

Modeļproгноžu pēcapstrādes metožu verifikācijas dati. Verifikācijas metriku un brīvpieejas datubāzes apraksts.

Satura rādītājs

1.	Verifikācijas metriku aprēķins	2
1.1.	Apzīmējumi.....	2
1.2.	Verifikācijas metrikas nepārtrauktiem datiem	2
1.2.1.	BIAS – vidējā kļūda.....	2
1.2.2.	PBIAS – procentuālā vidējā kļūda	2
1.2.3.	RMSE – vidējā kvadrātiskā kļūda	2
1.2.4.	NSE – Naša-Satklifa efektivitātes koeficients (<i>Nash-Sutcliffe efficiency</i>).....	2
1.2.5.	R^2 – determinācijas koeficients	3
1.3.	Verifikācijas metrikas dihotomiem datiem	3
1.3.1.	Iespējamību tabula (<i>Contingency table</i>).....	3
1.3.2.	Heidkes kvalitātes novērtējums (<i>Heidke skill score</i>).....	3
2.	Verifikācijas indikatoru aprēķins un rezultāti verifikācijas matricā.....	4

1. Verifikācijas metrikas aprēķins

1.1. Apzīmējumi

N – prognožu un atbilstošo novērojumu pāru skaits;

f_i – prognozētā vērtība;

o_i – novērotā vērtība;

o_{ave} – vidējā novērojumu vērtība ($o_{ave} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N o_i$).

1.2. Verifikācijas metrikas nepārtrauktiem datiem

1.2.1. BIAS – vidējā kļūda

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_i (o_i - f_i)$$

Vidējā kļūda parāda to, vai prognožu un novērojumu vidējā vērtība sakrīt. Ideālajā gadījumā vidējā kļūda ir nulle, taču tas, ka vidējā kļūda ir nulle, nenozīmē, ka prognozes rezultāti ideāli sakrīt ar novērojumiem. Vidējā kļūda var būt gan pozitīva, gan negatīva. Ja vidējā kļūda ir lielāka par nulli, tad prognožu vērtības ir lielākas par novērojumiem (piemēram, temperatūras gadījumā prognoze ir siltāka, kā novērojumi un vējš prognozē ir ātrāks nekā novērojums). Ja vidējā kļūda ir mazāka par nulli, tad novērojumu skaitliskā vērtība ir lielāka par prognozi (temperatūras prognoze ir aukstāka, prognozētais vējš ir lēnāks par novēroto).

1.2.2. PBIAS – procentuālā vidējā kļūda

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^N (o_i - f_i) \cdot 100}{\sum_{i=1}^N o_i}$$

Procentuālā vidējā kļūda līdzīgi kā vidējā kļūda parāda vidējās vērtības sakrītību un to vai prognoze ir vidēji lielāka vai mazāka par novērojumiem. Atšķirība ir tajā, ka $PBIAS$ šo nobīdi izsaka procentos.

1.2.3. RMSE – vidējā kvadrātiskā kļūda

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i (f_i - o_i)^2}$$

$RMSE$ var būt lielāka vai vienāda ar nulli. $RMSE$ ir nulle gadījumā, ja prognozes ideāli sakrīt ar novērojumiem. Jo lielāka ir $RMSE$ vērtība, jo sliktāka ir prognozes kvalitāte. $RMSE$ vērtība nav atkarīga no tā, vai prognoze ir lielāka vai mazāka par novērojumiem.

1.2.4. NSE – Naša-Satklifa efektivitātes koeficients (*Nash-Sutcliffe efficiency*)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (o_i - f_i)^2}{\sum_{i=1}^N (o_i - o_{ave})^2}$$

NSE raksturo atlikumu dispersijas relatīvo izmēru salīdzinājumā ar novēroto datu dispersiju. *NSE* apraksta, cik labi grafiks novērotajiem pret modelētajiem (prognozētajiem) datiem atbilst 1:1 ($x = y$) līnijai. *NSE* pieņem vērtības no $-\infty$ līdz 1, kur $NSE = 1$ nozīmē perfektu atbilstību. Savukārt vērtības no 0 līdz 1 var uzskatīt par labiem novērtējumiem. Savukārt, ja ir iegūts $NSE < 0$, tad tas nozīmē, ka vidējā vērtība no novērojumiem ir labāka prognoze nekā modelētās vērtības.

1.2.5. R^2 - determinācijas koeficients

$$R^2 = \frac{(N \sum_{i=1}^N o_i f_i - (\sum_{i=1}^N o_i)(\sum_{i=1}^N f_i))^2}{(N(\sum_{i=1}^N o_i^2) - (\sum_{i=1}^N o_i)^2)(N(\sum_{i=1}^N f_i^2) - (\sum_{i=1}^N f_i)^2)}$$

Šis koeficients apraksta, cik lielu daļu novēroto datu dispersijas var izskaidrot ar modeli. R^2 pieņem vērtības no 0 līdz 1, un pēc iespējas augstākas vērtības apzīmē zemāku kļūdu dispersiju. Tipiski par labām tiek uzskatītas $R^2 > 0.5$.

1.3. Verifikācijas metrikas dihotomiem datiem

1.3.1. Iespējamību tabula (*Contingency table*)

Lielākā daļa dihotomo verifikācijas metriku var tikt aprēķinātas no iespējamību tabulas (Tabula 4) jeb „Contingency table”, kas aplūko visus iespējamus variantus. Ja prognožu sistēma paredzēja lietu, tad ir iespējami divi varianti - vai nu lietus tiešām realizējās, kas ir pozitīvais variants jeb trāpījums, vai arī lietus netika novērots un tāpēc prognoze uzskatāma par nepareizu (viltus trauksme). Ja lietus netika prognozēts, tad pozitīvi jāvērtē fakts, ka lietus neiestājās (pareizs „nē”). Ja lietus tomēr ir novērots, notikums ir palaists garām.

