

A statisztikus klimatológia szerepe és lehetőségei a változó éghajlat kutatásában

Szentimrey Tamás

Országos Meteorológiai Szolgálat

Vázlat

A statisztikus klimatológia lényege

- meteorológiai adatok, matematikai statisztika

A statisztikus klimatológia témakörei

- adatszerzés
- múlt és jelen éghajlatának kutatása
- a modellezéssel való viszony (jövő)

Adatszerzés

- témák kapcsolata
- homogenizálás, adatellenőrzés (MASH)
- térbeli interpoláció (MISH)

A STATISZTIKUS KLIMATOLÓGIA LÉNYEGE

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

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

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

Éghajlat változása, módosulása:

a valószínűségek – feltételezhetően – lassú változása.

A vizsgálat célja: valószínűségek, statisztikai paraméterek

A vizsgálat tárgya, eszköze: adatok, matematikai statisztika

Cél, tárgy és eszköz együtt: statisztikus klimatológia

Adatok

Az éghajlatra és változására vonatkozó alapvető információt a meteorológiai adatok hordozzák, lényegében ezek játsszák a statisztikai minta szerepét.

Feladat, matematikai módszerek

Változó éghajlat esetén a statisztikus klimatológia feladata bővebb és bonyolultabb is, mint állandó éghajlat esetén.

Bővebb: kiemelt feladat a változás detektálása és jellemzése.

Bonyolultabb: csak olyan matematikai statisztikai modellek, módszerek alkalmazhatók, melyek képesek figyelembe venni a valószínűségi eloszlás, azaz az éghajlat változását.

de: például a CRU (Climatic Research Unit) botrány!

MTI hír (2010. április 15.):

„A Nagy-Britanniában lebonyolított második vizsgálat is felmentette a Kelet-angliai Egyetem Klímakutató Központjának tudósait a tavaly novemberben kiobbant emailbotrány ügyében.

.....

A vizsgálóbizottság a legerősebb kritikát a statisztikák kezelésére vonatkozóan fogalmazta meg. Javaslatuk szerint a jövőben az intézet kutatóinak szorosabban együtt kellene működniük **képzett statisztikusokkal.**”

A STATISZTIKUS KLIMATOLÓGIA TÉMAKÖREI

Adatszerzés

Jó minőségű, reprezentatív meteorológiai adatok biztosítása, mégpedig térben és időben egyaránt.

(adatpótlás, ellenőrzés, homogenizálás, térbeli interpoláció)

MÚLT és JELEN éghajlatának kutatása

A fentiek alapján, a múlt és jelen éghajlatának térbeli és időbeli vizsgálata, azaz a valószínűségi eloszlás és változásának becslése, matematikai statisztikai elemzése.

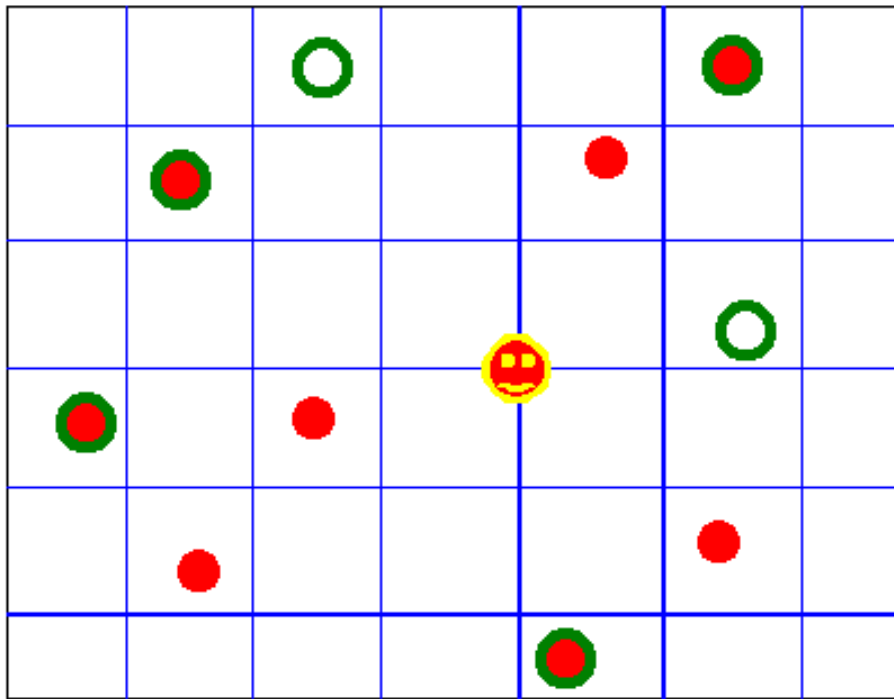
A JÖVŐ éghajlatának előrejelzése?




