

GHID PRIVIND ADAPTAREA  
SCĂRII DE INTENSITĂȚI SEISMICE EUROPENE *EMS* – 98  
LA CONDIȚIILE SEISMICE ALE ROMÂNIEI  
ȘI LA NECESITĂȚILE INGINEREȘTI

## 1. GENERALITĂȚI

Lucrarea prezintă elemente metodologice pentru dezvoltarea unei scări de intensități seismice de factură tradițională de așa natură, încât să se realizeze o apropiere de unele necesități actuale de natură științifică și tehnică, de importanță incontestabilă. Dintre scările de intensități de factură tradițională, este adoptată ca referință scara *EMS-98*, [2], cea mai evoluată, în prezent însușită de Comisia Seismologică Europeană. Lucrarea pleacă de la o serie de realizări și constatări care evidențiază merite importante ale scării menționate, dar și o serie de limitări ale acesteia, ca și posibilități de dezvoltare, având în vedere atât evoluția cunoștințelor de bază, cât și disponibilitatea actuală a unui tezaur de date instrumentale (accelerografice), atât la nivel mondial, cât și în țara noastră. Trebuie menționată în acest context, ca un element de importanță fundamentală, experiența directă din țara noastră, determinată de incidența cutremurelor puternice recente. În urma cutremurului din 1977.03.04 a devenit disponibilă o primă înregistrare de bună calitate la nivelul terenului, obținută la INCERC – București. În timpul cutremurelor din 1986.08.30, 1990.05.30 și 1990.05.31 s-au obținut numeroase înregistrări, care au oferit o imagine a fenomenelor seismice de o precizie și o certitudine de neatins în absența instrumentării.

Lucrarea are ca obiectiv principal prezentarea unor dezvoltări care urmăresc adaptarea abordării macroseismice la necesitățile ingineresti de precizie și certitudine, ca și la necesitatea de a se acoperi problemele generate (cu deosebire în țara noastră) de varietatea de compoziții spectrale evidențiată de fondul de date accelerografice disponibile în prezent.

Prezenta lucrare a fost elaborată în cadrul activităților care urmăresc perfecționarea și dezvoltarea bazei normative privind protecția antiseismică. Printre elementele metodologice fundamentale, necesare activităților de specialitate, se găsește fără îndoială, în primele

rânduri, problema cuantificării severității mișcării seismice a terenului. Importanța disponibilității unor instrumente de măsură adecvate în acest domeniu este cel puțin evidentă. Examinarea retrospectivă a activității de specialitate evidențiază eforturile făcute de cercetători în vederea dezvoltării unor instrumente de măsură adecvate. Se pot identifica două orientări de bază care, din punct de vedere cronologic, se succed în mare măsură:

a) abordările specifice perioadei preinstrumentale (inițiate în Europa practic în secolul 18), care s-au axat în linii mari pe definirea și cuantificarea intensității macroseismice (între aceste abordări se încadrează și unele tentative, în prezent vechi, de atribuire, pe baza unor elemente de apreciere, pentru diferitele grade de intensitate, a unor valori, sau intervale de valori, ale unor parametri cinematici ai mișcării seismice a terenului);

b) abordările specifice perioadei instrumentale, în care s-a putut beneficia pe de o parte de date instrumentale (accelerografice) de bună calitate și, pe de altă parte, de un suport analitic coerent (dezvoltările specifice Dinamicii structurilor și Ingineriei seismice), care au fost caracterizate de introducerea unui număr mare de caracterizări pe baze instrumentale (accelerografice) a severității mișcării terenului pentru cazurile în care se dispunea de date instrumentale utilizabile în bune condiții.

Cele două orientări coexistă în prezent, iar în sprijinul fiecăreia dintre ele există argumente puternice, de necontestat.

În sprijinul orientării (a) există două argumente principale:

- pentru dezvoltarea cunoștințelor din domeniul seismologiei, seismologiei ingineresti și ingineriei seismice nu se poate face abstracție de experiența trecutului, iar pentru evenimentele din trecut (anterioare, în linii mari, jumătății secolului 20) se dispune exclusiv de informație macroseismică;

- chiar în prezent, în ciuda faptului că la nivel mondial numărul accelerografelelor instalate este de ordinul zecilor de mii, densitatea rețelelor accelerografice se situează, chiar în țările cele mai avansate, sub necesitățile implicate de necesitățile de cunoaștere detaliată, astfel încât este necesară completarea informației instrumentale cu informație de proveniență macroseismică.

Pe de altă parte, în sprijinul orientării (b) există alte două argumente principale:

- informația de natură instrumentală prezintă o precizie și o certitudine care, într-un fel, o apropie de perfecțiune, situând-o într-o categorie mult superioară, din punctul de vedere al exigențelor științifice și tehnice, față de informația macroseismică;

-informația de natură instrumentală este în acord cu conceptele moderne din domeniul Dinamicii structurilor și Ingineriei seismice.

De pe pozițiile orientării moderne se pot aduce mai multe critici stadiului reprezentat de utilizarea exclusivă, în concepția tradițională, a criteriilor macroseismice de cuantificare a intensității seismice. Deși nu este singura critică, cea mai importantă se referă la totala neglijare, de către criteriile macroseismice de factură tradițională, a caracterizării spectrale a mișcării seismice, caracterizare care, în lumina concepțiilor ingineresti actuale, este de importanță fundamentală. După cum se arată exemplificativ în subcapitolul 2.2, neglijarea caracterizării spectrale a mișcării seismice a terenului a condus în trecut la erori evidente de zonare a teritoriului, fapt cu implicații sociale serioase.

Avantajele fiecăreia dintre cele două orientări fac ca acestea să aibă un caracter complementar și să apară necesitatea de utilizare corelată a lor, în vederea dezvoltării cunoștințelor metodologice de bază, ca și în vederea acumulării de cunoștințe concrete privind condițiile seismice ale diferitelor zone geografice. Din păcate, în prezent se observă continuarea unei separări între activitățile specifice celor două orientări, ca și o lipsă de comunicare între ele. Prezenta lucrare se constituie într-un ghid în cadrul căruia se urmărește o abordare mai generală și mai nuanțată a scării de intensități seismice, de așa natură încât:

- să se tindă spre o compatibilizare cu necesitățile ingineresti de precizie și certitudine;
- să se acopere (în consecință) problemele ridicate (în mod deosebit în țara noastră) de varietatea de compoziții spectrale, evidențiată de datele instrumentale disponibile.

În scopul îmbunătățirii și îmbogățirii fondului de cunoaștere și de metodologii de specialitate, a fost efectuată traducerea în limba română a textului documentului [2], prezentându-se în paralel, în [7], textul original și textul românesc. Textul respectiv este însoțit de o prezentare comparativă a scărilor de intensități *MSK-64* și *EMS-98*, de exemple ilustrative referitoare la estimarea gradului de avariere pentru unele clădiri din România afectate de cutremurul din 1977 și de exemple de atribuire a intensității *EMS-98* pentru cutremure puternice din trecut (din 1802 și 1838), pe baza unor însemnări documentare.

