Statisztikus klimatológia

Országos Meteorológiai Szolgálat
Előrejelzési és Éghajlati Főosztály
Éghajlati Osztály

2022 nyári gyakorlat

ORSZÁGOS
METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT

Éghajlati osztály főbb témakörei

- Magyarország éghajlatának vizsgálata
  - Hosszú adatsorok elemzése
  - Megfigyelt éghajlatváltozás
  - Extrém klímaindexek változása
- Éghajlati szélsőségek vizsgálata
- Kockázat-elemzés
- Részvétel nemzetközi projektekben
- Alkalmazott klimatológiai vizsgálatok
  - Aszályindexek vizsgálata
  - Agrometeorológia
  - ATLASZ

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

AZ ÉGHAJLAT MATEMATIKAI STATISZTIKAI MODELLJE

Meteorológiai esemény: $\underline{X} \in \mathrm{B} \quad \left(\mathrm{B} \subset \mathrm{R}^{n}\right)$,

ahol $\underline{X}$ meteorológiai (vektor)változó.

Éghajlat ismerete: a $\mathrm{P}\left(\underline{X} \in \mathrm{B}\right)$ valószínűségek ismerete

Éghajlat változása, módosulása:

a valószínűségek, valószínűségi eloszlások – feltételezhetően – lassú időbeli változása.

Az éghajlat vizsgálatának célja:

valószínűségek, statisztikai paraméterek becslése, modellezése

A vizsgálat tárgya, eszköze: adatok, matematikai statisztika

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

Cél, tárgy és eszköz együtt: statisztikus klimatológia

ADATSZERVEZÉS

Mi a probléma az adatokkal?

A minőség szempontjából: adathiányok, mérési hibák, inhomogenitások (a mérőhálózat változásából következően)

A térbeli reprezentativitás szempontjából:
pontonkénti mérések, továbbá ezek és rácspontokra adott háttérinformációk (pl. radar, műhold, előrejelzési adatok) együttes kezelése.

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

STATISZTIKUS KLIMATOLÓGIA

MATEMATIKAI SZOFTVEREINK

http://www.met.hu/en/omsz/rendezvenyek/homogenization_and_interpolation/software/

MASHv3.03

(Multiple Analysis of Series for Homogenization; *Szentimrey, T.*)

Állomás adatsorok homogenizálása, ellenőrzése és pótlása

MISHv1.03

(Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis; *Szentimrey, T. and Bihari, Z.*)

Éghajlati statisztikai paraméterek modellezése, meteorológiai adatok interpolációja és pótlása

A homogenizálás problematikája

Inhomogén adatsor: a mérési körülmények változásából következően, megváltozik az adatsor elemeinek valószínűségi eloszlása.
Éghajlatváltozás: időben változik az adatsor elemeinek valószínűségi eloszlása.
Homogenizálás: úgy korrigálni az elemek valószínűségi eloszlásának inhomogenitását, hogy ne rontsuk el az éghajlatváltozást.
Mi lett volna, ha azonos körülmények között mértünk volna?

WMO GUIDE (**Guidelines on Homogenization)**
https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21756

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

A homogenizálás matematikai formalizálása

Tfh napi vagy havi adatsoraink vannak

$Y_1(t)\ \left(t=1,2,..,n\right)$: az új megfigyelési rendszer sora

$Y_2(t)\ \left(t=1,2,..,n\right)$: a régi megfigyelési rendszer sora

$1 \le T < n$: töréspont

T előtt: csak az $Y_2(t)\ \left(t=1,2,..,T\right)$ használható

T után: csak az $Y_1(t)\ \left(t=T+1,..,n\right)$ használható

Valószínűségi eloszlásfüggvények:

$$F_{1,t}(y)=\mathrm{P}\left(Y_1(t)<y\right)\ ,\quad F_{2,t}(y)=\mathrm{P}\left(Y_2(t)<y\right)\ ,\qquad t=1,2,..,n$$

$F_{1,t}(y)$, $F_{2,t}(y)$ változnak az időben, éghajlatváltozás!

