed at supporting indication of difficult –to-define materials, e.g. toxic agent clouds, by the use of digital image processing. For these purpose the Hungarian Defence Forces has special system (RAPID), however its applicability has to be improved nowadays.*

**Kulcsszavak:** *digitális képfeldolgozás, távérzékelés, vegyivédelem, mérgező harcanyag felhő ~ digital image processing, remote sensing, CBRAN Defence, Chemical Warfare Agent*

## Bevezetés

„A vegyi felderítés általános értelemben a vegyi szennyezettség észlelését, kimutatását, meghatározását jelenti. A vegyi felderítés eszközszerében a távfelderítő eszközök különleges helyet foglalnak el. Az ilyen eszközök képesek a szennyezett térrészen kívülről érzékelni és meghatározni a szennyezettség típusát és mértékét. Alkalmasak a mérgező anyagfelhők gyors felderítésére, mozgásuk követésére.”[2]

Napjainkban - kihasználva az érzékelők adta lehetőségeket, mint például a jobb felbontó képesség és dinamika tartomány, versenyképes ár, stb. - olyan távérzékelő rendszereket lehet építeni, melyek hatékonyan tudják támogatni a vegyi távfelderítést is. A távfelderítésben alkalmazható mérési módszerek passzív, illetve aktív eljárásokra oszthatók annak megfelelően, hogy alkalmazunk-e megvilágító fényforrást vagy sem. A passzív eljárásoknál a vizsgált térrészből érkező spontán elektromágneses sugárzást - pl.: szórt napfényt – vizsgáljuk. A Magyar Honvédség rendelkezik egy RAPID típusú, passzív üzemmódú távérzékelő eszközzel, mely az 1. ábrán látható.



**1. ábra.** RAPID alaplmszer

A műszer detektálási határa, 30°látószöget, és 150 m átmérőjű felhőt feltételezve, 5 km. Működési elve FTIR azaz Fourier Transzformációs IR (infravörös) mérésen alapszik, vagyis az infra vörös tartományban (0,7-1,5  $\mu\text{m}$ ) vett jelalakon végzett mintavételezést és ezen jelalak diszkrét pillanat értékeit alkotó szinuszos komponenseinek frekvencia és amplitúdó meghatározásán alapszik. „Különböző funkciós csoportok, különböző karakterisztikus frekvenciákon nyelnek el, így a kapott IR spektrum az adott molekula újlényomata. Amennyiben vegyi anyag kerül a műszer látószögébe, és megfelelő hőmérséklet különbség van a háttér és a vegyi anyagfelhő között, úgy ezek szignifikáns eltérésként fognak megjelenni a kapott spektrumon. A passzív FTIR mérés érzékenysége nem egy konstans érték, hanem egy a háttér és a cél hőmérséklet különbségétől függő tényező.”[1]

A RAPID alaplmszer rendelkezik látható fény (0,38-0,76  $\mu\text{m}$ ) tartományában működő érzékelővel is. Jelenleg ez az érzékelő a kezelő számára „csak” kontrol szerepet tölt be, vagyis látja, hogy merre néz az eszköz. A digitális képfeldolgozás gyakran épít a különböző érzékelési tartományokban készített képek fúziójából kapott előnyökre, amit ennél az eszköznél nem aknáznak ki. Egy ilyen megoldás lehetne az optikai megjelenítőben az FTIR érzékelő által detektált szennyező anyag oldalszög szerinti határainak megjelenítése. Ez

viszonylag egyszerű feladat, és nem igényel külön hardver erőforrást, a grafikus megjelenítésnél, ezáltal a kezelő pontosabb képet kap a szennyező felhőből. A fenti gondolatmenetet tovább elemezve, egy digitális képfeldolgozó egység segítségével az optikai kijelzőn nem csak a harcanyag felhő határait lehetne megjeleníteni, hanem a konkrét kiterjedés formáját is. Az Optical Flow eljárás segítségével pedig a detektált felhő képpontjainak elmozdulásából az adott légköri viszonyokra jellemző áramlási paraméterek is meghatározhatók, vagyis merre terjed a szennyeződés. Ezt a képen kis vektornyilakkal lehet szemléltetni. A továbbiakban a digitális képfeldolgozás szemszögéből kívánom szemléltetni a vegyi harcanyag felhő látható fény tartományban történő elemzésének lehetőségeit.

