

Tuba Zoltán¹ – Wantuch Ferenc² – Bottyán Zsolt³ –
Hadobács Katalin⁴ – Jámbor Krisztián⁵

REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI KLÍMA ADATOK FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETSÉGES ASPEKTUSAI PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK (UAV-K) METEOROLÓGIAI TÁMOGATÁSÁBAN⁶

A modern repülésmeteorológiai támogatásban egyre nagyobb szerep jut a statisztikai megközelítéseken, eljárásokon alapuló elemző és előrejelzési módszereknek, melyek szükségességét számos sikeres szakirodalmi hivatkozás támasztja alá. Ezzel szemben a hazai gyakorlat nem csak az új és kidolgozatlan területnek számító pilóta nélküli eszközök esetében, de a hagyományos repülésmeteorológiai biztosítás során is nélkülözi a hasonló eljárásokat. Ez adta az indítást egy olyan éghajlati adatbázis kialakításához, amely megfelelő alapul szolgálhat a meteorológiai támogatás során használható statisztikai műveleteknek. A létrehozott adat együttes alapján, első lépésben az egyes katonai repülőterek repülésmeteorológiai leírásai készülnek el, amelyek a hazai gyakorlatban nem használt statisztikák segítségével nyújtanak megfelelően részletes képet a felhasználók számára. Ezután az egyedi felhasználói igényeket kielégítő lekérdező alkalmazás kerül kialakításra, amelynek segítségével a nem szakmai felhasználók is repülőeszköz specifikus éghajlati információkhoz juthatnak. Végül, de nem utolsó sorban a cél egy olyan analógiás eljárásokon alapuló ultrarövidtávú, statisztikai előrejelző rendszer adaptálása és továbbfejlesztése, amelyet a felhasználók első sorban a repülési feladatok végrehajtási fázisában tudnak hasznosítani. Jelen cikk célja az adatbázis bemutatása és az eddig elért eredményeknek és azok felhasználási lehetőségeinek ismertetése.

POTENTIAL ASPECTS OF APPLICATION OF CLIMATIC DATA IN METEOROLOGICAL SUPPORT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVS)

In modern aviation meteorological support the analyzing and forecasting methods based on statistical approaches and procedures have an increasing role. Despite the confirming international references, similar methods are unknown, not only in national practice of meteorological support of UAVs, but in case of traditional support as well. It gave the motivation to build up a climatic database, which can be a good basis for that kind of statistical operations. First the climatological description of the military airports is made, which can give a more detailed description with their statistics unused in national practice. Then a user-tailored query application is created, which can help non-professional users to get specific climatological information. Last but not least the goal is to adopt and develop a fuzzy-logic based analog ultra-short term forecasting system, which is primary used during the operational phase of flight tasks. The purpose of this article is to introduce the achievements and their using opportunities.

¹ százados, PhD hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, tubazoltan.met@gmail.com

² PhD, hatósági meteorológus, Nemzeti Közlekedési Hatóság, wantuch.f@gmail.com

³ PhD, százados, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyeteme Katonai Repülő Tanszék, bottyan.zsolt@uni-nke.hu

⁴ hadnagy, meteorológus tiszt, MH. Geoinformációs Szolgálat, katalin.hadobacs@gmail.com

⁵ informatikus, Nemzeti Közszolgálati Egyeteme, jambor.krisztian@uni-nke.hu

⁶ Lektorálta: Bíró Dr. Kircsi Andrea, egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék, kircsi.andrea@science.unideb.hu

