

ĪSTERMIŅA HIDROLOĢISKO PROGNOŽU ANALĪZE PĒC DAŽĀDU SKAITLISKO METEOROLOĢISKO MODEĻU LAIKAPSTĀKĻU PROGNOZĒM

Andrejs Zubanicš, Līga Klints

Valsts SIA "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs",
e-pasts: andrejs.zubanic@lvgmc.lv

Anotācija. Hidroloģiskās prognozes ļoti bieži ir noderīga informācija dažādās cilvēku darbībās, kad pastāv dabas apdraudējumu, piemēram, postošu plūdu iespējamība. Īstermiņa hidroloģiskās prognozes šādās situācijās ir vienas no noderīgākajām, sniedzot informāciju turpmākajām divām dienām. Prognožu modelēšanai pasaulē plaši izmanto laikapstākļu prognozes, ko nodrošina skaitliskie meteoroloģiskie modeļi (SMM). Šajā pētījumā tika izmantotas HIRLAM un ECMWF laikapstākļu prognozes. Pētījumā novērtēts, pēc kurām laikapstākļu prognozēm iespējams iegūt precīzākas hidroloģiskās prognozes. Prognozes tika modelētas trīs, reģionāli atšķirīgi esošiem, Latvijas upju baseiniem: Abava–Renda, Gauja–Sigulda un Dubna–Sīļi. Pētījumā analizēti divi periodi: 2013. gada aprīlis un maijs, kā arī 2014. gada oktobris. Īstermiņa hidroloģiskās prognozes tika modelētas, izmantojot daļēji sadalītu konceptuālo IHMS-HBV modeli. Iegūtās prognozes tika salīdzinātas ar reālajiem novērojumiem un savā starpā. Modeļa kalibrācijas rezultāti pētītajiem upju baseiniem ir novērtēti pēc Nach-Sutchcliffe efektivitātes vērtības, kas bija robežās no 0,86–0,88. Veicot prognožu salīdzinošo analīzi, secināts, ka labāki precizitātes un iestāšanās brīža rezultāti bija hidroloģiskajām prognozēm, kas iegūtas pēc ECMWF laikapstākļu prognozēm un būtiskākas neprecizitātes bija otrās dienas prognozēm.

Atslēgas vārdi: hidroloģiskās ansambļu prognozes, skaitliskie meteoroloģiskie modeļi, salīdzinoša analīze.

Ievads

Vairākus gadu desmitus cilvēki ir centušies izskaidrot dabas procesus ar matemātiskām metodēm. Šīs metodes ļauj raksturot dabas procesus, taču ne pilnībā un bieži pastāv nenoteiktības un kļūdas. Palielinoties skaitļošanas ierīču aprēķinu jaudai, par galvenajiem dabas procesu raksturojošiem rīkiem plaši izmanto matemātiskos modeļus, kuru pamatā ir reālās vides novērojumi (Gayathri *et al.* 2015). Modeļus, kas raksturo hidroloģiskās parādības, sauc par hidroloģiskajiem modeļiem, kas kļuvuši nozīmīgi hidroloģijas nozarē un principiāli ir vienīgie rīki, kurus izmanto hidroloģisko apstākļu raksturošanai pagātnē un nākotnē. Hidroloģisko un citu apstākļu nākotnes novērtējums ir prognoze. Viens no būtiskākajiem hidroloģisko apstākļu definējošajiem lielumiem ir ūdens caurplūdums, kas raksturo ūdens daudzumu konkrētā vietā un laikā. Pie vairākiem ūdens objektiem parasti izveidotas apdzīvotas vietas un tām ir potenciāli lielāks risks periodiski applūst, tāpēc ir nozīmīga sekošana hidroloģiskajiem apstākļiem un to pārmaiņām. Plūdiem ir ļoti plaša ietekme uz apdzīvotām vietām, jo ārkārtas situācijās iespējami cilvēku upuri, īpašumu postījumi un uz laiku pārtrauktas sociālās un ekonomiskās aktivitātes, liekot pieņemt krīzes risinājumus pasākumus (Verkade 2015). Hidroloģisko prognožu modelēšanas sistēmas galvenokārt sastāv no hidroloģiskajiem modeļiem, kuros tiek izmantoti novērojumu dati un informācija par ūdens objektu (Němec 1986). Hidroloģisko prognožu precizitāti ietekmē modeļa precizitāte, novērotie un prognozētie ievades dati un prognozētie meteoroloģiskie apstākļi. Sarežģīti

