



HASONLÓSÁGON ALAPULÓ PROGNOZTIKAI ELJÁRÁSOK ALKALMAZÁSA A HORIZONTÁLIS LÁTÁSTÁVOLSÁG ELŐREJELZÉSÉBEN

Bottyán Zsolt¹, Tuba Zoltán²

¹Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék
²Honvédelmi Minisztérium, Állami Légügyi Főosztály



45. Meteorológiai Tudományos Napok

Értékteremtés meteorológiai információkkal.



2019. november 14-15.

BEVEZETÉS

Az elmúlt évszázadban a légiközlekedésben óriási fejlődés következett be, amellyel párhuzamosan jelentősen nőttek a repülés-meteorológiai szolgáltatásokkal kapcsolatos elvárások is. Ez arra a két alapvető okra vezethető vissza, ami a repülés fejlődésének mindenkori mozgatórugója: egyrészt a repüléssel járó kockázatok csökkentésének szándéka, ami kezdetben a repülésbiztonság szintjének emelését, napjainkban viszont már a kockázatok elfogadható szintjének fenntartását jelenti; másrészt pedig a hatékonyság (repülési, műveleti, gazdasági, stb.) növelése. Mindez nem új gondolat, a hazai repülés-meteorológia úttörője, a katonai meteorológia megteremtője, dr. Hille Alfréd ezredes a XX. század első felében a következőképpen fogalmazta meg: „A repüléshez csatlakozó légkörrel tevékenység célja mindig a légkörre vonatkozóan a repülő személyzet és gépek nagyobb biztonságának elérése, a légi vonalak menetrendszerű és minél gazdaságosabb kihasználása, valamint az utasok kényelme.” Ezekhez az elvárásokhoz igazodva került adaptálásra és fejlesztésre egy hasonlóságon alapuló prognosztikai eljárás a horizontális látástávolság ultra-rövid távú előrejelzésének támogatása érdekében. Ez az analóg eljárás kerül felhasználásra a hibrid modellben, ahol az előrejelzés másik része numerikus modellfutatók utófeldolgozott látástávolság produktumaiból származik.



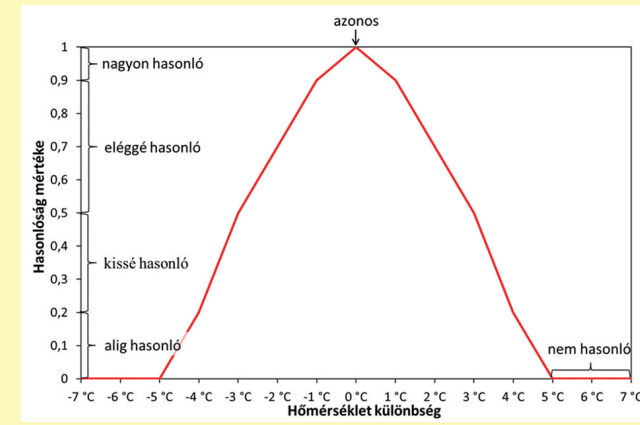
ADATBÁZIS

Az analóg előrejelzések készítéséhez nélkülözhetetlen egy arra alkalmas adatbázis. Ráadásul az analóg produktumokon keresztül részben ez szolgáltatja a hibrid előrejelzések alapjait is. Az adatbázis alapját a rendszeres repülőtéri észlelő táviratok nem minden esetben a legpontosabb formában tartalmazzák az egyes meteorológiai paraméterek értékeit, de az adott formátum használata egyrészt megkönnyíti az adatok elérését, másrészt jelentősen leegyszerűsíti a teljes előrejelző rendszer tetszőleges előrejelzési helyre való adaptálását, ideértve akár a műveleti területeket is. A kialakított adatbázisnak kettős szerepe van: egyrészt alapadatokat szolgáltat a repülés-klimatológiai elemzésekhez és az egyedi felhasználói adatigényekhez, másrészt az analógias elvű előrejelzések számára megbízható, releváns adategyüttest biztosít a leghasonlóbb időjárási situációk megtalálásához. Az egyes repülőtéri adatbázisai ma már több, mint 14 év mérési, észlelési adatait tartalmazzák. Azaz repülőtérként körülbelül 250.000 különböző időjárási situáció közül kiválasztásra az analóg és a hibrid előrejelzések összeállításához szükséges 30 leghasonlóbb eset, amelyek alapján a determinisztikus prognózisok készülnek.