Lucrarea își are originile în experiența cutremurului din 1977.03.04, iar în dezvoltările prezentate se dau unele detalii în acest sens, cu privire la dezvoltarea preocupărilor de punere

în valoare, la un nivel cât mai complet, a informației macroseismice, și de dezvoltare a unor instrumente analitice adecvate problematicii de specialitate (în această direcție se prezintă dezvoltări referitoare atât la criteriile instrumentale, cât și la legătura dintre conceptele de vulnerabilitate seismică și de intensitate seismică, prin care s-a devansat abordarea întâlnită în cadrul scării *EMS-98*).

În urma cutremurului din 1977.03.04, s-a efectuat o anchetă macroseismică uzuală, conform metodologiei definite de scara *MSK-64*. Pe lângă aceasta, a fost inițiată o anchetă inginerescă aprofundată, în cadrul căreia s-a acordat atenție unui aspect neglijat de toate scările de intensități de factură tradițională, anume compoziția spectrală a mișcării seismice. Ca rezultat al anchetei ingineresti, s-au determinat pentru câteva zeci de carouri geografice din București spectre statistice de avariere, raportate la o succesiune de intervale spectrale. Pe această bază s-au schițat hărți de isoseiste raportate la anumite intervale spectrale și, de asemenea, s-au făcut estimări de vulnerabilitate pentru o serie de categorii de construcții. Trebuie menționată în acest context corelația încurajatoare constatată între estimările spectrale efectuate pe baza anchetei ingineresti și caracteristicile spectrale ale mișcării seismice determinate pe baza prelucrării înregistrării de la INCERC - București. Această constatare încurajatoare a stat la baza unor lucrări cu caracter analitic, în care au fost propuse măsuri ale intensității seismice bazate pe date instrumentale, au fost făcute comparații cu estimările macroseismice de intensitate și au fost efectuate analize statistice privind corelațiile dintre o serie de măsuri alternative, ca și calibrări ale unor parametri proprii măsurilor respective [8]. O altă direcție de dezvoltări analitice a fost aceea a legăturii dintre conceptele de vulnerabilitate seismică și de intensitate seismică [8]. Aceasta a anticipat atenția prioritară acordată în cadrul scării *EMS-98* conceptului de vulnerabilitate seismică, apreciat ca element fundamental pentru definirea și estimarea intensității seismice.

Deși scările de intensități moderne (în special *MSK* și *EMS*) reprezintă un progres incontestabil în comparație cu scările mai vechi, trebuie menționat faptul că ele sunt afectate și de unele caracteristici criticabile, dintre care în primul rând: lipsa unei corelări satisfăcătoare între criteriile macroseismice și cele instrumentale, ca și lipsa de preocupare pentru compoziția spectrală a mișcării terenului (a cărei importanță este larg recunoscută în cadrul ingineriei seismice).

O soluție posibilă și coerentă a problemei relației dintre criteriile macroseismice și cele instrumentale, este aceea a unei modificări radicale a raportului dintre criteriile macroseismice și cele instrumentale, în sensul de a se postula un sistem de criterii instrumentale drept criterii fundamentale de estimare a intensității și de a se considera criteriile macroseismice drept criterii secundare [8]. Implementarea acestei soluții ar întâmpina însă în prezent obstacole importante. Pe de o parte, densitatea rețelelor accelerografice actuale este încă modestă, chiar în țările bogate și avansate, iar acest fapt limitează informația instrumentală. Pe de altă parte, un obstacol și mai puternic ar putea fi constituit de lipsa de disponibilitate a celor interesați, de a accepta o astfel de schimbare radicală. Având în vedere aceste fapte, este de așteptat că introducerea în practică a unei abordări pe linia modificărilor preconizate va fi posibilă numai după un timp relativ îndelungat, în care să se lucreze în regim de colaborare interdisciplinară și să se acumuleze date și experiență directă. Dezvoltările din lucrare sunt concepute în acest spirit.

Ghidul prezintă dezvoltări susceptibile de aplicare în împrejurările în care prezintă interes conceptul de intensitate:

- estimarea nivelului de severitate a mișcării seismice produse în timpul cutremurelor puternice, după incidența acestora;
- revederea estimărilor nivelului de severitate pentru cutremure anterioare, chiar “istorice”;
- precizarea semnificației conceptului de intensitate în documentele normative în care acesta este utilizat;
- precizarea conceptului de vulnerabilitate, din punctul de vedere al cuantificării severității mișcării terenului, la care se raportează distribuțiile condiționate în raport cu gradele de avariere.

Din cele arătate, rezultă că dezvoltările prezentate se adresează cercetătorilor din domeniile seismologiei și seismologiei ingineresti, ca și cercetătorilor preocupați de analiza vulnerabilității construcțiilor.

Lucrarea se adresează astfel cercetătorilor din domeniile seismologiei ingineresti și ingineriei seismice, ca și specialiștilor implicați în utilizarea scărilor de intensități seismice (în mod special a scării *EMS-98*, în prezent adoptată oficial de Comisia Seismologică

Europeană), având în vedere diferitele funcțiuni ale scărilor de intensități seismice, menționate în continuare.

Prezenta lucrare pleacă de la următoarele premize principale:

- scările de factură tradițională (inclusiv scara *EMS-98*) prezintă limitări semnalate în continuare, care implică limitări ale satisfacerii rolului atribuit lor;
- dezvoltarea scării de intensități seismice implică o activitate de anvergură și de durată, în care aplicarea experimentală cu ocazia producerii unor cutremure semnificative joacă un rol de primă importanță.

Scopul lucrării este acela, de a contribui la utilizarea unei mai complete și consecvente caracterizări a mișcării seismice a terenului, prin intermediul:

- prezentării unor elemente metodologice care completează prevederile scărilor de intensități seismice de factură tradițională, oferind posibilitatea unei caracterizări mai complete a mișcării seismice a terenului;
- favorizării aplicării experimentale a unei metodologii adaptate necesităților prezentate în lucrare, în vederea acumulării de date și de experiență, în special cu ocazia producerii unor viitoare cutremure puternice.

Caracterizarea mai completă, la care se face referire, are în vedere toate funcțiunile conceptului de intensitate seismică.

Adaptarea scării *EMS-98* la necesitățile ingineresti și la condițiile seismice ale țării noastre constă în esență în:

- prezentarea unui sistem de criterii instrumentale care permite o abordare flexibilă a evaluării intensității seismice, mergând de la o caracterizare globală, similară celei date de scările de factură tradițională, până la o caracterizare detaliată, capabilă de a reflecta, după caz, caracteristici de natură spectrală și direcțională ale mișcării seismice;
- crearea de posibilități de caracterizare într-un cadru unitar a intensității unor mișcări seismice cu caracteristici spectrale considerabil diferite, situație specifică țării noastre;
- crearea de premize pentru extinderea criteriilor macroseismice date în prezent de scara *EMS-98* prin considerarea unor sisteme constructive noi, utilizate în trecutul recent pentru dezvoltarea fondului construit din țara noastră.

