NEKA METODA ZA OBJEKTIVNO KONTROLO PARAMETROV VREMENA

A METHOD FOR OBJECTIVE CONTROL OF WEATHER PARAMETERS

551.501.4

JOŽE ROŠKAR

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

The method treated is based on climatic similarity of stations. Climatic similarity is defined by divided differences. For a given station the divided difference is found for the observed weather parameter at each time point t_i. In this way a function, called the trend of the observed parameter, is obtained. Then the distances among the trend of the given station and those of other stations are calculated. With respect to the selected station the others can be arranged according to climatic similarity, viz. according to the distance among trends. For the selected station the mean trend is calculated from first m- climatic similar stations, and it will be used for extrapolation of the value at time t_{i+1}. Extrapolated values can be used for control of the observed values at time t_{i+1} or for filling up the missing data. This can be done presuming the weather changes gradually.

POVZETEK

Metoda, ki jo bomo obravnavali, temelji na klimatološko podobnih postajah. Klimatološko podobnost definiramo z deljenimi diferencami. Dani postaji poiščemo v vsaki časovni točki t_i deljeno diferenco za opazovani parameter vremena. Tako dobimo funkcijo, ki jo imenujemo trend opazovanega parametra. Nato izračunamo razdalje med trendom obravnavane postaje in trendi drugih postaj. Za vsako postajo lahko druge postaje uredimo po klimatološki podobnosti, to je po velikosti razdalj med trendi. Iz prvih m klimatološko podobnih postaj sestavimo poprečen trend opazovanega parametra za izbrano postajo, ki ga bomo rabili za ekstrapolacijo

vrednosti v času t_{i+1}. Ekstrapolirane vrednosti lahko uporabimo za kontrolo v času t_{i+1} ali pa za interpolacijo podatkov v času t_{i+1}. To lahko naredimo ob predpostavki, da se vreme spreminja počasi.

UVOD

V Sloveniji imamo nad 100 postaj, kjer opazujemo in merimo osnovne parametre vremena, kot so temperatura, pritisk, veter, padavine itd. Kljub prizadevanjem še zdaj ni učinkovite metode za objektivno kontrolo posameznih podatkov. Ena izmed metod v rabi temelji na klasični korelaciji, pri kateri pa ne upoštevamo dinamike posameznih vremenskih procesov. Problem je na ta način tudi težko formulirati, saj ne moremo trditi, da so izmerjene vrednosti v različnih časih med seboj neodvisne. Kakor vemo, pa je neodvisnost podatkov v nizu osnovni pogoj za uporabo korelacije. Boljše rezultate bi dobili s teorijo slučajnih procesov. Obravnavati bi morali vsak vremenski tip zase, s tem pa bi vnesli individualno tipizacijo vremenskih situacij in taka kontrola ne bi bila več objektivna.

Tukaj opisujemo metodo, katere ideja je vzeta iz prognostičnih vremenskih kart. Na osnovi podatkov v času t_i na poseben način ekstrapoliramo stanje v času t_{i+1}. Rekli bomo, da sta si postaji klimatološko podobni glede določenega parametra vremena, če se trenda tega parametra pri obeh postajah dobro ujemata. Z drugimi besedami pomeni to, da imata postaji skoraj enako spremembo določenega parametra v časovni enoti. Reševanje problema je računsko precej zahtevno, saj zahteva precejšnje število aritmetičnih operacij. Če imamo poleg izbrane še N postaj, je za določitev njej klimatološko podobnih postaj treba opraviti najmanj N^2 seštevanj in 10 N množenj. To pa se ustrezno poveča, če hočemo obdelati več postaj in podobnost glede več vremenskih parametrov. Zato je jasno, da take kontrole ne moremo delati brez elektronskih računalnikov. Zahvaljujoč rednim obdelavam, ki jih opravljamo na Republiškem računskem centru, smo lahko preizkusili metodo na večjem številu podatkov.

ISKANJE KLIMATOLOŠKO PODOBNIH POSTAJ

Vzemimo, da imamo N+1 postajo, na katerih merimo neki parameter vremena. Meritve parametra vremena na neki postaji so diskretne vrednosti časovne funkcije. Dano imamo torej zaporedje

$f_j(t_i)$, $t_i \in T$ za vsako postajo $j = 0,1,\dots,N$. t_i so termini opazovanj, T je pa interval od prve meritve do zadnje. Število meritev lahko poljubno izbiramo. Lahko vzamemo opazovanja samo v enem dnevu; v tem primeru imamo 4 opazovanja, če imamo opraviti z navadnimi klimatološkimi postajami; lahko vzamemo opazovanja iz več dni, celo mesecev itd. Izberemo si postajo in parameter vremena. Računski postopek poteka v dveh korakih. Najprej poiščemo k izbrani postaji m klimatološko podobnih postaj, nato pa z m trendi izbranega parametra vremena klimatološko podobnih postaj skonstruiramo funkcijo $F(t_i)$, ki predstavlja popreč̌en trend parametra vremena v intervalu opazovanj T.