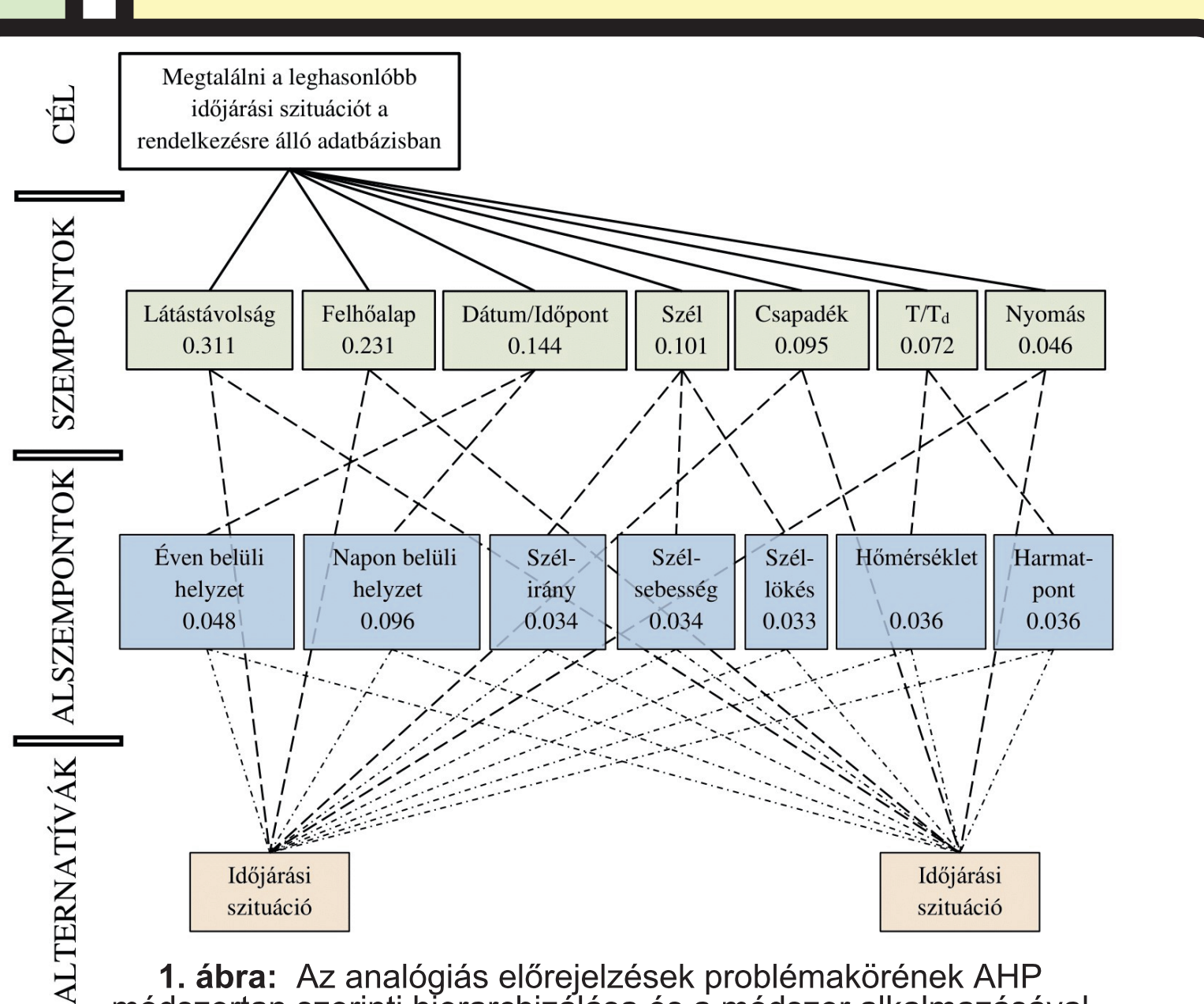
ANALÓG

Az analóg előrejelzések alapelve a hasonlóság keresése. Ennek során az aktuális időjárási szituációhoz egy arra alkalmas adatbázisban keresünk hasonló helyzeteket. A hasonló szituációk kiválasztása során a paraméterek összehasonlítása a fuzzy logika eszköztárából ismert, szakértői megegyezéssel létrehozott ún. tagsági függvények segítségével történik. Az így megkapott paraméterenkénti hasonlósági értékek kerültek aztán az összehasonlítási folyamat során az adott paraméter fontossága és a mérés/megfigyelés ideje szerint további súlyozásra. A paraméterek fontosság szerinti súlyozása azon a feltevésen alapul, hogy az előrejelzés pontossága növelhető azáltal, ha az előrejelzendő paraméter hasonlóságát nagyobb súllyal vesszük figyelembe az összehasonlított hasonlóság megállapításánál. Az alkalmazott súlyok meghatározásához az Analytic Hierarchy Process (AHP) módszer került alkalmazásra (1. ábra). A teljes időjárási szituációra vonatkozó hasonlósági mérték ($S_{overall}$) általános képlete a következő:



$$S_{overall} = \frac{\sum_{j=0}^{k-1} (2^{k-j-1} \cdot \sum_{i=1}^n w_i \cdot S_{ij})}{2^{k-1}}$$

ahol S_{ij} az i -edik paraméter tagsági függvények által meghatározott j -edik időlépcsőbeli hasonlósága, w_i az i -edik paraméterhez az AHP módszerrel hozzárendelt súly, k az alkalmazott időlépcsők száma, n pedig az összehasonlító algoritmusban vizsgált paraméterek száma. Az egyenlet segítségével az adatbázis összes időjárási szituációjához rendelhető egy hasonlósági mérték, ami alapján a leghasonlóbb esetek kiválaszthatók az analóg prognózisok kialakításához.



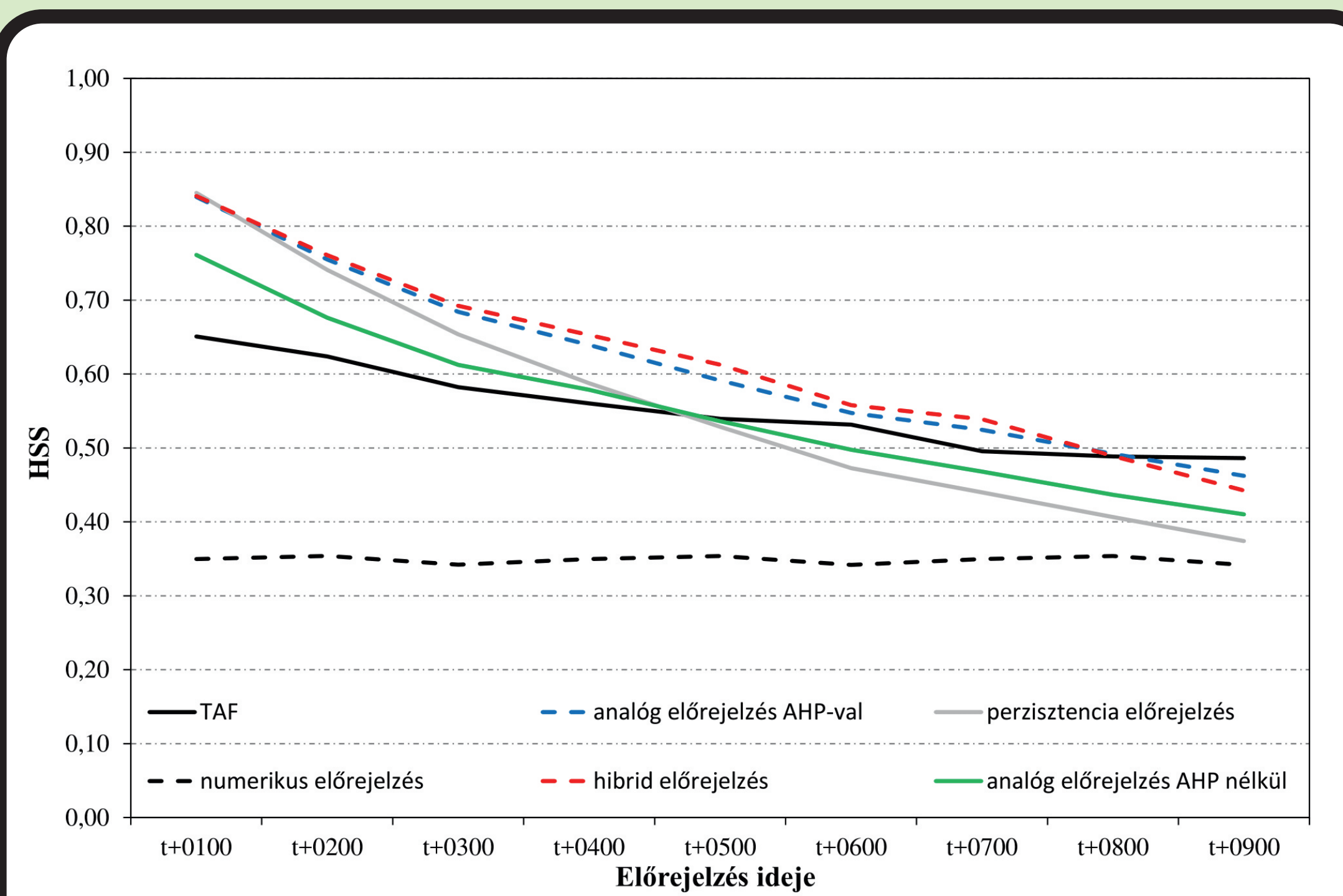
1. ábra: Az analógias előrejelzések problémakörének AHP módszertan szerinti hierarchizálása és a módszer alkalmazásával

