

## **JELFELDOLGOZÁS A HADITECHNIKÁBAN HARCTÉRI SZENZOROK JELÉNEK KIÉRTÉKELÉSE**

### **BEVEZETÉS**

Az információs műveletek (INFORMATION OPERATIONS – IO) az egyik legújabb hadviselési mód, melynek döntő fontosságú elemei az információs fölény, információs uralom és vezetési fölény megszerzése.

Az információs fölény kivívását az információk megszerzésével, birtoklásával, az ellenfélnél gyorsabb és hatékonyabb feldolgozásával, valamint felhasználásával, illetve eredményesebb védelmével éri el.

Az információs műveletek alapelve az ellenség vezetési funkcióinak megakadályozása, korlátozása, a felsorolt célobjektumokon, illetve a saját oldalon ezen objektumok maximális védelme. Az információs műveletek feladatait, a vezetési rendszerek támadását és védelmét az alábbi tevékenységeken keresztül valósítja meg [1, 2]:

- Műveleti biztonság (Operation Security —OPSEC);
- Pszichológiai műveletek (PSYCHOLOGICAL OPERATION — PSYOP);
- Katonai megtévesztés (MILITARY DECEPTION —MILDEC);
- Fizikai pusztítás (PHYSICAL DESTRUCTION —PD);
- Elektronikai hadviselés (ELECTRONIC WARFARE —EW);
- Számítógép-hálózati hadviselés (COMPUTER NETWORK OPERATIONS - CNO).

Az információs műveletek rendszerébe illeszthető a felügyelet nélkül hagyható szenzorrendszerek. Az információs műveletek alágazatának definiált elektronikai hadviselés témakörén belül helyezkedik el az elektronikai hadviselés felderítő támogatása. A multispektrális- elektromágneses, akusztikus illetve mágneses - tér változását figyelő, felderítő illetve jelentő rendszer az elektronikai felderítő támogatás területén helyezhető el.

### **AUTOMATIKUS TÁVOLI MEGFIGYELŐ RENDSZEREK [8]**

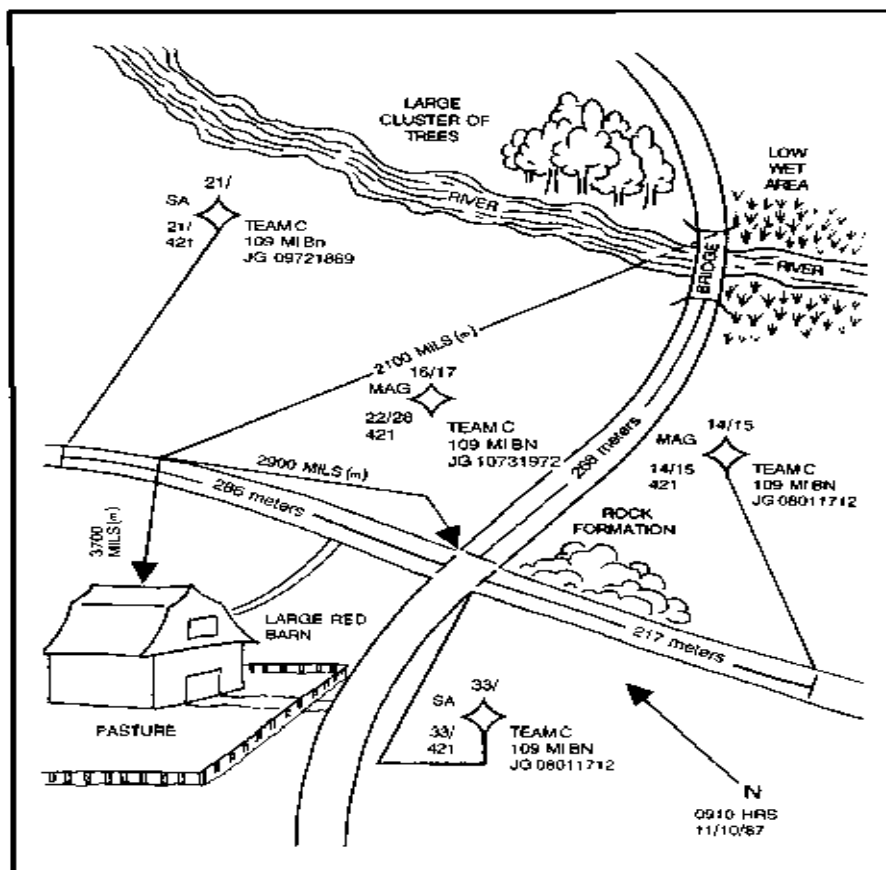
Az automatikus távoli megfigyelő rendszerek olyan földi telepítésű szenzorokból álló rendszer, amely észleli, osztályozza, meghatározza a területre belépő katona vagy harci jármű mozgását, illetve annak irányát. Az ellenség várható mozgási útvonalai mentén elhelyezve jelezheti az ellenség mozgását, erőinek nagyságát.

