



Utánpótlás-nevelés a numerikus modellezés szakterületen

Szépszó Gabriella

HungaroMet Nonprofit Zrt, szépszog@met.hu

DOI:10.56474/legkor.2024.1.2

A modellezés iránt érdeklődő meteorológus hallgatók számára az egyetemi képzésük kulcseleme a numerikus modellezés oktatása, aminek alapját az ELTÉ-n a numerikus előrejelzés című tantárgy jelenti. A tantárgy többévtizedes múltra tekint vissza, mely miközben megtanítja a meteorológiai modellekben használt numerikus módszerek elméleti hátterét, lehetőséget ad a hallgatóknak a gyakorlati alkalmazásra is, évről évre követve a szakterület fejlesztéseit. Az órákat a HungaroMet Nonprofit Zrt. szakemberei tartják, akik így közvetlen kapcsolatba tudnak kerülni leendő munkatársaikkal. A jelen írás a Magyar Meteorológiai Társaság Dévényi Dezső születésének 75. évfordulójára 2023. december 7-én rendezett ülésen elhangzott előadás összefoglalója.

Education of new numerical modelling experts in meteorology

For meteorologist students at the Eötvös Loránd University who intend to work in the area of modelling, the graduate course entitled Numerical Modelling is of key importance. This course dates back to the 1980s; it explains the theoretical background of the numerical methods applied in meteorology and provides room for practical modelling following the evolution of the area. The lectures are given by modelling practitioners of the meteorological service, who can get in touch with their potential colleagues in this way. The current paper is a summary of the presentation shown in the event organized by the Hungarian Meteorological Society in memory of Dezső Dévényi for his 75th birthday anniversary.

Bevezetés

A numerikus prognosztika, a klímamodellezés vagy a levegőminőségi előrejelzések iránt érdeklődő meteorológus hallgatók számára egyetemi képzésük során nagy jelentősége van a modellezéshez kapcsolódó kurzusoknak. Ezek egyik legfontosabbja a numerikus előrejelzés elnevezésű tantárgy. A kurzus az elméleti és gyakorlati alapok elsajátítása

mellett szemléletmódot is kíván adni a hallgatók számára, amire később a munkájuk során is támaszkodhatnak. Ezek között külön hangsúlyozza az éghajlati és a rövidtávú modellezés közös gyökerét és módszertanát, kiemelten foglalkozik a modellezés közelítő jellegével, valamint az ensemble előrejelzések fontosságával és helyes értelmezésével. Az alábbiakban röviden áttekintjük a numerikus modellezés oktatásának alakulását az elmúlt évtizedek alatt.

Tematika

A numerikus előrejelzés tantárgy 2 félévet ölel fel: az első szemeszter inkább az elméleti alapokra szorítkozik, míg a második gyakorlatiasabb. A tematika épít a szilárd matematikai, fizikai és dinamikus meteorológiai alapokra. Az első órákat a 80-as években Dévényi Dezső adta, aki az „orosz iskolát” követve nagy hangsúlyt fektetett a pontos és mély matematikai háttérre, az adatasszimiláció témájában például részletesen ismertette *Lev Gangyin* számításait. Dezső az órákat kézzel írt jegyzetei alapján tartotta (*Dévényi, 1991*), s a hallgatónak a sikeres vizsgázáshoz érdemes volt az előadásokat látogatni. Amikor egyre több időt töltött az Egyesült Államokban, fiatal kollégáit is bevonta az oktatásba: a 90-es évektől *Horányi András* az adatasszimiláció és a Galjorkin-módszerek, míg *Radnóti Gábor* a véges differencia módszerek és a numerikus stabilitás témájában tartotta megosztva az órákat, illetve időnként *Ihász István* is beugrott.

András és Gábor új fejezetekkel is kiegészítették a tananyagot: például míg Dezső elsősorban az optimális interpolációról beszélt az adatasszimiláció témakörében, András és Gábor bővítette ezt a részt a variációs módszerekkel, amihez az ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) továbbképzésére (*Bouttier and Courtier, 1999*) támaszkodtak. Több írott dokumentum is készült ebben az időben, például a Galjorkin-módszerekről a Haltiner-könyv (*Haltiner and Williams, 1983*) alapján. Az egyes fejezetek megértését számos papíron és táblán megoldható számítási példa segíti, melyek a mai napig részei a tananyagnak (egyébként az órákat akkor még írásvetítő segítségével tartották).