HIBRID

Az analóg előrejelzések alapfeltevéséből adódik, hogy a teljesítményük időben gyorsan csökken, így az igazán hatékony előrejelzési időszakok hossza mindössze órákra tehető. Ezzel szemben a numerikus előrejelzések teljesítménye lényegesen alacsonyabb ugyan, de időben gyakorlatilag nem változik. Annak érdekében, hogy a két előrejelzés előnye megőrizsük és hátrányait kiküszöböljük, egy hibrid előrejelzés került kialakításra, ami az analóg és a numerikus látástávolság outputok lineáris kombinációjaként a következő módon áll elő:

$$Látástávolság_{hibrid} = a_j \cdot Látástávolság_{analóg} + b_j \cdot Látástávolság_{numerikus}$$

ahol $a_j + b_j = 1$; a_j és $b_j \in [0,1]$ az egyes típusokhoz tartozó súlyok és j az előrejelzés időlépcsőinek a száma. Annak érdekében, hogy a numerikus modell kezdeti pontatlanságait minél nagyobb mértékben korigálni tudjuk, a $t + 0000$ időpontban mind az észlelt mind pedig a numerikus előrejelzett látástávolság adatokat kategóriákba (0–1000 m; 1000–1500 m; 1500–3000 m; 3000–5000 m; 5000 m–) soroltuk. Az a_j súlyok úgy kerültek meghatározásra, hogy a növekvő kategória különbséggel párhuzamosan növekedjenek, valamint monoton csökkenjenek időben az analóg és a numerikus rész közötti fokozatos átmenet biztosítása érdekében (2. ábra). Ennek köszönhetően nagy kategória különbség esetén, azaz amikor a numerikus modell már a $t+0000$ időpontban is jelentős eltérésben van a valós mérésekhez képest, akkor a következő órák nagy valószínűséggel hibás előrejelzései is kisebb súllyal és időben is később lesznek figyelembe véve.

