



AGENȚIA DE CERCETARE PENTRU
TEHNICĂ ȘI TEHNOLOGII MILITARE

SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC INCAMPURI DE TRAGERE (GUNDETECT)

Activitatea 2 - Realizarea, testarea instalatiei “Infrasound Array”. Elaborarea metodelor, soluțiilor și procedurilor pentru evenimentele infrasonice generate de arme în zonele beligerante.

Activitate 2.6 Studiu privind identificarea tehnicilor de observare care pot contribui la validarea rezultatelor proiectului

1. SCOPUL ACTIVITĂȚII

Prezentul raport științific și tehnic este realizat ca urmare a activităților desfășurate în cadrul proiectului experimental-demonstrativ „Sistem de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere” din PN III / Programul 2 – Creșterea competitivității economiei românești prin cercetare, dezvoltare și inovare / Subprogramul 2.1 – Competitivitate prin cercetare, dezvoltare și inovare (Nr. înregistrare UEFISCDI PN3-P2-850/16.11.2020).

Scopul activității este de a contribui la elaborarea rapoartelor de către coordonator –Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului (INCDFP) conform planului de realizare a proiectului, pentru etapa II – „Realizarea, testarea instalației „Infrasound Array”. Elaborarea metodelor, soluțiilor și procedurilor pentru evenimentele infrasonice generate de arme în zonele beligerante”.

Rezultatele estimative verificabile ale activității, pentru această etapă, sunt următoarele:

- Raport privind evaluarea tehnologiilor utilizate;
- Raport privind recomandarea utilizării optime a noilor tehnologii (senzori, sistem de achiziție, sistem de comunicații);
- Evaluarea optimizării rețelei pentru studiul evenimentelor infrasonice specifice;
- Seturi de date infrasonice, poster prezentare rezultate la conferința EGU2021 urmat de realizarea unui articol științific.
- Raport de cercetare privind elaborarea metodelor de discriminare și alertare a evenimentelor infrasonice.
- Elaborarea unui poster și un articol științific.

În mod particular, se are în vedere prezentarea rezultatelor obținute în cadrul activității 2.5.1 „Studiu privind identificarea tehnicilor de observare care pot contribui la validarea rezultatelor proiectului”, desfășurate de partener – Ministerul Apărării Naționale prin Agenția de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare (ACTTM).

1. INTRODUCERE

Realizarea instalației „Infrasound Array” implică dezvoltare experimentală ce necesită activități de testare și evaluare în vederea validării soluției, respectiv a rezultatelor obținute.

Cadrul legal de desfășurare a activităților procesului de testare și evaluare aplicat în Armata României este stabilit prin “I.1000.4, Instrucțiuni privind procesele de testare, evaluare și omologare a produselor” [1].

Acestea definesc politicile, furnizează reglementările generale și atribuie responsabilități și se aplică tuturor produselor supuse procesului de management al achizițiilor, inclusiv activităților desfășurate pe parcursul ciclului de viață al acestor produse.

Testarea produselor este un proces compus din activități secvențiale și include totalitatea activităților de modelare, simulare, încercări funcționale și fizice executate în vederea obținerii și verificării datelor cantitative și calitative, referitoare la parametrii configurațiilor funcționale și fizice, interfețelor fizice și funcționale ale unui produs.

Evaluarea este un proces cu caracter continuu, intensiv, științific și tehnic, care conține totalitatea activităților de estimare, examinare și analiză științifică, tehnică și, după caz, operațională, a datelor obținute în urma testării, pentru a stabili nivelul în care un produs îndeplinește cerințele de performanță tehnice și operaționale.

Metodele utilizate pentru testarea produsului:

- inspectare: verificare vizuală sau dimensională a obiectului; verificarea se bazează pe simțurile umane (văz, pipăit) sau care utilizează metode simple de măsurare și manipulare;
- analiză: verificare ce se bazează pe probe analitice obținute prin calcul, fără a se interveni pe un obiect; tehnicile folosite sunt modelarea, simularea, predicția;
- demonstrație: verificare a caracteristicilor observabile pe obiectul aflat în funcțiune, fără a face apel la măsurări fizice;
- testare: verificare a caracteristicilor măsurabile, accesibile direct sau indirect.

