

Verjetnostna napoved atmosferskih spremenljivk v okolici nuklearne elektrarne Krško

Tadej Krivec¹, Juš Kocijan¹ in Marija Zlata Božnar²

¹Institut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana

²MEIS d.o.o., Mali Vrh pri Šmarju 78, 1293 Šmarje-Sap

tadej.krivec@ijs.si, jus.kocijan@ijs.si, marija.zlata.boznar@meis.si

Probabilistic forecasting of atmospheric variables in the vicinity of the nuclear power plant Krško.

The paper outlines a modeling approach for lower atmosphere dynamics that provides short-term and long-term forecasts of weather variables. This integrated system is important for population safety measures in case of a nuclear accident with an atmospheric release. The developed model is a dynamical, probabilistic, and non-parametric model based on Gaussian processes. The model combines weather station measurements with numerical weather prediction model forecasts to improve short-term and long-term weather variable forecasts in the vicinity of the nuclear power plant Krško.

Kratek pregled prispevka

Prispevek opisuje pristop modeliranja dinamike nižje atmosfere, ki zagotavlja kratkoročne in dolgoročne napovedi vremenskih spremenljivk. Predstavljeni integrirani sistem je pomemben za ukrepanje v primeru jedrske nesreče. Razviti model je dinamičen, verjetnostni in neparametrični model, ki temelji na gaussovskih procesih. Model združuje meritve vremenskih postaj z napovedjo numeričnega vremenskega modela za izboljšanje kratkoročnih in dolgoročnih napovedi vremenskih spremenljivk v bližini jedrske elektrarne Krško.

1 Uvod

Nesreča v jedrski elektrarni, ki bi lahko povzročila izpust radionuklidov v atmosfero je nevarnost, ki jih jedrske elektrarne obravnavajo zelo resno. Na ukrepanje ob takih dogodkih moramo biti vnaprej pripravljeni. Ustrezne napovedi razpršitvenih oblakov za obstoječe jedrske elektrarne se pripravljajo v realnem času za dan ali dva naprej [1]. Takšen napovedni model mora prostorsko in časovno pravilno pokazati oblak radionuklidov v prihodnjih urah na podlagi vremenske napovedi. Vhodni podatki za disperzijske modele zraka so vremenske spremenljivke, ki opišejo stanje ozračja med prehodom radioaktivnega oblaka. Trenutno lahko za napoved vremenskih spremenljivk uporabljamo numerične modele, vendar ti podatki niso dovolj natančni za kompleksen teren v okolici nuklearne elektrarne Krško. Potencialna rešitev je integracija numeričnega modela z avtoregresijskim modelom gaussovskih procesov.

2 Študija

Primer v naši raziskavi obravnava disperzijo radioaktivnega oblaka v okolici nuklearne elektrarne Krško. Problem je izrazito zanimiv zaradi okoliškega terena, ki je zapleten. Obdan je s hribi, dolinami, reko in ima različne namene, npr. mestna območja, polja, gozdovi, vodna telesa itd.

Podatki uporabljeni v raziskavi obsegajo zgodovinske meritve vremenskih spremenljivk in njihove napovedi iz numeričnih modelov. Lokacije merilnih postaj so razporejene po naseljih Brežice, Cerklje, Krško, Libna, letališču Cerklje in na območju jedrske elektrarne. Merilne postaje izvajajo meritve v realnem času in so povprečene v 30-minutnih intervalih. Razpoložljive izmerjene vremenske spremenljivke so: hitrost in smer vetra, temperatura, vlaga, zračni tlak in globalno sončno sevanje.

Nabor podatkov uporabljen v naši raziskavi je sestavljen iz podatkov iz let 2015 do 2017. Podatki iz leta 2015 in prve polovice 2016 se uporabljajo za učenje, podatki iz leta 2017 pa kot testna množica.