### **Mérgező harcanyag felhő detektálása**

A mérgező harcanyagot kétféleképpen lehet levegőbe juttatni: tüzérségi úton vagy repülő eszközről permetezve. Ez utóbbinál csupán a kibocsájtó eszköz mozgásának detektálására van lehetőség (felismerés), ugyanakkor ez is tartalmazhat lényegi információkat a kezelő számára. Az első módszer alkalmazásánál a robbanásból adódó tűz illetve leggyakrabban füst detektálása komoly képfeldolgozási feladat. A harcanyag felhő nagyon nehezen általánosítható közeg, mert kifejlődhet gyorsan, néhány másodperc alatt, vagy lassan órák alatt. A harcanyag felhő homályosíthatja, szinte elfedheti a háttérből visszaverődő fényt, ilyen a sötét aeroszol, illetve szétszórhatja különböző irányokban, a képen intenzitásváltozást okozva, ilyen a fehér aeroszol. A felhő lehet vékony és átlátszó, vagy vastag és texturált akár egy zárt objektum.

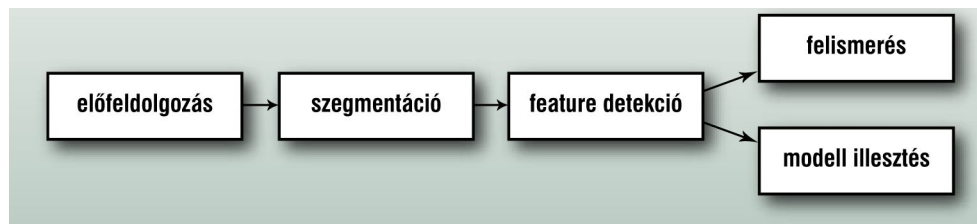
A korai felhő-detektáló algoritmusok a teljes képen próbálták jellemzőket detektálni, pl.: kontraszt változás detektálásával, élek eltűnésének figyelésével, a kép fényesség értékeinek statisztikai analizálásával. A gyakorlatban ezen algoritmusokra épülő alkalmazások megbízhatatlanok voltak, mert egy parányi változás a képen túl sok tényezőtől függhet., pl.: egy objektum elmozdul, vagy kikerül az érzékelő kamera látószögéből. Ezért komplexebb eljárásokat alkalmaztak, mint pl.: a geometriai jellemzők változásának figyelése.

Melyek azok a következetesen előforduló jellemzők, amelyek a harcanyag felhőkkel együtt jelennek meg a képen? Fizikailag a felhő egy aeroszol, amely az égés/robbanás helyéről terjed. Generálódásának mértéke nagyban függ az égés intenzitásának a mértékétől. Az égéshez hő kibocsájtással társul, mely befolyásolja a harcanyag felhő irányát és sebességét, amit természetesen a környezet is befolyásol, pl.: aktuális szélirány.

### **Digitális képfeldolgozás**

A következőkben, általánosságban áttekintésre kerül, hogyan működnek a számítógépes képfeldolgozó algoritmusok. Bár elsőre nem szembetűnő, de e problémák megoldása hasonló lépésekkel történik, lásd 2. ábra. Szinte mindig célszerű a képeket egyszerű transzformációkkal, szűrőkkel előfeldolgozni. Az így kapott kép valószínűleg tartalmaz fontos és lényegtelen területeket is. Ezek a szegmentáció során kerülnek szétválasztásra egymástól. Így megkaptuk a kép számunkra fontos területét, amely ugyan kevesebb, de még mindig pixelek ezreit (akár millióit) jelentheti, ami a legtöbb algoritmus számára túl sok feldolgozandó adatot jelent. A sűrű „képpont felhőből” kezelhető mennyiségű adatot az ún. feature-ök, vagy „vizuális jellemzők” kinyerésével kapunk. Ez legtöbbször vonalak, sarkok vagy egyéb szempontból speciális elemek detektálását jelenti. Így már nem pixelekkel, hanem kezelhető mennyiségű képi jellemzővel kell dolgoznunk. Ezek alapján már megkereshetők az előre eltárolt adatbázisban a jellemzőkhöz legjobban hasonlító objektumot (felismerés), vagy kiszámíthatjuk a legjobban illeszkedő (mozgás, pozíció) paramétereket. Érdekes

figyelembe venni, hogy a képi jellemzők kinyerése során hamis találatokat is kaphatunk, amiket fel kell ismerni, és ki kell szűrni az adathalmazból.



