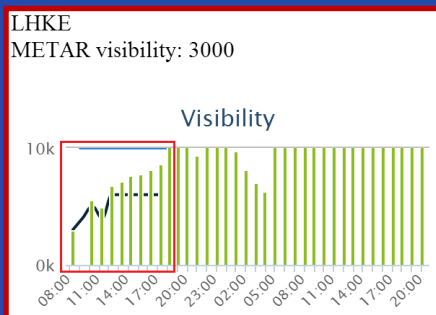


A LÉGIKÖZLEKEDÉS-BIZTONSÁGHOZ KAPCSOLÓDÓ INTERDISZCIPLINÁRIS  
TUDOMÁNYOS KUTATÁSI POTENCIÁL NÖVELÉSE ÉS INTEGRÁLÁSA A  
NEMZETKÖZI KUTATÁS-FEJLESZTÉSI HÁLÓZATBA A NEMZETI  
KÖZSZOLGÁLATI EGYETEMEN  
GINOP-2.3.2-15-2016-00007

Különböző modell megközelítések és  
UAS mérések a repülések korszerű meteorológiai támogatásához

dr. Bottyán Zsolt, dr. Wantuch Ferenc, Gyöngyösi András Zénó,  
Kardos Péter és Tuba Zoltán



Nemzeti Közzolgálati  
Egyetem



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

SZÉCHENYI 2020



Európai Unió  
Európai Regionális  
Fejlesztési Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

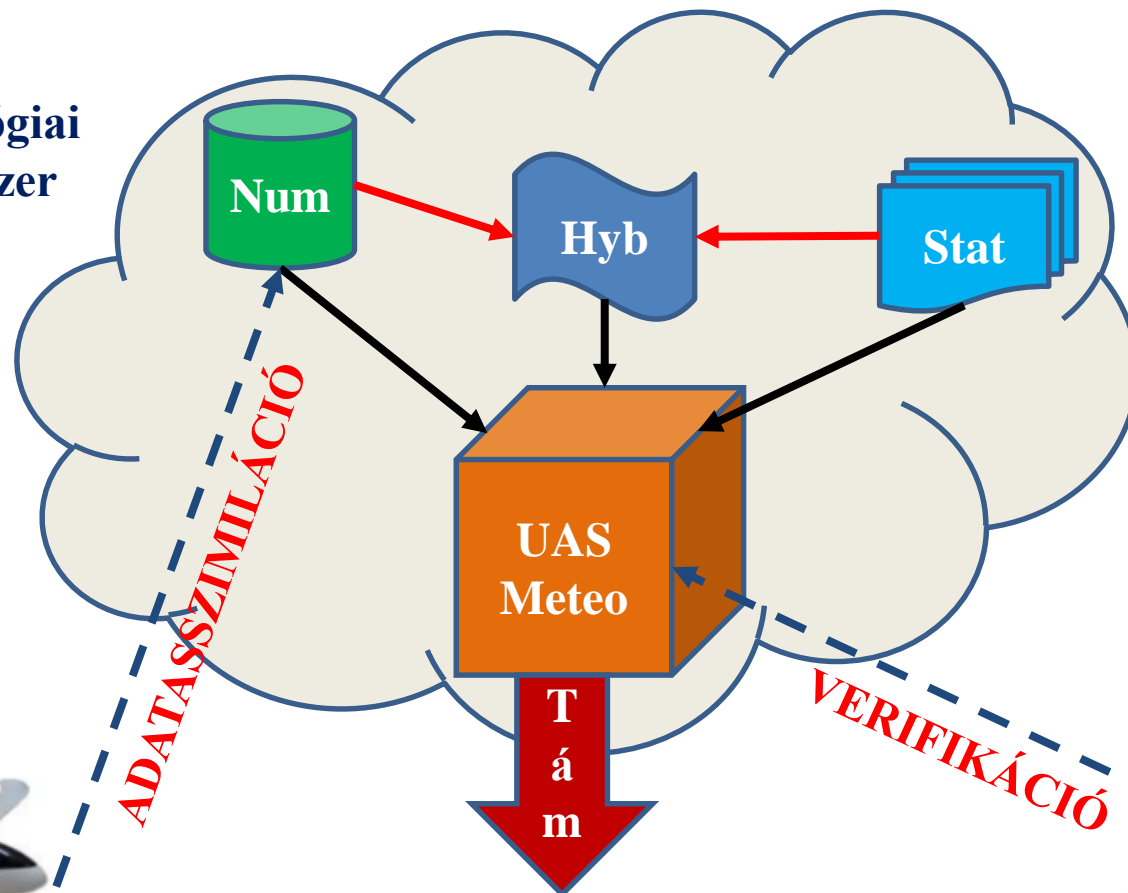
# FONTOSABB TÉMAKÖRÖK

- A korszerű repülésmeteorológiai támogatásról
- A látástávolság problémája
- Analógián alapuló látástávolság predikció
- Hibrid megközelítés lehetősége
- Verifikációs eredmények
- UAS eszközök alkalmazása a meteorológiában
- Repülésbiztonság és meteorológia (2 in 1)
- Összefoglalás