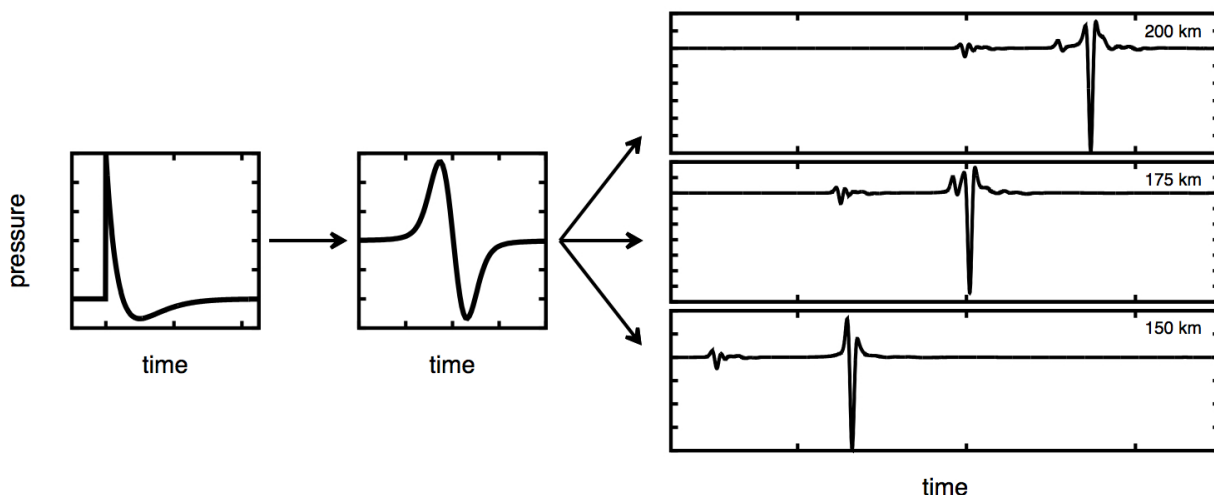
Pentru a atinge obiectivele acestei etape, într-o primă etapă se vor identifica referințe pentru spectrul acustic generat de tehnica militară (ex. deplasare, trageri), se vor defini parametrii care trebuie achiziționați și caracteristicile acestora. În a doua parte a lucrării se va redacta procedura de testare a sistemului de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere. Aceasta va include tehnicile de observare care pot contribui la validarea rezultatelor proiectului.

2. SPECTRUL ACUSTIC GENERAT DE TEHNICA MILITARĂ

Undele infrasonore sunt produse de o gamă largă de surse naturale și artificiale. Din prima categorie pot fi enumerate cutremurele, erupțiile vulcanice, avalanșele, tsunami, tornadele, fulgerele. Din a doua categorie fac parte, în primul rând, exploziile nucleare, a căror tehnologie de monitorizare prin infrasunete a fost aleasă în conformitate cu Sistemul Internațional de Monitorizare a experiențelor nucleare [2]. Extrapolând, la surse artificiale pot fi incluse și exploziile chimice accidentale, exploziile de carieră, lansarea sateliților și a navelor spațiale, decolarea avioanelor, barajele hidroelectrice și altele [3]. Pentru domeniul militar sunt importante infrasunetele generate de tehnica militară, pe de o parte la rulaș, pe de altă parte la trageri. Ele reprezintă o sursă de deconspirație, ce poate fi valorificată doar dacă se cunoaște bine spectrul acustic al fiecăreia, pentru a reuși să se facă o distincție clară dintr-o multitudine de surse posibile. Din acest motiv, trebuie achiziționate seturi de date pentru posibilele surse, caracterizate de frecvență (Hz), amplitudinea maximă observată (Pa) și distanța maximă estimată pentru

deteție (km). Totodată, odată identificat un eveniment, semnalul trebuie procesat pentru a evalua viteza de propagare și back azimutul.

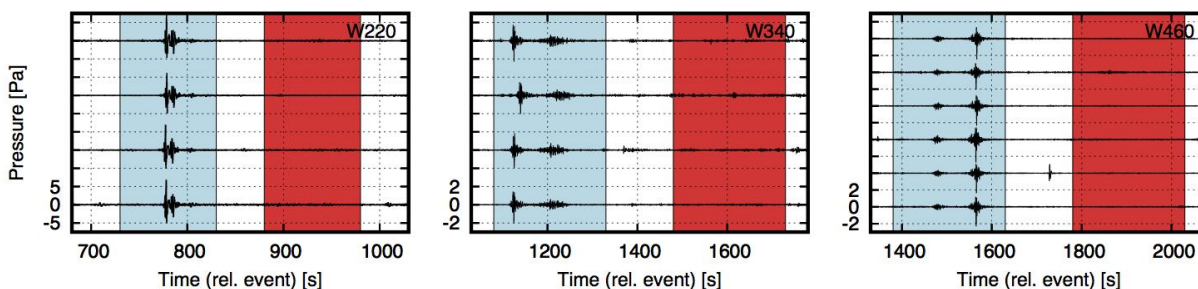
În faza de dezvoltare a unui sistem, este recomandat ca seturile de date să conțină spectrul semnalului, atât la sursa care îl generează, cât și la distanța estimată pentru identificare. În acest fel se poate evalua și modul de deformare, în timp și spațiu, a formei semnalului înregistrat. Un exemplu este prezentat în **Error! Reference source not found.**, unde forma inițială se transformă semnificativ la distanțe de peste 150 km [4].



