

Principii și metode aplicate în spațializarea parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Administrația Națională de Meteorologie, Secția de Climatologie

"Tehnologii, date și cunoștințe geospațiale libere", 12-13 octombrie
2012 - București

Introducere

Metode de spațializare

Obținerea predictorilor potențiali

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Validarea metodelor de interpolare

Exemple de hărți climatice

Concluzii

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Ce reprezintă spațializarea (interpolarea spațială)?

o serie de metode ce descriu dependența datelor învecinate, dintr-un set de date, într-un sistem Cartezian de coordonate.

- ▶ se poate afla valoarea unui punct dat, în funcție de măsurătorile efectuate în imediata apropiere aceluși punct, utilizând o serie de funcții matematice;
- ▶ reprezintă și o metoda de analiză spațială, prin care se obțin noi date din măsurătorile existente;
- ▶ se obține o imagine spațială de ansamblu a informației oferită de măsurătorile punctuale;

În **meteorologie și climatologie**, pentru obținerea unei suprafețe continue, metodele de interpolare folosite combină datele măsurate cu alte **elemente geografice**.

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produce de teledectie

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Ce reprezintă spațializarea (interpolarea spațială)?

o serie de metode ce descriu dependența datelor învecinate, dintr-un set de date, într-un sistem Cartezian de coordonate.

- ▶ se poate afla valoarea unui punct dat, în funcție de măsurătorile efectuate în imediata apropiere aceluși punct, utilizând o serie de funcții matematice;
- ▶ reprezintă și o metoda de analiză spațială, prin care se obțin noi date din măsurătorile existente;
- ▶ se obține o imagine spațială de ansamblu a informației oferită de măsurătorile punctuale;

În **meteorologie și climatologie**, pentru obținerea unei suprafețe continue, metodele de interpolare folosite combină datele măsurate cu alte **elemente geografice**.

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produce de teledectie

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Ce reprezintă spațializarea (interpolarea spațială)?

o serie de metode ce descriu dependența datelor învecinate, dintr-un set de date, într-un sistem Cartezian de coordonate.

- ▶ se poate afla valoarea unui punct dat, în funcție de măsurătorile efectuate în imediata apropiere aceluși punct, utilizând o serie de funcții matematice;
- ▶ reprezintă și o metoda de analiză spațială, prin care se obțin noi date din măsurătorile existente;
- ▶ se obține o imagine spațială de ansamblu a informației oferită de măsurătorile punctuale;

În **meteorologie și climatologie**, pentru obținerea unei suprafețe continue, metodele de interpolare folosite combină datele măsurate cu alte **elemente geografice**.

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produce de teledectie

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Ce reprezintă spațializarea (interpolarea spațială)?

o serie de metode ce descriu dependența datelor învecinate, dintr-un set de date, într-un sistem Cartezian de coordonate.

- ▶ se poate afla valoarea unui punct dat, în funcție de măsurătorile efectuate în imediata apropiere aceluși punct, utilizând o serie de funcții matematice;
- ▶ reprezintă și o metoda de analiză spațială, prin care se obțin noi date din măsurătorile existente;
- ▶ se obține o imagine spațială de ansamblu a informației oferită de măsurătorile punctuale;

În meteorologie și climatologie, pentru obținerea unei suprafețe continue, metodele de interpolare folosite combină datele măsurate cu alte elemente geografice.

Ce reprezintă spațializarea (interpolarea spațială)?

o serie de metode ce descriu dependența datelor învecinate, dintr-un set de date, într-un sistem Cartezian de coordonate.

- ▶ se poate afla valoarea unui punct dat, în funcție de măsurătorile efectuate în imediata apropiere aceluși punct, utilizând o serie de funcții matematice;
- ▶ reprezintă și o metoda de analiză spațială, prin care se obțin noi date din măsurătorile existente;
- ▶ se obține o imagine spațială de ansamblu a informației oferită de măsurătorile punctuale;

În meteorologie și climatologie, pentru obținerea unei suprafețe continue, metodele de interpolare folosite combină datele măsurate cu alte elemente geografice.

Ce reprezintă spațializarea (interpolarea spațială)?

o serie de metode ce descriu dependența datelor învecinate, dintr-un set de date, într-un sistem Cartezian de coordonate.

- ▶ se poate afla valoarea unui punct dat, în funcție de măsurătorile efectuate în imediata apropiere aceluși punct, utilizând o serie de funcții matematice;
- ▶ reprezintă și o metoda de analiză spațială, prin care se obțin noi date din măsurătorile existente;
- ▶ se obține o imagine spațială de ansamblu a informației oferită de măsurătorile punctuale;

În **meteorologie și climatologie**, pentru obținerea unei suprafețe continue, metodele de interpolare folosite combină datele măsurate cu alte **elemente geografice**.

De ce interpolare spațială?

pentru a se obține informații despre caracteristicile meteorologice și climatologice în regiunile unde nu sunt disponibile măsurători.

Aplicații:

- ▶ caracterizări climatologice;
- ▶ furnizarea datelor de intrare pentru diferite modele (agrometeorologice, hidrologice etc.);
- ▶ controlul calității datelor furnizate de stațiile meteorologice;
- ▶ verificarea și fundamentare prognozelor meteorologice;

De ce interpolare spațială?

pentru a se obține informații despre caracteristicile meteorologice și climatologice în regiunile unde nu sunt disponibile măsurători.

Aplicații:

- ▶ caracterizări climatologice;
- ▶ furnizarea datelor de intrare pentru diferite modele (agrometeorologice, hidrologice etc.);
- ▶ controlul calității datelor furnizate de stațiile meteorologice;
- ▶ verificarea și fundamentare prognozelor meteorologice;

De ce interpolare spațială?

pentru a se obține informații despre caracteristicile meteorologice și climatologice în regiunile unde nu sunt disponibile măsurători.

Aplicații:

- ▶ caracterizări climatologice;
- ▶ furnizarea datelor de intrare pentru diferite modele (agrometeorologice, hidrologice etc.);
- ▶ controlul calității datelor furnizate de stațiile meteorologice;
- ▶ verificarea și fundamentare prognozelor meteorologice;

De ce interpolare spațială?

pentru a se obține informații despre caracteristicile meteorologice și climatologice în regiunile unde nu sunt disponibile măsurători.

Aplicații:

- ▶ caracterizări climatologice;
- ▶ furnizarea datelor de intrare pentru diferite modele (agrometeorologice, hidrologice etc.);
- ▶ controlul calității datelor furnizate de stațiile meteorologice;
- ▶ verificarea și fundamentare prognozelor meteorologice;

De ce interpolare spațială?

pentru a se obține informații despre caracteristicile meteorologice și climatologice în regiunile unde nu sunt disponibile măsurători.

Aplicații:

- ▶ caracterizări climatologice;
- ▶ furnizarea datelor de intrare pentru diferite modele (agrometeorologice, hidrologice etc.);
- ▶ controlul calității datelor furnizate de stațiile meteorologice;
- ▶ verificarea și fundamentare prognozelor meteorologice;

De ce interpolare spațială?

pentru a se obține informații despre caracteristicile meteorologice și climatologice în regiunile unde nu sunt disponibile măsurători.

Aplicații:

- ▶ caracterizări climatologice;
- ▶ furnizarea datelor de intrare pentru diferite modele (agrometeorologice, hidrologice etc.);
- ▶ controlul calității datelor furnizate de stațiile meteorologice;
- ▶ verificarea și fundamentare prognozelor meteorologice;

De ce interpolare spațială?

pentru a se obține informații despre caracteristicile meteorologice și climatologice în regiunile unde nu sunt disponibile măsurători.

Aplicații:

- ▶ caracterizări climatologice;
- ▶ furnizarea datelor de intrare pentru diferite modele (agrometeorologice, hidrologice etc.);
- ▶ controlul calității datelor furnizate de stațiile meteorologice;
- ▶ verificarea și fundamentare prognozelor meteorologice;

- ▶ Metoda de interpolare prin ponderarea în funcție de inversul distanței (IDW – Inverse Distance Weighted)
- ▶ Funcțiile de Bază Radiale (Radial Basis Functions - RBF)
- ▶ Regresia liniară și polinomială
- ▶ Regresia geografică ponderată (Geographically Weighted Regression - GWR)
- ▶ Modelul aditiv generalizat (Generalized Additive Model - GAM)
- ▶ Kriging

Metode de spațializare

Metoda de interpolare prin ponderarea în funcție de inversul distanței (IDW – Inverse Distance Weighted)

Pentru a interpola o nouă valoare în IDW se folosesc doar datele din imediata apropiere a punctului estimat, punctele măsurate având, în interpolare, o influență care scade cu distanța (Johnston et al., 2001):

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (1)$$

unde $\hat{Z}(s_0)$ reprezintă valoarea pentru care dorim să realizăm interpolarea pentru locația s_0 , N numărul de puncte cu valori măsurate folosite în interpolare, λ_i valoarea ponderii fiecărui punct măsurat iar $Z(s_i)$ valoarea observată în locația s_i .