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

A homogenizálás elméleti formulája

Inhomogenitás: $F_{2,t}(y) \neq F_{1,t}(y) \quad (t = 1,2,..,T)$

$Y_2(t)$ homogenizálása $(t = 1,2,..,T)$:

$$Y_{1,2h}(t) = F_{1,t}^{-1}\left(F_{2,t}\left(Y_2(t)\right)\right) \text{, ekkor } \quad \mathrm{P}\left(Y_{1,2h}(t) < y\right) = F_{1,t}(y)$$

Problémák

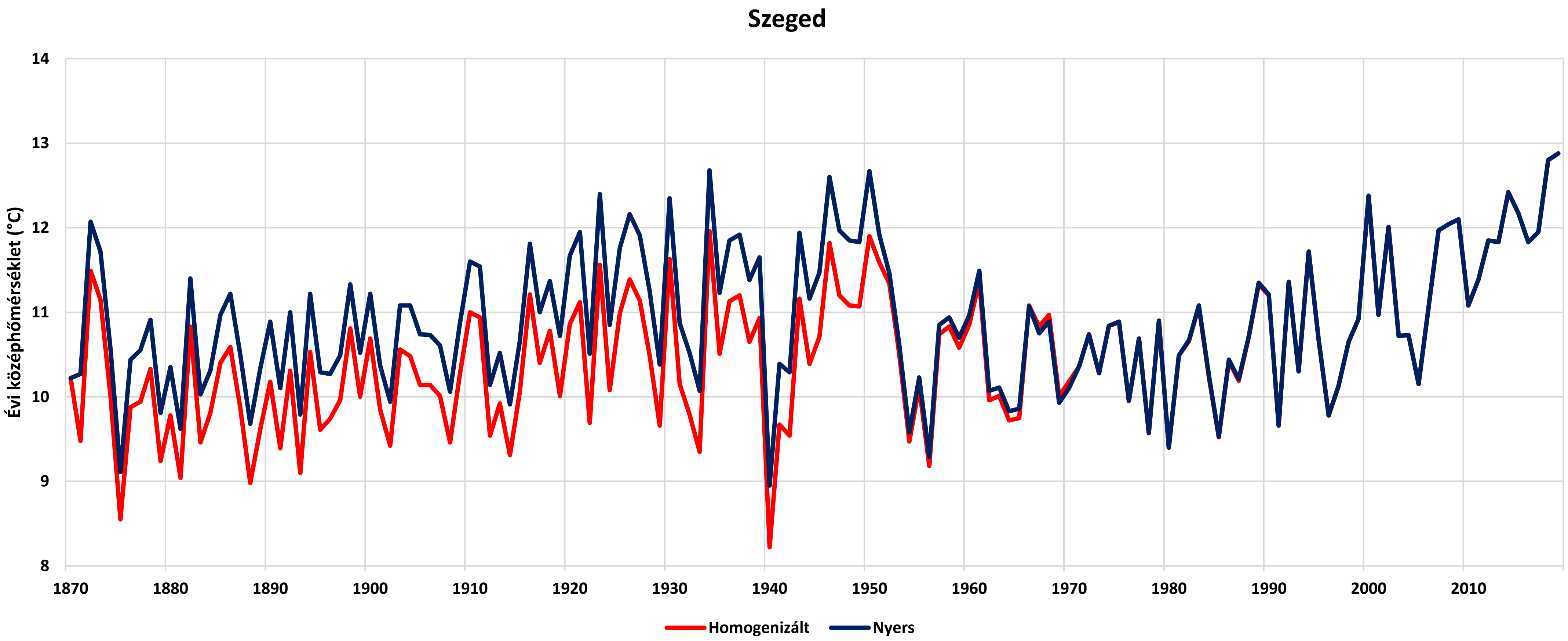
Töréspontok (T) detektálása?

$F_{1,t}(y)$, $F_{2,t}(y)$ $(t = 1,2,..,T)$ eofv-ek becslése?

i, $F_{1,t}(y)$, $F_{2,t}(y)$ változnak az időben, éghajlatváltozás!

