



Universität Stuttgart

Universität Stuttgart • Pfaffenwaldring 61 • 70569 Stuttgart  
IWS • Lehrstuhl für Hydrologie und Geohydrologie

Institut für Wasser- und  
Umweltsystemmodellierung

Lehrstuhl für Hydrologie  
und Geohydrologie

Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing.  
András Bárdossy

**Kontakt**  
Pfaffenwaldring 61  
70569 Stuttgart

T 0711 685-64663  
F 0711 685-64681  
E-Mail: [Andras.Bardossy@iws.uni-stuttgart.de](mailto:Andras.Bardossy@iws.uni-stuttgart.de)

31.01.2023

## Birálat

Dr. Honti Márk által benyújtott

### **“Bayesi módszerek a vízi környezet modellezésében avagy a modellezés elkerülhetetlen szubjektivitása”**

című MTA doktori értekezéséről

Dr Honti Márk értekezését 2020-ban nyújtotta be. A munka teljes terjedelme 101 oldal.  
Az értekezés a jelölt 11 nemzetközi publikációjára épül.

Az értekezés 5 fejezetből áll.

A bevezetés a modellkalibráció általánosan használt módszereit ismerteti vázlatosan.  
Ezt követően környezeti modellek paramétereinek felismerhetőségnek problémáját ismerteti. A környezeti modellek mind korlátozott számú és mérési bizonytalanságokkal terhelt megfigyelések miatt esetenként nagyon bizonytalanok, és paramétereik nem egyértelműen azonosíthatók. Az értekezés célja a felismerhetőség Bayes-i módszerekkel történő segítése.

A második fejezetben a modellszerkezet felismerhetőségének Bayes-i statisztikával való javítását elemi a jelölt.. A felismerhetőség javítása nagyon fontos a modell hibájának csökkentéséhez, Formailag a javasolt megoldás jó, de a prior eloszlás és a hibamodellek választása miatt ez a megoldás nem kvantifikálható “szubjektív” hibákhoz vezethet. Ez a probléma a Bayes-i statisztika alapvető gondja, és így nem a csökkenti a

jelölt munkájának értékét. A fejezetben ismertetett példa ennek ellenére hasznos és jól dokumentált.

A harmadik fejezet egy a környezeti modelleknél felmerülő alapvető problémával, a bemenő adatok hibáinak következményeivel foglalkozik. A vízzel kapcsolatos környezeti modellek rendkívül összetettek, és a befolyásoló tényezők jelentős része térben és időben változékonny természeti változóktól függ. A modern mérés technika ugyan lehetővé teszi egyes paraméterek finom időbeli gyakorisággal történő mérését, de a megfigyelések térbeli sűrűsége jelentősen megnöveli a modellek hibáját. A legnagyobb probléma itt a modell szerkezeti hibáinak és a mérések hibáinak a modell hibájára való hatásának különválasztása. A környezeti modellezésben gyakran elhanyagolják a bemenő adatok hibáját, és azokat modell paraméterekkel próbálják kompenzálni. A jelölt itt jól felismerte a probléma jelentőséget és különböző megoldási módszereket fejlesztett ki. A módszerek itt is a Bayes statisztikán alapulnak és érdekes használható eredményeket produkálnak. A probléma itt is, mint számos más esetben az, hogy a módszerek speciális a hiba struktúrára vonatkozó feltételezésekből indulnak ki. Ezen hipotézisek ellenőrzése rendkívül nehéz, és sajnos ez a munka sem foglalkozik ezzel a problémával.

A negyedik fejezetben a modellek időbeli változásával foglalkozik a szerző. Általános modellezési gyakorlat az, hogy egy nem jól működő modellt a modellezők további folyamatokkal és paraméterekkel bővítik, hogy ezzel a modell hibákat redukálják. Sajnos ez az esetek nagy részében csak a modell kalibrációban segít, de a tényleges modellezést nem javítja. Egy másik lehetséges út a modell paraméterek időbeli változásának feltételezése. A paraméterek időbeli változtatása nagymértékben megnöveli a modellező lehetőségeit, de jelentősen korlátozza a modell előrejelzése való alkalmazását mivel a modell jövőbeli paramétereit is becsülni kell. Az időfüggő paraméterek racionális választása szükségessé teszi a paraméterek változásának korlátozását, például különböző folytonosságra vonatkozó feltételekkel. A fejezetben ismertetett tavi oxigén forgalmat leíró modell esetében a szerző egy nagyon komplex modellre alkalmazza egy Bayes-i becslést. Az eredmények jól mutatják a módszer alkalmazhatóságát.

Az ötödik fejezetben a elért eredményeket foglalja össze a jelölt. Ezután következnek a tézisek. A téziseket a harmadik kivételével el tudom fogadni. A harmadik tézis

módosítását javaslom. Véleményem szerint a modell bemenő adatainak hibáját esetenként meg lehet becsülni és legalábbis részben számszerűsíteni lehet annak következményeit. A jobb modellezés érdekében törekedni kell arra, hogy az adatok és a modell szerkezeti hibait amennyire lehet különválasszuk. A bemenő adatok hibájának időbeli és térbeli heteroszkedaszticitása lehetőséget ad a szerkezeti hibák részbeni elkülönítésére.

Az értekezés formailag megfelel az MTA doktori értekezéssel szembeni követelményeknek. Az értekezés egyes fejezeteiben a szerző néhány saját publikációjának eredményeit mutatja be. Sajnos a publikációk másolatát a szerző nem mellékelte, így azokat az olvasóknak maguknak kell felkutatni.

A jelöltnek az MTA Doktora tudományos fokozat odaítélését ajánlom.

A dolgozattal kapcsolatban többek között a következő kérdéseket kivanom tenni:

1. A felismerhetőség javítása Bayes-i statisztikával egyértelműbbé tudja tenni a modell becsült paramétereit, azaz csökkenti azok bizonytalanságát. Vezethet ez a módszer ahhoz, hogy relatíve egyértelműen rossz paramétereket becsülünk? Mennyiben befolyásolja a prior eloszlás választása a modell prediktív hibáját? Lehet a modell hibáját a paraméterek bizonytalanságának becslésére használni?
2. A bemutatott esetek nagy részében a hiba eloszlására a több változós normális eloszlást használta. Reális ez a feltételezés, vagy csak „kényelmi” okokból lett feltéve?
3. A környezeti modellezés Bayes-i statisztikával való alkalmazása a mérési adatok mellett szubjektív feltételezéseket használ. Ebből a szempontból ellentétes manapság divatos csak az adatokra épülő, mesterséges intelligenciát használó modellekkel. Feloldható ez az ellentét? Melyik módszeré a jövő a jelölt szerint?

Stuttgart, 2023 január 31



Prof. Dr.-Ing. András Bárdossy