A numerikus modellezésnél a statisztikus klimatológiának szerepe kell, hogy legyen:

- a modellek felépítésében, parametrizálásában
- a modellek validálásában
- a projekciók (modell-szimulációk) matematikai statisztikai elemzésében.

METEOROLÓGIAI ADATOK, ADATSZERVEZÉS

A földfelszíni megfigyelési rendszer folytonosan változik.



-  : 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

Problémák az adatokkal:

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

A térbeli reprezentativitás szempontjából:

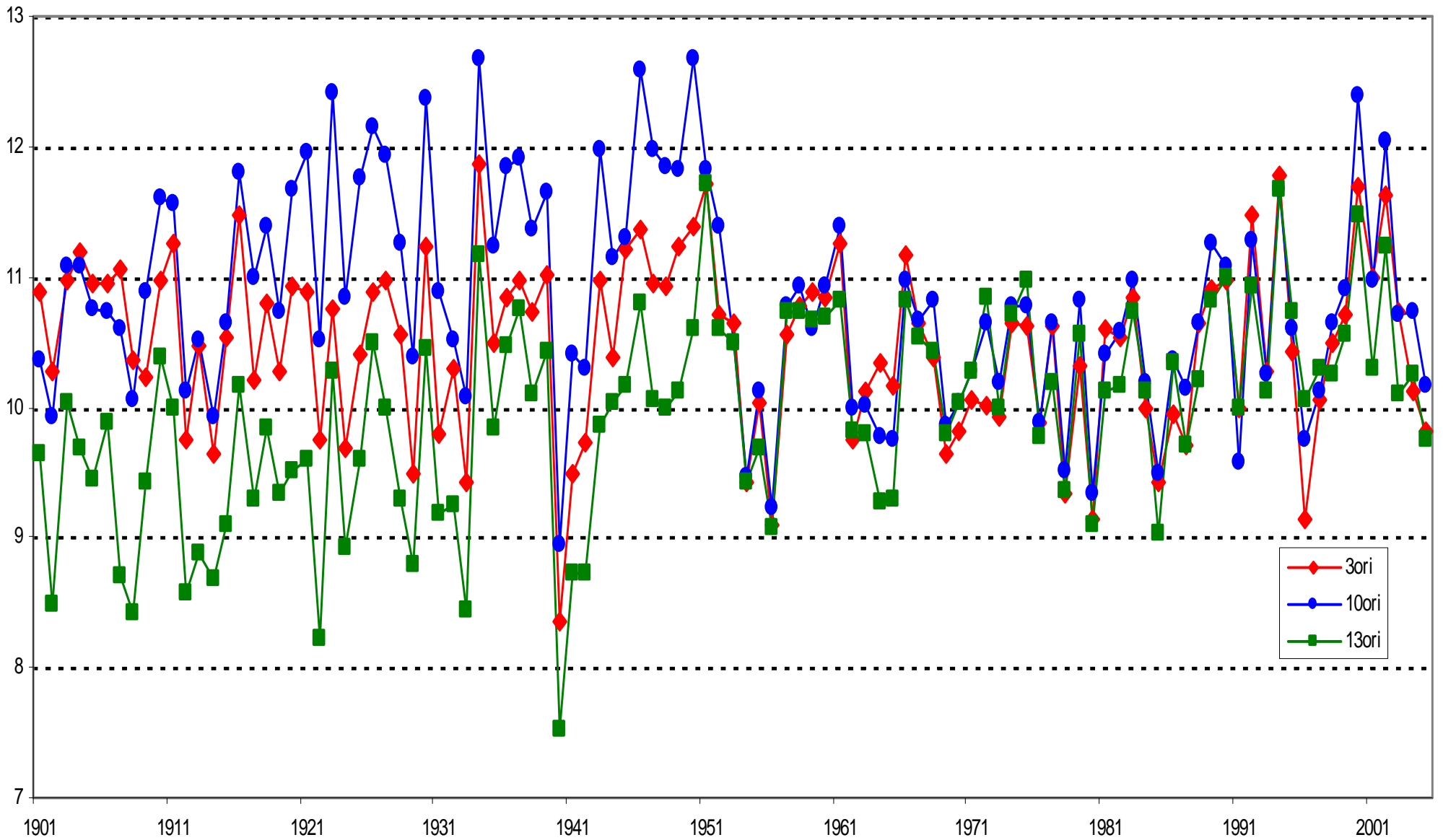
pontonkénti mérések, információk együttes kezelése