2. ábra. A számítógépes képanalízis fázisai

## Előfeldolgozás, szegmentálás

A képszegmentálás alapvető célja, hogy a képnek olyan reprezentációját adja, amely egyszerűen feldolgozható és elemezhető automatizált módszerekkel. [5] Ez legtöbbször a képen található releváns objektumok elkülönítését és címkézését jelenti. A magasabb szintű képértelmezés így jelentősen redukált adatmennyiséggel és egyben jól definiált szemantikával rendelkező reprezentáción végezhető. A továbbiakban két féle szegmentálási eljárást mutatok be, mely homogén objektumok detektálására alkalmas.

### 1. Intenzitás alapú szegmentálás

Az egyik legegyszerűbb szegmentálási eljárás szerint az objektumokat az intenzitásuk alapján jelöljük ki, vagyis kijelölünk egy intenzitáshatárt, amely feletti intenzitású pixeleket objektumhoz tartozónak, az alattiakat pedig háttérnek (vagy irrelevánsnak) tekintjük. Hátrány, hogy bonyolultabb, inhomogén környezetben pontatlan szegmentáláshoz eredményez.

Hisztogram-alapú adaptív küszöbérték alkalmazásával általában lehet javítani a szegmentálás minőségén. Ezen eljárások közt találhatóak olyanok, amelyek valamilyen heurisztika alapján állapítják meg a hisztogram jellemzőiből a küszöbértéket. Ezen kívül léteznek olyan eljárások is, amelyek matematikai alapon, valószínűségi modelleket alkalmazva határozzák meg az ideális küszöbértéket.

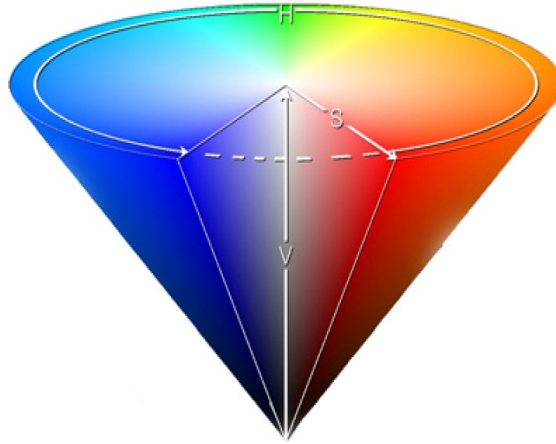
### 2. Szín alapú szegmentálás

A szín alapú szegmentálás elgondolása szerint, a releváns objektumokat színük alapján tudjuk elkülöníteni és lokalizálni. Egy színes kép digitális megjelenítése és tárolása a képpontonkénti (pixel) színintenzitás érték alapján történik. Ezt az intenzitás értéket általában háromdimenziós vektorral írjuk le. Ezen vektortér komponenseinek meghatározása az alkalmazott szín tér alapján változhat [6].

Az additív képmegjelenítés, pl.: monitor, és képtárolás, pl.: avi fájl, az RGB (Red, Green, Blue) szín teret használja. Azonban a képfeldolgozási algoritmusok gyakran más színtereket alkalmaznak, bizonyos képi jellemzők kinyerésére. Az egyes színterek közötti transzformáció, jól definiált, szabványos eljárásokkal történik. Szín alapú szegmentálásra leggyakrabban a HSV (Hue, Saturation, Value) szín teret használjuk. Az alábbiakban bemutatom a HSV színteret valamint az RGB, és HSV színtér közötti konverziót.

#### *HSV színtér*

Legtöbb esetben a HSV színteret tekinthetjük egy intuitív színi leírásmódnak, mivel olyan fogalmakat használ, melyek jobban illenek az ember gondolati szintársításához.



3. ábra. A HSV szín tér (MATLAB Help)

Hue: A pixel színárnyalata a saját alapszínére vonatkozik, pl.: vörös, sárga, ibolya vagy magenta. Ez a 0-tól 360-ig terjedő skálán fordul elő; utalva a színnek a színskálán való fokokban megadott helyére, ezt a 3. ábrán a kúp alapján látható.

Saturation: A telítettség a pontos színezet fényessége vagy tisztasága, amely jelen van a pixelben. Mint ahogy a 3. ábrán látható a színekör kerületének színei teljesen telítettek, továbbá a színekör középpontja felé haladva csökken a telítettség mértéke.

