

CATALOAGELE DE CUTREMURE – INSTRUMENTE UTILE PENTRU MONITORIZAREA EVENIMENTELOR SEISMICE

Mirela-Adriana ANGHELACHE¹

mirelaadrianaaa@yahoo.com

ABSTRACT: Earthquake catalogs contain information about seismic events. There are different types of earthquake catalogs and they are used for several purposes, such as monitoring the seismic activity from short time periods and local scale to long time periods and regional, as well as global, scales. Earthquake catalogs are needed in order to recognize patterns of seismicity at local and regional scales, as well as for seismic hazard analysis for a given site or region. In order to contribute to devising all these assessments, an earthquake catalog has to be accessible for the community of researchers, lately by online means, continuously updated, in real time if possible, homogeneous, i.e. utilizing the same scale for magnitudes, and complete, covering, where possible, a long period of time during which all the events larger than a certain magnitude threshold are included.

KEYWORDS: earthquake catalog, seismicity, seismology, ROMPLUS, magnitude, completeness, seismic hazard

Descrierea cataloagelor de cutremure

Un catalog de cutremure este o colecție de informații despre evenimente seismice și include în primul rând date despre timpul de origine al cutremurelor, localizarea și mărimea cutremurelor, dar și informații despre gradul de distrugere (Scara de Intensitate seismică) și despre parametrii sursei seismice. De asemenea, un catalog de cutremure poate conține mai multe estimări ale magnitudinii, la modul general cu precizie de o zecimală, chiar dacă valorile furnizate de diverse stații seismice pot fi raportate cu mai multe zecimale.

¹ Cercetător științific la Institutul de Geodinamică „Sabba S. Ștefănescu” al Academiei Române; membru titular al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

Cataloagele de cutremure sunt compilate în diverse scopuri, de către diferite stații seismice și de aceea ele pot să difere prin aria acoperită, interval de timp, nivelul detectării cutremurelor și criteriile de compilare sau prin tipul și calitatea datelor. Prin urmare, nu există un catalog unic pentru un teritoriu dat, ci un set eterogen de cataloage (istorice, instrumentale, locale, globale etc) care nu sunt întotdeauna comparabile și care pot fi analizate diferit. Un progres în realizarea cataloagelor seismice îl constituie acela al compilării cataloagelor seismice globale, accesibile și online (de ex., USGS-NEIC² și ISC³). USGS-NEIC pune la dispoziție și baza de date, GHDB⁴, care constă din date disponibile pe CD-ROM, împreună cu actualizări ale determinărilor preliminare săptămânale și lunare ale epicentrelor, PDE⁵, precum și determinări rapide de cutremure, QED⁶.

De obicei, un catalog concentrează într-un singur rând (de ex., o înregistrare), informațiile esențiale privind momentul producerii, localizarea și mărimea unui cutremur, după cum se ilustrează în exemplul următor din catalogul de parametri ai cutremurelor italiene (1999), disponibil și online⁷, și care se referă la un cutremur produs în Basilicata, în sudul Italiei⁸:

Anno	We	Th	Ho	Mi	Se	AE	Np	Imx	Io	Lat	Lon	Mm	Dm	Ms	Ds
1963	02	13	12	45	TITO	31	7.0	7.0	40.658	15.782	4.80	0.45	5.0	0.14	

unde, pe lângă precizarea momentului producerii (Anno We Th Ho Mi Se⁹) și coordonatelor geografice ale epicentrului (Lat, Lon) în grade și zecimale, sunt de asemenea indicate:

AE = denumirea zonei unde efectele cutremurei sunt maxime

Np = numărul de puncte (localități) în care este disponibilă intensitatea macroseismică (scara MCS¹⁰)

Imx = intensitatea maximă

Io = intensitatea epicentrală

Mm = magnitudinea macroseismică (estimată pornind de la intensitate), cu o eroare relativă asociată estimării, Dm

Ms = magnitudinea instrumentală (de la undele de suprafață), cu o eroare relativă asociată estimării, Ds

² US Geological Survey / National Earthquake Information Center at Denver, Colorado

³ International Seismological Centre

⁴ Global Hypocenter Data Base

⁵ Preliminary Determinations of Epicenters

⁶ Quick Earthquake Determinations

⁷ <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>

⁸ Din Faccioli E., Chapter VI, *Seismic Hazard Analysis*, p. 159.

⁹ An, Luna, Zi, Ora, Min, Sec.

¹⁰ Mercalli – Cancani – Sieberg, v. și în Mirela-Adriana Anghelache, 2018, *Parametrii surselor seismice – Intensitatea seismică și Magnitudinea*, Studii și comunicări/DIS, vol. XI, p. 353.