ii, Nincs minta az $F_{1,t}(y)$ $(t = 1,2,..,T)$ eofv-ekre

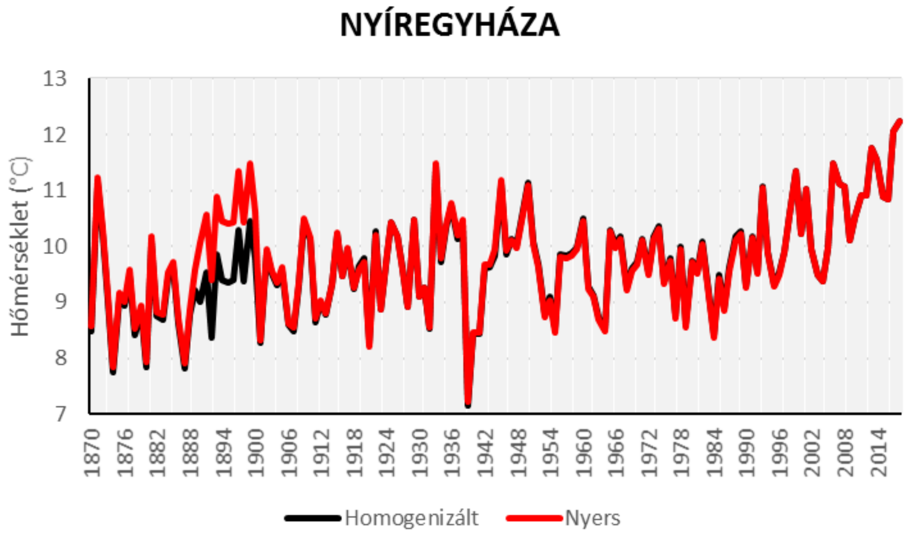
Szeged: külterületre költöztetés



ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

1951 repülőtérre telepítés a belvárosból. Ugyanekkor napi 3 mérés helyett napi 8 mérés.

Mérési időpontok megváltozása

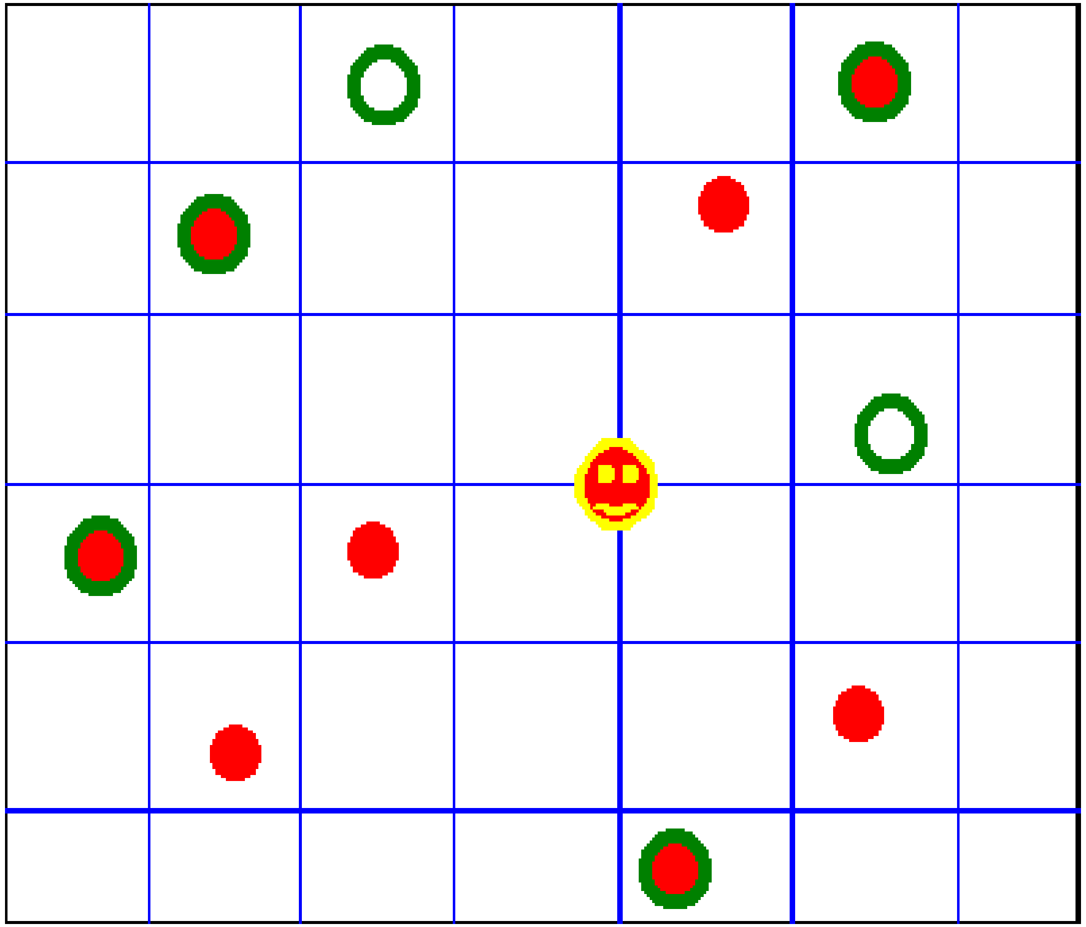


Nyers és **homogenizált** adatsorból számolt évi középhőmérséklet értékek, **Nyíregyháza állomáson**. A grafikonon jól látszik, hogy 1890-1901-ig a homogenizált sor jóval a nyers adatsor alatt halad, melyet az okoz, hogy az észlelések más időpontban voltak. Reggel 1 órával később, az esti mérés 1 órával előbb.