Pentru calcularea ponderilor se utilizează următoarea formulă:

$$\lambda_i = \frac{d_{i0}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}} \quad (2)$$

unde d_{i0} reprezintă distanța dintre punctul pentru care se interpolează o nouă valoare s_0 și punctul cu mărimi cunoscute s_i , iar p este o constantă definită de utilizator, care semnifică puterea de influență a fiecărui punct, cu valori cunoscute, utilizată în spațializare.

Reprezintă o clasă de metode foarte asemănătoare cu cele din familia Kriging, doar că nu beneficiază de aportul analizei structurii spațiale a datelor prin intermediul variogramei (De Smith et al., 2007).

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \omega_i \phi(\|s_i - s_0\|) + \omega_{n+1} \quad (3)$$

unde $\phi(r)$ este funcția de bază radială, $r = \|s_i - s_0\|$ distanța radială dintre punctul pentru care se calculează o nouă valoare s_0 și punctele cu valori măsurate s_i iar ω simbolizând ponderile care vor fi estimate. Valoarea ponderii fiecărui punct folosit în interpolare rezultă în urma rezolvării unui sistem de ecuații utilizând calculul matricial de tipul:

$$\begin{pmatrix} \phi & 1' \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w \\ \omega_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

cu ϕ = matricea distanțelor dintre punctele cu valori cunoscute căreia i se aplică o funcție de bază radială, z = vectorul cu distanțele dintre locația aleasă pentru estimare și punctele cu măsurători, căruia i se aplică aceeași funcție radială, w = ponderile estimate iar ω_{n+1} = reziduurile.

Metode de spațializare

Funcțiile de Bază Radiale (Radial Basis Functions - RBF)

Cele mai aplicate funcții RBF sunt:

1. Multicuatrică (Multiquadric - MQ)

$$\phi(r) = (r^2 + \sigma^2)^{1/2} \quad (5)$$

2. Spline peliculară (Thin Plate Spline - TPS)

$$\phi(r) = (\sigma + r)^2 \ln(\sigma + r) \quad (6)$$

3. Spline tensionată (Spline with tension - ST)

$$\phi(r) = \ln(\sigma * r/2) + K_0(\sigma * r) + C_E \quad (7)$$

unde $K_0(x)$ este funcția Bessel modificată

4. Spline complet regularizată (Completely Regularized Spline - CRS)

$$\phi(r) = - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n (\sigma * r)^{2n}}{n!n} = \ln(\sigma * r/2)^2 + E_1(\sigma * r/2)^2 + C_E \quad (8)$$

unde $E_1(x)$ este funcția de integrare exponențială iar C_E este constanta Euler.

Regresia liniară evidențiază relația dintre o variabilă dependentă - explicată și o mulțime de variabile independente - explicative (Thom, 1966):

$$Z(s) = \beta_0 + \beta_1\chi_1(s) + \beta_2\chi_2(s) + \dots + \beta_p\chi_p(s) + \delta \quad (9)$$

unde: $Z(s)$ reprezintă valoarea estimată a variabilei dependente în punctul s , $\chi_1(s), \chi_2(s), \dots, \chi_p(s)$ = variabilele explicative, $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_p$ = coeficienții de regresie parțială, δ = eroarea standard de estimare a variabile dependente.

Bazată pe același principiu matematic ca al regresiei liniare, regresia polinomială realizează aproximarea unei suprafețe, dintr-un set de date, printr-un polinom de gradul n . Aceasta reprezintă o generalizare a regresiei liniare (Draper and Smith, 1998):

$$Z(s) = \beta_0 + \beta_1\chi_1(s) + \beta_2\chi_2(s)^2 + \dots + \beta_p\chi_p(s)^p + \delta \quad (10)$$

Acest model se impune atunci când relația dintre variabila dependentă și independentă este curbilinie, fapt sugerat de cele mai multe ori de graficul de corelație de tip puncte.

Metode de spațializare

Regresia geografic ponderată (Geographically Weighted Regression - GWR)

Cuantifică variația spațială ce ar putea exista între variabila dependentă și predictorii, în regiunea analizată. Punctele folosite în GWR sunt ponderate în funcție de distanța punctului regresiei.

În loc să calibreze o singură ecuație de regresie, GWR construiește ecuații de regresie separate pentru fiecare dată estimată. Fiecare ecuație este calibrată prin diferite ponderi ale datelor observate (Fotheringham et al., 2002):

$$Z(s) = \beta_0(u_i v_i) + \sum_k \beta_k(u_i v_i) \chi_{ik} + \delta \quad (11)$$

$(u_i v_i)$ reprezentând coordonatele punctelor i în spațiu.

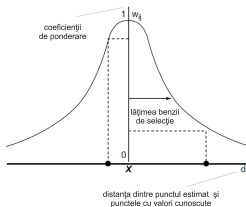


Figura: Procedura de stabilirea ponderilor în cadrul ferestrei de selecție, adaptare după Fotheringham et al. (2002)

Metode de spațializare

Modelul aditiv generalizat (Generalized Additive Model - GAM)

Modelele aditive generalizate (GAM) au fost dezvoltate și popularizate de Hastie and Tibshirani (1990) ele reprezentând o categorie de modele care extind celelalte tipuri de regresii.

Acest tip de regresii este cunoscut și prin faptul că nu presupune existența unui tip special de relații între variabilele analizate (liniare, cuadratică, logaritmice) acestea fiind determinate de caracteristicile statistice ale datelor de intrare.

GAM implică o sumă de funcții posibil neliniare (din categoria spline), una pentru fiecare predictor (Wood and Augustin, 2002). Derivat din regresia liniară, modelul GAM poate fi scris:

$$Z(s) = \beta_0 + s_1(\chi_1) + s_2(\chi_2) + \dots + s_p(\chi_p) + \delta \quad (12)$$

unde fiecărei variabile χ_p i se aplică o funcție non parametrică s_p .

Metode de spațializare

Kriging

Dezvoltată în anii '60 de matematicianul francez Matheron (1963).

Bazătă pe regresia dintre punctele observate, ponderate în funcție de valorile semi-variogramei

Semi-variograma este constituită din două componente: semi-variograma experimentală (empirică) și modelul teoretic semi-variogramei.

Semi-variograma experimentală rezultă în urma calculării varianței fiecărui punct măsurat, față de celelalte puncte utilizate în spațializare (Pebesma, 2004):

$$\hat{\lambda}(\bar{h}_j) = \frac{1}{2N_j} \sum_{i=1}^{N_j} (Z(s_i) - Z(s_i + h))^2 \quad (13)$$

unde N_j = un set de perechi de locații separate de distanța h și \bar{h} = media distanțelor dintre perechile distincte N_j .

Semi-variograma este reprezentată grafic în comparație cu distanța dintre puncte.

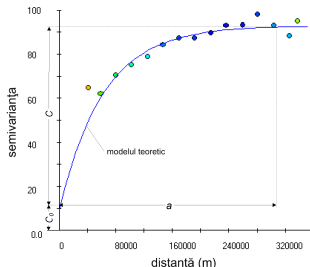


Figura: Semi-variogramă exponențială

Metode de spațializare

Kriging - Kriging Normal (Ordinary Kriging – OK)

Estimarea într-un nou amplasament se realizează prin însumarea valorilor ponderii punctelor înmulțite cu valoarea Z datelor folosite în interpolare (Johnston et al., 2001):

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i), \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (14)$$

În Kriging, funcțiile de ponderare iau în calcul atât distanța, cât și aranjarea geografică a datelor. Valoarea ponderii fiecărui punct folosit în interpolare rezultă în urma rezolvării unui sistem de ecuații prin calculul matricial de tipul:

$$\begin{pmatrix} C & 1' \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda \\ m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c \\ 1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

matricea C reprezentând covarianțele dintre punctele cu valori cunoscute, vectorul c fiind constituit din covarianțele dintre punctele cu valori cunoscute și punctul cu valoare necunoscută, λ = vectorul coeficienților de ponderare Kriging, iar m = multiplicatorul Lagrange utilizat în minimizarea erorilor prin relația:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \lambda_i c + m \quad (16)$$

Metode de spațializare

Kriging - Kriging-ul Rezidual (Residual, regression Kriging - RK)

Poate lua în calcul una sau mai multe variabile cu o distribuție continuă în spațiu (modelul numeric altimetric, imagini satelitare, etc.), Kriging-ul Rezidual este o metodă compusă care presupune însumarea suprafeței determinată prin metoda celor mai mici pătrate (aplicată la regresia multiplă) cu suprafața obținută prin interpolarea spațială a reziduurilor regresiei utilizând metoda Kriging.