# A KORSZERŐ REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI TÁMOGATÁSRÓL

**Integrált repülésmeteorológiai támogató rendszer (IRTR)**



**Felhő alapú IT megoldás**

**Légköri adatgyűjtés**

**Időjárás-felderítés**

# A LÁTÁSTÁVOLSÁG PROBLÉMÁJA



(a)  $\beta = 0.0001$

(b)  $\beta = 0.0046$

(c)  $\beta = 0.0086$

(d)  $\beta = 0.0244$

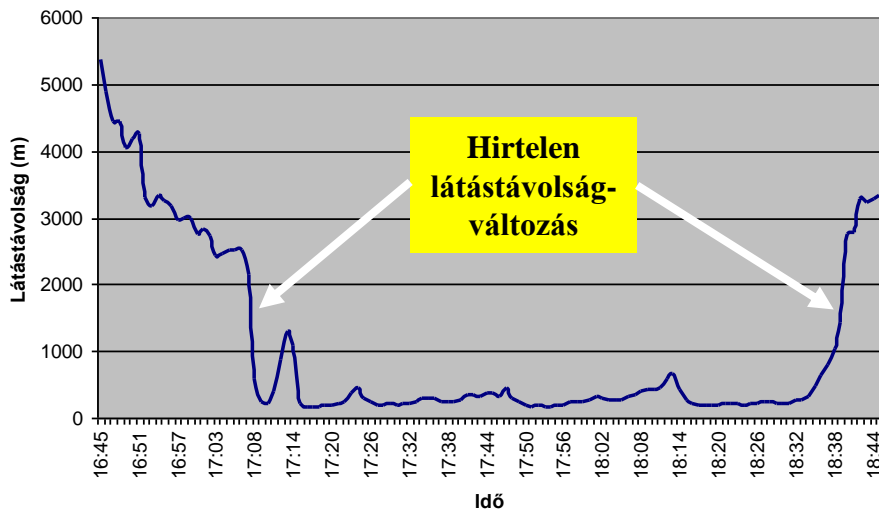
A látástávolság csökkenése az extinkciós koefficiens ( $\beta$ ) növekedése mellett. Forrás: Caraffa and Tarel. (2014)

Mit jelent a változása?

$$R_{vis} = \frac{3,912}{\beta}$$

Mennyire gyorsan változhat?

A látástávolság alakulása 2009.12.09-én LHSN



Miért fontos számunkra?

- Repülési feladathoz kritérium.
- Prognózisa komoly kihívás.
- Értéke gyorsan változhat, gyakran a felhőalap magasságával együtt!

# ANALÓGIÁN ALAPULÓ LÁTÁSTÁVOLSÁG PREDIKCIÓ METAR ADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL

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

Adatbázis

Hasonlók?  
Ha igen,  
mennyire?

METAR "A" 151200Z 08012KT 1500 RA BR BKN008  
OVC015 08/08 Q1012=  
METAR "B" 251200Z 10009KT 3000 SHRA BKN006  
OVC015 07/07 Q1008=

Hasonlósági  
metrika!

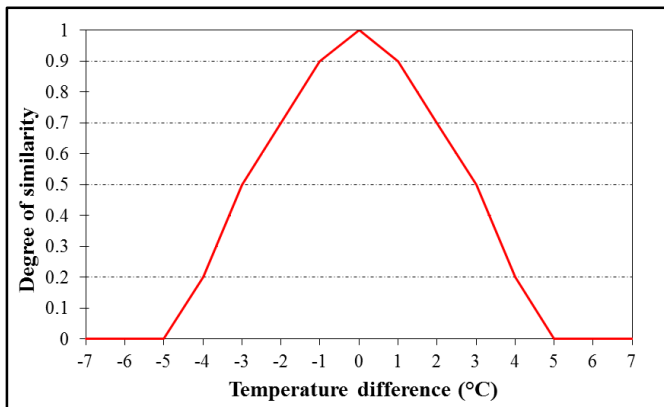
Kategória	Paraméter
Dátum	Hónap
	Nap
	Óra
Szél	Szélesség [KT]
	Szélirány [°]
	Szélökés [KT]
Látás	Látástávolság [m]
Felhőzet	Felhőalap magassága [m]
	Legalacsonyabb felhőzet magassága [m]
	Cb/TCu létezése
Hőmérséklet	Hőmérséklet (2m-en) [°C]
	Harmatpont [°C]
	Nyomás
Jelenidő	Csapadéktípus

Forrás: Hansen B.K. (2007) : A fuzzy logic-based analogue forecasting system for ceiling and visibility. *Weather Forecast* 22:1319–1330