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

Nyíregyházán a mérési időpontokban történt váltás okoz a detektált éghajlatváltozással azonos nagyságrendű inhomogenitást.

Földfelszíni értékekre vonatkozó információk



- : Megszűnt régi állomás, hosszú adatsorral (Térbeli és időbeli minta!)
- : Új automata állomás, rövid adatsorral (prediktor)
- : Megszűnt régi állomás és új automata állomás (prediktor) (Térbeli és időbeli minta!)
- : Tetszőleges hely, adat nélkül (prediktandus)
- + : Rácspontok háttérinformációval, pl. előrejelzés, műhold, radar

A lineáris regressziós formula

A $Z(\boldsymbol{s}_0, t)$ prediktandusnak a $\boldsymbol{Z}(t)$ prediktorokra vonatkozó lineáris regressziója az alábbi formában írható fel:

$$\hat{Z}_{LR}(\mathbf{s}_0, t) = \mathrm{E}(Z(\mathbf{s}_0, t)) + \mathbf{c}^{\mathrm{T}} \mathbf{C}^{-1} (\mathbf{Z}(t) - \mathrm{E}(\mathbf{Z}(t)))$$

A különböző lineáris interpolációs formulák mindegyike visszavezethető a többváltozós lineáris regresszióra.

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

A térbeli interpoláció matematikai statisztikai modellje (lineáris), alapfogalmak

Meteorológiai változók

$Z(\mathbf{s}_0, t)$: prediktandus

$Z(\mathbf{s}_i, t)\ \ (i = 1, \ldots, M)$: prediktorok

$\mathbf{Z}^{\mathrm{T}}(t) = [Z(\mathbf{s}_1, t), \ldots\ldots, Z(\mathbf{s}_M, t)]$: prediktorok vektorformában

Az $\mathbf{s}$ helyvektor az adott D térség eleme, *t* az idő.

$$\hat{Z}(\mathbf{s}_0, t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{M} \alpha_i \cdot Z(\mathbf{s}_i, t)$$

Ahol $\alpha_0,\ \alpha_i\ (i = 1, \ldots, M)$ interpolációs paraméterek.

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

Az interpolációs hiba jellemzése

$$MSE(\mathbf{s}_0) = \mathrm{E}\left(\left(Z(\mathbf{s}_0, t) - \hat{Z}(\mathbf{s}_0, t)\right)^2\right)$$

$$RMSE(\mathbf{s}_0) = \sqrt{MSE(\mathbf{s}_0)}$$

$$REP(\mathbf{s}_0) = 1 - \frac{RMSE(\mathbf{s}_0)}{D(\mathbf{s}_0)}$$

Azok a matematikailag optimális interpolációs paraméterek, amelyekre az interpolációs hiba minimális.

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

Determinisztikus vagy lokális paraméterek:

$$\mathrm{E}(Z(\mathbf{s}_i, t)) \; (i = 0, \ldots, M)$$: várható értékek

$$\mathrm{E}(\mathbf{Z}(t))^{\mathrm{T}} = [\mathrm{E}(Z(\mathbf{s}_1, t)), \ldots, \mathrm{E}(Z(\mathbf{s}_M, t))]$$: a prediktorok várható értékeinek vektora

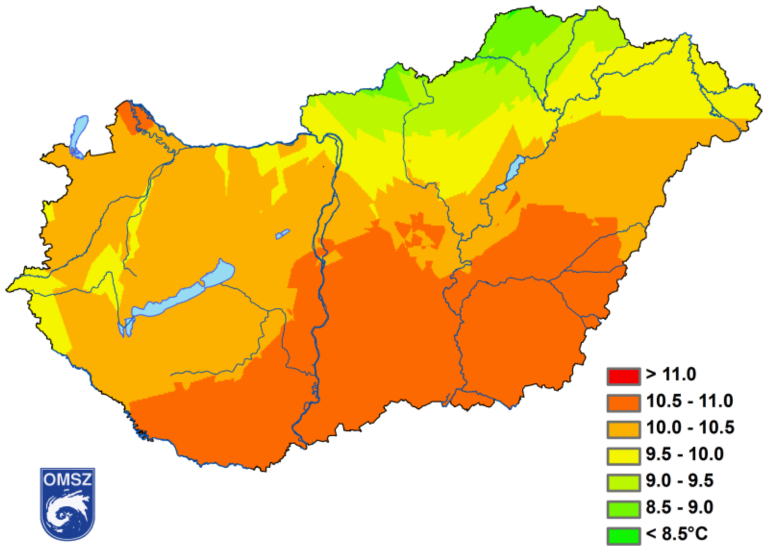
Sztochasztikus paraméterek:

$$\mathbf{c} = [c_{01}, \ldots, c_{0M}]^{\mathrm{T}}$$: prediktandus-prediktor kovariancia vektor,