Gábor ECMWF-be való távozása után az óráit 2004-től *Szépszó Gabriella* vette át, és vele együtt *Hágel Edit* is csatlakozott az oktatókhoz. Kettejüknek köszönhető a tananyag nagy részének prezentációs formába öntése, az óra honlapjának kialakítása, a diszkretizációs módszerekről, a Galjorkin-módszerekről és az ensemble előrejelzésekről szóló fejezetek kisebb megújítása (pl. *Kalnay, 2002* alapján), valamint a re-analízisekről és az oldalsó határfeltételekről szóló előadások. Később *Böloni Gergely* bővítette az adatasszimilációt a Kálmán-filter elmélettel, illetve *Szűcs Mihálynak* köszönhetően kapnak a hallgatók ma részletes áttekintést a különböző perturbációs módszerekről. András, Gergely, Mihály és Gabriella 2013-ban két egyetemi jegyzetet is készítettek: az egyik (*Szépszó et al., 2013*) a főbb témaköröket tekinti át, a másik (*Szépszó, 2013*) pedig egy példatár. A parametizációk témájával *Práger Tamás* javaslatára bővült a tananyag, ezt az előadást *Allaga-Zsebeházi*

Gabriella gondozza. Az oktatók legfiatalabb generációja, *Jávorné Radnóczy Katalin* és *Kardos-Várkonyi Anikó* csatlakozásával az oktatásban használt eszközök is tovább bővültek, például gyakorlásra is használható, online megoldható kvíz kérdéssorokkal.

A kurzus 2. féléve mindig a hallgatók aktivizálását tűzte ki célul. Ebben a szemeszterben a 2010-es évekig olyan modellezési témákat dolgoztak fel a hallgatók, amiknek a részletes tárgyalására az előző félévben nem jutott idő. A kapcsolódó cikkek feldolgozása után a diákok előadást tartottak például az inicializációról, a szinguláris vektorok módszeréről vagy klímadinamikai témákról. 2010-től felkérés érkezett az ELTE Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszékétől a Modellalkotás és természettudományos alkalmazások című gyakorlat oktatására. 2013-ban a mindkét tantárgyért felelős *Szépszó Gabriella* kísérleti jelleggel összevonta őket és kollégáival teljesen megújította a tartalmat. A szemeszter elején több numerikus modellezéshez kapcsolódó gyakorlati problémát kínálnak fel és mutatnak be. Miután a hallgatók ezek közül választottak, témavezetők segítségével kis csoportokban dolgozzák fel a témákat, az ahhoz kapcsolódó cikkek és szakirodalom áttekintésével, illetve a gyakorlati problémák numerikus szimulációjával. A szimulációkat többnyire az OMSZ szuperszámítógépén végzik, ahol az elmúlt években a különböző feladatokban használták az ALADIN/CHAPEAU, az OpenIFS (*Szépszó et al., 2019*), a SURFEX, az AROME és a Lorenz modelleket. Az elképzelés szerint a meteorológus és az alkalmazott matematikus hallgatók a vegyes csoportokban kölcsönösen megismerhetik az elmélet és a gyakorlat kapcsolatát, aminek hasznát vehetik későbbi pályafutásuk során is, amikor más tudományágak, szakterületek képviselőivel kell együttműködniük. A félév végén a csoportok bemutatják egymásnak és a többi témavezetőnek az elvégzett munkájukat. Az azóta is összevont kurzusra jelentkező hallgatók általában motiváltan dolgoznak a félév során. Ezt a következő idézet is bizonyítja, mely egy a diákoktól az évek során kapott pozitív visszajelzések közül: „Nagyon hasznosnak éreztem, hogy csoportokban kellett dolgoznunk, hiszen a későbbiekben ez elengedhetetlen, és érződött is, hogy e téren még sokat kell fejlődnünk. Szintén pozitívum, hogy a kurzust az Országos Meteorológiai Szolgálat numerikus modellezői tartották, így tőlük a legkorszerűbb tudást kaptuk meg. Véleményem szerint a numerikus előrejelzés 2. az egyik legjobb tantárgy volt az 5 év során, feltette az i-re a pontot, hiszen a megszerzett tudásra építve valós, korszerű feladatokon kellett csoportokban dolgoznunk.”

Az egyetemi keretrendszer

Mind a korábbi osztatlan, mind a jelenlegi bolognai rendszerre épülő egyetemi meteorológus képzésben a numerikus előrejelzésre az utolsó évben kerül sor. Ennek köszönhetően a modellezési szakterület, különösen a meteorológiai szolgálatnál folyó modellezés máig jelentős hátránnyal indul a szakdolgozók és diplomamunkázók bevezetésében, hiszen legkésőbb az utolsó előtti év nyarán a hallgatók már megkezdik a választott témájukkal kapcsolatos munkát. A tantárgy kötelező vagy választható jellege többször változott az elmúlt évtizedekben. Az osztatlan képzés során a teljesítése kötelező előfeltétele volt a meteorológus diploma megszerzésének. A bolognai rendszer kezdetén (ami a numerikus előrejelzés tantárgyat 2010-ben érte el) a Meteorológiai Tanszék kezdeményezésére csak a 2. félév maradt kötelező. Emiatt évekig az a furcsa helyzet állt fenn, hogy a hallgatóknak anélkül kellett gyakorlati feladatokkal foglalkozniuk, hogy előtte az elméleti háttérrel tanultak volna. Az OMSZ kérésére végül kötelezővé tették az 1. szemesztert (a 2. szemesztert pedig választhatóvá), de csak az időjárás-előrejelző szakirány számára. Az éghajlatkutató szakirány tananyagában így a modellezés marginális szerepet kapott, ami nem tűnt logikusnak tekintetbe véve, hogy Magyarországon már 2004 óta modellezési eszközökkel kutatják a jövőben várható éghajlatváltozást. Mára – részben az alacsony hallgató létszám miatt – a két szakirány egybeolvadt.