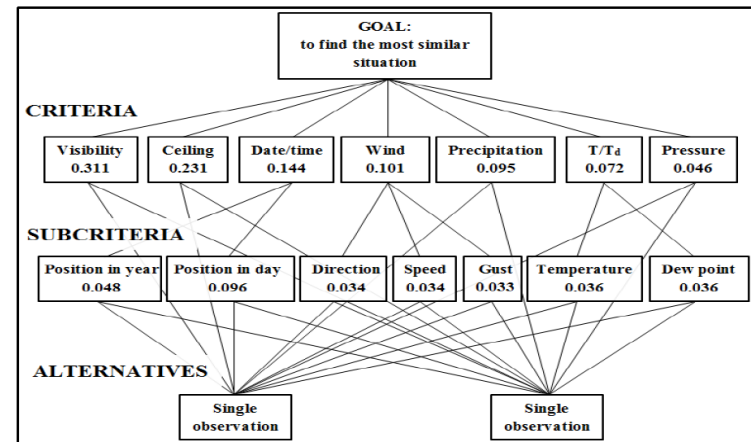
# ANALÓGIÁN ALAPULÓ LÁTÁSTÁVOLSÁG PREDIKCIÓ METAR ADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL

Paraméterek	METAR "A"	METAR "B"	Fuzzy hasonlóság
hónap, nap	Február 4	Február 15	0,7
óra	18:00 UTC	17:00 UTC	0,9
szélirány	300	260	0,25
szélesség	8	6	0,75
széllökés	NIL	NIL	1
látástávolság	4000	5000	0,8
időjárási jelenség	RA	DZ	0,5
legalacsonyabb felhőzet	NIL	NIL	0,75
felhőalap	1000	2000	
hőmérséklet	4	6	0,7
harmatpont	0	2	0,7
légnyomás (QNH)	1016	1023	0,9
NATO kód	GRN	WHT	0,5
$\mu_{\text{átlag}} = ((\mu_1 * c_1) + \dots + (\mu_n * c_n)) / n$ ahol $n=12$			0,7
$\mu_{\text{minimum}} = \min((\mu_1 * c_1) + \dots + (\mu_n * c_n))$ ahol $n=12$			0,25

Az AHP módszerrel kapott súlyok értékei



A hőmérséklet hasonlósági tagsággfüggvénye





# ANALÓGIÁN ALAPULÓ LÁTÁSTÁVOLSÁG PREDIKCIÓ METAR ADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL

Egy példa a látástávolság becslésére METAR analógia alkalmazásával...

t-6 hour METAR readings:

```
201111022115 METAR LHSN 022115Z  
201111022145 METAR LHSN 022145Z  
201111022215 METAR LHSN 022215Z  
201111022245 METAR LHSN 022245Z  
201111022315 METAR LHSN 022315Z  
201111022345 METAR LHSN 022345Z  
201111030015 METAR LHSN 030015Z  
201111030045 METAR LHSN 030045Z  
201111030115 METAR LHSN 030115Z  
201111030145 METAR LHSN 030145Z  
201111030215 METAR LHSN 030215Z  
201111030245 METAR LHSN 030245Z
```

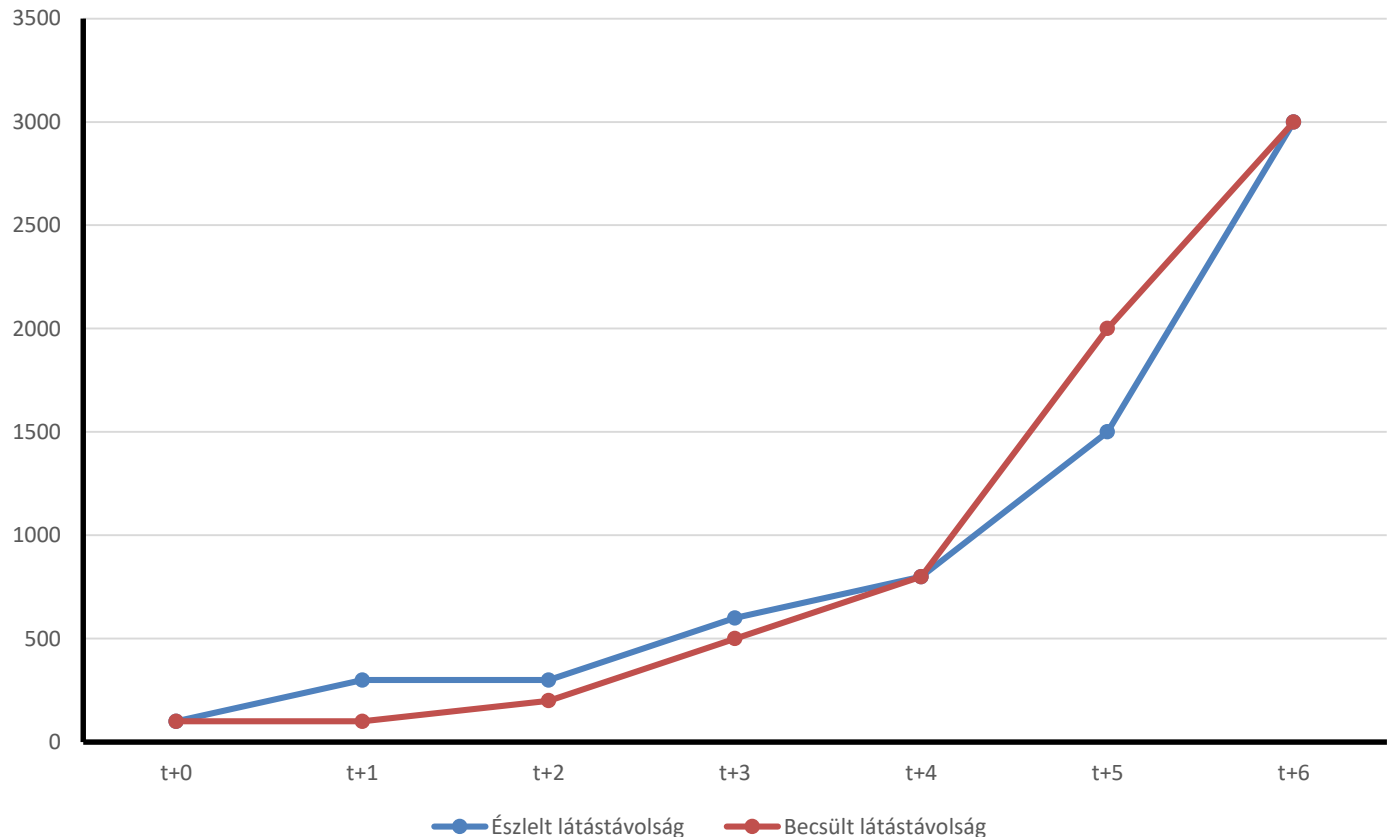
t+6 hour METAR readings:

```
201111030315 METAR LHSN 030315Z  
201111030345 METAR LHSN 030345Z  
201111030415 METAR LHSN 030415Z  
201111030445 METAR LHSN 030445Z  
201111030515 METAR LHSN 030515Z  
201111030545 METAR LHSN 030545Z  
201111030615 METAR LHSN 030615Z  
201111030645 METAR LHSN 030645Z  
201111030715 METAR LHSN 030715Z  
201111030745 METAR LHSN 030745Z  
201111030815 METAR LHSN 030815Z  
201111030845 METAR LHSN 030845Z
```