Az utóbbi néhány évtizedben a passzív szenzorok használata felértékelődött a távérzékelte harcmezei alkalmazásokban. A tömeggyártású chipek jelentős elterjedése miatt a digitális jelfeldolgozó technológiák folyamatos fejlődésének lehetünk tanúi, ami lehetőséget nyújt számításgépes feladatok akár valós idejű futtatására. Ezek a feltételek teremtették meg a lehetőséget az UGS (UNATTENDED GROUND SENSORS – felügyelet nélküli földi telepítésű rendszerek) rendszerek gyakorlati fejlesztésére. Sokféle méretűek, formájúak lehetnek, különféle szenzorokat tartalmazhatnak, többféleképpen telepíthetőek, a jelentéseiket különféleképpen küldhetik meg a központba a különféle típusú célokról.

Az UGS rendszerek különböző fajtájú érzékelőket foglalnak magukba, céljuk a távoli céldetektálás, helymeghatározás és felismerés. Az UGS rendszerek jellemzői között említhető a kis méret, az üzembiztos működés és a telepítés utáni hosszú üzemben maradási idő. A célokról a távoli központba képesek sugározni adatokat. Ezek az eszközök különféle támogatási feladatokat hajthatnak végre, melyek között megemlíthető a terület-, illetve határvédelem, felderítés és célkövetés. Az UGS rendszerek tervezhetőek helyi feldolgozásának, melyek a célt detektálják, irányát meghatározzák,

követik, osztályozzák és azonosítják. A felsoroltakon kívül alkalmasak az okozott károk felmérésére távoli csapásmérő eszközök alkalmazása esetében. A sikeres feladat végrehajtáshoz szükséges robosztus megbízható és gyors üzenet továbbító kommunikációs csatorna a vezetési központ felé. Az optimális teljesítőképességének eléréséhez szükséges a terep, az időjárás, illetve a háttérzajok pontos modellezése. Számítógépes modellekkel kiszámítható az optimális telepítési elhelyezése a szenzoroknak. A NATO országokban különböző UGS rendszereket terveztek és állítottak rendszerbe, ezért szükséges volna egybevetni a követelményeket az eszközök által biztosított lehetőségekkel és szabványosítani e rendszerek által szolgáltatott információkat. Ezek a rendszerek akkumulátoros, egyfajta vagy többfajta több helyre telepített szenzorokból állnak, melyek képesek jelfeldolgozásra, illetve a célok mozgás jellemzőinek meghatározására, a felismert célok továbbítására egy távoli megfigyelő helyszínre.

Az UGS rendszerek különféleképpen telepíthetők. A miniatürizálás és komponensek költségeinek alacsonyan tartása elsődleges feladat annak érdekében, hogy beépíthető legyen tűzérési lövedékekbe, sokat telepítenek repülőgépek fedélzetéről, kilőhető fémdobozban, vagy kézi telepítéssel. A tűzérési illetve a légi telepítésű UGS rendszereknek és elektronikájuknak robosztusnak, rázkódás és időjárás ellen védettnek kell lennie.



