

Wantuch Ferenc, Gáspár Nikolett

SZONDÁZÁSI ADATOKON ALAPULÓ LÁTÁSTÁVOLSÁG ELŐREJELZÉSI MÓDSZER KÖDÖS ÉS HIDEG LÉGPÁRNÁS ESETEKBE A LISZT FERENC REPÜLŐTÉREN

Rádiószondás méréseket és a hozzájuk tartozó talajszintű megfigyeléseket (METAR) gyűjtöttük ki Budapest Liszt Ferenc repülőtérre. A szondázási adatokból a ködre és a hideg légpárnára jellemző fizikai paramétereket állítottunk elő. A 2005 és 2015 közötti ködös esetekre vonatkozó magaslégköri megfigyelésekből számított paraméterekből és a hozzájuk tartozó látástávolság adatokból adatbázist alakítottunk ki. Vizsgáltuk, a zömében inverzióhoz kapcsolódó paraméterek szinoptikus klimatológiai jellemzőit. Az említett adatbázisra alapozva analógiás előrejelző módszert dolgoztunk ki. A számításokhoz C nyelvű programokat írtunk. Az adatbázistól független 2016-os teszt időszak adatainak felhasználásával teszteltük módszerünket. A tesztelés során a ködös időszakokban jól illeszkedő látástávolság becslő eljárást kaptunk.

Kulcsszavak: hideg légpárna, szondázási adatok, inverzió, köd, szinoptikus klimatológiai leírás, látástávolság előrejelzése, analógiás módszer

BEVEZETÉS

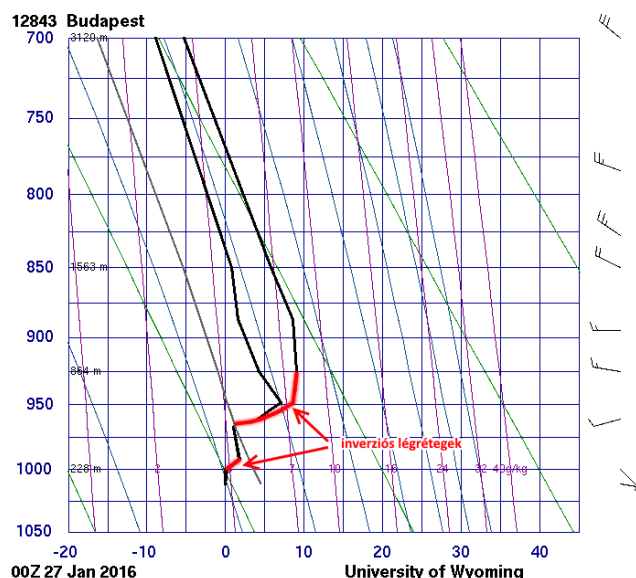
A hideg légpárnás helyzetek előrejelzése jelenleg nem megoldott. A numerikus modellek az esetek nagy részében derült időt jeleznek előre ezekben az esetekben [1]. A valóság ezzel szemben az, hogy gyakran sűrű köd van, alacsony felhőalapok, rossz látástávolságok fordulnak elő, és a légszennyezettség is kritikus értékeket ér el. A repülésnél számos veszélyes időjárási jelenség fordul elő. Az előrejelző ilyenkor azzal szembesül, hogy már a kiindulási helyzetnél sem tudja a numerikus előrejelzési produktumokat használni és csak az eddigi tapasztalataira támaszkodhat. Dolgozatunkban azt tűztük ki célul, hogy 10 éves, magaslégköri szondázási adatokból kigyűjtjük a hideglégpárnás, ködös helyzeteket. A hőmérséklet és nedvesség vertikális eloszlását fizikai paraméterekkel jellemeztük. A kigyűjtött magaslégköri méréseket földfelszíni megfigyelésekkel egészítettük ki, így létrehoztunk egy adatbázist. Egy jelenlegi hideg légpárnás helyzetben kiszámítjuk az említett vertikális paramétereket, az adatbázisban analógiás módszerrel megkeressük az elmúlt tíz évben előfordult leghasonlóbb esetet és ez alapján becslést adunk a látástávolság alakulására és a ködös időszak hosszára. Amennyiben a jövőben a numerikus időjárási modellek képesek lennének a talajközeli, planetáris határrétegben zajló folyamatok pontosabb előrejelzésére, akkor az általunk kapott összefüggések alapján módszerünk hosszabb távú PPM [2] módszerként is működhetne hideg légpárnás esetekben.

A HIDEG LÉGPÁRNA ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

A légkört jellemző egyik meteorológiai paraméter a hőmérséklet, amelynek értéke – normál helyzetben – a magassággal csökken (troposzférában az átlagos hőmérsékleti gradiens: $0,65\text{ °C}/100\text{ m}$). Egyes esetekben azonban megfigyelhető, hogy a magassággal a hőmérséklet

nem változik (izoterma), illetve növekszik (inverzió).