Prediction by analogy for visibility

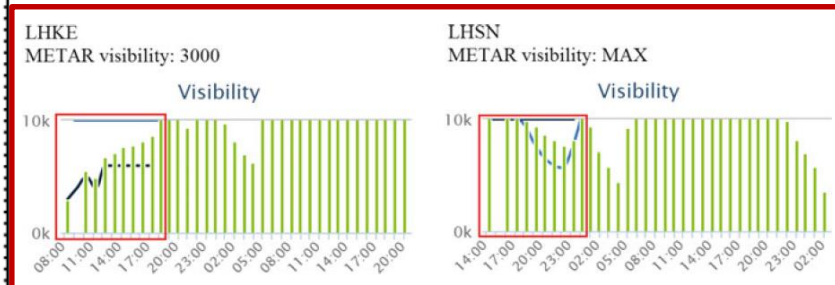
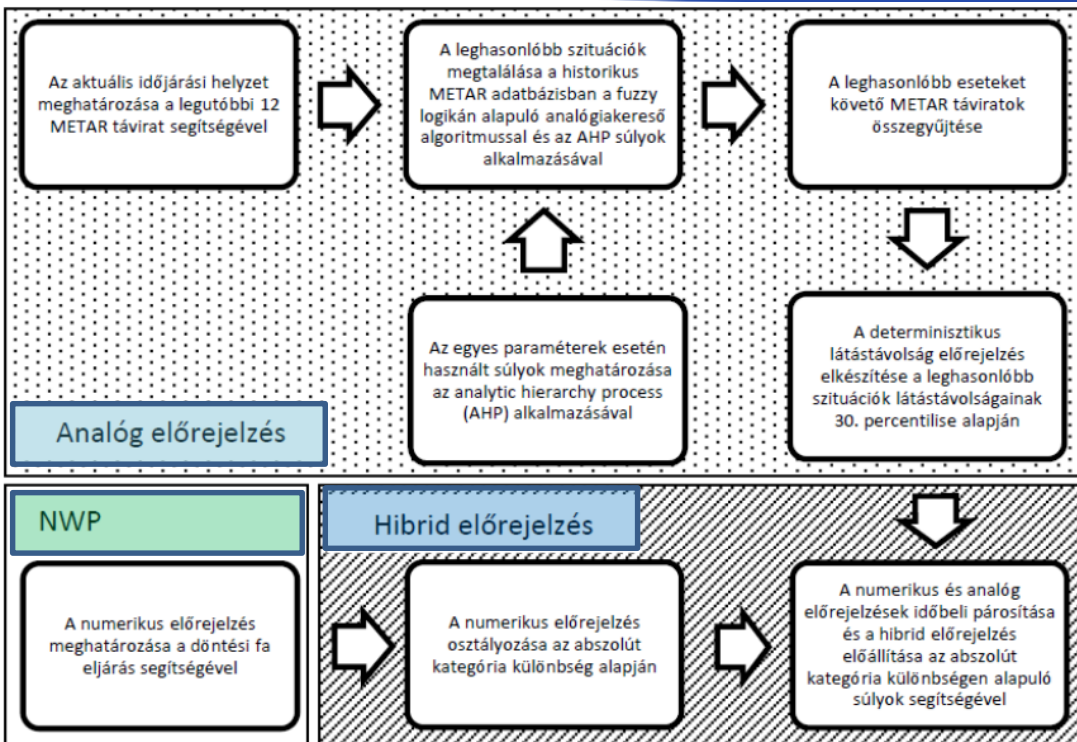
30PREDIKCIO	0	100	100	200
201111030245	1	100	300	300
200511100245	2	100	100	200
200711210315	3	100	100	100
200712090245	4	100	100	100
201012210415	5	100	100	100

Analóg módszerrel történő látástávolság becslés eredménye  
2011.11.03-án éjjel LHSN repülőtéren



# A HIBRID LÁTÁSTÁVOLSÁG PROGNÓZISRÓL

Forrás: Tuba Z. és Bottyán Zs.: Analóg és hibrid módszerek alkalmazása a horizontális látástávolság előrejelzésében. **REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK** Vol. 29:(2) pp. 211-224. (2017)



$$\text{Látástávolság}_{\text{HIBRID}} = a_j \text{Látástávolság}_{\text{ANALOG}} + b_j \text{Látástávolság}_{\text{NUMERIKUS}}$$

Ahol  $a_j + b_j = 1$ ;  $a_j, b_j \in [0; 1]$  az egyes típusokhoz tartozó súlyok és  $j$  az előrejelzés időlépcsőinek a száma

		t+0100	t+0200	t+0300	t+0400	t+0500	t+0600	t+0700	t+0800	t+0900
Abszolút kategória különbség	4	1,00	1,00	1,00	0,90	0,80	0,65	0,50	0,35	0,20
	3	1,00	1,00	0,90	0,80	0,70	0,55	0,45	0,30	0,20
	2	1,00	0,90	0,85	0,75	0,65	0,50	0,40	0,25	0,15
	1	0,90	0,85	0,80	0,70	0,60	0,45	0,35	0,20	0,10
	0	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10

A hibrid előrejelzés összeállításánál alkalmazott  $a_j$  súlyok az abszolút kategória különbségnek és az előrejelzés idejének függvényében

- Abszolút kategória különbségek:**
- 0-1000 m : 0
  - 1000-1500m : 1
  - 1500-3000m : 2
  - 3000-5000m : 3
  - 5000m felett : 4

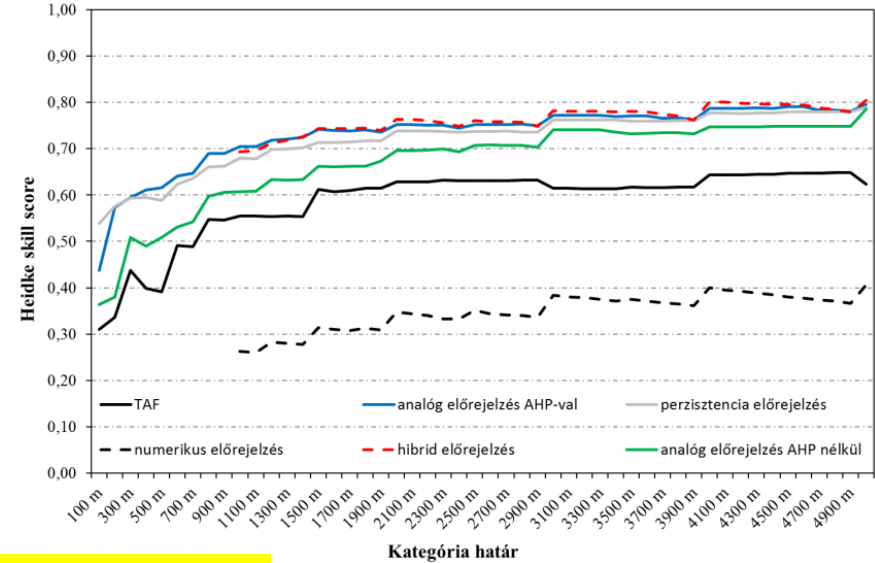
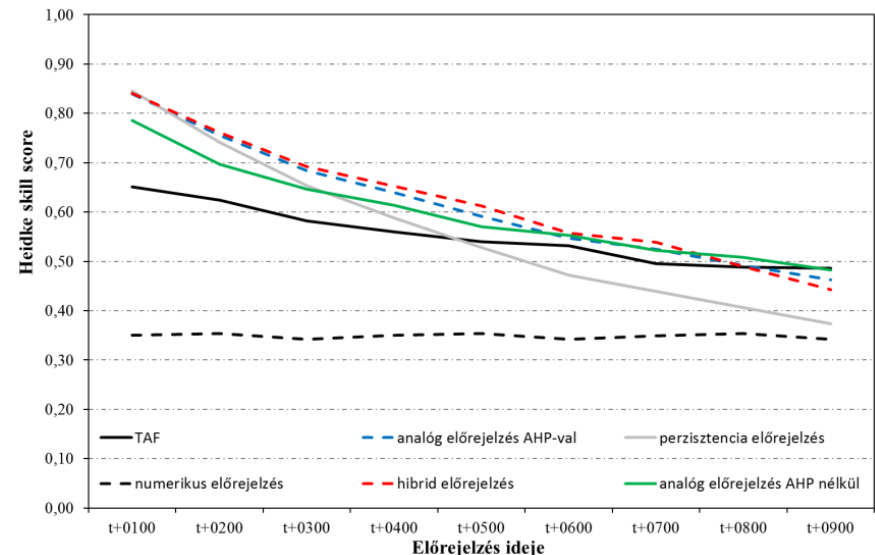
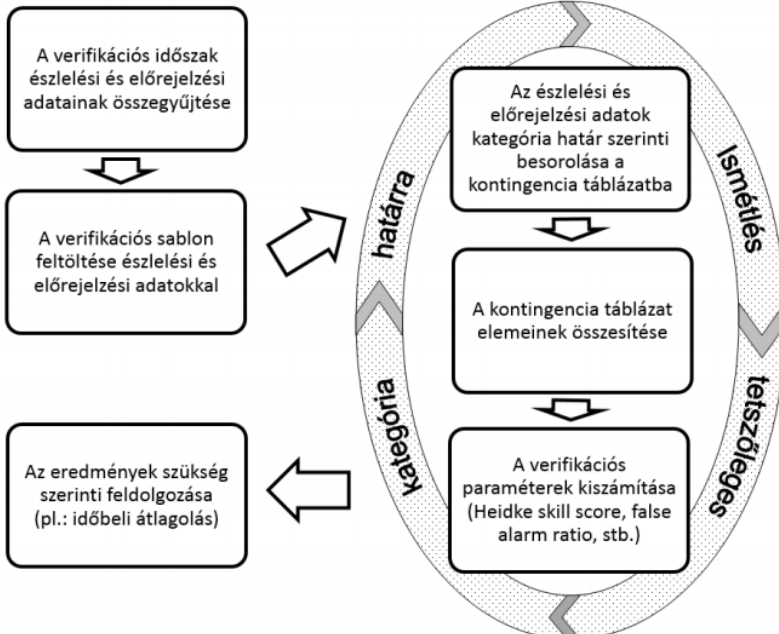