BEVEZETÉS

A modern repülésmeteorológiai támogatásban egyre nagyobb szerep jut a statisztikai megközelítéseken, eljárásokon alapuló elemző és előrejelzési módszereknek, melyek szükségességét számos sikeres szakirodalmi vonatkozás támasztja alá. Hansen és társai például Kanadában fejlesztettek olyan, az előrejelzői munkát és ezen keresztül a teljes repülésmeteorológiai támogatást segítő eljárás rendszert, amelyet eredményei miatt ma már az operatív munkában is alkalmaznak [1][2]. Ezzel szemben a hazai gyakorlat nem csak az új és kidolgozatlan területnek számító pilóta nélküli eszközök esetében [3], de a hagyományos repülésmeteorológiai biztosítás során is nélkülözi a hasonló eljárásokat. A Magyar Honvédségnél például a METAR táviratokban rögzített adatok központi tárolása csak a táviratok szintjén valósul meg, azaz az egyedi meteorológiai paraméterek lekérdezésére, visszakeresésére nincsen lehetőség. Holott mind a tervezési, mind pedig a végrehajtási szakban jelentős segítséget nyújthat az erőforrások ésszerűbb felhasználása és a repülésbiztonság növelése tekintetében. Ez adta az indítást egy olyan éghajlati adatbázis kialakításához, amely megfelelő alapul szolgálhat minden, a meteorológiai támogatás során használható, későbbi statisztikai műveletnek. Jelen cikk célja magának az adatbázisnak és az eddig elért eredményeknek, valamint ezek potenciális felhasználási lehetőségeinek bemutatása.

AZ ADATBÁZIS

A bevezetésben vázolt indokok miatt került kialakításra az adatbázis, amelynek kialakítási feltételei és részletes technikai háttere már korábban bemutatásra került [4]. A repülésmeteorológiai táviratok formájában rögzített információk az elő-feldolgozáson és hibajavításon átesve, az adatbázisban már elemi szintre bontva jelennek meg. Ez teszi lehetővé azt, hogy a későbbi adatfeldolgozás és elemzés során a lehető legrészletesebb képet tudjuk megalkotni az adatok teljes körű értékeléséhez. Az elő-feldolgozás során esetenként olyan információk is az adategyüttesbe kerültek, amelyet az eredeti távirat nem tartalmazott. Példa erre a NATO repülőtéri szinkód, amely a szövetség több tagállamában elfogadott standardizált, az időjárás helyzetet reprezentáló, egyszerűsített kódforma. Az egyes színek angol elnevezésének rövidített, három karakterből álló kódjai a horizontális látástávolság és a felhőalap értékei alapján különítik el az egyes időjárás helyzeteket. Ezt az információt nyilvánvalóan csak a katonai repülőterek alkalmazzák és jelentik, de a polgári célú repülések esetében is rendelkezésre állnak a fent említett paraméterek értékei, amelyek alapján a szinkód generálható. A későbbi összehasonlító elemzéseket és értékeléseket megkönnyítendő, ez tehát a hiányzó helyeken pótlásra került.

Az információk lekérdezése természetesen szintén elemi adatok szintjén valósítható meg. Ez persze nem zárja ki azt, hogy egyes paraméterek a repülésmeteorológiai gyakorlatnak megfelelő, összevont formában kerüljenek a lekérdezés eredményeit tartalmazó fájlba. Például a felhőzeti információk esetében a felhőalap a felhőzet mennyiségétől függetlenül és a METAR táviratban megszokott egyesített formában is megjelenhet.

A létrehozott adatbázis jelenleg a négy folyamatos meteorológiai szolgáltatást nyújtó repülőter

Budapest (ICAO azonosítója: LHBP), Kecskemét (LHKE), Pápa (LHPA) és Szolnok (LHSN) METAR táviratokból visszafejtett repülésmeteorológiai adatait tartalmazza. Az adatok gyűjtése 2005. január 1-től kezdődött, amely időponttól a katonai állomások megkezdtek a METAR táviratok terjesztését. Esetükben az adatok időbeli felbontása az első félévben még egy óra, majd a 2005 júliusától a mindenkori észlelési szabályoknak megfelelően ez fél órára csökken. Ez azt jelenti, hogy a 2011 végéig tartó hét teljes évben több mint 115000 sorban és több mint 30 oszlopban tartalmaz elemi adatokat az adatbázis repülőterenként. Az esetlegesen hiányzó adatok pótlása érdekében az adatgyűjtés több alternatív forrásból történt, melynek eredményeként az elméletileg rendelkezésre álló adatok több mint 99%-a gyakorlatilag is elérhető. Ennek a több millió rekordból álló együttesnek a feldolgozását C programnyelven íródott programokkal és táblázatkezelő alkalmazásokkal kezdtük meg. A programozási rész elsősorban az adatok kigyűjtésében és részben statisztikai feldolgozásában, az irodai táblázatkezelő alkalmazása pedig a szűrésben, feldolgozásban és az eredmények megjelenítésében volt segítségünkre.