Value: A szín élénkségét jelenti, de valójában a vörös, a zöld és a kék értékek maximumát jelenti. Ezt a pixel értéket a harmadik axis mentén ábrázolják. A legkisebb ilyen értékkel a kúp alján elhelyezkedő fekete, míg a legmagasabb élénkségi értékkel következésképpen a vele szemben elhelyezkedő fehér rendelkezik. Mivel az emberi szem az élénkebb színeket jobban meg tudja különböztetni, ezért henger helyett, kúpként lehet ábrázolni ezt a szín teret.

Az RGB szintérből HSV-be való áttérés egy nemlineáris transzformációval valósítható meg. Az alábbiakban feltesszük, hogy  $R, G$  és  $B$   $[0,255]$  közti értékeket vehet fel, és  $H$ -t,  $S$ -t és  $V$ -t a  $[0,360]$ ,  $[0,255]$  illetve  $[0,255]$  intervallumon belül keressük. Továbbá legyen  $\min = \min(R, G, B)$ , és  $\max = \max(R, G, B)$

$$H = \left\{ \begin{array}{l} \frac{60 * (G - B)}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} + 0, \text{ ha } \max(R, G, B) = R, G \geq B \\ \frac{60 * (G - B)}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} + 360, \text{ ha } \max(R, G, B) = R, G < B \\ \frac{60 * (B - R)}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} + 120, \text{ ha } \max(R, G, B) = G \\ \frac{60 * (R - G)}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} + 240, \text{ ha } \max(R, G, B) = B \end{array} \right. \quad (1)$$

$$S = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{ha } \max(R, G, B) = 0 \\ 1 - \frac{\min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} & \text{ha } \max(R, G, B) \neq 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

$$V = \max(R, G, B) \quad (3)$$

A konverzió után már megfogalmazhatóak olyan küszöbözési feltételek, amelyek hatékonyan kihasználják az új színtérbeli reprezentáció előnyeit, pl.: fényintenzitás változás detekció. Kiegészítő szelekciós kritériumként a kontrasztgyengítést lehet megemlíteni, vagy az objektumok határvonalainak a halványítását.

## **Képi jellemző kinyerés**

Az előfeldolgozott és szegmentált képek már közvetlenül alkalmasak lehetnek arra, hogy bizonyos algoritmusok felismerjék vagy kövessék az azokon látható objektumokat. A gyakorlatban azonban ez kevésbé jellemző, ugyanis még így is képpontok ezreit, netán millióit kell feldolgozni, ami a legtöbb módszer számára még mindig kezelhetetlen mennyiség.

A karakterisztikus jegyek számtalan hatékony, már-már standardnak tekinthető algoritmust ismert. A legtöbb módszer a szomszédos képpontok különbségén, azaz a „képfüggvény deriváltján” alapszik. Matematikailag viszonylag jól megfogalmazható, hogy milyen feltételeknek kell teljesülniük az éleken és a sarkokon található képpontokban. Szintén nem nehéz egyenes vonalakat, vonalak metszéspontjait, köröket és egyéb szabályos geometriai formákat megtalálni a képen.

Azonban az olyan nehezen definiálható objektumokat, mint egy aeroszol felhő, speciális algoritmusok segítségével lehet csak meghatározni. Ilyen speciális algoritmus lehet: az optical flow, vagy a polarizációs elven alapuló felhő detektálás.

## **Optical flow**

Mozgó objektumok követése video felvételeken izgalmas kihívás a digitális képfeldolgozás terén. Egy képsorozatban minden egyes képpont követése igen nehéz feladat. A két legfontosabb probléma a számítás komplexitása (azaz a több millió képpont feldolgozása), valamint az, hogy legtöbbször nem is lehet egyértelműen megmondani, hogy mi a jó megoldás. Ez utóbbi első hallásra furcsának tűnhet, de sajnos, ami az embernek egyértelmű, az a számítógép számára nem az. Pl.: ha egy képsorozaton egy teljesen homogén, azaz egyszínű részt próbálunk lekövetni, az algoritmus nem képes megmondani, hogy milyen irányban mozognak a pixelek. Az ilyen eldönthetetlen helyzetek feloldására az optical flow algoritmusok bizonyos előfeltételekkel élnek, melyek – bár nem mindig állják meg a helyüket – lehetővé teszik a megoldást, ami természetesen nem biztos, hogy tökéletes lesz. Az egyik legfontosabb ilyen feltételezés az, hogy a szomszédos pixelek mozgása hasonló. Az optical flow gyakorlatilag egy irányokat tartalmazó képet jelent, ahol minden pixelhez hozzárendelünk egy 2 dimenziós mozgásvektort. Ha a kép pixeleit e vektorok mentén elmozgatjuk, akkor – elvileg – pontosan a következő képkockát kapjuk. Ezen vektorok kiszámítása nem képpontonként történik, hiszen ez egyrészt kezelhetetlenül lassú lenne, másrészt a homogén képrészekkel nem is tudnánk mit kezdeni. Hatékonyabb megközelítés, ha a képet blokkokra bontjuk – akár előfeldolgozás eredményeként megkapott foltszerű terület – és először ezek közötti elmozdulást figyeljük, majd rekurzívan a megfelelő ponton belüli mozgásokat térképezzük fel, az adott objektum újradarabolásával.