Structura lucrării este următoarea: în corpul principal se prezintă elemente de fundamentare și elemente referitoare la aplicare și dezvoltarea ghidului; se fac unele referiri la cercetările prezentate în lucrarea [8], unde se prezintă: un sistem de criterii de estimare a intensității bazat pe date instrumentale, o variantă simplificată a acestuia, considerații privind relația dintre conceptele de intensitate seismică și de vulnerabilitate seismică, precum și un chestionar destinat în principal urmării comportării unor construcții aparținând unui eșantion supus mai multor cutremure semnificative succesive, în vederea identificării modului și măsurii în care evenimentele succesive și eventualele intervenții ale omului influențează vulnerabilitatea seismică și ar trebui considerate în dezvoltarea sistemului de criterii macroseismice.

## 2. ELEMENTE DE FUNDAMENTARE

### 2.1. Referiri la dezvoltarea scărilor de intensități

Preocuparea pentru compararea nivelului de severitate a mișcărilor seismice și pentru cuantificarea acestei severități a apărut în Europa spre sfârșitul secolului al XVIII-lea. Treptat s-au dezvoltat mai multe scări de intensitate seismică, dintre care mai sunt utilizate în prezent:

- scara *MCS* (Mercalli – Cancani - Sieberg), mai mult în Italia;
- scara *MM* (Mercalli modificată, de Neumann și Richter), mai mult în America;
- scara *MSK* (Medvedev – Sponheuer – Kárník), încă, în Europa și
- scara *EMS* (European Macroseismic Scale, elaborată sub coordonarea grupului G.

Grünthal – J. Schwarz – R. Musson – M. Stucchi), în perspectivă de utilizare generalizată în Europa.

Scara *EMS* este însușită în prezent de Comisia Seismologică Europeană în varianta *EMS-98* [2], după ce și unele scări precedente fuseseră însușite anterior. Scările enumerate prezintă o filieră comună și reprezintă, în mare măsură, continuări și perfecționări ale unor începuturi mai vechi, neamintite mai înainte. De notat că în Japonia se utilizează o scară dezvoltată într-o filieră diferită, scara *JMA* (Japan Meteorological Agency).

O trăsătură comună a scărilor menționate este faptul că ele acordă prioritate (dacă nu exclusivitate) utilizării *criteriilor macroseismice* (criterii care corespund observației vizuale în situația în care se efectuează anchete după cutremure, în scopul estimării distribuției geografice a nivelului de severitate a mișcării terenului). Fără a se aprofunda în acest loc

problematica criteriilor macroseismice, trebuie menționat faptul că în etapele succesive de dezvoltare a scărilor de intensități s-a înregistrat un progres continuu în aprofundarea criteriilor macroseismice de estimare a intensității seismice. Astfel, în scara *MSK*, criteriile macroseismice pot fi grupate în trei categorii:

- a) criterii referitoare la reacția oamenilor și animalelor;
- b) criterii referitoare la comportarea lucrărilor omului (în primul rând, a construcțiilor);
- c) criterii referitoare la efectele cutremurului asupra mediului natural, geologic – hidrologic.

Dintre acestea, criteriile din categoria (a) sunt semnificative practic numai pentru intensitățile joase, care nu au efecte din alte categorii. Criteriile din categoria (b) sunt cele mai importante și elaborate, fiind de importanță fundamentală în cazul intensităților semnificative, ridicate (asupra lor se revine succint în continuare). Criteriile din categoria (c) sunt semnificative de regulă numai pentru intensitățile cele mai ridicate (și prezintă mai puțină relevanță pentru țara noastră).

Criteriile din categoria (b) au la bază următoarele coordonate principale:

- definirea categoriei de lucrări la care se referă criteriile;
- descrierea și cuantificarea gradelor de avariere care pot caracteriza efectele asupra diferitelor categorii de lucrări;
- caracterizarea distribuției gradelor de avariere (frecvenței relative cu care se observă aceste grade în cadrul anchetelor);
- estimarea, pe această bază (cu considerarea ponderată a mai multor categorii de lucrări), a intensității.

Aceste criterii sunt formulate de așa natură, încât ele să fie utilizabile de către persoanele care răspund formularelor de anchetă (pe de o parte, să poată fi înțelese de acestea; pe de altă parte, informația cerută să poată fi obținută rapid, fără eforturi speciale).

După ce scara *MSK* a înregistrat, în comparație cu scările anterioare, un progres remarcabil în ceea ce privește formularea criteriilor macroseismice, scara *EMS* a adus o nouă perfecționare, care o situează din acest punct de vedere la un nivel superior. Elementul conceptual nou, cel mai semnificativ, al scării *EMS* (în varianta în prezent oficializată *EMS-98*) este reprezentat de utilizarea explicită și consecventă a conceptului de vulnerabilitate

seismică, făcându-se și utilizându-se în permanență legătura logică între criteriile macroseismice din categoria (b) și propoziții (relativ vagi) referitoare la vulnerabilitatea seismică a lucrărilor omului. Trebuie menționat faptul că textul scării *EMS-98* este însoțit de comentarii și exemplificări elaborate cu un înalt grad de atenție și competență.

În trecut au fost făcute încercări de a se formula și *criterii instrumentale* pentru estimarea intensității seismice. Dintre acestea, soluția cea mai recentă, care s-a încercat să fie și cea mai completă, este cea corespunzătoare scării *MSK*, standardizată în țara noastră în varianta *MSK-64* [3]. Criteriile instrumentale, considerate drept criterii secundare, date în anexa standardului, sunt cele din tabelul 1.

*Tabelul 1. Criterii instrumentale de evaluare a intensității seismice, conform scării MSK-64.*

Gradul de intensitate	Criterii instrumentale de evaluare		
	Accelerația de vârf a mișcării terenului, $\text{cm/s}^2$	Viteza de vârf a mișcării terenului, $\text{cm/s}$	Deplasarea de vârf a seismoscopului SBM, mm
VI	25...50	2...4	1...2
VII	50...100	4...8	2...4
VIII	100...200	8...16	4...8
IX	200...400	16...32	8...16

Notă: seismoscopul SBM (Medvedev) are perioada proprie 0.25s și decrementul logaritmic 0.5.

Trebuie menționat că un istoric al acestor tentative de cuantificare evidențiază faptul că, pentru un grad de intensitate dat, nivelul amplitudinii atribuite mișcării terenului a avut o tendință continuă de creștere (spre exemplu, între variantele *MSK-64* și *MSK-76* a apărut o creștere medie de cca. 40%; astfel, pentru gradul VIII, după criteriul accelerațiilor de vârf, valorile erau cuprinse în intervalul 100...200  $\text{cm/s}^2$  în varianta *MSK-64*, respectiv se considerau în medie de 200  $\text{cm/s}^2$  în varianta *MSK-76*).