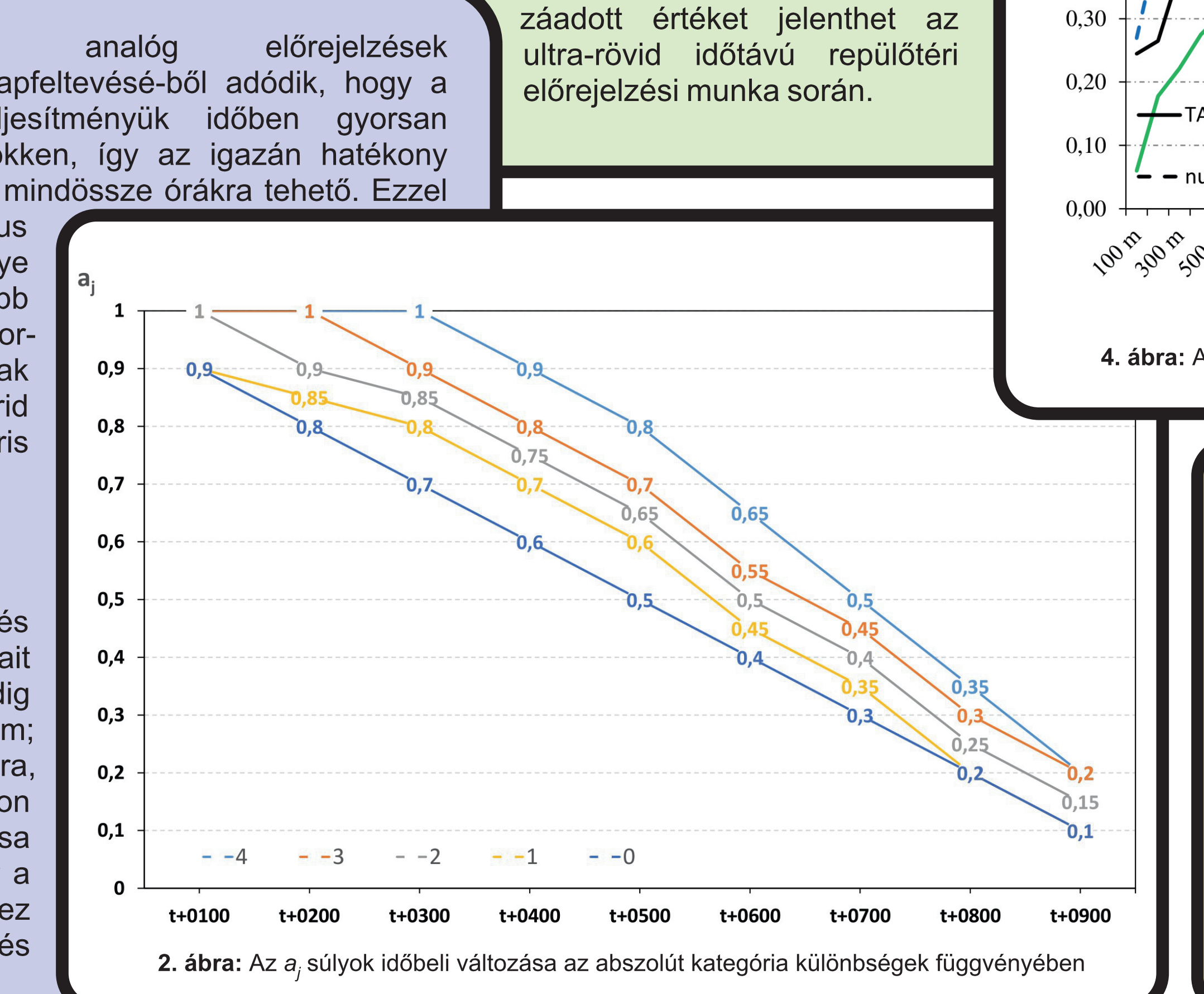


3. ábra: A különböző kategória határokra (1000 – 5000 méterig 100 m-es lépésekkel) vonatkozó átlagos HSS értékek a vizsgált repülőtérek az előrejelzési idő függvényében

4 - A hibrid modell az analóghoz hasonló eredményeket ér el a numerikus rész egyre növekvő részaránya ellenére is.

A 4. ábra pedig arra szolgál bizonyítékkul, hogy mind az AHP módszer alkalmazásának hatékonysága, mind pedig az analóg és hibrid előrejelzések meggyőző eredményei függetlenek a kategóriahatár megválasztásától. Ez egyben azt is jelenti, hogy a módszerek alkalmazhatóságának nincsenek időjárási (látástávolságbeli) korlátai.