A hideg légpárna kialakulásánál fordított hőmérsékleti rétegződés, inverziós helyzet áll fenn: talajszinten megreked a hideg levegő, a magasabb légrétegeket meleg légtömegek töltik ki. Az inverziós réteg vastagsága a néhány száz métertől 1–1,5 km-ig is terjedhet [3].



1. ábra hőmérsékleti inverzió 2016.01.27. 00 UTC [4]

Hideg légpárna fogalma

A téli félévben az inverziós helyzet fennállását gyakran kíséri az ún. hideg légpárna jelensége. A hideg légpárna a téli anticiklonális időben, inverziós helyzetben, a talaj közelében megrekedt, légmozgás hiányában átkeveredésre képtelen hideg légtömeg [3]. Ilyenkor a magasban (850 hPa) melegebb van, mint talaj közelében. A meleg és hideg légtömegeket erős inverzió választja el egymástól [3].

Hideg légpárna csoportosítása

A hideg légpárnás helyzet fennállásának időtartama alapján két típust különböztethetünk meg: egynapos, illetve tartós hideg légpárna. Az egynapos hideg légpárna egy napig áll fenn, a tartós ezzel szemben több napig, hetekig is megmaradhat [3].

Hideg légpárnás helyzetben a magassággal való hőmérséklet-emelkedés indulhat közvetlenül a talajról (kisugárzás), ezt elsőfajú hideg légpárnának nevezzük. Abban az esetben, ha a hőmérséklet-növekedés nem közvetlenül talajszintről indul, másodfajú hideg légpárnáról beszélünk.

A légtömeg relatív nedvességtartalma alapján két csoportot különíthetünk el: nedves és száraz hideg légpárna. Nedves a hideg légpárna, ha az alsó légrétegek relatív nedvességtartalma magas, ilyenkor köd és pára képződik. Száraz a hideg légpárna, ha a megrekedt hideg levegő relatív nedvességtartalma alacsony, ilyenkor köd hiányában a kisugárzás erőteljesebb – jobban lehűl a levegő [6].

Tóth (1984) a hideg légpárnás helyzeteket „fagyosságuk” szerint csoportosította. Az általa bevezetett fagyossági tényező alapján 6 csoportot különíthetünk el: nem fagyos hideg légpár-

na, gyengén fagyos hideg légpárna, közepesen fagyos hideg légpárna, erősen fagyos hideg légpárna, teljesen fagyos hideg légpárna, keményen fagyos hideg légpárna [5].

A hideg légpárna jellemzői (felhőzet, csapadék)

A hideg légpárna idején jellemző stabil légrétegződés hatására a levegő átkeveredése igen kis mértékű. Az átkeveredés hiánya miatt az inverzió alatt felgyülemlett por és szennyezőanyagok jelentős látástávolság és levegőminőség romlást eredményeznek. A szmog kialakulása elsőfajú hideg légpárna idején a leggyakoribb [6].

Az alsó légréteg magas relatív nedvességtartalma támogatja a köd és pára képződését (nedves hideg légpárna). A nedves hideg légpárna jellemző felhőzete az alacsonyszintű rétegfelhőzet (Stratus). Az alacsonyszintű rétegfelhőzetből a hőmérséklet értékeinek függvényében szitálás, ónos szitálás, szemcsés hó/hószállingózás formájában csapadék előfordulhat. Alacsony nedvességi viszonyok esetén talajmenti felhőzet és csapadék nem alakul ki – száraz hideg a meghatározó.

FELHASZNÁLT ADATOK, ADATBÁZIS

Vizsgálatunkhoz a Repülésmeteorológiai Klíma Adatbázisban (2. ábra) szereplő budapesti reptérre kiadott METAR táviratokat, valamint a Wyomingi Egyetem által közzétett rádiószondás méréseket használtuk fel.

Az adatbázisban szereplő METAR táviratok közül kigyűjtöttük azokat (2005–2015), amelyekben 12 UTC és 00 UTC időpontokban ködöt észleltek (látástáv 1 km alatt). Ezt követően a kiválasztott ködös időpontokhoz kigyűjtöttünk az arra az időpontra vonatkozó rádiószondás felszállásokat.

Repülésmeteorológiai Klíma Adatbázis

METAR Exporter

Start Date/Time: Year: 2005 Month: 1 Day: 1 Hour: 0 Minute: 0
 End Date/Time: Year: 2005 Month: 1 Day: 1 Hour: 0 Minute: 0 Warning: Selecting long time period may lead to very long script runtime!