Az elhelyezkedés után

A modellező szakember képzése nem áll meg az egyetemi oktatással. Az elhelyezkedés után a pályakezdőnek számos tudnivalót kell elsajátítania. Az egyetemen hallgatott órák csak a meteorológiai modellezés felszínét érintik, így először is egy alapos irodalmi áttekintésre van szükség, ami mindig ahhoz a részterülethez kapcsolódik, amivel a kolléga foglalkozni fog. A meteorológiai szolgálatnál végzett fejlesztések azt a célt szolgálják, hogy az operatív modell-előrejelzések fokozatosan pontosabbak legyenek, s ez a közvetlen hasznosíthatóság nagy vonzereje az itt folytatott modellezési tevékenységnek. Sokak számára nem ismert, hogy a HungaroMetnél is van lehetőség doktori kutatással foglalkozni a fejlesztések irányvonalához kapcsolódó témákban. A fejlesztési folyamat során számos modellkísérlet elvégzésére van szükség, ehhez az ifjú munkatársnak meg kell ismernie a HungaroMet nagyszámítógépes és operatív futtatási környezetét; meg kell tanulnia a kísérletek

megszervezését mind szakmailag, mind az elérhető erőforrásokkal való gazdálkodás tekintetében; lényegében munka közben sajátítja el a verifikáció és az eredmények értelmezésének módszertanát. Ebben a hasonló témában dolgozó munkatársak is segítségére vannak, de idővel gyorsan nő az új kolléga felelőssége. A HungaroMetben végzett fejlesztői tevékenység az önálló és a csapatmunka elegye: általában minden munkatárs visz egy konkrét részterületet, míg az eredmények értelmezése és a célok kitűzése közösen történik. Kislétszámú csapatról lévén szó, az egymástól való tanulás lehetősége néhány év után kimerül, ezért a fejlődéshez elengedhetetlenek a nemzetközi kapcsolatok és továbbképzések. Ehhez kitűnő alapot adnak a konferenciák, a workshopok vagy az ECMWF képzései, de még inkább gyakorlat-orientált fejlődést tesznek lehetővé azok az ACCORD (A Consortium for CONvection-scale modelling Research and Development) és az RC-LACE (Regional Cooperation for Limited Area Modeling in Central Europe) modellezési konzorciumok által biztosított kutatói kiküldetések, amelyek során a kollégák általában 1-4 hetet töltenek egy fogadó intézménynél, és az ottani szakértőkkel közösen dolgoznak egy témán. Mindez igényli az angol nyelv bátor használatát, ugyanakkor a magyar modellezők az így szerzett tapasztalat birtokában nemzetközi munkakörnyezetben is megállják a helyüket.

Irodalom

- Bouttier F., Courtier P.*, 1999: Data assimilation concepts and methods. ECMWF, *Meteorological Training Course Lecture Series*.
- Dévényi D.*, 1991: Numerikus előrejelzés, 2. rész. Kézirat.
- Haltiner, G.J., Williams, R.T.*, 1983: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology, 2nd Edition. J. Wiley & Sons Ltd.
- Kalnay, E.*, 2002: Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press.
- Szépszó G.*, 2013: Feladatok a numerikus prognosztika témaköréből. In: Klasszikus dinamikus meteorológia feladatgyűjtemény II. (szerkesztette: *Weidinger T., Tasnádi P.*), elektronikus egyetemi jegyzet.
- Szépszó G., Bölöni G., Horányi A., Szűcs M.*, 2013: A numerikus időjárás modellek felépítése: tér- és időskála, adattaszimuláció, diszkretizáció, parametrizációk, valószínűségi előrejelzések, éghajlati modellezés. In: Alkalmazott számszerű előrejelzés (szerkesztette: *Weidinger T., Gyöngyösi A.Z.*), elektronikus egyetemi jegyzet.
- Szépszó, G., Sinclair, V., Carver, G.*, 2019: Using the ECMWF OpenIFS model and state-of-the-art training techniques in meteorological education. *Advances in Science and Research* 16, 39–47.