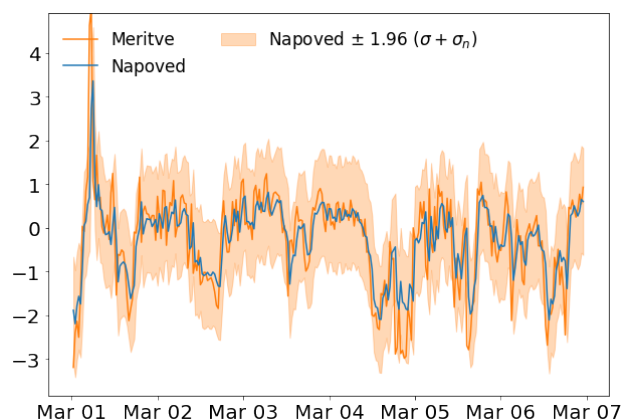
3 Metodologija

Obstoječi pristop uporablja napovedi numeričnega modela neposredno kot vhodne podatke v Lagrangevem modelu disperzije delcev. V našem predlaganem pristopu so numerične napovedi izboljšane z modelom, ki uporabi tudi informacijo merjenih vremenskih spremenljivk v okolici nuklearne elektrarne Krško.

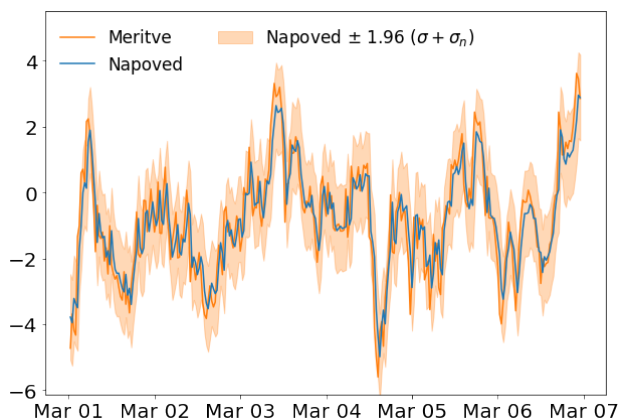
Za verjetnostni podatkovni model smo uporabili metodo avtoregresijskih gaussovskih procesov. Model gaussovskih procesov je znana metoda strojnega učenja, ki se uporablja za identifikacijo dinamičnih modelov, kjer je cilj pridobiti simulacijski model [2]. Ker se simulacijo ne da izračunati analitično smo simulacijski odziv pridobili s pomočjo Monte Carlo simulacije [3].

4 Zaključek

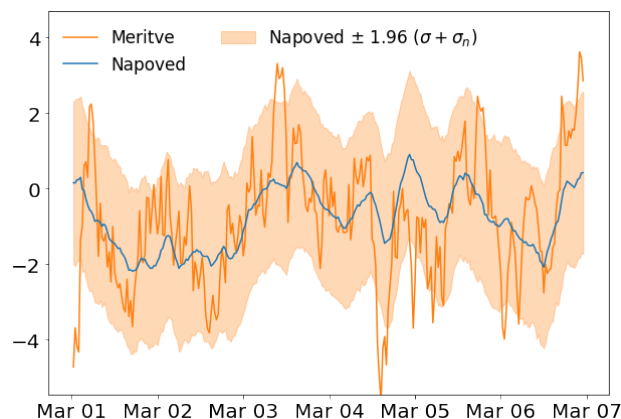
Slike 1-6 prikazujejo rezultate predikcije in simulacije za komponenti vetra in temperature na 2 metrov višine. Oranžno obarvano območje prikazuje 2 standardna odklona napovedi. Iz slik je razvidno, da predikcija dobro opiše stanje vremenskih spremenljivk za pol ure vnaprej. Pri simulaciji je napoved slabša, vendar še vedno dobro opisana z verjetnostnim intervalom, ki zajema 95% opazovanih vrednosti. Rezultati so v obeh primerih boljši v primerjavi z napovedjo numeričnega modela.