Airport	First record	Last record
LHSN	2005.01.01 00:45	2016.12.21 00:45
LHKE	2005.01.01 00:45	2016.12.04 23:45
LHPA	2005.06.17 14:45	2016.12.04 23:45
LHBP	2005.01.01 00:00	2016.12.04 23:30

Airport: All
 Export into: File type: CSV Field names on the first row: ☐
 Sort: Raw_METAR Order: Ascending
 Misc: Include NIL messages: ☐

Station: Raw Metar: ☐ Station ICAO code: ☐ Station ID: ☐

Date/Time: Full: (yyyymmddhhmm) ☐
 Year: ☐ Month: ☐ Day: ☐
 Hour: ☐ Minute: ☐
 Date: (yyyy.mm.dd) ☐ Time: (hh:mm) ☐
 Day of week: (0-monday, 6-sunday) ☐
 Date (Zulu): ☐
 Day (Zulu): ☐ Hour (Zulu): ☐ Minute (Zulu): ☐
 Date (Julian): ☐

2. ábra Repülésmeteorológiai Klíma Adatbázis [7]

A Repülésmeteorológiai Klíma adatbázis egy összetett adatbázis, amely által lehetőség nyílik a repülőterek klimatológiájának leírására és vizsgálatára. Az adatbázis a 2005–2016-os időszak 4

magyarországi reptérre (ferihegyi, kecskeméti, pápai, szolnoki) kiadott METAR táviratait tartalmazza. Ezen adatbázis lehetővé teszi valamennyi METAR táviratban szereplő paraméter lekérését. Az adatok lekérhetőek éves, havi, napi bontásban és összevont formában is [7].

A rádiószondás mérések felhasználásával kiszámított hideg légpárnára jellemző adatok

A Wyomingi Egyetem által közzétett szondázási adatokból egy később ismertetésre kerülő általunk fejlesztett számítógépes program felhasználásával meghatároztuk és kiszámítottunk az inverzió több tulajdonságát, amelyet az alábbi példán keresztül mutatunk be – a program által meghatározott adatok a következők:

12843 Budapest 00Z 26 Nov 2011 781.00 819.00 1846.00 3.40 18.00 3.50 0.21 -0.52 83.73 8.64 2

- ➔ az inverziós rétegek összeadott vastagsága méterben: 781,00;
- ➔ a legerősebb inverziós szint magassága (hPa): 819,00 hPa;
- ➔ a legerősebb inverziós szint magassága (m): 1846 m;
- ➔ a legerősebb inverziós szint hőmérséklete: 3,4 °C;
- ➔ a legerősebb inverziós szint relatív nedvességtartalma: 18%;
- ➔ a legerősebb inverziós szint és a talajon mért hőmérséklet különbsége: 3,5 °C;
- ➔ a talajtól a maximális inverziós szintig terjedő 100 méterre eső hőmérsékleti gradiens (°C/100 m): 0,21 °C/100 m;
- ➔ az összes inverziós réteg átlagos hőmérséklete: -0,52 °C;
- ➔ a maximális inverziós réteg alatti valamennyi rétegből számított relatív nedvesség: 83,73%;
- ➔ a maximális inverziós réteg alatti valamennyi rétegből számított átlagos szélesség: 8,64 KT;
- ➔ az inverzió fajtája (1 = elsőfajú; 2 = másodfajú): 2.

Hideg légpárna Tartóssági Index

Ahhoz, hogy a program által meghatározott inverziós tulajdonságokat együttesen tudjuk vizsgálni létrehoztunk egy ún. Hideg légpárna Tartóssági Indexet (HTI). Az index értéke maximum 40 pont.

A HTI értéke tartalmazza az összes inverziós réteg vastagságát, a maximum inverziós szint hőmérséklete és a talajhőmérséklet különbségét, az inverziós rétegek átlagos relatív nedvességtartamát és a maximum inverziós réteg alatti rétegek átlagos szélességét. Ezen elemeket attól függően, hogy milyen értékeket vesznek fel 1–10-ig pontozzuk:

1. Az összes inverziós réteg vastagsága
 - ➔ az összes inverziós réteg vastagsága kisebb, mint 300 m: 1 pont;
 - ➔ az összes inverziós réteg vastagsága nagyobb, mint 300 m és kisebb, mint 600 m: 4 pont;
 - ➔ az összes inverziós réteg vastagsága nagyobb, mint 600 m és kisebb, mint 900 m: 7 pont;
 - ➔ az összes inverziós réteg vastagsága nagyobb, mint 900 m: 10 pont.
2. A maximum inverziós szint hőmérséklete és a talajhőmérséklet különbsége
 - ➔ a maximum inverziós szint hőmérséklete és a talajhőmérséklet különbsége kisebb, mint 4 °C: 0 pont;
 - ➔ a maximum inverziós szint hőmérséklete és a talajhőmérséklet különbsége 4 °C és 7 °C között van: 4 pont;