Matricea punctelor de grilă a regresiei multiple reprezintă variabilitatea, la scară mare a parametrului analizat, în funcție de variabilele explicative, reziduurile interpolate constituind particularitățile locale modelate cu ajutorul semi-variogramei (Hengl et al., 2007):

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_k \cdot q_k(s_0) + \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot e(s_i) \quad (17)$$

unde $\hat{\beta}_k$ reprezintă coeficienții modelului de regresie, q_k = valoarea predictorului în punctul localizat prin coordonatele s_0 pentru care se estimează o noua valoare, iar λ_i = coeficienții de ponderare ai reziduurilor regresiei $e(s_i)$ având coordonatele s_i .

- ▶ Predictorii derivați din Modelul Numeric Altimetric (MNA)
- ▶ Produse de teledetecție (estimarea parametrilor meteorologici prin utilizarea tehnicilor de teledetecție: imagini satelitare, radare meteorologice)

Obținerea predictorilor potențiali

Predictori derivați din Modelul Numeric Altimetric (MNA)

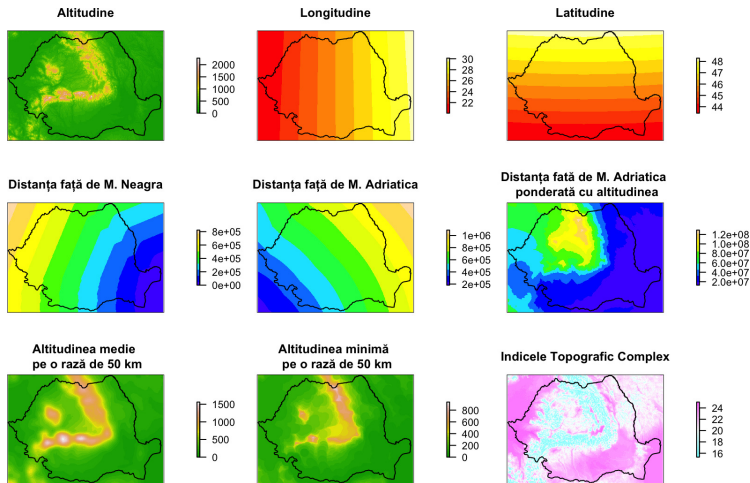


Figura: Predictorii derivați din MNA (Modelul Numeric Altimetric)

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledetectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Obținerea predictorilor potențiali

Produse de teledectie

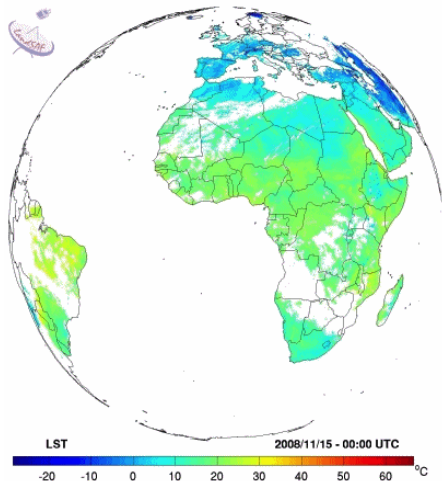


Figura: Produsul METEOSAT LANDSAF LST (www.landsaf.meteo.pt)

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Obținerea predictorilor potențiali

Produse de teledectie

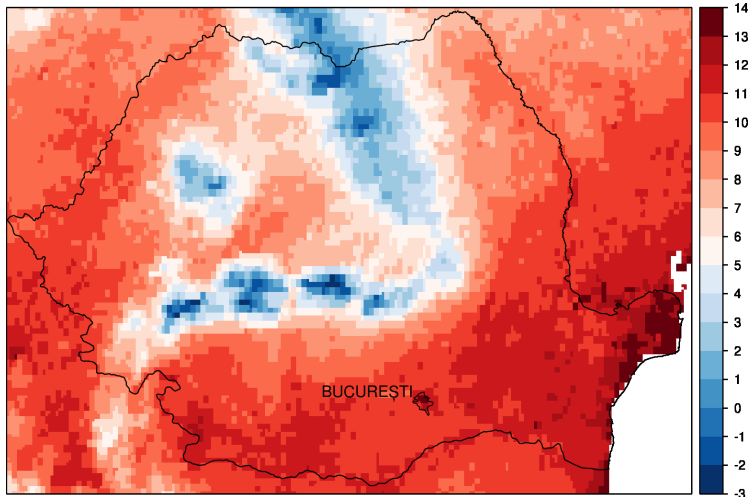


Figura: Temperatura medie anuală ($^{\circ}\text{C}$) rezultată din prelucrarea tuturor imaginilor LST LANDSAT disponibile pentru anul 2010

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Obținerea predictorilor potențiali

Produse de teledectie

CFC-DM 01.05.2007 00:00 UTC | min:0.0 | max:100.0 | mean:64.7 | stdev:32.6

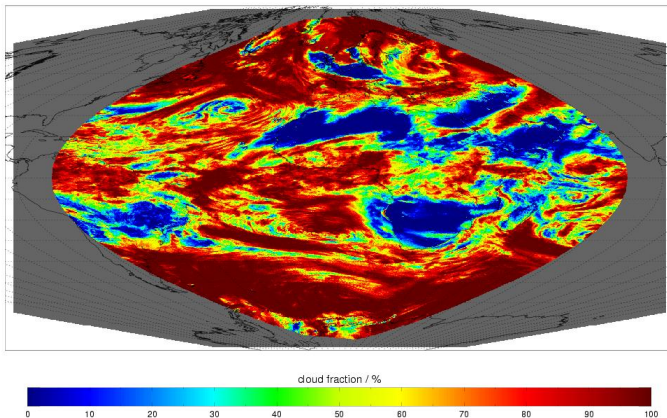


Figura: Produsul METEOSAT CFC (Cloud Fractional Coverage) www.cmsaf.eu

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Obținerea predictorilor potențiali

Produse de teledectie

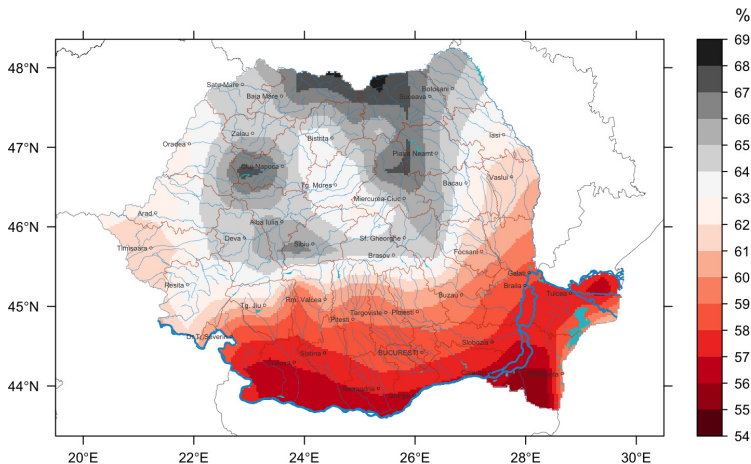


Figura: Frația de nebulozitate obținută prin medierea imaginilor lunare disponibile (mai 2007 - august 2011). O imagine lunară a fost obținută prin medierea imaginilor medii orare lunare, selectate în intervalul orar corespunzător duratei potențiale de strălucire a Soarelui.