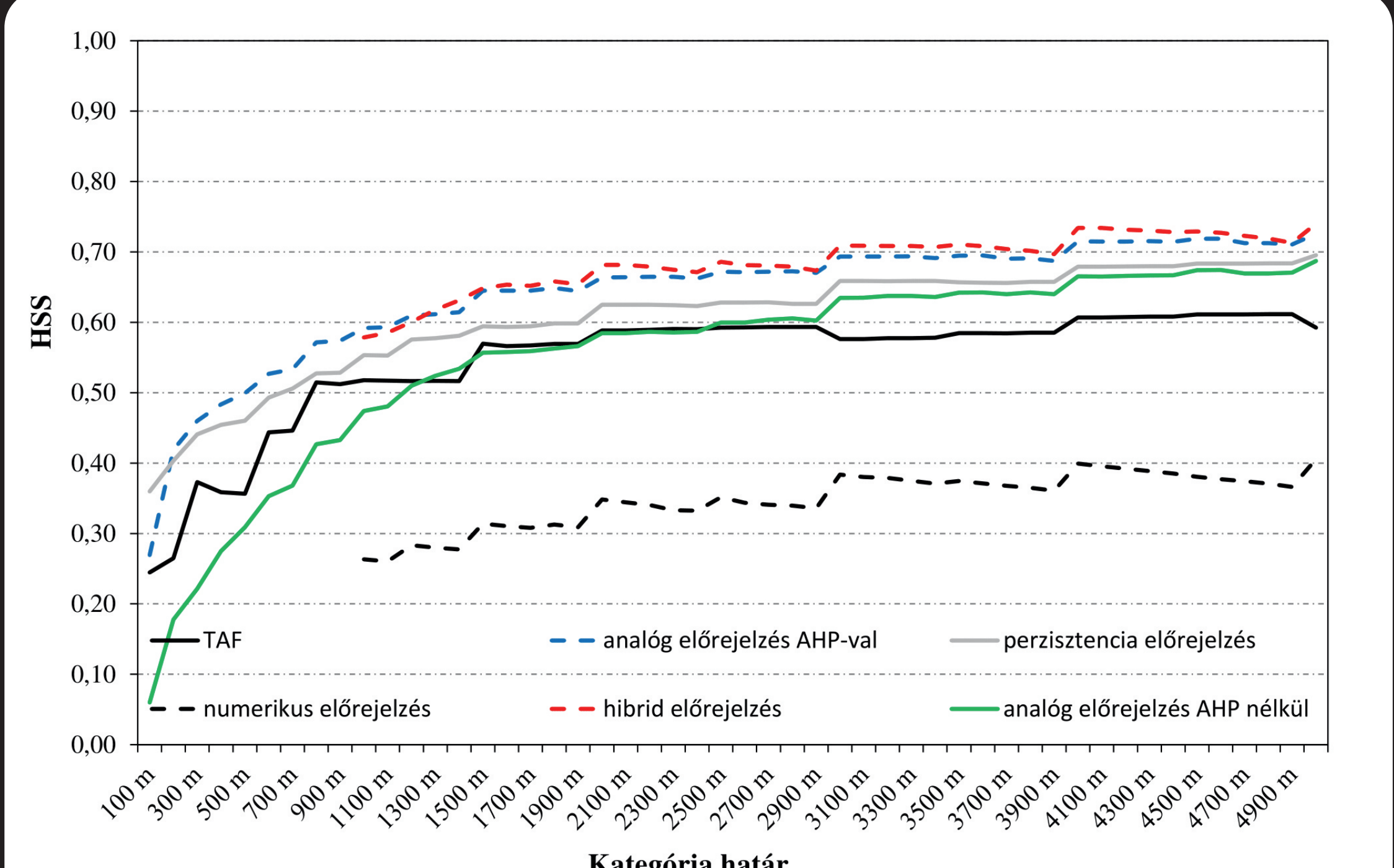
A fenti megállapítások alapján egyértelmű, hogy a módszerek alkalmazása jelentős hozzáadott értéket jelenthet az ultra-rövid időtávú repülőtéri előrejelzési munka során.



2. ábra: Az a_j súlyok időbeli változása az abszolút kategória különbségek függvényében

EREDMÉNYEK

A verifikációs eljárások alapos szakirodalmi áttekintése után a vizsgált előrejelzések ellenőrzésére a kategorikus előrejelzések verifikációja esetén alkalmazható eljárás került kiválasztásra. A verifikáció végrehajtása során számos, a kategorikus előrejelzések ellenőrzése során alkalmazott verifikációs paraméter került kiszámításra, majd összetett, átfogó elemzésre. Jelen keretek között azonban nincs lehetőség az eredmények ilyen részletességű bemutatására, így az összesített megállapításokat jól reprezentáló Heidke Skill Score (HSS) átlagos értékei kerültek az ábrákra. Maga a verifikációs időszak egy teljes évre terjed ki, az ábrákon látható átlagok az összes vizsgált előrejelzésre vonatkoznak. Ezek az összehasonlíthatóság jegyében a TAF táviratok kiadási ideihöz igazodnak, így a repülőtéri igények függvényében 3 vagy 6 óránként kezdődnek. A 3. ábrán négy dolgot érdemes kiemelni: 1 - AHP módszer alkalmazása szignifikánsan javítja az eljárás teljesítményét; 2 - Az analóg és a hibrid eljárás is ugyanúgy, vagy jobban teljesít, mint a perzisztencia prognózis; 3 - Ultra-rövid távon az analóg és hibrid modellek eredményei szignifikánsan jobbak a TAF-nál.



4. ábra: Az előrejelzési időszak első 6 órájára vonatkozó átlagos HSS értékek a vizsgált repülőtérek az egyes kategória határok függvényében

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 Közszolgálati Egyetemen – VOLARE” című projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával, a fenti projekt „JAS_ENVIRON” nevű kiemelt kutatási területén valósul meg. A témával kapcsolatos bővebb információ az alábbi cikkekben érhető el:

