

# BODEMBEWEGING VAN DE NEDERLANDSE VEENGEBIEDEN MONITOREN MET INSAR

Het onderzoeksprogramma LOSS werkt aan de kennisbasis van bodemdaling en de gevolgen daarvan. In LOSS ontwikkelen we kennis over waarom en hoe de bodem daalt, hoe je bodemdaling kan voorspellen en welk beleid relevant is bij het omgaan ermee of voorkomen ervan. Dit is de samenvatting van de bevindingen uit de paper *Probabilistic Estimation of InSAR Displacement Phase Guided by Contextual Information and Artificial Intelligence*, gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek.

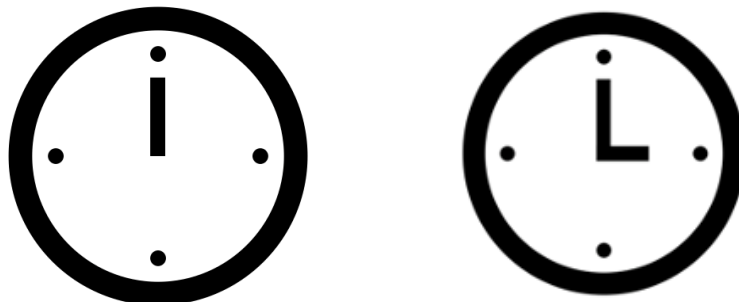
Het artikel is te citeren als:

Conroy, P., Van Diepen, S. A., Van Asselen, S., Erkens, G., Van Leijen, F. J., & Hanssen, R. F. (2022). *Probabilistic estimation of InSAR displacement phase guided by contextual information and artificial intelligence*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 60, 1-11.  
(<https://ieeexplore.ieee.org/document/9874898>)

*Dit onderzoek is onderdeel van het NWA project Living on Soft Soils: Subsidence and Society (grantnr.: NWA.1160.18.259).*

## Samenvatting

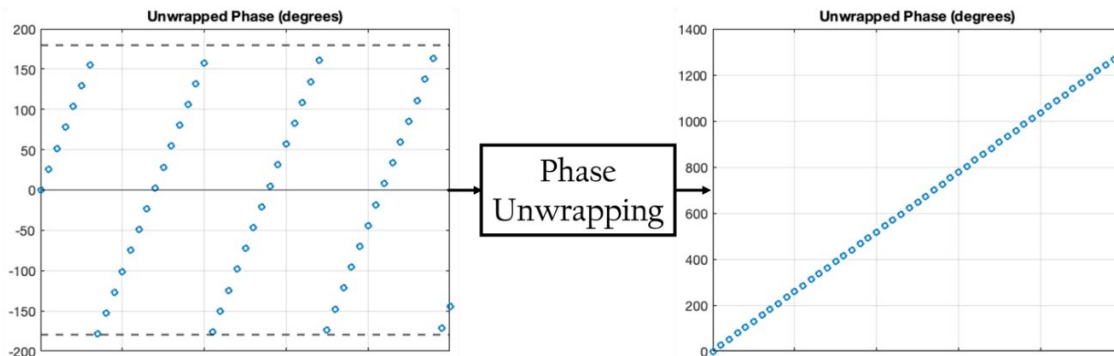
Hoeveel tijd is er verstreken?



Het antwoord lijkt misschien simpel: drie uur! Maar in werkelijkheid is het iets ingewikkelder. Het kan ook zo zijn dat er vijftien uur zijn verstreken, of zevenentwintig. Het zou zelfs kunnen dat de rechterklok een beeld is van negen uur eerder.

Dit is wat we noemen een meerduidige meting. Er is een oneindig aantal oplossingen voor deze vraag, namelijk: verstreken tijd =  $3 + 12n$ , waar  $n$  een willekeurig geheel getal is. Maar als er oneindig veel oplossingen zijn, betekent dat dan dat we de tijd niet met klokken kunnen bepalen? Natuurlijk niet, maar het betekent dat we wat aanvullende informatie nodig hebben om de meting eenduidig te maken. Misschien weet u bijvoorbeeld dat het nog steeds dezelfde dag is en dat de zon nog op is, dus het is niet mogelijk dat er al meer dan 12 uur zijn verstreken.

Ook met radarinterferometrie (*Interferometrische Synthetische Apertuur Radar*, ook wel InSAR genoemd) lopen we tegen deze uitdaging aan. Verschillende radarsatellieten bewegen rond de aarde en maken herhaaldelijk opnamen van het aardoppervlak. Ze doen dit al sinds 1992, en inmiddels wordt elke paar dagen een nieuw beeld van Nederland opgenomen. De radar meet de afstand tot punten op aarde met een hoekmeting, de fase. Dus ook een bodembeweging wordt noodgedwongen in graden tussen  $-180^\circ$  en  $180^\circ$  gemeten. Dat betekent dat de radarmetingen van bodembeweging, de fase, als functie van de tijd af en toe een sprongetje van  $360^\circ$  maakt, zie het linker figuur hieronder. Dit sprongetje ofwel het 'terugvouwen' van de faseontwikkeling heet dan ook *phase wrapping*.



Kijk eens naar de linker grafiek hierboven. Metingen van een object dat met een langzame, lineaire snelheid beweegt, zullen uiteindelijk de drempel van  $180^\circ$  overschrijden en weer teruggaan naar  $-179^\circ$ . Om de oorspronkelijke bodembeweging te ontrafelen (zoals weergegeven in de rechtergrafiek) is het nodig de fase weer 'terug te vouwen': phase-unwrapping. Dit is een cruciale stap in de InSAR-analyse. Omdat ook hier sprake is van een oneindig aantal oplossingen, hebben we te maken met een meerduidige vraag zoals die van de klok. Om dit meerduidighedenprobleem op te lossen hebben we of aanvullende informatie nodig, of we moeten aannames doen, zoals bij het probleem met de klok. De standaardmethode die voor InSAR wordt gebruikt, bij gebrek aan additionele informatie, is de aanname dat het antwoord met de kleinste faseverandering het juiste is. Dat betekent bijvoorbeeld dat we aannemen dat een verspringing van  $2^\circ$  logischer is dan een verspringing van  $362^\circ$ .

Deze aanname is in veel gevallen goed te onderbouwen, maar zeker niet altijd! Zo weten we inmiddels dat deze niet geldt bij het monitoren van de Nederlandse veengebieden! Veengronden kunnen zo snel bewegen dat een grote opwaartse beweging (zwell) met deze aanpak ook kan worden weergegeven als een kleinere neerwaartse zakking (krimp).

Om dit probleem op te lossen, heeft NWA-LOSS onderzoeker Philip Conroy (TU Delft) een diep neurale netwerk (een aanpak binnen de kunstmatige intelligentie) getraind om te voorspellen of de bodem al dan niet omhoog of omlaag zal bewegen. Daarbij wordt gekeken naar neerslag, temperatuur en de dag van het jaar. Dit zijn de factoren waarvan we vermoeden dat ze een sterk effect hebben op de korte termijn beweging (krimp en zwel) van veengronden. Op deze manier gebruiken we de schattingen van dit neurale netwerk als de benodigde aanvullende informatie bij het 'terugvouwen'. Zo is het gebruik van InSAR mogelijk gemaakt voor het monitoren van de bodembeweging van de Nederlandse veengebieden.

