

Bijlage: nadere omschrijving van het onderzoek neerslagmetingen voor Het Waterschapshuis

Aspect 1: Onderzoek naar een automatisch validatie algoritme voor regenmetergegevens

Literatuurstudie naar bestaande methoden voor automatische validatie van regenmeters, en rondvragen bij andere weerdiensten over automatische validatiealgoritmen. Beoordelen van methoden om regenmetergegevens (in real-time) automatisch te valideren. Bij deze methoden kan gebruik gemaakt worden van data van andere regenmeters en van de radars. En de methoden kunnen op verschillende tijdschalen werken: van in real-time grove fouten afvangen tot regenmeters die over langere perioden slecht presteren een lage kwaliteitsindex geven. Het algoritme moet in staat zijn om een schatting te geven van de onzekerheid in de neerslagmetingen van een regenmeter. Het werk bestaat uit de volgende onderdelen:

- literatuurstudie en vraag over algoritmen uitzetten bij collega weerinstituten;
- implementatie van verschillende algoritmen;
- toepassen op lange datasets (als die beschikbaar zijn) om de effectiviteit te beoordelen;
- berekenen van statistieken uit de verschillende datasets, waarbij de met de hand gevalideerde regenmeterdatasets als referentie dienen;
- analyseren van de resultaten en conclusies trekken over welk algoritme het beste werkt, en over de kwaliteit van de schattingen van de onzekerheid in de neerslagmetingen;
- schrijven van een rapport en een (deel van een) wetenschappelijk artikel over dit onderzoek.

Aspect 2: Onderzoek naar het combineren van radar- en regenmetergegevens

Beoordelen van methoden om radar- en regenmeterdata te mengen, voor verschillende integratietijden. Het werk bestaat uit de volgende onderdelen:

- implementatie van Kalman filter, Kriging with external drift, objective analysis en mean field bias algoritmen, met variabele integratietijden, waarbij het algoritme ook in een operationele omgeving kan draaien;
- methode implementeren om op objectieve manier kwaliteit te meten (jackknifing met alleen de KNMI regenmeters; leave-one-out statistieken);
- toepassen methoden op lange datasets, voor integratietijden tussen 5 minuten en 3 uur;
- berekenen van (leave-one-out) statistieken m.b.t. gemiddelden, correlaties, coefficient van variatie en extremen voor vergelijking van neerslagsommen over 15 minuten, 60 minuten en 24 uur, waarbij de laatste vergelijking gedaan wordt met de aftappingen van het vrijwilligersnetwerk;
- analyse van de resultaten en conclusies trekken over welk algoritme met welke settings optimaal zijn, en of dit beter is dan het huidige mean field bias algoritme;
- schrijven rapport en een (deel van een) wetenschappelijk artikel over dit onderzoek.

Aspect 3: Correctie voor signaaldemping van radar met polarimetrische variabelen

Beoordelen van een algoritme voor correctie voor signaaldemping op basis van de polarimetrische variabele PHIDP, en het afschatten van de onzekerheid in de radarmeting als gevolg van deze correctie. Het werk bestaat uit de volgende onderdelen:

- implementatie van een algoritme voor correctie van signaaldemping op basis van PHIDP, en implementatie van het Hitschfeld-Bordan (1954) algoritme voor niet-polarimetrische radars (met een maximum van 10 dB demping);
- ontwikkelen van een maat van onzekerheid als het gevolg van de toepassing van deze methode en implementatie daarvan;
- toepassen van deze methoden op een lange dataset;
- berekenen van statistieken m.b.t. gemiddelden, correlaties, coefficient van variatie en extremen voor vergelijking met andere radars en met regenmeters;
- analyse van de resultaten en conclusies trekken over de verbeteringen t.o.v. het niet-polarimetrische algoritme, en over de kwaliteit van de inschatting van de onzekerheid;
- schrijven rapport en een (deel van een) wetenschappelijk artikel over dit onderzoek.

Aspect 4: Correctie voor het effect van verticale variatie van neerslag

Beoordelen van de algoritmen van Hazenberg et al. (2011, 2013, 2014), waaraan een op polarimetrische variabelen gebaseerde detectie van de smeltlaag is toegevoegd. Het werk bestaat uit de volgende onderdelen:

- implementatie van de algoritmen van Hazenberg et al. (2011, 2013, 2014);
- toevoegen van op polarimetrie gebaseerde smeltlaagdetectie aan het algoritme;
- toepassen van dit algoritme op een lange dataset;
- berekenen van statistieken m.b.t. gemiddelden, correlaties, coefficient van variatie en extremen voor vergelijking met regenmeters, met en zonder de toevoeging van de polarimetrische smeltlaagdetectie;
- analyse van de resultaten en conclusies trekken over de robuustheid en de kwaliteit van het algoritme, de toegevoegde waarde van de polarimetrische smeltlaagdetectie, en de kwaliteit van de schatting van onnauwkeurigheden door het algoritme;
- schrijven rapport en een (deel van een) wetenschappelijk artikel over dit onderzoek.