EREDMÉNYEK, FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEK

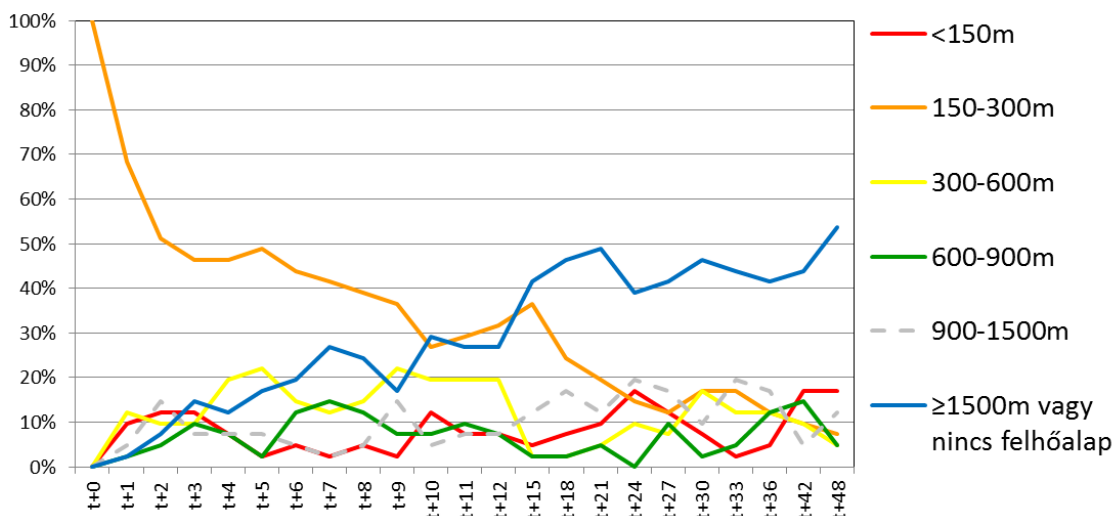
A kialakított adatbázis adatainak felhasználásával megkezdődött a klimatológiai információk gyakorlati és elméleti hasznosítása. Korábbi cikkünkben már több gyakorlati eredményt és elméleti, kutatási lehetőséget felvázoltunk. Ráműtöttünk, „hogy a létrehozott adatbázis segítségével kialakított produktumok felhasználási lehetőségei milyen széleskörűek és hogy ezek mennyire érzékenyek a kiindulási paraméterek egyes értékeire” [4]. Az adatok feldolgozása és a különböző statisztikák készítésekor a legnagyobb hangsúlyt a valamilyen feltétellel élő, s így az adategyüttesnek csak a megfelelő részét felhasználó statisztikai eljárások kapták, melyek már évtizedek óta ismertek a katonai meteorológia szakterületén [5]. Mindez egyrészt annak köszönhető, hogy a nemzetközi szakmai körökben napjainkban is egyre nagyobb számban és egyre nagyobb sikerrel hasznosítják a feltételes klimatológia (conditionalclimatology – CC) eredményeit [6][7]. Másrészt a tervezett fuzzy logikán alapuló analógiás előrejelző rendszer analógia keresése nem más, mint többszörösen alkalmazott, feltételes klimatológiai vizsgálatok sokasága, amelyek alapján megfelelő eljárással kiválaszthatóak a leghasonlóbb időjárési szituációk. Az elkészített statisztikák repülésklimatológiai gyakorlati hasznukon kívül tehát a későbbi alkalmazások fejlesztésében és a további kutatások folytatásában is jelentős szerepet játszhatnak.

Első feltételes klimatológiai vizsgálatunkban adott repülésmeteorológiai paraméterek esetében vizsgáltuk meg, hogy az adott paraméter előfordulásának rákövetkezési relatív gyakorisági statisztikáit mennyiben befolyásolja a kiindulási időpont napon belüli helyzete és a vizsgált meteorológiai változó kezdő értéke. Eredményként arra jutottunk, hogy mindkét vizsgált változó (kiindulási időpont és érték) kismértékű módosítása jelentősen megváltoztatta a statisztikák meneteit [4].