În realitate, „în spatele” unei singure înregistrări dintr-un singur catalog există în majoritatea cazurilor o arhivă de date (sau informații istorice) mult mai bogată, care trebuie consultată pentru o înțelegere mai aprofundată a evenimentului seismic.

Abordarea multiscară în analiza cataloagelor de cutremure

Cataloagele pot cuprinde date despre cutremure la:

- a) scară mică, cutremure declanșate de erupții vulcanice;
- b) scară intermediară: de ex. cataloagele instrumentale pentru Romania;
- c) scară mare: catalogul ROMPLUS pentru Romania, elaborarea unui catalog unificat pentru Africa de Nord etc.

a) Cataloagele de cutremure produse de erupțiile vulcanice au următoarele caracteristici:

- acoperă o arie cu $R \sim 25\text{--}50$ km;
- datele seismice sunt măsurate instrumental;
- calitatea datelor la scară locală este bună;
- surprind evenimentele seismice de magnitudine scăzută;
- evoluția temporală a seismicității este pentru perioade scurte de timp, de ex. pe o săptămână.

Cu ajutorul acestor cataloage se realizează modele pentru seismicitatea locală.

b) Cataloagele de cutremure la scară intermediară au următoarele caracteristici:

- acoperă o arie cu $R \sim 100$ km;
- datele seismice sunt măsurate instrumental la scară națională, eventual integrate cu informații despre intensitate;
- surprind evenimentele seismice de magnitudine ridicată;
- evoluția temporală a seismicității este la scară de timp intermediară, de ex. de la un an la 10 ani.

Cu ajutorul acestora se realizează modele pentru seismicitatea regională.

c) Cataloagele de cutremure la scară mare au următoarele caracteristici:

- acoperă o arie cu $R \sim 1000$ km;
- datele seismice sunt măsurate la scară mare și pe o perioadă lungă de timp, 10–30 ani sau mai mult, în principal cuprind informații despre intensitate;

- surprind cele mai mari cutremure;
 - evoluția temporală a seismicității este pe termen lung;
- Cu ajutorul acestora se realizează analizele de hazard seismic.

Toate bazele de date de cutremure prezintă erori, lucru care pot duce la concluzii eronate într-un studiu bazat pe cataloagele de cutremure. Pentru a înlătura erorile este de preferat:

- să se amâne analiza până când datele sunt reevaluate;
- să se realizeze o analiză comparativă între diferite cataloage, atunci când sunt disponibile mai multe;
- să se utilizeze metode robuste de analiză, în limitele aplicabilității lor;
- să se testeze robustețea rezultatelor obținute vs. erorile posibile din setul de date.

Controverse legate de cataloagele de cutremure

Din studiul cataloagelor de cutremure se pot extrage multe informații, iar întrebarea „Ce aflăm din ele?” oferă o multitudine de răspunsuri. Există două răspunsuri extreme: unul pesimist, care susține că datele seismice nu reflectă realitatea schimbărilor din interiorul Pământului, ci mai degrabă variațiile observate sunt legate de fapt de schimbările din sistemele de detectare ale cutremurelor și unul optimist, care susține că în cataloagele de cutremure există cea mai sigură înregistrare a distribuției cutremurelor de mărimi diferite, în spațiu și timp¹¹.

Dincolo de aceste aspect, rămâne certitudinea că aceste cataloage de cutremure oferă posibilitatea de a studia în mod sistematic variabilitatea seismicității în spațiu și timp.

Seismicitate istorică și instrumentală

Sursa principală a datelor despre seismicitate, care poate fi analizată statistic, este constituită din cataloage sau baze de date ale cutremurelor din trecut. Deși primele seismografe au început să opereze la sfârșitul secolului al XIX-lea, făcând posibilă înregistrarea instrumentală a cutremurelor care sunt, din punctul de vedere al energiei degajate, cele mai puternice, seismologia cantitativă „modernă” s-a afirmat doar după după

¹¹ În cursul lui Kossobokov V., de la Advanced School on Understanding and Prediction of Earthquakes and other Extreme Events, The Abdus Salam ICTP, Miramare, 2011 .

introducerea scării de magnitudine a lui C.F. Richter, în anul 1935¹². Prin urmare, cataloagele de cutremure din majoritatea țărilor sunt de tip istoric, ele bazându-se, aproximativ pînă la începutul celui de-al doilea război mondial, sau chiar după aceea, pe observații macroseismice. Cataloagele au devenit preponderent, sau exclusiv, instrumentale începând din cea de-a doua jumătate a secolului trecut. În zilele noastre cataloagele seismice acoperă perioade lungi de timp, prin compilări ale celor două tipuri de cataloage, istorice și instrumentale.

Odată cu îmbunătățirea treptată a sistemelor de observare seismologică (recent consolidată prin introducerea instrumentelor digitale), calitatea și nivelul de completitudine (de ex. în raport cu un prag minim de magnitudine) ale cataloagelor seismice variază semnificativ în timp. Pentru cutremurele pre-instrumentale, elementul fundamental care permite estimarea cantitativă a severității unui eveniment seismic este intensitatea sau harta intensității, care este construită pornind de la informația istorică disponibilă.

Completitudinea cataloagelor de cutremure

Cu cât se caută date despre cutremure din ce în ce mai vechi, cu atît informația din cataloage este mai sporadică și mai nesigură (de ex. pentru perioadele din antichitate se găsesc, aproape în exclusivitate, mărturii doar despre evenimente seismice distructive). Examinând în detaliu anumite zone se pot găsi devieri semnificative de la valorile cuprinse în baza de date, devieri care sunt determinate de neomogenitatea în distribuția și continuitatea surselor istorice și în compilarea cutremurelor celor mai vechi.

Din această cauză, atunci când se fac analize de hazard seismic pentru anumite amplasamente sau regiuni, este necesară mai întîi evaluarea specifică, de completitudine a catalogului. Una dintre cele mai simple metode de analiză a completitudinii catalogului de cutremure este metoda „cumulativă vizual”, care este o metodă grafică de estimare a perioadelor de timp în care catalogul este complet.

Pentru aceasta¹³: i) se alege un catalog de cutremure pentru un amplasament sau regiune existent sau compilat din surse diferite, folosindu-se,

¹² v. și în Mirela-Adriana Anghelache, 2018, *Parametrii surselor seismice – Intensitatea seismică și Magnitudinea*, Studii și comunicări/DIS, vol. XI, p. 354

¹³ În Faccioli E., Chapter VI, *Seismic Hazard Analysis*, p. 161–162.

acolo unde este posibil, un criteriu de omogenizare (de ex. cel pentru magnitudine), iar replicile sunt eliminate la rândul lor printr-o metodă specifică; ii) se stabilește o subdiviziune suficient de mare pentru clasele de magnitudine, care se poate baza fie pe folosirea *intervalelor* care conțin doar cutremurele din același interval de magnitudine (intensitate) considerat, fie pe folosirea *cumulării*, care cuprinde toate evenimentele de magnitudine (intensitate) care depășesc limita inferioară a intervalului considerat; iii) pentru fiecare clasă de magnitudine, după ce se alege un interval de timp potrivit (de ex., între 20 și 40 de ani), se construiește un grafic care are pe abscisă timpul în ani, pornind de la începutul catalogului, și pe ordonată numărul cumulativ de evenimente (în fiecare interval se ia numărul de evenimente seismice care sunt prezente în interval și se adună cu cele din intervalul anterior și iv) sunt estimate ca fiind „complete” perioadele cele mai recente din grafic, care sunt determinate de la un punct anterior de la care linia de tendință aproximează destul de bine o linie dreaptă (de fapt, o curbă care are o pantă medie aproximativ constantă), cel puțin pentru câteva decenii, pornind de la un anumit prag al magnitudinii. O pantă medie constantă în grafic, într-un interval recent, indică rata medie de apariție a cutremurelor din clasa de magnitudine considerată, și semnifică faptul că datele disponibile sunt complete.

Cataloge seismice pentru Romania – catalogul Romplus

Pentru cutremurele care au avut loc pe teritoriul României s-au publicat mai multe cataloage, cum ar fi: Purcaru, 1979; Radu, 1979, 1991; Constantinescu și Mârza, 1980; Trifu și Radulian, 1991¹⁴.

În prezent, catalogul oficial al Institutului Național de Cercetare și Dezvoltare pentru Fizica Pământului este catalogul ROMPLUS. În acest catalog au fost preluate informațiile existente în catalogul lui Constantinescu și Mârza (1980) pentru perioada 984–1979, iar între 1980–1997 toate evenimentele seismice au fost localizate sau relocalizate folosind datele digitale (Oncescu et al., 1999). După 1997 catalogul a fost completat permanent și adus la zi cu datele referitoare la evenimentele seismice care au avut loc pe teritoriul României și în vecinătatea granițelor naționale. Catalogul nu conține reinterpretări ale cutremurelor istorice, parametrii

¹⁴ Oncescu, M.C., Marza, V.I., Rizescu, M. Si Popa, M., 1999, *The Romanian Earthquake Catalogue between 984–1997*, In F. Wenzel et al. (eds), *Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation*, Kluwer Academic Publishers, p. 43.

pentru aceste evenimente fiind preluați din catalogul lui Constantinescu și Mârza (1980). Diferitele scări de magnitudine utilizate au fost convertite într-o singură scară, M_w , magnitudinea din moment, conform unor formule sau scheme de conversiune pentru magnitudine¹⁵, cu scopul de a omogeniza magnitudinile tuturor cutremurelor.

Capul de tabel pentru Romplus, disponibil online, cuprinde:

Data/Ora Regiune Lat Lon Mag h (km)

unde:

Mag = magnitudine locală, măsurată pe scara Richter¹⁶, care poate fi convertită în M_w
h (km) = adâncimea hipocentrului

De asemenea, este publicat¹⁷ catalogul soluțiilor planului de falie și al parametrilor sursei seismice și care acoperă perioada de timp cuprinsă între 1929 și 1997, iar online se pot accesa și soluțiile mecanismului de falie, precum și parametrii surselor celor mai importante cutremure recente.

Catalogul nu este complet înainte de 1400. Oncescu et al. (1999) susțin că ROMPLUS este complet între 1411–1800 pentru $M_w \geq 7$, între 1801–1900 pentru $M_w \geq 6,5$, între 1901–1935 pentru $M_w \geq 5,5$, între 1936–1977 pentru $M_w \geq 4,5$ și între 1978–1997 pentru $M_w \geq 3$.

Câteva baze de date pentru cataloagele de cutremure

– *Global Hypocenters Data Base CD-ROM* NEIC/USGS, Denver, CO (1989), cu actualizările respective.

Online:

– <http://www.infp.ro>

– <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>

– <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/#iscbulletin>

– <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

– <http://www.ncedc.org/anss/catalog-search.html>

¹⁵ *Ibidem*, p. 44.

¹⁶ v. și Mirela-Adriana Anghelache, 2018, *Parametrii surselor seismice – Intensitatea seismică și Magnitudinea*, Studii și comunicări/DIS, vol.XI, p. 43.

¹⁷ v. Rom. Journ. Phys., Vol.47, 5–6, 663–685.

Bibliografie:

- [1] Anghelache, M.A., 2018, *Parametrii surselor seismice – Intensitatea seismică și Magnitudinea*, Studii și comunicări/DIS, vol.XI, Editura Mega, 352–358.
- [2] Constantinescu, L. and Marza, V.I., 1980, *A computer-compiled and computer-oriented catalogue of Romania's earthquakes during a millennium (AD 984–1979)*, Rev. Roum. Geophys. 24, 193–234
- [3] Faccioli, E., 2003, *Course of Engineering Seismology and Seismic Hazard. Chapter VI – Seismic hazard analysis*, Rose School, Pavia, Italy.
- [4] Kossobokov, V., 2011, *Lectures*, Advanced School on Understanding and Prediction of Earthquakes and other Extreme Events, The Abdus Salam ICTP, Miramare.
- [5] Oncescu, M.C. si Bonjer, K.P., 1997, *A note on the depth recurrence and strain release of large intermediate Vrancea earthquakes*, Tectonophysics 272, 291–302.
- [6] Oncescu, M.C., Marza, V.I., Rizescu, M. Si Popa, M., 1999, *The Romanian earthquake catalogue between 984–1997*. In F. Wenzel et al. (eds), *Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation*, Kluwer Academic Publishers, 43–47.
- [7] Purcaru, G., 1979, *The Vrancea, Romania, earthquake of March 4, 1977 – a quite successful prediction*, Phys. Earth. Planet. Inter. 18, 274–287.
- [8] Radu, C., 1979, *Catalogue of strong earthquakes occurred on the Romanian territory. Part I – before 1901; Part II – 1901–1979*, in Cornea si C. Radu (eds.), *Seismological Studies on the March 4, 1977 Earthquake*, Bucuresti, 723–752.
- [9] Radu, C., 1991, *Strong earthquakes occurred on the Romanian territory in the period 1901–1990*, Vitralii 3, 12–13.
- [10] Radulian, M., Popescu Emilia, Bala, A., Utale Ana, 2002, *Catalog of fault plane solutions for the earthquakes occurred on the romanian territory*, Romanian Journ. of Physics, Vol. 47, 5–6, 663–685.
- [11] Trifu, C.I. si Radulian, M., 1991, *Depth-magnitude catalogue of Vrancea intermediate depth micro-earthquakes*, Rev. Roum. Geophys. 35, 31–45.