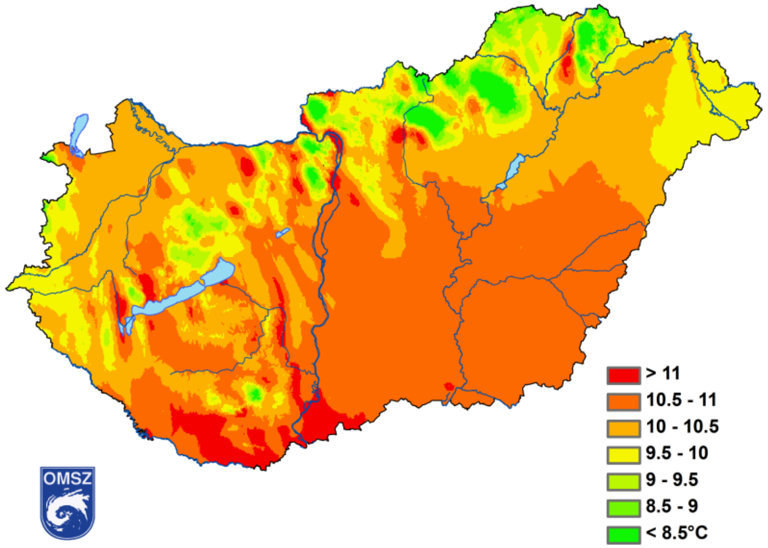
$$\mathbf{C} = [\, c_{ij} \,]_{i,j=1}^{M}$$: prediktor-prediktor kovariancia mátrix,