# VERIFIKÁCIÓS EREDMÉNYEK

		Észlelt esemény	
		IGEN	NEM
Előrejelzett esemény	IGEN	<i>a</i> (találat)	<i>b</i> (téves riasztás)
	NEM	<i>c</i> (mulasztás)	<i>d</i> (korrekt elutasítás)

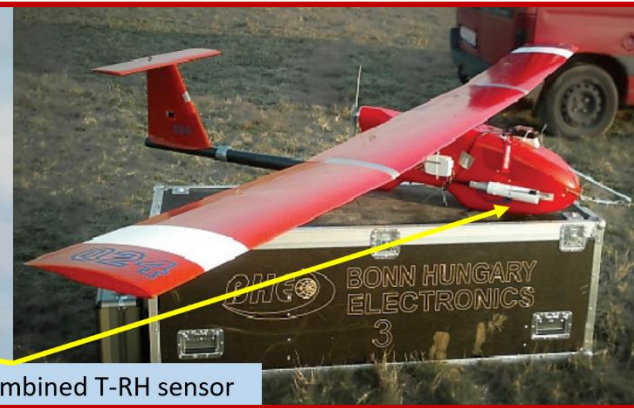
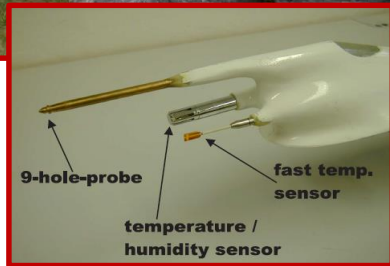
$\alpha$ , BIAS, POD, POFD, FAR, HIT, CSI, TSS, HSS, stb.

$$HSS = \frac{2 \cdot (a \cdot b - b \cdot c)}{(a+c) \cdot (c+d) + (a+b) \cdot (b+d)}$$



Forrás: Tuba, Z. & Bottyán, Z. *Meteorol Atmos Phys* (2017).  
<https://doi.org/10.1007/s00703-017-0513-1>

# UAS ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSA A METEOROLÓGIÁBAN



Vaisala HMP50 combined T-RH sensor

Forrás: Bottyán Z. et., al.: Measuring and Modeling of Hazardous Weather Phenomena to Aviation Using the Hungarian Unmanned Meteorological Aircraft System (HUMAS). *Időjárás / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* 119:(3) pp. 307-335. 2015.

Forrás: Cook, D. E. et., al.: A small unmanned aerial system (UAS) for coastal atmospheric research: preliminary results from New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, Vol. 43, No. 2, pp. 108-115, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/03036758.2012.695280>

Forrás: Spiess, T. et., al.: First application of the meteorological Mini-UAV 'M2AV'. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 16, No. 2, 159-169 (April 2007)

## Fontosabb UAS alkalmazási lehetőségek:

- Általános PHR mérési feladatok.
- Valós idejű adatasszimiláció PHR-ből => Mezo- és mikro-skálájú folyamatok pontosabb előrejelzése.
- Légi időjárás felderítő repülések végrehajtása => Közel valós idejű modell-verifikáció.
- Légköri akusztikus tomográfia.
- GNSS alkalmazások => Talajnedvességi karakterisztikák mérése => Numerikus modell statikus adatbázis update.
- SAR mérések végrehajtása => Talaj érdesség karakterisztika mérése és zivatarfelhő struktúrájának megfigyelése.

