

A LESZÁLLÁSI ELŐREJELZÉS VERIFIKÁCIÓJA³

Az előrejelzések bevalásának vizsgálata a repülésmeteorológia egyik fontos területe, visszaigazolást ad a felhasználóknak és az előrejelzőknek egyaránt a prognózisok helyességéről. A leszállási előrejelzés információt ad a repülőtéren két órán belül várható szignifikáns időjárási változásokról, amely kiterjed a szélre, a horizontális látástávolságra, a repülőtér területén uralkodó szignifikáns időjárási jelenségekre és a felhőzetre. A fejlesztett módszer, amely az ICAO Annex 3 által megszabott kritériumokon nyugszik, minden egyes produktumra objektív eredményt ad, így választ kaphatunk olyan kérdésekre, hogy melyik előrejelzendő elem prognosztizálása jelenti a legkisebb problémát, vagy éppen mi az előrejelzések gyenge pontja, mire kell a jövőben nagyobb figyelmet fordítani a prognózis elkészítésekor.

VERIFICATION OF LANDING FORECAST

The verification of the aerodrome forecast plays an important role in the aviation meteorology, which give a feedback to users and even the forecasters on the accuracy of the forecasts. The landing forecast shall indicate significant changes of the forthcoming two hours in respect of one or more of the following elements: surface wind, visibility, significant weather and clouds. The results of the improved verification method, which is based on the Amendment criteria given by ICAO Annex 3, help forecasters to be aware of the strengths and weaknesses of the landing forecasts. It should be turn the forecasters' attention to the biggest prognostic challenge.

BEVEZETÉS

Az előrejelzések bevalásának vizsgálata a repülésmeteorológia egyik fontos területe [1]. A verifikáció egy eszköz, amely objektív visszaigazolást ad a prognózisok helyességéről, amely által fény derülhet az előrejelzések esetleges gyenge pontjaira, valamint segítségünkre lehet a fellépő szisztematikus hibák kiszűrésére [2]. Az előrejelzők felé történő visszacsatolás mellett a verifikáció a felhasználók felé is tájékoztatást ad a prognózisok pontosságáról, továbbá minőségcélok formájában könnyen beépíthető egy minőségirányítási rendszerbe is. Ez utóbbit az ICAO⁴ Annex 3 2.2.2 pontja ajánlásként fogalmazza meg a szerződő államok felé [3]. A legtöbb repüléssel kapcsolatos előrejelzéseket készítő meteorológiai szolgálat már az 1990-es évek első felében megkezdte a TAF⁵-ok verifikációs rendszerének kidolgozását, amelyek alapját eleinte csak a fél óra rendszerességgel kiadásra kerülő METAR-ok adták. Napjainkra azonban a legtöbb módszerben a METAR⁶-ok mellett a SPECI⁷ táviratok értékelése is jelen van, amelynek szerepe kétségtelenül jelentős a heves, ámde rövid ideig tartó időjárási események verifikálása szempontjából [4]. Egészen napjainkig a TAF-okkal rokon, de a nowcasting típusú prognózisok körébe tartozó leszállási előrejelzés vereifikációja háttérbe szorult hazánkban és Európában

¹ meteorológus asszisztens, MH 86. Szolnok Helikopter Bázis, akos0109@gmail.com

² Repülésmeteorológiai részlegvezető, HungaroControl Zrt., Peter.Kardos@hungarocontrol.hu

³ Lektorálta: Dr. Bottyán Zsolt szds, egyetemi docens, NKE Katonai Repülő Tanszék, bottyan.zsolt@uni-nke.hu

⁴ International Civil Aviation Organization – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet

⁵ Terminal Aerodrome Forecast – Rendszeres repülőtéri előrejelzés

⁶ Meteorological Aviation Routine Report – Repülési rendszeres időjárás-jelentő távirat

⁷ Meteorological Aviation Special Report – Repülési különleges időjárás-jelentő távirat



egyaránt, így azt tűztük ki célul, hogy az ezek bevalásának számszerűsítéséhez alkalmazandó módszert dolgozzunk ki. Jelen írás arra hivatott, hogy a kidolgozott rendszert bemutassa, működését szemléltesse.

Miért fontos a leszállási előrejelzések pontossága? Az egyes előrejelzési produktumok különböző információval szolgálnak a földi és a hajózó személyzetnek egyaránt, így ennek megfelelően az elvárások is mások a produktumok irányában. Míg egy huszonnégy órás TAF előrejelzés a földi személyzet, illetve a hajózók számára a repülési feladatra való felkészülést segíti, addig a kettő óra érvényességi időtartammal rendelkező leszállási előrejelzés felhasználója már a levegőben tartózkodó, a célrepülőteret éppen megközelíteni szándékozó hajózó személyzet. Ennek következtében utóbbi esetben a döntések nagyobb súllyal rendelkeznek, kiélezettebbek az utasbiztonság és a gazdaságosság szempontjából egyaránt.

A LESZÁLLÁSI ELŐREJELZÉSRŐL

A leszállási előrejelzést az adott repülőtér rutin meteorológiai célú jelentéseinek végén találhatjuk. Ennek célja, hogy a repülőtértől egy repülőórányi távolságra, vagy azon belül közlekedő repülőgépeket tájékoztassa a repülőtér időjárásának két órán belüli szignifikáns változásáról. A leszállási előrejelzéseknek jelezniük kell a 10 méteren mért szél, a látástávolság, az aktuális időjárási jelenségek (továbbiakban jelenidő), a felhőzet, valamint a vertikális látástávolság vonatkozásában végbemenő jelentős változásokat. Az ICAO létrehozását szentesítő Chicagói Egyezmény 3. melléklete szabályozza a nemzetközi polgári légiközlekedést kiszolgáló meteorológiai szolgáltatások rendjét. Ez a szabályozás részletesen kitér a leszállási előrejelzésekre, amelyeket az alábbi feltételek teljesülése esetén kell kiadni [3].

- 1) Szél esetén:
 - a) a közepes szélirány 60 fokos vagy nagyobb változásakor, amikor a közepes szélesebesség a változás előtt és/vagy után 10 csomó vagy több,
 - b) a közepes szélesebesség 10 csomó értékű vagy ennél nagyobb változásakor;
 - c) üzemelési szempontból lényeges értékeket meghaladó szélváltozások esetén. A küszöbértékeket a meteorológiai hatóságnak kell meghatározni az érintett üzemeltetőkkel konzultálva, figyelembe véve azokat a szélváltozásokat, amelyek
 - i) a használatos futópálya (futópályák) irány megváltoztatását szükségessé teszik;
 - ii) által a futópálya hátszél és oldalszél összetevői a repülőtéren üzemelő tipikus légi járművek számára megállapított főbb üzemelési határértéket meghaladják.
- 2) Horizontális látástávolság esetén, ha ez a jelentés kiadása utáni két órában javul és a 150, 350, 600, 800, 1500, 3000, vagy 5000 méteres értékek közül legalább egyet elér vagy átlép, vagy romlik és a 150, 350, 600, 800, 1500, 3000, vagy 5000 méteres értékek közül legalább egyet átlép. A látástávolság romlása esetén az azt okozó jelenséget is meg kell jelölni.
- 3) Jelenidő esetében, ha a következő időjárási események valamelyike várhatóan bekövetkezik: ónos csapadék, mérsékelt vagy intenzív csapadék, zúzmarás köd, alacsonyszintű por-, homok-, hófúvás, por-, homok-, hófúvás, por-, homok-, hóvihar, zivatar (csapadékkal vagy anélkül), szélroham, felhőtölcsér, valamit azon jelenségek, amelyeket az illetékes hatóság,

az ATS⁸, vagy az operátorok meghatároznak. Minden más időjárási jelenség a leszállási előrejelzés szempontjából nem számít szignifikánsnak. Az előrejelzésekben NSW⁹-vel jelöljük, amennyiben az előbbieket közül egy jelenség megszűnik.

- 4) Jelezni kell, ha a legalacsonyabban levő OVC¹⁰ vagy BKN¹¹ mennyiségű felhőzet alapja, azaz a felhőalap emelkedése közben eléri, vagy átlépi a következő magassági szinteket: 100, 200, 500, 1000 és 1500 láb (30, 60, 150, 300 és 450 m), vagy süllyedése közben átlépi ugyanezen szinteket. Fel kell tüntetni továbbá, ha 1500 láb alatt a felhőzet FEW¹² vagy SCT¹³ mennyiségről BKN-re vagy OVC-re növekszik, vagy BKN/OVC-ről FEW/SCT-re csökken. Amennyiben a prognózis érvényességi időtartama alatt a szignifikáns felhőzet megszűnik, és a CAVOK¹⁴ nem használható, akkor az NSC¹⁵ rövidítést kell alkalmazni.
- 5) Zárt kód esetén jelezni kell, ha a vertikális látástávolság értéke növekedés mellett eléri, vagy átlépi, vagy csökkenés mellett átlépi a következő értékeket: 100, 200, 500 és 1000 láb (30, 60, 150 és 300 m).