Statisztikus klimatológiai eljárások szükségessége:

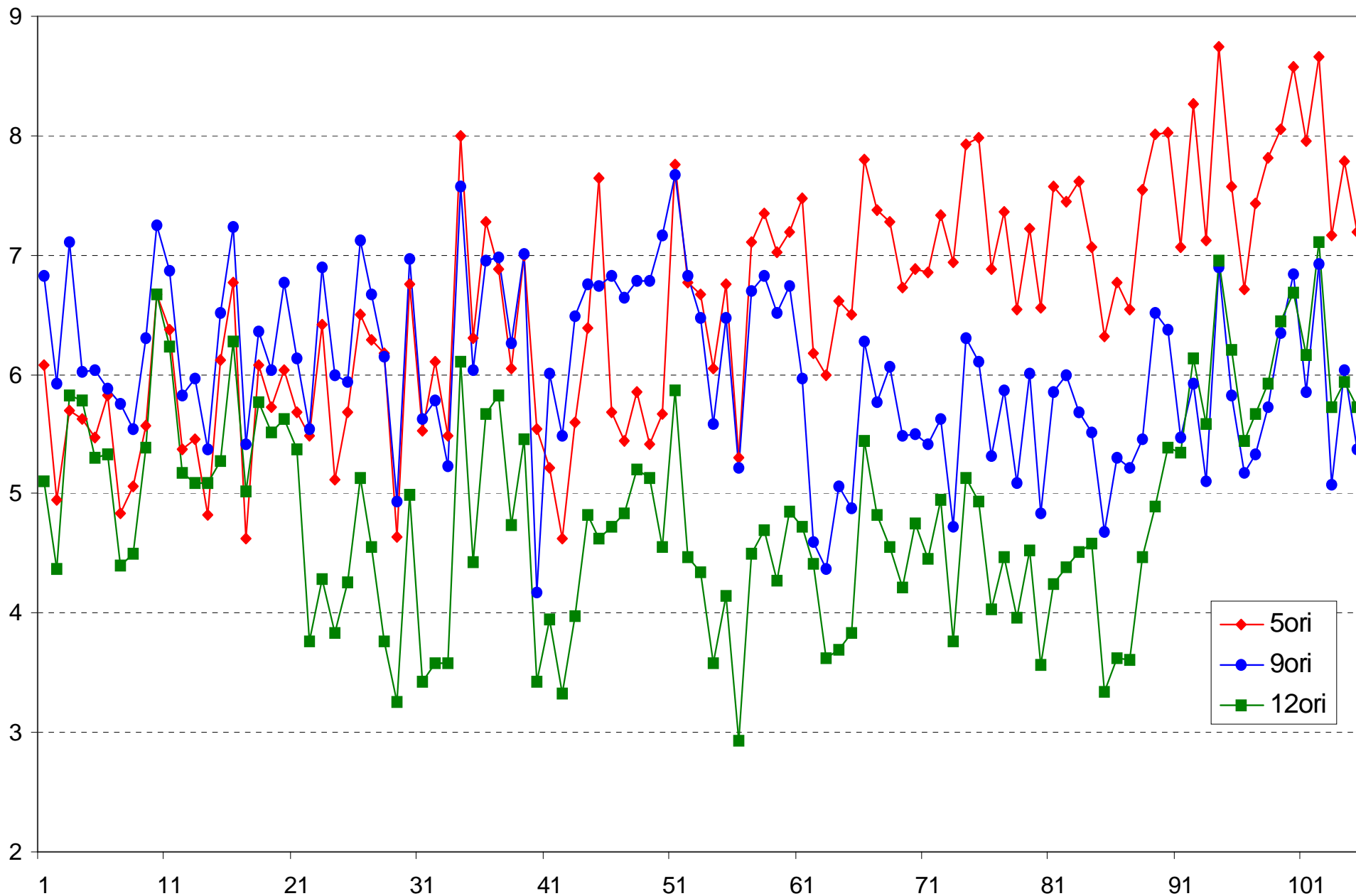
adatpótlás, adatellenőrzés, homogenizálás,

interpoláció térben és időben

Keszthely, Szeged, Debrecen: eredeti évi középhőmérséklet 1901-2005



Siófok, Kalocsa, Miskolc; eredeti évi átlagos minimum hőmérséklet 1901-2005



A meteorológiai adatok és az éghajlat vizsgálatának viszonya?

Ismereteink alapvető forrása: a meteorológiai adatok.

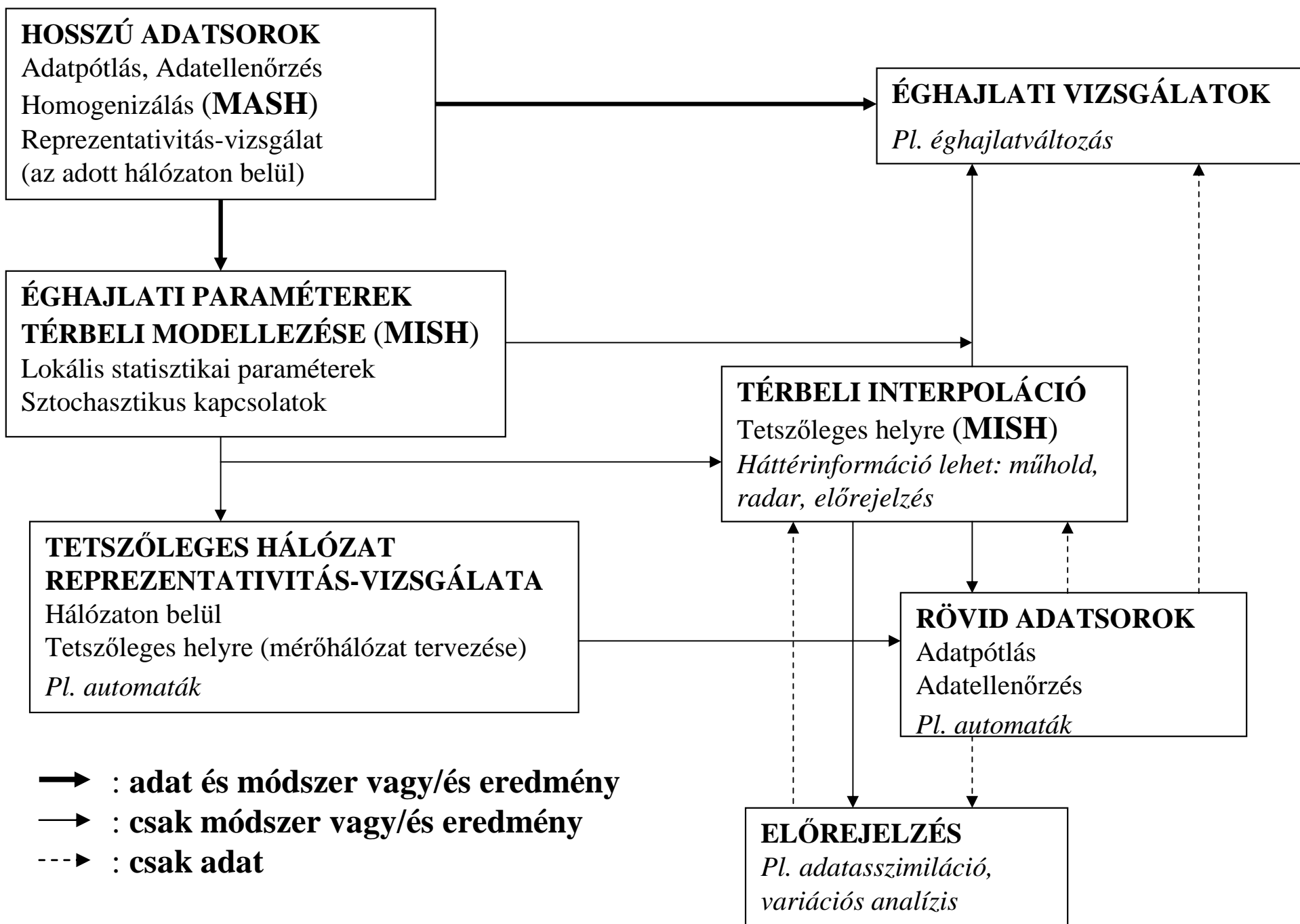
1. Az éghajlat, illetve változásának vizsgálatához, jó minőségű térbeli és időbeli adatok szükségesek.