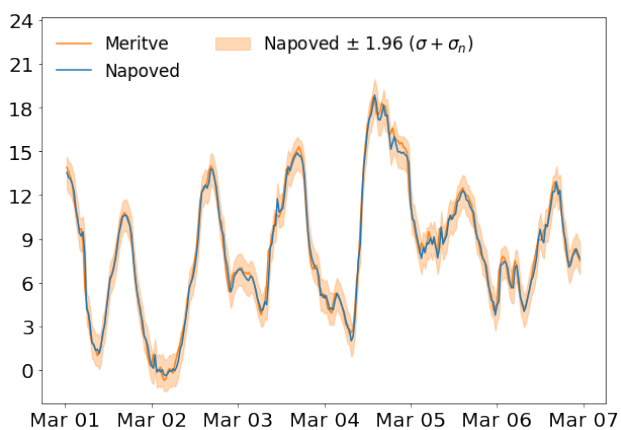
Slika 1: Predikcija za pol ure vnaprej za horizontalno komponento vetra.



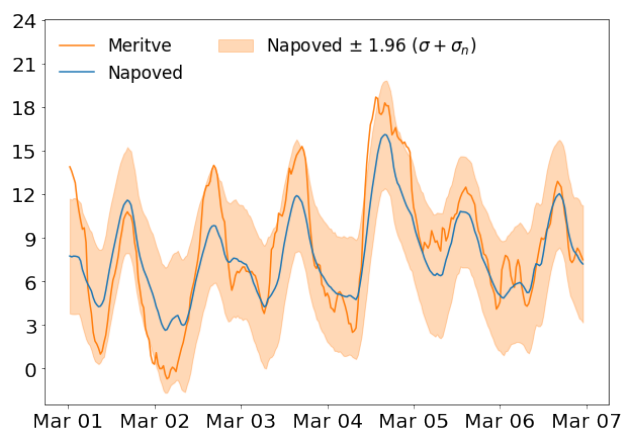
Slika 2: Predikcija za pol ure vnaprej za vertikalno komponento vetra.



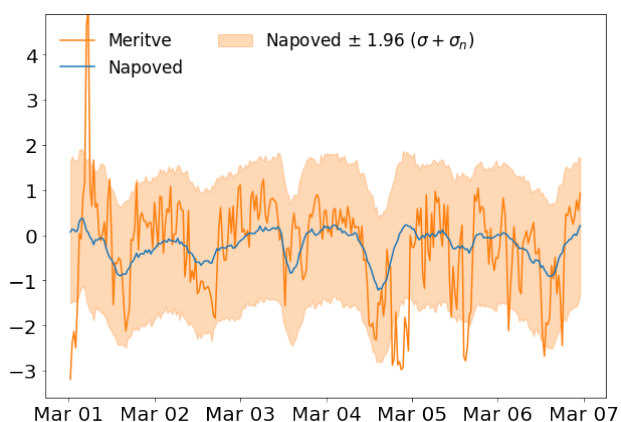
Slika 5: Simulacija za vertikalno komponento vetra.



Slika 3: Predikcija za pol ure vnaprej za temperaturo na 2 metrih višine.



Slika 6: Simulacija za temperaturo na 2 metrih višine.



Slika 4: Simulacija za horizontalno komponento vetra.

Zahvala

Avtorji se zahvaljujejo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, ki je projekt finančno podprla.

Literatura

- [1] P. Mlakar, M. Z. Božnar in sod. Integrated system for population dose calculation and decision making on protection measures in case of an accident with air emissions in a nuclear power plant. *Science of The Total Environment*, zv. 666, str. 786–800, 2019.
- [2] J. Kocijan. *Modelling and control of dynamic systems using Gaussian process models*. Springer, 2016.
- [3] T. Krivec, G. Papa in J. Kocijan. Simulation of variational Gaussian process NARX models with GPGPU. *ISA transactions*, zv. 109, str. 141–151, 2021.