

A Magyarországon jelenleg használt makroszeizmikus kérdőív módosítása és a kiértékelés számítógépes programmal történő felgyorsítása

Weisz Péter (HLNICD)

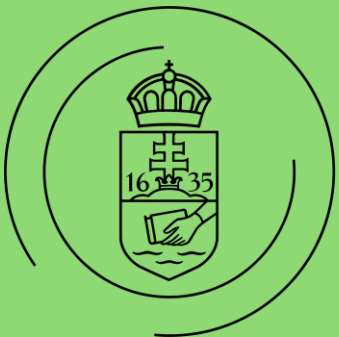
Földtudományi BSc

Témavezetők:

Dr. Győri Erzsébet (tudományos főmunkatárs)

Dr. Kalmár Dániel (tudományos munkatárs)

Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium (KRSZO)



ELTE

HUN-REN FI Kövesligethy Radó
Szeizmológiai Obszervatórium

HUN-REN EPSS KÖVESLIGETHY RADÓ SEISMOLOGICAL OBSERVATORY, HUNGARY

HUN-REN
Magyar Kutatási Hálózat

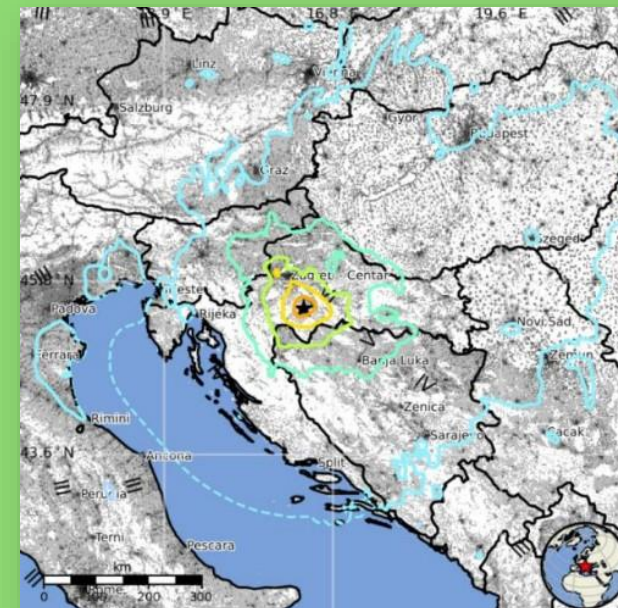
A kutatás áttekintése

1. Makroszeizmikus kérdőív jelentősége az intenzitás megbecslésénél
2. Beérkező kérdőívek feldolgozása, az automatizálás nehézségei
3. Számítógépes kiértékelő program: eredmények és tapasztalatok
4. Javaslat a kérdőív átalakítására más példák és tapasztalataim alapján
5. Tovább lépési lehetőségek: anomáliaszűrés és fuzzy logika használata

Az intenzitásbecslés módszerei és jelentősége

- Számszerűen jellemzi a földrengés hatásainak erősségét
- Skála (EMS-98), izoszeiszták az epicentrum körül
- Lehetőségek az intenzitás és a magnitúdó meghatározására:

| | Műszeres (magnitúdó) | Terepbejárás | Kérdőív (intenzitás) |
|-------------------------|--|---|----------------------------------|
| Alkalmazott technológia | Talajgyorsulás mérése szeizmométerrel | Interjúk, helyszíni kárfelmérés | Lakossági bejelentés |
| Objektivitás | Nagyon magas | Magas | Viszonylag alacsony |
| Pontosság | Nagy | Közepes | Alacsony |
| Költség | Drága a berendezés beszerzése és fenntartása | Élőmunka-igényes, sok időt vesz igénybe | Olcsó, jelenleg élőmunka-igényes |

