

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

**Echipament ce permite receptionarea alertelor la cutremure si
generarea de notificari "on-site"** (acronim SEER)

Contract: 81PED/2017

Cuprins

1	TITLU PROIECT	3
2	OBIECTIVE GENERALE/SPECIFICE PROIECT	3
3	NR. ETAPA / DENUMIRE ETAPA	3
4	OBIECTIVE ETAPA	3
5	REZULTATE PLANIFICATE ETAPA	4
6	RST - RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC IN EXTENSO	5
6.1	REZUMATUL ETAPEI	5
6.2	DESCRIEREA STIINTIFICA SI TEHNICA	6
6.2.1	<i>Activitatea 1.1: Documentare asupra specificatiilor hardware ale echipamentului</i>	6
6.2.2	<i>Activitatea 1.2: Proiectarea unui receptor care sa permita realizarea unor actiuni specifice dupa primirea unei notificari de alerta de la EEWS</i>	11
6.2.3	<i>Activitatea 1.3: Optimizarea algoritmului de detectie si de estimare a magnitudinii cutremurelor folosind doar echipamentul hardware care va inregistra si procesa continuu date de acceleratie</i>	133
6.2.4	<i>Activitatea 1.4: Realizarea unui echipament hardware ce primeste alerta la cutremure puternice si este capabil sa intreprinda automat actiuni specifice in cazul in care detecteaza un cutremur</i>	165
6.2.5	<i>Activitatea 1.5: Evaluarea performantelor echipamentului hardware utilizând date cu cutremure înregistrate</i>	165
6.2.6	<i>Activitatea 1.6: Evaluarea performantelor echipamentului hardware in timp real (partea I)</i>	167
7	DISEMINARE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.9
8	CONCLUZII	21

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

1 Titlu proiect

Echipament ce permite receptionarea alertelor la cutremure si generarea de notificari "on-site" (acronim SEER)

2 Obiective generale/specifice proiect

Obiectivul general al proiectului **Echipament ce permite receptionarea alertelor la cutremure si generarea de notificari "on-site"** (acronim SEER) este de a crea un instrument cu cost redus, robust si versatil pentru utilizatorii sistemului de alarmare la cutremure, cu implicare directa in societate, managementul infrastructurilor critice si păstrarea calității vieții in timpul acestor fenomene. Acest scop va fi îndeplinit prin intermediul a doua obiective specifice:

(A): îmbunătățirea performanțelor sistemului de alarmare la cutremure (EEWS)

(B): testarea performanței capacității echipamentului utilizând date istorice si înregistrări in timp real.

Rezultatul principal al proiectului este reprezentat de un echipament hardware capabil sa recepționeze alerte de la sistemul de alarmare din cadrul INCDFP si de asemenea sa genereze alerte utilizând abordarea "on-site". Acest echipament hardware va fi de tip modular si va fi ușor de adaptat la nevoile viitoare ale posibililor clienților.

3 Nr. etapa / Denumire etapa

Etapa 1 / Stabilirea cerintelor si proiectare hardware. Realizarea receptorului de alerte seismice si testarea acestuia (partea I)

4 Obiective etapa

Obiectivul principal: Stabilirea caracteristicilor hardware si crearea unui instrument cu cost redus, robust si versatil pentru utilizatorii sistemului de alarmare la cutremure

Obiective specifice

(A): îmbunătățirea performanțelor sistemului de alarmare la cutremure (EEWS)

(B): testarea performantei capabilității echipamentului utilizând date istorice si înregistrări in timp real.

5 Rezultate planificate etapa

- a. Report despre cerintele echipamentului si descrierea hardware a acestuia
- b. Prototipul echipamentului de alarmare EEWS realizat
- c. 1 conferinta, 1 lucrare submisa

6 RST - raport stiintific si tehnic in extenso

6.1 Rezumatul etapei

Un sistem de avertizare rapida la cutremure (Early Warning System-EWS) reprezintă un sistem ce permite detectarea unui cutremur in timp real si emiterea de notificări rapide intr-o locatie predefinita, înainte ca mișcarea distructiva sa fie simțita in locația de alertat.

Sistemele de alarmare regionale folosesc date in timp real de la o rețea de senzori seismici situați intr-o zona seismica, iar alerta se trimite in afara zonei monitorizate, prin aceasta obtinandu-se un timp de alarmare suficient pentru a întreprinde masuri automate. Sistemele „*on-site*” folosesc înregistrări de la un sigur senzor pentru estimarea rapida a tăriei cutremurelor in zonele seismice unde abordarea regionala nu ar permite emiterea unei alerte in timp util.

Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pământului operează un sistem de alertare la cutremure (Early Warning System-EWS) Vrâncene semnificative. Dezvoltarea acestuia a început in anul 2002 si folosește pentru estimarea rapida a magnitudinii cutremurelor o rețea de peste 35 de stații localizate in zona epicentrala. In ultimii ani, s-a reușit îmbunătățirea performantelor sistemului de alarmare: astfel notificările conțin si informații despre localizarea cutremurelor. Astfel, capacitatea sistemului de a localiza rapid cutremurele a permis o mai buna estimare a magnitudinii. Sistemul si-a dovedit eficacitatea, pana in acest moment (decembrie 2017) sistemul a trimis 31 alerte pentru cutremure cu magnitudinea $M_l > 4.0$ către Inspectoratele pentru Situații de Urgenta de pe teritoriul României, către autoritățile responsabile de intervenții in caz de urgenta din județele limitrofe fluviului Dunărea din Bulgaria si către autoritățile din Romania responsabile cu intervenția rapida in caz de cutremur. De asemenea, sistemul poate trimite si catre public gratuit alerta la cutremur (ews.infp.ro , resyr.infp.ro cat si alerta.infp.ro).

In acest moment, sistemul de alarmare la cutremure din Romania este un sistem regional de alarmare, care permite un „lead time” (timp efectiv de alertare- diferența de timp intre momentul in care s-a emis alerta si momentul când undele periculoase ajuns in București) de peste 25 secunde pentru cutremurele intermediare din Vrancea. Timpul efectiv de alertare pentru București poate ajunge si la 32 de secunde in funcție de adâncimea cutremurelor intermediare Vrâncene. Pentru ca sistemul de avertizare sa genereze o

localizare si o magnitudine este necesara detectia a minim 6 unde P la 6 statii diferite din cele utilizate. Pentru calculul magnitudinii se foloseste o fereastră de 4 secunde de date de la detectia undei P. Acest fapt generează o întârziere, care face ca alerta sa fie emisa mai târziu, chiar după ce cutremurul are efecte devastatoare într-o arie din zona epicentrala (aşa numita „**zona oarba**” de alertare). Prin realizarea unui sistem de alertare „on site” se creste performanta sistemului de alertare, mai ales pentru cutremurele crustele de pe teritoriul României.

In cadrul proiectului s-a reusit dezvoltarea unui echipament hardware capabil sa poata detecta singur („on-site”) cutremurele semnificative cat si sa primeasca alerte „**regionale**” de la sistemul de alarmare operational in cadrul Institutului National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pamantului.