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și

polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Obținerea predictorilor potențiali

Produse de teledectie

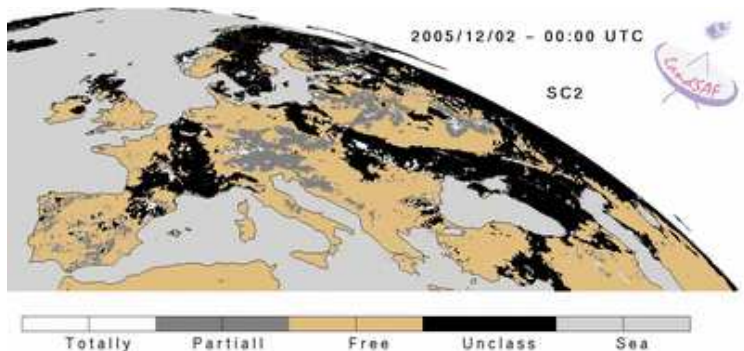


Figura: Produsul METEOSAT LANDSAF SC (Snow Cover) (www.landsaf.meteo.pt)

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Obținerea predictorilor potențiali

Produse de teledectie

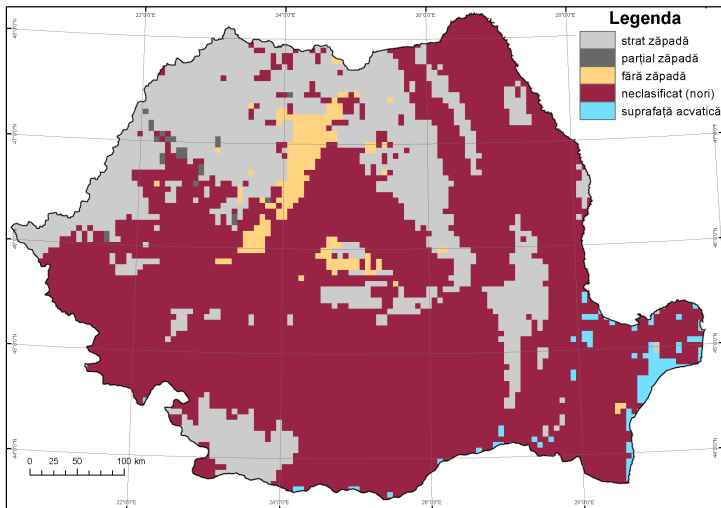


Figura: Produsul LSASAF SC - 26 februarie 2011. Areele *fără zăpadă*, extrase din imaginile satelitare, au fost utilizate pentru validarea arealelor cu strat de zăpadă mai mici sau egale cu 0.5 cm, estimate de către metodele de interpolare.

Obținerea predictorilor potențiali

Produse de teledectie

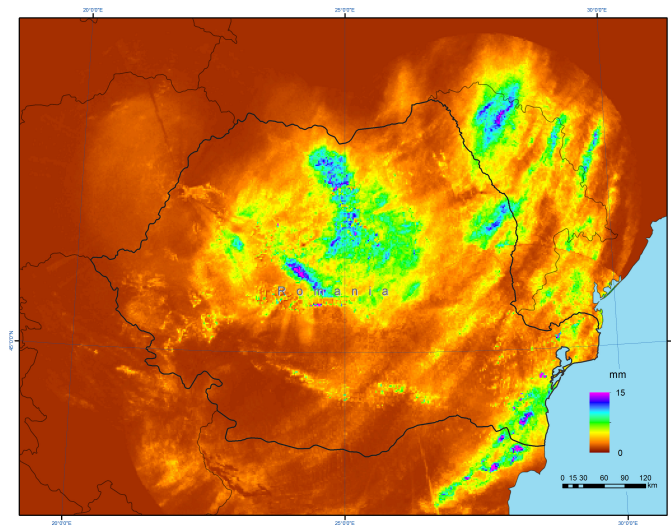


Figura: Mozaicul național radar (câmpul de reflectivitate convertit în valori de precipitații) cumulat pe 24 h (2 Mai 2011 ora 06 UTC - 3 Mai 2011 ora 06 UTC)

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Fiecare metodă are o aplicabilitate mai mare sau mai redusă în funcție de caracteristicile statistice ale șirurilor de date utilizate în interpolare.

Înainte de a se utiliza o anumită metodă de spațializare, este necesară o analiză statistică a datelor de intrare, pentru a înțelege mai bine fenomenul studiat:

- ▶ distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteorologice;
- ▶ distribuțiile de frecvență ale șirurilor de date;
- ▶ analiza de regresie.

Fiecare metodă are o aplicabilitate mai mare sau mai redusă în funcție de caracteristicile statistice ale șirurilor de date utilizate în interpolare.

Înainte de a se utiliza o anumită metodă de spațializare, este necesară o analiză statistică a datelor de intrare, pentru a înțelege mai bine fenomenul studiat:

- ▶ distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteorologice;
- ▶ distribuțiile de frecvență ale șirurilor de date;
- ▶ analiza de regresie.

Fiecare metodă are o aplicabilitate mai mare sau mai redusă în funcție de caracteristicile statistice ale șirurilor de date utilizate în interpolare.

Înainte de a se utiliza o anumită metodă de spațializare, este necesară o analiză statistică a datelor de intrare, pentru a înțelege mai bine fenomenul studiat:

- ▶ distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteorologice;
- ▶ distribuțiile de frecvență ale șirurilor de date;
- ▶ analiza de regresie.

Fiecare metodă are o aplicabilitate mai mare sau mai redusă în funcție de caracteristicile statistice ale șirurilor de date utilizate în interpolare.

Înainte de a se utiliza o anumită metodă de spațializare, este necesară o analiză statistică a datelor de intrare, pentru a înțelege mai bine fenomenul studiat:

- ▶ distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteorologice;
- ▶ distribuțiile de frecvență ale șirurilor de date;
- ▶ analiza de regresie.

Fiecare metodă are o aplicabilitate mai mare sau mai redusă în funcție de caracteristicile statistice ale șirurilor de date utilizate în interpolare.

Înainte de a se utiliza o anumită metodă de spațializare, este necesară o analiză statistică a datelor de intrare, pentru a înțelege mai bine fenomenul studiat:

- ▶ distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteorologice;
- ▶ distribuțiile de frecvență ale șirurilor de date;
- ▶ analiza de regresie.

Fiecare metodă are o aplicabilitate mai mare sau mai redusă în funcție de caracteristicile statistice ale șirurilor de date utilizate în interpolare.

Înainte de a se utiliza o anumită metodă de spațializare, este necesară o analiză statistică a datelor de intrare, pentru a înțelege mai bine fenomenul studiat:

- ▶ distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteorologice;
- ▶ distribuțiile de frecvență ale șirurilor de date;
- ▶ analiza de regresie.

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteo

- necesară în cazul spațializării prin metode multivariate cu predictorii derivați din MNA

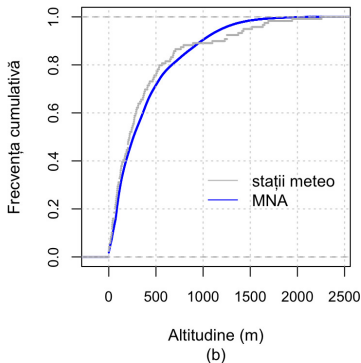
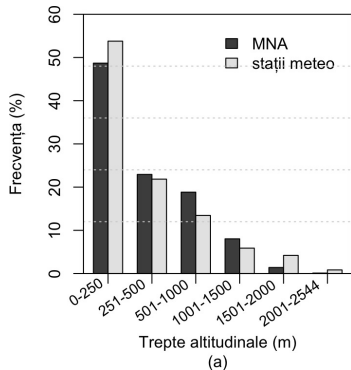


Figura: Frecvențele de distribuție (a) și cumulative (b) ale altitudinilor derivate din modelul numeric altimetric (SRTM30 - rezoluția spațială de 1000 x 1000 m) și altitudinile stațiilor meteo pentru care s-a calculat normale climatologice standard (1961-1990) de temperatură

Deoarece unele metode de analiză statistică și de interpolare spațială pornesc de la premisa că variabilele să fie normal distribuite, este indicată calcularea, într-o etapă premergătoare spațializării, coeficienților cu ajutorul cărora se determină caracteristicile formei distribuției de frecvență:

- coeficientul de asimetrie *Skewness* (S):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{N \cdot \sigma^3} \quad (18)$$

- coeficientul de boltire (aplatizare) *Kurtosis* (K):

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{N \cdot \sigma^4} \quad (19)$$

- construire histogramei

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția de frecvență

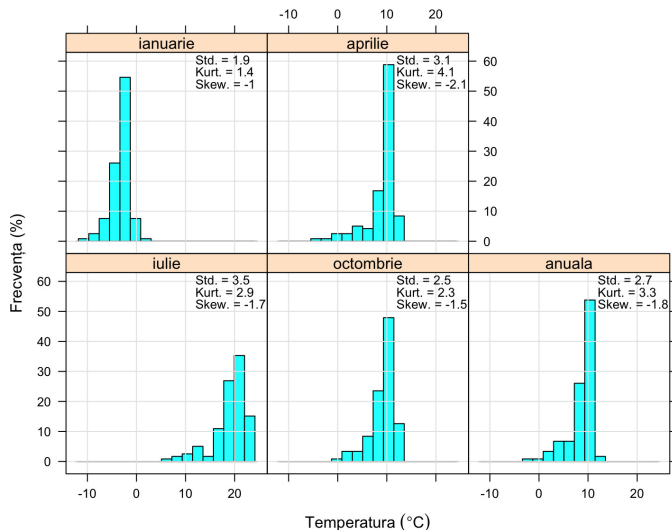


Figura: Distribuția de frecvență și sumarul statistic ale normalelor climatologice standard de temperatura (1961-1990): deviația standard (Std.), coeficientul de applatizare (Kurt.), coeficientul de asimetrie (Skew.).

