

## Bírálati vélemény

**Bondár István**

### **„Nagy pontosságú földrengés helymeghatározás”**

#### **c. MTA doktori értekezéséről**

A földrengések kipattanási helyének meghatározása, a becslés bizonytalanságának jellemzése a szeizmológia legfontosabb feladatai közé tartoznak. A Jelölt doktori értekezésében a tématerület kompetens nemzetközi kutatásaiban végzett munkájáról számol be, amelynek eredményeként meghatározó metodikai fejlesztések történtek a szeizmológiai események minősítésében és adatbázisokba foglalásukban.

Doktori értekezésében a Szerző következetes, kitérőktől mentes kutatói munkásság eredményeit mutatja be. Az eredmények tudományos értékét és nemzetközi elismertségét tanúsítja, hogy azokat szakterületének kiemelkedő folyóirataiban, ill. szakkönyvekben publikálta. Az alkalmazott korszerű kutatási eszköztár mutatja, hogy széleskörű ismereteit a Jelölt rutinos kutatóként, nagy szakmai találékonysággal hasznosítja a kitűzött cél megoldása érdekében. Tudományos következtetései megalapozottak. Disszertációjának kivitele gondos.

Mindezek alapján még a részletes bírálat előtt rögzíthetem, hogy Jelölt tudományos jelentőségű, nemzetközi érdeklődést kiváltó aktuális témát választott, az eredményeit tartalmazó értekezés a tartalmi és formai követelményeknek megfelel. A dolgozat és a tézisek új tudományos eredményeket mutatnak be és bizonyítják a pályázó tudományos kutatómunkára való alkalmasságát.

Az értekezés megjelenésében igényes, tetszetősen kivitelezett munka. A Szerző világos gondolatmenetben megfelelő részletességgel fejti ki az eredményeit. Általánosságban azonban meg kell jegyezni, hogy a dolgozat nyelviségén olykor érezhető a Szerző sokéves angol nyelvi környezetének hatása, amit a dolgozat - szakmai eredményeket nem érintő - hiányosságaként értékelek.

A dolgozat második fejezetét képező Bevezetésben a Szerző a helymeghatározás utóbbi húsz évének rövid történetében pozícionálja saját kutatásait.

A harmadik fejezet az ismert kipattanási hellyel és idővel jellemzett (un. Ground Truth, GT) eseményekkel foglalkozik. Az ilyen szeizmológiai események feltárása, kritériu-

maik megfogalmazása és adatbázisba rendezésük nagy jelentőséggel bír a szeizmológiai helymeghatározás vagy pl. a tomográfia algoritmus- és módszerfejlesztések szempontjából. Ebben a fejezetben mutatja be Szerző *első tézisébe* foglalt eredményeit: a GT adatbázis létrehozását és a szeizmológiai események adatbázisba illeszthetőségi kritériumainak (társszerzővel publikált) megfogalmazását. A GT szelekciós kritériumokban új fogalmakat vezetett be (másodlagos azimutális hézag, hálózatminőség mérték) és kritériumait pontosan ismert események felhasználásával végzett Monte Carlo szimulációval vizsgálta. Szelekciós kritériumai alapján létrehozott Ground Truth adatbázist nemzetközi szakmai szervezetek (IUGG, IASPEI) egyetértésével az IASPEI Reference Event List adaptálta. Az adatbázis mára jelentősen kibővített terjedelmével és minőségi jellemzőivel a globális és regionális tomográfiai kutatásoknak is fontos eszközévé vált. *Első tézisében foglaltakat nagy gyakorlati jelentőséggel bíró új tudományos eredményként elismerem.*

A negyedik fejezet a földrengés helymeghatározás problémakörével foglalkozik. A Szerző rövid áttekintést ad a helymeghatározás történetéről, definiálja a helymeghatározási problémát, bemutatja a linearizált megoldás alapját jelentő Geiger módszert, ismerteti a sebességmodellek és menetidő táblázatok fejlődését, bemutatja a mélységérzékenység szerepét és részletesen foglalkozik a helymeghatározási probléma hibamérlegével. Elemzi a linearizált inverziós módszereket és azok becslési hibáit, majd bemutatja a főbb nemlineáris inverziós eljárásokat. E részletes előkészítés után rátér az esemény sorozat (multi-esemény) feldolgozó módszerekre. Rövid áttekintés után mutatja be rendkívül szellemes multi-esemény meghatározó eljárását, amelyet HDC-RCA megjelöléssel nevez meg és *második téziséként* mutat be. Az eljárás első lépésében regionális és teleszeizmikus távolságban levő állomások adatain egy sztenderd helymeghatározó módszerrel (HDC) ad kezdeti becslést az esemény klaszter kikapartási koordinátáira, majd ezeket a pontokat (a reciprocitás alapján) virtuális állomásoknak tekintve végzi el a területen levő lokális állomások (mint virtuális források) helymeghatározását a lokális adatok felhasználásával. Ezek a koordináták eltérnek a lokális állomások (pontosan ismert) koordinátáitól, az eltéréssel, mint korrekcióval a multi-esemény meghatározó eljárás pontossága javítható. Ezzel a módszerrel az IASPEI Reference Event List adatbázis több ezer minősített eseménnyel bővíthetett. *Második tézisében foglaltakat jelentős új tudományos eredményként elfogadom.*

Kérdésem a módszerrel kapcsolatban: A HDC-RCA hybrid algoritmus első lépésében (HDC) kapott esemény koordináták a második lépésben (RCA) végzett helymeghatározás számára bemenő adatok, melyektől az RCA inverziós eljárás stabilitá-

sa, pontossága függ. Mi a feltétele annak, hogy a HDC eljárás eredménye elegendően jó legyen a második lépésben végzett inverzió számára?

Az ötödik fejezetet a Szerző az International Seismological Centre (ISC) földrengés meghatározó algoritmusához kapcsolódó fejlesztéseinek szenteli. Rövid történeti bevezető után ismerteti az új ISC helymeghatározási algoritmus főbb jellemzőit. A több ponton történt fejlesztés lépései közül kiemelkedik a korrelált menetidő becslési hibák hatásának csökkentését célzó módszerfejlesztés. A legtöbb helymeghatározó algoritmus azzal a feltételezéssel él, hogy a hibák függetlenek és Gauss eloszlással jellemezhetők. Ugyanakkor gyakran előfordul, hogy a sűrűn telepített állomásokra a távoli forrásból érkező jel ugyanazon - a sebességeloszlásban kevésbé pontosan ismert - tartományon keresztül érkezik. Ekkor a direkt feladat nem kellően pontos megoldásából származó hiba a különböző (egymáshoz közeli) állomásokon egyaránt megjelenik, azaz szisztematikus és egymással korreláló (az adat kovariancia mátrix főátlóján kívüli) hibák jelentkeznek a feldolgozás során. A Szerző a teljes kovariancia mátrix a priori becslésére új eljárást dolgozott ki, amelyben az adat kovariancia mátrix szinguláris érték szerinti felbontásával a problémát olyan koordináta rendszerbe transzformálja, amelyben a kovariancia mátrix már szimmetrikus. A Szerző példákon igazolja, hogy az új eljárással a helymeghatározási hiba csökken és az új 90%-os konfidencia ellipszis tartalmazza a valódi epicentrumot. *Ide vonatkozó eredményeit harmadik tézisében fogalmazza meg, ezeket új tudományos eredményként elfogadom.* Ugyancsak az ötödik fejezetben Szerző az új ISC helymeghatározási algoritmusnak a fészekmélység pontosabb meghatározását célzó továbbfejlesztéséről számol be. Az új algoritmust a korábbi ISC helymeghatározási eljárással összehasonlítva számos ponton javulás igazolható. *Vonatkozó eredményeit Szerző a negyedik tézisében fogalmazza meg. Ezeket, mint jelentős továbbfejlesztést új tudományos eredményként elfogadom.*

Az értekezés hatodik fejezete az ISC-GEM földrengés katalógus létrehozásáról, a szükséges fejlesztésekről számol be. Az egységes katalógus létrehozását a globális szeizmikus veszélyeztetettség és kockázat tanulmányozásának és folyamatos figyelésének általános igénye tette szükségessé. A katalógus létrehozásában a Szerző kreatívan közreműködött. Ötödik tézisében kijelenti, hogy az ISC-GEM katalógus az ISC helymeghatározó algoritmus alkalmazásával jött létre. *Ez a körülmény Szerzőnek az ISC algoritmus kifejlesztésében végzett alkotó munkáját minősíti, annak fontosságát kiemeli. Az ISC-GEM katalógusban történt alkalmazás tézisszerű rögzítését el tudom fogadni. Lehetségesnek tartom azonban az előző tézissel való összevonását is.*

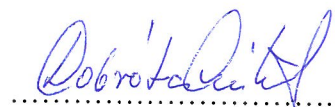
Kérdés: A 35-43 ábrákon az ISC-GEM katalógus elkészülte előtti (bal oldal) és utáni (jobb oldal) eredményeket mutat be. A tématerületen a szükséges látásmóddal nem rendelkező szemlélő ezek között (bal és jobb) alig lát különbséget. Lehetséges legalább néhány ábra esetében számszerűen is jellemezni a fejlesztés következtében elért javulást?

A doktori dolgozat hetedik fejezete az iLOC földrengés meghatározó algoritmust mutatja be, ami az ISC lokátor továbbfejlesztéseként keletkezett azzal a célkitűzéssel, hogy lokális és nemzeti szeizmológiai szolgálatok igényeinek kielégítését is lehetővé tegye. A fejlesztésnek a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Szolgálat eszköztárába történő integrálásával a Szolgálat nemzetközi kompatibilitása is növekedhet. *Az ISC lokátor továbbfejlesztésével kapcsolatban megfogalmazott hatodik tézist, mint a nemzetközi szeizmológiai tevékenység kompatibilitását támogató fejlesztést fontosnak tartom és elfogadom.*

Összefoglalóan megállapítható, hogy a Jelölt által benyújtott doktori mű tartalmi és formai tekintetben megfelel az MTA Doktori Szabályzat előírásainak. A Szerző aktuális területen hazai és nemzetközi szempontból egyaránt jelentős tudományos eredményeket ért el, amelyek választott tudományterületét kiemelten gazdagítják. Kutatómunkáját részben kutatói csoport keretében végezte, publikációi zömében társszerzők közreműködésével jelentek meg. Teljes publikációs teljesítményének számossága és munkásságának tudományos íve egyértelművé teszi a doktori dolgozatban bemutatottak egyéni eredményként való értékelhetőségét. Az elért eredményeket tartalmazó hat tézis újszerűségét elismerve azokat változatlan formában elfogadom, nem kizárva azonban az ötödik tézisnek a negyedikkel való összevonását sem.

**Mindezek alapján a doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak tartom és javaslom a nyilvános vita kitűzését.**

Miskolc, 2016. január 25.



Dobróka Mihály  
a műszaki tudomány doktora