De notat că în scara *EMS-98* s-a renunțat total la criteriile instrumentale. Se arată în textul scării *EMS-98* că o reintroducere a acestora este o problemă a viitorului, pe măsura

sistematizării și sintezei bogatei informații instrumentale care este oferită în prezent și în perspectivă de înregistrările obținute în timpul cutremurelor puternice. Se poate aprecia că această renunțare reprezintă un pas înapoi față de scara *MSK*. În loc de a se ocoli dificultățile create de inadvertențele criteriilor instrumentale ale scării *MSK* (semnalate exemplificativ în continuare), ar fi fost de dorit găsirea unei soluții mai bune, respectiv dezvoltarea unui sistem de criterii instrumentale în cât mai mare măsură satisfăcător. Această filosofie a scării *EMS* (alături de un caracter vag al unora dintre formulările referitoare la criteriile macroseismice) a fost adoptată în esență sub presiunea seismologilor interesați în estimarea intensităților pentru cutremurele istorice (inclusiv a celor din antichitate), pentru care informația disponibilă este vagă și caracterizată printr-o incertitudine ridicată.

## 2.2. Referiri la datele instrumentale

În țara noastră primele înregistrări ale mișcării seismice produse de un cutremur puternic au fost obținute în timpul cutremurului din 1977.03.04. Cea mai importantă înregistrare (singura completă, la nivelul terenului liber) a fost cea obținută la INCERC – București, cu ajutorul unui accelerograf japonez SMAC - B. Dintre componentele mișcării, cea mai puternică a fost componenta N-S. Tentativa de utilizare a criteriilor instrumentale date de scara *MSK* în vederea estimării intensității seismice pentru această componentă s-a soldat cu următorul rezultat:

- după criteriul accelerațiilor de vârf ale mișcării terenului, VIII;
- după criteriul vitezelor de vârf ale mișcării terenului, X (pe baza extrapolării valorilor date în tabel);
- după criteriul deplasărilor de vârf ale seismoscopului Medvedev, VII.

Aceste rezultate prezintă discrepanțe inacceptabil de mari, care evidențiază lipsuri majore ale sistemului de criterii menționat. Principala cauză a acestor discrepanțe a fost faptul că principalul autor al scării, S. V. Medvedev, a calibrat criteriile instrumentale plecând de la înregistrările și spectrele de accelerații absolute pentru cutremure californiene, singurele care îi erau accesibile în jurul anului 1960. Criteriile dezvoltate corespund unui spectru standard de accelerații absolute, de forma:

$$S_a(T, 0.05) = S_{a,max} \quad (T < 0.5 \text{ s})$$

$$S_a(T, 0.05) = S_{a,max} \times 0.5 / T \quad (T \geq 0.5 \text{ s})$$
(1)

care este compatibil, statistic vorbind, cu baza de date disponibilă în perioada respectivă. Pe de altă parte, se poate verifica ușor compatibilitatea criteriilor din tabelul 1 cu expresiile (1).

În cele patru decenii care s-au scurs de la elaborarea criteriilor din tabelul 1 s-a acumulat o informație instrumentală uriașă, care evidențiază varietatea mare a compoziției spectrale a mișcării seismice a terenului în timpul diferitelor cutremure, în amplasamente diferite etc.. În particular, examinarea spectrelor determinate pe baza înregistrării din 1977.03.04 de la INCERC – București arată marea diferență a acestora față de expresiile (1). Aceasta constituie cauza esențială a inadvertențelor constatate în tentativa de aplicare a criteriilor standardizate conform scării *MSK-64*.

În perioada imediat următoare cutremurului a fost întreprinsă în țara noastră, de către Centrul de Fizica Pământului și Seismologie, în baza prevederilor standardului menționat, o anchetă macroseismică, pe baza căreia s-au determinat isoseistele cutremurului pentru teritoriul țării noastre. Astfel de anchete s-au întreprins și în țările învecinate, iar isoseistele determinate s-au racordat în general satisfăcător la frontiere. Aceasta evidențiază aplicarea unitară a criteriilor macroseismice în țările din regiune.

Pe de altă parte trebuie semnalat, ca un exemplu semnificativ, cazul isoseistelor din zona apropiată municipiului București (situație regăsită și în alte cazuri). Pentru teritoriul orașului s-a estimat intensitatea VIII, pe când pentru zona înconjurătoare s-a estimat intensitatea VII. Situația este similară constatărilor rezultate din ancheta efectuată după cutremurul din 1940.11.10, când în zona capitalei a fost evidențiată de asemenea o insulă de intensitate mai ridicată decât cea din zona înconjurătoare. Drept urmare, atât în harta de zonare din STAS 2923 – 52, cât și în harta de zonare din STAS 11100 / 1 – 77, s-a atribuit zonei municipiului București intensitatea VIII, pe când zonei înconjurătoare i s-a atribuit intensitatea VII. O astfel de diferențiere nu este susținută de datele geologice și a făcut impresia de a fi determinată de considerente subiective. Un răspuns calificat la această problemă s-a putut da în urma examinării și prelucrării informației instrumentale obținute în timpul cutremurelor puternice din 1986.08.30, 1990.05.30 și 1990.05.31. Examinarea accelerogramelor și spectrelor în lungul unui aliniament N-S (Văleni, Ploiești, Periș, Otopeni, București – diferite stații, Giurgiu) și a unui aliniament E-W (Brănești, București – diferite

stații, Bolintin) a arătat că, pentru toate cele trei evenimente, zona municipiului București nu a constituit o insulă de intensitate mai ridicată, ci s-a încadrat (cu fluctuații inerente) în tendința generală (statistică) de scădere a intensităților odată cu creșterea distanței față de zona epicentrală. Drept urmare, în hărțile din STAS 11100/1 - 91 și SR 11100/1 - 93 nu mai există o insulă ca cea menționată, ci teritoriul Municipiului București, ca și zona înconjurătoare, se situează în zona de grad VIII. Situația este aceeași la nivelul normativului de proiectare antiseismică P.100 – 92. Acest episod evidențiază efectele serioase ale inadvertențelor scării de intensități seismice.

### 2.3. Referiri la ancheta inginerească aprofundată din 1977

În București a fost organizată, în aceeași perioadă, o anchetă inginerească mai detaliată, care a avut la bază evaluarea gradelor de avariere suferite de un număr de peste 18000 clădiri, alese după un algoritm special pe întinderea a 62 de carouri stabilite pe întinderea orașului. Pe baza rezultatelor s-au determinat spectre statistice ale gradelor de avariere, pentru fiecare dintre carourile menționate (spectrele respective evidențiau gradul mediu de avariere ca funcție de perioadele proprii fundamentale ale clădirilor, estimate pe baza unui algoritm simplu). În continuare, pe această bază, au fost schițate hărți de isoseiste pentru diferite intervale de perioade de oscilație [1]. Spectrele statistice de avariere, ca și hărțile de isoseiste menționate, au evidențiat faptul că intensitățile estimate (manifestate prin efecte asupra construcțiilor) au diferit în funcție de intervalele de perioade (sau frecvențe) de oscilație pentru care au fost întocmite. Cu alte cuvinte, a fost evidențiat faptul că intensitatea seismică era în general diferită pentru diferite intervale de perioade (sau de frecvențe) de oscilație. Această constatare a stat la baza unor lucrări de cercetare în care a predominat aspectul analitic și în care au fost propuse criterii instrumentale care să permită estimarea intensității seismice pe baze instrumentale, cu evitarea unor contradicții ca cele semnalate mai înainte în legătură cu tentativa de utilizare a criteriilor scării MSK, redată în tabelul 1. Prezentarea unor dezvoltări în această direcție constituie unul din obiectele principale ale preocupărilor de specialitate [8].