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția de frecvență

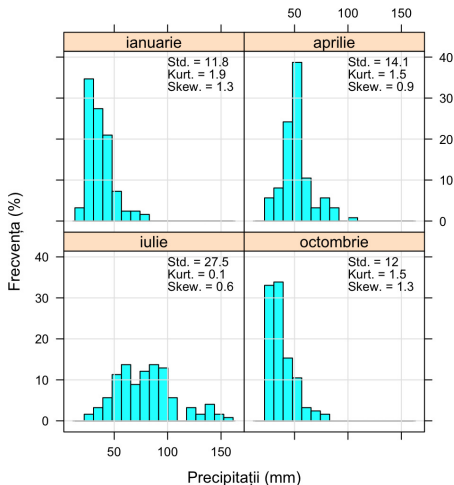


Figura: Distribuția de frecvență și sumarul statistic ale normalelor standard de precipitații (ianuarie, aprilie, iulie, octombrie)

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția de frecvență

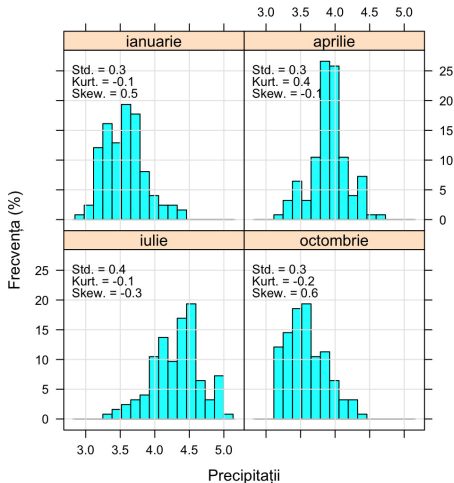


Figura: Distribuția de frecvență și sumarul statistic ale normalelor standard de precipitații (ianuarie, aprilie, iulie, octombrie), transformate într-o distribuție apropiată de normal prin aplicare funcției *logaritm natural*

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția de frecvență

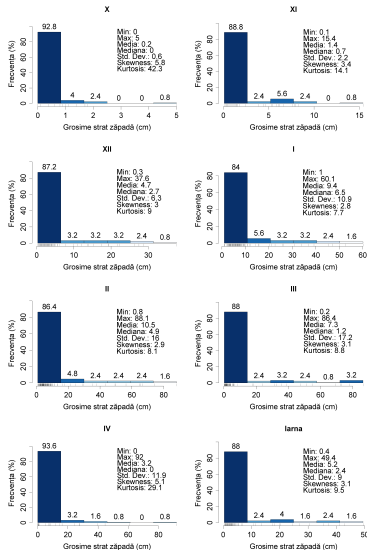


Figura: Distribuția de frecvență și sumarul statistic al valorilor grosimii medii ale stratului de zăpadă, octombrie - aprilie și sezonul de iarnă (valorile mediate ale celor șapte luni), perioada 1961-2010

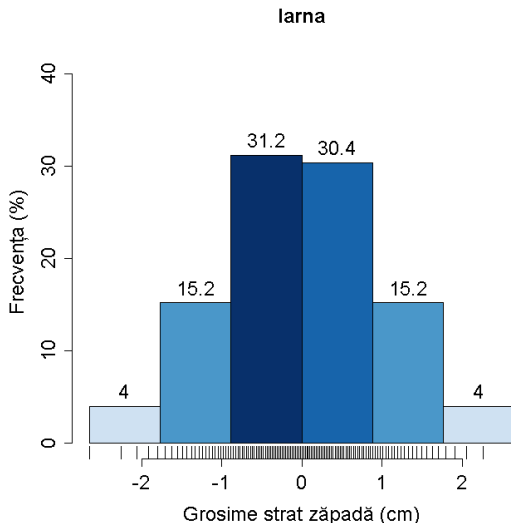


Figura: Distribuția de frecvență (iarna) a valorilor transformate folosind testul *normal score*

Coeficienții de corelație reprezintă o măsură a gradului asocierii dintre două variabile, indicându-ne cum se modifică valoarea unei variabile în funcție de valoarea variabilei explicative (Wilks, 2011).

- coeficientul de corelație *Pearson* (r)

$$r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x \cdot S_y} \quad (20)$$

- coeficientul de corelație al rangurilor *Spearman* (r_s)

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum d^2}{n^3 - n} \quad (21)$$

- coeficientul de corelație al rangurilor *Kendall* (r_k)

$$r_k = 1 - \frac{2 \cdot S}{n^2 - n} \quad (22)$$

- graficul de corelație de tip puncte

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Analiza de regresie

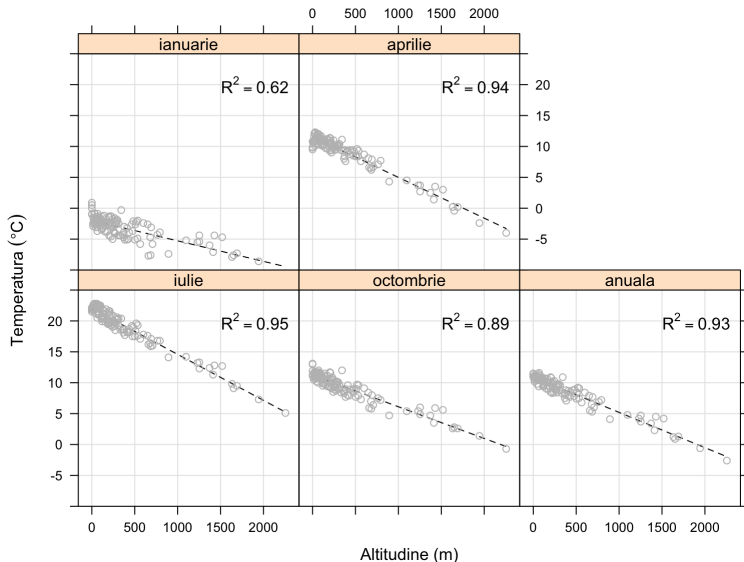


Figura: Graficul de corelație de tip puncte și coeficienții de determinare R^2 dintre normalele climatologice standard de temperatură (1961-1990) și altitudine

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Analiza de regresie

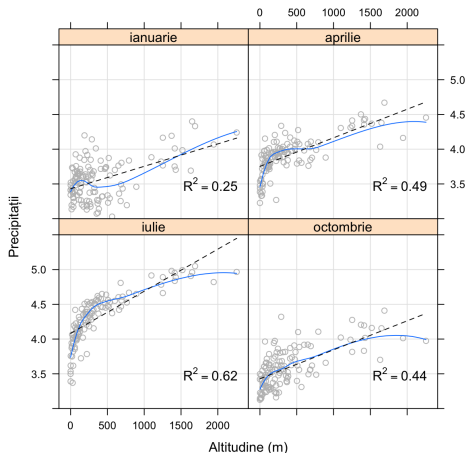


Figura: Graficul de corelație de tip puncte: normalele climatologice lunare (ianuarie, aprilie, iulie, octombrie) standard de precipitații (1961-1990) vs. altitudine. Valorile de precipitații au fost supuse procesului de transformare prin funcția logaritm natural. Linia întreruptă neagră reprezintă tendința liniară iar linia albastră, tendința polinomială locală. Coeficienții de determinare R^2 au fost calculați prin metoda celor mai mici pătrate.