## **Polarizációs elven alapuló felhődetektálás**

Ez egy igen kézenfekvő, viszonylag egyszerű eljárás. A módszer lényege, hogy feltérképezi a harcanyag felhőn keresztül, és a felhő környezetéből érkező fény irányát, polarizációs fokát, ezzel megkapva a teljes kép polarizációs mintázatát. Ennek segítségével adott időpontban megállapítható a képen a harcanyag felhővel fedett terület nagysága.

A Napból érkező fény a hullámhosszánál sokkal kisebb légköri részecskéken szóródik. Kevésbé szóródik a hosszabb hullámhosszú, vörös fény, és jobban a rövid hullámhosszú, kék fény. Polarizációkor a fénysugárra merőleges irányban poláros fény jön létre, azaz a

fényhullámnak lesz kitüntetett rezgési síkja. Ez történik akkor, amikor a napfény áthalad a felhőn. A felhők mögül érkező fény polarizációjának mértéke függ a napszaktól és attól, milyen irányból jön a sugár. A kép polarizációs mintázata azt jelenti, hogy a mérések során kapott fénypolarizáció eloszlását (fokát és irányát) színekkel térképezően ábrázolhatjuk. [4]

## **Felismerés, modell illesztés**

A karakterisztikus jegyek azonosítása után általában nem több mint néhány száz leíró, avagy tulajdonság vektor tömöríti magába a feldolgozandó képi információt. Ez már sokkal kezelhetőbb, mint sok millió RGB képpont! Nem meglepő módon a gépi látás különböző alkalmazásai meglehetősen más és más módon dolgozzák fel ezt az információmennyiséget, de a két legnagyobb problémakör kétségtelenül a felismerés és a modellillesztés.

A felismerés – legyen az célpont – a legtöbb esetben nem egy adott objektum felismerését jelenti, hanem egy – akár igen csak terjedelmes – adatbázisban, a legjobban illeszkedő elem megtalálását. Egy mérgező harcanyag felhőt permetező helikopter felismerése esetében ez azt jelenti, hogy a megtalált leírók sorozatát, azaz tulajdonság vektort kell összehasonlítani az adatbázisban található tulajdonság vektorokkal. A gyengébb rendszerek gyenge pontja legtöbbször a nem megfelelő leírók használata, illetve azok sikertelen és pontatlan detektálása. A felismerő rendszerek gyakran használnak tanuló algoritmusokat. Ez azt jelenti, hogy a téves és a sikeres felismerésből is tanul a rendszer, módosítja belső „állapotát”, így a továbbiakban egyre jobb felismerési valószínűséggel fog működni. Ezek a rendszerek nem is feltétlenül igényelnek kezdeti adatbázist, helyette be lehet őket tanítani. A tanuló rendszerek lelke legtöbbször egy neurális háló, ami – az agyunkhoz hasonlóan – nem más, mint elemi „kapcsolók”, neuronok igen nagy és összetett hálózata. A hálózat bemenete a tulajdonság vektor (leírók sorozata), kimenete pedig lehet akár egy, akár több igen/nem kapcsoló. A betanítás szakaszában különböző képeket „mutatunk” a rendszernek, és figyeljük a kimenetet. Megfelelően nagyszámú és tartalmú kép, valamint optimálisan kialakított háló és képi jellemzők használatával a rendszer képes lesz sikeresen felismerni azokat a képeket is, amelyek nem szerepeltek az eredeti tanító halmazban! Jellemzően akkor érdemes ilyen megközelítést alkalmazni, ha nem teljesen világos, hogy melyek a karakterisztikus jegyek, milyen tulajdonságok alapján lehet egyértelműen felismerni a cél-objektumot, mint például egy mérgezőanyag felhő. Természetesen nagyon körültekintően kell alkalmazni ezeket a tanuló algoritmusokat, hiszen sok olyan tényező van, ami befolyásolja a működést.