### 2.4. Funcțiuni ale conceptului de intensitate seismică

Examinarea domeniilor și activităților în care intervine conceptul de intensitate seismică evidențiază trei funcțiuni principale ale acestuia:

- a) instrument de evaluare a intensității mișcării seismice a terenului, la un amplasament dat sau într-o zonă dată, în timpul unui cutremur produs;
- b) element de referință pentru zonarea (respectiv microzonarea) seismică a unui teritoriu (respectiv a unei localități, unei zone de activitate umană etc.);
- c) element de referință pentru caracterizarea vulnerabilității seismice a construcțiilor (sau a altor lucrări ale omului).

Considerarea acestor funcțiuni este de primă importanță pentru a se preciza cerințele cărora trebuie să le răspundă definirea intensității și precizarea metodelor de cuantificare a ei. În cadrul lucrării se urmărește să se răspundă în cât mai mare măsură cerințelor respective. Dezvoltările analitice prezentate în lucrarea [8] servesc drept suport acestei preocupări.

## 2.5. Caracteristici ale mișcării seismice a terenului bazate pe date instrumentale

Cunoștințele actuale din domeniile seismologiei ingineresti și ingineriei seismice se găsesc într-un stadiu în care criteriile de factură cinematică, referitoare la caracterizarea și cuantificarea mișcării seismice a terenului, în prezent întru totul compatibile cu datele obtenibile cu mijloace instrumentale, se bucură de o largă aplicare. Analizele ingineresti actuale privind comportarea construcțiilor supuse acțiunii seismice introduc explicit în calcule parametri sau funcții din această categorie. Doi factori de bază au condus la acest stadiu de dezvoltare:

- pe de o parte, dezvoltarea Dinamicii structurilor, disciplină al cărei obiect este reprezentat de analiza mișcării structurilor supuse acțiunilor dinamice;
- pe de altă parte, dezvoltarea aparaturii de măsurare – înregistrare a parametrilor mișcării (acceleerații, viteze, deplasări); acestea se referă atât la mișcarea unor puncte ale terenului, cât și la mișcarea unor puncte ale construcțiilor.

Preocupările de specialitate privind caracterizarea mișcării seismice pot avea în vedere două situații principial diferite:

- pe de o parte, cazul unor mișcări trecute, cu privire la care se dispune de anumite date (în cel mai bun caz, date instrumentale de bună calitate);
- pe de altă parte, cazul unor mișcări posibile (sau așteptate) în viitor, ale căror caracteristici trebuie anticipate.

Diferența dintre cele două situații este fundamentală. În timp ce, dacă se dispune de înregistrări de calitate, o mișcare trecută poate fi cunoscută complet și caracterizată, în consecință, cu mijloace deterministe, mișcările viitoare nu pot fi anticipate, în lumina cunoștințelor actuale, în termeni determiniști. Din acest motiv, în stadiul actual de dezvoltare a cunoașterii, se utilizează pe scară largă, pentru anticiparea caracteristicilor mișcărilor viitoare, mijloace de factură probabilistică. Acestea trebuie să acopere o gamă largă de probleme, mergând de la caracterizarea unei mișcări individuale până la considerarea anticipativă a succesiunilor așteptate de mișcări seismice de diferite niveluri de severitate, cu diferite compoziții spectrale etc..

Prezenta lucrare are drept obiect principal cazul mișcărilor seismice trecute, iar din acest motiv nu apare necesitatea utilizării reprezentărilor probabilistice din punctul de vedere al caracterizării detaliate a mișcărilor seismice (problema utilizării unor noțiuni de factură probabilistică apare, totuși, în legătură cu criteriile macroseismice care, în lumina cunoștințelor actuale, au la bază conceptul de vulnerabilitate seismică, concept care, la rândul lui, este de factură probabilistică).

Înregistrările de interes ingineresc ale mișcării seismice a terenului, inițiate încă înainte de jumătatea secolului 20, s-au făcut cu două categorii principale de instrumente:

- instrumente care înregistrează trasa unui pendul (de regulă sferic), fără a oferi informații asupra variației în timp a mișcării, numite seismoscoape;
- instrumente care înregistrează o caracteristică a mișcării seismice (deplasare sau derivată de anumit ordin în raport cu timpul a acesteia) ca funcție explicită de variabila timp, numite seismografe, accelerografe etc.

Trebuie menționat în acest sens faptul că seismoscoapele, care, datorită prețului lor modest, s-au bucurat de o anumită utilizare în urmă cu câteva decenii, sunt în prezent scoase din uz, datorită limitării informației pe care o pot oferi și datorită faptului că accelerografele au devenit treptat mai accesibile ca preț, în paralel cu progresul net al performanțelor lor. Instrumentele de bază, utilizate în prezent pe scară largă, sunt accelerografele (care au la bază penduli seismici cu frecvențe proprii cât mai ridicate posibil). În special dezvoltările recente, în care s-a asociat utilizarea unor captori cu frecvențe proprii foarte ridicate cu utilizarea tehnicii digitale de măsurare – înregistrare, au condus la instrumente deosebit de performante,

care satisfac la un foarte bun nivel necesitățile de colectare a datelor privind mișcarea seismică la nivelul terenului, la nivelul unor etaje ale construcțiilor etc..

Ținând seama de cele arătate, în cele ce urmează se consideră caracteristici ale mișcărilor seismice obținute pe baza accelerogramelor. Nu interesează în acest loc problematica prelucrării primare a accelerogramelor (corecții, integrări pentru a se obține istorii în timp ale vitezelor și deplasărilor), care din punctul de vedere al lucrării se consideră depășite. Tot astfel, nu interesează anumite detalii ale unor algoritme de calcul.