Figură 1 Modificarea formei semnalului generat de infrasunete în concordanță cu distanța [4]

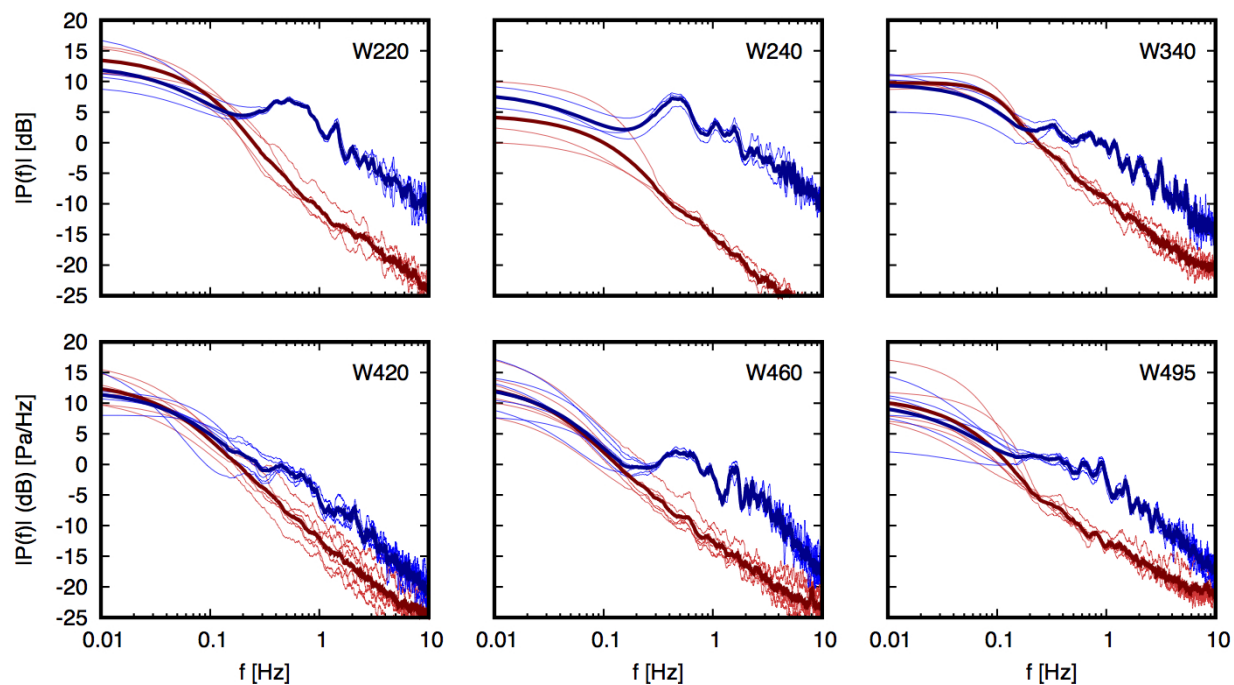
În acest caz, prin aplicarea metodei de inferență statistică bayesienă, se estimează forma semnalului generat de sursă, iar ulterior se calculează distanța până la sursă.

În cazul unei explozii controlate cu peste 9 tone TNT, pentru o rețea de microbarografe, cu răspuns în spectrul 0,0012 și 175 Hz, cu o frecvență de achiziție a datelor de 100 Hz, dispuse la distanțe între 220 și 500 km semnalele înregistrate sunt prezentate în Figură 2.