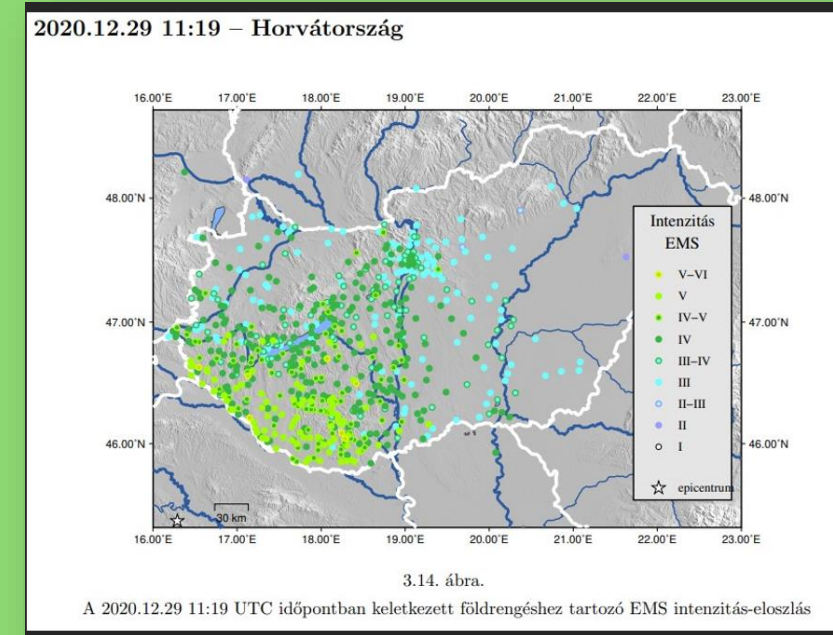


A 2020. december 29-ei petrinjai földrengés izoszeisztái (Forrás: Robertson et al., 2021)

- Makroszeizmikus kérdőív jelentősége megmaradt:
 - Múltbeli események összehasonlíthatóságánál
 - Kockázatelemzésnél

Kérdőíves kiértékelés nehézségei

- Kevésbé automatizálható kiértékelés:
 - Szabadszöveges válasz helyett többször feleletválasztás
 - Kézi kiértékelés napokat-heteket vehet igénybe
 - Programhibák miatt oszlopok elcsúsztak, amit külön korrigálni kellett a kérdőíveket gyűjtő adatbázisban
- Nem mobileszköz-barát kérdőív
- Kisebb eltérések az EMS-98 skálától
- Célkitűzéseim:
 - Számítógépes kiértékelés megkönnyítése
 - Nagyobb összhang a skálával
 - Kitöltési hajlandóság növelése
 - Jó gyakorlatok átvétele más országokból



A petrinjai földrengésre kiértékelt intenzitások (Forrás: Süle et al., 2021)

Hogyan jellemezhető legjobban a rengés?

rázkódás

Hogyan jellemezhető a rengés erőssége?

Alig volt érezhető.

Milyen hangot hallott?

Halk remegést, enyhe puffanásokkal

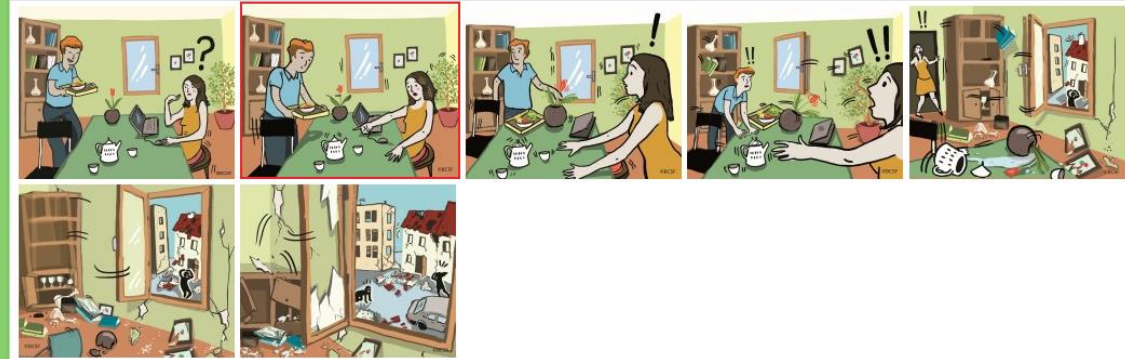
Részlet a magyarországi makroszeizmikus kérdőívből
(Forrás: www.seismology.hu)

Makroszeizmikus kérdőívek összehasonlító elemzése

- Szomszédos / nagy lélekszámú / súlyosan veszélyeztetett országok kérdőívei (9 db)
- Szlovákia: településválasztás legördülő listából, a rengés erejét szemléltető ábrák
- Ausztria: ábrarozat, fényképbeküldés
- Románia: rövidített verzió, automatikus helymeghatározás, fényjelenségre kérdés
- Olaszország: vizualitás, külön kérdőív természeti hatásokra
- Svájc: több nyelv, szomszédos országok
- Spanyolország: rengés helye térképen választható ki a magnitúdóval együtt

Földrengés hatásai

Válassza ki azt a képet, amelyik a leghívebben fejezi ki a földrengés alatt lejátszódó eseményeket ha épületből figyelte a földrengést:



A szlovákiai makroszeizmikus kérdőív ábrasora
(Forrás: www.seismology.sk)

Automatic location

In order to use this method make sure you accept our request to query your location. Your browser will display an adequate notification to which you will have to agree.

 Locate me!

