

Anexa nr. 10 la Contract nr. 15 N/2018

Contractor: Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pamantului
Cod fiscal :5495458 (anexa la procesul verbal de avizare interna....)

De acord,
DIRECTOR GENERAL
IONESCU CONSTANTIN

Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
RADULIAN MIRCEA

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: PN18150203

Proiectul: Cercetări privind dezvoltarea și îmbunătățirea instrumentelor utilizate în seismologia în timp real,

Faza: Dezvoltarea de instrumente de estimare a parametrilor sursei seismice utilizând date de accelerație pentru cutremurele semnificative înregistrate pe teritoriul României

Termen: 07.12.2018

1. Obiectivul proiectului:

Obiectivul principal al acestui proiect a fost dezvoltarea unei metode automate, stabile, pentru estimarea in timp real a magnitudinii cutremurilor din moment seismic si a parametrilor miscarii solului pentru evenimentele seismice înregistrate de o rețea de accelerometre si de a dezvolta criterii simple pentru imbunatatirea preciziei localizarilor cutremurelor vrancene, pe baza parametrilor care sunt raportati in buletinele seismice.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

- Estimarea in timp real a parametrilor sursei seismice (magnitudine din moment seismic, momentul seismic scalar, frecventa de colt, căderea de tensiune, etc.)

- Estimarea in timp real a parametrilor mișcării solului (PGA, PGV, PSA01, PSA03, PSA30,) împreună cu parametrii de inginerie seismica (Intensitatea Arias si coeficientul Housner) prin folosirea canalelor de acceleratie.
- Generarea de rapoarte automate ce conțin parametrii sursei seismice si parametri de inginerie seismica si reprezentarea acestora pe hărți.

- Diseminarea acestor rapoarte către comunitatea științifică si autoritățile implicate in managementul riscului seismic.
- Analiza parametrilor din buletinele localizărilor evenimentelor de „referinta” in vederea îmbunătățirii calității acestora si efectuarea de simulări cu aceste evenimente pe baza criteriilor dezvoltate;
- Dezvoltarea de noi metodologii, utilizând rețea de date seismice, pentru îmbunătățirea preciziei localizării cutremurelor

3. Obiectivul fazei:

Obiectivul fazei consta in dezvoltarea si implementarea in cadrul sistemului de achizitie si procesare a datelor in timp real (Antelope) a metodologiei de estimare in timp real a momentului seismic scalar, a magnitudinii moment seismic si a frecventei de colt asociate evenimentelor seismice înregistrate de o rețea seismica echipata cu senzori de acceleratie si dezvoltarea unor noi metode pentru localizarea cutremurelor prin analiza parametrilor din buletinele seismice.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Analiza in timp real a datelor de acceleratie si generarea de rapoarte complexe ce contin informatii esentiale despre efectele cutremurelor majore produse pe teritoriul Romaniei la scurt timp dupa producerea acestora.
- Trimiterea acestor rapoarte via e-mail catre utilizatori si factorii de decizie
- Imbunatatirea catalogului de cutremure;
- Metodologie pentru localizarea precisa a cutremurelor;
- Metodologie pentru localizarea manuala rapida si precisa a cutremurelor ce se raporteaza catre autoritati;

5. Rezumatul fazei:

Înregistrarea evenimentelor seismice in timp real se face cu ajutorul Rețelei Seismice Nationale a INCDFP. Datele inregistrate de Reteaua Seismica Nationala, sunt pre procesate iar trenul undelor S este identificat prin aplicarea unei metodologii automate, care estimateaza timpii de sosire ai undelor S pe baza localizarii hipocentrului, a statiilor la care au inregistrat evenimentul seismic si a modelului de viteze regional.

Pentru estimarea magnitudinii din moment seismic este folosita componenta transversala a miscarii solului. Spectrul sursei seismice este obtinut prin eliminarea din semnalele seismice a imprastierii geometrice si a atenuarii intrinseci. Urmand aceasta metodologie sunt calculate spectrele sursei seismice atat pentru viteza cat si pentru deplasare, dupa Andrews (1986), apoi este calculat momentul seismic scalar si prima estimare a frecventei de colt f_0 .

Incepand cu luna iunie 2018, acest algoritm functioneaza in cadrul sistemului de achizitie si procesare a datelor in timp real (Antelope 5.5), pana in prezent fiind detectate, localizate si procesate un numar de 158 evenimente seismice cu magnitudini cuprinse intre $2.8 \leq M_w \leq 5.7$. In urma acestor localizari si estimari ale magnitudinii din moment seismic au fost generate de asemenea si harti ale parametrilor miscarii solului (PGA, PGV) care au fost trimise impreuna cu buletinele seismice asociate fiecarui eveniment via email, in general la 3 minute dupa producerea unui eveniment.

Estimarea rapida a parametrilor sursei seismice (forme de unda, coordonatele epicentrale, parametrii miscarii solului, spectrul Fourier, spectrele de raspuns si alti parametrii ingineresti) reprezinta una dintre preocuparile de interes pentru agentiile de Protectie Civila pentru interventie rapida in cazul producerii unui cutremur catastrofal pe teritoriul Romaniei.

Localizarile precise ale cutremurelor sunt esentiale pentru studiile de risc seismic si pentru dezvoltarea si testarea modelelor tridimensionale de viteze ale Pământului. Activitatea seismica din Romania este dominata de cutremurele de adancime intermediara care se produc in regiunea seismica Vrancea. Interesul fata de precizia localizarii cutremurelor are o istorie indelungata, insa cercetarile in domeniu din ultimii ani (Kennett & Engdahl (1991), Sweeney (1996, 1998), Bondar et al. (2001, 2004)), au condus in cele din urma la unirea eforturilor in vederea monitorizarii eficiente a Tratatului de interzicere totala a testelor nucleare.