Korábbi vizsgálatunkat a most bemutatásra kerülő esetben annyival bővítettük, hogy a vizsgált szolnoki repülőter (LHSN) esetében a korábbi kezdeti feltételek mellé a kecskeméti repülőter hasonló adatait is odaállítottuk. A vizsgálatokkal kapcsolatban az volt a hipotézisünk, hogy hasonló kiindulási adatok esetén, – amely arra utal, hogy azokat nem lokális, hanem szinoptikus

skálájú folyamatok befolyásolják, – a rákövetkezési statisztikák jelentősen módosulnak. A következő ábrákon az adott kezdeti feltételek mellett mutatjuk be, hogy a rákövetkező 48 órában hogyan alakulnak az egyes felhőalap kategóriák relatív gyakoriságai. Az első ábra a téli hónapokra szűrt adatokból, 05:45 UTC-s kiindulási időpontból és 150-300 méter közötti felhőalappal indul. A kiindulási kategória relatív gyakorisága csak nagyon lassan szorul le a második helyre, ami ennek a kategóriának a tartósságára utal.

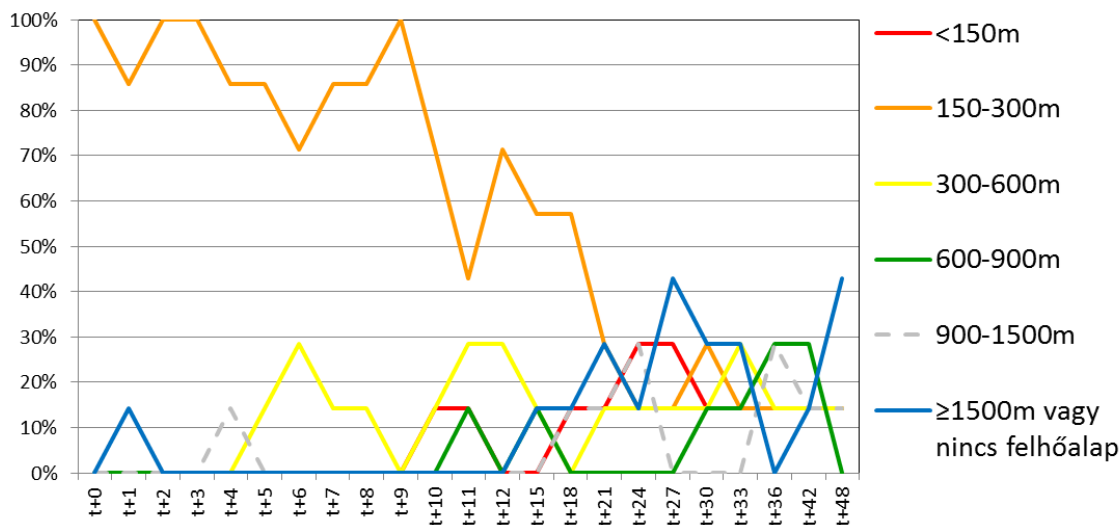
LHSN t+0=5:45Z t+0 felhőalap:≥150; <300 kiválasztva: tél



1. ábra A felhőalap kategóriák adott feltételek mellett relatív gyakoriságai

A 2. ábra esetében a feltételek kiegészültek azzal, hogy csak azokat az eseteket dolgoztuk fel, amikor Kecskeméten is hasonló kiindulási kategória van jelen. Annak ellenére, hogy a kevésbé simított menetek a csökkenő esetszámra utalnak, egyértelműen látszik, hogy az új feltétellel szűrt adatok jelentősen megváltoztatják a relatív gyakorisági meneteket. A kezdő időpont után kilenc órával minden esetben az eredeti felhőalap kategória teljesül, ami az időjárási helyzet nagyfokú determináltságára utal. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ez nem minden felhőalap kategória és kiindulási időpont esetén jelentkezik ennyire markánsan. Mivel ez a felhőalap magasság tipikusan a hideg légpárnás helyzetek velejárója, ezért ezekben az esetekben a két repülőtéren való együttes előfordulása az időjárást szinoptikus skálán meghatározó szituációra utalhat. Ez ebben az esetben igazolja eredeti hipotézisünket, azonban az analóg előrejelzések során való használhatóságát további vizsgálatoknak kell megelőzni.