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

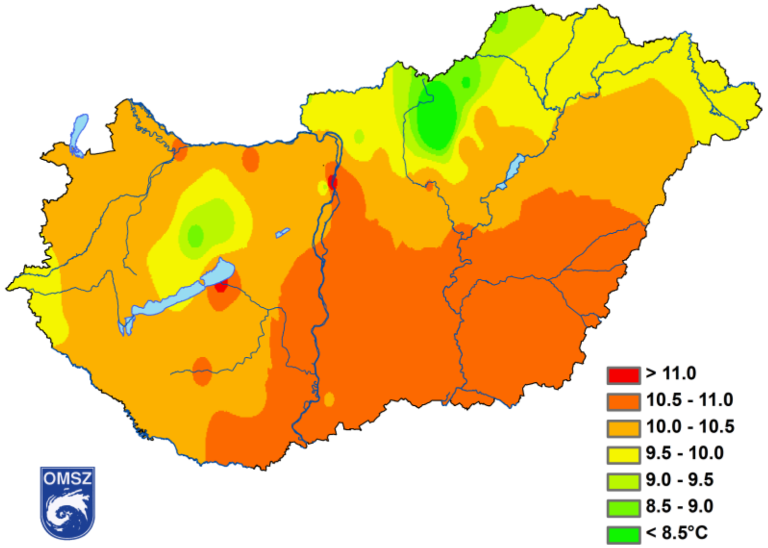
Közönséges Kriging



MISH



Inverz távolság



Módszer: **Cross validation**: training (tanító) és test adatbázis

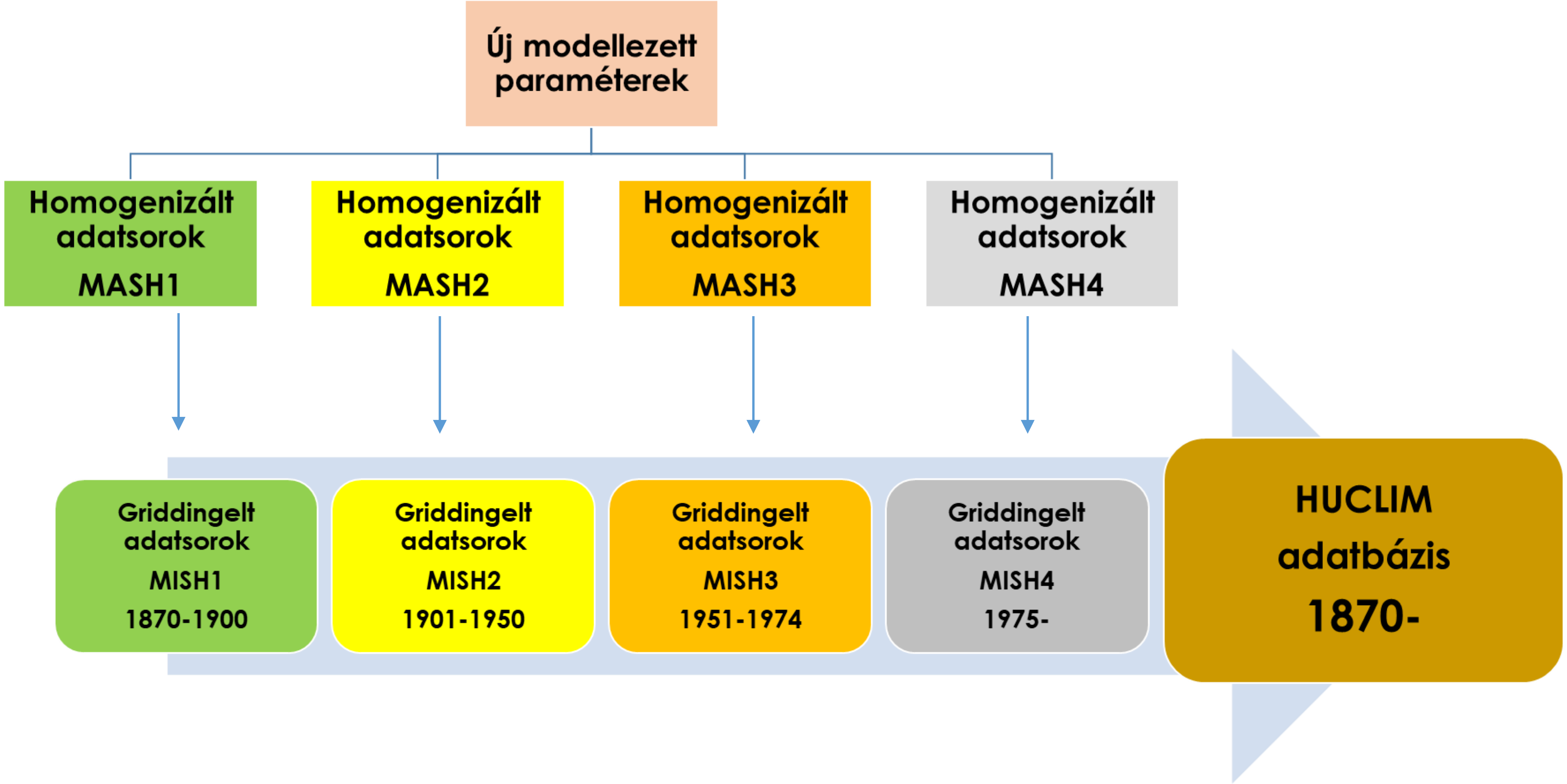
Interpoláció hibája (**RMSE**)

Hőmérséklet (1981-2010)	IDW	Ordinary Kriging	Mish
Év	0.65	0.69	0.22
Tavasz	0.83	0.74	0.18
Nyár	0.85	0.79	0.26
Ősz	0.69	0.70	0.18
Január	0.45	0.43	0.20
Július	1.11	1.14	0.29

Csapadék (1981-2010)	IDW	Ordinary Kriging	Mish
Év	37.48	40.39	16.93
Tavasz	8.87	11.12	3.83
Nyár	12.01	13.68	4.84
Ősz	7.57	8.48	3.60
Január	2.93	3.17	1.46
Július	4.36	5.13	2.25