Tabula 4: Iespējamību tabula

	Novēroja lietu	Novēroja, ka nelīst
Prognozēja lietu	Trāpījums (<i>hits</i>)	Viltus trauksme (<i>false alarm / false positive</i>)
Prognozēja, ka nelīst	Palaists garām (<i>misses</i>)	Pareizs „nelīst” (<i>correct negative</i>)

1.3.2. Heidkes kvalitātes novērtējums (*Heidke skill score*)

N - kopējais novērojumu skaits

$$a = \frac{\text{trāpījums}}{N}$$

$$b = \frac{\text{viltus trauksme}}{N}$$

$$c = \frac{\text{palaists garām}}{N}$$

$$d = \frac{\text{pareizs "nē"}}{N}$$

$$HKV = \frac{2(ad - bc)}{(a + c)(c + d) + (a + b)(b + d)}$$

Šis novērtējums pieņem vērtības intervālā no $-\infty$ līdz 1, kur 1 apzīmē perfektu prognozi, savukārt negatīvas vērtības nozīmē, ka prognoze ir sliktāka nekā gadījumskaitļu prognoze, kas ir statistiski neatkarīga no novērojumiem.

2. Verifikācijas indikatoru aprēķins un rezultāti verifikācijas matricā

Lai veiktu verifikāciju iepriekšminēto produktu prognozēm, tika veikts prognožu salīdzinājums ar novērojumiem no sekojošām novērošanas stacijām:

- Alūksne
- Daugavpils
- Dobeles
- Liepāja
- Rīga, Latvijas Universitāte
- Rucava
- Horn A¹
- Stora Spansbergert A¹
- Hagshult Mo¹

Kā arī salīdzinājums tika veikts datiem par 2008.-2014. gadiem. Tika sarēķinātas atbilstošās verifikācijas metrikas (atkarībā no tā, vai dati bija nepārtraukti vai dihotomi) katrai stacijai un katram gadam.

Novērojumi tika iegūti, aprēķinot produktus atbilstoši iepriekš aprakstītajai metodikai no LVĢMC meteoroloģiskajiem datiem. Redzamības prognožu verifikācijai papildus novērojumu datiem no LVĢMC stacijām Alūksne, Daugavpils un Dobeles izmantoti arī Zviedrijas Meteoroloģijas un hidroloģijas institūta novērojumu dati no 3 zviedru stacijām. Savukārt

¹ Šajās Zviedrijas stacijās verifikācija veikta tikai produkta „Redzamība” prognozēm.

prognozētie lielumi tika iegūti, aprēķinot produktu vērtības no Dānijas Meteoroloģiskā institūta modeļa datiem.

Tabulā 5 ir attēloti produkti, kuriem tikta veikta verifikācija, un atbilstošais datu tips. Nepārtrauktajiem datiem tika aprēķināti indeksi BIAS, PBIAS, RMSE, NSE un R^2 . Savukārt dihotomajiem datiem tika aprēķinātas iespējamību tabulas vērtības attiecībā pret kopējo novērojumu skaitu (trāpījumi, viltus trauksmes, palaists garām, pareizs „nē”) un Heidkes kvalitātes novērtējums.

Verifikācijas rezultāti ir brīvi pieejami tiešsaistē: www.modlab.lv/PROMESYS/

Lai aplūkotu rezultātus, lietotājam ir jāizvēlas datu attēlošanas griezum: izvēloties 2 no 4 iespējām (Stacija; Gads; Produkts; Metrika) un tās specificējot, tabula tiks papildīta ar datiem no atlikušajiem 2 parametriem. Piemēram, izvēloties parametrus „Stacija” un „Produkts” (izvēle jāizdara, ieķeksējot pretī parametra vārdam ķeksīti un pēc tam nospiežot pogu „Apstiprināt”), lietotāja izvēlētajai stacijai (piemēram, Alūksne) un lietotāja uzdotajam produktam (piemēram, Šķietamā temperatūra) pēc pogas „Atlasīt datus tabulai” nospiešanas tabulā tiks attēlotas visas metriku vērtības visos verifikācijas gados.

Lai iegūtu citu datu griezumu, lietotājam no jauna ir jāizvēlas attēlojamie parametri un tie jāspecificē.

Tabula 5: Verificējamo produktu pārskats

Produkts	Nepārtraukti dati	Dihotomi dati
Redzamība ²³		X
Šķietamā temperatūra	X	
Zemeņu ziedēšana (sinusoīda metode) ⁴	X	
Zemeņu pirmās ogas (sinusoīda metode) ⁴	X	
Zemeņu otrās ogas (sinusoīda metode) ⁴	X	
Zemeņu ziedēšana (modificētā sinusoīda metode) ⁴	X	
Zemeņu pirmās ogas (mod. sinusoīda metode) ⁴	X	
Zemeņu otrās ogas (mod. sinusoīda metode) ⁴	X	
Tropiskās naktis		X
Saulaino stundu skaits	X	

² Tiek apskatīts vai redzamība ir virs 1 km vai zem 1 km.

³ Šinī gadījumā verifikācija katras stundas aprēķinātajai redzamībai tiek veikta pret novēroto redzamību.

⁴ Nepārtrauktu datu laikerindā tiek iegūta, apskatot konkrētajam procesam katru dienu akumulētās grādu dienas.