2. Jó minőségű térbeli és időbeli adatok biztosítása nem lehetséges az éghajlat vizsgálata nélkül. (Statisztikus klimatológia)

A vizsgálat során kapott eredmények már önmagukban is hasznos információt jelentenek az éghajlatra nézve.

A két problémát – jó minőségű adatok és éghajlat vizsgálata – nem lehet, nem szabad mereven szétválasztani!

Témák, rendszerek lehetséges kapcsolata



MI KELL A PROBLÉMÁK MEGOLDÁSÁHOZ?

A METEOROLÓGIAI VIZSGÁLATOK SÉMÁJA

- 1. Meteorológia:** A probléma kvalitatív megfogalmazása.
- 2. Matematika:** A probléma kvantitatív megfogalmazása.
- 3. Szoftverek:** A matematika alapján.
- 4. Meteorológia:** A szoftverek alkalmazása.

Homogenizálási programrendszer

MASHv3.02:

Multiple Analysis of Series for Homogenization

(Szentimrey, T.)

Miért készült?

A meteorológiai homogenizáló rendszerekből általában hiányzik a MATEMATIKA.

A MASH_{v3.02} RENDSZER FŐBB TULAJDONSÁGAI

Havi adatsorok pótlása, ellenőrzése, homogenizálása

- Relatív homogenitásvizsgálati elv alapján működik.
- Step by step eljárás: a sorok szerepe (jelölt, referencia) lépésről lépésre változik az automatizált statisztikai döntési eljárás során.
- Additív (pl. hőmérséklet) vagy multiplikatív (pl. csapadék) modell alkalmazható, a meteorológiai elem eloszlásától függően.
- Az évszakos, éves sorok homogenitásának biztosítása.
- A meta adatok automatikus felhasználása és kiértékelése.
- A homogenizálás eredménye kiértékelhető, verifikálható.

Napi adatsorok homogenizálása

- A detektált havi inhomogenitások felhasználásával.
- Automatikus adatpótlás és adatellenőrzés.

COSTES0601 HOME Action

Célja: Homogenizálási módszerek tesztelése, kiértékelése generált benchmark adatbázis alapján.

Benchmark adatbázis:

Összesen 2040 generált „havi hőmérsékleti” adatsor:

Homogén: $X_H(t)$ Inhomogén: $X_{IH}(t) = X_H(t) + IH(t)$

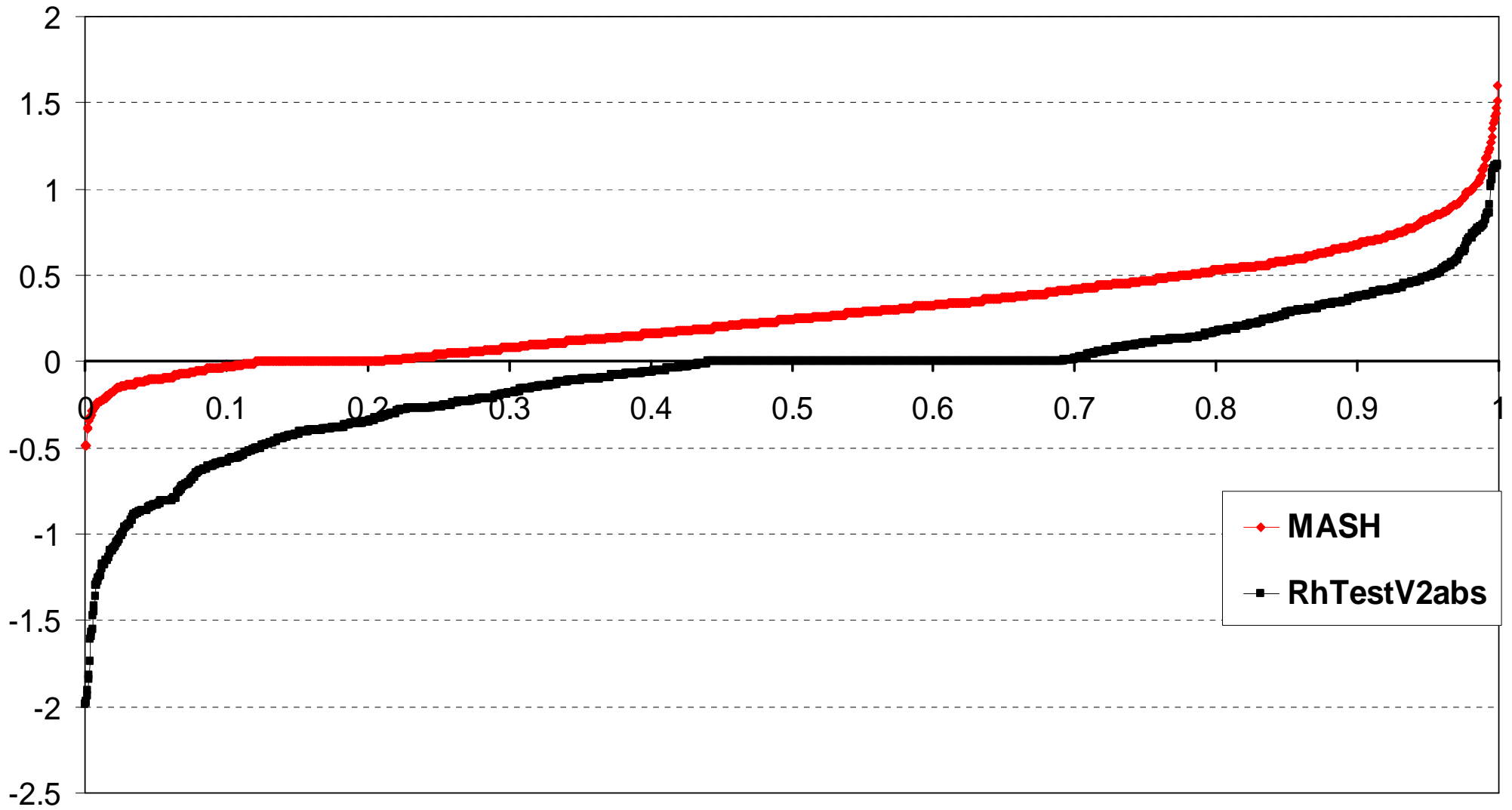
Homogenizálás: $\hat{X}_H(t)$

Módszerek értékelése, pl. javítás mértéke:

$$SDEV(X_H(t) - X_{IH}(t)) - SDEV(X_H(t) - \hat{X}_H(t))$$

Példa: **MASH** kontra **RhTestV2abs** (borzalmas módszer!)

A javítás mértéke növekvő sorrendben (2040 eset)



Interpolációs programrendszer

MISHv1.02:

**Meteorological Interpolation based on
Surface Homogenized Data Basis**

(Szentimrey, T., Bihari, Z.)

Miért készült?

A meteorológiában is alkalmazott geostatisztikai
interpolációs rendszerekből (GIS) hiányzik a
METEOROLÓGIA.

