

Onvermijdelijke **ONZEKERHEID**

Voorspellen is moeilijk, vooral als de werkelijkheid te complex is om exact in regels te vangen. De onzekerheid die daardoor vaak in modellen zit, probeert de CWI-onderzoeksgroep Scientific Computing zo klein mogelijk te maken.



Tekst: Fenna van der Grient

Je kent het wel: hou je hoopvol Buienrader in de gaten om te bepalen wanneer je het beste op de fiets kan stappen, eindig je toch met een nat pak. Misschien vervloek je de app dan, maar helemaal terecht is dat niet. Er zit nou eenmaal altijd een mate van onzekerheid in een weersvoorspelling. Ook voorspellingen over allerlei andere zaken brengen onzekerheid met zich mee: of dit nou het verloop van de coronapandemie is, de kans op een stroomstoring of hoe goed een windmolen bestand is tegen wisselende omstandigheden.

Het voorspellen van al deze zaken is een dusdanig complexe aangelegenheid, dat je de situatie moet vereenvoudigen. Dat doen wiskundigen met modellen. En hoe goed die modellen ook zijn, ze zijn nooit even precies als de werkelijkheid zelf. Dat betekent dat er in de voorspellingen die een model doet, altijd een bepaalde mate van onzekerheid zit.

Je kunt er natuurlijk wel naar streven om die onzekerheid zo klein mogelijk te maken. En, minstens zo belangrijk, uitrekenen hoe groot die onzekerheid precies is. Met dit soort vraagstukken houdt de CWI-onder-

zoeksgroep Scientific Computing, onder leiding van Daan Crommelin, zich bezig.

Bronnen van onzekerheid

Om een model te maken, bijvoorbeeld om het weer te voorspellen, heb je verschillende dingen nodig. Je moet er allereerst verschillende elementen in stoppen die relevant zijn voor het systeem dat je probeert te beschrijven. In het geval van een weer- of klimaatmodel kun je hierbij denken aan de viscositeit (stroperigheid) van het water in de oceaan, of de wrijving van de atmosfeer over het aardoppervlak. 'De elementen die je in het model stopt, zijn niet altijd heel goed bekend of gemeten,' vertelt Crommelin. Daarmee introduceer je dus al een mate van onzekerheid.

Vervolgens heb je beginwaarden nodig. Om het weer een week vooruit te kunnen voorspellen, moet je eerst heel precies aan het model vertellen wat de situatie van vandaag is: wat is op dit moment de tempe-

ratuur, druk, luchtvochtigheid, enzovoort? Ook die beginwaarden kun je nooit met oneindige precisie meten; nog meer onzekerheid dus.

Beperkt aantal pixels

Dan heb je ten slotte te maken met het feit dat je altijd keuzes moet maken over wat je wel en niet meeneemt in je model. 'Je kunt niet alle processen die een rol spelen in je model meenemen, want dat zou veel te duur worden en te veel tijd kosten,' legt Crommelin uit. 'Computers zijn bij lange na niet krachtig genoeg om zoveel details te kunnen behappen.' Daarom wordt er altijd een simplificatie gemaakt. Als je niet weet wat de bijdrage is van de weggelaten factoren, geeft dat een derde vorm van onzekerheid.

Deze vorm van onzekerheid speelt een belangrijke rol bij het maken van computersimulaties van de atmosfeer. Om zo'n simplificatie te maken, delen onderzoekers de atmosfeer op in behapbare stukjes. Dat zijn bijvoorbeeld rechthoekige blokken, die verticaal gestapeld worden in kolommen die helemaal van de bodem tot de top van de atmosfeer lopen, en bijvoorbeeld 50 bij 50 kilometer breed zijn. Van elk blok beschrijf je dan alleen de gemiddelde temperatuur, luchtvochtigheid, druk, et cetera. Dit stop je in het model, en je kijkt hoe dit

'Je kunt niet alle processen die een rol spelen, meenemen in een model'



Je hoeft niet precies alle details van de fluctuaties te weten, als je maar meeneemt dát het fluctueert

een grote onzekerheid in de uitkomst? Zijn er onzekerheden die elkaar versterken?