- a maximum inverziós szint hőmérséklete és a talajhőmérséklet különbsége 7 °C és 9 °C között van: 7 pont;
 - a maximum inverziós szint hőmérséklete és a talajhőmérséklet különbsége 9 °C felett van: 10 pont.
3. Az inverziós rétegek átlagos relatív nedvességtartama
- a relatív nedvesség 60%-nál kisebb: 0 pont;
 - a relatív nedvesség 60%-nál nagyobb és 80%-nál kisebb: 4 pont;
 - a relatív nedvesség 80%-nál nagyobb és 85%-nál kisebb: 7 pont;
 - a relatív nedvesség 85%-nál nagyobb és 90%-nál kisebb: 8 pont;
 - a relatív nedvesség 90%-nál nagyobb és 95 %-nál kisebb: 9 pont
 - a relatív nedvesség 95%-nál nagyobb: 10 pont.
4. A maximum inverziós réteg alatti rétegek átlagos szélessége
- a szélesség 5 KT-nál kisebb: 10 pont;
 - a szélesség 5 KT és 12 KT között van: 5 pont;
 - a szélesség 11 KT és 20 KT között van: 1 pont;
 - a szélesség 20 KT felett van: 0 pont.

A meghatározott inverziós tulajdonságokból és a Hideg légpárna Tartóssági Indexből kialakítottunk egy a 2005–2015 között időszakra a bevezetőben említett adatbázist.

A FELHASZNÁLT C NYELVŰ PROGRAMOK BEMUTATÁSA

Az előzőekben ismertetett paramétereket rádiószondás felszállásokból számítottuk ki. A számításokhoz C nyelvű feldolgozó programot írtunk [8]. A C nyelv választását az indokolta, hogy hagyományos Windows alapú környezetben illetve Unix vagy Linux operációs rendszerben is könnyen fordítható és futtatható. A számítások eredményét adatbázisba gyűjtöttük. Az adatbázist kiegészítettük a METAR táviratok feldolgozásából származó repülőtéri látástávolság adatokkal. Ezen túlmenően azt is megvizsgáltuk, hogy a ködös időjárási helyzet a szondázást követően mennyi ideig áll fenn, azaz kiszámoltuk és az adatbázist kibővítettük a szondázást követő ködös félórak darabszámával is. Az adatbázist író és olvasó programokat úgy terveztük meg, hogy az adatbázis folyamatosan bővíthető legyen. Az, hogy az eredeti rádiószondás adatok feldolgozása milyen magasságig történjen, külső paraméterként adtuk meg, ami azt jelenti, hogy a programok újra fordítása nélkül ez a mennyiség szabadon állítható és tetszőleges magasságig terjedő hideg légpárnás eseteket tartalmazó adatbázis kialakítható. Ezt követően egy kiértékelő programot is kifejlesztettünk szintén C nyelven. ez a program analógiás módszerrel keresi meg az adatbázisban egy adott ködös felszálláshoz a leghasonlóbbat. A leghasonlóbb időjárási helyzet, illetve rádiószondás felszállás és talajszintű adatok kereséséhez analógiás módszert programoztunk be.

AZ ANALÓGIÁS MÓDSZER ISMERTETÉSE

Az analógiás módszerek ismertetéséhez a továbbiakban Gulyás Ottó által közölt tanulmányból idézünk [9]. Az analógiás módszer hagyományosan a közép és a hosszú távú előrejelzések, újabban pedig a rövid távú előrejelzések széleskörűen alkalmazott eljárása. Az elv heurisztikus alkal-

mazása a meteorológiában nagyon régi keletű, a módszer matematikai alátámasztása, a Bayes-módszerrel való összehasonlítása azonban csak mintegy negyven éve történt meg. A módszer alapelve nagyon egyszerű, realizálása számítógépen könnyen elvégezhető. Alkalmazásához nem szükségesek azok a statisztikai paraméterek (feltételes sűrűségfüggvény, korreláció stb.), amelyek az egyébként optimális Bayes módszer gyakorlati alkalmazását megakadályozzák, és nem szükséges a döntésfüggvény alakját sem ismerni, mint a regressziós módszereknél. Mindezek ellenére az analógiás módszer hibája sok esetben nem sokkal tér el a Bayes módszer hibájától.

