

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi Kar
Földtudományok Doktori Iskola

MODERN GEOMATEMATIKAI MÓDSZEREK
ALKALMAZÁSA HIDROGEOLOGIAI FELADATOK
MEGOLDÁSÁRA

Doktori (Ph.D.) disszertáció
tézisei

KOVÁCS JÓZSEF

Szeged, 2007

A kutatási előzményeinek rövid összefoglalása

A hidrogeológiában napjainkban használt modellek többsége determinisztikus, annak ellenére, hogy ezek egy mintarealizációból készülnek és tudjuk, hogy a mintarealizációkból számított statisztikák, modellezési eredmények egy újabb mintavételezés esetén mások lennének, hiszen valószínűségi változók. Ezt a problémát a determinisztikus modellek esetében érzékenységi vizsgálatokkal hidalják át. Ettől azonban az alkalmazott modell bizonytalanságai még megmaradnak. Napjainkban az is érzékelhető, hogy a rendelkezésre álló adathalmazok mérete egyre növekszik, így nem csupán lehetőség, hanem szükségszerűség is azok belső tulajdonságainak feltárása. E tények ismeretében már nem tekinthető véletlennek, hogy a földtudományokban, így a hidrogeológiában is fokozatosan egyre jelentősebb szerephez jutnak az idősoros vizsgálatok.

Az idősoros vizsgálatok mintegy száz éves múltra tekintenek vissza. Kezdetben a trend és a periódus becslését foglalták magukba, majd mintegy ötven évvel később elkezdődtek a mélyebb matematikai ismereteket igénylő kutatások, amelyeknek egyik jelentős eredménye P. Box és G. M. Jenkins nevéhez fűződik. Ők alkalmazták először az időben lezajló jelenségek modellezésére az AR és MA (ARMA) folyamatokat. Az idősor analízis fejlődése napjainkban is erőteljes. Ezzel kapcsolatban a közelmúltban számos kutatási irányzat bontakozott ki és a már meglévő módszerek is jelentős fejlődésen mentek keresztül.

Alkalmazott vizsgálati módszerek

Az értekezés elkészítése során felhasználtam a vonatkozó területek földtanára és a hidrogeológiában az idősoros vizsgálatokra vonatkozó idegen és magyar nyelvű irodalmat, valamint a VITUKI Kht. által rendelkezésemre bocsátott vízszint, vízkitermelési és meteorológiai adatokat, illetve az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen irányítással végzett kutatások eredményeit.

Az idősoros vizsgálatok külföldi és hazai alkalmazásait, azok eredményeit szakterületemen kritikailag elemeztem és kerestem, majd alkalmaztam olyan idősoros vizsgálati módszert amely korábban még nem volt jelen a geomatematika eszköztárában. Törekvéseimet az a tény vezérelte, hogy tevékenységem a geológia, a hidrogeológia és a matematika határterületén mozog.

Értekezésem az idősoros vizsgálati módszerek közül a harminc éves múltira visszatekintő dinamikus faktoranalízist emeli be a hidrogeológia, illetve a földtudományok területére. A módszer földtudományi alkalmazása nemzetközi és hazai szinten teljesen új, így alkalmazhatóságát különböző vízföldtani helyzetekre próbáltam ki.

A tradicionális teljesítménysűrűség becslések egy modern változatával, a Lomb-Scargle periódus időt becslő módszerével is végeztem számításokat. Ezt elsősorban csillagászok használják, a földtanban nemzetközi szinten is csak elvétve található alkalmazása, melyek elsődlegesen a paleoklíma kutatáshoz kötődnek. Értekezésem harmadik használt módszerét a wavelet teljesítménysűrűség spektrum analízis adja, amelyet sok kutató használ a világban, a hidrológiá-

ban és a hidrológiában egyaránt. Hazai alkalmazására – ismereteim szerint – eddig még nem került sor, pedig eredménye, az idő-frekvencia térkép egyéb eljárásokhoz képest többlet információt ad.

Új tudományos eredmények

1. A dinamikus faktoranalízist bevezettem a földtudományok, így a hidrogeológia területére.

Az egyes vízszint megfigyelő kutak által biztosított adatok *időfüggő véletlen mennyiségek* megfigyeléseinek, méréseinek tekinthetők. Az egyes kutak hidrográfjai felfoghatók sztochasztikus folyamatok realizációiként. Az egyes kutakhoz tartozó folyamatok azonban nem önmagukban álló, egymástól független jelenségek, hanem egy és ugyanazon természeti jelenség különböző lokális körülmények közötti megnyilvánulásai. Ezért természetes ezeket a folyamatokat összefogva, egyetlen többdimenziós folyamat komponenseiként szemlélni, mely komponensek természetesen valószínűségelméletileg összefüggőek. Ez az összefüggés térbeli szerkezethez kötött, melyről feltételezhető, hogy a különböző helyeken megfigyelt folyamatok ugyanazon néhány látens hatás – például beszivárgás, vízkiemelés – befolyása alatt állnak, és csupán e hatások *intenzitása függ a helytől*. Így először ezen hatások identifikálása, majd pedig intenzitásuk térbeli eloszlásának becslése a cél. Ezzel kapcsolatos eredményeim:

1.1 A Dunántúli-középhegység DNy-i részében elhelyezkedő, triász képződményekre szűrőzött figyelő kutak karsztvízszint idősorait vizsgáltam az 1970-1990 évekre. Számításaim eredményeként kapott első dinamikus faktor a területen levő vízkiemelés, míg a második a beszivárgás volt.

- 1.2. A Szigetköz talajvízszint idősorainak vizsgálatát, a Duna elterelése miatt két részre kellett osztani és vizsgálni. Az elterelés előtti állapotra az első dinamikus faktort a Duna hatásával lehetett azonosítani. Ebben az időszakban más háttértényező nem volt meghatározható. A Duna elterelése után, az első dinamikus faktort az elterelt Duna hatásával, a másodikat a csapadékkal, míg a harmadikat a visszaterelt Duna hatásával azonosítottam. Az eredmények alapján megállapítottam, hogy jelentősen megváltoztak az elterelést követően a Szigetköz talajvizét befolyásoló háttértényezők. A csapadék szerepe relatív módon jelentősen felértékelődött. A Duna hatása követi azt a kettős viselkedést, ami a folyó életében a vízlépcső megépítése miatt bekövetkezett.
- 1.3. Az analízisből meghatározhatóak a dinamikus faktorok súlytényezői, amelyek adott helyen fennálló hatások erősségének mérőszámaiként szolgálnak, s így az adott területet átfogó hidrogeológiai jellemzőkkel ruházzák fel. A Szigetköz esetében a Duna hatásának, betáplálásának legintenzívebb helyei a műszaki beavatkozás miatt térben jelentős mértékben elmozdultak.
2. Az elvégzett periódus idő becslések alapján megállapítottam, hogy a „klasszikus” spektrum-számítások hidrogeológiai idősorokra gyakran nem alkalmazhatók, mivel ekvidisztánsan mintavételezett adatokat tételeznek fel. A nem azonos időközben mintavételezett jel vizsgálatának esetére kínál a Lomb-Scargle periodogram helyes megoldást. A módszer további előnye, hogy megoldja a teljesítményspektrum becslésének legnehezebb, ezért sok szerző által elhallgatott problémáját, a hipotézisvizsgálatot.

Fontos kérdés, hogy mely spektrumcsúcsok, azaz a folyamatban talált mely oszcillációk szignifikánsak? A konfidencia intervallum számításához szükséges mintaeloszlás ismerete, vonzó tulajdonsága a Lomb-Scargle eljárásnak, így a jelben előforduló periódus exakt módon meghatározható. Ezzel kapcsolatos eredményeim a következők.

- 2.1. A mért időszori realizációk a hidrogeológiában általában nem stacionáriusak, trendet tartalmaznak, amelynek becslése általában különböző fokszámú polinomokkal történik. A maradékokra becsült periódusidő hosszak között egyesek eltűnnek, de esetenként helyettük újak jönnek „elő”. Hányad fokú trend eltávolítása indokolt ahhoz, hogy a periódus idő becslése a lehető legjobban tükrözze a valóságot? A kérdés megválaszolására a következő javaslatot teszem. Különböző polinomiális trendek eltávolítása mellett, statisztikailag elegendően nagy számú idősorra végezzük el a periódus idő becslését, majd a meghatározott szignifikáns periódusok közül azokat tekintjük a valósághoz legközelebb állóknak, amelyek a leghasonlóbb eredményt adják a különböző fokszámú trendeltávolítások során. A periódus idők hasonlóságát homogenitás vizsgálattal döntjük el.
- 2.2. A Kisalföld területén a vizsgált talajvízszint idősorok mindegyikében kimutattam az éves periodicitást. Ezeken kívül 5%-1%-os szignifikancia szinten, több polinomiális trend levétele mellett, 9,8-10,3 éves és az előbbiektől kevesebbszer 7,2-7,4 és 5,1-5,2 éves periódusokat határoztam meg.

3. A wavelet analízis, szemben a hagyományos Fourier módszerrel, idő-frekvencia térkép létrehozását teszi lehetővé. A Fourier-módszer nem adekvát eljárás nemstacionárius vagy tranziens jelek teljesítménysűrűség függvényének becslésére. A wavelet-módszer alternatív megközelítést kínál, mivel időben (térben) és skálában (frekvenciában) lokalizált. Ez a megközelítés idő-skála (idő-frekvencia) felbontást eredményez. Ezzel lehetővé válik, hogy a jelnek időben változó jellegzetességeit megragadja. Ezzel az eljárással oszcilláló komponensek folyamatos átrendeződését határoztam meg és megállapítottam, hogy a talajvíz járásban például az éves periodikus ingadozás a Kisalföld területén több időintervallumban kimarad.