## 2.6. Categorii principale de caracteristici

Caracteristicile mișcării seismice deduse pe baza accelerogramelor pot fi împărțite în mai multe categorii. Fără a se încerca o clasificare exhaustivă (care este greu de făcut, datorită numeroaselor concepte introduse în literatură în acest domeniu), pot fi semnalate câteva categorii importante de parametri și funcții, care prezintă interes atât datorită frecvenței cu care sunt utilizate în literatură, cât și datorită interesului direct pe care acestea îl prezintă pentru prezenta lucrare. Acestea sunt:

a) parametri obținuți direct din examinarea “vizuală” (practic, în prezent, bazată pe căutare automată în lungul unei înregistrări): valori de vârf ale accelerației terenului, *PGA* (peak ground acceleration), ale vitezei terenului, *PGV*, ale deplasării terenului, *PGD*;

b) caracteristici obținute din integrări simple în timp: pe lângă vitezele și deplasările la care s-a făcut referire mai înainte, integrala pătratului accelerațiilor, propusă de Arias (referința [1] din lucrarea [8]) și utilizată direct în lucrare, caracteristici convenționale ale duratei mișcării;

c) caracteristici obținute pe baza unor transformări Fourier (spectre Fourier de amplitudini sau spectre Fourier complexe, pentru accelerații, viteze, deplasări, integrale ale pătratului modulului spectrelor Fourier);

d) caracteristici obținute pe baza unor integrări parametrice ale ecuației de mișcare a unui pendul și căutării (automate a) unor maxime ale valorilor absolute (spectre liniare de acțiune seismică sau de răspuns seismic, pentru accelerațiile absolute, pseudovitezele relative,

vitezele relative sau absolute, deplasările relative sau absolute; spectre Fourier glisante pentru ferestre succesive de timp);

e) caracteristici obținute pe baza precedentelor: valori spectrale de vârf pentru accelerații, *PSA* (peak spectral acceleration), viteze, *PSV*, pseudoviteze *PSPV* etc.;

f) caracteristici omoloage celor din categoria (d), obținute pentru modele neliniare de diferite naturi ale unui pendul (spectre neliniare);

g) caracteristici de tipul funcțiilor de autocorelație (pentru diferiți parametri ai mișcării) și de tipul densităților spectrale clasice (practic, caracteristici corespunzând caracterizării unor funcții aleatoare staționare și ergodice, utilizate întrucâtva abuziv, în ciuda caracterului tranzitoriu al mișcării seismice) sau evolutive;

h) caracteristici de tipul spectrului înfășurător al răspunsului în viteze, spectre de durată etc.

Deși categoriile menționate nu acoperă marea varietate reală a metodelor și căilor de caracterizare a mișcării seismice, ele dau o idee utilă asupra posibilităților din acest domeniu.

### 3. STRATEGIE DE UTILIZARE ȘI DEZVOLTARE PRECONIZATĂ

#### 3.1. Generalități

Conform titlului lucrării, obiectul central al acesteia este constituit de dezvoltarea scării de intensități seismice *EMS-98* de așa natură, încât prin aceasta să fie acoperite în mod satisfăcător atât necesitățile ingineresti, cât și situațiile specifice din țara noastră. În mod mai concret, aceste obiective revin la:

a) asigurarea compatibilității și chiar a corelării (mergând până la integrare) cu concepțiile și mijloacele ingineresti moderne care privesc caracterizarea mișcării seismice a terenului;

b) acoperirea problemelor ridicate în țara noastră:

- de varietatea de compoziții spectrale observate (pe baza datelor instrumentale disponibile), ca și
- de specificul fondului construit existent.

Obiectivele din cele două categorii explicitate sunt strâns corelate. În măsura în care se va asigura compatibilitatea cu concepțiile ingineresti actuale, care fac uz de cunoștințele de Dinamica structurilor, elementele metodologice specifice vor trebui să facă uz sistematic de aceste cunoștințe.

În cele ce urmează, sunt urmărite pe rând căile de utilizare și dezvoltare a metodologiei destinate utilizării la un nivel îmbunătățit a conceptului de intensitate seismică. Acestea au la bază dezvoltările din lucrarea [8], privind estimarea intensității seismice, cu utilizarea drept criterii fundamentale a criteriilor instrumentale.

### 3.2. Utilizarea criteriilor instrumentale

În cele ce urmează, se examinează modul de utilizare a criteriilor instrumentale având în vedere funcțiunile conceptului de intensitate, enumerate în introducere.

Criteriile instrumentale, bazate pe prelucrarea accelerogramelor, prezentate în Anexa 1 [8], urmează să fie utilizate în primul rând pentru *prelucrarea informației instrumentale obținute în timpul cutremurelor*. Un exemplu în acest sens este dat în tabelele 5...8 din Anexa 1 [8], care se referă la prelucrarea a patru înregistrări accelerografice succesive, obținute la stația București – INCERC. Prelucrarea prezentată se referă numai la intensități bazate pe spectru (intensități globale  $I_S$ , respectiv intensități mediate pe anumite benzi spectrale ( $\varphi'$ ,  $\varphi''$ ), cu frecvențele  $\varphi$  exprimate în Hz,  $i_s^*(\varphi', \varphi'')$ , de diferite lățimi de bandă, cu extremitățile ordonate în progresie geometrică). După acest model se pot determina intensități globale bazate pe definiția lui Arias,  $I_A$  (care sunt identice cu intensitățile bazate pe spectre Fourier,  $I_F$ ), ca și intensități mediate pe anumite benzi spectrale ( $\varphi'$ ,  $\varphi''$ ), bazate pe conceptul de destructivitate,  $i_d^*(\varphi', \varphi'')$ , respectiv pe transformata Fourier a accelerogramei,  $i_f^*(\varphi', \varphi'')$ . De notat că analizele de corelație [8] evidențiază corelațiile puternice dintre rezultatele aplicării definițiilor alternative, care fac ca abaterile dintre rezultatele aplicării diferitelor definiții să fie inferioare unor abateri sesizabile pe baza criteriilor macroseismice.

Având în vedere cele arătate, este recomandabilă aplicarea criteriilor instrumentale în vederea estimărilor de intensitate, în situațiile în care intensitatea macroseismică este de cel puțin VI, conform scărilor de factură tradițională, *MSK* sau *EMS*. Aplicarea acestor criterii în cazul unor intensități mai reduse va servi în principal la acumularea de informație destinată examinării posibilităților de extindere a utilizării criteriilor instrumentale în acest domeniu.

În situațiile în care se urmărește utilizarea conceptului de *intensitate ca element de referință pentru zonarea seismică a teritoriului*, apare, în lumina dezvoltărilor din Anexa 1 [8], necesitatea unei definiții mai precise a semnificației intensității. O primă cale este aceea, a conversiei intensității globale (considerate implicit spre exemplu în standardul SR 11100/1-93 [4]) în parametri de calcul ingineresc (după procedeul adoptat în prezent în normativul P.100-92, [5], parametrii  $k_s$  și  $T_c$ ). Această conversie necesită și o informație suplimentară, care să fie reprezentativă pentru compoziția spectrală a mișcărilor seismice așteptate, întrucât în caz contrar apare situația unei ecuații cu două necunoscute. O altă cale, care poate fi considerată pentru viitor, este aceea, de a se înlocui o zonare raportată la o intensitate unică printr-o zonare reflectată de un sistem de hărți, referitoare la benzi spectrale succesive. O astfel de soluție, care în principiu ar fi deosebit de interesantă, ar cere studii speciale de anvergură deosebită, atât sub raportul reexprimării legilor de atenuare în termeni spectrali, cât și sub raportul unei sinteze satisfăcătoare a cunoștințelor referitoare la implicațiile mecanismelor de sursă și condițiilor locale asupra radiației seismice și compoziției spectrale a mișcării seismice a terenului. În consecință, această soluție poate fi considerată ca o soluție pentru un viitor mai îndepărtat.