Name:

Location: selectata automatic, judet null, localitate Ungaria

Automatikus helymeghatározás lehetősége a román kérdőívben (Forrás: infpapi.infp.ro)

Kiértékelőprogram

• Adatok:

- 2020. december 29-ei petrinjai földrengés adatsora (CSV-fájlban)
- Manuális adattisztítás, szűrés
- Válaszok megfeleltetése számértékeknek

• Vizsgált algoritmusok:

| Módszer | Lenhardt, 2004 | Musson, 2006 |
|---------------------|---|--|
| Származási ország | Ausztria | Egyesült Királyság |
| Alkalmazott módszer | Kiértékelő táblázat, minden cellához hatások számának rendelése, százalékos arány számítása, statisztikus becslés | Emberi döntéshozatali folyamat mentén haladva egy logikus szabályrendszer segítségével következtet az intenzitásra |

- Hatások 13-féle csoportjára válaszarányok számítása
- Alkalmazott szabályok mindig a legmagasabb feltételezhető intenzitástól a legalacsonyabb felé haladnak

$$R = \frac{N_p}{N_1 + v \times (N_2 - N_1)}$$

R: hatás előfordulásának gyakorisági mutatója
 N_p : azok száma, akik „igen”-nel válaszoltak a hatással kapcsolatos kérdésre

N_1 : a kérdésre „igen” vagy „nem” választ adók száma

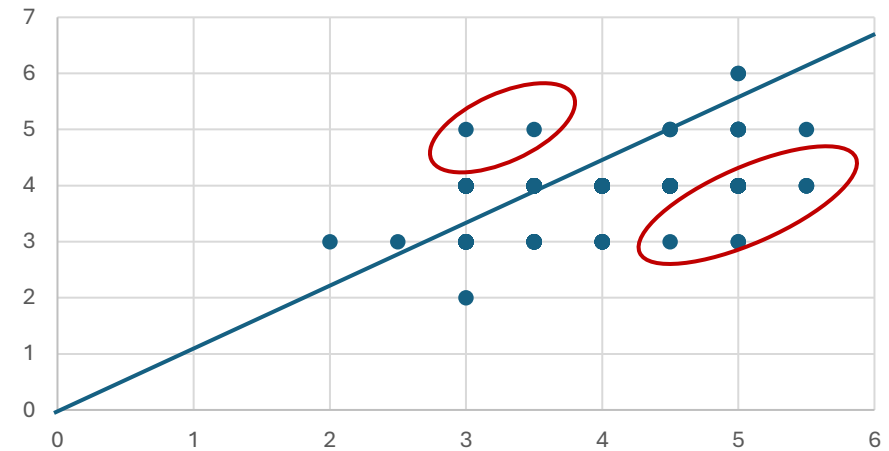
N_2 : az összes kitöltő száma
 $(N_2 - N_1)$: a bizonytalanok száma, akik nem

válaszoltak semmit vagy „nem tudom” választ adtak
 v : 0 és 1 közötti arányszám, amely azt mondja meg, hogy a bizonytalan válaszok mekkora részét tekintjük „nem”-nek

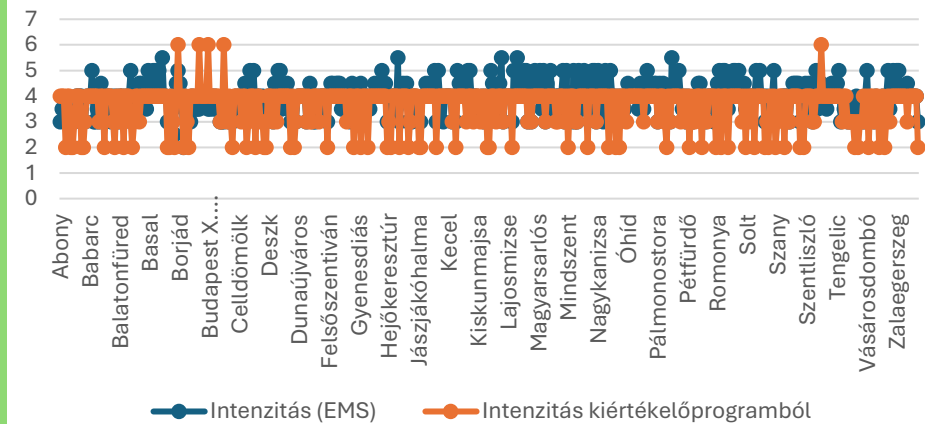
A kiértékelés eredménye

- Hivatalos és számított intenzitások korrelációja a vártnál még alacsonyabb (0,53)
- Kérdőív hibái: válaszok számozása az adatbázisban logikátlan, összecsúsznak opciók, illetve nem minden hatásra van egyértelmű kérdés
- Manuális korrekció szükséges (outliers):
 - Jelentős eltérés szomszédos településekhez képest
 - Településen belüli torzító érték
- Az intenzitásbecslést végző szakemberek gyakran a médiában megjelenő híreket / posztokat is felhasználják a kiértékelésnél
- Konklúzió: adattisztítás, illetve anomáliadetektálás szükséges az adatokra, a kérdéseket pedig néhány helyen átfogalmazni

