

OBDELAVA VETRA Z AVTOMATSKO METEOROLOŠKO POSTAJO  
PROCESSING OF WIND DATA WITH AUTOMATIC WEATHER STATION

Tone PLANINŠEK, Bojan PARADIŽ, Hilda SOLOMUN  
Meteorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

In the paper possibilities of wind data processing at automatic weather station are given. A comparison with the treatment of classic anemograph data is given, as well. An automatic weather station has many advantages with regard to classic treatment, viz. at computations of derived quantities, viz. vector velocity, standard deviation of velocity and direction.

POVZETEK

V referatu so prikazane možnosti obdelave vetra na AMP. Podana je tudi primerjava z obdelavo pri klasičnih anemografih. Pokaže se, da ima AMP veliko prednosti pred klasično obdelavo pri računanju izvedenih količin, kot so vektorska hitrost ter sipanje hitrosti in smeri.

UVOD

Prizemni podatki o vetru ter podatki z meteoroloških stolpov spadajo med važnejše meteorološke podatke tako za sinoptične kot za klimatološke potrebe. Še posebej pa so ti podatki pomembni pri študiju difuzije v atmosferi, študiju izhlapevanja in pri podobnem. Kvaliteta podatkov je odvisna od senzorjev, prenosa in zapisa. Možnost obdelave je seveda odvisna od zapisa. Na tem področju je bil z uvedbo avtomatskega zapisa storjen velik napredek, ki je omogočil tudi računanje izvedenih količin, kot so vektorska hitrost ter sipanje hitrosti in smeri.

MOŽNOSTI OBDELAVE PODATKOV S KLASIČNIMI PISALNIKI

Pri klasičnih anemografih imamo navadno zapisano smer, pot in trenutno hitrost, ali pa poprečno hitrost za določen časovni interval. Običajno se jemlje enourni interval za določanje prevladujoče smeri ter srednje in maksimalne hitrosti. Za računalniško obdelavo lahko vzamemo tudi krajše časovne intervale, toda pri standardni hitrosti traku 2 cm/h ne moremo intervala skrajšati dosti pod 10 minut. S tem pa se odpovemo različnim izvedenim količinam, ki pa za sinoptične in klimatološke potrebe niso nujno potrebne, rabimo pa jih pri različnih študijah atmosfere.

## HITROST VETRA

Poprečna skalarna hitrost

To je poprečna hitrost, ki smo je vajeni pri običajnih obdelavah.

Izračunamo jo z izrazom:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (1)$$

pri čemer je  $\bar{v}$  poprečna skalarna hitrost,  $n$  število sempliranih vzorcev ter  $v_i$  trenutna hitrost. Poprečna skalarna hitrost vetra ne da točne slike gibanja zraka okoli anemometra, ker merjenje hitrosti ni odvisno od smeri. Zato instrument pobere vse odklone in pokaže večjo hitrost, kot je dejanska hitrost gibanja zraka.

## VEKTORSKA HITROST

Vektorsko hitrost izračunamo tako, da trenutno hitrost razstavimo na komponenti kartezičnega sistema, katerega ordinatna os je usmerjena proti severu, abscisna pa proti vzhodu:

$$v_{xi} = v_i \sin \varphi_i \quad v_{yi} = v_i \cos \varphi_i \quad (2)$$

$\varphi$  štejeemo od severa v negativni smeri. Nato komponenti seštejemo ter izračunamo vektorsko hitrost:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (3)$$

pri čemer je:

$$v_x = \sum_{i=1}^n v_{xi} \quad v_y = \sum_{i=1}^n v_{yi} \quad (4)$$

Vektorska hitrost nam pokaže dejanski premik zraka v določenem časovnem intervalu, kar je precej boljši podatek od poprečne skalarne hitrosti. Vektorsko hitrost lahko dobimo tudi z dvema pravokotno postavljenima vetrnicama, vendar s takšno postavitvijo senzorjev izgubimo trenutne vrednosti za smer in hitrost vetra oz. so te dostopne samo z računanjem. Pri tem pa dosti lažje računamo izvedene hitrosti iz podatkov za smer in hitrost. Ekstremne vrednosti hitrosti vetra določimo s primerjavo tekočih podatkov z do takrat največjim oz. najmanjšim. Ti dve vrednosti nam v primerjavi s poprečno hitrostjo vetra služita kot merilo fluktuacij hitrosti.

## FLUKTUACIJE HITROSTI

Kot merilo stabilnosti vetra nam lahko veliko pove razmerje med vektorsko in skalarno hitrostjo, za drugo merilo pa nam lahko služi tudi razmerje  $v_{\max}/\bar{v}$ . Pri predpostavki, da je hitrost vetra v nekem intervalu normalno porazdeljena okoli neke srednje hitrosti, izračunamo tudi standardno deviacijo hitrosti vetra po formuli:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2} \quad (5)$$

oziroma

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2 - \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n v_i \right]^2} \quad (6)$$

Za korektno računanje standardne deviacije pa moramo seveda semplirati dovolj pogosto, da imamo dovolj podatkov v določenem časovnem intervalu.

## SMER VETRA

Prevladujoča smer vetra: to je smer, ki je najpogosteje zastopana v določenem intervalu.

Za računanje prevladujoče smeri vetra potrebujemo toliko celic spomina, kolikor smeri želimo upoštevati. V vsako celico spravljamo število primerov z določeno smerjo, ob koncu časovnega intervala pa poiščemo celico z največjim številom. Pri tem pa ni rečeno, da je ta smer dejanska smer premika zraka okoli anemometra.

## POPREČNA SMER VETRA

To je aritmetična sredina posameznih podatkov o smeri. Pri računanju moramo paziti na vrednost pri prehodu od smeri 31 na 0.