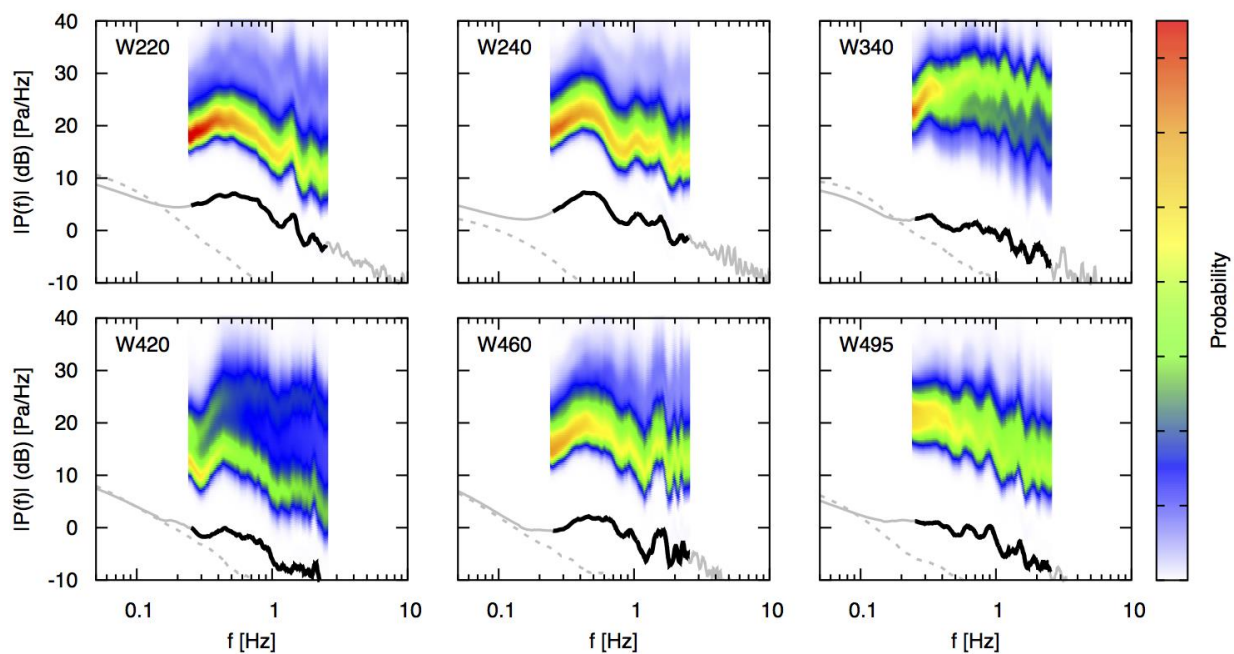


Figură 2 Semnal în zona albastră și zgomot în cea roșie, înregistrat la diferite distanțe [4]

Energia spectrală calculată pe baza datelor de la microbarografe este prezentată în Figură 3, în timp ce Figură 4 oferă o predicție la circa 2 km de sursa zgomotului.

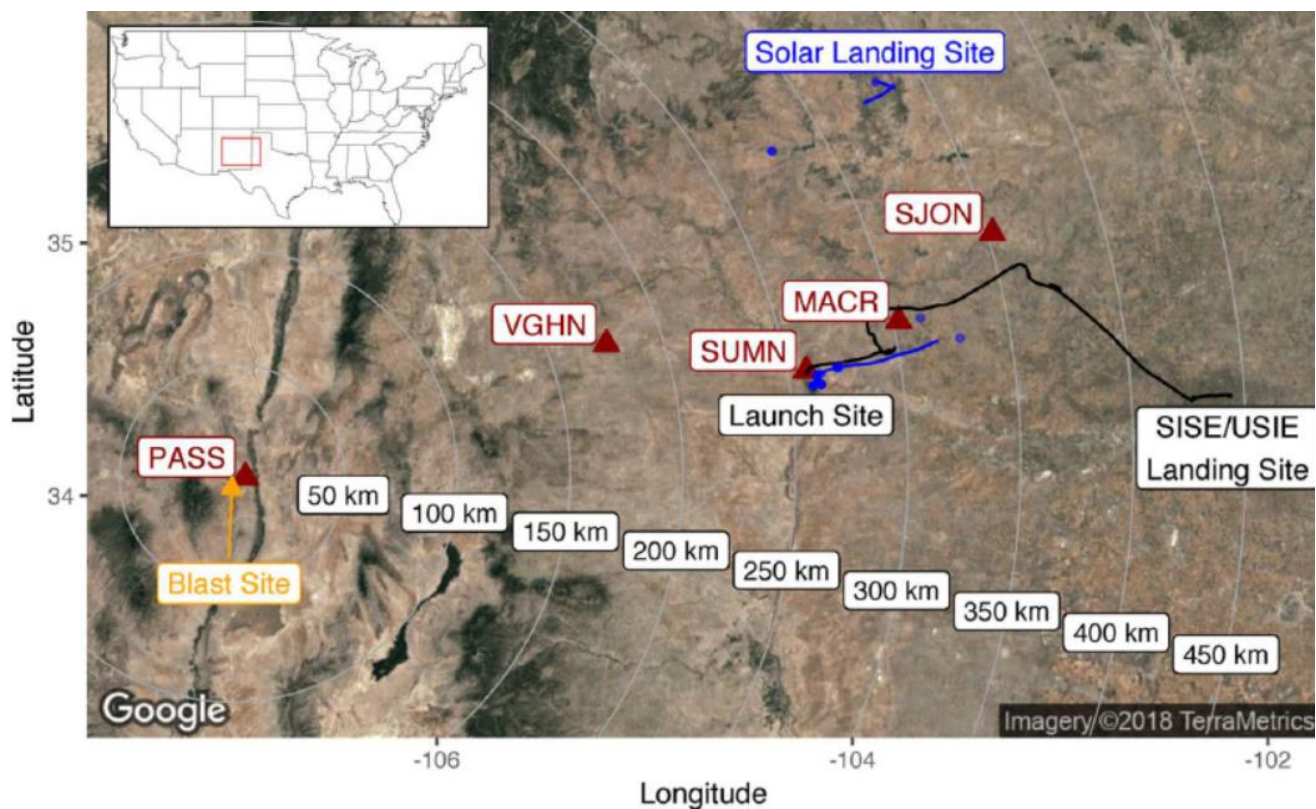


Figură 3 Energie spectrală înregistrată la diferite distanțe [4]