Szóródási diagram a két intenzitás eltérésére



A program által számolt és a szakemberek által meghatározott intenzitások

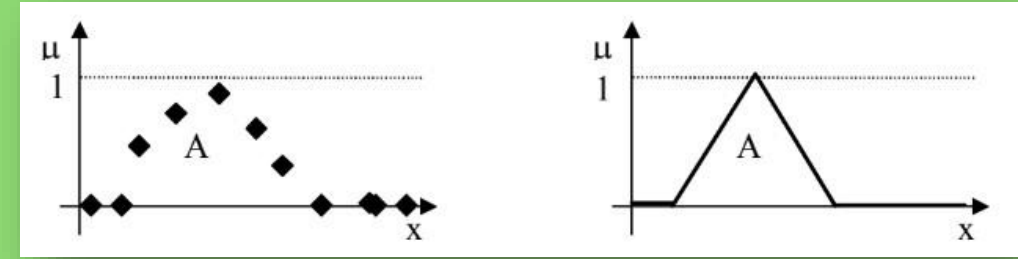


A magyarországi kérdőív módosítása

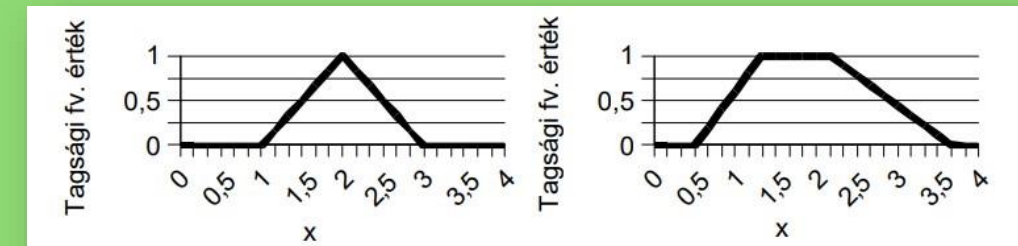
- Válaszadás módja:
 - Előre definiált válaszlehetőségek (minimális számú szövegdoboz)
 - „Nem tudom” válaszlehetőség mindenhol a bizonytalanság kezelésére
 - Településnév és irányítószám választása listából kézi beírás helyett
 - Fénykép is beküldhető legyen egy külön e-mail címre / fel lehessen tölteni
- Mobileszközökre optimalizálás, a kérdőív publicitásának növelése
- Harmonizálás az EMS-98 intenzitásskálával
 - Hanghatások, emeletek, ijedtség, házikedvencek / haszonállatok, rázkódás
 - Tárolóedényekben lévő folyadékokat ért hatásokra új kérdés
 - Az intenzitás-kiértékelésben kevésbé hasznos kérdések eltávolítása
 - Új kategóriák (a sérült épület anyaga, természeti jelenségek)

Tovább lépési lehetőségek

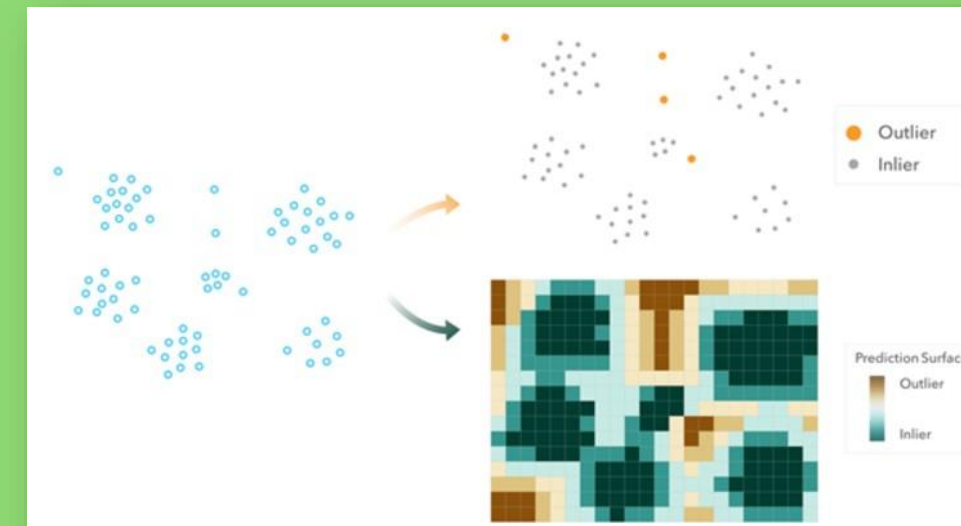
- Kérdőív továbbfejlesztése:
 - Hibák, többnyelvűség, ábrák, mobilkészülék
- Fuzzy logika alkalmazása:
 - Bizonytalan bemenetekből következtetési szabályokkal legvalószínűbb intenzitás meghatározása (MATLAB Fuzzy Logic Toolbox)
- Spatial outlier detection:
 - Kiugró értékek felismerése és korrigálása (ESRI ArcGIS)