Az analógiák alapján való becslés alapelve a következő: Megkeressük a múltbeli helyzeteket tartalmazó archívumban a jelen időszak időjárási helyzetéhez leghasonlóbbat, és a leghasonlóbbat követő időszak jellemzőit adjuk, meg mint becslést, előrejelzést. Alapfeltevése tehát az, hogy hasonló helyzeteket hasonló helyzet követ. Ez a megfogalmazás természetesen pontosítást követel. Meg kell mondanunk, hogy mi az az időjárási helyzet, mikor nevezzük azokat hasonlónak, mi az az archívum és milyen pontosságot várhatunk el az eljárástól?

A MATEMATIKAI MODELL

Tekintsük a $\underline{\varepsilon} = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \dots \varepsilon_N)$ vektor valószínűségi változót. Ezt a $\underline{\varepsilon}$ – prediktornak vagy megfigyelésnek nevezzük. A prediktor vektor írja az időjárási helyzetet. A $\underline{\varepsilon}$ vektor megválasztás, annak eldöntése, hogy milyen légköri elemek, milyen elrendezésben, hogyan kerüljenek a prediktorok közé elsősorban meteorológusi feladat, bár léteznek matematikai segédeszközök a kiválasztás segítésére. Természetesen $\underline{\varepsilon}$ jó megválasztása a feladat megoldásának egyik kulcsa, azonban itt ezzel nem foglalkozunk, $\underline{\varepsilon}$ -t adottnak tekintjük.

A η valószínűségi változó jelöli a prediktandust. Az analógiás, módszerhez egy archívumot használunk fel. Archívumnak a $(\underline{\varepsilon}, \eta)$ változó pár független és azonos eloszlású kísérletekkel nyert minta elemeinek a sorozatát nevezzük, amelyet

$(\underline{x}^1, \eta_1), (\underline{x}^2, \eta_2), \dots, (\underline{x}^L, \eta_L), \dots, (\underline{x}^n, \eta_n)$ -nel jelölünk. A mintanagyságot n mutatja. Ahhoz, hogy a realizációkat összehasonlíthassuk, be kell vezetni egy metrikát (távolságot). Az N dimenziós vektorok $\underline{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ $\underline{y} = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ terét R^N -et vizsgáljuk. Az R^N -beli vektorok párpain értelmezzük a $\rho(\underline{x}, \underline{y})$ metrikát, azaz egy olyan függvényt, amelyik a következő feltételnek tesz eleget:

$$\rho(\underline{x}, \underline{y}) = \rho(\underline{y}, \underline{x}) \geq 0$$

$$\rho(\underline{x}, \underline{y}) = 0$$

$$\rho(\underline{x}, \underline{y}) \leq \rho(\underline{x}, \underline{z}) + \rho(\underline{z}, \underline{y})$$

minden $\underline{x}, \underline{y}, \underline{z}$ vektorhármásra R^N -ben. E metrika, fejezi ki az R^N -beli vektorok egymáshoz viszonyított közelségét. Segítségével a $\underline{\varepsilon}$ prediktor (valószínűségi változó), különböző realizációinak távolságát is mérhetjük. Így ha $\underline{\varepsilon}$ -re végzett kísérlet eredménye $\underline{x}$, a $(\underline{x}^1, \eta_1), (\underline{x}^2, \eta_2), (\underline{x}^n, \eta_n)$ párok pedig egy archívumot alkotnak, akkor megkereshető a $\underline{x}$ „legközelebbi társa”, az archívum azon $\underline{x}^{i_0} = \underline{x}'$ eleme amelyre $\rho(\underline{x}, \underline{x}') \leq \rho(\underline{x}, \underline{x}^i)$, $i=1, 2, \dots, n$. Ennek alapján az $\underline{x}$ megfigyelésre vonatkozó döntés $d(\underline{x}) = \eta_{i_0}$ a legközelebbi társ archívumbeli párja.

A meteorológiában a metrika helyett az analógia fogalma a szokásos. A két látszólag különböző döntési módszer a valóságban teljesen ugyanaz. Könnyen látható, hogy lehet olyan

$\rho(\underline{x}, \underline{y}) \gg \rho'(\underline{x}, \underline{y})$ transzformációt találni amelyre ρ' is metrika, vagyis megtartja az előzőekben definiált tulajdonságai és azon kívül 1-el korlátozva van.

$$0 \leq \rho'(\underline{x}, \underline{y}) \leq 1,$$

és fennáll, hogy ha

$$\rho(\underline{x}, \underline{y}) \leq \rho(\underline{x}, \underline{z}) \text{ akkor } \rho'(\underline{x}, \underline{y}) \leq \rho'(\underline{x}, \underline{z})$$

minden $\underline{x}, \underline{y}, \underline{z}$ vektorhármásra. Ilyen transzformáció például

$$\rho'(\underline{x}, \underline{y}) = \rho(\underline{x}, \underline{y}) / (1 + \rho(\underline{x}, \underline{y}))$$