În situațiile în care se efectuează *analize de vulnerabilitate pentru anumite categorii de lucrări* (de regulă, anumite categorii de clădiri), disponibilitatea acestui instrument de analiză și cuantificare oferă posibilitatea de raportare la severitatea mișcării seismice a terenului pentru benzile spectrale semnificative din punctul de vedere al categoriilor de lucrări considerate. Având în vedere dezvoltările din lucrarea [8], se pot considera, în mod alternativ:

- a) intensități mediate pentru benzile spectrale în care se găsesc frecvențele fundamentale ale categoriei de lucrări investigate;
- b) vectori de intensități mediate, pentru diferitele benzi succesive de frecvențe care sunt incluse în intervalul de referință (0.25 Hz, 16.0 Hz).

Dintre cele două căi, calea (a) apare drept cea mai fezabilă, întrucât calea (b) include inevitabil complicații considerabile (datorită unei generalizări importante a conceptului de vulnerabilitate) și disponibilitatea unei mari cantități de informație (cerută de caracterizarea intensității pentru diferitele benzi spectrale succesive). Drept urmare, calea (b) trebuie considerată drept o cale de viitor mai îndepărtat, iar pentru viitorul apropiat se poate recomanda procedura corespunzătoare căii (a).

### 3.3. Utilizarea rezultatelor anchetelor macroseismice ingineresti

În cele ce urmează, se consideră anchete macroseismice ingineresti referitoare la comportarea construcțiilor de diferite categorii. În acest scop este prezentat în lucrarea [8] un chestionar destinat inspecțiilor ingineresti (inspirat de o fișă de anchetă de nivel I, dezvoltată în Italia, sub egida GNDT). Se au în vedere două direcții de utilizare de bază a datelor culese în acest cadru:

- a) estimarea intensității seismice;
- b) estimarea caracteristicilor de vulnerabilitate ale anumitor categorii de construcții.

În fiecare caz în parte, chestionarul preconizat permite colectarea unei informații mai bogate decât cea oferită de anchetele macroseismice standard. Pe de altă parte, spre deosebire de anchetele macroseismice standard, care sunt susceptibile de a beneficia de concursul unor nespecialiști (persoane din administrația de stat, personal didactic etc.) și care oferă date pe baza unei priviri de ansamblu, inspecția detaliată se raportează la construcții individuale (de tipul unor clădiri) și are un caracter tehnic, care reclamă prezența și activitatea unor specialiști.

*Din punctul de vedere al estimărilor de intensitate, urmează să se utilizeze regulile de estimare a gradului de avariere date de scara EMS-98, cu observația că estimările vor trebui raportate la banda de frecvențe de oscilație în care se situează frecvențele proprii semnificative ale construcțiilor (de regulă, pentru ansamblul structural, frecvențele proprii fundamentale, dar, pentru anumite componente nestructurale, care prezintă o individualitate marcată ca sisteme dinamice, cum ar fi aticele, coșurile de fum etc., și banda de frecvențe în care se situează frecvențele proprii fundamentale ale acestora). Pe această bază, se vor putea efectua estimări de intensitate raportate la anumite benzi spectrale.*

*Din punctul de vedere al analizelor de vulnerabilitate, un grad de avariere constatat este de dorit să se raporteze la intensitatea corespunzătoare benzii de frecvență relevante (având în vedere cele arătate în alineatul precedent, cu privire la semnificația diferitelor benzi de frecvență din punctul de vedere al diferitelor categorii de lucrări). Se înțelege, pentru estimarea intensității referitoare la o bandă de frecvențe relevantă, este necesar să se utilizeze date din altă sursă (de preferință, când se dispune de date instrumentale furnizate de o stație accelerografică apropiată, date furnizate de prelucrările la care s-a făcut referire în subcapitolul precedent; în lipsa acestora, estimări de intensitate pe baza inspecției de tip macroseismic, efectuate asupra unor categorii de lucrări ale căror caracteristici de vulnerabilitate se consideră cunoscute la un nivel satisfăcător).*

### 3.4. Aspecte suplimentare

Dezvoltările prezentate evidențiază necesitatea unei activități stabile, de urmărire și de creare a unor baze de date de specialitate. Acestea condiționează punerea în valoare a elementelor metodologice specifice domeniului, evidențiate mai înainte.

Dezvoltarea unei activități de urmărire implică stabilirea unor categorii de lucrări care să constituie obiect de preocupare și colectarea informației relevante referitoare la starea lor actuală. Din acest punct de vedere, sunt de avut în vedere precizările conținute în chestionarul din lucrarea [8]. Pe de altă parte, categoriile de lucrări la care se referă un proiect de urmărire trebuie să constituie eșantioane relevante pentru niște categorii de lucrări care prezintă importanță la nivel social și economic. În crearea și constituirea de baze de date trebuie să se aibă în vedere o colaborare interdisciplinară, între altele cu autoritățile responsabile de activitățile de recensământ și de evidență cadastrală.

## 4. ADAPTAREA SCĂRII DE INTENSITĂȚI LA CONDIȚIILE ROMÂNIEI ȘI LA NECESITĂȚILE INGINEREȘTI. STRUCTURĂ PRECONIZATĂ.

Scara de intensități macroseismice *EMS-98*, [2], în prezent însoțită oficial de Comisia Seismologică Europeană, a fost concepută în esență în tradiția scărilor anterioare de intensități seismice, în sensul că:

- acordă prioritate absolută criteriilor macroseismice (lăsând explicit în sarcina viitorului o corelare cu criteriile instrumentale, în prezent total omise, ceea ce se poate considera ca un pas înapoi față de scara MSK);

- adoptă drept criterii cu cea mai mare pondere criteriile referitoare la comportarea unor categorii tradiționale de construcții;

- este orientată implicit, în mare măsură, spre estimarea intensităților evenimentelor din trecutul mai îndepărtat, istoric, care prezintă de altfel un interes obiectiv pentru țările care dispun de un patrimoniu vechi bogat;

- se preocupă de estimarea intensității (medii) pentru arii geografice relativ întinse (eventual părți ale unor orașe mari), nefiind recunoscut (cu excepția unui comentariu prezentat în subsidiar) faptul că intensitatea trebuie concepută în principiu ca o caracteristică a mișcării locale, care poate fi eventual mediată pe anumite zone geografice, zone urbane etc..

Prin aceasta, scara *EMS-98* aderă la filosofia scărilor clasice, nearătând deschiderea necesară spre viitor.