LHSN t+0=5:45Z t+0 felhőalap:≥150; ≥300 kiválasztva: tél és
LHKE t+0 felhőalap: ≥150; <300



2. ábra A felhőalap kategóriák adott feltételek melletti relatív gyakorisága

A fenti példa eredmény is rávilágít arra a tényre, hogy a feltételes klimatológiai vizsgálatok terén milyen széles spektrumúak a vizsgálati lehetőségek, hiszen egy-egy újabb vizsgálati feltétel bevonása megsokszorozza kutatási lehetőségeinket és ezzel a potenciálisan felhasználható eredményeket is. Ennek megfelelően a közeljövőben a feltételes klimatológiai vizsgálatok során párhuzamosan, több paraméterre vonatkozó feltételek vizsgálatát tervezzük, amelytől olyan eredményeket várunk, amelyeket közvetlenül tudunk hasznosítani további kutatásaink során.

A rendelkezésre álló adatbázisra alapozva megkezdjük a felhasználói felületek megtervezését, kidolgozását. Terveink szerint ez a felület három alapvető részből fog állni. Az első rész fogja tartalmazni az általános klimatológiai leírásokat, összesítőket, statisztikákat. Ennek célja, hogy a vonatkozási helyhez kapcsolódó éghajlati ismeretekről nyújtson olyan tájékoztatást, amely a stratégiai felhasználók igényeit teljes mértékben kielégíti. A második rész egy olyan operatív lekérdező felület lesz, amely az adatbázis adatainak lekérésével olyan szabadon paraméterezhető statisztikákat állít elő, amelyek a numerikus előrejelzési modellek időtartományán túlnyúló hadműveleti műveletek döntéshozói számára nyújtanak döntéstámogató segítséget. A harmadik rész pedig a taktikai szintet, azaz a tényleges végrehajtást segítő felület lesz, amely közvetlenül, ultrarövidtávú előrejelzések (nowcasting) segítségével támogatja az operatív műveleteket.

ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben rövid áttekintést adtunk a kialakított klímaadatbázis létrehozásáról és elemi tulajdonságairól. Felvázoltuk az adatbázis adatainak feldolgozására és a feldolgozás eredményeire épülő terveinket és a már létrehozott produktumokat. A feltételes klimatológiai vizsgálatok egy eredményének bemutatásával pedig arra szerettünk volna rámutatni, hogy az egymásra épülő rendszerben az egyes szintek eredményei milyen fontos szerepet játszhatnak a további fejlesztések véghezvitelében.



A publikáció a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások”, pályázat keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bjarne K. HANSEN: A Fuzzy Logic–Based Analog Forecasting System for Ceiling and Visibility. *Weather Forecasting*, Vol. 22, 2007, 1319–1330.
- [2] Bjarne K. HANSEN: Analog forecasting of ceiling and visibility using fuzzy sets, 2nd Conference on Artificial Intelligence, American Meteorological Society, 1-7., 2000.
- [3] PALIK Mátyás: A pilótánélküli repülő eszközök alkalmazásának sajátosságai nemzeti légtérben. *Repüléstudományi Közlemények, Különszám I.*, 2001.
- [4] BOTTYÁN Zsolt – WANTUCH Ferenc – TUBA Zoltán – HADOBÁCS Katalin – JÁMBOR Krisztián: Repülésmeteorológiai klíma adatbázis kialakítása az UAV-k komplex meteorológiai támogató rendszeréhez. *Repüléstudományi Közlemények*, 24, (3), 2012, 11-18.
- [5] John T. MC CABE: Estimating conditional probability and persistence. *Air Weather Service United States Air Force*, 1968.
- [6] Bjarne K. HANSEN – Ismail GULTEPE – Alister LING: Conditional persistence of ceiling and visibility. 44th Annual Congress of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Ottawa, Canada, 31 May – 4 June 2010.
- [7] D. MARTINEZ – J. CUXARTL – J. CUNILLERA: Conditioned climatology for stably stratified nights in the Lleida area. *Journal of Weather & Climate of the Western Mediterranean, Tethys*, 5, 13–24, 2008.
- [8] Timothy J. HALL – Rachel N. THESSIN – Greg J. BLOY – Carl N. MUTCHLER: Analog ensemble scheme for objective, short-term cloud forecasting. 14th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology, 2010.