Világos ennek alapján, hogy ha $\underline{x}$ legközelebbi társa $\underline{x}'$ akkor ugyanazon archívumból a ρ' metrika szerint is ugyanaz a $\underline{x}'$ lesz a legközelebbi társ. A $\rho'(\underline{x}, \underline{y})$ metrika alapján definiált analógia indexnek nevezzük az R^N -beli vektorpárokra értelmezett

$$\delta(\underline{x}, \underline{y}) = 1 - \rho'(\underline{x}, \underline{y})$$

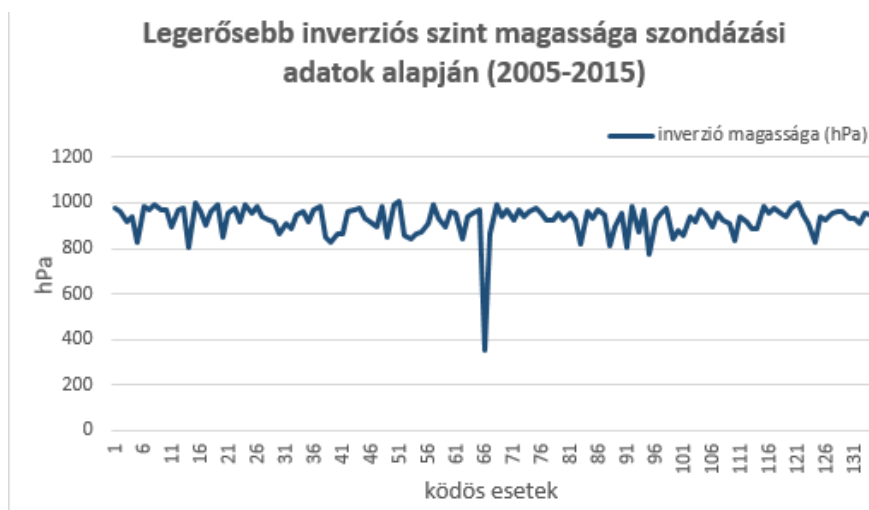
függvényt. Így világos az a szóhasználat, hogy ha $\underline{x}$ közel van $\underline{y}$ -hoz, azaz $\rho'(\underline{x}, \underline{y})$ kicsi, akkor $\delta(\underline{x}, \underline{y})$ nagy és azt mondjuk, hogy az analógiájuk nagy.

EREDMÉNYEK

A kiszámított paraméterek alakulása a 2005–2015 közötti időszak ködös eseteiben

Munkánk során célul tűztük ki az inverziót leíró fizikai mérőszámok szinoptikus klimatológiai leírását. Megvizsgáltuk a kiválasztott ködös esetekben fennálló inverzió tulajdonságait, de az inverzióhoz nem kapcsolódó paramétereket is vizsgáltunk. A következőkben a számított paraméterek közül a legerősebb inverziós szint jellemzőit ismertetjük a vizsgált időszakban.

A legerősebb inverzió magassága alatt a legmagasabb hőmérsékleti értékkel jellemezhető inverziós szintet értjük.

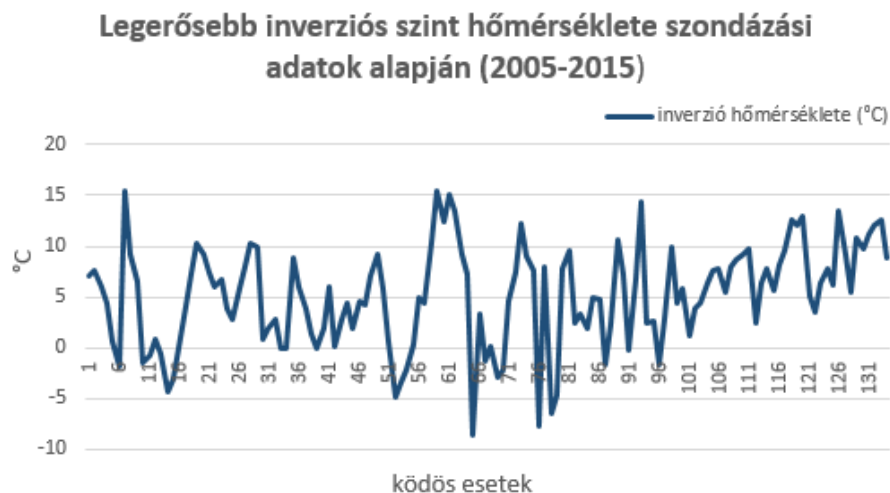


3. ábra Legerősebb inverziós szint magassága (hPa)

A legerősebb inverziós szint átlagos magassága a vizsgált 10 éves időszakban 924 hPa-os nyomási szintnek felelt meg. A feldolgozott adatokból jól látszik (3. ábra), hogy ez a nyomási