Metodologie

Din baza de date a sistemului de achizitie si procesare a datelor in timp real Antelope 5.5 avem acces la formele de unda si parametrii asociati evenimentelor seismice cum ar fi, azimutul, distanta epicentrala, tipul de senzor (viteza sau acceleratie), rata de esantionare, parametrii absolut necesari pentru rularea acestui algoritm de estimare a magnitudinii din moment seismic. Acest software a fost optimizat pentru a creea noi tabele in baza de date a sistemului Antelope pentru a gestiona informatia noua obtinuta in urma rularii acestui algoritm. Este inlaturat raspunsul instrumentului, apoi este fixata distanta epicentrala la 130 Km, $V_s=4.5$ Km/s, $Q=1000$, $\rho=3400$ kg/m³, iar factorul de atenuare Q este dependent de frecventa (1.1 Hz).

In continuare se verifica calitatea fiecarei inregistrari disponibile si se selecteaza frecventele de colt pentru filtrarea inregistrarilor, folosind raportul semnal zgomot (SNR), care ne ofera fereastra de timp in care semnalul va fi analizat. Aceasta analiza de zgomot incepe cu 10 secunde inainte de sosirea undelor P. Analiza semnalului seismic incepe din momentul sosirilor undelor S si reprezinta o functie de eveniment-distanta epicentrala, in particular este egala cu distanta impartita la 3km/s (Gallo et al., 2014) o valoare determinata empiric.

Fazele seismice P si S sunt detectate de programul de achizitie si procesare a datelor in timp real, Antelope 5.5. Din moment ce spectrul de zgomot poate fi la acelasi nivel cu semnalul seismic si chiar poate depasi acest nivel, atat la frecvente joase cat si inalte, este esential sa determinam intervalul de frecventa in care palierul spectral al semnalului seismic este semnificativ mai mare decat palierul spectral al zgomotului seismic. In continuare este aplicata urmatoarea procedura care va investiga domeniul de frecventa (de obicei intre 0.1 si 50 Hz), care permite selectarea ferestrei de timp ce urmeaza a fi analizata in care raportul semnal zgomot este mai mare de 3. Incepand de la cele mai joase frecvente au fost calculate frecventele minime la care raportul semnal zgomot depaseste valoarea 3. Prin aplicarea unui filtru Butterworth am obtinut vitezele, acceleratiile si deplasările solului prin derivarea sau integrarea semnalului seismic. Dupa acest pas se aplica semnalului transformata Fourier (FFT), pentru a obtine spectrul semnalului seismic. Apoi toate aceste semnale procesate sunt corectate de imprastierea geometrica si atenuarea intrinseca pentru a obtine spectrul semnalului seismic.

Pentru estimarea parametrilor sursei seismice, componentelete orizontale ale semnalului seismic sunt rotite pentru a obtine componenta transversala a miscarii solului. Au fost selectate undele SH pentru cateva motive: undele P au avantajul de a fi primele sosiri si de aceea sunt si foarte usor de detectat. Aceasta limita de timp afecteaza frecventa minima detectabila a undelor P. De asemenea undele SV sunt afectate de convertirea fazelor si suprapunerea cu componenta verticala a undelor P.

Frecventa de colt este estimata conform Andrews (1986):

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{S_{V2} S_{D2}}{S_{H2}}} \quad (1)$$

Prin determinarea spectrului Brune, palierul spectral la frecvente joase se calculeaza astfel (Brune, 1970):

$$\Omega^2 = 4S_{D2}^{\frac{3}{2}} S_{V2}^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Dupa cum se stie, aceasta valoare este legata de momentul seismic:

$$M_0 = 4\pi\rho\beta^3 \Omega k \quad (3)$$

ρ - densitatea in zona focala; β – viteza undelor S; Ω - palierul spectral al undelor de forfecare de lungă perioadă; k - forma de radiatie (include raspunsul suprafetei libere).

In final magnitudinea din moment seismic este determinata in conformitate cu Kanamori (1977):

$$M_W = \frac{2}{3} \log_{10} M_0 - 6.1 \quad (4)$$

La sfarsitul acestei proceduri, parametrii sursei seismice obtinuti sunt stocati in baza de date a sistemului de achizitie si procesare a datelor in timp real Antelope 5.5, dupa care este generat un raport care contine toate informatiile obtinute.

In general parametrii raportati in buletinul de localizare contin informatii despre distanta epicentrala pana la cea mai apropiata statie seismică, numarul de statii si faze seismice utilizate in localizare, unghiul de acoperire azimutala. Trebuie avut in vedere ca factorul predominant intr-o localizare seismică este reprezentat de distributia geografica a statiilor seismice.

Evaluarea localizărilor cutremurelor are la bază informații ce tin de:

1. Nobs – numarul de observatii (timpi de sosire pentru undele P si S)
 2. GAP – unghiul de acoperire azimutala
 3. DIST – distanta pana la cea mai apropiata statie seismica
 4. RMS – media celor mai mici patrate a reziduurilor timpilor de parcurgere

Pentru evaluarea criteriilor dezvoltate pentru localizările manuale au fost analizate și relocalizate un număr de 100 de cutremure din zona Vrancea cu magnitudinea $M_L \geq 3$ care s-au produs în anul 2017. Distribuția evenimentelor analizate și Rețeaua Seismica Națională este prezentată în figura 1.