Példák fuzzy halmazokra (Forrás: Johanyák, 2004)



Példák tagsági függvényekre (Forrás: Johanyák, 2004)

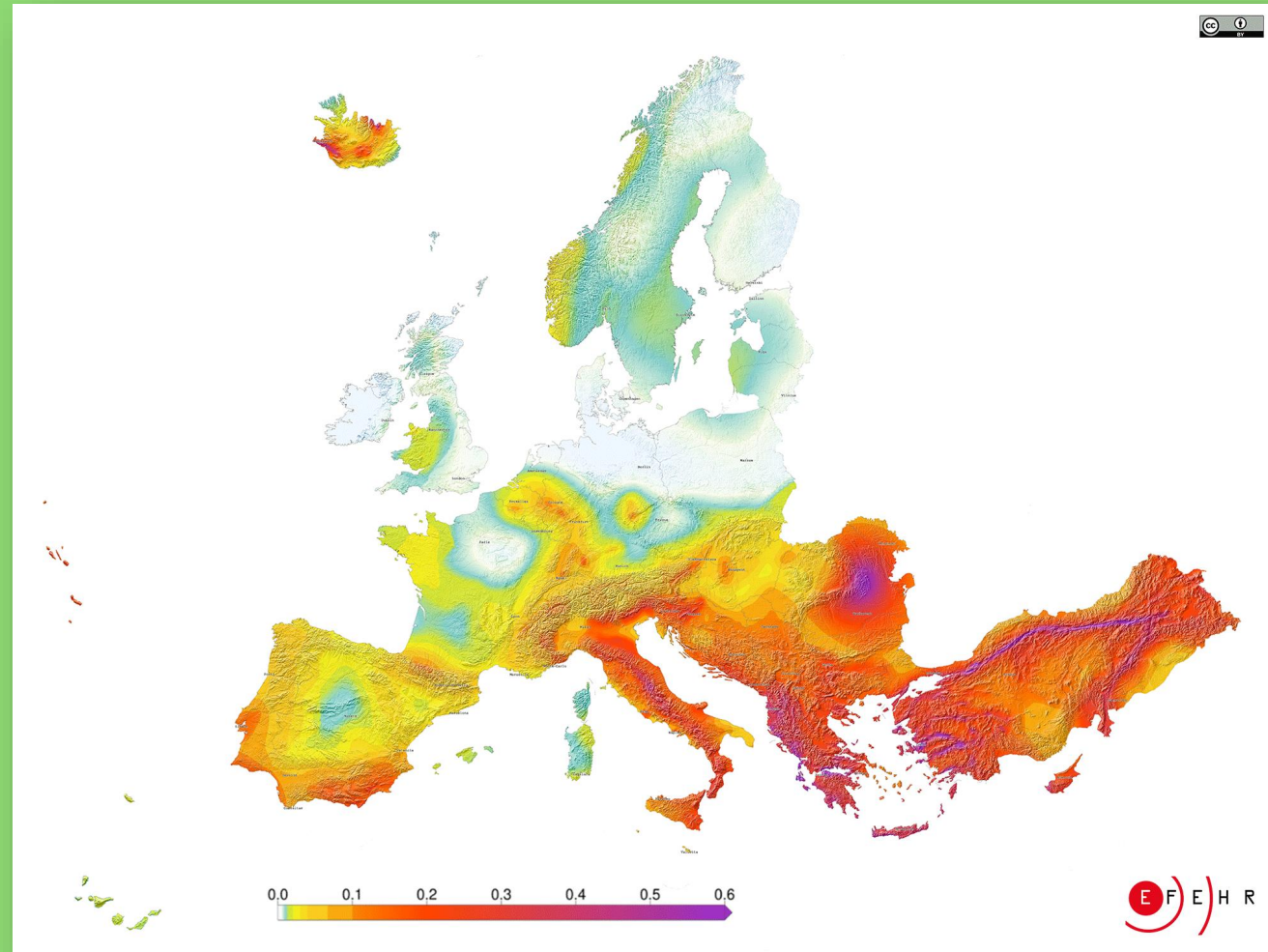


Spatial outlier detection alkalmazása ponthalmazra (Forrás: pro.arcgis.com)

A kutatás összefoglalása

- Magyarország makroszeizmikus kérdőíve a legtöbb helyen harmonizál az EMS-98 skálával, csak néhány helyen érdemes pontosítani
- A kitöltési hajlandóság javítására több ötletet is találtam a más európai kérdőívekkel való összehasonlítás eredményeképpen
- A leszűrt tapasztalatok alapján megalkottam a kérdőív átfogalmazott változatát, benne az automatizálást megkönnyítő szerkezetű válaszokkal
- A kiértékelőprogram alapvetően megfelelő intenzitásokat számol, de még nem elég pontos, sok helyen vannak eltérések a szakértői kiértékeléstől
- Tovább lépési lehetőségeket azonosítottam a kutatáshoz (fuzzy logika, spatial outlier detection algoritmus használata)

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!