Imamo torej (N+1) zaporedij $f_j(t_i)$, $t_i \in T$, $j = 0,1,\dots,N$. Število opazovanj naj bo n, torej je $i = 1,\dots,n$. Trend parametra vremena definirajmo takole:

$$T_j(t_i) = (f_j(t_{i+1}) - f_j(t_i))/(t_{i+1} - t_i), \qquad (1)$$

$$j = 0,1,2,\dots,N; \quad i = 1,\dots,n.$$

Poglejmo funkcijo:

$$d_k = \varrho_k^2 = \sum_{i=1}^{n} (T_0(t_i) - T_k(t_i))^2, \quad k = 1,\dots,N. \qquad (2)$$

Funkcija ϱ_k je razdalja med trendom $T_0(t_i)$ in trendom $T_k(t_i)$. Ker smo izbrali eno postajo, lahko vzamemo, da ima ta indeks $j = 0$. Tako dobimo zaporedje kvadratov razdalj d_k, $k = 1,\dots,N$, ki je zaporedje realnih števil. Lahko ga uredimo po velikosti. Naj velja:

$$d_{k_1} \leqq d_{k_2} \leqq d_{k_3} \leqq \dots \leqq d_{k_N}. \qquad (3)$$

Rečemo lahko, da je funkcija $f_{k_1}(t_i)$, ki ji pripada najmanjša razdalja iz niza (3), klimatološko najbolj podobna funkciji $f_0(t_i)$, naslednja malo manj itd. Če bomo iskali m klimatološko podobnih funkcij, bomo s tem mislili tiste funkcije, ki jim pripadajo raz dalje do indeksa k_m v nizu (3).

KONSTRUKCIJA FUNKCIJE $F(t_i)$

Vzemimo m klimatološko podobnih postaj. Njihove indekse $k_1,\dots,k_m$ preimenujemo v indekse $1,2,\dots,m$; izvajamo izraz:

$$F(t_i) = b_1 T_1(t_i) + b_2 T_2(t_i) + \ldots + b_m T_m(t_i), \quad (4)$$

pri čemer so T_j trendi ustreznih parametrov vremena, b_j pa pozitivne uteži, ki naj zadoščajo pogoju:

$$\sum_{j=1}^{m} b_j = 1. \quad (5)$$

Uteži moramo pri pogoju (5) tako skonstruirati, da bo imel parameter vremena, katerega razdalja med trendoma T_0 in T_k je najmanjša, največji vpliv na funkcijo $F(t_i)$. Tako obliko imajo na primer uteži:

$$b_r = (1/d_r)/S, \quad r = 1, \ldots, m; \quad \text{pri tem je:}$$

$$S = \sum_{i=1}^{m} 1/d_i.$$

Na ta način smo skonstruirali funkcilo $F(t_i)$, ki jo vzamemo za trend parametra vremena, ki smo ga izbrali. Vse to se seveda dogaja na izbrani postaji z indeksom $j = 0$. Pri konstrukciji funkcije $F(t_i)$ ostaja odprt problem določitev števila m, ali pa koliko klimatološko podobnih postaj upoštevamo. Lahko si pomagamo tako, da m postopoma povečujemo. Izvajamo:

$$F_m(t_i) = b_1^{(m)} T_1(t_1) + \ldots + b_m^{(m)} T_m(t_i)$$

$$F_{m+1}(t_i) = b_1^{(m+1)} T_1(t_i) + \ldots + b_{m+1}^{(m+1)} T_{m+1}(t_i).$$

Zdaj poglejmo razliko:

$$R = \sum_{i=1}^{n} (F_{m+1}(t_i) - F_m(t_i))^2.$$

Predpišemo $\varepsilon > 0$. Pri izvajanju izraza (4) vzamemo tako velik m, da je $R < \varepsilon$. Za vsak posamezen parameter vremena moramo seveda izbrati svoj ε.

UPORABNOST FUNKCIJE $F(t_i)$

Postavimo: trend parametra vremena v času t_{i+1} je enak trendu istega parametra v času t_i. To pomeni, da je vreme v dveh zaporednih časovnih intervalih približno enako in so torej tudi parametri vremena približno enaki. Na ta način na primer izključimo hitre spremembe vremena (prehode front, lokalne nevihte itd.). Če pa upoštevamo, da je vreme v glavnem stabilno, smo s tem naredili le manjšo napako. Posebej pa je treba premisliti v primeru hitrih sprememb vremena.

Pri tej predpostavki lahko vzamemo funkcijo $F(t_i)$ kot ekstrapoliran trend časovne funkcije $f_0(t_i)$ izbranega elementa vremena v času t_{i+1}. Ako uporabimo Taylorjevo vrsto ali izrek o končnem prirastku funkcije /1/, lahko napišemo:

$$f_0'(t_{i+1}) = f_0(t_i) + F(t_i)(t_{i+1} - t_i).$$

Z dobljenimi vrednostmi funkcije $f_0'(t_{i+1})$ lahko kontroliramo vrednosti dejanske funkcije $f_0(t_{i+1})$ tako, da jih med seboj primerjamo, ali pa jih privzamemo kot interpolirane v primeru, ko nam dejanske meritve manjkajo.