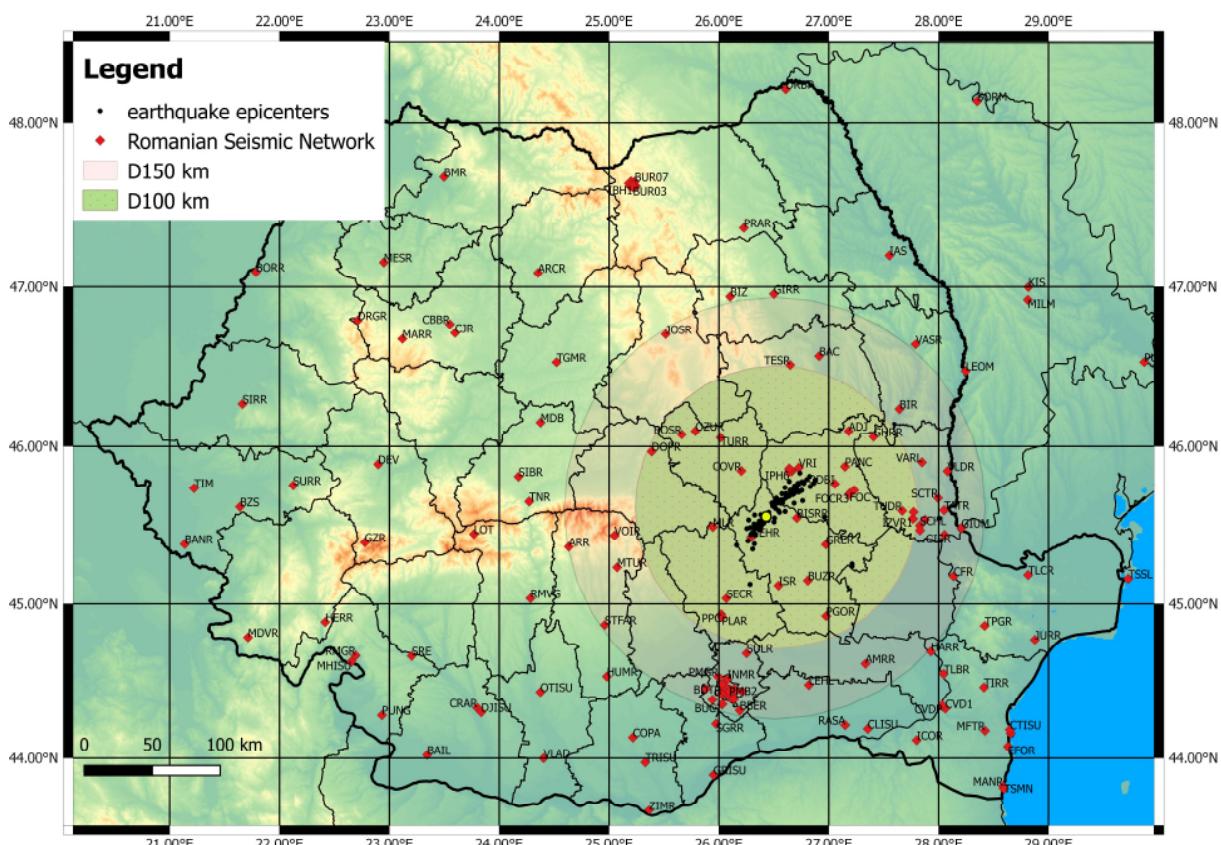


Figura 1. Reteaua Seismica Nationala a Romaniei si evenimentele seismice analizate (D150 km – distanta epicentrala de 150 km; D100 km – distanta epicentrala de 100 km)

Obiectivul general al activitatii este de a dezvolta criterii simple pentru imbunatatirea preciziei localizarilor manuale si rapide a cutremurelor vrancene, pe baza parametrilor care sunt raportati in buletinele seismice, utilizand un numar restrans de statii seismice din zona epicentrala.

Relocalizările celor 100 de evenimente au avut la bază următoarele criterii:

- de preferat utilizarea in localizari a statilor care au inregistrat atat unda P cat si unda S;
 - cel putin o statie seismica cu distanta epicentrala mai mica de 30 km pentru controlul adancimii cutremurului;

- cel putin 8 statii seismice utilizate in localizare;
- statiile seismice sa aiba distanta epicentrala mai mica de 250 km pentru a evita confuziile Pn/Pg si neomogenitatile laterale.

Prima etapa de lucru a constat in extragerea din catalogul seismic a celor 100 de cutremure din zona Vrancea care au fost localizate cu statiile RSN. Dupa analiza distributiei epicentrale s-au considerat 2 zone de interes: o zona cu distanta epicentrala de 100 km fata de un punct considerat centrul zonei seismice Vrancea si o zona cu distanta de 150 km (figura 1). Programul Antelope calculeaza pentru fiecare statie seismica utilizata in localizare distanta epicentrala. Relocalizarea evenimentelor a presupus eliminarea din fiecare localizare initiala a statiilor cu distanta epicentrala mai mare de 150 km si respectiv 100 km. Dat fiind faptul ca cele 100 de evenimente seismice analizate au fost extrase din catalogul de cutremure (care presupune o revizuire a localizarilor) nu s-au mai recitit fazele undelor P si S. Pentru compararea solutiilor s-a urmarit: distributia epicentrala, magnitudinea locala M_L , adancimea hipocentrala, reziduurile timpilor de parcurs, acoperirea azimutala si elipsa erorilor.

Rezultatele analizei

Au fost analizate in timp real 158 evenimente seismice cu magnitudine moderata ($M_w \geq 2.8$), de adancime intermediara din zona Vrancea, inregistrate in perioada 2016-2017. Pentru validarea rezultatelor obtinute, s-au comparat valorile magnitudinii din moment seismic (M_w) nou obtinute cu valorile magnitudinii locale (M_L) si valorile magnitudinii (Mews) produse de sistemul de avertizare rapida (EWS) al INCDFP. Toate aceste valori de magnitudine sunt calculate folosind date de acceleratie.

Evenimentele seismice analizate in faza de testare a algoritmului de estimare a magnitudinii din moment seismic sunt sintetizate in graficele de mai jos:

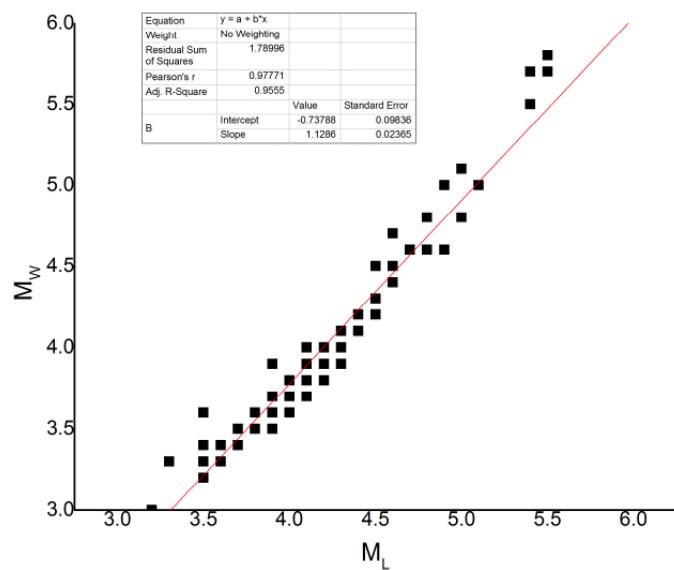


Figura 2. Compararea magnitudinii din moment seismic M_w cu magnitudinea locală M_L , pentru evenimentele analizate.