1. ábra az UGS szenzorok egy lehetséges elhelyezkedési ábrája

Az UGS rendszerek működési ideje nagyságrendekkel meghosszabbítható intelligens erőforrás gazdálkodással, mely a normális folyamatos működési időt jelentősen meghosszabbítja. Az elektronikába illesztett intelligencia néhány másodpercenként mintát vesz a környezeti értékekből így biztosítva a minimális fogyasztást. Amint célt detektál a rendszer a készülékek a nyugvó állapotukból teljes üzemmódba kapcsolnak, valós idejű feladatok végrehajtására. Az átlagos UGS rendszerek korlátozott távolságban képesek detektálásra és felderítésre. Ezek a korlátok a háttérzaj vagy az időjárás napszak változásából adódhatnak. A folyamatos célkövetés biztosítására sok szenzort kell elhelyezni viszonylagos közelségbe (lásd 1. ábra).

A szenzorhálózat elemei a különböző szenzor technológiákat alkalmazva pontosan meghatározhatják a helyzetét és azonosíthatják a harcmezőn elhelyezkedő célokat. Mindezen felül hatékonyan méri a csapásmérő eszközök által az ellenség eszközeiben okozott károkat.

Az UGS rendszerek ára könnyen tartható bizonyos korlátok között. A költségek akkor emelkedhetnek túlságosan, ha az egyes eszközöknek az ára megemelkedik.

A saját hely- és tájolási iránymeghatározás és burkolatkészítés nagymértékben javítja a telepítés lehetőségeit. Az eszközszintű szenzorfüzió lehetőséget biztosít a detektálás és pontos azonosítás valószínűségének növelésére. Az UGS rendszerekben található szenzorok alapvetően passzívak. Az érzékelők fajtái: akusztikus, szeizmikus, mágneses és infravörös.

A robosztus kommunikációs kapcsolat szerepe kulcsfontosságú a távoli telepítésű UGS rendszereknél. Keskeny kommunikációs sáv szélességgel és alacsony adóteljesítménnyel kell üzemelniük az UGS rendszereknek. Az adatok tömörítése és titkosítása biztosíthatja a felderíthetőség valószínűségének alacsonyan tarthatóságát.

A célokról nagyobb megbízhatóságú adatokat nyerhetünk az egy helyen található szenzorok jelének fúziójával. Magasabb szintű fúzióval a különböző helyre telepített UGS-ekről érkező információkkal a célok mozgási vektorának meghatározása biztosítható.

## LÉTEZŐ, FELÜGYELET NÉLKÜLI ÉRZÉKELŐ RENDSZEREK [13]

Különböző típusú felügyelet nélküli érzékelő rendszer létezik és van jelenleg használatban a világon.

**Kanadában** jelenleg a GUARDIAN orvlövész detektáló rendszert fejlesztik, amelyet terület határsávfigyelő rendszernek terveztek. A rendszerben akusztikus szenzorokkal detektálják az orvlövész tüzelését, és közelítőleg kiszámítják az orvlövész elhelyezkedésének oldalszögét, illetve magasságát.

**Dániában** a felügyelet nélküli érzékelő rendszer útvonal és terület felderítésére szolgál. A telepített akusztikus és szeizmikus szenzorok megbecsülik a földi járművek mozgásparamétereit és lokalizálják a robbantási eseményeket.

**Franciaországban** különféle rendszereket fejlesztettek ki kiemelkedik ezek közül az orvlövész tevékenység detektáló rendszer. Válogatott szenzorok, melyek között megtalálható az akusztikus, infrás és lézeres, mely szenzorok által szolgáltatott információkat kombinálja és ez alapján az orvlövész tevékenységeket, helyét lokalizálja a rendszer. Felügyelet nélküli érzékelő rendszer járműdetektáló rendszer jelenleg is fejlesztés alatt van.