Európa földrengés-veszélyeztetettségi térképe (Forrás: www.efehr.org)

Felhasznált források

- Grünthal, G. (szerk.) (1998): European macroseismic scale 1998. European Seismological Commission (ESC).
- Wald, D. J., V. Quitoriano, T. H. Heaton, H. Kanamori (1999): Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity, and modified Mercalli intensity in California. *Earthquake Spectra* 15, 557-564.
- Robertson, Ian (szerk.) (2021): Petrinja, Croatia, december 29, 2020, Mw 6.4 Earthquake Joint Reconnaissance Report (JRR). StEER-EERI, pp. 22.
- Süle Bálint (szerk.) (2021): Magyar Szeizmológiai Bulletin 2020. Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest, pp. 62.
- Musson, R. M. W. (2006): Automatic assessment of EMS-98 intensities. British Geological Survey Seismology and Geomagnetism Programme Internal Report, IR/06/048, pp. 22.
- Michetti, Alessandro (szerk.), Guerrieri, L., Vittori, E. (2007): Environmental Intensity Scale – ESI 2007-. *Carta Geologica d'Italia, Volume LXXIV*.
- Lenhardt, W. A. – Horn, N. – Vogelmann, A. (2004): Computer aided intensity assessment in Austria. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, vol. 45, n. 3, pp. 233-243.
- Sbarra, Paola, Tosi, Patrizia, De Rubeis, Valerio, Sorrentino, Diego (2020): Qualification of earthquake diagnostic effects to assess low macroseismic intensities. *Natural Hazards* 104: 1957-1973
- Johanyák Zsolt Csaba (2004): Fuzzy logika - oktatási segédlet.
- <http://www.seismology.hu/index.php/hu/szeizmicitas/a-mult-nagy-rengesei> [Utolsó letöltés: 2024.11.15]
- <https://vhmsscience8.weebly.com/earthquake-explained.html> [Utolsó letöltés: 2024.11.16] <http://www.efehr.org/earthquake-hazard/hazard-map/> [Utolsó letöltés: 2024.11.11]
- <http://www.seismology.hu/index.php/hu/foeldrengest-erzett/lang/hu-HU> [Utolsó letöltés: 2024.11.08]
- <https://www.zamg.ac.at/cms/de/aktuell/erdbeben> [Utolsó letöltés: 2024.11.03] https://www.seismology.sk/Makroseizmika/makro1_H.php [Utolsó letöltés: 2024.11.10]
- <https://infpapi.infp.ro/feedback/40254> [Utolsó letöltés: 2024.11.03] <http://www.gfz.hr/seizmologija/upitnik.php> [Utolsó letöltés: 2024.11.12]
- <https://www.hsit.it/compile.html> [Utolsó letöltés: 2024.11.18] <https://www.hsit.it/emergeo.html> [Utolsó letöltés: 2024.11.12]
- <http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/did-you-feel-an-earthquake/> [Utolsó letöltés: 2024.11.18]
- <https://www.earthquakes.bgs.ac.uk/questionnaire/EqQuestIntro.html> [Utolsó letöltés: 2024.11.12]
- <https://www.franceseisme.fr/formulaire/index.php> [Utolsó letöltés: 2024.11.12] <https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-cuestionario-macrosismico> [Utolsó letöltés: 2024.11.12]
- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/spatial-outlier-detection.htm> [Utolsó letöltés: 2024.11.22]

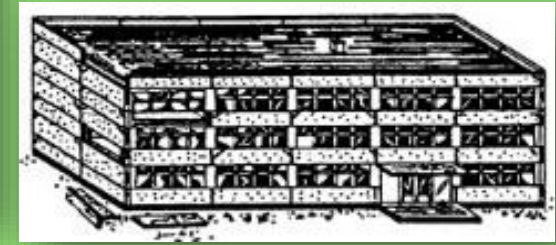
Backup slides

Az EMS-98 intenzitásskála

- Magyarország makroszeizmikus kérdőíve főleg ennek rendelkezéseit követi
- Európai Szeizmológiai Bizottság hozta létre
- 12 fokozatba sorolja a rengéseket, amelyek a szenzorokat ért hatásokon alapulnak
- Sérülékenységi táblázat az épületek minőségének figyelembe vételére
- Észlelők számára rajzok és fényképek a hatások pontos beazonosításához
- Nincsenek külön kérdések a természeti jelenségekre az intenzitásnak való pontos megfeleltetés bizonytalanságai miatt
- ESI-2007: kiegészítés környezeti hatásokra