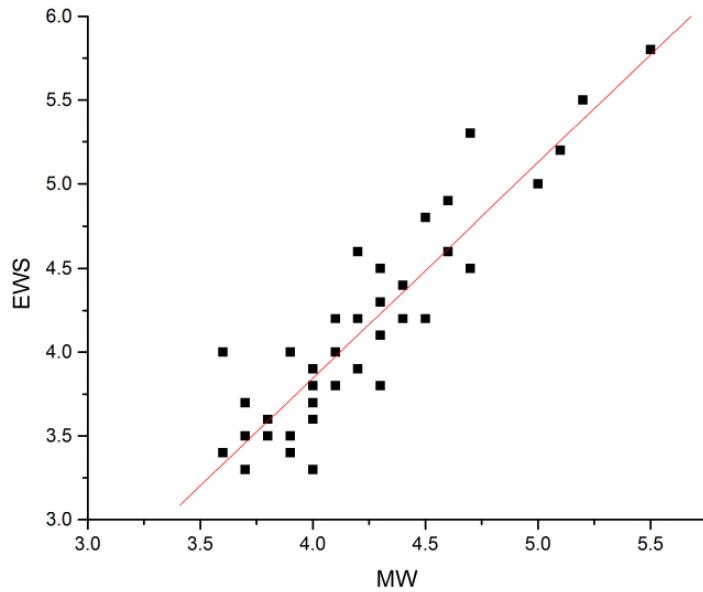


Figura 3. Compararea magnitudinii din moment seismic M_w cu magnitudinea furnizata de Sistemul de Avertizare Rapida (EWS).

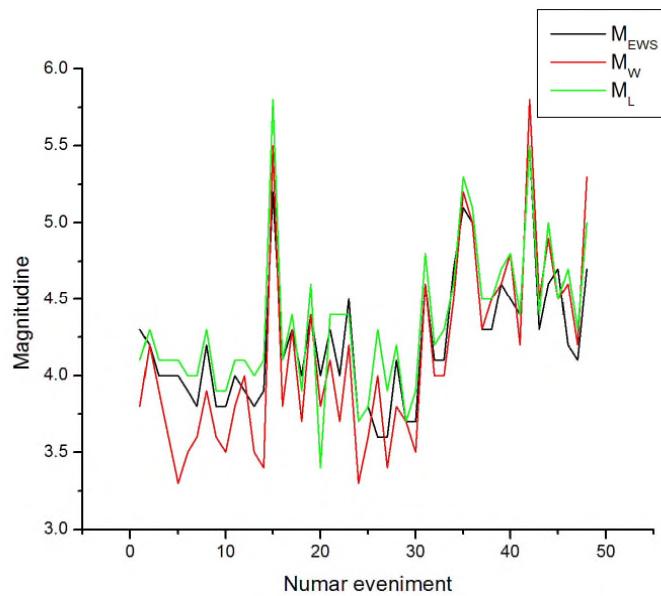


Figura 4. Reprezentarea celor 3 scări de magnitudine calculate din date de acceleratie.

Rezultatele obtinute arata ca valorile magnitudinii din moment seismic sunt suficient de stabile raportandu-ne la magnitudinea locala, neexistand variatii semnificative (Figura 2). Erori ceva mai mari apar la cutremurele intermediare cu magnitudinea $M \geq 5.3$, unde magnitudinea locala tinde sa fie saturata la un numar mare de statii care influenteaza intr-o mare masura inclusiv valoarea finala, lucru care nu se intampla cu magnitudinea calculata din momentul seismic. O buna concordanta a valorilor magnitudinii din moment seismic exista si in cazul magnitudinii furnizate de Sistemul de Avertizare Rapida (M_{EWS}), unde diferențele intre cele doua valori sunt in limite acceptabile luand in calcul ca Sistemul de Avertizare Rapida calculeaza magnitudinea doar din primele 4 secunde ale inregistrarilor undelor P si doar la cutremure cu $M \geq 4.0$. In ceea ce priveste erorile magnitudinii din moment seismic (Fig 2, 3) fata de magnitudinea locala M_L sau M_{EWS} , se observa ca marea majoritate sunt relativ mici pana in 0.2 grade de magnitudine, iar la valori de magnitudine peste 5.5, M_L tinde sa subevalueze usor magnitudinea (un numar considerabil de statii de scurta perioada aflate in limitare), aspect reflectat si in diferențele dintre M_w si M_L .

In figura 4 este ilustrat comportamentul celor 3 relatii de calcul al magnitudinii din date de acceleratie, si se poate observa ca la cutremure cu magnitudinea peste 4.0 valorile sunt sensibil egale, in timp ce la cutremure mai mici cu $M < 4.0$, valorile magnitudinii din moment seismic sunt subestimate datorita limitarii distantei epicentrale.

Magnitudinea obtinuta din momentul seismic aproximeaza foarte bine magnitudinile reale, prin urmare aceasta metodologie s-a dovedit a fi un mod foarte eficient pentru estimarea rapida si precisa a magnitudinii pentru cutremurele vrancene. Estimarea rapida a parametrilor miscarii solului in cazul producerii cutremurelor semnificative pe teritoriul Romaniei din date de acceleratie este foarta importanta in evaluirea potentiialelor pagube in zonele afectate in urma producerii acestora si contribuie la reducerea riscului seismic.

Mai jos este prezentat un exemplu de harti cu parametrii miscarii solului pentru evenimentul seismic vrancean din 28.10.2018, ora 00:38:11 (GMT), $Mw=5.7$, $H=150\text{km}$, generate la scurt timp (3 minute) dupa localizarea cutremurului.