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

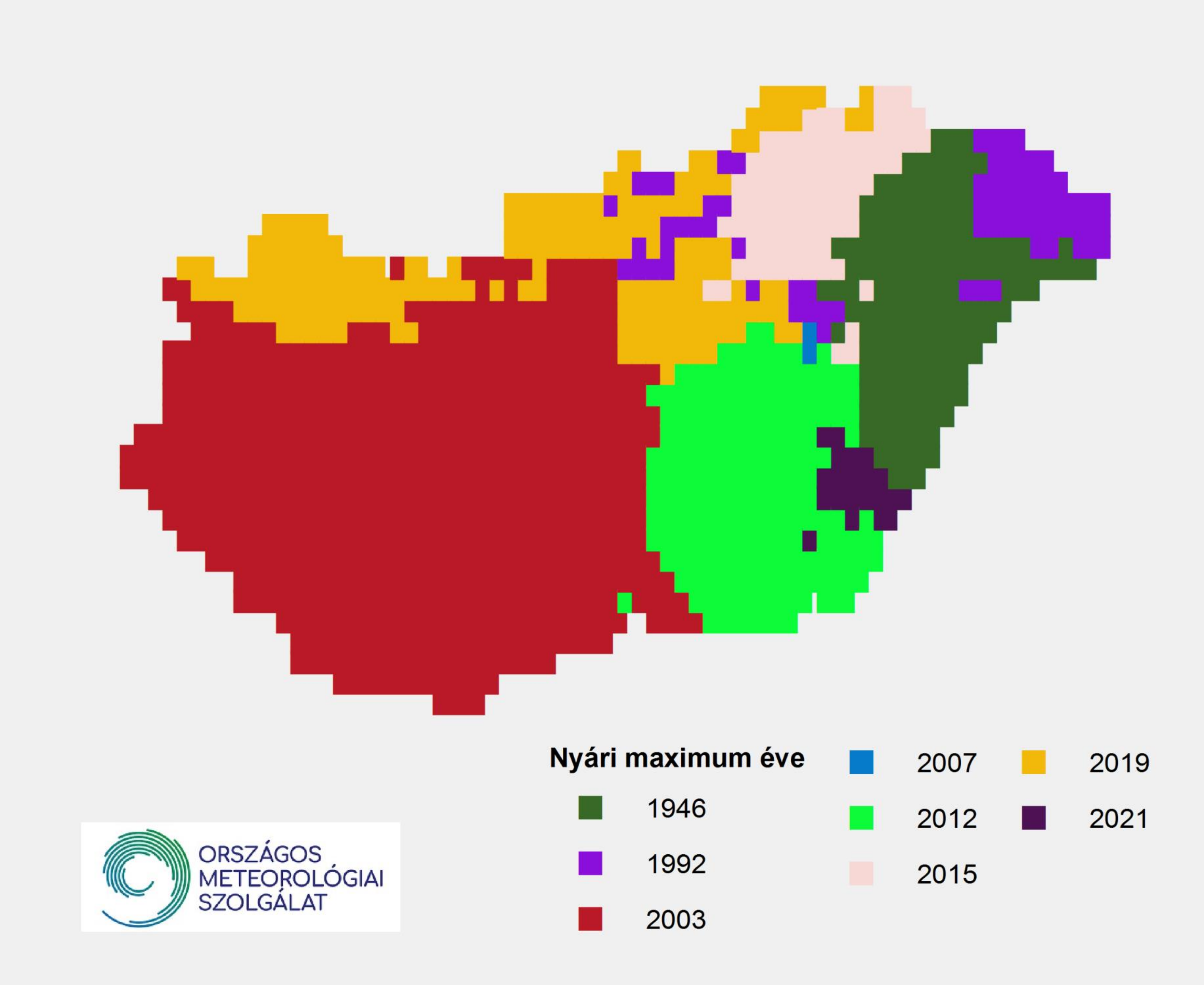
HUCLIM adatbázis előállításának folyamata
Napi középhőmérséklet esetén