A falazott épületek sérülését illusztráló ábra (Forrás: Grünthal, 1998)



Ábra a vasbeton épületek károsodásának bemutatására (Forrás: Grünthal, 1998)



Az 1995-ös pelopponészoszi földrengés következtében megrongálódott épület a görögországi Aegionban (Forrás: Grünthal, 1998)



Az 1976-os friuli földrengés okozta kár az olaszországi Gemona egyik épületén (Forrás: Grünthal, 1998)

A magyarországi makroszeizmikus kérdőív jelenlegi felépítése

- Már a XIX-XX. század fordulója óta kitölthető
- A KRSZO honlapján van fenn, ahol bárki kitöltheti e-mail cím és név megadásával
- CAPTCHA-teszt az elején a nagyobb biztonságért
- Észlelés helye település-utca pontossággal
- Dátum újonnan megadva vagy választva
- Észlelés körülményei, emberekre, állatokra és élettelen tárgyakra gyakorolt hatások
- Kötelező megadni, hogy keletkezett-e épületkár
- Utolsó oldalon egyéb megjegyzésekhez szövegdoboz

Kérdőlap:

19⁰⁶ év *januárius* hó ¹⁰ napján észlelt földrengésről. *Szerda.*

Észlelési hely: *Nagyszombat* község *Pozsony* vármegye.

Hány órákor? ⁰ óra ⁵⁻⁶ perc ⁻⁻⁻ mp. (Helyi idő vagy zóna idő?) *Zóna idő.*

Délelőtt-e vagy délután? *délelőtt. Az időadat perc pontos.*

Hoi tartózkodott az észlelő. Szabadban? Otthon? *Otthon, ágyban.*

Minő foglalkozás közben észlelte a földrengést? *Aludt és a földrengés felkeltette.*

Hányadik emeleten? *Első emeleten.*

A lökések száma és ideje? *2 lökés, 12-15 mp. között. Hullámzó mozgás.*

A lökések iránya? *nyugatról-keletre, lámpa ingásából következtelve.*

Minő hatással volt a földrengés? *Függő-lámpák 15 cm-nyire kilengtek. Nehéz bútordarabok megmozdultak, harang megkondult, kénynek bedőltek, kisebb repedések támadtak.*

Minő moraj észleltetett? *Mennydörgésszerű moraj; a rengéssel egyidőben.*

Források, kutak viselkedése? *Előttem ismeretlen.*

Egyéb megjegyzések: *Általános ijedelmet okozott. Az első lökés oly erős volt, hogy az ágyból majd kidobott. A táviráda-oszlopok mozogtak a huzalok erősen feszültek. A moraj a rengéssel egyidejűleg megszűnt.*

Az észlelő neve és címe? *Könsch Irma, póstatíszl.*

1906. januárjából származó kitöltött makroszeizmikus kérdőív rekonstrukciója (a szerző saját felvétele)

Az intenzitás kiértékelésének lehetséges módjai

| EMS-98 | Very few (< 1%) | Few (1% - < 20%) | Many (20% - 60%) | Most (> 60%) |
|--------|-----------------|------------------|------------------|--------------|
| 1 | - | - | - | - |
| 2 | R, T | - | - | R* |
| 3 | - | S, T | R | |
| 4 | W | U | S | |
| 5 | - | W, X | U | S, V |
| 6 | - | Y | W, X | S |
| 7 | - | - | Y, Z | W, X |
| 8 | - | - | Z | - |
| 9 | - | - | - | Z |
| 10 | - | - | - | - |
| 11 | - | - | - | - |
| 12 | - | - | - | - |

| Position in Matrix | Legend |
|--------------------|-----------------------|
| R, R* | Felt at rest |
| S | Indoors |
| T | Slight trembling |
| U | Awake |
| V | Strong trembling |
| W | Outdoors |
| X | Frightening |
| Y | Balance, upper floors |
| Z | Balance |

* only in upper floors

• Ausztria: Lenhardt módszere

Kiértékelőtáblázat Lenhardt leírásából (Forrás: Lenhardt, 2004)

- Kérdések felosztása embereke, tárgyakat és épületeket ért hatásokra, mindegyiknél kiértékelő táblázat a lehetséges hatásokhoz, kezdetben minden cellában 0 van
- Településenként végigmennek a beérkezett kérdőíveken, és minden hatásnál, amelyről beszámoló érkezett, megnövelik 1-gyel a táblázat megfelelő cellájának értékét
- Százalékos arány számítása, majd táblázatokat összevetve intenzitás statisztikus becslése