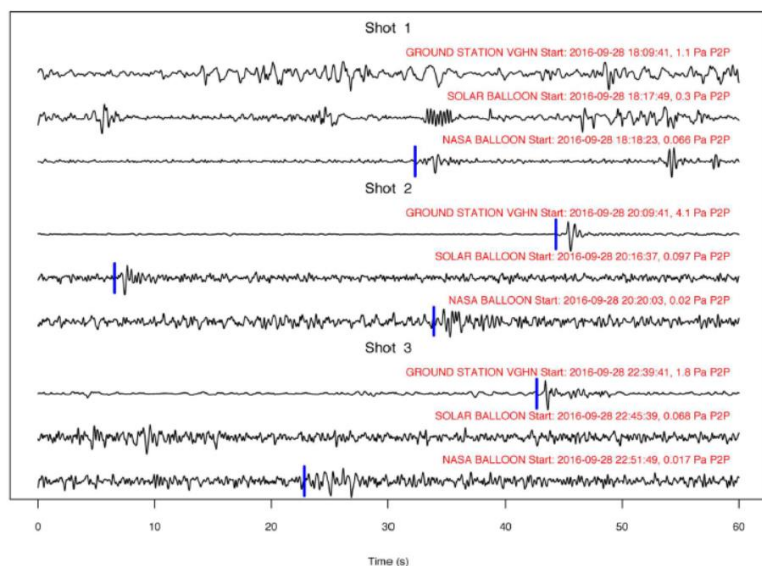


Figură 4 Energie spectrală estimată la 2 km de sursa generatoare [4]

În mod similar, în [5] se prezintă rezultatele obținute la o serie de puncte terestre, dar și aeriene (dispuse în baloane) – Figură 5 și Figură 6.



Figură 5 Dispunere senzori pentru înregistrarea semnalelor de la infrasunete [5]



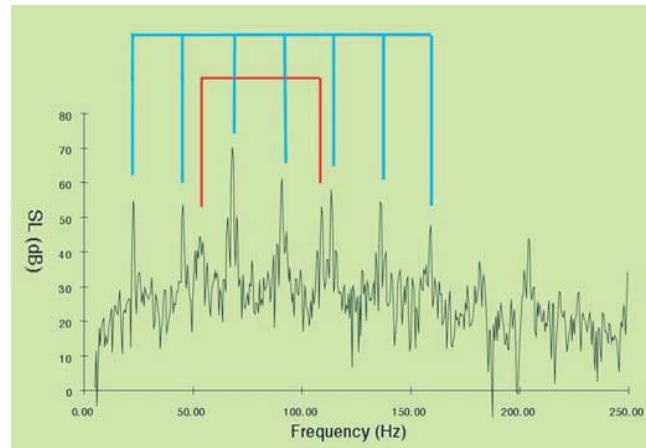
Figură 6 Date înregistrate la punctele de monitorizare [5]

Datele prezentate anterior sunt valabile pentru explozii locale, astfel de informații existând și în alte publicații [6].

Pentru tehnică militară, de interes este materialul publicat în [7], unde se face o distincție față de monitorizarea exploziilor nucleare. S-a constatat că există o zonă mai puțin explorată, cea care cuprinde