prognozēt nokrišņu daudzumu un to izkrišanas telpisko sadalījumu, kas rada neprecizitātes hidroloģiskajās prognozēs. Šajā pētījumā ir analizētas īstermiņa hidroloģiskās prognozes un to rezultāti. Īstermiņa hidroloģisko prognožu termiņš pieņemts 2 dienas. Pasaulē, Latvijā un arī šajā pētījumā hidroloģiskās prognozes tiek modelētas ar Zviedrijas Meteoroloģijas un hidroloģijas institūta izstrādātu IHMS-HBV modeli. Prognozētos meteoroloģisko apstākļus iespējams iegūt no SMM. Latvijā hidroloģiskās prognozes sniedz LVĢMC, kam par pamatu izmanto HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) un ECMWF (The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) sniegtās laika apstākļu prognozes. Pētījumā modelētas īstermiņa hidroloģiskās prognozes ar IHMS-HBV modeli, izmantojot divu SMM, ECMWF un HIRLAM, sniegtās laika apstākļu prognozes. Modelētās prognozes salīdzinātas ar caurplūduma apjoma, nokrišņu summas un gaisa temperatūras datiem ar reāli veiktajiem novērojumiem, kas modelēti no novērojumu tīklā veiktajiem novērojumiem. Pēc starpību lieluma noteikts, kura skaitliskās meteoroloģiskā modeļa laika apstākļu prognozes ļauj modelēt precīzākas hidroloģiskās prognozes. Pētījums sniedz ieskatu īstermiņa hidroloģisko prognožu modelēšanas iespējās Latvijas teritorijā. Izvēlētie pētījuma periodi saistāmi ar plašiem plūdiem 2013. gada pavasarī un rudens lietus uzplūdiem 2014. gada rudenī.

Materiāli un metodes

Pētījumā izmantoti hidroloģisko un meteoroloģisko novērojumu dati – diennakts vidējais ūdens caurplūdums (m^3/s), gaisa temperatūra ($^{\circ}C$) un diennakts nokrišņu summa (mm), kas iegūta no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra (LVĢMC). Papildus izmantoti potenciālās iztvaikošanas dati no Zosēnu un Ķemeru meteoroloģisko novērojumu stacijām. Izmantota arī informācija par zemes virsmas augstumu (SRTM) un zemes segumu (CORINE Land cover 2012). Informācijai par iespējamajiem laikapstākļiem tika izmantotas HIRLAM un ECMWF sniegtās prognozes. Meteoroloģisko un hidroloģisko novērojumu ilgtermiņa dati tika izmantoti par laika periodu no 1985. līdz 2014. gadam. Pētītajiem upju baseiniem izmantotās meteoroloģisko novērojumu stacijas (MNS) noteica pieejamie novērojumi un ģeogrāfiskā atrašanās vieta.

Sateces baseinu robežas un platības noteiktas pēc ĢIS vektoru datu slāņa, kas iegūts no LVĢMC. Zemes virsmas vidējā augstuma noteikšanai katrai zemes seguma klasei izmantots NASA SRTM datu virsmas augstumu modelis ar horizontālo izšķirtspēju 90 m. Sateces baseinus raksturojošie rādītāji ievadei IHMS-HBV modelī tika iegūti, analizējot telpiskos datus, ar ESRI ArcGIS ArcMap 10.0 telpisko datu apstrādes metodēm. IHMS-HBV modelī tika izveidoti izvēlēto upju baseini, ievadot fizioģeogrāfisko īpašību lielumus – baseina laukumu (km^2) līdz hidroloģisko novērojumu stacijai (HNS), zemes virsmas seguma sadalījumu baseina teritorijā un to vidējo augstumu m v.j.l. Papildus ievadītas MNS un HNS, kurās importēti hidroloģisko un meteoroloģisko novērojumu dati. Izvēlētajām MNS būtiskuma pakāpes tika piešķirtas pēc Tisena metodes (Davolio *et al.* 2008; Cēbers 2010; Pallo 2011).

Novērtējot modeļa darbības precizitāti, kalibrācija veikta periodam no 2000 līdz 2010. gadam un validācija periodam no 1990. līdz 1999. gadam. Īstermiņa hidroloģisko prognožu dati ir IHMS-HBV modelētais diennakts vidējais ūdens caurplūdums 0d un +1d. Prognozes analizētas divpusēji. Pirmkārt, no konkrētā SMM datiem modelētā prognoze salīdzināta ar novērojumu datiem. Otrkārt ar rezultātiem, kas iegūti ar otra SMM prognožu datiem. Rezultātu analīzei un novērtēšanai izmantotas pamata skaitliskās matemātiskās metodes.

Rezultāti

No 2013. gada aprīļa līdz maijam HIRLAM un ECMWF prognozēm ir līdzīga kopējā tendence, jo lielākās kļūdas prognozēs ir, ja mainās ūdens apjoms, precīzāk, apjomam palielinoties. To var uzskatīt arī par prognožu laicīguma kļūdu jeb *timing* (angļu val.). Atšķirība abu modeļu prognozēs ir kļūdas vērsumā – ECMWF prognozēm ir tendence būt ar negatīvu kļūdu, turpretī HIRLAM prognozē ar pozitīvu kļūdu. Kopumā šajā periodā ECMWF prognozes ir precīzākas, jo nav būtisku atšķirību 0d prognozēs un pirms lielā palu “pīķa” ECMWF prognožu rezultāti ir precīzāki gan 0d, gan +1d prognozēm. Piemēram, Abavas baseinam atšķirība 0d un +1d ir 10%. Gauja – Sigulda +1d prognožu rezultāti bieži atkārtoti ir par dažiem procentiem sliktāki nekā HIRLAM prognozēm. Līdzīgi arī Dubnas baseinam. Maijā pie caurplūduma apjoma samazināšanās, kļūdas abu modeļu prognozēm ir līdzīgas, bet apgrieztas, proti HIRLAM pārvērtē, bet ECMWF nenovērtē ar visai vienādu kļūdu.

2014. gada oktobra īstermiņa hidroloģisko prognožu precizitāte pēc HIRLAM un ECMWF ir līdzīga, tomēr iespējams novērtēt, ka Abavas un Irbes baseiniem īstermiņa hidroloģiskās prognozes ir modelētas precīzākas ar ECMWF modeļa meteoroloģiskajā prognozēm. Labāks rezultāts iegūts arī Gaujas un Dubnas baseiniem, kuros prognožu kļūdas atsevišķos gadījumos ir par 5% zemākas.

Secinājumi

1. No skaitlisko meteoroloģisko modeļu laikapstākļu prognožu datiem īstermiņa hidroloģisko prognožu precizitāti visbūtiskāk ietekmē diennakts nokrišņu summas prognozes precizitāte.

2. Būtiskākās kļūdas īstermiņa hidroloģisko prognožu rezultātos ir +1d jeb 48 stundu prognozēs un tās galvenokārt rodas, palielinoties ūdens apjomam upēs.

3. Īstermiņa hidroloģisko prognožu rezultāti pēc HIRLAM laikapstākļu prognozēm tiek pārvērtēti, bet pēc ECMWF netiek novērtēti jeb prognozēti mazāki.

4. Pētījumā noskaidrots, ka precīzākās īstermiņa hidroloģiskās prognozes ir iegūtas, izmantojot ECMWF laikapstākļu prognozes.

Atsauces

Cēbers, K. (2010). Konceptuālā IHMS-HBV modeļa pielietošana hidroloģisko procesu simulēšanā: Gaujas baseina piemērs: bakalaura darbs, Rīga: LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Davolio, S., Miglietta, M. M, Diomede, T., Marsigli, C., Morgillo, A., Moscatello, A. (2008). A meteo - hydrological prediction system based on multi-model approach for precipitation forecasting. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, 143-159.

Gayathri, K. D., Ganasri, B. P., Dwarakish, G. S. (2015). A review no hydrological models. *Aquatic Procedia*, 4, 1001-1007.

Němec, J. (1986). Design and Operation of Forecasting Operational Real-Time Hydrological Systems (Forth). *Water Science and Technology Library*. 3, 299-327.

Pallo, I. (2011). Latvijas upju baseinu klimata un noteces režīma izmaiņas 21. gadsimta beigās: maģistra darbs, Rīga: LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Verkade, S. J. (2015). Estimating real-time predictive hydrological uncertainty. Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Delft, 1-193.

Summary

Short-term hydrological forecasts are one of the most useful tools in flood situations, providing information two days in advance. Weather forecasts provided by several NWP models are widely used data for hydrological forecasting. In this research, HIRLAM and ECMWF weather forecasts were used. The aim of the research was to evaluate which weather forecasts could provide better assessment of hydrological conditions. Hydrological forecasts were calculated for three Latvian river catchments: Abava – Renda, Gauja – Sigulda and Dubna – Sīļi, representing regional differences in the territory of Latvia. Time periods were chosen to reflect the flooding period of the year 2013 and autumn flash floods of the year 2014. The modelling process was carried out using the semi-distributed conceptual IHMS-HBV model. The model calibration results for respective river catchments were evaluated with the Nash-Sutcliffe efficiency coefficient with values varying between 0.86 and 0.88. The acquired forecasts were compared to real observations and against each other. By conducting a comparative analysis, it was ascertained that slightly better results in precision and timing on volume of the water in all three studied river basins were obtained using ECMWF weather forecasts. Greater errors for all hydrological forecasts were on the second day of the forecast.