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Analiza de regresie

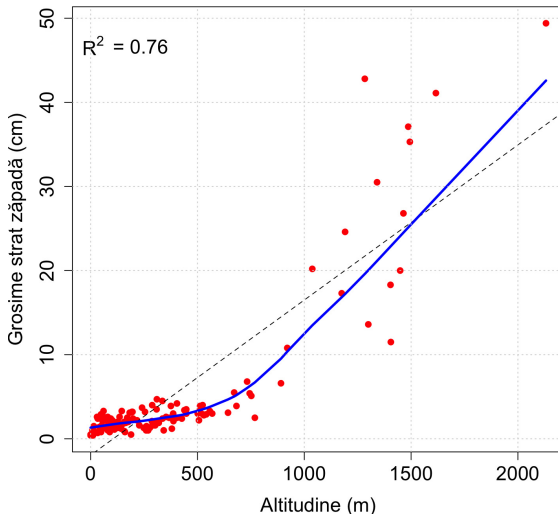


Figura: Graficul de corelație de tip puncte: grosimea medie multianuala a stratului de zăpadă (calculată pentru sezonul rece octombrie - aprilie) vs. altitudine. Linia întreruptă neagră reprezintă tendința liniară, iar linia albastră tendința polinomială locală. Coeficientul de determinare R^2 a fost calculat prin metoda celor mai mici pătrate.

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Analiza de regresie

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

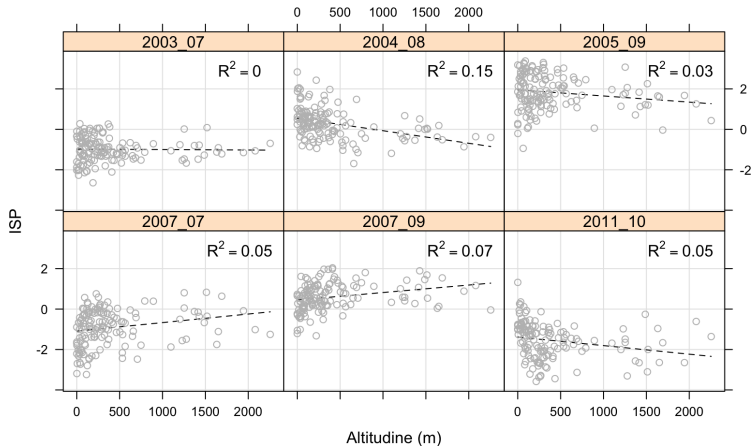


Figura: ISP (Indicele Standardizat de Precipitații) vs. altitudine

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

Analiza acurateții estimărilor metodelor de interpolare se poate realiza prin validare încrucișată utilizându-se metoda mono-eliminării (leav-one-out - LOO). Diferența dintre datele estimate P și cele măsurate O reprezintă eroarea experimentală ε :

$$\varepsilon_i = P(s_i) - O(s_i) \quad (23)$$

Indicatorilor de măsurare a erorilor (Fox, 1981):

- ▶ eroarea medie (ME)

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Ps_i - Os_i) \quad (24)$$

- ▶ eroarea medie absolută (MAE)

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |(Ps_i - Os_i)| \quad (25)$$

- ▶ eroarea pătratică medie (RMSE)

$$RMSE = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Ps_i - Os_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (26)$$

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

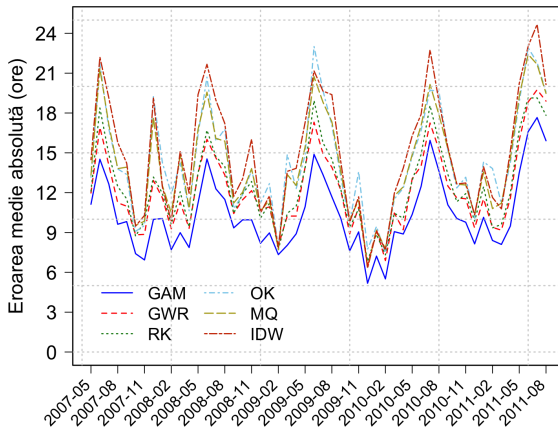


Figura: Durata lunară de strălucire a Soarelui: eroarea medie absolută (MAE) rezultată din valorile estimate prin procesul de validare încrucișată și valorile reale

Validarea metodelor de interpolare

Diagrama de tip Taylor

- ▶ Potrivirea dintre 2 seturi de date (observat vs. estimat) se realizează prin calcularea coeficientului de corelație Pearson, erorii pătratice medii (RMSE) și a deviației standard.
- ▶ Cu ajutorul deviației standard se probează similaritatea variabilității spațiale a datelor estimate față de cele reale.
- ▶ În cazul corelațiilor negative, arcul de cerc din diagrama Taylor poate fi extins spre stânga

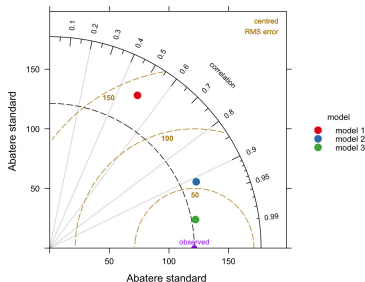


Figura: Diagrama de tip Taylor, adaptare după Carslaw and Ropkins (2012)

Validarea metodelor de interpolare

Diagrama de tip Taylor

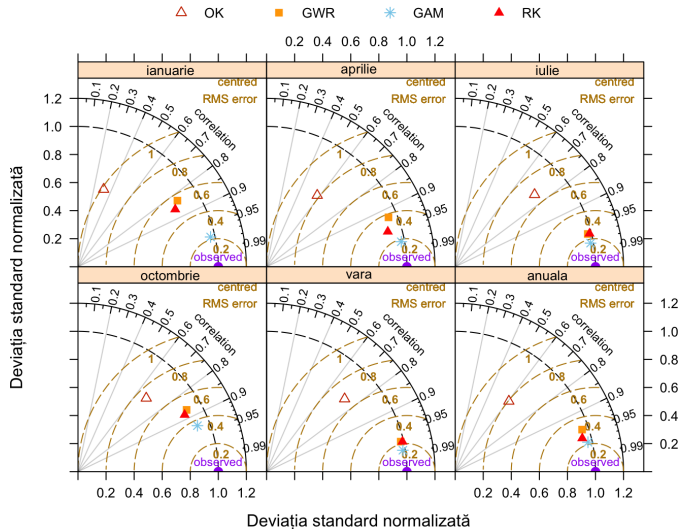
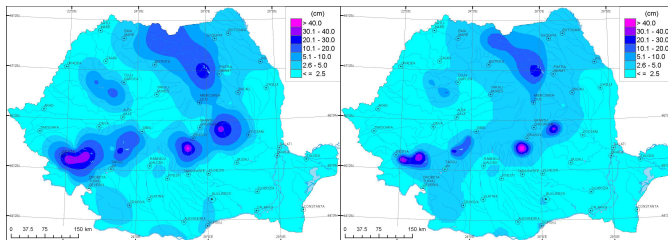


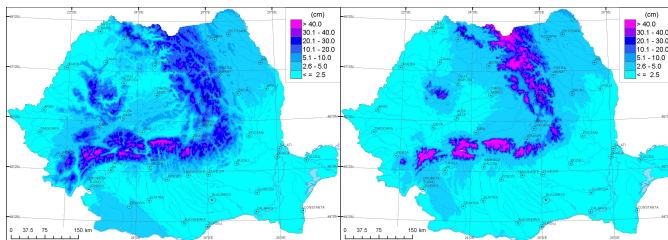
Figura: Diagrama de tip Taylor. Indice de ariditate de Martonne calculat vs. Indice de ariditate de Martonne estimat prin procedura de validare încrucișată, valori medii multianuale 1961-2010

Exemple de hărți climatice



(a) MQ

(b) OK



(c) GAM

(d) RK

Figura: Repartiția teritorială a grosimii medii a stratului de zăpadă (cm) în lunile octombrie-aprilie (1961-2010), prin patru metode de interpolare

"Tehnologii, date și cunoștințe geospațiale libere", 12-13 octombrie 2012 - București

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor mete

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Exemple de hărți climatice

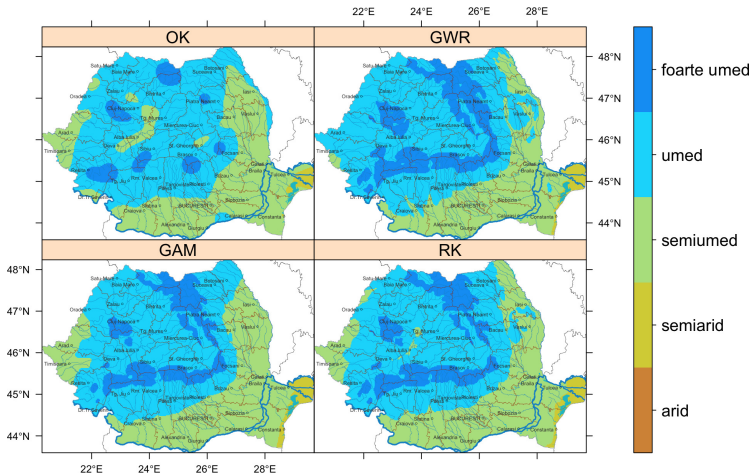


Figura: Repartiția teritorială a Indicelui de ariditate de Martonne, medii multianuale calculate pentru valorile anuale 1961-2010