A verifikációs módszer részletes bemutatásához elengedhetetlen a leszállási előrejelzésben használt változásjelző csoportok megismerése. NOSIG¹⁶-ot adunk akkor, ha a következő két órában nem várható szignifikáns változás az aktuális időjáráshoz képest, tehát a fenti feltételek közül várhatóan egy sem teljesül. BECMG¹⁷ változásjelzőt alkalmazunk, ha az időjárási körülmények szabályos, vagy szabálytalan ütemben várhatóan elérnek, vagy átlépnek meghatározott értékeket a két óras időszak végéig. A TEMPO¹⁸ változásjelzőt akkor kell használni, ha az adott állapot az érvényességi időtartamán belül szabálytalanul lép fel, de összességében annak felénél – egy óránál – nem tovább.

A PONTOZÁSOS MÓDSZER RÉSZLETES BEMUTATÁSA

Napjainkban széles körben alkalmazzák a kontingencia táblázat egyes értékein alapuló ún. kategóriás verifikációs sémát, amely tökéletesen alkalmas abban a szituációban, ha arra szeretnénk választ kapni, hogy hosszabb időszak alatt milyen volt a prognózisok bevalásának aránya. A verifikáció előrejelzőknek adott objektív visszajelzése azonban akkor lehet igazán eredményes, ha a prognózis érvényességi időtartamának letelte után lehetőség szerint minél rövidebb időn belül rendelkezésre áll egy, az előrejelzés minőségét jelző "jósági mérőszám". Ezen megfontolás készítésére dolgoztunk ki egy pontozásos módszert, amely előnye a másik említett verifikációs sémához képest abból adódik, hogy minden egyes produktumra, annak érvényességi idejének lejárta után azonnal információt ad a pontosságáról.

⁸ Airport Terminal Service

⁹ no significant weather – nincs szignifikáns időjárási jelenség

¹⁰ overcast = 8 okta

¹¹ broken = 5–7 okta

¹² few = 1–2 okta

¹³ scattered = 3–4 okta

¹⁴ cloud and visibility OK – A látástávolság 10 km, vagy afeletti, nincs szignifikáns időjárási jelenség, nincs felhőzet 1500 m (illetve az adott szektormagasság) alatt és nincs Cumulonimbus felhőzet az égbolton.

¹⁵ no significant cloud – nincs szignifikáns felhőzet, azaz nincs felhőzet 1500 m (illetve az adott szektormagasság) alatt

¹⁶ no significant change – nem várható szignifikáns változás

¹⁷ becoming

¹⁸ temporarily

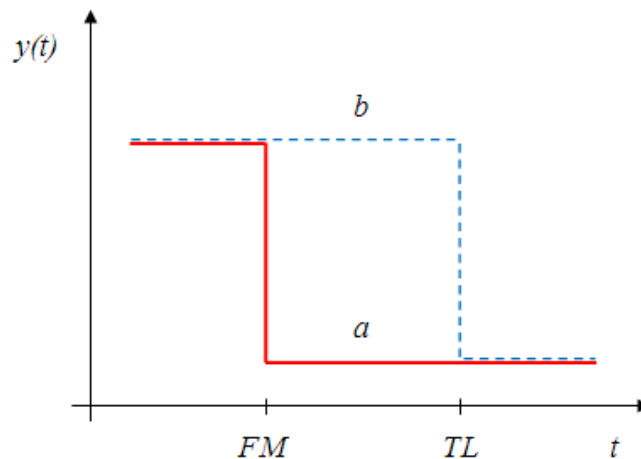
Az adatbázisban jelen levő minden leszállási előrejelzéshez kigyűjtjük a kiadását követő két órában készült METAR és SPECI táviratokat, amelyekből kinyerjük a leszállási előrejelzés szempontjából fontos adatokat. Ezeket az előrejelzett értékeket és jelenségeket minden esetben összevetjük az egyes időpontokra vonatkozó megfigyelt értékekkel és jelenségekkel, majd az egyezésnek megfelelően lepontozzuk őket.

A verifikáció első lépéseként három adatsort kell feltölteni, a megfigyelést, az úgynevezett alapprognózist és a főprognózist. A könnyebb érthetőség kedvéért, a továbbiakban – az informatika szakterminológiáját használva – nevezzük ezeket tömböknek.

A megfigyelési tömbben az adott leszállási előrejelzés kiadása utáni két órában készült jelentések főrészében (az aktuális időjárást jelentő részében) leírt értékeket, jelenségeket tároljuk. Maga az előrejelzés a benne szereplő változásjelző csoportoknak megfelelően egy (NOSIG esetén), illetve kettő (TEMPO és BECMG esetén) állapot közötti étéket, állapotot jelenthet. Ezen eshetőségeket az alap- és a főprognózis tömbjében tároljuk.

BECMG esetén azt mondjuk, hogy az időjárás változása legalább a második óra végére bekövetkezik, de nem tudjuk mikor, ezért az alapprognózis értékeit az utolsó kivételével feltöltjük azon METAR főrészében található értékeivel, amelyhez a vizsgált előrejelzés tartozik, a tömb utolsó helyére pedig a BECMG után szereplő érték kerül. A főprognózis a leszállási előrejelzésben szereplő értékkel kerül feltöltésre, ugyanis az előrejelzés kiadása után akár rögtön megtörténhet a prognosztizált változás.

A tömbök feltöltése analóg módon történik a TEMPO változásjelző esetén is azzal a kivétellel, hogy az alapprognózis utolsó eleme is a leszállási előrejelzéshez tartozó METAR főrészében található látástávolság érték lesz, ugyanis a TEMPO definíciójából adódóan nem kell, hogy az időszak végén a TEMPO-zott érték, jelenség következzen be.



1. ábra A fő- (a), az alapprognózis (b) BECMG FM és TL esetén.

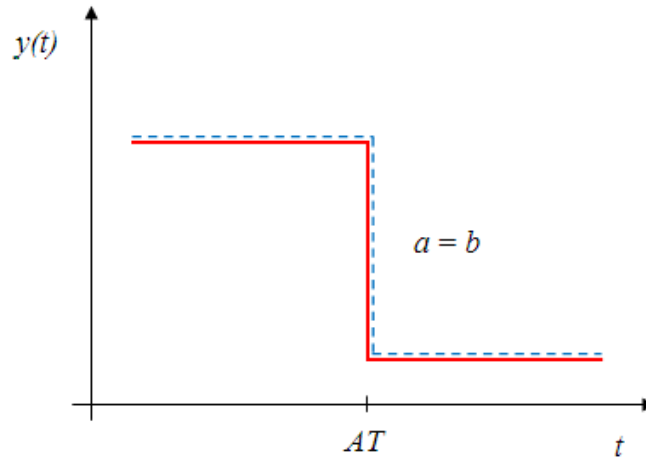
Bonyolódik az eljárás, ha a változásjelző után FM¹⁹ és/vagy TL²⁰ időintervallumot, vagy AT²¹ időpontot jelző szavacsák állnak, ekkor változik a tömbök feltöltésének módja. BECMG esetén, ha FM van a leszállási előrejelzésben, akkor az időjárás változása csak az FM után álló

¹⁹ from

²⁰ till

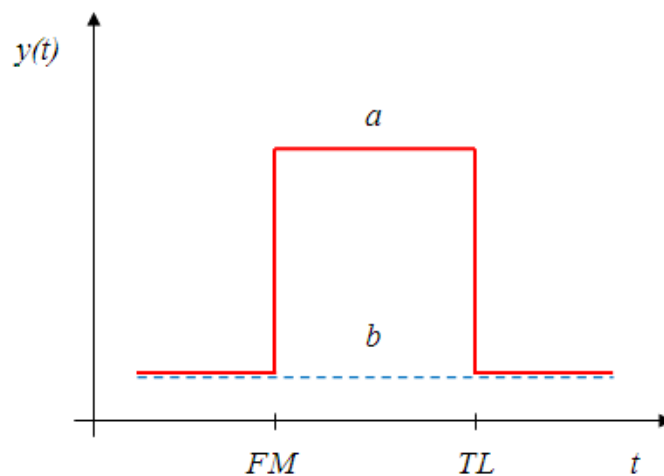
²¹ at

időponttól kezdődhet, azaz a főprognózis az említett időpontig a METAR főrészében található értékekkel és jelenségekkel lehet feltöltve. Ha TL van az előrejelzésben, akkor a változásnak a megadott időpontig be kell fejeződnie, tehát az alapprognózis a szóban forgó időpont után a leszállási előrejelzésben előrejelzett eseményt tartalmazhatja (1. ábra).



2. ábra A fő- (a) és az alapprognózis (b) BECMG AT esetén.