**Németországban** a felügyelet nélküli érzékelő rendszer elnevezése BSA, mely képes személyek illetve földi járművek detektálására, osztályozására és típus azonosítására. Akusztikus, szeizmikus, mágneses, infrás és piroelektromos érzékelők kombinálásával növelik a detektálás és az osztályozás valószínűségét.

**Hollandiában** különféle felügyelet nélküli érzékelő rendszert alkalmaznak különféle célokra beleértve személyek, illetve földi járművek detektálását nyílt terepen és határvédelemben. A személyérzékelő lépcsődetektor szeizmikus szenzorokra épül. Az ellenség mozgásfigyelő rendszer (Monitor of Enemy Movement – MEMO), mely képes a személyek illetve földi járművek detektálására. A MEMO rendszer hálózatba kötött, melynek elemei a kommunikációs csatornákon keresztül a megfigyelő állomásba elküldeni az adatokat.

Az **Egyesült-Királyságban** a felügyelet nélküli érzékelő rendszert HALOnak hívják, mely a tűzérzéki tűz detektálására szolgál. A különféle felügyelet nélküli érzékelő rendszerek egyetlen központi helyre küldik el a detektált információt, ahol a ellenséges tűzérzés helyének meghatározása folyik.

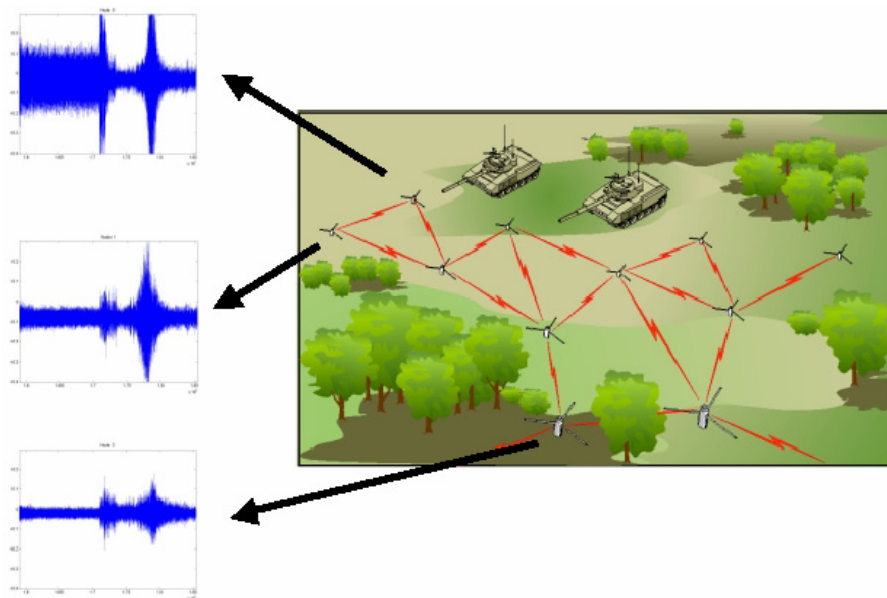
Az **Amerikai Egyesült Államokban** a felügyelet nélküli érzékelő rendszert (REMote Battlefield Acoustic and Seismic System - REMBASS) a 70-es évek elején fejlesztették ki. Ez a rendszer akusztikus, szeizmikus és mágneses szenzorokat alkalmaznak detektálásra és osztályozásra. Azóta elkészült a továbbfejlesztett REMBASS (IREMBASS) rendszer. Az IREMBASS rendszer tesztelése során a megnövekedett képességeket bizonyította. A 80-as évek végén a WAM (Wide Area Munition) rendszer került kifejlesztésre. A rendszer elemei között megtalálhatóak az akusztikus mikrofonok rendszere és a szeizmikus szenzor. A WAM rendszer detektálja, beméri a célt és muníciót telepít,

mikor a célobjektum a lehető legközelebb tartózkodik. A 90-es években az internetes felügyelet nélküli érzékelő rendszert (inter-netted unattended ground sensor IUGS) fejlesztették ki. Levegőből telepíthető, IUGS rendszer akusztikus, szeizmikus, mágneses, meteorológiai és infrás érzékelőkből áll. A továbbfejlesztett rendszer elnevezése a MIUGS (Micro IUGS) elnevezést kapta. A MIUGS az IUGS rendszer miniaturizált változata. Mindkét rendszer hálózatba kapcsolt földi és légi célok helymeghatározására, azonosítására képes.