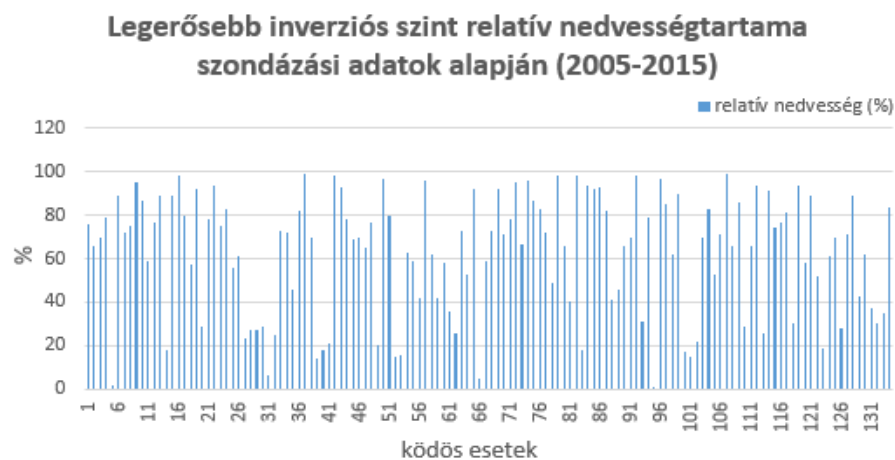
szint kevés esettől eltekintve köd esetén egy viszonylag szűk tartományban 800 hPa és 1000 hPa szint között változott.

A legerősebb inverziós szint átlagos hőmérséklete: 5,1°C volt (4. ábra), az értékek zöme a 0 °C és a +10 °C közé esett.



4. ábra Legerősebb inverziós szint hőmérséklete (°C)

A legerősebb inverziós szint átlagos relatív nedvességtartalma: 62,7% volt. Az értékek igen tág határok között változtak. Időnként a legerősebb inverziós szinthez nem párosult nedvesség (5. ábra).



5. ábra Legerősebb inverziós szint relatív nedvességtartalma (%)

Analógiás elven működő látástávolság előrejelző program

Az adatbázisban tehát a korábban ismertetett, a rádiószondás felszállásból kiszámított paraméterek, valamint a tényleges látástávolságok szerepeltek. Az adatbázist a 2005 és a 2015 közötti azon szondázási és felszíni megfigyelési adatok tartalmazzák, amikor köd volt. A köd itt lehet hideg légpárnás eredetű vagy hagyományos körülmények között létrejött köd. Az analógiás módszer menete a következő: Egy az adatbázistól független időponthoz tartozó magassági adatokból szeretnénk a ködös időszak látástávolságát megbecsülni ehhez leghasonlóbb elemet választunk az adatbázisból. Az analógiás módszer súlyát úgy határoztuk meg, hogy valamennyi felszállásból

származó adatot beleértve az általunk definiált HTI indexet is, összehasonlítottuk a neki megfelelő elemmel. Az egyes rész súlyok úgy álltak elő, hogy a kisebb elemet elosztottuk a nagyobb elemmel. Így az egyes rész súlyok összegéből majd átlagából elő áll a végső súly. Azokat az elemeket külön kezeltük ahol negatív értékek is előfordulhattak, itt általában meghagytuk nem illeszkedés esetén a negatív rész súlyt, hogy hangsúlyozzuk az össze nem illeszkedést. Ez természetesen az összegzett súlynak az analógia elméletében leírt pozitív voltát nem befolyásolta.

A továbbiakban tesztelésnek vetettük alá az analógiás módszert. Független mintán, azaz a 2016. év felszállásaihoz kerestünk analógiát a korábbi 10 éves adatbázisban (1.táblázat). Bár a ködös időszakban bekövetkező látástávolságot igen nehéz becsülni az év során a felszállások idején lévő ködhez tartozó látástávolságot igen jó közelítéssel becsülte a módszer.

	előrejelzett látástávolság	METAR látástávolság
2016. január 08. 00 UTC	200	100
2016. január 08. 12 UTC	400	400
2016. január 26. 12 UTC	600	600
2016. január 27. 00 UTC	300	200
2016. január 27. 12 UTC	300	200
2016. január 28. 00 UTC	500	300
2016. február 02. 00 UTC	1000	800

1. táblázat Analógiás módszerrel előrejelzett látástávolság és a Liszt Ferenc repülőtérén ténylegesen bekövetkezett (METAR táviratban közölt) látástávolság 2016. évben

A teszt időszak ködös időszakainak és az ahhoz tartozó látástávolságoknak a jó becslése arra enged következtetni, hogy a módszer, illetve annak továbbfejlesztése használható lesz a jövőben. Az is jól látszik vizsgálatunkból, hogy a hasonlósági vizsgálatokhoz nem csak a földfelszíni adatokat kell számításba venni [10], hanem érdemes a magaslégköri szondázási adatokat is bevonni az analógiás vizsgálatokba.

A jövőbeli felhasználási területek véleményünk szerint a következők lehetnek:

- ➔ amennyiben a numerikus modellek előrejelzett felszállási adatai megfelelő pontossággal jeleznék előre az adatokat, akkor hideg légpárna vagy ahhoz közeli ködös időjárási helyzeteknél a korábbinál pontosabb látástávolság előrejelzést tudnánk adni;
- ➔ amennyiben az adatbázis úgy állítanánk elő, hogy a tényleges mérések helyett modell outputokat használnánk, akkor egy modell output statisztikai (MOS) módszert kapnánk, ami analógiás elven működne.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BONTA és HIRSCH (2008): 2008: Hidegpárna: a helyzet változatlan. Légkör, 53 (1), 12–14.
- [2] Silas Michaelidis (2008): Overview of Activities of the working Group on Statistical Methods. Short range forecasting methods of fog, visibility and low clouds 372-385 Official publications of the European Communities.
- [3] ANDRÉ Karolina: Az OpenIFS modell adaptálása Kárpát-medencei hideg légpárnás helyzetek vizsgálatára. Szakdolgozat ELTE TTK
- [4] Wyomingi Egyetem által közzétett rádiószonda adatok: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (2017.02.26.)
- [5] CSÉKI Gergő: Inverziós helyzetek kialakulása a Kárpát-medencében. Szakdolgozat ELTE TTK
- [6] SZABÓ András Karolina, BARTHOLY Judit, PONGRÁCZ Rita: A hideg légpárnák számszerű vizsgálatának lehetőségei.
- [7] BOTTYÁN Zsolt, WANTUCH Ferenc, TUBA Zoltán, HADOBÁCS Katalin, JÁMBOR Krisztián: Repülésmeteorológiai Klíma Adatbázis Kialakítása az UAV-k komplex meteorológiai támogató rendszeréhez.
- [8] MICHAELJ. young: Visual C++ 6 mesteri szinten. I. és II kötet. ISBN9630364638 Kiskapu kiadó.

- [9] GULYÁS Ottó: Fejezetek a matematikai statisztika meteorológiai alkalmazásaiból. Meteorológiai Tanulmányok. No.34 Budapest 1981.
- [10] Bottyán, Z., Wantuch, F., Gyöngyösi, Z., Tuba, Z., Hadobács, K., Kardos, P., Kurunczi, R., "Development of a Complex Meteorological Support System for UAVs", World Academy of Science Engineering and Technology, Vol. 76, 2013, pp. 1124, 1129.

VISIBILITY AND FOG FORECASTING METHOD FOR PERSISTENT COLD AIR POOL CASES BASED ON ATMOSPHERIC SOUNDINGS DATA AT LISZT FERENC INTERNATIONAL AIRPORT

Sounding data and aeronautical METAR data were collected at the Liszt Ferenc International Airport. Physical parameters were calculated from sounding data, in case of fog and cold air pool situations. 10 years database was constructed based on physical parameters and visibility data between 2005 and 2015. The synoptical climatological description of these parameters was done. Visibility forecasting method was constructed based on analogical statistical method. For the implementation of visibility forecasting method, C programs were developed. The mentioned forecasting method was tested on the independent data of 2016 year. The verification gave good results to forecast visibility at the airport in foggy situations.

Keywords: cold air pool, sounding data, inversion, fog, synoptical climatological description, visibility forecasting, analogical method

Gáspár Nikolett egyetemi hallgató Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék gaspar.nikolett0910@gmail.com orcid.org/0000-0003-4339-3302	Gáspár Nikolett Student National University of Debrecen Faculty of Meteorology gaspar.nikolett0910@gmail.com orcid.org/0000-0003-4339-3302
Dr. Wantuch Ferenc, PhD Meteorológus Nemzeti Közlekedési Hatóság Állami Légügyi Főosztály wantuch.ferenc@nkh.gov.hu orcid.org/0000-0001-7618-1336	Dr. Wantuch Ferenc, PhD Meteorologist National Transport authority State Aviation Department wantuch.ferenc@nkh.gov.hu orcid.org/0000-0001-7618-1336

A GINOP 2.3.2-15-2016-00007 „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Köszolgálati Egyetemen – VOLARE” című projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kutatás a fenti projekt „AVIATION_ENVIRON” nevű kiemelt kutatási területén valósult meg.



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-13-0382_Wantuch_Ferenc-Gaspar_Nikolett.pdf