Principii și metode aplicate în spațializarea parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor potențiali

Predictori derivați din Modelul Numeric Altimetric (MNA)

Produce de teledectie

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Exemple de hărți climatice

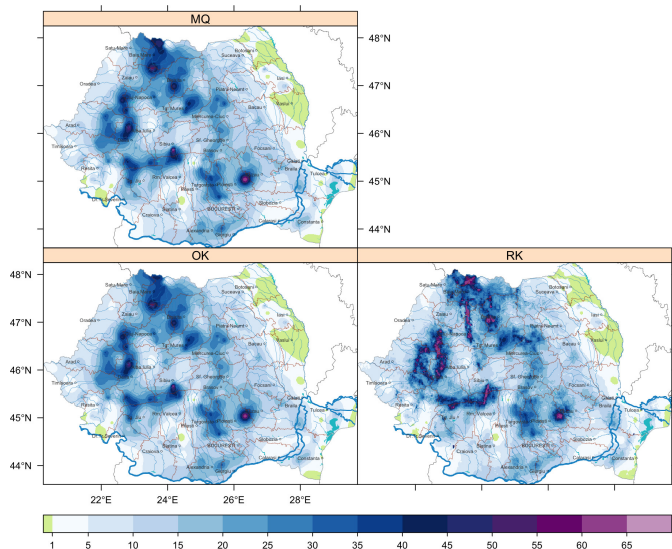


Figura: Repartiția teritorială a cantităților zilnice de precipitații (mm) înregistrate în 21.07.2011

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Exemple de hărți climatice

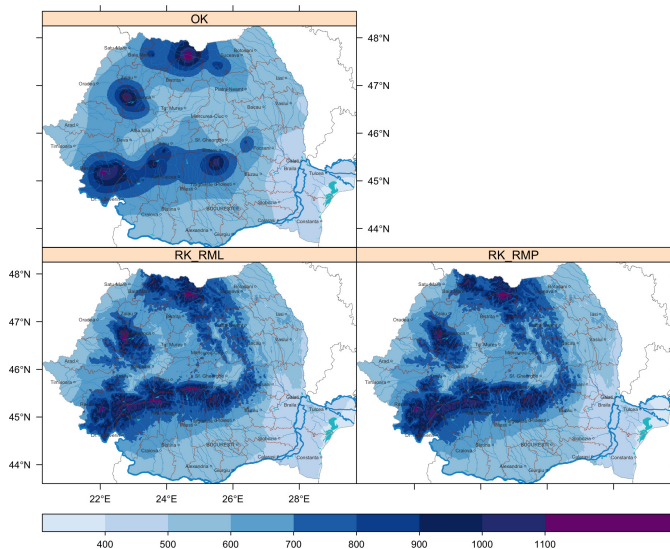


Figura: Repartiția teritorială a cantităților medii anuale (1961-1990) de precipitații (mm) prin metodele: OK, RK_RML și RK_RMP

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produce de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Exemple de hărți climatice

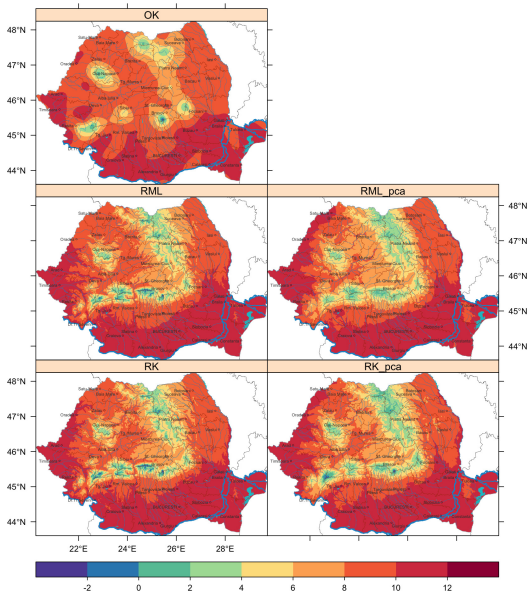


Figura: Repartiția valorilor temperaturii medii anuale a aerului ($^{\circ}\text{C}$) (1961-1990) prin diverse metode de spațializare

"Tehnologii, date și cunoștințe geospațiale libere", 12-13 octombrie 2012 - București

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Concluzii

- ▶ Cu ajutorul metodelor moderne de spațializarea se pot obține în mod eficient și corect reprezentări cartografice ale parametrilor meteorologici și climatici.
- ▶ În spațializarea parametrilor climatici, indiferent de rezoluția temporală, trebuie întodeaună verificată dependența variabilei analizate față de predictorii potențiali (MNA, produse de teledectie).
- ▶ Variabilitatea spațială a valorilor medii multianuale ale parametrilor climatici este întodeauna explicabilă prin predictorii derivați din MNA.
- ▶ Cu ajutorul metodelor uni-variate se poate obține rapid o imagine de ansamblu a distribuției teritoriale a parametrului analizat.
- ▶ În spațializarea valorilor zilnice se justifică utilizarea produselor de teledectie, care măsoare parametrii relevanți în raport cu variabila analizată, acestea prezentând o imagine reprezentativă a parametrului analizat pentru intervalu temporal luat în calcul.
- ▶ Automatizarea realizării hărților poate fi obținută eficient prin limbajul R, cu ajutorul căruia se pot parcurge toate etapele spațializării: analiza exploratorie a datelor, cuantificarea erorilor de estimare ale interpolărilor și reprezentarea grafică a suprafețelor spațializate.

Concluzii

- ▶ Cu ajutorul metodelor moderne de spațializarea se pot obține în mod eficient și corect reprezentări cartografice ale parametrilor meteorologici și climatici.
- ▶ În spațializarea parametrilor climatici, indiferent de rezoluția temporală, trebuie întodeaună verificată dependența variabilei analizate față de predictorii potențiali (MNA, produse de teledectie).
- ▶ Variabilitatea spațială a valorilor medii multianuale ale parametrilor climatici este întodeauna explicabilă prin predictorii derivați din MNA.
- ▶ Cu ajutorul metodelor uni-variate se poate obține rapid o imagine de ansamblu a distribuției teritoriale a parametrului analizat.
- ▶ În spațializarea valorilor zilnice se justifică utilizarea produselor de teledectie, care măsoare parametrii relevanți în raport cu variabila analizată, acestea prezentând o imagine reprezentativă a parametrului analizat pentru intervalu temporal luat în calcul.
- ▶ Automatizarea realizării hărților poate fi obținută eficient prin limbajul R, cu ajutorul căruia se pot parcurge toate etapele spațializării: analiza exploratorie a datelor, cuantificarea erorilor de estimare ale interpolărilor și reprezentarea grafică a suprafețelor spațializate.

Concluzii

- ▶ Cu ajutorul metodelor moderne de spațializarea se pot obține în mod eficient și corect reprezentări cartografice ale parametrilor meteorologici și climatici.
- ▶ În spațializarea parametrilor climatici, indiferent de rezoluția temporală, trebuie întodeaună verificată dependența variabilei analizate față de predictorii potențiali (MNA, produse de teledectie).
- ▶ Variabilitatea spațială a valorilor medii multianuale ale parametrilor climatici este întodeauna explicabilă prin predictorii derivați din MNA.
- ▶ Cu ajutorul metodelor uni-variate se poate obține rapid o imagine de ansamblu a distribuției teritoriale a parametrului analizat.
- ▶ În spațializarea valorilor zilnice se justifică utilizarea produselor de teledectie, care măsoare parametrii relevanți în raport cu variabila analizată, acestea prezentând o imagine reprezentativă a parametrului analizat pentru intervalu temporal luat în calcul.
- ▶ Automatizarea realizării hărților poate fi obținută eficient prin limbajul R, cu ajutorul căruia se pot parcurge toate etapele spațializării: analiza exploratorie a datelor, cuantificarea erorilor de estimare ale interpolărilor și reprezentarea grafică a suprafețelor spațializate.