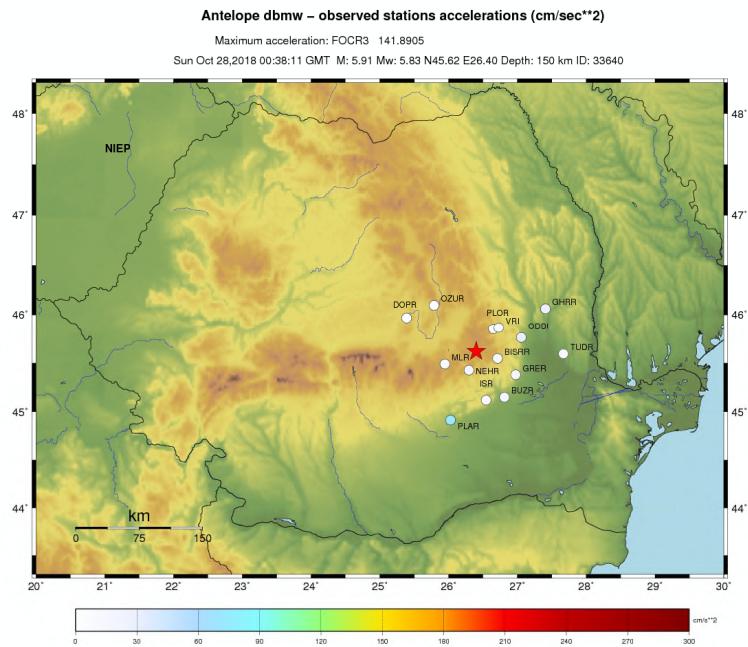


Figura 5. Acceleratiile maxime (PGA) inregistrate in urma producerii evenimentului seismic din 28.10.2018.

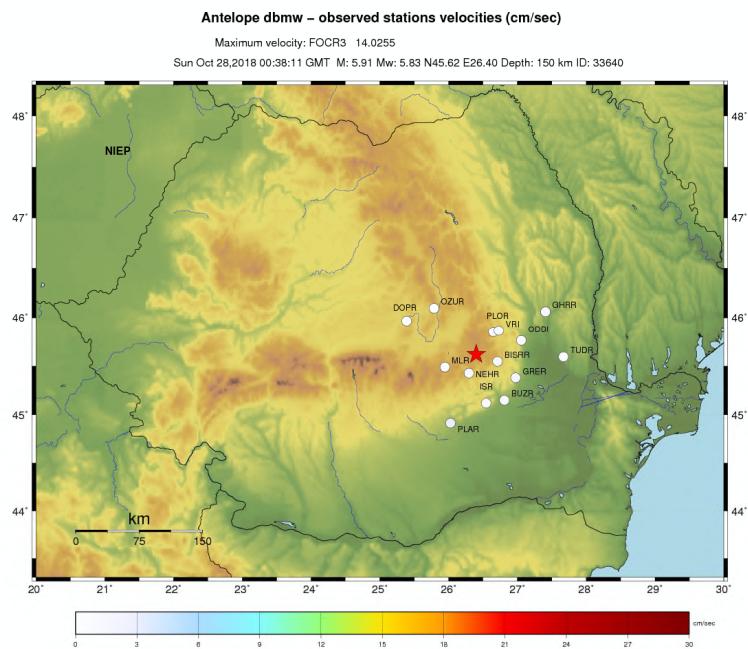


Figura 6. Vitezele maxime inregistrate (PGV) in urma producerii evenimentului seismic din 28.10.2018.

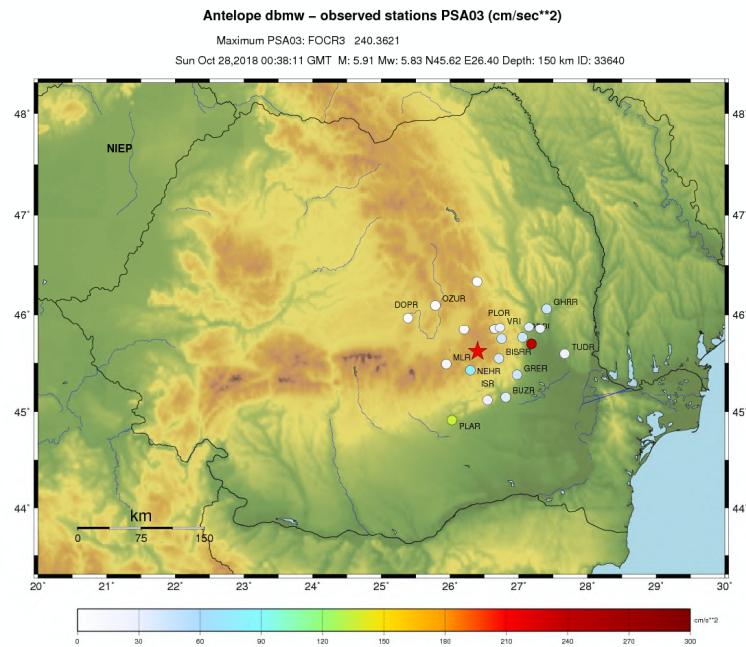


Figura 7. Acceleratiile spectrale inregistrate (PSA03) in urma producerii evenimentului seismic din 28.10.2018.

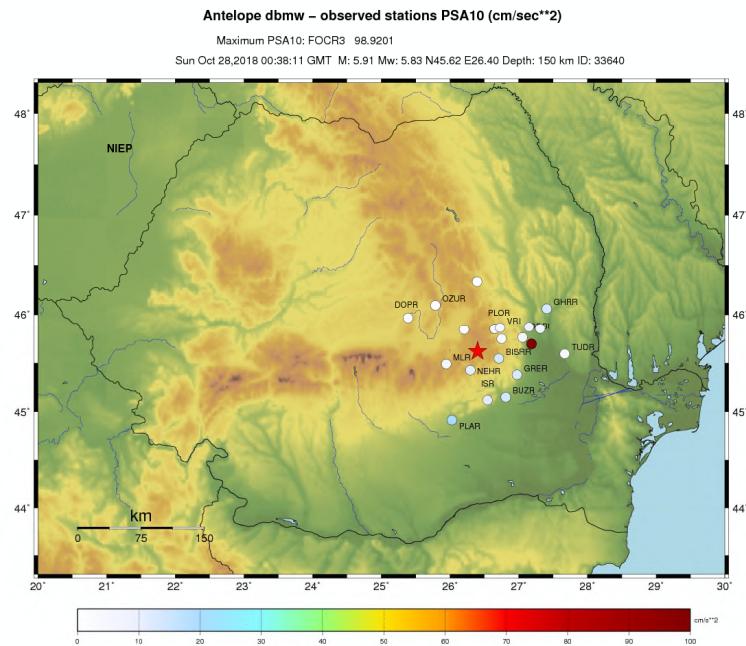


Figura 8. Acceleratiile spectrale inregistrate (PSA10) in urma producerii evenimentului seismic din 28.10.2018.