Az Amerikai Egyesült Államokban fejlesztett REMBASS rendszeren keresztül megismerhetjük felügyelet nélküli érzékelő rendszerek képességeit. A következő fejezet a REMBASS rendszer bemutatásával foglalkozik.

## TECHNOLÓGIAI KIHÍVÁSOK A FÖLDI TELEPÍTÉSŰ FELÜGYELET NÉLKÜLI RENDSZEREKBEN

- Objektumok osztályozása, azonosítása;
- Alacsony jelkibocsátású (mágneses, szeizmikus, akusztikus jelek) objektumok követése (szenzorok elrendezésének, illetve távolságának meghatározása);
- Szenzor fúzió:
  - A különböző pontokon érzékelt objektumok megfeleltetése;
  - A több mérés pontosabb, mint az egy mérés elve;
  - A kommunikációs adatmennyiség csökkentése.



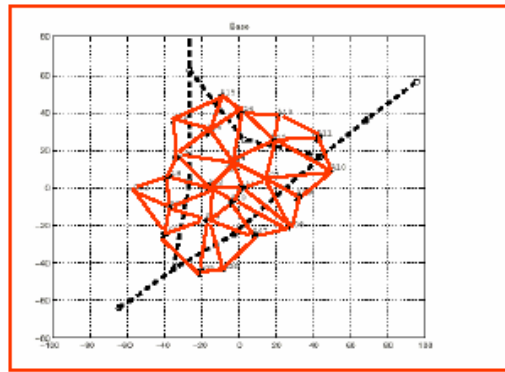
2. ábra cél objektum azonosítás

## OBJEKTUMOK OSZTÁLYOZÁSA, AZONOSÍTÁSA

A jelfeldolgozási probléma lényege jól látható 11. ábrán. A problémát a figyelt területen egyszerre jelenlevő több, esetleg különböző típusú, esetleg különböző irányvektorral rendelkező cél(ok) okozzák.

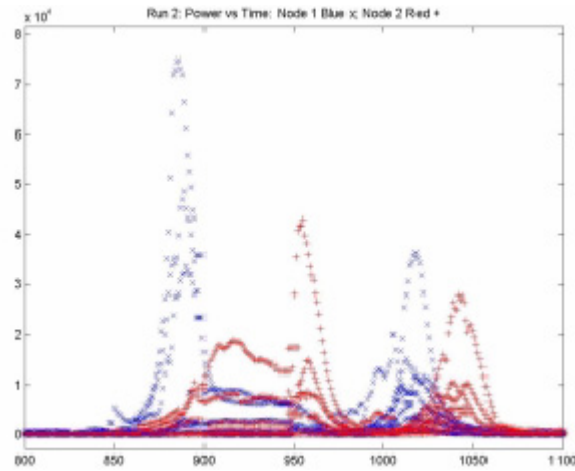
A probléma megoldására három algoritmus létezik a szerző tudomása szerint:

Úthálózat alapú számítás (cél azon az útszakaszon helyezkedik el, ahol a hozzá legközelebb eső szenzorok által határolt területen tartózkodik a célobjektum (több cél követésére is alkalmas ld. 3. ábra).



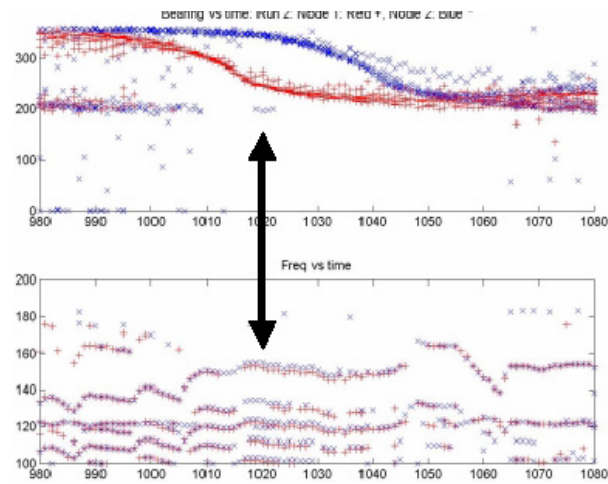
3. ábra úthálózat alapú helymeghatározás

A legközelebbi pont közelítés: a cél ahhoz a szenzorhoz van legközelebb, amelyik a legnagyobb jelet fogja (korlátozott számú célt tud követni ld. 4. ábra)



4. ábra legközelebbi pont közelítés

Doppler effektus alapján találja meg a keresett célt.



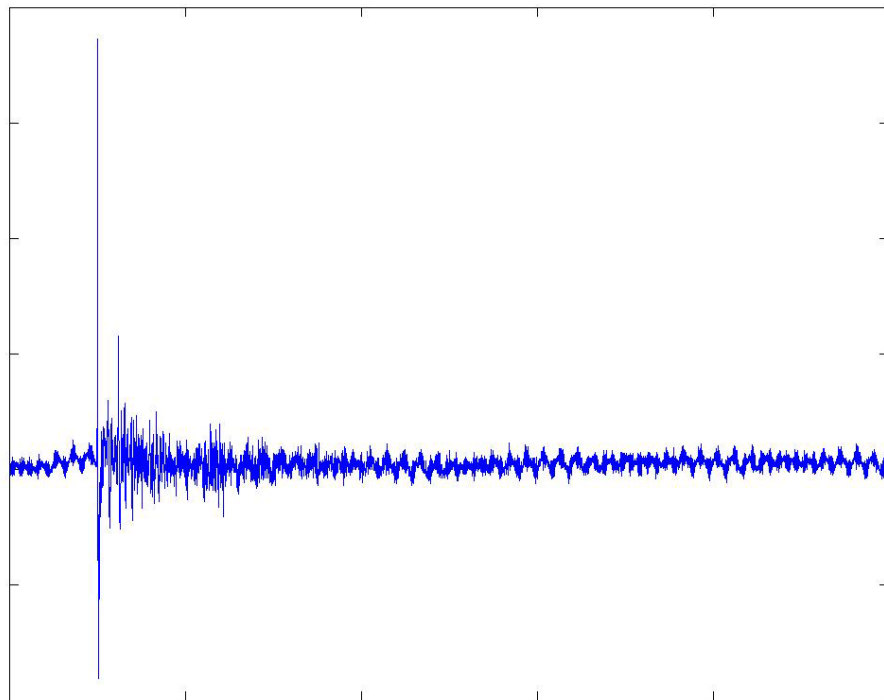
5. ábra a doppler számítás hatékonysága

## SZENZOR FÚZIÓ

A több, ugyanolyan szenzorok alkotta rendszerben a célok követése szenzor adatfúziót igényel. A különböző szenzorok adatainak fúziója csökkenti a hamis riasztások számát és növeli a megbízhatóságot, illetve az álcázott eszközök detektálását segíti elő.

### HAZAI KUTATÁS-FEJLESZTÉSI EREDMÉNYEK A TÉMATERÜLETEN

A következő részben bemutatott méréseket 2004-ben Táborfalván végeztük el. A mérési elrendezés a következő volt: egy 2,5 méter oldalhosszúságú négyzet csúcsaiban, illetve oldalfelezőin nyolc darab mikrofont helyeztünk el. A tüzelőállás az első mikrofontól kb. 20 méterre helyezkedett el. A mérések során a nyolc darab mikrofon jelét 25 kHz-es mintavételi frekvenciával mintavételeztük. A mérések során háromféle lőfegyvert használtunk fel.

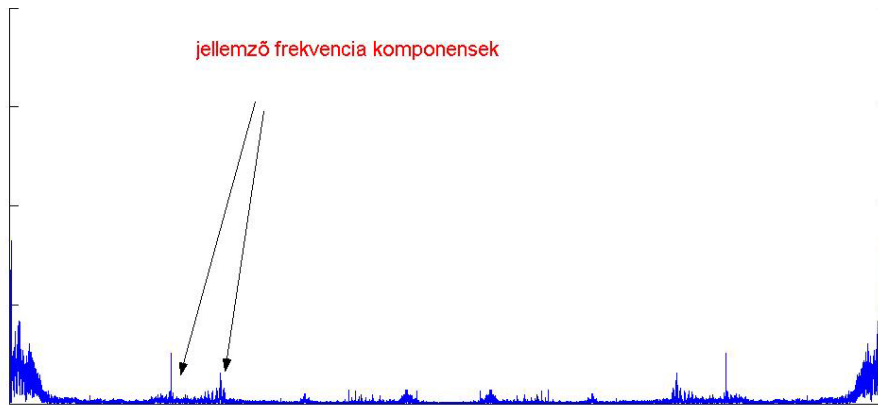


6. ábra a lövés idődiagramja

A 6. ábrán látható idődiagramon a parabellum kézi lőfegyver elsütésének zajának időbeli lefutása látható.

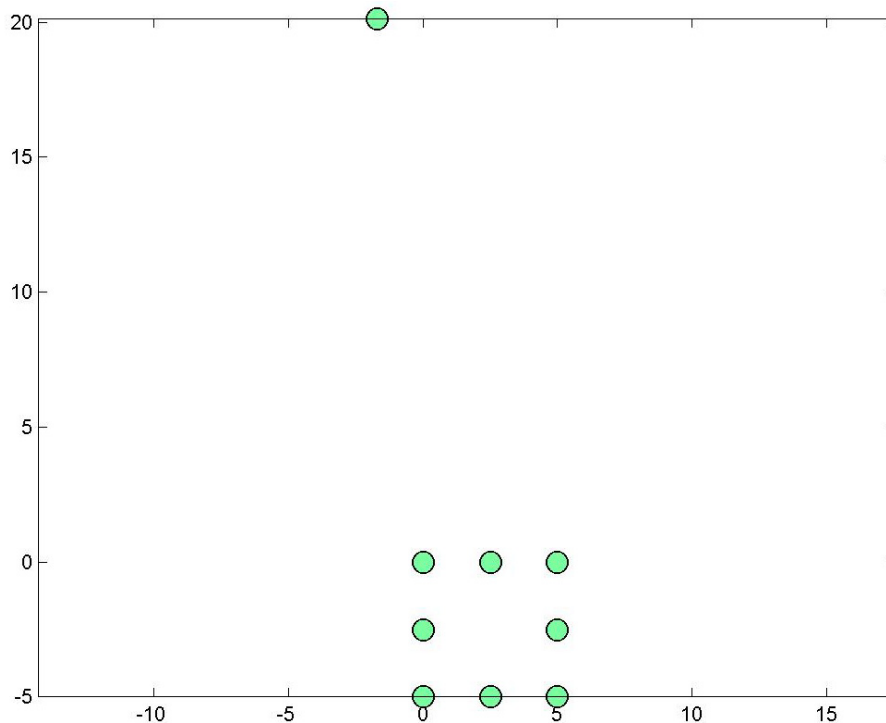
A mérési eredmények kiértékelése során arra a következtetésre jutottunk, hogy az azonos fegyverek által okozott „zaj” frekvencia diagramján azonos frekvencia helyeken jelennek meg tüskék, így állíthatjuk, hogy ezek jellemző frekvencia komponensei az adott eszköznek.

A frekvencia tartományban történő vizsgálatok során azt tapasztaltuk, hogy a különféle lőfegyverek által kiadott hang spektruma különböző, bár a különbségek pontos meghatározása még jelenleg is tart, ennek ellenére úgy tűnik, hogy az egyes lövések által okozott hang hatást egymástól jól el lehet különíteni.



7. ábra a lövés frekvenciatartománybeli vizsgálata

A 7. ábrán a jellemző frekvencia komponensek és a körülöttük található frekvencia értékek láthatóak a frekvencia görbén ezeket alaposan megvizsgálva kapjuk, hogy a különböző löfegyvereknél különböző értéket adnak.



8. ábra a lövés helyzetének meghatározása

A lövés helyzetének meghatározása a mért értékek alapján történt, a számítás eredménye a 8. ábrán látható. Mivel a méréseket azonos mérési elrendezés mellett folytattuk le, ezért a mérési pontosságot (az adott elrendezés mellett) meghatározhattuk, úgy találtuk, hogy ennek értéke  $\pm 2$  fok. A távolságmérésben az alkalmazott algoritmus nagyobb szórást mutatott, tekintettel arra, hogy nem csak egyfajta fegyverrel végeztük el a vizsgálatokat, a számítási pontatlanságot valószínűsíthetően ez okozta.

Az algoritmus jóságának eldöntéséhez további vizsgálatok szükségesek, melyek alapján deklarálható, a valós pontosság és a hiba szórás értéke.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A felügyelet nélküli érzékelő rendszerek forradalmi technológiákat tartalmaznak, és a nemzetközi figyelem középpontjában vannak jelenleg. Ezek a rendszerek biztosítják a harcoló alakulatok vezetőinek, és a törzsek számára a honi riasztás, illetve az előrejelzés képességét.

A jelenleg futó fejlesztések költséghatékony, robosztus, kisméretű rendszerek létrejövetelét sejtetik, melyeket könnyen és sokféleképpen lehet telepíteni. Ezek a rendszerek alkalmasak különféle hadműveletekben való részvételre, mint például célfelismerés, határvédelem, felderítés és oldal szárny védelem.

A végtelen lehetőségek, képességek és előnyök szükségessé teszik a különböző NATO rendszerek közötti kompatibilitás biztosítását. Jelenleg a különböző NATO országok különböző felügyelet nélküli érzékelő rendszert használnak földi és légi céldetektálásra.

A jelenleg használt felügyelet nélküli érzékelő rendszerek továbbfejlesztését a különböző technológiai területeken végbement áttörések, fejlesztések teszik lehetővé. A szenzorok, és az adatfeldolgozó rendszerek fejlődése utat nyit pontosabb rendszerek kifejlesztésére. A nemzetközi hadműveletek végrehajtásához azonban szükség van az egyes rendszerek összekapcsolására.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. MAKKAY Imre, Dr. VÁRHEGYI István: Az információs hadviselés alapjai Egyetemi jegyzet ZMNE 2001
- [2] HAIG-VÁRHEGYI: A vezetési hadviselés alapjai. Egyetemi jegyzet, ZMNE, 2000.
- [3] HAIG-MAKKAY-VÁNYA-VASS: Elektronikai hadviselés alapjai. Egyetemi jegyzet, ZMNE, 2000.
- [4] SZABÓNÉ Dr. SZALÁNCZI Erika: Térinformatika — egyetemi jegyzet. ZMNE, Budapest 2001.
- [5] CLIVE Edwards: Racal Defence Electronics –termék bemutató előadás
- [6] HAIG-MAKKAY-VÁNYA-VASS: Idegen hadseregek Elektronikai Rendszerei összefoglaló CD
- [7] Field Manuals: 34-1
- [8] FIELD MANUALS: FM34-10-1 REMBASS
- [9] <http://www.arl.army.mil/sedd/acoustics//UGS%20for%20NATO%20Land%20Panel%206.pdf>
- [10] <http://www.systems.textron.com/JIDR601.pdf>
- [11] [http://herbb.hanscom.af.mil/tbbs/R95/Exhibit\\_A.doc](http://herbb.hanscom.af.mil/tbbs/R95/Exhibit_A.doc)
- [12] <http://www.iews.na.baesystems.com/business/newsletter/11-18-02.pdf>
- [13] Nino SROUR: Unattended Ground Sensors