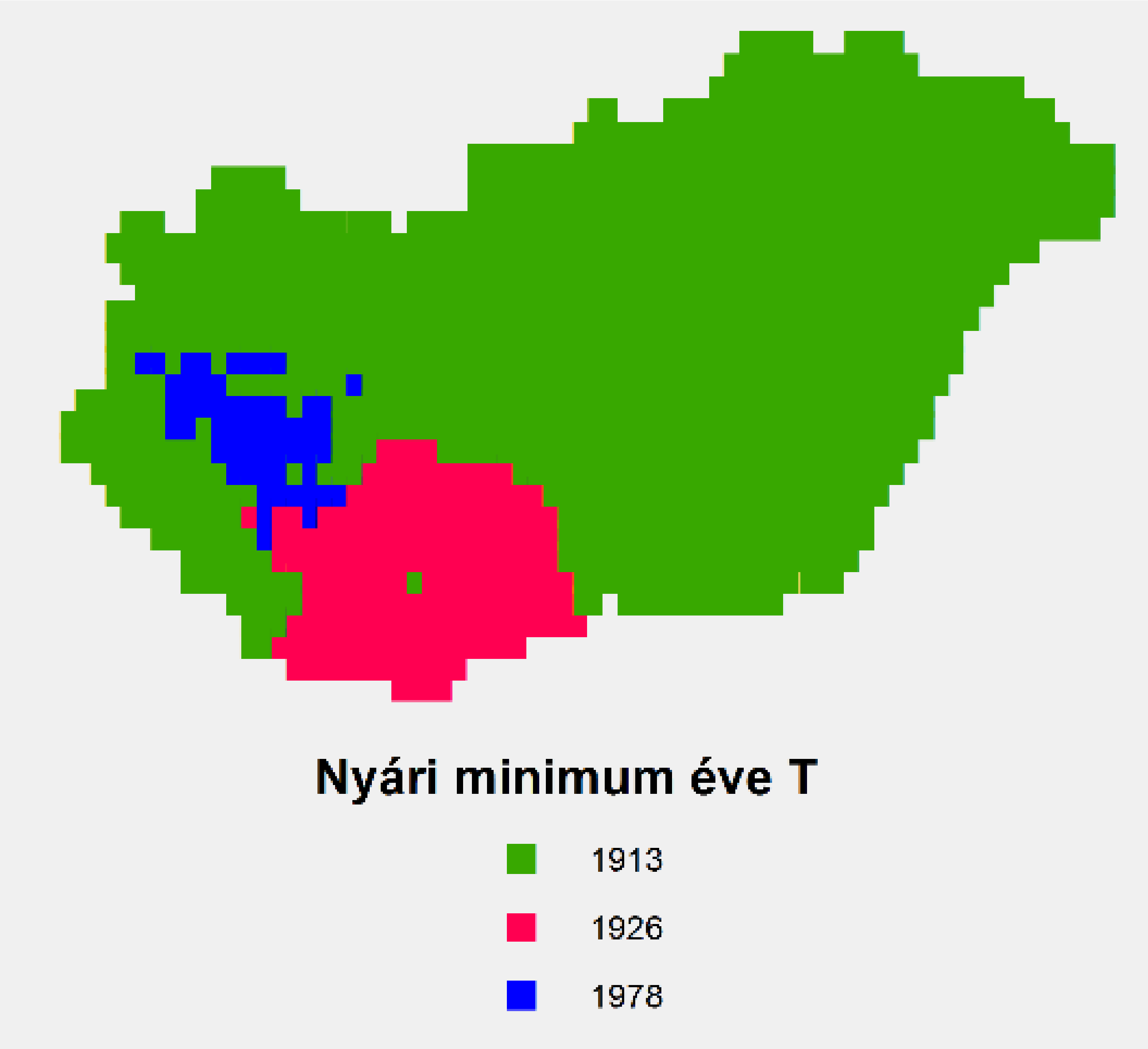


Izsák, B., Szentimrey, T., Lakatos, M.,, Pongrácz, R., Szentes, O.: Creation of a representative climatological database for Hungary from 1870 to 2020*, Időjárás 126, 1-26.*
doi:10.28974/idojaras.2022.1.1

Hideg [°C]		Meleg [°C]		Száraz [mm]		Csapadékos [mm]	
1913	17.69	**2003**	22.34	**1952**	101.94	**1999**	323.39
1978	17.94	**2019**	22.25	**1950**	107.54	**1940**	321.82
1940	18.18	**2012**	22.13	**2000**	109.64	**2005**	320.99
1926	18.21	**2015**	22.08	**1935**	113.17	**1926**	315.09
1984	18.31	**1992**	21.97	**1904**	114.70	**1913**	311.37
1965	18.38	**2017**	21.91	**2013**	116.86	**1878**	302.32
1884	18.39	**1946**	21.85	**1917**	118.74	**1896**	298.70
1919	18.41	**2007**	21.84	**1911**	121.84	**2010**	294.79
1980	18.52	**2018**	21.79	**1947**	122.48	**1920**	292.34
1918	18.57	**1950**	21.56	**1894**	122.90	**1882**	292.08

Az első 10 leghidegebb, legmelegebb, legszárazabb, legcsapadékosabb nyár, 1871-2020, országos átlag


Nyári maximum éve
1946
1992
2003
2007
2012
2015
2019
2021
ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT


Nyári minimum éve T
1913
1926
1978

Néhány tématerület az ÉO-n

1. 11. Homogenizálási konferencia (2023)
2. Danube Data Cube
3. Nemzeti Labor
4. KEHOP KLIMADAT
5. ATLASZ

HUNGARIAN NATIONAL LABORATORY

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

Köszönöm a figyelmet!

ORSZÁGOS
METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT

Budapest, 2022