Plecând de la aceste considerații critice, adaptarea scării de intensități din punctele de vedere arătate în titlu revine la preocuparea pentru două aspecte de bază:

a) pe de o parte, compatibilizarea cu punctul de vedere ingineresc, sau filosofia inginerească, pentru care se poate remarca tendința spre o precizie ridicată (dacă se poate, totală); aceasta revine în esență la:

- a<sup>i</sup>) recunoașterea faptului că, la bază, intensitatea seismică trebuie considerată drept o caracteristică a mișcării locale (punctuale) a terenului, care poate diferi sensibil chiar între puncte destul de apropiate (chiar dacă aceasta nu se poate pune în evidență de datele de observație macroseismică, insuficient de detaliate și certe);

- a<sup>ii</sup>) compatibilizarea cu utilizarea informației instrumentale, care tinde în prezent, în toate țările, să se dezvolte rapid și să devină bogată, densă;

- a<sup>iii</sup>) compatibilizarea criteriilor macroseismice referitoare la comportarea construcțiilor cu o definiție de precizie îmbunătățită a vulnerabilității construcțiilor;

- a<sup>iv</sup>) precizări metodologice privind corelarea, compatibilizarea și reconcilierea informației de diferite proveniențe;

b) pe de altă parte, compatibilizarea cu situația în care fondul construit modern (de regulă bazat pe o proiectare antiseismică explicită) reprezintă o fracțiune importantă (de multe ori chiar majoritară) a fondului construit existent; aceasta revine în esență la:

b<sup>i</sup>) dezvoltarea în mai mare măsură a criteriilor de estimare a intensității seismice pentru cazul clădirilor moderne (de regulă, proiectate inginereste pentru a rezista acțiunii seismice), mergându-se până la caracterizarea explicită a clădirilor pe baza parametrilor de referință avuți în vedere la proiectare și la privirea mai analitică asupra gradului de avariere, pe categorii de componente ale construcțiilor;

b<sup>ii</sup>) crearea de mecanisme pentru dezvoltarea în continuare a criteriilor definite de scara de intensități, de așa natură încât informația colectată în urma cutremurelor puternice să conducă nu numai la estimări de intensitate, ci și la dezvoltarea criteriilor de estimare.

Cerințele exprimate mai înainte sunt, fără îndoială, legitime. Traducerea lor consecventă în realitate reprezintă însă o sarcină de mare dificultate și amploare, a cărei rezolvare implică eforturi considerabile, în cadrul unui program vast, din unele puncte de vedere chiar la scară internațională. În orice caz, este de dorit să se facă apel la colaborarea tuturor celor interesați și competenți. În cele ce urmează, se prezintă totuși o serie de pași în direcțiile menționate. Acești pași este de dorit să fie continuați și amplificați în viitor, pe baza mobilizării unor forțe superioare.

Compatibilizarea cu necesitățile ingineresti revine la preocuparea atât pentru criteriile instrumentale, cât și pentru criteriile macroseismice. Mai mult, ea revine, plecând de la observațiile anterioare, la o concepție diferită a structurii scării de intensități, în care criteriile de bază sunt cele de natură instrumentală, iar criteriile macroseismice sunt considerate drept criterii derivate și drept mijloace de completare a informației instrumentale care, în viitorul previzibil, va rămâne limitată, datorită densității limitate a rețelelor accelerografice.

Pe linia arătată, pașii considerați la un nivel mai detaliat sunt următorii:

a) reconsiderarea structurii scării de intensități;

b) formularea explicită a sistemului de criterii instrumentale, conceput ca sistem de bază și, în același timp, ca un sistem flexibil, care poate fi utilizat pentru cuantificări de niveluri diferite, dar compatibile, de detalieri, mergând de la estimarea unei intensități unice,

globale, pentru un loc dat, până la estimarea unei intensități dependente de frecvența de oscilație sau de direcție, cu definirea unor procedee de mediere pentru anumite intervale de frecvență și/sau pentru direcții orizontale ortogonale;

c) plecând de la faptul că criteriile macroseismice sunt echivalente cu propoziții (vagi) de vulnerabilitate (notă: în scara *EMS-98* se fac, în mod justificat, repetate referiri la conceptul de vulnerabilitate), introducerea unor moduri de definire a vulnerabilității care să fie în cât mai mare măsură compatibile cu cunoștințele actuale privind factorii care determină solicitările construcțiilor în regim de oscilații seismice și factorii care caracterizează comportarea (inclusiv avarierea de diferite niveluri de severitate a acestora); între altele, în primul rând, definirea caracteristicilor de vulnerabilitate prin raportare la (mai precis, condiționare în sens probabilistic în raport cu) intensitatea definită în modul cel mai relevant pentru o categorie de construcții (relevanța referindu-se în măsura posibilităților la un anumit interval de frecvențe de oscilație, semnificativ pentru tipul de construcție, eventual și la direcția de mișcare a terenului);

d) dezvoltarea de proceduri de comparare și reconciliere a informației privind intensitățile seismice produse, provenite din diferite surse.

Structura preconizată pentru dezvoltarea scării de intensități este în linii mari următoarea:

- definirea obiectului scării de intensități;
- definirea calitativă, de principiu, a intensității, plecând de la cazul în care se dispune de informație instrumentală certă pentru un anumit amplasament, atrăgându-se atenția asupra direcțiilor în care pot să intervină detalieri sau medieri;
- prezentarea funcțiunilor conceptului de intensitate;
- criterii instrumentale de cuantificare a intensității (criterii alternative, valori globale și valori raportate la frecvență, cu reguli de mediere pe intervale de frecvență și pentru direcții orizontale ortogonale);
- criterii macroseismice de diferite categorii, bazate pe conceptul de vulnerabilitate, cu accent pe criteriile corespunzând comportării construcțiilor (definite în moduri alternative, plecând de la modurile de definire a vulnerabilității, cu referiri la domeniul de frecvențe pentru care informația macroseismică este relevantă);
- reguli și recomandări privind alegerea eșantioanelor utilizate pentru estimarea intensității macroseismice;

- reguli de interpretare a estimărilor bazate pe anchete macroseismice, cu considerarea perioadelor de colț prezumate;
- reguli de sinteză pentru informația instrumentală, în vederea precizării criteriilor macroseismice și a extinderii sistemului de criterii macroseismice existente la categorii noi de lucrări.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. *Cutremurul de pământ din România de la 4 martie 1977*. Ed. Academiei, București, 1982. (Bălan, Șt., Cristescu, V., Cornea, I.(coord.)).
2. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et Séismologie, vol. 15. 1998: *European Macroseismic Scale 1998*. Luxembourg (ed.: G. Grünthal).
3. IRS: Scara de intensități macroseismice. STAS 3684 – 71.
4. IRS: Zonarea seismică a României. SR 11100 /1 – 93.
5. MLPAT: Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe, social – culturale, agrozootehnice și industriale. *Buletinul Construcțiilor*, 12, 1992.
6. MLPAT: Regulament privind metodologia de inventariere a construcțiilor tip clădire din fondul construit existent, din punct de vedere al riscului seismic. *Buletinul Construcțiilor*, 6, 1995.
7. INCERC și Institutul de Geodinamică “Sabba S. Ștefănescu” al Academiei Române: Scara Macroseismică Europeană (lucrarea [2] în original și traducere în limba română). *Bul. Institutului de Geodinamică nr. 1*, 2002.
8. INCERC și Institutul de Geodinamică “Sabba S. Ștefănescu” al Academiei Române: Cercetări privind adaptarea scării de intensități seismice europene *EMS – 98* la condițiile seismice ale României și la necesitățile ingineresti 2002.