6.2 Descrierea stiintifica si tehnica

6.2.1 Activitatea 1.1: Documentare asupra specificatiilor hardware ale echipamentului

La definirea specificatiilor hardware (Figura 1) ale echipamentului urmatoarele criterii au fost necesare a fi luate in considerare:

- a) Posibilitatea de configurare si existenta suportului pentru comunicatie WIFI si LAN. Prin intermediul acestora, echipamentul trimite alerta si/sau primeste notificari si alerte de la sistemul de alarmare existent.
- b) Existenta unui processor destul de puternic care sa permita achizitia in timp real de la convertorul AD (Analog Digital) si compresia datelor in timp real in format miniseed (format utilizat in comunitatea seismologica pentru arhivare si transmisie in timp real) cat si transmiterea in timp real a acestora la Centrul de Date din Bucuresti.
- c) Posibilitatea de conectare a mai multor module hardware pentru utilizari ulterioare si noi functionalitati.
- d) Interfata prin care se conecteaza placa de conversie analog digital, impreuna cu acesta sa permita esantionarea datelor analogice la intervale de timp egale (“equally sampled data”), deoarece in seismologia in timp real datele sunt esantionate in acest mod, in vederea analizarii corecte in domeniul spectral a valorilor inregistrate

- e) Posibilitatea controlarii de catre acest echipament a unor relee care sa intreprinda masuri specifice in cazul detectarii unui cutremur sau a primirii unei alerte de cutremur.
- f) Necesitatea utilizarii unui sistem de operare bazat pe Linux, in vederea rularii softwareului de achizitie numit SeisComp.

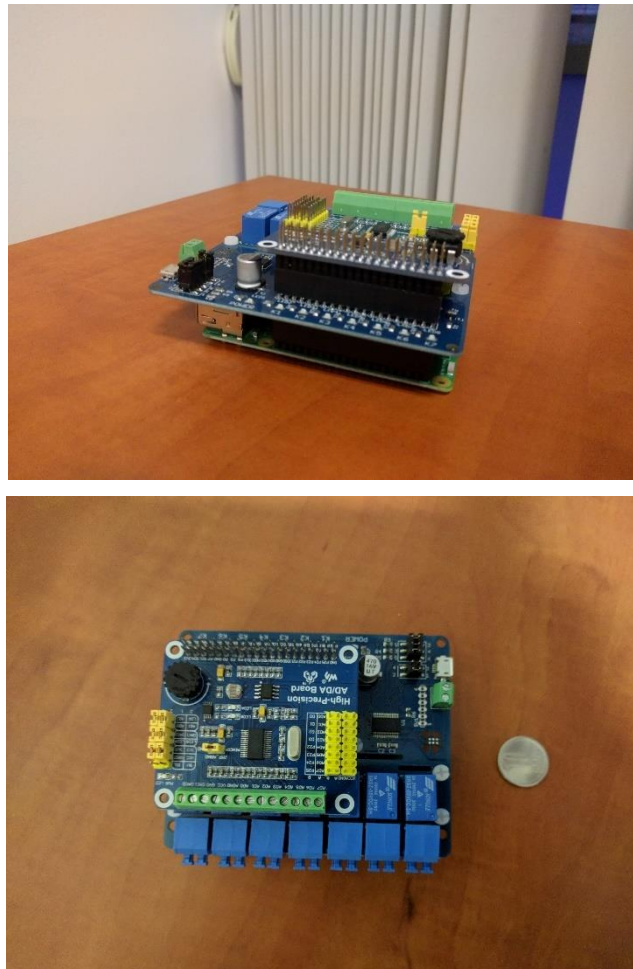


Figura 1. Sistemul de achizitie realizat in cadrul proiectului ce permite conectarea de senzori de acceleratie si viteza, prelucrarea in timp real a datelor si transmiterea de alerte „on-site” si „regionale”

I) Caracteristici hardware ale placii de baza utilizate:

- Quad Core CPU
- 1GB RAM
- Procesor Broadcom BCM2837 64bit CPU 1.2GHz
- 40 PINI GPIO (General-Purpose Input / Output)
- 4 Porturi USB
- Iesire audio
- Port HDMI – iesire video

- Placa de retea 10/100 Mbs
- Conector Micro SD
- BCM43143 WiFi si Bluetooth Low Energy (BLE) pe placa

Pe lângă resursele de calcul specifice unui sistem de calcul de uz general (microprocesor, memorie, interfața Ethernet și WiFi, porturi USB) placa de baza dispune și de un conector de 40 de pini ce expune o serie de pini digitali de intrare / ieșire (General-Purpose Input / Output). Diagrama conectorului și semnificația pinilor este prezentată în diagrama următoare (Figura 2).

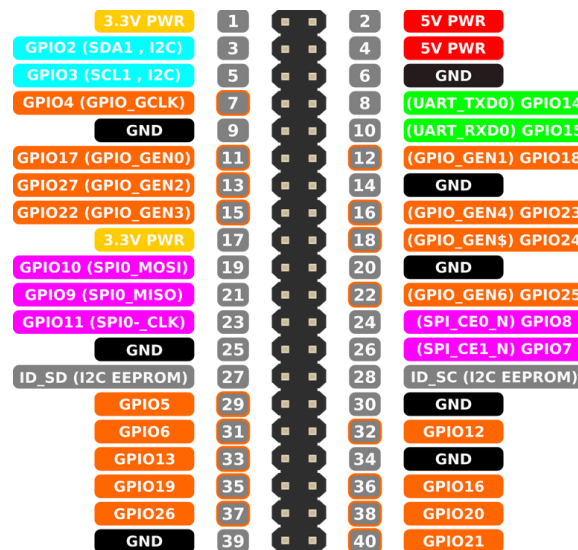


Figura 2. Pinii de pe placa de baza ce permit adaugarea de echipamente suplimentare

Din cei 40 de pini avem:

- 2 pini de alimentare 3.3V – pinii 1 și 17,
- 2 pini de alimentare 5V – pinii 2 și 4,
- 8 pini de GND (masă) – pinii 6, 9, 14, 20, 25, 30, 34 și 39,
- 2 pini rezervați pentru identificarea plăcilor de extensie de tipul Pi HATS – pinii 27 și 28
- 24 de pini GPIO, unii dintre ei cu funcționalitate dublă:
- Pinii 3 și 5 (GPIO2 – SDA și GPIO3 – SCL) sunt și magistrală I2C;
- Pinii 8 și 10 (GPIO14 – UART_TX și GPIO15 – UART_RX) sunt și linii de comunicație serială UART;
- Pinii 19, 21, 23, 24 și 26 (GPIO10 – SPI0_MOSI, GPIO9 – SPI0_MISO, GPIO11 – SPI0_CLK, GPIO8 – SPI_CE0 și GPIO7 – SPI_CE1) – pini magistrală 0 SPI cu două semnale de chip select;

II) **Caracteristici hardware ale placii AD (convertor A/D), model ADS1256 (<http://www.ti.com/product/ADS1256>) (Figura 3) :**

	ADS1256
Rezolutie (Bits)	24
Rata esantionare (max) (SPS)	30000
Intrari	8
Tip de intrare	Diferential /Single-Ended
Putere consumata (Typ) (mW)	36
Interfata	SPI
Alte functionalitati	50/60 Hz Rejection
	GPIO
	PGA
Arhitectura AD	Delta-Sigma
Temperatura de functionare(C)	-40 to 85

Figura 3. Specificatii placa de conversie semnal analogic de la senzori in format digital (convertor A/D)

In urma numeroaselor teste realizate in cadrul acestei etape, prin care s-au testat cateva modele de convertoare analog-digitale si s-a evaluat raspunsul in frecventa si amplitudine al acestora (folosind la intrare un generator de semnal), s-a ales modelul ADS1256, care indeplineste criteriile necesare pentru a fi folosit in domeniul seismologiei in timp real („equally sampled data” si raspuns in frecventa si amplitudine corecte).

III) Caracteristici hardware ale placii cu rele (Figura 4):

- ✓ 7 rele
- ✓ Curenti de pana la 3 A
- ✓ Blocuri terminale fara suruburi
- ✓ Se pot inlantui 8 placi una dupa cealalta
- ✓ Placa se alimenteaza la + 5V

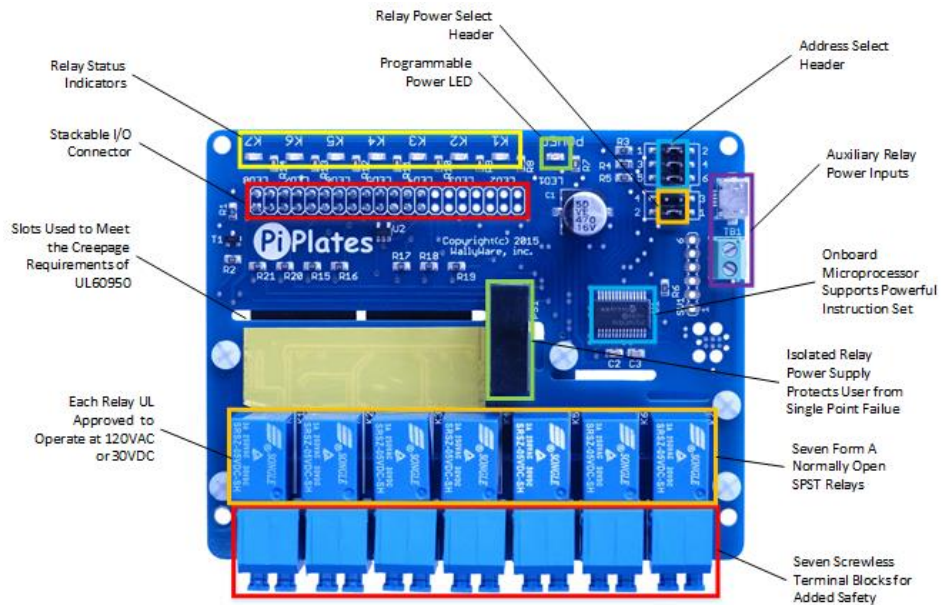


Figura 4. Placa ce permite comanda diferitelor echipamente in cazul emiterii unei alerte

IV) Caracteristicile senzorului de acceleratie (Figura 5):

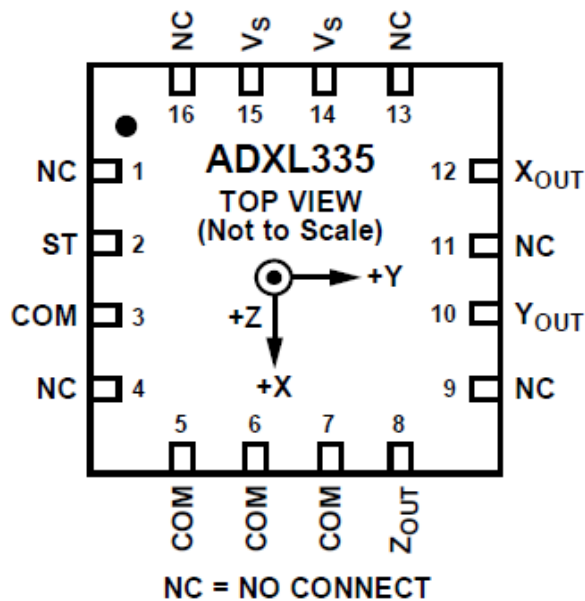


Figura 5. Senzorul de acceleratie utilizat pentru inregistrarea datelor seismice

ADXL335 este un accelerometru pe 3 axe cu un nivel de zgomot foarte scazut si un consum de putere scazut (doar 320 uA). Scala este de $\pm 3g$. Pe placa nu se afla niciun regulator de tensiune asa ca acesta este alimentat cu o tensiune intre 1.8V si 3.6V.

V) **Caracteristicile senzorului de viteza (Figura 6)**

Pentru a detecta si semnalele mici inregistrate s-a integrat in echipament si un senzor de viteza (1 componenta verticala). Acesta este necesar in cazul cutremurelor cu magnitudine mica, care se „vad” pe canalul de acceleratie incepand cu unda „S”. Daca am utiliza doar senzorul de acceleratie, in cazul cutremurelor de magnitudine mica, este posibila detectarea eronata a undei S in locul undei P.



Figura 6. Senzorul de viteza utilizat (de tip geofon). Sensitivitate 28.8 V/m/s

6.2.2 Activitatea 1.2 Proiectarea unui receptor care sa permita realizarea unor actiuni specifice dupa primirea unei notificari de alerta de la EEWS

In cadrul acestei activitati s-a dezvoltat un pachet software si hardware care permite receptionarea de alerte de la sistemul de alarmare la cutremure cat si blocarea unui releu/unor relee ce corespunde/corespund cu magnitudinea cutremurului. Sistemul de alarmare existent in cadrul INCDFP comunica cu terminalul dezvoltat in cadrul acesui proiect prin intermediul unor pachete UDP (User Datagram Protocol). Sistemul de alarmare trimite din minut in minut un pachet ce contine sirul de caractere “**HEARTBEAT**”, prin care anunta ca este functional, iar in cazul unui cutremur pachete care contin textul “**ALARM**” (Figura 7), urmat de informatii despre acesta.

```

2013-10-06 01:36:00.06: HEARTBEAT
2013-10-06 01:37:00.06: HEARTBEAT
2013-10-06 01:37:43.48: ALARM DEST:T_BUC QID:0 SEQ:0 PGA:6.09908
PGAer:4.03598 PGV:0.400626 PGVer:0.280601 SECS:27.08 M:5.8 Mmin:5.4
Mmax:6.3 SumPd:0.000740609 SumLgPd:-6.86354 SumTc:2.42574
SumLgTc:0.16699 STA:2 Rep:147.591 LON:26.4241 Xer:30.2 LAT:45.7414 Yer:32.6
DEP:145.813 Zer:28.2 Ot0:2013-10-06 01:37:17.52
2013-10-06 01:38:00.06: HEARTBEAT
2013-10-06 01:39:00.06: HEARTBEAT

```

Figura 7. Modul de comunicare intre sistemul de alarmare regional operational si echipamentul dezvoltat in cadrul proiectului

Pachetele de tip "ALERTA" contin in interiorul lor "string-uri" ce descriu magnitudinea calculata (M), cat si localizarea automata realizata de sistemul de alarmare (LAT, LON si DEP). In afara de aceste variabile text, sunt prezente si informatii referitoare la timpul la origine al cutremurului detectat, parametrii localizarii, cat si elipsa erorilor si parametrii geofizici calculati automat, pentru cercetari viitoare, in vederea imbunatatirii performantelor sistemului.

In cadrul proiectului s-a dezvoltat o aplicatie care primeste mesaje de la serverul de alarmare. Aceasta aplicatie creeaza un server UDP la portul 10001 al echipamentului unde "asculta" si primeste pachetele de tip "HEARTBEAT" si "ALERTA". In cazul in care aplicatia primeste un pachet de tip ALERTA, va inchide releul corespunzator valorii de magnitudine, cat si pe cele inferioare. De exemplu, daca sistemul de alarmare „regional” trimite o alerta de cutremur cu magnitudinea $M_w = 6$, atunci se vor inchide relele 1,2,3,4,5,6. Aceasta functionalitate este necesara pentru potentialii utilizatori care vor putea alege pragul minim de la care vor sa fie alarmati.

Aplicatia este dezvoltata astfel incat, in momentul instalarii, sa nu se efectueaza configuratii de ambele parti ale sistemului (centrul de mesagerie de la INCDFP sau in cadrul echipamentului), echipamentul inrolandu-se automat in centrul de mesagerie care transmite alerta la cutremure. Bineinteles, comunicatia intre echipament si centrul de mesagerie este securizata, in vederea evitarii atacurilor cibernetice. Avand in vedere ca numarul utilizatorilor sistemului de alarmare este in crestere, prin implementarea acestei functionalitati se va putea

reduce numarul de ore necesare configurarii echipamentelor si va reduce cheltuielile potentialilor utilizatori prin utilizarea unor IP-uri dinamice, mult mai ieftine decat cele statice.

6.2.3 Activitatea 1.3 Optimizarea algoritmului de detectie si de estimare a magnitudinii cutremurelor folosind doar echipamentul hardware care va inregistra si procesa continuu date de acceleratie

Rețeaua Seismica Națională, operata de Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pamantului (INCDFP) generează cantitati mari de date care nu pot fi analizate in totalitate folosind metodologii manuale. Proceduri automate pentru detectarea si prelucrarea evenimentelor seismice din cadrul seturilor de date foarte mari sunt necesare pentru o evaluare omogena a rezultatelor cat si pentru a asigura o optimizare a răspunsului in timp real. Unul dintre primele componente din cadrul etapelor analizelor automate este reprezentat de identificarea fazelor seismice din cadrul formelor de unda, proces numit „asocierea primelor sosiri”. Pentru realizarea acestei asocieri, de-a lungul timpului o multitudine de metode au fost dezvoltate. Acestea, in general sunt folosite la asocierea undei primare P. Metodele ce permit asocierea fazelor ulterioare au fost mai putin studiate si nu au aceleași performante. Pentru cerințele unui sistem de alertare la cutremure este de interes obținerea de informații despre parametrii sursei seismice cat mai repede, folosind o fereastra de timp cat mai mica după detecția undei P.

Majoritatea algoritmilor de detecție pot fi încadrați in trei mari familii:

- Metode ce se bazează pe variația energiei

Aceasta familie de algoritmi de detecție este folosita de cel mai mult timp. Familia include algoritmi lui R. Allen (1978,1982) si Baer si Kradolfer (1987). In cadrul acestei clase de algoritmi o detectie posibila este declarata atunci cand raportul dintre o medie pe timp scurt (STA-Short Time Average) din înregistrare si o medie pe timp lung (LTA-Long Term Average) depaseste o anumita valoare prestabilita.

- Metode autoregresive – acești algoritmi se bazează pe variația parametrilor statistici ai semnalelor; acești algoritmi încearcă sa identifice cat mai bine momentul in care semnalul se separa de zgomot (Sleeman and Van Eck 1999; Leonard and Kennet, 1999; Leonard, 2000)

- Metode ce se bazează pe rețele neuronale. In cadrul acestei metodologii, o retea neuronală este „antrenata” sa recunoască sosirile undelor seismice. Aceste metodologii se

aplica direct pe semnalul înregistrat (Dai and MacBeth, 1995; 1997; Zhao 36 and Takano, 1999) sau pe caracteristicile acestuia (Gentili si Michelini,2006).

Dintre metodele menționate anterior, cea mai folosita in prezent este metoda care se bazează pe variația energiei. Utilizarea extinsa a acestei metodologii este datorata simplității acesteia, folosind operații simple, care necesita puține calcule, altfel fiind potrivita pentru analizaarea unor seturi de date mari cat si in timp real. Marele dezavantaj al utilizării metodelor ce folosesc variația energiei este reprezentat de faptul ca necesita cunoașterea foarte detaliata a parametrilor semnalului înregistrat pentru o corecta configurare a parametrilor detectorului (valoarea mediilor pe term scurt si lung, valoarea de prag a raportului de detecție, criteriile de validare). Parametrii detectorului diferă mult in funcție de nivelul de zgomot din locatia unde este amplasat senzorul, tipul senzorului (viteza sau accelerație) cat si de caracteristicile digitizorului.

Testele efectuate pe datele inregistrate arata ca exista un compromis intre sensibilitatea detectorului si numărul de detecții false. In general, rezolvarea acestei probleme se realizează prin încercări succesive care duc la o optimizare a parametrilor detectorilor. Metode generale de optimizare a detectorilor exista (Pechmann,1998,2006) exista, dar nu se aplica in toate circumstanțele (benzi diferite de frecventa, rate de eșantionare diferite, teleseisme etc.).

O optimizare a algoritmilor de detecție este reprezentata de detectorul FilterPicker. Aceasta se bazează pe o metoda globala de configurare a detectorilor introdusa de Olivieri et al.2007. Pe langa metodologia introdusa de acesta, detectorul FilterPicker folosește si nivelul de zgomot din timpul cutremurelor pentru a optimiza procesul de detecție (Lomax et al. 2011).

Algoritmul de detectie utilizat, in cadrul echipamentului, pentru identificarea automata a undei P cauta anomalii ale formelor de unda in ceea ce priveste schimbarile de amplitudine si utilizeaza un algoritm ce calculeaza raportul STA/LTA (Short Time Average/ Long Time Average) pe formele de unda care au fost filtrate anterior folosind un filtru Butterwoth de ordinul trei cu frecvente de colt de 0.7 si 2 Hz. Odata ce raportul STA/LTA a atins valoarea specifica (3) un pick este setat si asociat cu marca de timp unde aceasta valoare a fost depasita. O data ce acest raport atinge valoarea 3 este creat un pick iar detectorul

devine inactiv (in sensul ca nu se cauta alt pick). Acest detector este reactivat daca raportul STA/LTA ajunge la valoarea 1.5 si detectorul se afla in starea initiala.

Acest algoritm este rulat pe date in timp real de la cele 3 canale de acceleratie si 1 de viteza. Datele sunt achizitionate in timp real la 3200 de sample-uri pe secunda per canal si ,prin intermediul unor filtre FIR in cascada, sunt decimate (filtrare FIR low-pass in cascada) pana la 100 sps. Aceasta operatiune este necesara pentru reducerea/eliminarea "aliasing-ului", adica "contaminarea" frecventelor masurate de semnale cu frecvente in afara domeniului de inregistrare.

Dupa detectia undei P, se analizeaza formele de unda de acceleratie din urmatoarele 3 secunde de date in vederea calcularii magnitudinii cutremurului. Se folosesc date de acceleratie, datorita faptului ca senzorul de acceleratie permite inregistrarea in domeniul +/- 3g, fiind practic imposibila iesirea din scala. De asemenea, se analizeaza si datele de viteza, in timp real, pentru validarea corecta a fazei P.

Majoritatea metodologiilor utilizate ce permit estimarea magnitudinii cutremurelor folosind doar informația conținută in primele secunde după detecția undei P se bazează pe utilizarea unor parametri ca accelerația maxima, deplasarea maxima Pd sau perioada predominanta TauC.(Wu et. al 2005, Kanamori et. al, 2005). In cazul nostru am utilizat aceeași relatie din cadrul sistemului de alarmare la cutremure, operational in Romania (Figura 8):

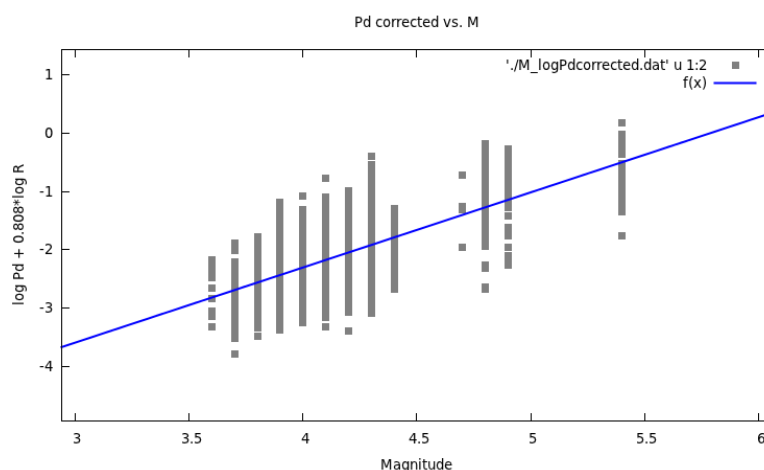


Figura 8. Relația între Pd și Magnitudinea (M).

$\log Pd = a + b * M + c * \log R$, $a = -7.47 (+ - 0.19)$; $b = 1.29 (+ - 0.03)$ și $c = -0.81 (+ - 0.07)$, unde Pd reprezintă deplasarea maximă.

6.2.4 Activitatea 1.4 Realizarea unui echipament hardware ce primeste alerta la cutremure puternice si este capabil sa intreprinda automat actiuni specifice in cazul in care detecteaza un cutremur

In cadrul acestei activitati s-a dezvoltat si implementat o aplicatie software care prelucreaza datele inregistrate de la senzorii locali instalati (acceleratie 3 componente si viteza), detecteaza cutremure peste magnitudinea $M_w=4.0$ si calculeaza magnitudinea folosind doar 3 secunde de date; in acelasi timp primeste si alerta de la sistemul de alarmare la cutremure national, ce foloseste intreaga retea de senzori.

In ambele situatii, sistemul utilizeaza magnitudinea rezultata din metodologia "on site" dintr-o singura statie sau din cea "regionala" pentru a actiona cele 7 relee din cadrul echipamentului, astfel acesta putand fi interconectat cu alte echipamente ale unor potentiali utilizatori.

6.2.5 Activitatea 1.5 Evaluarea performantelor echipamentului hardware utilizând date cu cutremure înregistrate

In cadrul acestei activitati s-au facut simulari cu cutremurele inregistrate de catre Reteaua Seismica Nationala (Figura 11) cu magnitudinea $M_w>4.0$. Un total de 286 de evenimente seismice, reprezentand intervalul 2005-2014, un total de 33745 de forme de unda (6 componente pentru fiecare statie seismica 3 viteza si 3 de acceleratie) au fost testate inregistrare cu inregistrare in cadrul unui playback in vederea testarii algoritmului de detectie si estimare magnitudine (Figura 9) pe canale de viteza si acceleratie. Eroarea de estimare a magnitudinii este prezentata in figura 10

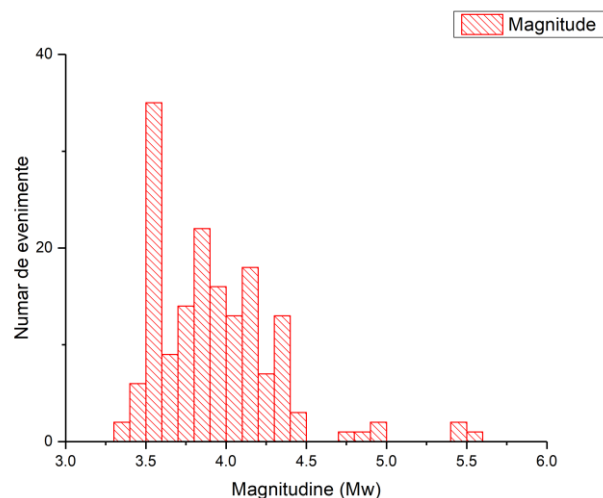


Figura 9. Histograma reprezentand magnitudinea cutremurelor utilizate (catalogul de cutremure al INCDFP-ROMPLUS) in vederea optimizarii algoritmului de detectie si estimare a magnitudinii

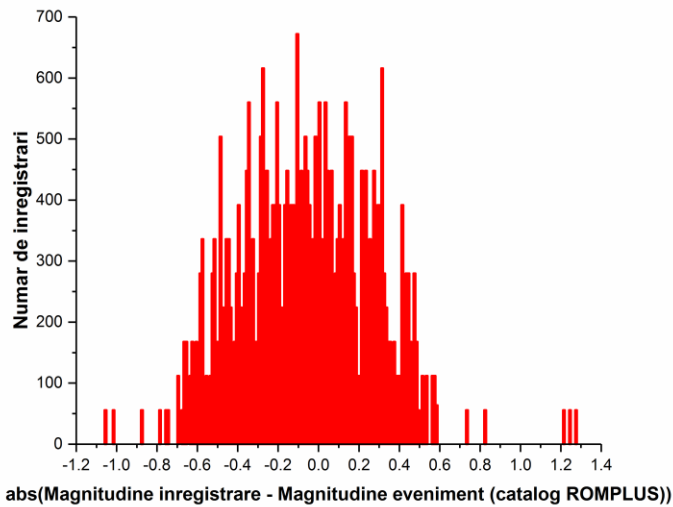


Figura 10. Eroarea (in modul) dintre estimarea magnitudinii folosind un singur canal de date și valoarea finală a magnitudinii evenimentului, din catalogul ROMPLUS

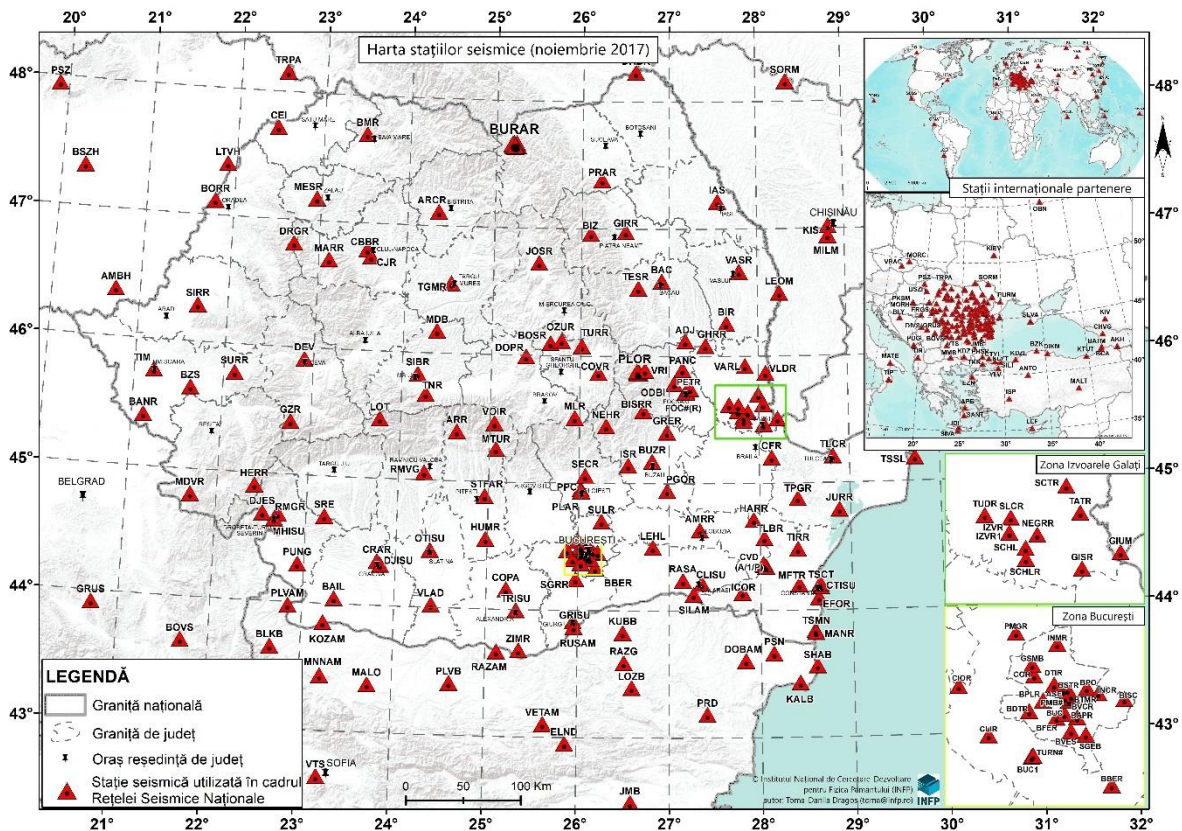


Figura 11. Reteaua Seismică Națională (RSN-156 de stații - decembrie 2017)

6.2.6 Activitatea 1.6 Evaluarea performanțelor echipamentului hardware în timp real (partea I)

În cadrul acestei etape s-au realizat următoarele teste pentru verificarea și îmbunătățirea calității datelor:

- a) S-a efectuat o verificare a intregului lant de achizitie prin utilizarea unui generator de semnal, in vederea evaluarii calitatii esantionarii;
- b) S-a verificat software-ul de achizitie dezvoltat ce preia date de la senzorii mentionati anterior in vederea asigurarii unui flux de date continuu si corect esantionat;
- c) S-a verificat ca datele sunt corect integrate in sistemul de achizitie SeisComp , sistem ce ruleaza, achizitioneaza datele si permite transmiterea acestora in timp real la centrul de date din Bucuresti;
- d) S-a optimizat algoritmul de detectie a undei P pentru inregistrările de viteza si acceleratie;
- e) S-a validat metoda de estimare a manitudinii din primele secunde de inregistrari dupa unda P folosind metodologia descrisa anterior;
- f) S-a testat rapiditatea cu care sistemul raspunde la alerta „on-site”cat si la cea regionala.

In urma acestor teste, sistemul de achizitie (Figura 12, Figura 13), detectie si alarmare a functionat in parametrii, raspunzand corect si in timp la alertarea „on-site” (maxim 4 secunde de date dupa inregistrarea undei P), interval de timp ce permite o alertare in „zona oarba-blind zone” cu 4-5 secunde inainte de sosirea alertei regionale, a carei metodologie necesita inregistrari de la minim 6 statii seismice si 3 secunde de date de la detectia undei P la fiecare dintre acestea.

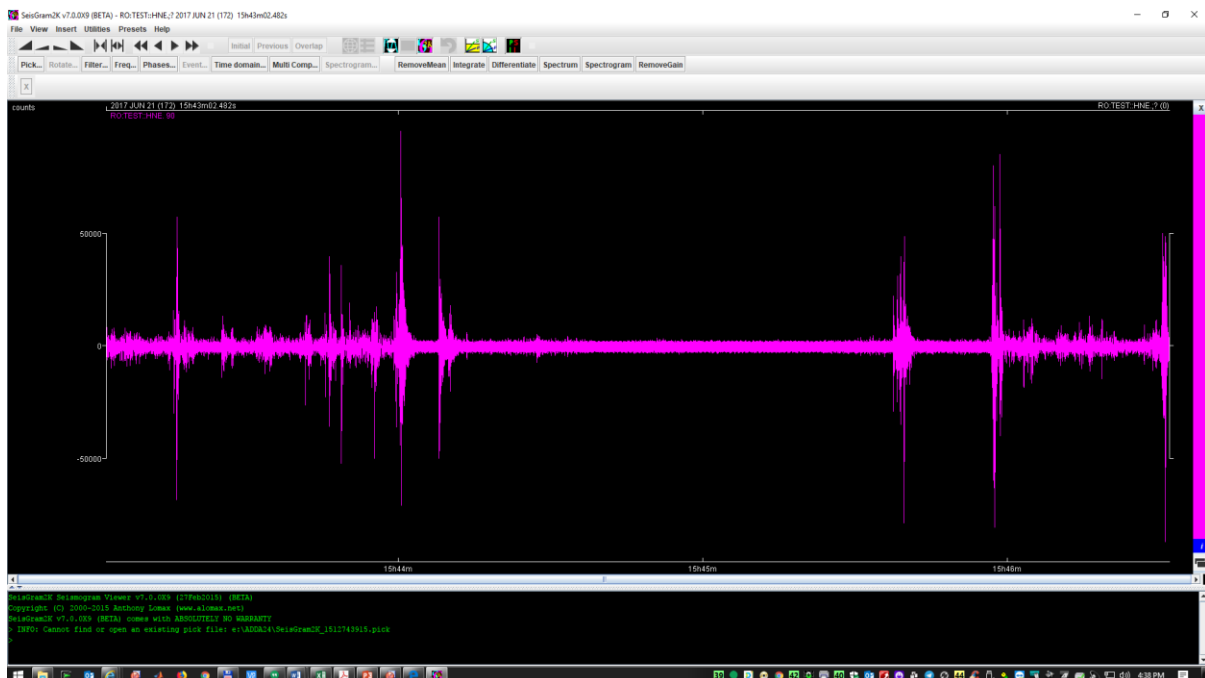


Figura 12. Fluxul de date in timp real inregistrat de catre echipament

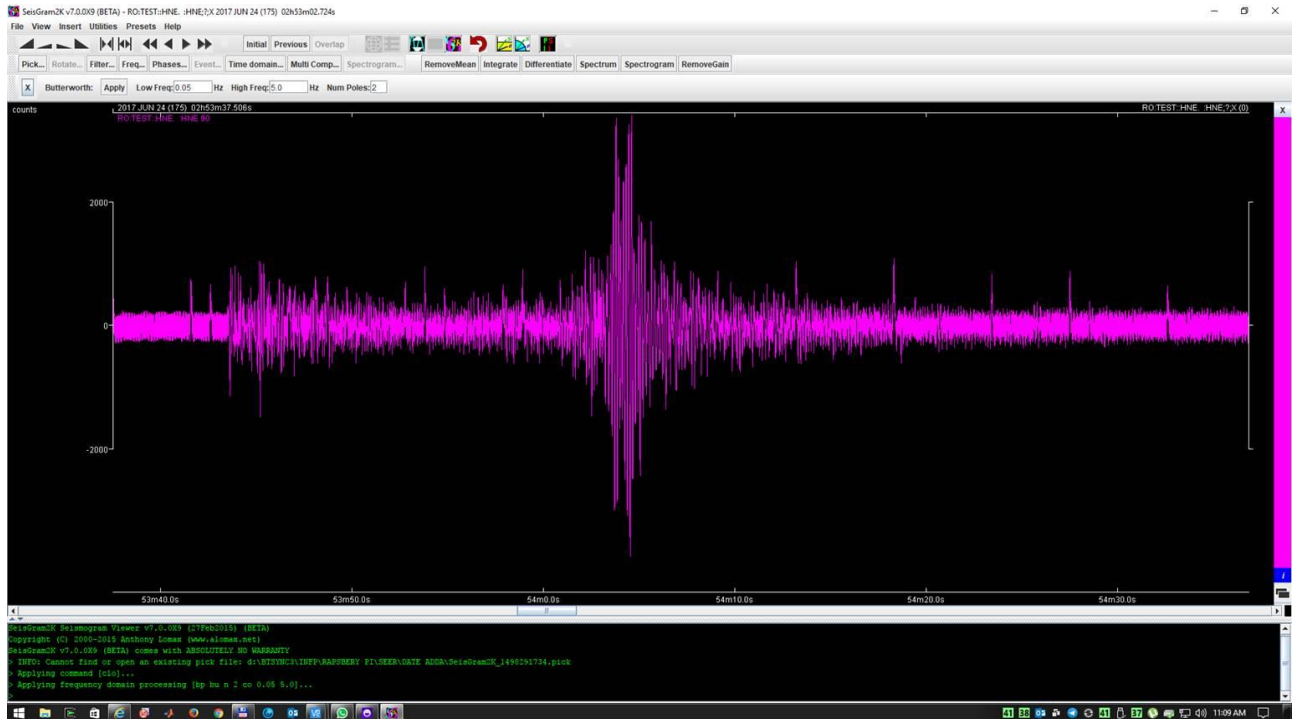


Figura 13. Cutremur inregistrat de catre echipamentul proiectat (magnitudine $M_w=4.2$, inregistrare in Bucuresti). Inregistrarea este realizata in conditii de birou, intr-o incinta zgomotoasa, nu in conditii normale de inregistrare, in camp liber.

7. Diseminare

Articole publicate/submise

1. Grzegorz Lizurek, Alexandru Marmureanu, Wiszniowski Jan, Fast Moment Magnitude Determination from P-wave Trains for Bucharest Rapid Early Warning System (BREWS), PURE AND APPLIED GEOPHYSICS, DOI: 10.1007/s00024-017-1480-7
2. Manea Florinela Elena et al., Analysis of the seismic wavefield in the Moesian Platform (Bucharest area) for hazard assessment purposes, GEOPHYSICAL JOURNAL INTERNATIONAL, DOI: 10.1093/gji/ggx254
3. Marmureanu Gheorghe, Manea Florinela Elena, Cioflan Carmen, Marmureanu Alexandru, Toma-Danila Dragos, Spectral Response Features Used in Last IAEA Stress Test to NPP Cernavoda (Romania) by Considering Strong Nonlinear Behaviour of Site Soils, ROMANIAN JOURNAL OF PHYSICS, acceptat
4. Marmureanu Alexandru, Moldovan Iren, Toader Victorin, Marmureanu Gheorghe, Ionescu Constantin, SEISMIC WARNING TIME FOR VRANCEA EARTHQUAKES IN THREE LARGE DAMS SITES SITUATED IN THE EASTERN PART OF ROMANIA, ROMANIAN REPORTS IN PHYSICS, submis 2017

Participari la conferinte

1. Craiu Andreea, Craiu Marius, Mihai Nicu Marius, Diaconescu Mihail, Ghita Cristian, Catalog of focal mechanisms for Vrancea (Romania) intermediate depth earthquakes (2005-2017) 2017 Articol 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017 1314-2704 / 978-619-7408-00-3

2. Craiu Andreea, Danet Anton, Mihai Nicu Marius, Craiu Marius, Alexandru Marmureanu, Near real time focal mechanisms determination for Vrancea intermediate depth events 2017 Articol 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, 1314-2704 / 978-619-7408-00-3
3. Craiu Marius, Gallo Antoanetts, Costa Giovanni, Anton Danet, Craiu Andreea, Alexandru Marmureanu, Real time performance of the Mw estimation for Vrancea intermediate depth earthquakes recorded by the accelerometers of the National Seismic Network in 2016 2017 Articol 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference 1314-2704 / 978-619-7408-00-3
4. Diaconescu Mihail, Craiu Marius, Oros Eugen, Craiu Andreea, Constantinescu Eduard, SEISMICITY OF STREI-HATEG BASIN 2017 Articol 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference 1314-2704 / 978-619-7408-00-3
5. Ghita Cristian, Craiu Andreea, Craiu Marius, Marmureanu Alexandru, Diaconescu Mihail, ANALYSIS OF THE FAULT PLAN SOLUTIONS USING P WAVES POLARITIES AND AMPLITUDE RATIOS FOR THE SEISMIC SEQUENCE OF NOVEMBER 22, 2014 RECORDED IN VRANCEA AREA 2017 Articol 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference 1314-2704 / 978-619-7408-00-3
6. Neagoe Cristian, Grecu Bogdan, Manea Liviu Marius, IMPROVING REAL-TIME DETECTION AND LOCATION OF LOCAL SEISMIC EVENTS IN ROMANIA 2017 Articol 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference 1314-2704 / 978-619-7408-00-3
7. Neagoe Cristian, Grecu Bogdan, Mircea Radulian, FOCAL MECHANISM AND SOURCE DIRECTIVITY FOR VRANCEA INTERMEDIATE DEPTH EARTHQUAKES 2017 Articol , 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference 1314-2704 / 978-619-7408-00-3
8. Muntean Alexandra, Boudewijn Ambrosius, Mocanu Victor, Eduard Nastase, Ionescu Constantin, SURFACE MOTIONS IN ROMANIA DERIVED FROM 15 YEARS OF CONTINUOUS GNSS MEASUREMENTS 2017 Articol 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference 1314-2704 / 978-619-7408-00-3
9. Eduard Nastase, Muntean Alexandra, Ionescu Constantin, Boudewijn Ambrosius, Mocanu Victor, Combined solutions for an integrated GNSS study over NW Galati seismogenic area issued from GPS continuous and campaign measurements 2017 Articol 17 International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017 1314-2704 / 978-619-7408-00-3
10. Eduard Nastase, Muntean Alexandra, Ionescu Constantin, Boudewijn Ambrosius, Mocanu Victor, TESTING AND DEVELOPMENT OF HIGH-RATE GPS WAVEFORMS STUDY OVER 2016 VRANCEA SEISMIC EVENTS 2017 Poster 17th International Balkan Workshop on Applied Physics and Materials Science
11. Toader Victorin, Moldovan Iren, Ionescu Constantin, Marmureanu Alexandru, Seismicity analysis using earthquakes energy 2017 Articol 6th National Conference on Earthquake Engineering and the 2nd National Conference on Earthquake Engineering and Seismology - 6CNIS & 2CNIS

Capitole carti:

1. Historical earthquakes: new intensity data points using complementary data from churches and monasteries, in volumul: Seismic Hazard and Risk Assessment-Updated Overview with Emphasis on Romania, Springer Verlag, in press

Brevete submitse:

1. ECHIPAMENT COMPLEX DE AVERTIZARE SEISMICA A OBIECTIVELOR INDUSTRIALE CU DECIZIE SI CONFIRMARE LOCALE, OSIM, numar cerere A100743, Marmureanu A., Toader V., Eduard Nastase, Cioflan C., Neagoe C.

8. Concluzii

In aceasta etapa au fost realizate urmatoarele activitati:

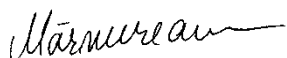
- Activitatea 1.1: Documentare asupra specificatiilor hardware ale echipamentului
- Activitatea 1.2: Proiectarea unui receptor care sa permita realizarea unor actiuni specifice dupa primirea unei notificari de alerta de la EEWS
- Activitatea 1.3: Optimizarea algoritmului de detectie si de estimare a magnitudinii cutremurelor folosind doar echipamentul hardware care va inregistra si procesa continuu date de acceleratie
- Activitatea 1.4: Realizarea unui echipament hardware ce primeste alerta la cutremure puternice si este capabil sa intreprinda automat actiuni specifice in cazul in care detecteaza un cutremur
- Activitatea 1.5: Evaluarea performantelor echipamentului hardware utilizând date cu cutremure înregistrate
- Activitatea 1.6: Evaluarea performantelor echipamentului hardware in timp real (partea I)

S-au obtinut urmatoarele rezultate:

- a. Report despre cerintele echipamentului si descrierea hardware a acestuia
- b. Prototipul echipamentului de alarmare EEWS realizat
- c. Planificat: 1 conferinta, 1 lucrare ISI submisa (realizat 4 lucrari cotate ISI in total, 11 participari conferinte si 1 capitol carte)
- d. 1 cerere de brevet depusa (livrabil al etapei II a proiectului), rezultat obtinut in aceasta etapa

Apreciem ca obiectivele etapei au fost atinse.

Director de proiect,
Dr. Fiz. Alexandru Marmureanu



7 ANEXA RST- Bibliografie

- [1] Wenzel F., Oncescu M.C., Baur M., Ionescu C., Fiedrich F., (1999), An early warning system for Bucharest, *Seismological Research Letters*, 70(2):161-169.
- [2] Allen, R., (1982), Automatic Phase Pickers: Their Present Use and Future Prospects. *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 72; no. 6B; p. S225-S242.
- [3] Trnkoczy, A., (1998), Understanding & Setting STA/LTA Trigger Algorithm Parameters for the K2, August, Application Note #41.
- [4] Ionescu C., Mărmureanu A., (2005), Rapid early warning system (REWS) for Bucharest and industrial facilities, *Earthquake Early Warning Workshop Abstracts*, July 13-15 2005, California Institute of Technology, Pasadena.
- [5] Ionescu, C., Maren Bose, Wenzel F., Mărmureanu A., Grigore A., Mărmureanu G, (2006), An early warning system for deep Vrancea (Romania) earthquakes, *Earthquake Early Warning volume*, Springer.
- [6] Ionescu, C., Mărmureanu, A., (2006), Vrancea rapid early warning system (REWS) for Bucharest and industrial objectives - New technologies for earthquake monitoring", *Acta Geod. Geoph. Hung*, Vol 41(3-4), pp 349-359.
- [7] Marmureanu A., (2009), Rapid magnitude determination for Vrancea early warning system, *Romanian Journal of Physics*, Volume 54, No.9-10;
- [8] Panza, G.F. , Cioflan , C.O., (2008), Vrancea Earthquakes: A special challenge for seismic base isolation in Bucharest, in „Modern Systems for Mitigation of Seismic Action” Editors : I.Vlad, H.Sandi, U.Sannino, A.Martelli, AGIR Publishing House, Bucharest, p.339-355.
- [9] Oncescu, M.C., Marza, V.I., Rizescu, M., and Popa, M., (1999), The Romanian Earthquake Catalogue between 984-1997, in *Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation*, F. Wenzel, D. Lungu (eds) & O. Novak (co-ed.) 43-47, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- [10] Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, (1992), *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*. William H. Press Second Edition.
- [11] Allen, R. M. & Kanamori, H., 2003. The potential for earthquake early warning in Southern California, *476 Science*, Vol. 300, No. 5620, pp 786-789

- [12] Wu, Y. M. & Kanamori, H., 2005. Rapid Assessment of Damage Potential of Earthquake in Taiwan from Beginning of P Waves, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 95, No. 3, pp. 1181-1185, doi:10.1785/0120040193
- [13] Aldo Zollo, Ortensia Amoroso, Maria Lancieri, Yih-Min Wu and Hiroo Kanamori. A threshold based earthquake early warning using dense accelerometer networks, Geophys. J. Int. (2010) doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04765.x
- [14] Böse, M., Ionescu, C. & Wenzel, F., 2007. Earthquake early warning for Bucharest, Romania: novel and revised scaling relations, Geophys. Res. Lett., 34, doi:10.1029/2007GL029396.
- [15] Marmureanu A., C. Ionescu, C.O.Cioflan, Advanced real-time acquisition of the Vrancea earthquake early warning system, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, pg.163-169, doi 10.1016/j.soildyn.2010.10.002
- [16] Essential Tools to mitigate Vrancea strong earthquakes effects on Moldavian urban, ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT JOURNAL, 2013, Marmureanu Gheorghe, Marmureanu Alexandru, Cioflan Carmen Ortanza, Ionescu Constantin, Publicat
- [17] A study on determination of cav threshold levels for the Vrancea earthquakes, ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT JOURNAL, 2013, Hakan Alcick, Marmureanu Alexandru, Toader Victorin, Ionescu Constantin, Zulfikar Can, Publicat
- [18] Nonlinear seismology a reality. The quantitative data, ROMANIAN REPORTS IN PHYSICS, 2013, Marmureanu Gheorghe, Marmureanu Alexandru, Cioflan Carmen Ortanza, Publicat
- [19] Vrancea earthquake early warning system: first tests to add location capabilities, ACTA GEODAEtica ET GEOPHYSICA, Marmureanu Alexandru, Craiu George Marius, Craiu Andreea, Radulescu Stefan, Neagoe Cristian, Ionescu Constantin (DOI), 10.1007/s40328-014-0081-5
- [20] Local magnitude scale ml evaluation for the main crustal seismic zones of Romania, ROMANIAN JOURNAL OF PHYSICS, acceptat, Craiu George Marius, Craiu Andreea, Marmureanu Alexandru
- [21] Fast Moment Magnitude determination from P-wave trains for Bucharest Rapid Early Warning System (BREWS), PURE AND APPLIED GEOPHYSICS, Marmureanu Alexandru, Grzegorz Lizurek, Jan Wiszniowski, DOI: 10.1007/s00024-017-1480-7
- [22] The Virtual Seismologist in SeisComP3 as an implementation model for Earthquake Early Warning algorithms, SEISMOLOGICAL RESEARCH LETTERS, Behr Yannik, Clintorn John,

Cauzzi Carlo, Hauksson Egill, Jónsdóttir Kristín, Craiu George Marius, Pinar Ali, Salichon Jerome, Sokos Efthimios, Seismological Research Letters Volume 87, Number 2A March/April 2016

[23] State-of-the art and future of earthquake early warning in the European region, Clinton John, Zollo Aldo, Marmureanu Alexandru, Zulfikar Can, Parolai Stefano , Bull Earthquake Eng (2016) 14:2441–2458, DOI 10.1007/s10518-016-9922-7