PÉLDA: a térbeli interpoláció additív modellje

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

Prediktorok (megfigyelések): $Z(\mathbf{s}_i, t)$ ($i = 1, \dots, M$)

(\mathbf{s} : tér, t : idő)

Lineáris meteorológiai model a várható értékekre:

$$E(Z(\mathbf{s}_i, t)) = \mu(t) + E(\mathbf{s}_i) \quad (i = 0, \dots, M)$$

Időbeli trend: $\mu(t)$, Térbeli trend: $E(\mathbf{s})$

Additív (Lineáris) Interpoláció

Interpolációs Formula: $\hat{Z}(s_0, t) = \lambda_0 + \sum_{i=1}^M \lambda_i \cdot Z(s_i, t)$

ahol $\sum_{i=1}^M \lambda_i = 1$, az ismeretlen $\mu(t)$ miatt.

Megjegyzés (nem adekvát formulák):

Lineáris regressziós formula: nincs feltétel λ_i -kre.

Közönséges kriging formula: $\lambda_0 = 0$

Optimális Interpolációs Paraméterek :

λ_0, λ_i ($i = 1, \dots, M$) minimalizálják az MSE hibát.

Az Optimáli Interpolációs Paraméterek ismert függvényei a statisztikai paramétereknek!

Optimális konstans tag: $\lambda_0 = \sum_{i=1}^M \lambda_i (E(\mathbf{s}_0) - E(\mathbf{s}_i))$

Az optimális (kriging) súlytényezők vektora: $\boldsymbol{\lambda} = [\lambda_1, \dots, \lambda_M]^T$

$$\boldsymbol{\lambda} = \mathbf{C}^{-1} \left(\mathbf{c} + \frac{(\mathbf{1} - \mathbf{1}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{c})}{\mathbf{1}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{1}} \mathbf{1} \right) \quad (\text{kovariancia forma})$$

\mathbf{c} : prediktandusz-prediktor kovariancia vektor

\mathbf{C} : prediktor-prediktor kovariancia mátrix

Következmény

A térbeli trend és a kovarianciák éghajlati statisztikai paraméterek a meteorológiában.

Tehát, optimálisan tudnánk interpolálni, ha jól ismernénk az éghajlatot!

Ugyanakkor, az éghajlati paraméterek az adatsorok alapján ismerhetők meg (becslés, modellezés).

De a geostatisztikai módszerek nem képesek az idősorok hatékony használatára.