## VEKTORSKA SMER

Smer vektorja hitrosti dobimo z naslednjim postopkom:

$$\varphi' = \arctg \frac{v_x}{v_y} \quad (7)$$

$v_x$  in  $v_y$  izračunamo po enačbi (4). Pravo vrednost dobimo na naslednji način:

$$\begin{array}{lll} \text{pogoj} & & \\ v_x \geq 0 & v_y \geq 0 & \varphi = \varphi' \\ v_x \geq 0 & v_y < 0 & \varphi = 180^\circ - \varphi' \\ v_x < 0 & v_y < 0 & \varphi = 180^\circ + \varphi' \\ v_x < 0 & v_y \geq 0 & \varphi = 360^\circ - \varphi' \end{array}$$

Ta smer je boljša kot prevladujoča ali poprečna smer, ker pokaže dejanski pomik zraka v določenem časovnem intervalu ne glede na oscilacije vetra.

### FLUKTUACIJE SMERI

Dobro merilo za fluktuacije smeri je razmerje med vektorsko in skalarno hitrostjo vetra. S podobno predpostavko kot pri hitrosti si tudi pri smereh dovolimo računanje standardne deviacije. Predpostavljamo, da se poprečna smer tekočega intervala ne razlikuje mnogo od prejšnjega. Zato računamo standardno deviacijo po formuli:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (s_i - \bar{s}_p)^2} \quad (8)$$

pri čemer je  $\bar{s}_p$  poprečna smer v prejšnjem časovnem intervalu,  $s_i$  pa je tekoči podatek o smeri. Če je razlika ( $s_i - \bar{s}_p$ ) večja od  $180^\circ$ , jo je treba odšteti od  $360^\circ$ .

Ob koncu intervala dobimo tudi srednjo vrednost zaključenega intervala  $\bar{s}$ . Če se ta razlikuje od  $\bar{s}_p$ , s katero smo računali standardno deviacijo, to vrednost popravimo z izrazom A, ki je razlika med kvadrati standardnih deviacij, računanih za  $\bar{s}$  in  $\bar{s}_p$ :

$$A = \frac{1}{n-1} \left[ 2(\bar{s}_p - \bar{s}) \sum_{i=1}^n s_i + n(\bar{s}^2 - \bar{s}_p^2) \right] \quad (9)$$

Pri računanju standardnih deviacij pa je še nedefinirana dolžina intervala, v katerem lahko računamo te količine. Zaradi pomanjkanja časa nismo mogli obdelati več kot tri primere, tako da ostane ta problem predmet za prihodnje raziskave.

### IZRAČUNI

Pri treh obdelanih primerih smo zapisovali hitrost in smer vetra vsakih 10 sekund. Primere smo izbrali tako, da smo imeli enkrat majhne hitrosti in stabil-

no smer, enkrat majhne hitrosti in nestabilno smer ter enkrat velike hitrosti in stabilno smer. Vsi primeri so bili merjeni dopoldne 9.9.1977 na strehi Meteorološkega zavoda SRS v Ljubljani. Rezultati so dani v naslednji tabeli:

Tabela 1: Izvedene vrednosti podatkov o vetru v Ljubljani, 9.9.1977

čas	7.30 - 8.00	8.30 - 9.00	10.45 - 11.15
$\bar{v}$	0.6 m/s	0.9 m/s	9.5 m/s
$ \bar{v} $	0.2 m/s	0.6 m/s	9.4 m/s
$v_{\max}$	1.5 m/s	1.5 m/s	18.2 m/s
$v_{\max}/\bar{v}$	2.73	1.65	1.92
$ \bar{v} /\bar{v}$	0.38	0.70	0.99
$\sigma_v$	0.4 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	0.8 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	3.1 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
$\bar{s}$	7	11	2
$\bar{s}$	4	13	2
$s_n$	1	13	2
$\sigma_s$	7.2	4.7	0.7

Oznake pomenijo:  $\bar{v}$  - poprečna skalarna hitrost,  $|\bar{v}|$  - velikost vektorja hitrosti,  $v_{\max}$  - maksimalna hitrost,  $\sigma_v$  - standardna deviacija,  $\bar{s}$  - poprečna smer (od 0-31),  $\bar{s}$  - smer vektorja hitrosti,  $s_n$  - najpogostejša (prevladujoča) smer.

Iz tabele je razvidno, da imamo tri povsem različne tipe vetra. Pri tretjem in deloma pri drugem vidimo, da se vektorski in skalarni podatki ujemajo, pri prvem pa je jasno, da nam skalarni podatki ne dajo prave slike gibanja zraka okoli anemometra. Primerjav med standardnimi deviacijami in razmerjem  $|\bar{v}|/\bar{v}$  nismo delali zaradi premajhnega števila obdelanih primerov.

### ZAKLJUČKI

Na nujnost podrobnejše obravnave vetra so nas poleg drugega opozorili poskusi z dimnimi bombami, ki smo jih izvajali pri določanju cirkulacije zraka v okolici RUŽV. Tam dimna sled pri šibkem vetru ni potekala naravnost od vira v smeri vetra, ampak se je vijugala po celi širini doline. Na podlagi tega smo skleпали, da nam dober podatek o premiku zraka okoli neke točke dajo le vektorski podatki. Pri izračunu se je to tudi pokazalo (primer od 7.30 do 8.00 v tabeli 1). Pri študiju difuzije oz. določanju stabilnosti atmosfere pa nam bodo v veliko pomoč podatki o fluktuaciji hitrosti in smeri vetra. Z AMP z mikroročunalnikom, ki smo jo pred kratkim pognali na Meteorološkem zavodu SRS, nam bodo ti podatki lahko dostopni, potrebne pa so še raziskave, da jih bomo znali pravilno uporabljati.