Poglejmo še število aritmetičnih operacij, ki je potrebno za izračunavanje funkcije $F(t_i)$. Naj bo N število postaj, n število opazovanj in m število klimatološko podobnih postaj, ki jih upoštevamo pri izvajanju funkcije $F(t_i)$. Tedaj imamo približno $(N^2 + 4Nn + nm)$ seštevanj in $(Nm + mn)$ množenj. V primeru, da obdelujemo 100 postaj za en dan, torej $n = 4$ in $N = 100$ in za vsako izbrano postajo upoštevamo 10 klimatološko podobnih postaj, potrebujemo za vsako izbrano postajo in izbran parameter vremena približno 5 700 seštevanj in 380 množenj.

NEKAJ PRIMEROV ISKANJA KLIMATOLOŠKO PODOBNIH POSTAJ GLEDE NA TEMPERATURO

Vzeli smo podatke navadnih klimatoloških postaj za januar 1972. leta. Najprej smo poiskali Ljubljani klimatološko podobne postaje za dan 2. januar. Kot rezultat smo dobili:

1. Grm pri Radohovi vasi	d = 0.006
2. Javorje nad Poljanami	d = 0.008
3. Sevno na Dolenjskem	d = 0.016
4. Mozirje	d = 0.021
5. Podlehnik	d = 0.027
6. Planina pri Rakeku	d = 0.031

7. Polički vrh pri Jarenini d = 0.032
8. Gornji grad d = 0.032
9. Lipoglav d = 0.034
10. Bizeljsko d = 0.040

Klimatološko najbolj nepodobna postaja je bila v tem primeru Rateče Planica, katere razdalja d je bila 9.56977. Tako lahko dobimo primerjavo za oceno razdalj. Vidimo lahko, da se zelo počasi spreminjajo. V drugem primeru smo iskali Ljubljani klimatološko podobne postaje za čas od 2. januarja do 4. januarja. Dobili smo:

1. Planina pri Rakeku d = 0.05
2. Lipe na Barju d = 0.08
3. Lipoglav d = 0.12
4. Javorje nad Poljanami d = 0.18
5. Gornji grad d = 0.20
6. Brnik d = 0.22
7. Nova sela pri Kočevju d = 0.22
8. Rakitna d = 0.22
9. Plesko pri Hrastniku d = 0.22
10. Šmartno pri Slovenj Gradcu d = 0.26

Kot klimatološko najmanj podobna postaja je bila Žičnica na Krvavcu s kvadratom razdalje d = 12.67.

V tretjem primeru si oglejmo Ljubljani klimatološko najbolj podobne postaje za čas od 2. do 21. januarja 1972. leta. Dobili smo:

1. Vrhnika d = 3.48
2. Lipe na Barju d = 3.97
3. Lipoglav d = 4.96
4. Novo mesto d = 5.09
5. Klenik pri Vačah d = 5.34
6. Črnomelj d = 6.09
7. Gornji grad d = 6.33
8. Plesko pri Hrastniku d = 6.71
9. Turški vrh pri Zavrču d = 7.43
10. Jeruzalem d = 7.83

Kot klimatološko najmanj podobna postaja Ljubljani je v tem primeru bila Rateče Planica s kvadratom razdalje d = 100.30.

Na koncu si še oglejmo, kaj dobimo, ako vzamemo v pretres ves mesec januar 1972. leta:

1. Vrhnika d = 7.26
2. Lipoglav d = 9.95
3. Klenik pri Vačah d = 10.96

4. Šmarna gora d = 12.32
5. Lipe na Barju d = 12.63
6. Rovte d = 13.88
7. Planina pri Rakeku d = 14.52
8. Sela pri Planini nad Sevnico d = 14.64
9. Šmarje Sap d = 14.86
10. Radeče pri Zidanem mostu d = 14.91

Kot najbolj nepodobna je bila Svečina s kvadratom razdalje d = 140.74.

Opazimo, da so razdalje absolutno tem večje, kolikor večji časovni niz vzamemo. To je tudi razumljivo iz definicije razdalje (2). Gornji primeri nazorno kažejo, da niti za kontrolo niti za interpolacijo ne gre jemati podatkov iz istih postaj v različnih časih ali vremenskih situacijah. Smiselno je klimatološko podobne postaje izračunavati sproti za vsak dan ali pa za vsak čas opazovanja, ki nas zanima. Izkaže se tudi, da izpadejo v daljšem nizu kot klimatološko podobne postaje tiste, ki so tudi geografsko blizu. Vemo, da ima Ljubljana v januarju precej meglenih dni in tudi januar 1972. leta ni bil izjema. Tako smo pri obdelavi s celomesečnim nizom kot klimatološko najbolj podobne dobili tiste postaje, ki ležijo v Ljubljanski kotlini. Nikakor pa to ne velja za enodnevne nize.

LITERATURA

/1/ G.M. Fihtengolc: Kurs diferencialnogo i integralnogo isčislenija. Izdavateljstvo "Nauka", Glavnaja redakcija fiziko - matematičeskoj literaturi, Moskva, 1966.