# UAS ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSA A METEOROLÓGIÁBAN

## Repülésbiztonság és meteorológia egyszerre?

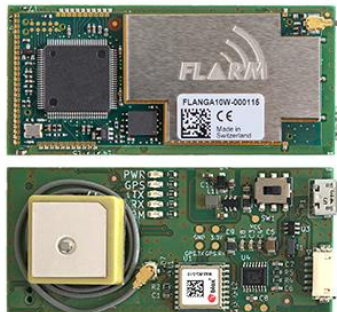
Kisgépes és UAS repülések biztonsága érdekében jeladók felszerelése: FLARM és/vagy OGN.

Mit tudnak ezek a rendszerek?  
3D pozíció, repülési telemetria adatok, forgalom figyelése, TCAS.

Magyarországon jelentős lefedettséggel rendelkeznek!

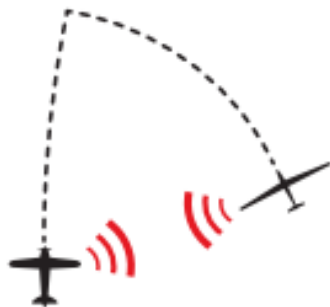
Már van saját fejlesztésű OGN tracker UAS eszközre (nyitott technológia)!!

**OGN**  
glidernet.org



POWERFLARM UAV DEV KIT

Manufacturer: FLARM Technology  
Availability: Available  
Product page: [link](http://www.flarm.com)  
For light drones: yes  
For heavy drones: yes  
For hang gliders and paragliders:  
For gliders: yes  
For rotorcraft: yes  
For GA: yes  
Technology: PowerFLARM  
Display: Separate  
Mobility: Portable