Végül, ha AT található a leszállási előrejelzésben, akkor az előrejelzést tartalmazó tömbök mindegyike az adott időpont előtt a METAR főrészében, az adott időpont után pedig a leszállási előrejelzésben kódolt értéket, valamint eseményt tartalmazhatja (2. ábra).



3. ábra A fő- (a) és az alapprognózis (b) TEMPO FM és TL esetén.

TEMPO esetén, ha FM van az előrejelzésben, akkor a BECMG-hoz hasonlóan csak az FM után álló időponttól kezdődhet meg az időjárás időszakos változása és tarthat az érvényességi időszak végéig. Ha TL van a leszállási előrejelzésben, akkor az ezután álló időpontig történhet időszakos változás, majd a főprognózis visszaáll a METAR főrészében jelentett állapotba (3. ábra).

A leszállási előrejelzésben szereplő NOSIG minden, az előrejelzés utáni két órában megjelenő időjárást-jelentő távirat időpontjában a perzisztencia prognózist jelenti, így ez esetben az előrejelzési tömbök minden eleme a prognózis megjelenésének időpontjában kiadott METAR főrészében szereplő értékeket, illetve jelenségeket tartalmazza.

A módszert a következő eseten mutatjuk be:



Az alábbi METAR kiadásának helye és időpontja: Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér (ICAO azonosító: LHBP), 2013. december 1. 04:00 UTC:

METAR LHBP 010400Z 35005KT **6000** NSC M06/M06 Q1025 TEMPO **FM0500 4000** BR

Az ezt követő két órában az alábbi táviratok kerültek kiadásra:

METAR LHBP 010430Z VRB01KT **6000** NSC M06/M07 Q1025 TEMPO FM0500 4000 BR

METAR LHBP 010500Z 00000KT **5000** BR NSC M06/M07 Q1025 TEMPO 4000 BR

METAR LHBP 010530Z 00000KT **5000** BR NSC M06/M07 Q1025 TEMPO 4000 BR

METAR LHBP 010600Z VRB01KT **3500** BR NSC M07/M07 Q1026 TEMPO 3000 BR

Az előbbi METAR-ok alapján az előrejelzést reprezentáló tömbök a látástávolság esetén az alább látható módon kerülnek feltöltésre (1. táblázat):

időpont (UTC)	Megfigyelés	Alapprognózis	Főprognózis
04:30 UTC	6000	6000	6000
05:00 UTC	5000	6000	4000
05:30 UTC	5000	6000	4000
06:00 UTC	3500	6000	4000

1. táblázat Példa a három tömb feltöltésére a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013. december 1-én a 04:00 UTC-kor és az ezt követő két órában kiadott METAR-ok alapján.

Miután az előzőekben bemutatott módon feltöltöttük az előrejelzési tömböket, mind a szél, mind a látástávolság, mind a jelenidő és felhőzet esetén, ezek elemeit összevetjük a megfigyelési tömb elemeivel, amelyeket az adott időpontokban páronként lepontozzuk. A pontozási módszerek az egyes előrejelzendő elemek, valamint változásjelző csoportok esetén eltérőek, a következőekben kerülnek bemutatásra. Ezen pontszámok összeadása után a két órában kiadott táviratok számával leosztva megkapjuk az előrejelzendő elemek végső pontszámát. A leszállási előrejelzés végső pontszámát a négy előrejelzendő elem pontjainak összege adja.

Pontozás a szél esetén

A Leszállási előrejelzésekről című fejezetben leírtak alapján kettő, a táviratokban kódolt szélcsoport egy kategóriába esik, ha:

- 1) a két szélesség 10 csomó (5 m/s) alatti,
- 2) valamelyik szélesség eléri a 10 csomót (5 m/s), vagy afeletti, a másik szélesség 10 csomó alatti, és irányuk különbsége 60° -nál kisebb, valamint a szélességek különbségének abszolút értéke 10 csomónál kisebb,
- 3) a szélességek különbsége 10 csomó (5 m/s) alatti.

A verifikációt végző algoritmus a szél kategorizálásának vizsgálatát rendre az imént felírt sorrendben végzi. Abban az esetben, ha valamelyik szélcsoport



esetén (vagy akár mindkettőben) a szélirány változónak lett kódolva, a szélességre vonatkozó kritériumok vizsgálандók, ugyanis a VRB kódolás jelentése alapján a szél irányának változása biztosan több mint 60° [3].

A leszállási előrejelzés kiadásának kritériumai szerint a METAR távirat főrészeben található szélhez képesti megváltozást kell vizsgálni. A megfigyelés és az előrejelzés esetén a prognózis kiadásakor készült METAR táviratban kódolt szél szerint megállapítjuk kategóriáik sorszámát.

Ha a prognózis nem tartalmaz szélre vonatkozó változást (NOSIG), az egyes időpontokban az előrejelzés egy pontot ér, ha az észlelési tömbben és az előrejelzési tömbben található szél egy kategóriába esik.

Ha a szél szignifikáns változása (kategóriaváltást eredményező változása) BECMG változásjelzővel lett bevezetve, akkor ennek folytonos tulajdonsága szerint, ha már egyszer megtörtént a kategóriaváltás, akkor következő időpontokban az előrejelzés akkor lehet maximális pontszámú, ha a megfigyelés az előrejelzett szél kategóriájának megfelel. Ha az prognózisban szereplő változás nem következik be az érvényességi időn belül, akkor a leszállási előrejelzés szélre vonatkozó összesített pontszáma nulla lesz.

Ha a leszállási előrejelzés TEMPO változásjelzőt tartalmaz, az előrejelzés adott időpontban akkor ér egy pontot, ha vagy az alap-, vagy a főprognózis megfelelő eleme a megfigyelési tömb adott elemével egy kategóriába esik, egyébként a prognózis 0 pontot ér. További vizsgálatot igényel, hogy a TEMPO-zott időszakban a prognosztizált szél kategóriája összességében az időszak felénél ne forduljon tovább elő. Ha ez megtörténik, akkor a TEMPO változásjelző helytelenül került kiválasztásra, ezért az összesített pontszámot 0,75-tel szorozzuk meg [4].

Horizontális látástávolság

A már leírtak szerint leszállási előrejelzést kell kiadni, ha az elkövetkezendő két órás időszakban a látástávolság az adott kritikus értékek közül várhatóan legalább egyet elér és/vagy átlép. Ezek alapján a látástávolság értékeit nyolc kategóriába sorolhatjuk, amelyek intervallumai a következők: [0,150), [150,350), [350,600), [600,800), [800,1500), [1500,3000), [3000,5000), [5000,9999] (ugyanis a 10 km és afeletti látástávolság mind a táviratokban, mind a leszállási előrejelzésben 9999-ként szerepel). Szemléletesen azt lehet mondani, hogy akkor kell leszállási előrejelzést kiadni, ha a látástávolság várhatólag „kategóriát ugrik”. Ha a táviratban vagy az előrejelzésben CAVOK szerepel, az ICAO erre vonatkozó szabályzata értelmében a látástávolság 10 km, vagy afeletti, így a 8. kategóriába sorolandó [3].

Ha az előrejelzés látástávolságra vonatkozóan NOSIG, az egyes időpontokban az előrejelzés egy pontot ér, ha az észlelési tömbben és az előrejelzési tömbben található horizontális látástávolság egy kategóriába esik.

Ha a látástávolság előrejelzése BECMG-gal történt, a kiadást követő két óra megfigyeléseinek egy adott időpontjában vett látástávolság értéke a következők szerint kerül pontozásra. Ha megfigyelt látástávolság kategóriája az alap-, illetve főprognózis kategóriája közé esik (az egyenlőség mindkét esetben megengedett) és az ezt megelőző megfigyelt értékek kategóriáival alkotott idősora az előrejelzésnek megfelelő irányú időben monoton változást mutatnak, az előrejelzés adott időpontban egy pontot ér. A megfelelő irányú monotonitás alatt a következő értendő. Ha a leszállási előrejelzés

látásromlást prognosztizál, a monoton csökkenés, látásjavulás előrejelzése esetén a monoton növekedés az elvárt kritérium. A példákban egyes látástávolság értékek mögötti zárójelben azok kategóriáit tüntettük fel. Ha a METAR kiadásakor 800 m-es (5) volt a látástávolság és 3000 m-re (7) történő javulást vártunk, valamint a megfigyelés rendre 800 m (5), 1000 m (5), 1500 m (6), 3000 m (7) és 5000 m (8) volt, akkor az utolsó időpont kivételével az előrejelzés egy-egy pontot ér. Az utolsó észlelés kategóriája a változásnak megfelelő irányban eggyel tér el a prognózis kategóriájától, ezért ennek pontszáma 0,3. A következő példa szemlélteti, hogy BECMG esetén a folyamatot tekintve a látástávolság kategóriáinak monoton kell változniuk. A fennálló szituáció az előző példával megegyező attól eltekintve, hogy az utolsó megfigyelt két érték rendre 1000 m (5) és 3000 m (7). Ekkor az utolsó előtti érték kategóriája az előtte lévőhöz képest kisebb lett, annak ellenére, hogy az előrejelzés szerint a kategóriák sorozatának monoton kellene növekedni, így abban az időpontban az előrejelzés nulla pontot ér. Ha a megfigyeléseket tekintve a fent említett tulajdonságok fennállnak, de a látástávolság változása nem olyan mértékű, mint azt az előrejelzés várta, akkor az egyes időpontokban a prognózis értéke szintén egy, azaz maximális. Az összesített pontszámot a METAR főrészében jelentett, valamint a javulást vagy romlást előrejelző prognózisnak megfelelően az érvényességi időszakon belül észlelt maximum/minimum látástávolság érték kategóriájának különbségéből és a kiadásakor jelentett és az előrejelzésben szerepelt értékek kategóriáinak különbségéből képzett hányadossal szorozzuk. Ezt a szorzót nevezzük a főrészben jelentet horizontális látástávolsághoz képest vett relatív távolságnak. Az előbbi példánál maradva, ha a megfigyelt látástávolság értékek maximuma (hiszen az előrejelzés javulást várt) 1500 m (6) lenne, akkor az összesített pontszám 0,5 értéket venne fel. Ebből a módszerből adódóan, ha a látástávolság kategóriája nem változik az előrejelzési időszak alatt, a prognózis összesített pontszáma 0 lesz.

Ha a látástávolság változása TEMPO változásjelzővel lett bevezetve, akkor az előrejelzés adott időpontban egy pontot ér, ha a megfigyelés az alap-, vagy a főprognózis adott elemeinek kategóriái közé esik (az egyenlőség mindkét esetben megengedett), ha a változásnak megfelelő irányban eggyel tér el a prognózis kategóriájától, pontszáma 0,3. A BECMG-hoz hasonlóan, ha a megfigyeléseket tekintve az imént említett tulajdonságok fennállnak, de a látástávolság változása nem olyan mértékű, mint az előrejelzésben vártuk, akkor az egyes időpontokban a prognózis értéke egy, azaz maximális. Az összesített pontszám előállításához megvizsgáljuk, hogy az előrejelzésnek megfelelően mi a maximum/minimum látástávolság érték kategóriája. Ezután előállítjuk a főrészben jelentet és az előrejelzett horizontális látástávolsághoz képest vett relatív távolságot, amelyekkel megszorozzuk az összesített pontszámot és kiválasztjuk a nagyobbat. Továbbá, ha a leszállási előrejelzés TEMPO változásjelzőt tartalmaz és az előrejelzett látástávolság kategóriája a TEMPO-zott időszakban összességében az időszak felénél tovább fordul elő, akkor a TEMPO változásjelző helytelenül került kiválasztásra, ezért összesített pontszámot 0,75-tel szorozzuk meg [4].

Jelenidő

A jelenidő verifikálását nehezíti, hogy a METAR és SPECI jelentésekben és az ezek végén kiadott leszállási előrejelzésekben egyaránt három-három jelenidő kód is megadható. A leszállási előrejelzésben csak a korábban felsorolt időjárás jelenség kategóriákba tartozó jelenségek

várható bekövetkezését, illetve ezek megszűnését kell feltüntetni. Jelenidő esetén minden esetben az alap- és főprognózis adott elemeit hasonlítjuk az adott időpontban történt megfigyeléshez. A pontozás a következőképpen alakul.

	...	+SNRA	SNRA	+RASN	RASN	+SHRA	SHRA	...
...	1	...	...	...	...	...	...	...
+SNRA	...	1	0,8	0,9	0,7	0,45	0,15	...
SNRA	...	0,8	1	0,7	0,9	0,15	0,45	...
+RASN	...	0,9	0,7	1	0,8	0,55	0,35	...
RASN	...	0,7	0,9	0,8	1	0,25	0,55	...
+SHRA	...	0,45	0,15	0,55	0,25	1	0,8	...
SHRA	...	0,15	0,45	0,35	0,55	0,8	1	...
...	...	...	...	...	...	...	...	1

2. táblázat A jelenidő pontozásához használt hasonlósági mátrix részlete.

Legyen az előrejelzett és a megfigyelt időjárás rendre SQ FC TSRAGR (zivatar heves záporosóvel és jégesóvel, valamint szélroham és tölcsérfelhő) és SQ TSRA (zivatar mérsékelt záporosóvel és szélrohammal). Ekkor a prognosztizált időjárás minden elemét (jelen esetben: SQ, FC, +TSRAGR) külön-külön összevetjük az észlelt időjárás minden elemével (jelen esetben: SQ, TSRA), majd páronként pontozzuk őket. A pontozás egy hasonlósági mátrix alapján történik, amelynek egy részlete a 2. táblázatban látható. Ezek után kiválasztjuk a prognosztizált jelenidőkhöz tartozó pontszámok közül a maximálisat, majd ezeket összeadjuk és elosztjuk a megfigyelt és előrejelzett szignifikáns jelenidők száma közül a nagyobbbal.

A fenti példa esetén:

- SQ-SQ: 1 pont, SQ-TSRA: 0 pont → 1 pont
- FC-SQ: 0 pont, FC-TSRA: 0 pont → 0 pont
- +TSRAGR-SQ: 0 pont, +TSRAGR-TSRA: 0,5 pont → 0,5 pont

A végső pontszám tehát $(1 + 0 + 0,5)/3 = 0,5$ pont.

Ha a várt jelenidő BECMG mögött áll, és annak egy tagja sem következik be az előrejelzés érvényességi ideje alatt, akkor az előrejelzés összesített pontszáma 0 lesz.

Amennyiben a leszállási előrejelzés TEMPO változásjelzőt tartalmaz, valamint ha a prognosztizált jelenidők közül legalább egy a TEMPO-zott időszakban az időszak felénél hosszabb ideig fordul elő, akkor az összesített pontszámot 0,75-tel szorozzuk meg [4]. Ezen vizsgálat alól kivételt képeznek azon jelenidők, amelyek kiadásra kerültek annak a METAR-nak a főrészében, amelyhez a leszállási előrejelzés tartozik, ugyanis ezeket kötelező jelleggel kell megjeleníteni, mint a látástávolságot csökkentő tényezőket [3].

Felhőzet

A jelenidőhöz hasonlóan, a felhőzet egy METAR és SPECI táviratban, valamint a leszállási előrejelzésben akár három vagy Cumulonimbus felhőzet jelenléte esetén négy tagból is állhat, azonban a verifikálás folyamán minden esetben a legalacsonyabban levő BKN/OVC, azaz a felhőalap mennyiségű felhőzet magasságát kell figyelembe vennünk. A már leírtak szerint a felhőalap magasság szerint a következő hat kategória valamelyikébe sorolandó. Ha a felhőalap magassága [0,100) láb között van, a kategória sorszáma 1, ha [100,200) között 2, ha [200,500) között 3, ha [500,1000) között 4, ha [1000,1500) között 5, és 1500 láb felett 6. Ha nincs felhőalap, tehát FEW/SCT/NSC mennyiségű felhőzet figyelhető meg, vagy van előrejelezve, az a prognózis szempontjából nem szignifikáns felhőzet, a 6. kategóriába kerül beosztásba.

Ha az előrejelzés felhőzetre vonatkozóan NOSIG, az egyes időpontokban az előrejelzés egy pontot ér, ha az észlelési tömbben és az előrejelzési tömbben található felhőzet egy kategóriába esik.

BECMG és TEMPO esetén három esetet különböztethetünk meg:

- 1) A METAR fő részében és a leszállási előrejelzésben is felhőalap mennyiségű felhőzet található,
- 2) a METAR fő részében nem felhőalap mennyiségű, a leszállási előrejelzésben felhőalap mennyiségű felhőzet található,
- 3) a METAR fő részében felhőalap mennyiségű, a leszállási előrejelzésben nem felhőalap mennyiségű felhőzet található.

Az első esetben mind a BECMG, mind a TEMPO esetén a felhőzet előrejelzése pontosságának kiértékelése a horizontális látástávolság pontozásával megegyező módszerrel történik. Második esetben, ha a változásjelző csoport BECMG, a verifikáció a következők szerint készül. Megállapítjuk, az érvényességi időtartamon belül melyik időpontban lesz felhőalap mennyiségű felhőzet. Ezen időpont előtt minden megfigyelés esetén az előrejelzés egy pontot ér, utána pedig szintén a látástávolság módszerét alkalmazzuk úgy, hogy a megkapott időpontban megfigyelt felhőalap veszi át a METAR fő részében jelentett felhőalap helyét, hiszen akkor kezdődhet a felhőalap lényegi, szignifikáns változása. TEMPO esetén az előrejelzés egy pontot ér, ha az egyes megfigyelésekkor nincs felhőalap mennyiségű felhőzet, vagy ha a felhőalap kategóriája megegyezik az előrejelzett felhőalap kategóriájával. Ha a megfigyelt és előrejelzett felhőalapok kategóriái közötti különbség egy, a pontszám 0,5-nek adódik. Harmadik esetben, ha a változásjelző csoport BECMG, megállapítjuk, hogy az érvényességi időtartamon belül melyik időpontban lesz nem felhőalap mennyiségű felhőzet. Ezen időpont előtt, adott megfigyelés esetén az előrejelzés akkor ér egy pontot, ha az alapprognózis kategóriájának száma megegyezik a megfigyelt felhőalap kategóriájának számával, utána pedig akkor egy pont, ha a megfigyelés nem szignifikáns felhőzet. TEMPO esetén ugyanúgy járunk el, mint a második esetben. Amennyiben az előrejelzett felhőalap hosszabb ideig fordul elő az előrejelzési időszakban, mint annak fele, akkor nem a megfelelő változásjelző kategóriát választottuk, így a végső pontszámot 0,75-tel szorozzuk [4].

Vertikális látástávolság

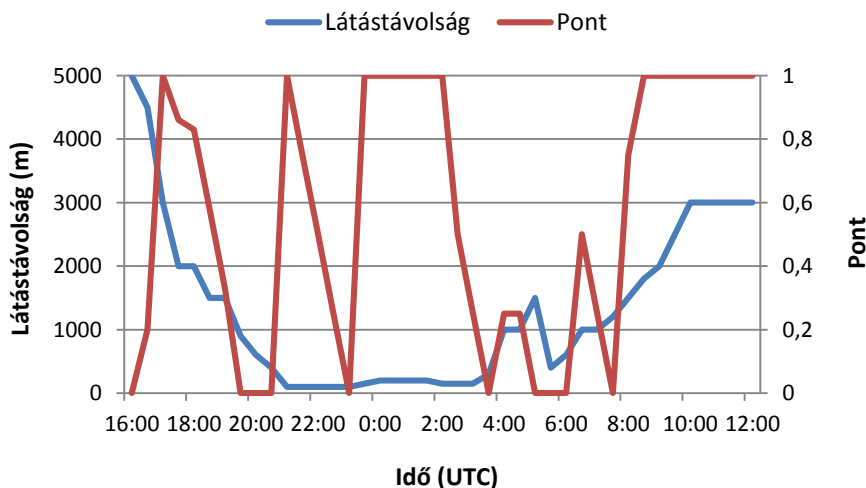
Vertikális látástávolság előrejelzésének pontossága a felhőzet verifikálásába került beépítésre. A különböző mennyiségű vertikális látástávolságok a megfelelő felhőalap kategóriába kerültek beosztásra.

Az előző módszertani fejezetben bemutatott pontozásos módszer működését két olyan esettanulmányon keresztül is szeretnénk ismertetni, amelyek jól érzékeltetik, hogy a kidolgozott algoritmus egy-egy összetettebb időjárási helyzetben hogyan képes a prognózisok bevalását értékelni.

Köd a Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013.11.16-án és 17-én

2013. november 16-án és 17-én Közép-Európa, így a Kárpát-medence térsége is magassági gerinc előoldalán helyezkedett el, időjárását nagy kiterjedésű anticiklon határozta meg. A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren a szóban forgó éjszaka a kisugárzás hatására erős, közel 10 °C-os hőmérsékleti inverzió alakult ki, ezzel gátolva a talaj közeli légréteg átkeveredését. A folyamatos hőmérsékletcsökkenésnek, a csekély, mindössze néhány tized °C-os harmatpont depresszióknak, valamint a gyenge, 0–2 csomós felszín közeli szélességnek köszönhetően sűrű köd alakult ki. November 16-án 21:15 UTC-től, egészen november 17. 03:30 UTC-ig 200–250 m volt a horizontális látástávolság, ami az időszak elején 100 m-re csökkent és két órán keresztül fenn is állt. 03:30 UTC után átmeneti javulás kezdődött, a látástávolság 1500 m-re nőtt, ám 05:30 UTC után ismét 1000 m alá csökkent. A sűrű ködnek köszönhetően az éjszaka folyamán tizennégy repülőgép nem tudott landolni a budapesti repülőtéren. 06:30 UTC után a látástávolság ismét 1000 m fölé javult, és a délelőtt folyamán 1000 és 5000 m között maradt.

Megvizsgáltuk az ebben az időszakban kiadott leszállási előrejelzések látástávolságra vonatkozó bevalását. Az egyes látástávolság értékek mögötti zárójelben azok kategóriáit tüntettük fel.



4. ábra A látástávolság alakulása és a leszállási előrejelzés látástávolság bevalásának értékei a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013. november 16-án és 17-én.

A vizsgált időszak elején az előrejelzések nem számítottak olyan mértékű látásromlásra, hogy az kategóriaváltást jelentsen (NOSIG). A látástávolság csökkenésével 17:00 és 17:30 UTC-kor a leszállási előrejelzések folyamatos 1500 m-ig (6) romló tendenciát jeleznek előre (BECMG 1500). Ez a 17:00 UTC-kor kiadott prognózis esetén teljesen helyén való, ugyanis a látástávolság 19:00 UTC-ig nem romlik 1500 m alá, ezért ennek bevalása maximális. A 17:30 UTC-kor kiadott METAR végén található előrejelzés már nem ér egy pontot, hiszen 19:30 UTC-kor már 900 m-es (5) látástávolságot észleltek, így megtörtént a kategória átlépése, az előrejelzés abban az időpontban



0,3 pontot ér. A 18:00–19:30 UTC-s leszállási előrejelzésekben rendre 2000 m (6), illetve 1500 m (6) látástávolság mellett időnkénti 1000 m-re (5) történő látásromlást prognosztizáltak (TEMPO 1000). Ezen előrejelzések bevalása az idő előrehaladtával folyamatosan gyengül, ugyanis 20:00 UTC-től 21:00 UTC-ig minden fél órában egy kategóriával csökken a horizontális látástávolság értéke. A 20:00 és 20:30 UTC-kor írt prognózisok már nem számítanak szignifikáns változásra, ennek ellenére a látástávolságban további romlás volt megfigyelhető, így a prognózisok 0 pontot kaptak. A 21:00 UTC-s METAR – amelyben 100 m-t (1) észleltek – végén található előrejelzés (NOSIG) maximális bevalású, mert a következő két órában a horizontális látástávolság szintén 100 m volt. Az ezt követő négy távirat sem számít szignifikáns változásra, azonban 23:30 UTC-től a látás 150 m (2) fölé javul, így ezek pontszáma rendre csökken.

Dátum	Látástávolság (m)	Leszállási előrejelzés
2013.11.17 00:00 – 01:30	200 (2)	NOSIG
2013.11.17 02:00 – 03:00	150 (2)	NOSIG
2013.11.17 03:30	300 (2)	NOSIG
2013.11.17 04:00 – 04:30	1000 (5)	NOSIG
2013.11.17 05:00	1500 (6)	BECMG 2500 BR
2013.11.17 5:30	400 (3)	NOSIG
2013.11.17 6:00	600 (4)	NOSIG
2013.11.17 06:30 – 07:00	1000 (5)	NOSIG
2013.11.17 07:30	1200 (5)	NOSIG
2013.11.17 08:00	1500 (6)	NOSIG
2013.11.17 08:30	1800 (6)	BECMG 4000 BR
2013.11.17 09:00	2000 (6)	BECMG 4000 BR
2013.11.17 09:30	2500 (6)	BECMG 4000 BR
2013.11.17 10:00	3000 (7)	BECMG 4000 BR
2013.11.17 10:30 – 12:00	3000 (7)	NOSIG

3. táblázat A Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013. november 17-én 00–12 UTC kiadott METAR táviratokból kinyert látástávolságok (kategóriájuk) és a leszállási előrejelzések.

Ezekkel azonos megfontolások magyarázzák az időszak további prognózisainak pontszámait is (4. ábra). A METAR-okból kinyert látástávolságokat és a leszállási előrejelzéseket lásd a 3. táblázatban.

Zivatar a prágai Václáv Havel repülőtéren 2009.07.23-án

2009. július 27-én Közép-Európa magassági teknő előoldalán helyezkedett el, amelyet a nap folyamán nyugati irányból egy hullámzó frontálzóna közelített meg. A talajfront előtt, 12 és 18 UTC között Csehország területén jelentős prefrontális konvergenciavonal alakult ki. Emellett a hosszan elnyúló frontrendszer előterében jelentős mennyiségű, földközi-tengeri eredetű nedvesség gyülemlt fel. Az emelés és a nedvességi viszonyok egyaránt kedveztek zivatarok kialakulásának. A légkör vertikális szerkezetéről elmondható, hogy a 700 hPa-os szinttől a troposzféra

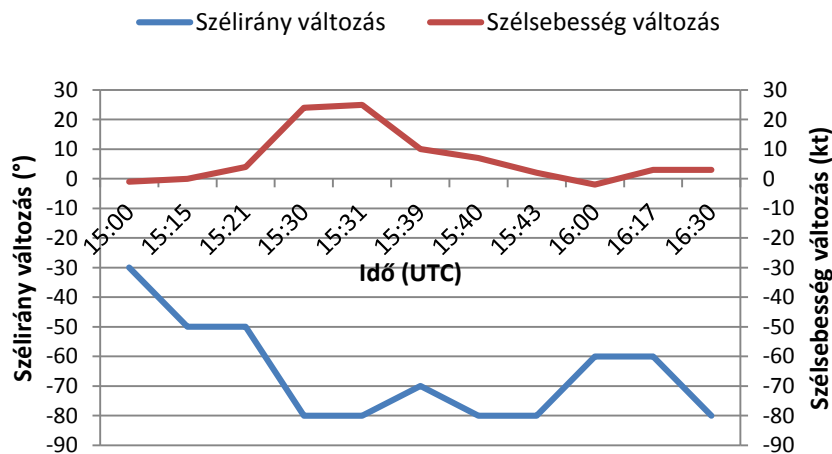
tetejéig hidrosztatikailag instabil volt a légkör, a hozzáférhető potenciális energia értéke hozzávetőlegesen 2500 J/kg értéket fejt fel, amely heves zivatarok kialakulására engedett következtetni.

A pontozásos algoritmus imént ismertetett időjárási helyzetre vonatkozó értékelését a következőkben ismertetjük. A Václav Havel repülőtéren 12:00 UTC és 16:00 UTC között kiadott jelentésekből származó szél és látástávolság értékek, jelenidők és leszállási előrejelzések, valamint az egyes elemek pontszámai a 6. táblázatban található.

A repülőtér területén a szél sebességének folyamatos növekedése mellett 13:30 UTC-kor jelentős mértékű ($> 60^\circ$) szélfordulás következett be, amit a 12:00 UTC-től 13:00 UTC-ig kiadott leszállási előrejelzések nem prognosztizáltak. A szél irányának fordulása oly mértékű volt, hogy az imént említett időintervallumban kiadott METAR táviratokban kódolt szél a bemutatott kritériumok 2) pontja értelmében a prognosztizált széllel nem esik egy kategóriába, így a leszállási előrejelzések szélre vonatkozó pontszáma 13:00 UTC-ig időpontról időpontra csökkenő tendenciát mutat. 13:30 UTC-re a szélfordulás megtörtént, így az előrejelzések ismét magasabb pontszámot kaphattak, de a zivataros kifutószél okozta újabb irányváltozást már nem prognosztizálták. Ebből adódóan a 13:30 és a 14:00 UTC-s leszállási előrejelzések szélre vonatkozó pontszáma rendre csökken.

A zivatar 15:21 UTC-kor érte el a repülőtér területét, előrejelzésének bevalását a 14:30 UTC-kor kiadott prognózison vizsgáltuk. Az időjárás változékonyságát illusztrálja, hogy a 14:30 UTC utáni két órás időszakban a négy rendszeresen kiadásra kerülő reguláris távirat mellett hét SPECI került a nemzetközi adatforgalomba.

Az előrejelzés szél tekintetében perzisztencia prognózisnak számít, így egészen 15:21 UTC-ig és 16:00 UTC-kor helytálló, ugyanis az előbbi időpontokban kódolt szél a 14:00 UTC-kor kiadott METAR-ban jelentett szél irányától nem tér el 60° -nál, sebességétől 10 csomónál többel (5. ábra).



5. ábra A szél sebességének és irányának változása a 14:30 UTC-kor kiadott METAR-ban szereplő szél sebességéhez is irányához képest, 2009. július 23 Václav Havel repülőtér, Prága.

Ezekben az időpontokban a prognózis 1 pontot ér. A 15:00 UTC-kor mért szél a 14:00 UTC-shez képest irányban 70° -kal, sebességben 24 csomóval tér el, így nem tartoznak egy kategóriába, a prognózis 0 pontos. Az ezt követő négy időpontban azonos megfontolások miatt az előrejelzés szintén 0 pontot ér. 16:00 és 16:17 UTC-kor csak 50° -os, 2 illetve 3 csomós eltérés adódott a kezdeti időponthoz képest, azaz az akkor mért szél értékek egy kategóriába esnek a

14:30 UTC-kor kódolt széllel. Végül a 16:30 UTC-s METAR-ban a szélirány eltérése már 70°, ezért ismét nem esnek egy kategóriába.

Összességében a leszállási előrejelzés ötször találta el és hatszor hibázta el a szél kategóriáját. Mivel két óra alatt tizenegy táviratot adott ki a prágai repülőtér, így a végeredmény 0,45-nek adódott.

A 14:30 UTC-kor készült előrejelzés a 10000 m, vagy afeletti látástávolság mellett időnként 4000 m-re való csökkenést jelez előre (TEMPO 4000). A 4. táblázatban látható a 16:30 UTC-ig megfigyelt látástávolság és a prognózis két előrejelzési tömbje, a fő- és alapprognózis. A látástávolság értékek mögött feltüntettük azok kategóriáinak sorszámát egyaránt. Láthatjuk, hogy a vihar okozta záporos jellegű csapadék miatt 15:30 és 15:39 UTC között a repülőtér területén jelentős mértékben lecsökkent a látástávolság értéke.

Dátum	Megfigyelés (m)	Főprognózis (m)	Alapprognózis (m)	Pontszám
2009.07.23. 15:00	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:15	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:21	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:30	5000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:31	1500 (6)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	0,3
2009.07.23. 15:39	5000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:40	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:43	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 16:00	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 16:17	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 16:30	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1

4. táblázat A prágai Václav Havel repülőtéren 2009. július 23-án 15:00 és 16:30 UTC között kiadott METAR és SPECI táviratokból kinyert látástávolság értékek, 14:30 UTC-kor készült leszállási előrejelzés látástávolságra vonatkozó tömbjei és adott időpontokra vonatkozó pontszámai.

A zárójelben a látástávolság értékek kategóriájának sorszámát tüntettük fel.

Mindössze egyetlen alkalommal (15:31 UTC) nem egyezik meg a megfigyelt érték kategóriája a valamelyik előrejelzési tömbben található érték kategóriájával, de az csak eggyel kisebb, így pontszáma 0,3. Tehát a 14:30 UTC-t követő két órás időszakban tizenegyből egyszer volt pontatlan a horizontális látástávolság előrejelzése. A prognózis összesített pontszáma 0,94.

A jelenidő előrejelzése az alábbiak szerint került pontozásra. A 14:30 UTC-kor kiadott előrejelzés időnként megjelenő zivatarra figyelmeztet közepes intenzitású eső mellett (TEMPO TSRA). Az 5. táblázatban láthatjuk, hogy a 15:15 UTC-kor már a repülőtér közelében (VCTS) és 15:21 UTC-kor a repülőtéren is észlelték a zivatart (-TSRA). Az előrejelzés a két órás érvényességi időtartam első két időpontjában (15:00 és 15:15 UTC) az alapprognózis értelmében 1–1 pontot ér, hiszen a repülőtér közelében lévő zivatar szerint nem számít szignifikáns időjárási eseménynek. 15:21 és 15:40 UTC-kor zivatart jelentettek a prágai repülőtér észlelői gyenge

intenzitású esővel (-TSRA), így a pontozási tábla értelmében az adott időpontra vonatkozó előrejelzések 0,8–0,8 pontosak.

Dátum	Megfigyelés	Főprognózis	Alapprognózis	Pontszám
2009.07.23. 15:00	NSW	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 15:15	VCTS (NSW)	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 15:21	-TSRA	TSRA	NSW	0,8
2009.07.23. 15:30	TSRA SQ	TSRA	NSW	0,5
2009.07.23. 15:31	+TSRA SQ	TSRA	NSW	0,4
2009.07.23. 15:39	TSRA	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 15:40	-TSRA	TSRA	NSW	0,8
2009.07.23. 15:43	VCTS (NSW)	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 16:00	RETSRA (NSW)	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 16:17	NSW	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 16:30	NSW	TSRA	NSW	1

5. táblázat A prágai Václav Havel repülőtéren 2009. július 23-án 15:00 és 16:30 UTC között kiadott METARés SPECI táviratokból kinyert jelenidők, a 14:30 UTC-kor készült leszállási előrejelzés jelenidőre vonatkozó tömbjei és a prognózis egyes időpontokra vonatkozó pontszámai.

A 15:30 UTC-kor kiadott METAR táviratban zivartart kódoltak szélroham kíséretében (TSRA SQ). A zivatar helyes prognosztizálása mellett a szélroham előrejelzése elmaradt, ezért a pontszám 0,5-nek adódott. 15:31 UTC-kor a heves zivartart (+TSRA) jelentettek szélrohammal. A zivatarintenzitás helytelen előrejelzése összességében 0,8 pontot ér, de a szélroham prognózisból történő kihagyása miatt az adott időpontra vonatkozó pontszám 0,4 lett. 15:39 UTC-kor az előrejelzés beválása maximális, hiszen a megfigyelt és előrejelzett jelenidő megegyezik. A METAR táviratban lehetőség nyílik arra, hogy utaljunk egy már véget ért időjárási jelenségre (RE-), azonban a leszállási előrejelzés szempontjából ez nem számít szignifikáns jelenségnek, így 16:00 UTC-kor a prognózis 1 pontot ért el. A 16:17 és 16:30 UTC-kor készült táviratok nem tesznek jelentést a leszállási előrejelzés szempontjából fontos eseményről, így az alapprognózis értelmében az előrejelzések 1–1 pontot érnek.

A leszállási előrejelzés jelenidőre vonatkozó pontszáma az imént leírt pontok összegének és a kiadását követő két órában készült táviratok számának hányadosaként áll elő, így a végső pontszám 0,86.

Az ICAO leszállási előrejelzésre vonatkozó ajánlása a felhőzet típusára nem terjed ki, és a felhőalap 1500 lábas határát sem a megfigyelt, sem az előrejelzett felhőzetcsoport egyik tagja sem lépte át, az erre vonatkozó prognózis pontszáma 1.



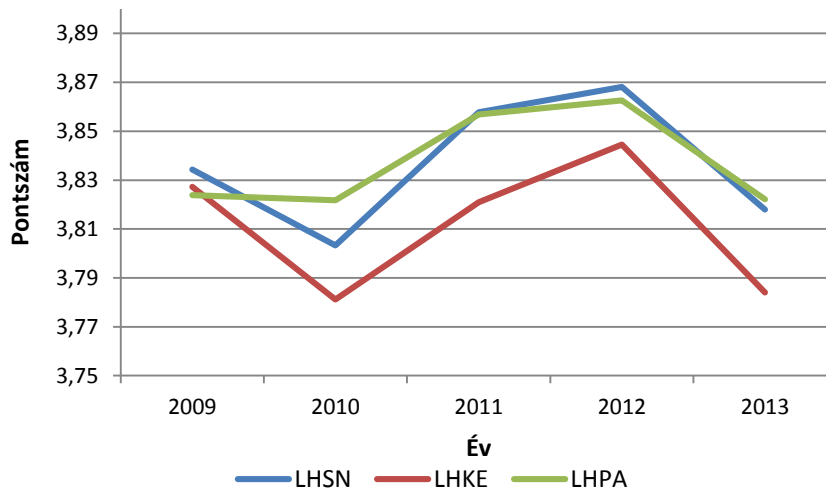
Dátum	Szél (°,kt)	Látástávolság (m)	Jelenidő	Leszállási előrejelzés	Pont (szél)	Pont (látástáv.)	Pont (jelenidő)
2009.07.23. 12:00	170, 6	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,5	1	1
2009.07.23. 12:30	170, 8	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,25	1	1
2009.07.23. 13:00	190, 8	≥ 10000	NSW	NOSIG	0	1	1
2009.07.23. 13:30	330, 10	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,83	1	0,67
2009.07.23. 14:00	350, 11	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,5	0,9	0,5
2009.07.23. 14:30	360, 11	≥ 10000	NSW	TEMPO 4000 TSRA	0,45	0,94	0,86
2009.07.23. 15:00	330, 10	≥ 10000	NSW	TEMPO 4000 TSRA	0,64	0,94	0,86
2009.07.23. 15:15	310, 11	≥ 10000	VCTS	-	-	-	-
2009.07.23. 15:21	310, 15	≥ 10000	-TSRA	-	-	-	-
2009.07.23. 15:30	280, 47	5000	TSRA SQ	TEMPO 1500 TSGR	0,1	1	0,19
2009.07.23. 15:31	280, 46	1500	+TSRA SQ	-	-	-	-
2009.07.23. 15:39	290, 31	5000	TSRA	-	-	-	-
2009.07.23. 15:40	280, 18	≥ 10000	-TSRA	-	-	-	-
2009.07.23. 15:43	280, 13	≥ 10000	VCTS	-	-	-	-
2009.07.23. 16:00	300, 9	≥ 10000	RETSRA	NOSIG	1	1	1
2009.07.23. 16:17	300, 14	≥ 10000	NSW	-	-	-	-
2009.07.23. 16:30	280, 14	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,33	1	1

6. táblázat A prágai Václav Havel repülőtéren 2009. július 23-án 12:00–16:30 UTC között kiadott METAR és SPECI táviratokból kinyert szél és horizontális látástávolság értékek, jelenidők és leszállási előrejelzések, valamint az egyes elemek pontszámai.

A VERIFIKÁCIÓ EREDMÉNYEI

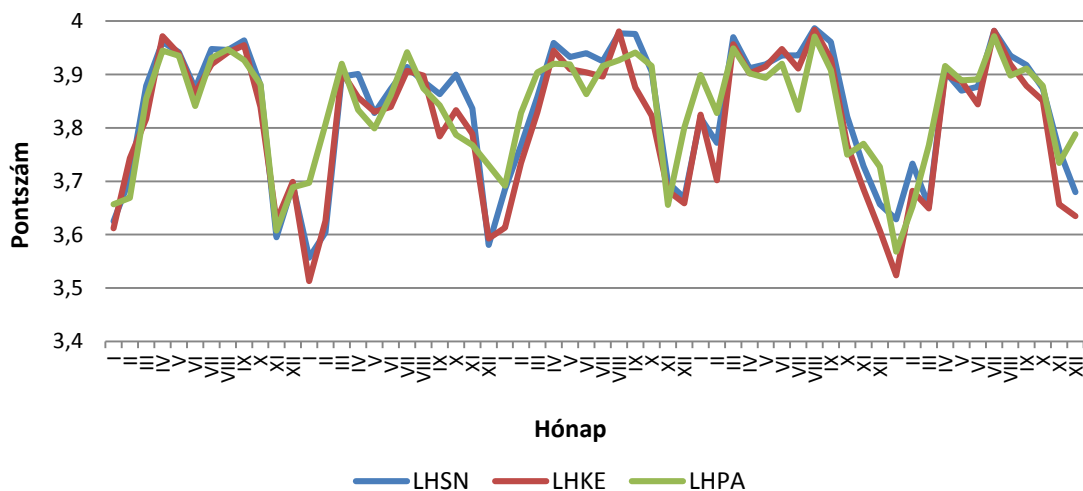
Bár jelen írás elsődleges feladata a leszállási előrejelzés bevalásának vizsgálatát segítő verifikációs program felépítésének bemutatása, ebben a fejezetben néhány, a pontszámokból készült statisztikát mutatunk be. A vizsgálatokat a három magyarországi katonai repülőtérre készítettük el:

- MH 86. Szolnok Helikopter Bázis (LHSN),
- MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis (LHKE) és
- MH Pápa Bázisrepülőtér (LHPA).



6. ábra leszállási előrejelzések éves átlagos összesített pontszámának alakulása 2009 és 2013 között.

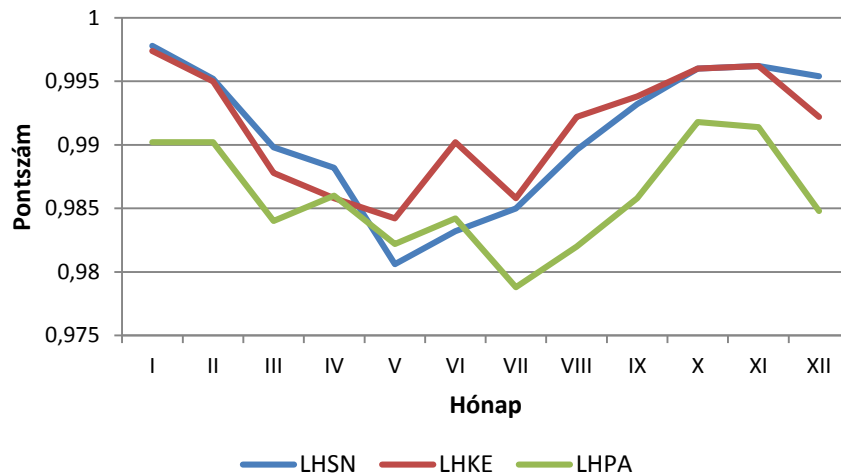
Miután a leírtak alapján előállítottuk az egyes leszállási előrejelzések a négy vizsgált időjárási elemre vonatkozó pontszámait, az előrejelzést az ezek összegeként adódó pontszámmal jellemezhetjük. Annak érdekében, hogy láthassuk az előrejelzések jószágának időbeli alakulását, kiszámítottuk a repülőterekre az egyes évek átlagpontszámait a 2009-től 2013-ig terjedő időszakra. Ennek eredményei a 6. ábrán láthatók.