Az, hogy tudjuk, mi van a képen, azt jelenti, hogy rendelkezünk egy modellel, amely alapján meg tudjuk mondani, hogy kitalált paraméterek illeszkednek-e a mérésekhez, vagy nem. Az autonóm felderítő eszköz például tudja, hogy körülbelül hogy néz ki egy adott haditechnikai eszköz többféle látószögéből, és ezt össze is tudja hasonlítani a mérésekkel (azaz a légi felvételekkel). Ezek a feladatok is jellemző leírók detektálásával kezdődnek, az ismeretlen paraméterek kinyerése pedig általában két lépésben történik:

- Az első lépésben, ha mód van rá, speciális szabályok alapján megmondjuk, hogy körülbelül melyek a helyes paraméterek: nagyjából merre van a detektált felhő, hozzávetőlegesen hol áll a harcjármű stb.
- A második lépésben standard matematikai eszközökkel finomítjuk ezt a megoldást, azaz megkeressük azokat a paramétereket, melyek minimalizálják a különbséget a mért jellemzők, és a modell között.

A modellillesztés problémájánál is alkalmazhatóak tanuló módszerek.

## Összegzés

„A vegyi pontfelderítésre széleskörűen alkalmazott ACADA (Automatic Chemical Agent Monitor – Automata vegyi ágens monitor) felváltására fejlesztik a JSLSCAD (Joint Service Lightweight Integrated Stand-off Chemical Agent Monitor – Egységes Könnyű integrált vegyi ágens távmonitor) műszert. Lehetőséget nyújt a passzív távfelderítő üzemmódra és képes menet közbeni kimutatásra is. Alapkiépítésében a rendszer súlya mintegy 20kg. A változó igényeknek megfelelően átalakítható. Páncélos járművekbe építhető változata ellátható 360° x60° tartományban üzemelő letapogatóval. Helikopterre, illetve pilóta nélküli légi járműre gömbcsuklóval szerelhető fel.”[3]

Tehát megállapítható, hogy az utóbbi évtizedekben a harcanyag felhő optikai mélység és a felszín visszaverő képességének vizsgálatára a passzív infra eszközök kerültek előtérbe, kis tömegük és hordozhatóságuk miatt.

Véleményem szerint az FTIR elven működő távérzékelőt hatékonyan ki tudja egészíteni a látható fény tartományban működő érzékelő rendszer (kamera+szoftver), kihasználva a képfúzió adta lehetőségeket, figyelembe véve az anyagi és technológiai lehetőségeket.

A Magyar Honvédség rendelkezik RAPID típusú távérzékelővel, mely alkalmazhatóságának területeit meg kell vizsgálni. Ezen vizsgálathoz kívántam lehetőségeket bemutatni, amelyek a számítógépes képfeldolgozásban rejlenek. Autonóm rendszerek, pl.: UAV kialakításánál a fentebb ismertetett algoritmusok célhardveren – FPGA (Field Programable Gate Array) alapú kártyákon – is megvalósíthatók.

A polarizációs elven működő távdetektálás nem csak egy RAPID típusú eszköz kiegészítése lehet, hanem olyan autonóm mérő állomásoké, mint amelyek az AMAR rendszert alkotják, ezáltal még teljesebb kép alakítható ki a környezetről, járulékos meteorológia adatok – égbolt felhő telítettsége – formájában.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] RAPID Manual – HUN.pdf, 25. o.
- [2] Dr. Halász László: Vegyi távfelderítő berendezések kifejlesztése az MH HTI-ben. Haditechnika 1993/1 2-8. o.
- [3] Juhász László mk. őrnagy, Pintér István mk. alezredes: Az ABV felderítő eszközök fejlődési irányai a 21. század első évtizedében
- [4] [http://meteo21.blogter.hu/217248/magyar\\_felhodetektalo\\_muszer\\_az\\_elte-rol](http://meteo21.blogter.hu/217248/magyar_felhodetektalo_muszer_az_elte-rol)
- [5] Gonzalez, Woods, „Digital Image Processing”, Addison-Wesley, 1993, 93-104 o.
- [6] Sergyán Szabolcs, Color Content-based Image Classification, 5th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, January 25-26, 2007, 430 o.