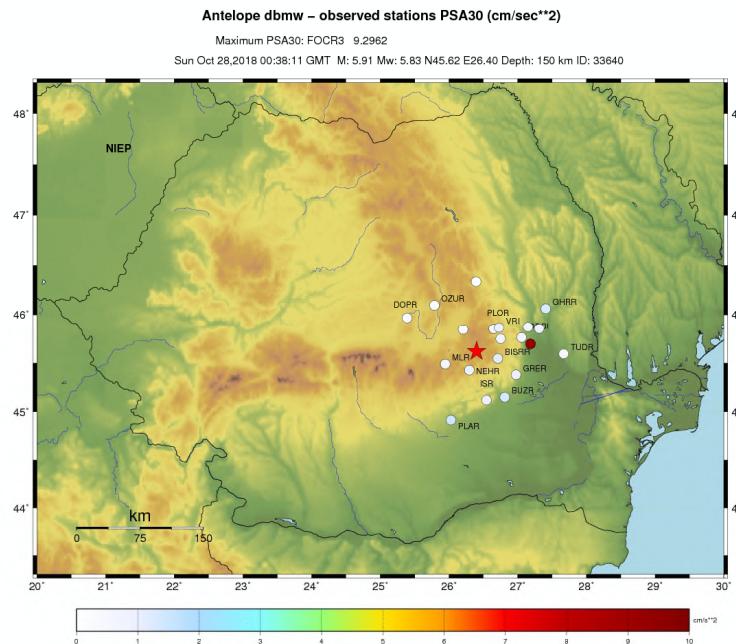


Figura 9. Acceleratii spectrale inregistrate (PSA30) in urma producerii evenimentului seismic din 28.10.2018.

In figurile de mai sus sunt reprezentate valorile maxime ale acceleratiilor si vitezelor inregistrate (PGA si PGV) in urma producerii evenimentului seismic din 28.10.2018, ora 00:38:11 (GMT), impreuna cu valorile acceleratiilor spectrale calculate la 0,3; 1 respectiv 3 secunde. Aceste harti impreuna cu parametrii sursei seismice (M_0 , M_w , f_0) sunt incluse intr-un raport care in urma implementarii acestui metodologie in timp real in cadrul Antelope, este disponibil in 3 minute dupa producerea unui cutremur de adancime intermediara in zona seismică Vrancea si apoi poate fi postat pe pagina web a INCDFP si trimis catre inspectoratele pentru situatii de urgența (IGSU) si agentiile guvernamentale responsabile de managementul impotriva dezastrelor naturale.

Distributia epicentrala (figura 10) arata ca localizarile cu statii seismice care au distanta epicentrala de cel mult 150 km sunt mai apropiate de localizarile din catalog decat localizarile cu statii seismice care au distanta epicentrala de cel mult 100 km. Acest lucru este datorat geometriei statiilor seismice.

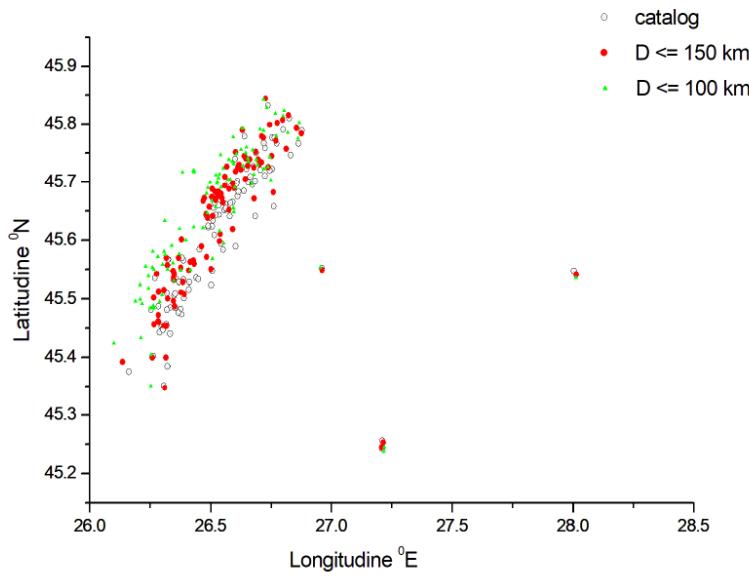


Figura 10. Distributia epicentrala

In ceea ce priveste eroarea adancimii hipocentrale (figura 11) nu s-au observat diferente intrucat statiile care ajuta la controlul adancimii hipocentrale sunt comune in toate cele trei cazuri: localizari catalog, localizari cu statii seismice cu distanta epicentrala ≤ 150 km si localizari cu statii seismice cu distanta epicentrala ≤ 100 km.

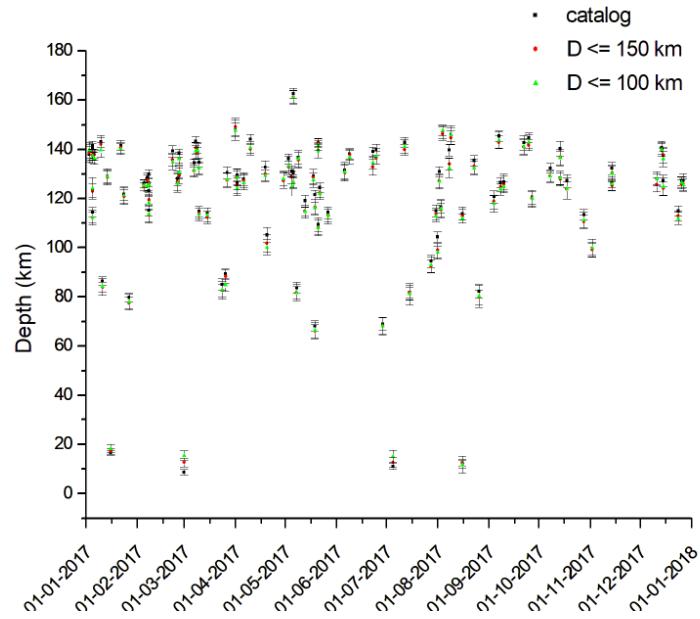


Figura 11. Distributia erorilor adancimilor hipocentrale

Din distributia magnitudinii (figura 12) se observa o scadere a acestora in cazul localizarilor cu statii seismice cu distanta epicentrala ≤ 100 km datorita faptului ca M_L Richter subestimeaza magnitudinea la distante epicentrale mici.

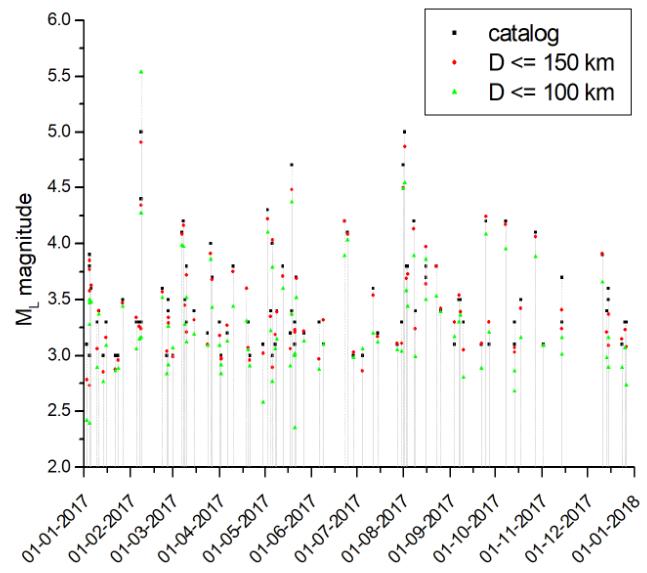


Figura 12. Distributie magnitudine

Reziduurile timpilor de parcurs sunt mai mici pentru localizarile cu statii seismice cu distanta epicentrala ≤ 100 km.

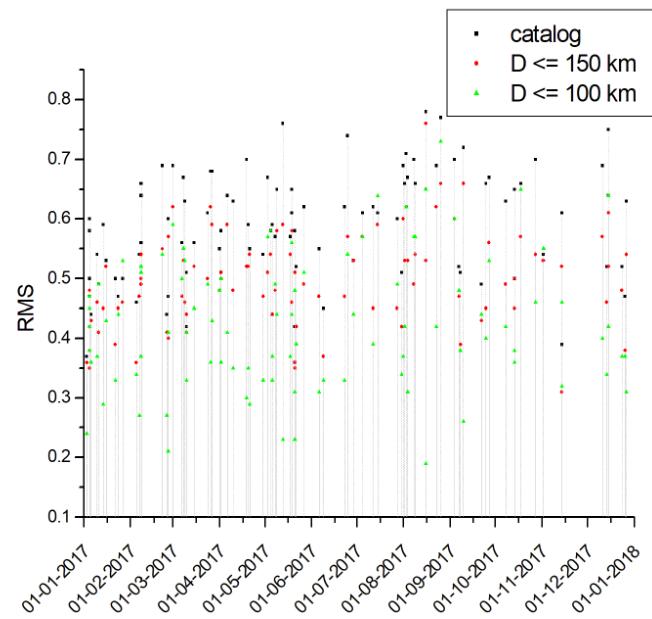


Figura 13. Distributia reziduurilor timpilor de parcurs.

Analiza unghiului de acoperire azimutala releva valori mai bune in cazul localizarilor cu statii seismice cu distanta epicentrala ≤ 150 km.

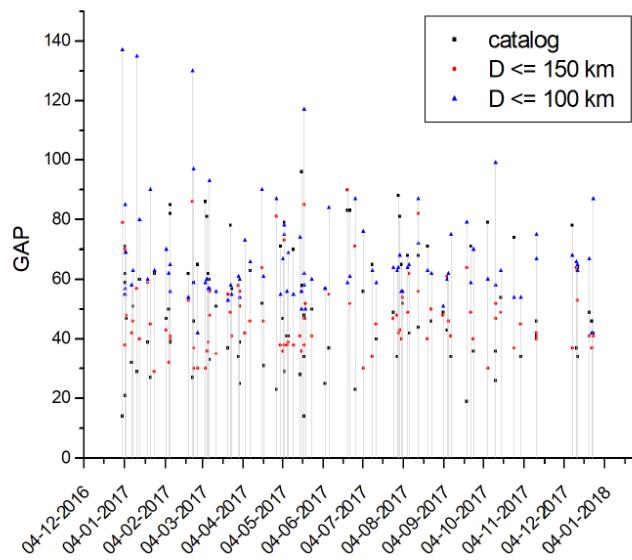


Figura 14. Distributia unghiului de acoperire azimutala.

Un factor important in pricizia localizarilor cutremurelor este dat de erorile fata de epicentru de pe semi axe. Analizand elipsa erorilor (S_{min} si S_{max}) se observa ca localizarile cu statii seismice cu distanta epicentrala ≤ 150 km au erori mai mici decat cele cu statii seismice cu distanta epicentrala ≤ 100 km.

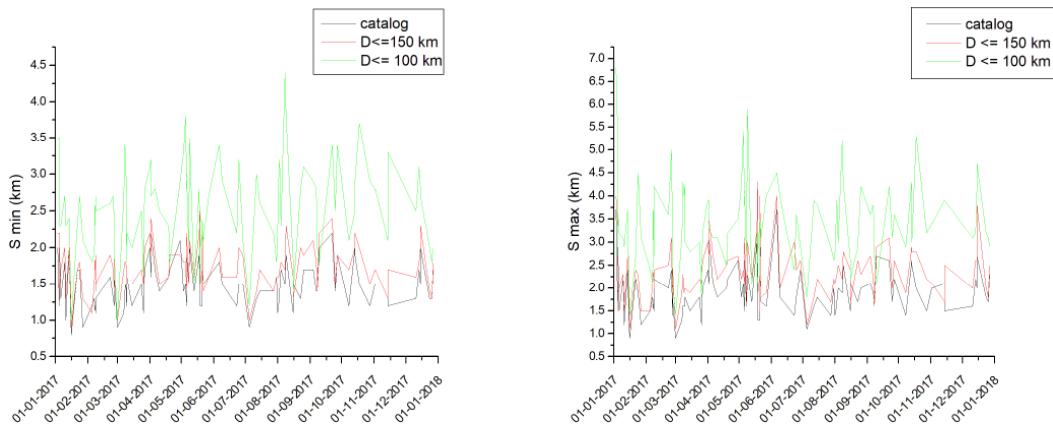


Figura 15. Analiza elipsei erorilor.

Bibliografie

Andrews DJ (1986) Objective determination of source parameters and similarity of earthquakes of different size. Maurice Ewing series, 6, American Geophysical Union, Geophysics Monograph, 37, Washington DC, pp 259-267;

Brune J (1970) Tectonic stress and spectra of seismic shear waves from earthquakes. J Geophys Res 75(26):4997–5009;

Gallo A., Costa G., Suhadolc P. (2014) Near real-time automatic moment magnitude estimation, Bull Earthquake Eng, 12:185–202, DOI 10.1007/s10518-013-9565-x;

Kanamori H (1977) The energy release in great earthquakes. J Geophys Res 82:2981–2987 ;

Bondár, I., Yang, X., North, R. G. and Romney, C. (2001): Location calibration data for CTBT monitoring at the Prototype International Data Center, Pure Appl. Geophys., 158, 19–34, DOI:10.1007/PL00001155.

Bondár, I., Myers, S. C., Engdahl, E. R., and Bergman, E. A. (2004). Epicenter accuracy based on seismic network criteria. Geophys. J. Intern., 156, 483–496; doi10.1111/j.1365246X.2004.02070.x.

Kennett, B. L. N., and Engdahl, E. R. (1991). traveltimes for global earthquake location and phase identification. Geophys. J. Int., 105, 429-465.

Sweeney, J. J. (1996): Accuracy of teleseismic event locations in the Middle East and North Africa, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-ID-125868.

Sweeney, J. J. (1998): Criteria for selecting accurate event locations from NEIC and ISC bulletins, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-JC-130655.

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului (se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de indeplinire a obiectivului cu referire la tinte stabilite si indicatorii asociati pentru monitorizare si evaluare).

Rezultate

In prezent aceasta metodologie este folosita cu succes in analiza evenimentelor seismice produse pe teritoriul Romaniei si ofera estimari stabile ale magnitudinii din moment seismic chiar si la cutremurele majore, lucru dovedit prin rezultatele obtinute in urma producerii celor doua evenimente seismice importante din 2016 cu Mw=5.7 si a celui din 2018 (toata procedura pana la trimiterea raportului final a durat aproximativ 3 minute).

In urma testarii acestei metodologii de estimare a magnitudinii moment si a parametrilor miscarii solului din date de acceleratie pentru cutremurele de adancime intermediara din zona Vrancea, se constata ca rezultatele obtinute sunt in concordanta cu solutie oferite de sistemul de achizitie si procesare a datelor in timp real Antelope dar si cu rezultatele furnizate de Sistemul de Avertizare Rapida (EWS).

Printre obiectivele studiului s-a numarat si dezvoltarea de criterii simple pentru imbunatatirea preciziei localizarilor cutremurelor vrancene, pe baza parametrilor care sunt raportati in buletinele seismice.

Stadiul realizării obiectivului:

- Obiectivul a fost realizat integral.

Concluzii

Magnitudinea obtinuta din momentul seismic aproximeaza foarte bine magnitudinea cutremurelor, prin urmare aceasta metodologie s-a dovedit a fi un mod foarte eficient pentru estimarea rapida si precisa a magnitudinii pentru evenimentele seismice majore inregistrate pe teritoriul Romaniei.

Au fost detectate in timp real 158 evenimente seismice cu magnitudine moderata ($M_w \geq 2.8$), de adâncime intermediara din zona Vrancea, înregistrate in anul 2018, inclusiv un eveniment seismic cu $M_w \leq 5.7$, iar procedura dezvoltata in cadrul acestui proiect a produs rezultate stabile, cu grad ridicat de încredere ce au contribuit la reducerea riscului seismic.

Scara de magnitudine locala M_L tinde sa subestimeze magnitudinea peste pragul de magnitudine $M_L \geq 5.5$, in consecinta rezultatul direct al acestor cercetari a constat in estimarea in timp real a magnitudinii din moment seismic M_w si a parametrilor miscarii solului din date de acceleratie, scara de magnitudine care nu se satureaza chiar si in cazul producerii unor evenimente catastrofale, reusind astfel sa eviteam situatia intrarii in limitare a canalelor de viteza folosite in momentul de fata, in cazul producerii unui cutremur catastrofal. Estimarea in timp real a magnitudinii din moment seismic si a parametrilor miscarii solului pentru cutremurele puternice, prezinta un rol important in reducerea impactului negativ al evenimentelor catastrofale asupra zonelor dens populate si, in special, in reducerea pagubelor la structurile strategice si la sistemele de intretinere (retele de electricitate, apa, conducte de gaze). Folosind datele de la cutremurele puternice vor fi dezvoltate noi tehnici care vor putea evita problema saturarii si vor calcula rapid magnitudinea cutremurelor majore, ceea ce va conduce la o mai buna estimare (solutie stabilă) in timp real a magnitudinii cutremurului.

Analizand parametrii din buletinele seismice si aplicand criteriile descrise in metodologia de lucru se poate concluziona ca localizarile cu statii seismice cu distanta epicentrala ≤ 150 km sunt suficiente pentru a reduce timpul de localizare manuala rapida si precisa al cutremurelor.

Responsabil proiect

Craiu George Marius