7. ábra A leszállási előrejelzések havi átlagos összesített pontszámának változása 2009 és 2013 között.

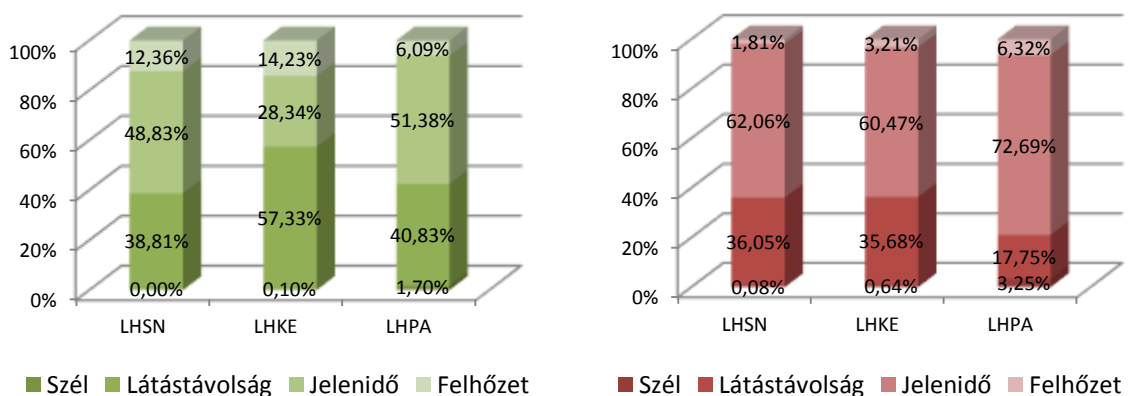
Az ábra alapján elmondható, hogy mindhárom repülőtér esetén 2010-ben a legkisebb és 2012-ben a legmagasabb az éves átlagos összesített pontszám. A repülőterek eredményeit tekintve észrevehetjük, hogy a szolnoki és a pápai repülőtér közel azonosan teljesít, Kecskemét pontszámai átlagosan 2,5 századdal alacsonyabbak.

A 7. ábrán a 2009-től 2013-ig terjedő időszak alapján az egyes repülőterekre képzett havi átlagos összesített pontszám látható. Általánosan elmondható, hogy míg nyáron a legmagasabb az előrejelzések bevétele, addig a téli hónapok prognózisai a leggyengébbek. A pontszámok menetét tekintve a tavaszi pontszámnövekedés után április-május környékén visszaesés figyelhető meg.



8. ábra A szélre vonatkozó leszállási előrejelzések havi átlagos pontszámának változása.

A látástávolságra, a jelenidőre, és a felhőzetre vonatkoztatott pontszámok az imént leírtakkal azonos menetet mutatnak. A szél átlagos havi pontszáma (8. ábra) az előzőekkel ellentétes, ugyanis nyáron a termékek képződése esetén a feláramló levegő kompenzáló áramlásai rövid időn belül képesek gyökeresen megváltoztatni a felszínközeli szél irányát és sebességét [5].



9. ábra A BECMG (bal oldali ábra) és TEMPO (jobb oldali ábra) változásjelző mellett előrejelzett elemek aránya, 2009 és 2013 között.

A 9. ábrán a nem NOSIG változásjelző csoportok után álló egyes előrejelzendő elemeknek az összes, adott változásjelző csoporttal készült előrejelzéshez viszonyított aránya látható a 2005 és 2013 közötti időszakra vonatkozóan.

Elmondhatjuk, hogy öt év alatt a repülőterek jellemzően a szél esetén használták a legkevesebbszer a NOSIG-tól eltérő változásjelző csoportot. Általánosan legtöbbször a jelenidő esetén vártak időszakos változásokat (TEMPO). Szolnok és Pápa a jelenidő esetén vártak legtöbbször folytonos változást (BECMG), amelyek aránya rendre 48,83% és 51,38%, egyedül Kecskemét esetében szerepel gyakrabban látástávolság a BECMG változásjelző mögött. Összességében elmondható, hogy Magyarország katonai repülőterein készült leszállási előrejelzésekben a NOSIG-tól eltérő változásjelző használata a látástávolság és a jelenidő esetén számottevő.

	BECMG			TEMPO		
	LHSN	LHKE	LHPA	LHSN	LHKE	LHPA
Szél	–	0,75	0,94	0,88	0,82	0,88
Látástávolság	0,62	0,72	0,74	0,61	0,69	0,68
Jelenidő	0,86	0,86	0,87	0,90	0,90	0,94
Felhőzet	0,93	0,79	0,55	0,63	0,51	0,59

7. táblázat Az egyes előrejelzendő elemek átlagos pontszáma nem NOSIG változásjelző kategóriák mellett az egyes repülőtereken.

Megvizsgáltuk, hogy egyes nem NOSIG változásjelzők mellett átlagosan hány pontot érnek az egyes elemek előrejelzései az adott repülőtereken (6. táblázat).

A táblázatból kiderül, hogy Szolnok repülőterén a 2009–2013-as időszakban BECMG változásjelző csoport mellett szélelőrejelzés nem történt. A minden repülőtéren kevés szélelőrejelzésből Pápa BECMG melletti eredményei a legjobbak és Kecskemét BECMG melletti eredményei a leggyengébbek. A felhőzet tekintetében a szolnoki repülőtéren készült a legkevesebb, ám átlagosan legjobb felhőzet előrejelzés a BECMG mellett, az átlagosan leggyengébb pedig Pápán a TEMPO mellett. Ha a BECMG melletti látástávolságokat vizsgáljuk, átlagosan Pápa jelzett előre legjobban, míg Szolnok leggyengébben, a jelenidőt tekintve nincs számottevő különbség a repülőterek között. TEMPO változásjelző csoport mellett a látástávolság előrejelzése Kecskeméten a legpontosabb, Szolnokon a legkevésbé, a felhőzet előrejelzése Pápán a legjobb, Szolnokon és Kecskeméten pedig azonos átlagpontszámúak.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen írás témáját adó leszállási előrejelzések az ultrarövid távú prognózisok egy olyan speciális esetét jelentik, amelyben az általános térbeli előrejelzésekkel szemben egy adott koordinátájú pont (repülőtér) jövőbeli időjárását fogalmazzuk meg. Ezen felül az időtáv, amin dolgozunk, a nowcasting feladatokon belül is rövidnek számít: 2 óra. Ez a két tulajdonsága adja elkészítésének főbb nehézségeit.

Magyarországon nincs fellelhető információ az ultrarövid távú előrejelzések bevalásáról, így jelen írás előzményeit jelentő diplomadolgozat elkészültéig a személy- és vagyonbiztonság, valamint a repülőtér gazdaságos üzemeltetése szempontjából oly fontos leszállási előrejelzések



pontosságáról sem készült átfogó vizsgálat. Emiatt merült fel az igény egy olyan időbeli pontosságra érzékeny pontozásos módszer elkészítésére, amely az ICAO Annex 3 által előírt pontossági követelményeken alapszik [3].

Ahhoz, hogy a leszállási előrejelzések bevételét érdemben javítani lehessen, érdemes első lépésként egy verifikációs módszert beépíteni az operatív munkába – amely eljárás előkészítése jelenleg folyamatban van –, ami által folyamatos, objektív visszajelzést kapnánk az előrejelzői munkáról. Az eredmények megfelelő értékelése után információval szolgálna az operatív gyakorlatba beépített nowcasting döntéstámogató rendszerek megbízhatóságáról, jóságáról, valamint támpontunk lenne abban, hogy ezek a rendszerek képesek-e jobban teljesíteni a helyi tapasztalat felhasználásával készült leszállási előrejelzéseknél.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk Kovács Adrián hadnagy úrnak, aki a jelenidő értékeléséhez használt pontozási táblázat elkészítésében volt segítségünkre és a módszer bizonyos hiányosságaira felhívta figyelmünket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KATHY-ANN CAESAR CMO Terminal Aerodrome Forecast (TAF) Verification Programme (CMOTafV), Caribbean Meteorological Council – 47 St. Vincent, 2007 (online) url: <http://www.cmo.org.tt/Docs/CMC47/PDFs/Presentations/CMOTafV.pdf> (2015. 02.15)
- [2] POTOR ANITA Magyarországi repülőterek TAF előrejelzéseinek összehasonlító verifikációja. Budapest, 77 p., 2009.
- [3] ICAO Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, Meteorological Service for International Air Navigation, 18th Edition, Montreal, 208 p., 2013.
- [4] GÜNTHER MAHRINGER Terminal aerodrome forecast verification in Austro Control using time windows and ranges of forecast condition. Meteorological Applications, 113–123, 2008.
- [5] HORVÁTH ÁKOS A légköri konvekció összetevői. In: A légköri konvekció, OMSZ, Budapest, 4–17 p., 2007.