A kutatási eredmények gyakorlati hasznosítása

A dinamikus faktoranalízis alkalmazása során nyert kutatási eredmények gyakorlati hasznosíthatóságát jelentősnek tartom.

Mivel a faktorokat a telített zóna vízszintingadozásaiból becsültem és az egyes faktorok az egyéb hatások nélküli, „tisztá” folyamatokat reprezentálják, a Dunántúli-középhegység esetében a beszivárgás időbeli folyamatát kaptam meg. A módszer ily módon segítséget nyújt az adott területen alkalmazható legjobb beszivárgás számítási módszer kiválasztásában. Így pontosíthatók a dinamikusan utánpótlódó vízhozam számítások.

Az analízisből származó dinamikus faktorok súlytényezői a háttértényező intenzitását mutatják. A kapott faktorokban tükröződnek hidrogeológiai, geológiai és egyéb olyan paraméterek amelyek fontos szerepet játszanak víztartók sérülékenységi becslésében. Ilyen módon közvetett kapcsolat létezik a dinamikus faktoranalízis nyomán megkapott faktorok súlyai és a sérülékenység között. Ennek jó példáját látom a Szigetköz talajvízszint idősorainak vizsgálata során kapott eredményekben.

Az értekezés témaköréből készült publikációk

- Márkus L. – Kovács J. , – Urfer W. – Berke, O., 1997.: Investigation of latent dynamic characteristics of space-time phenomena in ecology, Forschungsbericht (Research Report), 97/5, Dortmund University Press, pp.1-40.
- Márkus, L. – Berke O. – Kovács J. – Urfer W., 1999.: Spatial Prediction of the Intensity of Latent Effects Governing Hydrogeological Phenomena Environmetrics Vol. 10. pp. 633-654.
- Kovács J. – Szabó P.– Czéh R. – Szalai J.- Varga Gy.: Dinamikus faktoranalízis alkalmazási lehetősége a Duna-Tisza közének talajvízállás idősoraira, 2002, IX. Konferencia a felszínalatti vizekről, Balatonfüred, Abstract: p. 24.
- Kovács J. – Szabó P.– Czéh R. – Szalai J.- Varga Gy.: Talajvízállás adatok idősoros vizsgálatai a Duna-Tisza közén, 2002, IX. Konferencia a felszínalatti vizekről, Abstract: p. 24.
- Kovács J. – Márkus L. – Halupka G., 2002.: Measuring contamination-vulnerability of aquifers by dynamic factor analysis, 8th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology, Berlin, Terra Nostra, Volume 2, pp.: 463 – 468.
- Márkus L. – Kovács J., 2003: On the Effects of Water Extraction of Mines in Karstic Areas Mathematische Geologie Vol 7.
- Kovács J. – Márkus L. – Halupka G. 2004.: Dynamic Factor Analysis for Quantifying Aquifer Vulnerability, Acta Geol. Hung. Vol. 47/1, pp. 1-17.

- Kovács J. – Peres B. – Szalai J., 2004.: Periódus vizsgálati módszerek: alkalmazási feltételek, nehézségek és eredmények tiszántúli talajvízszint idősorok példáján, , IX. Konferencia a felszínalatti vizekről, Balatonfüred, Abstract.
- Kovács J. – Szalai J. – Frucht É. – Koncz D., 2004: Mintavételi gyakoriság becslése térben és időben a Szigetköz talajvízszint adataira. Kézirat, ELTE TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, p. 29. és mellékletek
- Kovács J. – Földeáki D. - Márkus L., 2005.: A talajvízjárást befolyásoló tényezők vizsgálata a Tiszántúlon, XI. Konferencia a felszínalatti vizekről, Abstract.
- Kovács J. – Kovácsné Székely I, 2006.: A minta értelmezési problémái: elmélet és gyakorlat; Földtani Közlöny, Vol. 136, pp.: 139-146.
- Kovács J. – Kovácsné Székely I. – Könczöl A., 2006.: Periódus vizsgálat: Alkalmazási feltételek és nehézségek, pp. 25 – 35.
- Kovács J. – Kovácsné Székely I., 2006.: A földtani adatok adatelemzésének nehézségei, Karsztfejlődés XI. konferencia kiadvány, pp.15-24.
- Kovács J. - Szabó P.- Szalai J.: Talajvízállás adatok idősoros vizsgálatai a Duna - Tisza közén, Vízügyi Közlemények, megjelenés alatt.