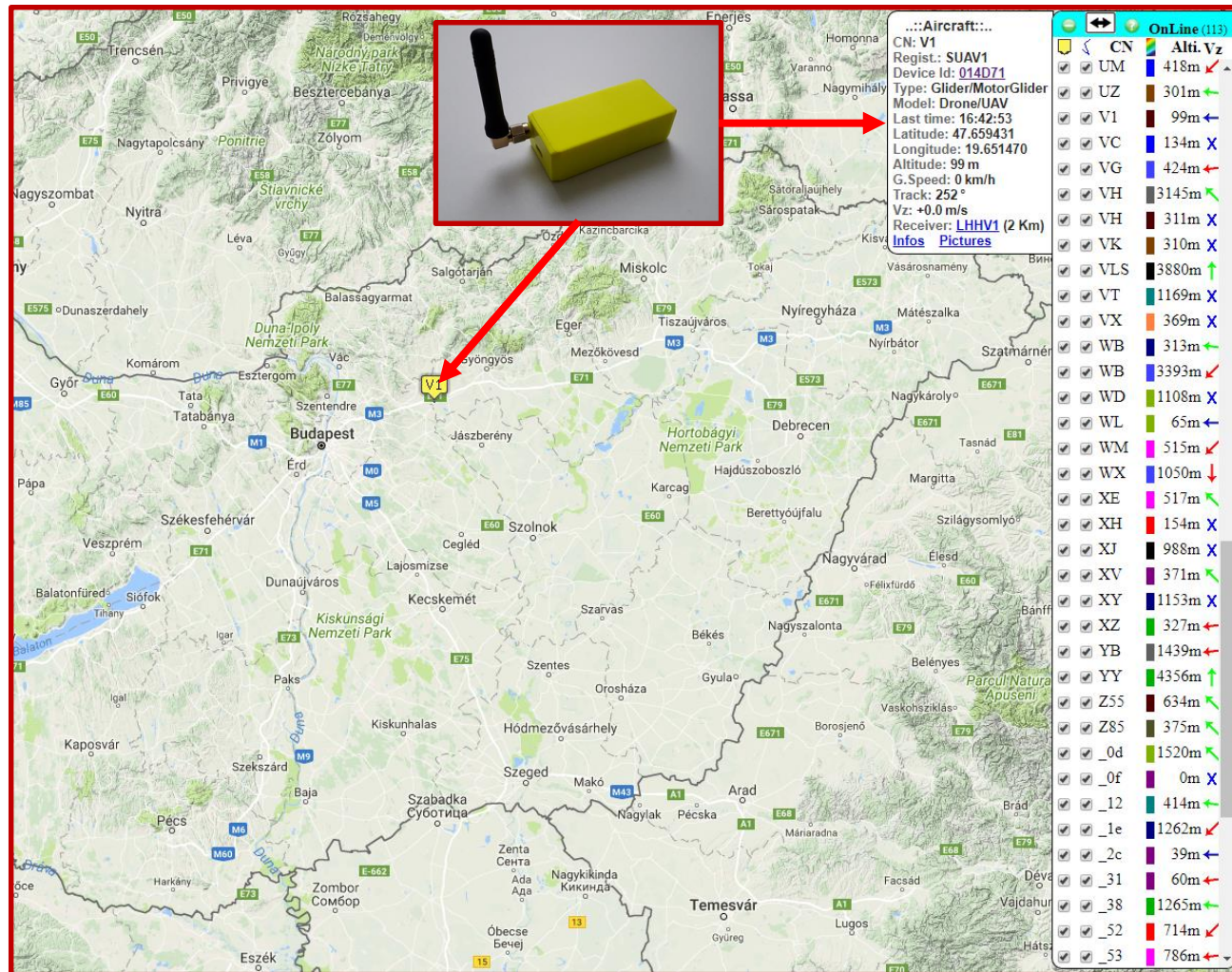


Open Glider Network vevőantennák

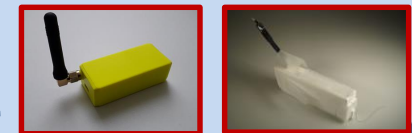


# UAS ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSA A METEOROLÓGIÁBAN

OGN tracker-t minden UAS eszközre!



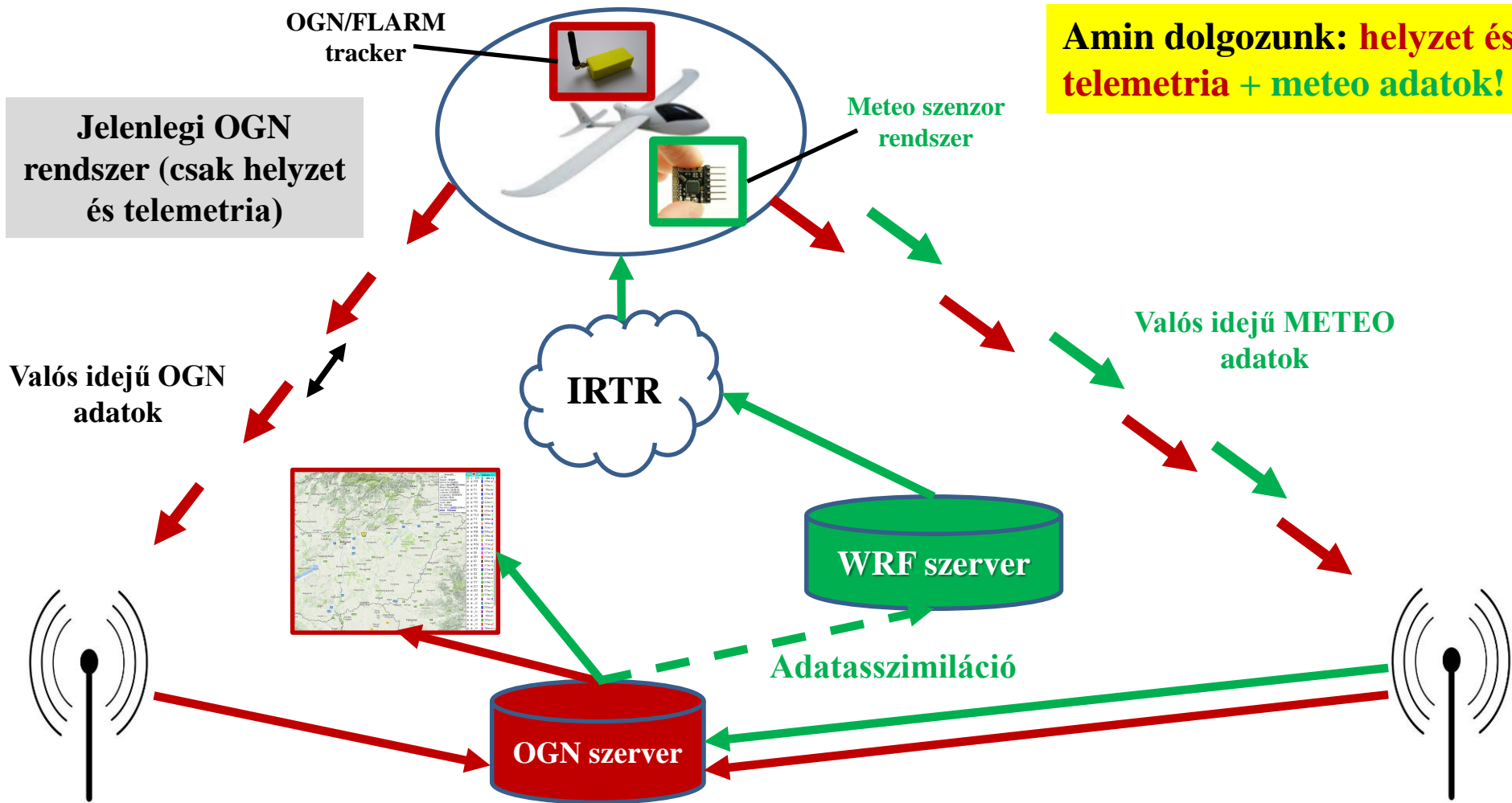
2017. November 27. Szolnok.  
OGN tracker teszt  
rádiószondázással egyben!



# UAS ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSA A METEOROLÓGIÁBAN

**Meteo szenzorokat és OGN tracker-t minden UAS eszközre!**

**Amin dolgozunk: helyzet és telemetria + meteo adatok!**



# KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



**SZÉCHENYI** 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Regionális  
Fejlesztési Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**