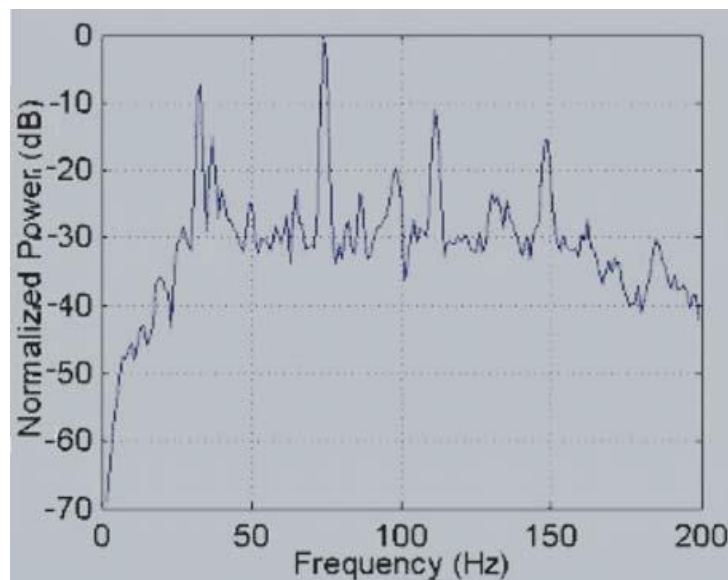
domeniul de frecvențe de peste 20 Hz (limita de la care infrasunetele pierd din calitate), până în 100 Hz (de la care rolul detectării este preluat de senzorii acustici). Totodată, se accentuează asupra faptului că Army Research Laboratory's Acoustic Automatic Target Recognition Laboratory din SUA deține o bază de date relevantă pentru acest domeniu, însă cu restricții privind accesul la ele. Câteva date au fost distribuite de dr S. Tenney de la Army Research Laboratory's și incluse în [7], urmând a fi prezentate ca referință și în acest studiu.

Pentru un autocamion de capacitate mare, spectrul de putere este redat în Figură 7. Domeniul acoperit este de la 25 la 250 Hz, cu o serie de elemente distincte – linia roșie reprezintă zgomotul de la roți, iar linia albastră reprezintă zgomotul de la arderile produse în cilindrii motorului.



Figură 7 Spectrul de putere acustic pentru un autocamion [7]

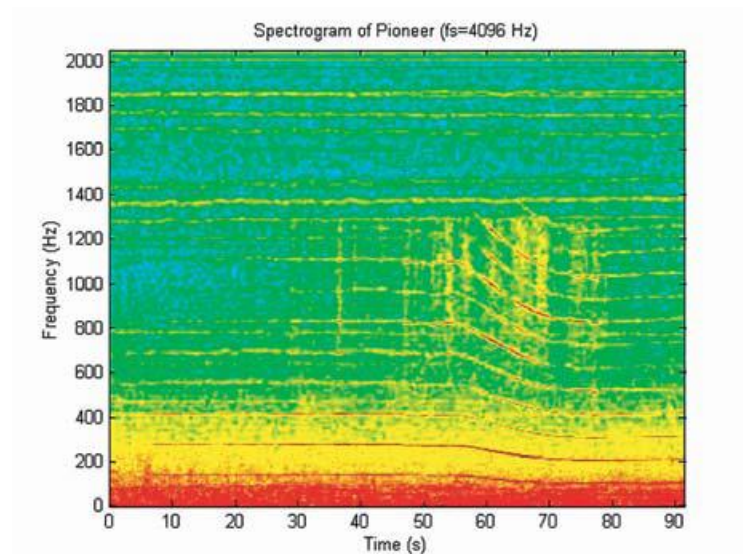
Pentru un tanc M60, spectrul de putere este redat în Figură 8. Domeniul acoperit este de la 25 la 200 Hz, cu o serie de elemente distincte – zgomotul de la șenile și zgomotul de la arderile produse în cilindrii motorului.



Figură 8 Spectrul de putere acustic pentru un tanc M60 [7]

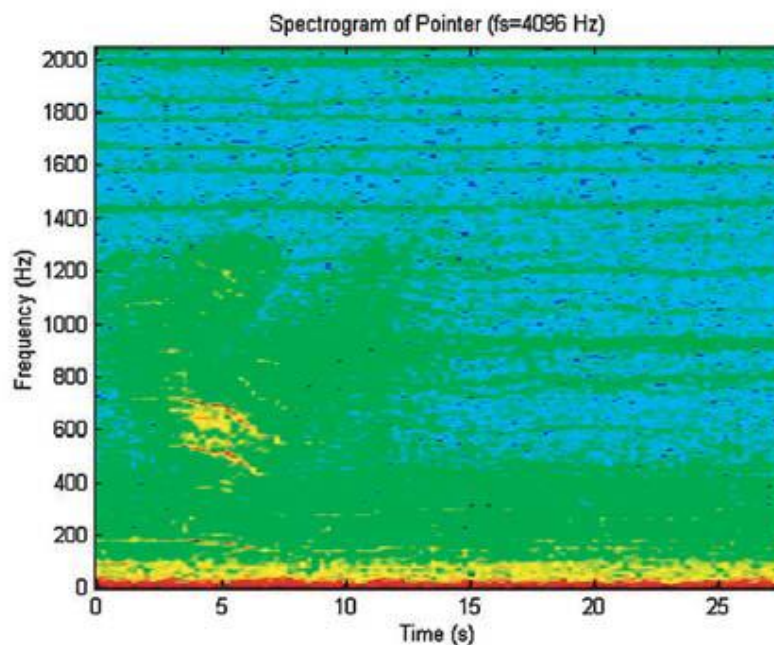
Tehnici de evaluare a acestor semnale sunt în curs de analiză pentru a determina inclusiv direcția și distanța parcursă de autovehicule.

Pentru un UAV (Unmanned Air Vehicles), cu motor termic, spectrul de putere este redat în Figură 9. Domeniul acoperit este de până la 400 Hz, iar limitele de detecție de până la 4 km.



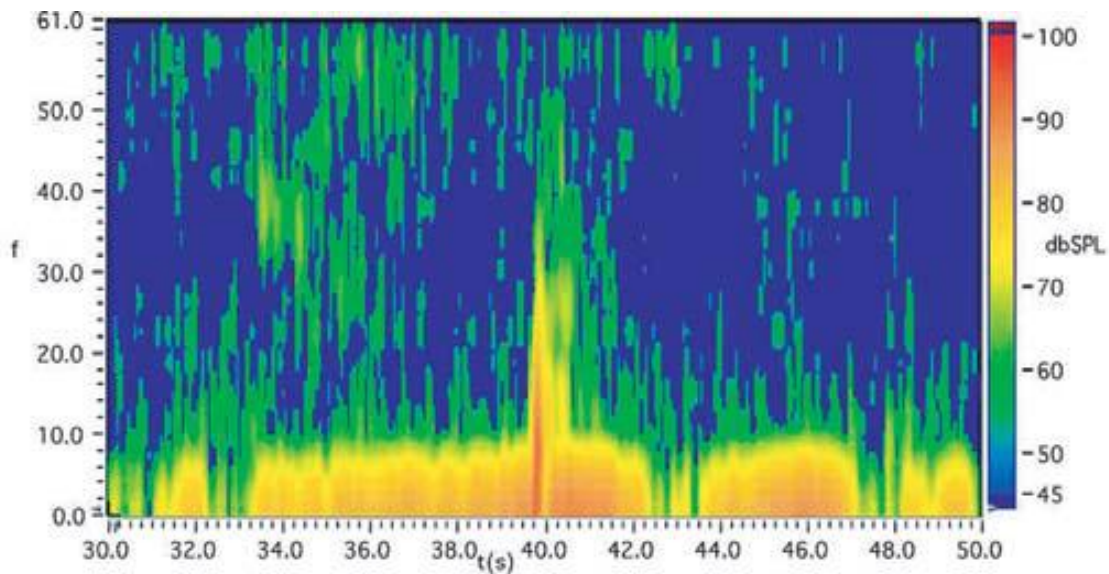
Figură 9 Spectrul de putere acustic pentru UAV cu motor termic [7]

Pentru un UAV (Unmanned Air Vehicles), cu motor electric, spectrul de putere este redat în Figură 10. Domeniul acoperit este de până la 100 Hz, iar limitele de detecție de până la 1 km.



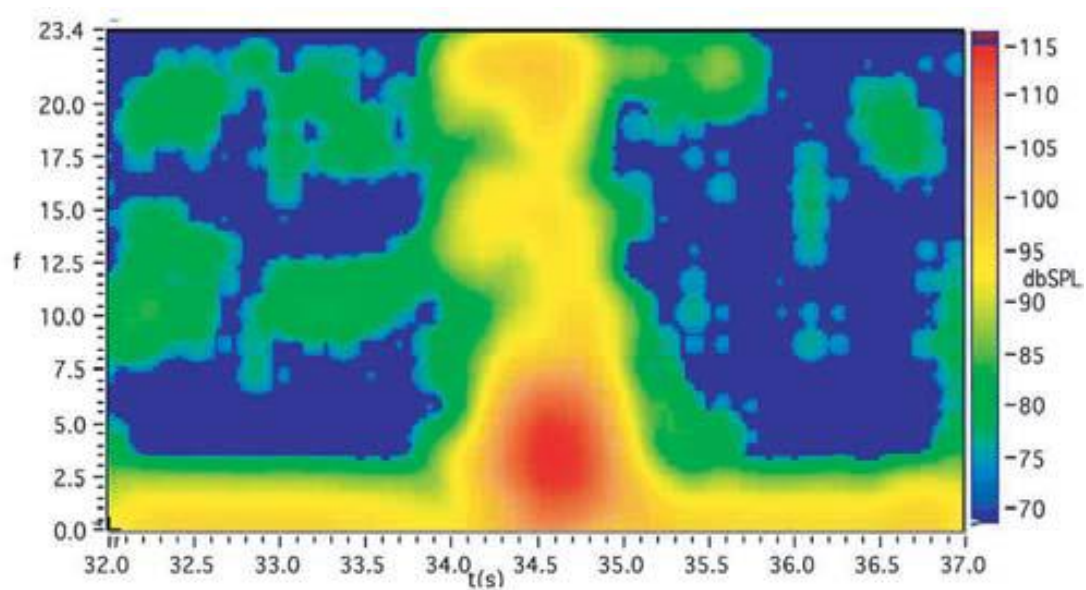
Figură 10 Spectrul de putere acustic pentru UAV cu motor electric [7]

Pentru artilerie, spectrul de putere este redat în Figură 11Figură 9Figură 8Figură 7. Domeniul acoperit este de până la 20 Hz, în cel caracteristic infrasunetelor. Datele prezentate sunt măsurate la o distanță de 8.6 km.