A MISHv1.02 RENDSZER FŐBB TULAJDONSÁGAI

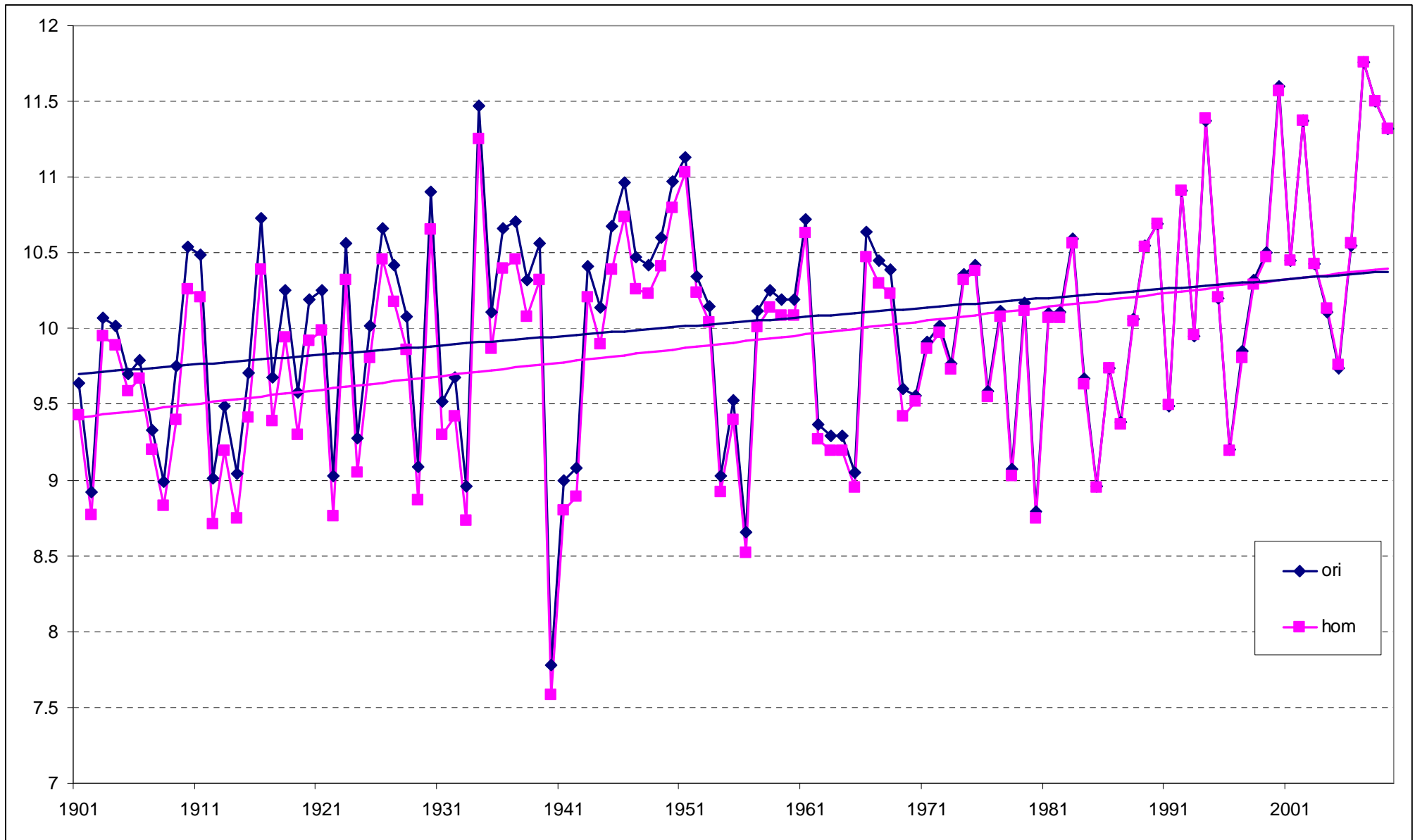
Modellező programrendszer (az éghajlati statisztikai paraméterekre)

- Hosszú homogenizált adatsorok és determinisztikus modellváltozók (pl. topográfia) alapján működik.
- A modellezést csak egyszer kell elvégezni az interpolációs alkalmazások előtt.

Interpolációs programrendszer

- Additív (pl. hőmérséklet) vagy multiplikatív (pl. csapadék) modell és interpolációs formula alkalmazható, a meteorológiai elem eloszlásától függően.
- Napi, havi értékek és sokévi átlagok interpolálhatók.
- Kevés prediktor is elegendő, tekintettel a korábbi modellezésre.
- Becslés az interpolációs hibákra, reprezentativitás értékekre.
- Lehetőség háttérinformáció használatára, pl. műhold, radar, előrejelzés.
- Képesség adatsorok rácspontokba való interpolációjára (gridding).

Eredeti (ori) és homogenizált (hom) évi középhőmérséklet interpolált országos átlagsorai (1901-2009)



MÚLT és JELEN éghajlatának kutatása

Térbeli és időbeli statisztikai vizsgálatok, azaz a valószínűségi eloszlás és változásának becslése, matematikai statisztikai elemzése.

A vizsgálatok matematikai statisztikai módszertana:

- térbeli interpolációs eljárások (pl. térképezés)
- idősorelemző módszerek stb.

A vizsgálatok adatbázisa:

- állomások homogenizált, ellenőrzött, pótolta adatsorai
- sűrű rácstra interpolált adatsorok (gridding)
- területi átlagsorok (a rácsponti adatsorok átlagai)

Konklúzió

A statisztikus klimatológiának bőven vannak lehetőségei a változó éghajlat kutatásában, csak komolyabban kellene venni a **MATEMATIKÁT.**

Köszönöm a figyelmet!