Concluzii

- ▶ Cu ajutorul metodelor moderne de spațializarea se pot obține în mod eficient și corect reprezentări cartografice ale parametrilor meteorologici și climatici.
- ▶ În spațializarea parametrilor climatici, indiferent de rezoluția temporală, trebuie întodeaună verificată dependența variabilei analizate față de predictorii potențiali (MNA, produse de teledectie).
- ▶ Variabilitatea spațială a valorilor medii multianuale ale parametrilor climatici este întodeauna explicabilă prin predictorii derivați din MNA.
- ▶ Cu ajutorul metodelor uni-variate se poate obține rapid o imagine de ansamblu a distribuției teritoriale a parametrului analizat.
- ▶ În spațializarea valorilor zilnice se justifică utilizarea produselor de teledectie, care măsoare parametrii relevanți în raport cu variabila analizată, acestea prezentând o imagine reprezentativă a parametrului analizat pentru intervalu temporal luat în calcul.
- ▶ Automatizarea realizării hărților poate fi obținută eficient prin limbajul R, cu ajutorul căruia se pot parcurge toate etapele spațializării: analiza exploratorie a datelor, cuantificarea erorilor de estimare ale interpolărilor și reprezentarea grafică a suprafețelor spațializate.

Concluzii

- ▶ Cu ajutorul metodelor moderne de spațializarea se pot obține în mod eficient și corect reprezentări cartografice ale parametrilor meteorologici și climatici.
- ▶ În spațializarea parametrilor climatici, indiferent de rezoluția temporală, trebuie întodeaună verificată dependența variabilei analizate față de predictorii potențiali (MNA, produse de teledectie).
- ▶ Variabilitatea spațială a valorilor medii multianuale ale parametrilor climatici este întodeauna explicabilă prin predictorii derivați din MNA.
- ▶ Cu ajutorul metodelor uni-variate se poate obține rapid o imagine de ansamblu a distribuției teritoriale a parametrului analizat.
- ▶ În spațializarea valorilor zilnice se justifică utilizarea produselor de teledectie, care măsoare parametrii relevanți în raport cu variabila analizată, acestea prezentând o imagine reprezentativă a parametrului analizat pentru intervalu temporal luat în calcul.
- ▶ Automatizarea realizării hărților poate fi obținută eficient prin limbajul R, cu ajutorul căruia se pot parcurge toate etapele spațializării: analiza exploratorie a datelor, cuantificarea erorilor de estimare ale interpolărilor și reprezentarea grafică a suprafețelor spațializate.

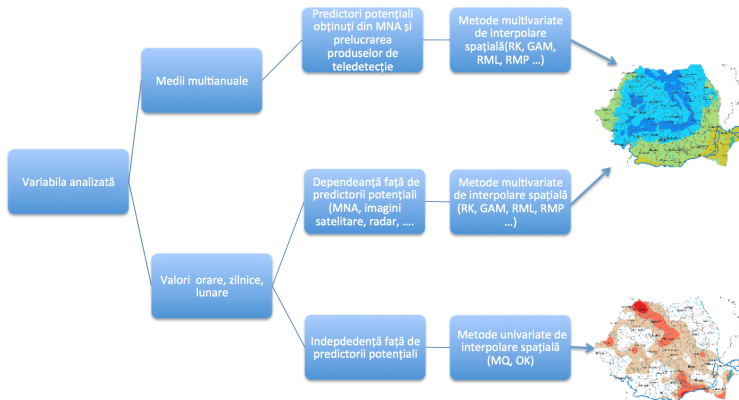
Concluzii

- ▶ Cu ajutorul metodelor moderne de spațializarea se pot obține în mod eficient și corect reprezentări cartografice ale parametrilor meteorologici și climatici.
- ▶ În spațializarea parametrilor climatici, indiferent de rezoluția temporală, trebuie întodeaună verificată dependența variabilei analizate față de predictorii potențiali (MNA, produse de teledectie).
- ▶ Variabilitatea spațială a valorilor medii multianuale ale parametrilor climatici este întodeauna explicabilă prin predictorii derivați din MNA.
- ▶ Cu ajutorul metodelor uni-variate se poate obține rapid o imagine de ansamblu a distribuției teritoriale a parametrului analizat.
- ▶ În spațializarea valorilor zilnice se justifică utilizarea produselor de teledectie, care măsoare parametrii relevanți în raport cu variabila analizată, acestea prezentând o imagine reprezentativă a parametrului analizat pentru intervalu temporal luat în calcul.
- ▶ Automatizarea realizării hărților poate fi obținută eficient prin limbajul R, cu ajutorul căruia se pot parcurge toate etapele spațializării: analiza exploratorie a datelor, cuantificarea erorilor de estimare ale interpolărilor și reprezentarea grafică a suprafețelor spațializate.

Concluzii

- ▶ Cu ajutorul metodelor moderne de spațializarea se pot obține în mod eficient și corect reprezentări cartografice ale parametrilor meteorologici și climatici.
- ▶ În spațializarea parametrilor climatici, indiferent de rezoluția temporală, trebuie întodeaună verificată dependența variabilei analizate față de predictorii potențiali (MNA, produse de teledectie).
- ▶ Variabilitatea spațială a valorilor medii multianuale ale parametrilor climatici este întodeauna explicabilă prin predictorii derivați din MNA.
- ▶ Cu ajutorul metodelor uni-variate se poate obține rapid o imagine de ansamblu a distribuției teritoriale a parametrului analizat.
- ▶ În spațializarea valorilor zilnice se justifică utilizarea produselor de teledectie, care măsoare parametrii relevanți în raport cu variabila analizată, acestea prezentând o imagine reprezentativă a parametrului analizat pentru intervalu temporal luat în calcul.
- ▶ Automatizarea realizării hărților poate fi obținută eficient prin limbajul R, cu ajutorul căruia se pot parcurge toate etapele spațializării: analiza exploratorie a datelor, cuantificarea erorilor de estimare ale interpolărilor și reprezentarea grafică a suprafețelor spațializate.

Concluzii



Principii și metode aplicate în spațializarea parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor potențiali

Predictori derivați din Modelul Numeric Altimetric (MNA)

Produse de teledetecție

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția pe trepte altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

Multumesc pentru atenție

Principii și metode
aplicate în
spațializarea
parametrilor climatici

Alexandru Dumitrescu

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBf

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor
potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produse de teledectie

Analiza exploratorie a
datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de
interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie

- Carslaw, D. C. and K. Ropkins, 2012: openair — An R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling and Software*, **27** - **28** (0), 52 – 61, doi:10.1016/j.envsoft.2011.09.008, URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815211002064>.
- De Smith, M., M. Goodchild, and P. Longley, 2007: *Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools*. Troubador Publishing.
- Draper, N. R. and H. Smith, 1998: *Applied Regression Analysis (Wiley Series in Probability and Statistics)*. 3d ed., Wiley-Interscience.
- Fotheringham, A., C. Brunsdon, and M. Charlton, 2002: *Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships*. John Wiley & Sons Inc.
- Fox, D., 1981: Judging air quality model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **62**, 599–609.
- Hastie, T. and R. Tibshirani, 1990: *Generalized additive models*. Chapman & Hall/CRC.
- Hengl, T., G. B. Heuvelink, and D. G. Rossiter, 2007: About regression-kriging: From equations to case studies. *Computers & Geosciences*, **33** (10), 1301 – 1315, doi:DOI:10.1016/j.cageo.2007.05.001.
- Johnston, K., J. Ver Hoef, K. Krivoruchko, and N. Lucas, 2001: *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*, Vol. 300. Esri New York.
- Matheron, G., 1963: Principles of Geostatistics. *Economic geology*, **58** (8), 1246–1266.
- Pebesma, E. J., 2004: Multivariable geostatistics in S the gstat package. *Computers & Geosciences*, **30**, 683–691.
- Thom, H. C. S., 1966: Some methods of climatological analysis. WMO Technical Note 81, World Meteorological Organisation, 53 pp. [WMO - No.199. TP. 103].
- Wilks, D., 2011: *Statistical methods in the atmospheric sciences*, Vol. 100. Academic press.
- Wood, S. N. and N. H. Augustin, 2002: GAMs with integrated model selection using penalized regression splines and applications to environmental modelling. *Ecological Modelling*, **157** (2-3), 157 – 177, doi:DOI:10.1016/S0304-3800(02)00193-X.

Introducere

Metode de spațializare

IDW

RBF

Regresia liniară și
polinomială

GWR

GAM

Kriging

Obținerea predictorilor potențiali

Predictori derivați din
Modelul Numeric Altimetric
(MNA)

Produce de teledectie

Analiza exploratorie a datelor măsurate

Distribuția pe trepte
altitudinale a stațiilor meteo

Distribuția de frecvență

Analiza de regresie

Validarea metodelor de interpolare

Metoda mono-eliminării

Diagrama de tip Taylor

Exemple de hărți

Concluzii

Bibliografie