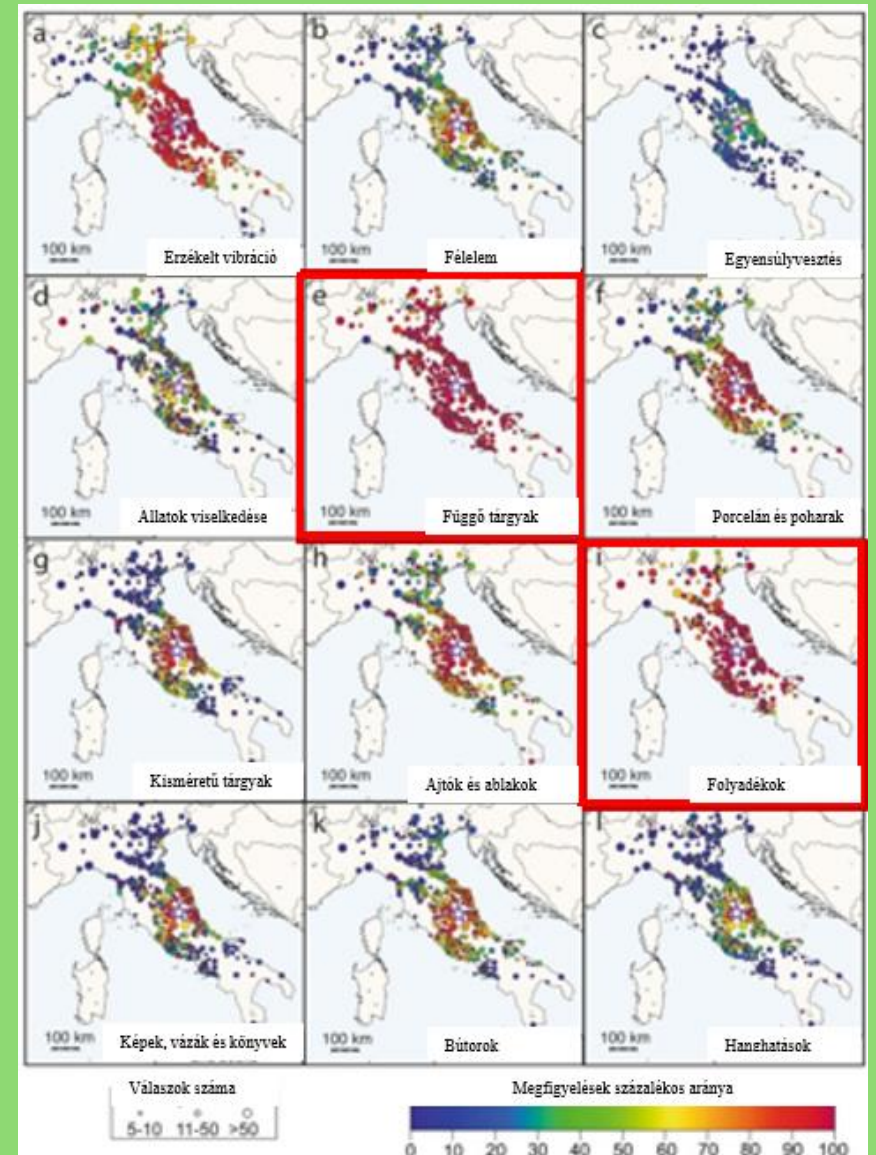
• Nagy-Britannia: Musson módszere

- Emberi döntéshozatali folyamaton alapul, legerősebb intenzitásra utaló jeleket keresi
- Összetett, de logikusan megalapozott szabályrendszert követ az előfordulási arányokból
- Segédváltozókat is definiál időnként, amelyek feltételeit ha teljesíti a rengés, olyan erejű

- Én a brit módszert választottam a kiértékelőprogram megírásához, mert egyértelműbbek a szabályai, felépítése közelebb áll a jelenlegi magyarországi kiértékeléséhez és Python programnyelvben egyszerűbben megvalósítható

A kiértékelés eredménye

- A függő tárgyak esetében jelentkezik eltérés a csillapodási ütemben a nagy és kis magnitúdójú rengések intenzitásainak kiértékelésénél, amelynek hatását eltérő súlyozással vettem figyelembe a tárgyakra vonatkozó hatások kiértékelésénél
- Mindenhol Musson szabályait igyekeztem követni, és azokat a kérdéseket használni, amelyek a kategóriákba a legjobban illettek
- Kitűzött célomat, az 1-hez közeli korrelációt az adatsorra nem értem el, csak 0,5 fölé tudtam kerülni valamelyest
- Sok kérdőívre találhatóak kiugrások, amelyeket nem tud a program jól kezelni, illetve a kevés kitöltővel rendelkező településeknél is több hiba fordul elő



A 2016-os, 6,5-ös magnitúdójú norciai földrengés hatásainak százalékos észlelése (Forrás: Sbarra et al., 2020)