Aspect 5: Kwaliteitsinformatie gebruiken voor het mengen van verschillende radars

Ontwerp en beoordeling van een algoritme dat op basis van onzekerheden de neerslagschattingen uit de radars combineert tot één composiet. Hierbij wordt een gewogen gemiddelde genomen van de gegevens van de beschikbare radars. Verschillende manieren van weging zullen worden getest op basis van vergelijkingen met regenmetergegevens. Daarnaast moet het algoritme een onzekerheid leveren die representatief is voor de uiteindelijke neerslagschatting uit de radar. Het werk bestaat uit de volgende onderdelen:

- ontwerp en implementatie van een algoritme om op basis van kwaliteit gegevens van verschillende radars te mengen;
- ontwerp en implementatie van een algoritme dat de kwaliteitsinformatie van de individuele radars combineert tot informatie over de kwaliteit van het composiet;
- toepassen van de algoritmen op een lange dataset;
- berekenen statistieken m.b.t. gemiddelden, correlaties, coefficient van variatie en extremen voor vergelijking met regenmeters;
- analyse van de resultaten en conclusies trekken over welke weging de beste resultaten oplevert (in termen van robuustheid en kwaliteit), en over de kwaliteit van de schatting van onzekerheid in de radar data;
- schrijven rapport en een (deel van een) wetenschappelijk artikel over dit onderzoek.

Aspect 6: Correctie voor snel bewegende buien

Beoordelen van verschillende algoritmen voor de correctie voor advectie van buien. De algoritmen die worden getest zijn de methode voorgesteld door Hazenberg et al. (2011) en de methode van Finnish Meteorological Institute (FMI) (op basis van Proesmans et al., 1994). Voor het testen hiervan zal ook worden gekeken naar de kwaliteit en de robuustheid van de geschatte advectievector. Het werk bestaat uit de volgende onderdelen:

- implementatie van de algoritmen van Hazenberg et al. (2011) en FMI;
- toepassen algoritmen op een lange dataset
- berekenen statistieken over de continuïteit van de afgeleide vectorvelden, en m.b.t. gemiddelden, correlaties, coefficient van variatie en extremen voor vergelijking met regenmeters;
- analyse van de resultaten en conclusies trekken over het meest geschikte algoritme;
- schrijven rapport en een (deel van een) wetenschappelijk artikel over dit onderzoek.

Aspect 7: Kwaliteitsinformatie gebruiken voor het mengen van radars en regenmeters

Ontwerp en implementatie van een algoritme dat schattingen van de onzekerheden in radar- en regenmetergegevens gebruikt om tot een optimaal gecombineerd product te komen. Daarnaast moet dit algoritme een schatting geven van de onzekerheid in de samengevoegde neerslagschatting. Het werk bestaat uit de volgende onderdelen:

- literatuurstudie naar het gebruik van variabele onzekerheden in bestaande methoden voor het mengen van radars en regenmeters;
- implementatie van (een) algoritme(n) voor het meenemen van kwaliteitsinformatie in beide databronnen;

- toepassen van de algoritmen op een lange dataset;
- berekenen van (leave-one-out) statistieken m.b.t. gemiddelden, correlaties, coefficient van variatie en extremen voor vergelijking met regenmeters, gebruikmakend van de jackknifing techniek die is geïmplementeerd in het kader van aspect 2;
- analyse van de resultaten en conclusies trekken over de robuustheid en kwaliteit van de algoritmen, en over de kwaliteit van de uiteindelijke schatting van de onzekerheid in de neerslaggegevens;
- schrijven rapport en een (deel van een) wetenschappelijk artikel over dit onderzoek.

Literatuur

Hazenberg, P., H. Leijnse and R. Uijlenhoet (2014), The impact of reflectivity correction and accounting for raindrop size distribution variability to improve precipitation estimation by weather radar for an extreme low-land mesoscale convective system, *J. Hydrol.*, 519, 3410-3425, [doi:10.1016/j.jhydrol.2014.09.057](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.057).

Hazenberg, P., P.J.J.F. Torfs, H. Leijnse, G. Delrieu and R. Uijlenhoet (2013), Identification and uncertainty estimation of vertical reflectivity profiles using a Lagrangian approach to support quantitative precipitation measurements by weather radar, *J. Geophys. Res.*, 118, 10243-10261, [doi:10.1002/jgrd.50726](https://doi.org/10.1002/jgrd.50726).

Hazenberg, P., H. Leijnse and R. Uijlenhoet (2011), Radar rainfall estimation of stratiform winter precipitation in the Belgian Ardennes, *Water Resour. Res.*, 47, W02507, [doi:10.1029/2010WR009068](https://doi.org/10.1029/2010WR009068).

Proesmans, M., L. van Gool, E. Pauwels, and A. Oosterlinck (1994), Determination of optical flow and its discontinuities using non-linear diffusion. In ECCV, volume 2, pages 295–304.