Figură 11 Spectrul de putere acustic pentru artilerie [7]

Pentru un sistem de lansare rachete (Multiple Launch Rocket System), spectrul de putere este redat în Figură 12Figură 9Figură 8Figură 7. Domeniul acoperit este de până la 20 Hz, în cel caracteristic infrasunetelor. Datele prezentate sunt măsurate la o distanță de 9 km.



Figură 12 Spectrul de putere acustic pentru un sistem de lansare rachete [7]

2. PROCEDURĂ DE TESTARE

Tehnicile de observare care pot contribui la validarea rezultatelor proiectului se transpun sub forma unei proceduri de testare a sistemului de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere.

Procedura de testare și problemele de management al testării pentru configurații sistemului GUNDETECT realizată până la momentul actual de către echipa de proiect este prezentată în programul de încercări PI-CCISA-002-2021.

În cadrul unei validări a soluției adoptate, datele înregistrate și prelucrate ar trebui să includă:

- data producerii evenimentului;
- timpul de origine (hh:mm:ss);
- timpul de sosire (hh:mm:ss);
- Lat ($^{\circ}$ N);
- Lon ($^{\circ}$ E);
- azimutul invers așteptat;
- azimutul invers observat;
- viteza sunetului (km/s);
- frecvența (Hz);
- existența surselor auxiliare de zgomot.

Condițiile meteorologice trebuie și ele înregistrate, astfel:

- temperatura;
- umiditatea;
- viteza vântului;
- direcția vântului.

Azimutul poate fi reprezentat și grafic, pentru o mai bună ilustrare a direcției de propagare. În același mod trebuie generată și spectrograma semnalului infrasonor.

CONCLUZII

În cadrul acestui studiu s-a evidențiat necesitatea executării de teste în vederea validării sistemului și determinarea amprentelor gurilor de foc în vederea identificării acestora.

Realizarea de detecții cu senzorii dispuși la diferite distanțe față de sursa de infrasunete este imperios necesară a fi efectuată pentru a observa modul de comportare a sistemului la distorsia generată infrasunetelor de deplasarea acestora în timp și spațiu de la sursă la detector.

De asemenea, în cadrul sistemului trebuie implementate o serie de mecanisme de rejecție a zgomotelor produse vehiculele proprii blindate, sau gurile proprii de foc.

Validarea sistemului poate fi realizată doar prin înregistrarea tragerilor cu guri de foc reale de diferite calibre.

BIBLIOGRAFIE

1. I.1000.4 Instrucțiuni privind procesele de testare, evaluare și omologare a produselor, Ministerul Apărării Naționale, Departamentul pentru Armamente, București, 2006.
2. Decizia (PESC) 2018/298 a Consiliului din 26 februarie 2018 privind susținerea de către Uniune a activităților Comisiei Pregătitoare a Organizației Tratatului de Interzicere Totală a Experiențelor Nucleare (CTBTO) în vederea consolidării capacităților acesteia de monitorizare

și verificare și în cadrul punerii în aplicare a Strategiei UE împotriva proliferării armelor de distrugere în masă.

3. Iulian Stancu, Identificarea surselor naturale de infrasunete cu ajutorul rețelei seismo-acustică de la Ploștina.
4. Philip Stephen Blom, Fransiska Kate Dannemann, Omar Eduardo Marcillo, Bayesian characterization of explosive sources using infrasonic signals, *Geophysical Journal International*, 2019, DOI 0.1093/gji/ggy258.
5. E. F. Young, D. C. Bowman, J. M. Lees, V. Klein, S. J. Arrowsmith, and C. Ballard, Explosion-generated infrasound recorded on ground and airborne microbarometers at regional distances, Sandia National Laboratories, U.S. Department of Energy's National Nuclear Security Administration under contract DE-NA0003525.
6. Steven J. Gibbons, Report on remote infrasonic location accuracy for Ground Truth Events, ARISE2 D5.6. Remote Infrasonic Event Location for Ground Truth Events, Grant Agreement N° 653980, 2017.
7. Christopher Stubbs, et al., Tactical infrasound, JSR-03-520, The MITRE Corporation, National Ground Intelligence Center, United States Army Intelligence and Security Command, Department of the Army, Virginia, 2005