Crommelin en collega's zetten hun technieken in voor verschillende vakgebieden. Bij de coronapandemie bijvoorbeeld. Wanneer je het effect van nieuwe maatregelen wilt voorspellen, is de onzekerheid in de input erg groot, mede doordat de onvoorspelbare menselijke factor een grote rol speelt. En dus kan de onzekerheid in de uitkomst ook groot zijn.

Ook bij het ontwerpen van windmolens is het belangrijk om te bepalen hoe onzekerheden zich ontwikkelen in een model.

Windmolens moeten namelijk onder allerlei wisselende omstandigheden optimaal kunnen functioneren. Een van de uitdagingen bij deze toepassing is dat de standaardmethoden om de ontwikkeling van onzekerheid te bepalen ervan uitgaan dat die omstandigheden elkaar niet beïnvloeden. In de praktijk is dat vaak wel zo: een windmolen op zee zal wanneer het hard waait tevens belast worden door een sterke golfslag.

Bij het elektriciteitsnetwerk speelt onzekerheid ook een steeds grotere rol, doordat er meer en meer fluctuerende bronnen zoals windmolens en zonnecellen op aan worden gesloten. Crommelin: 'Een vraag waar wij naar kijken is wat de kans is dat je, door een hele ongelukkige combinatie van energie-injectie op bepaalde plekken en consumptie op andere plekken, hogere stromen krijgt dan het netwerk aankan.' Met die informatie kun je het netwerk aanpassen om de kans op een stroomstoring zo klein mogelijk te maken.

In al deze situaties zul je waarschijnlijk nooit honderd procent zekerheid bereiken. Ook in de toekomst zul je nog wel eens een nat pak halen en is er altijd een kleine kans op een stroomstoring. Maar door steeds beter te weten waar 'm de onzekerheid in schuilt, kun je steeds zekerder van je zaak worden. ■

zich ontwikkelt. Dat lijkt misschien een betrouwbare methode, maar omdat je van alle variabelen het gemiddelde neemt, zie je allerlei kleinschalige processen die zich binnen zo'n blok afspelen over het hoofd. Je kunt het vergelijken met een foto die je met een primitieve digitale camera maakt, met een beperkt aantal pixels. Zo'n camera is prima geschikt om een grof beeld te geven van een mooi strand of bos. Maar de details die kleiner zijn dan de afmetingen van een individuele pixel zie je niet.

Belangrijke fluctuaties

Bij een foto is het misschien niet zo erg als je wat details mist, maar bij een simulatie van de atmosfeer zijn die details wel heel belangrijk. 'Je kunt niet zomaar het gemiddelde nemen van de hele kolom', vertelt Crommelin. 'Denk bijvoorbeeld aan regenval in de atmosfeer. Dat zou betekenen dat het in iedere kolom altijd een beetje miezert. Dat is natuurlijk niet zo, want het is ook wel eens een hele tijd droog, en op andere momenten heb je enorme hoosbuien! Zulke hoosbuien zijn vervelend als je net op de fiets wil stappen en Buienradar zegt dat het miezert. Maar nog belangrijker is dat ze ook het weer op lange termijn beïnvloeden. Bovendien beïnvloeden ze het weer niet alleen binnen de kolom,

maar ook erbuiten. Je moet dus de details binnen de kolom op een of andere manier meenemen om de atmosfeer voor een groot gebied op lange termijn te simuleren, bijvoorbeeld als onderdeel van een klimaat simulatie.

Omdat het daadwerkelijk simuleren van alle wolkvorming en regen binnen zo'n kolom veel te veel rekenkracht kost, lossen onderzoekers dit op een andere manier op: door ruis te introduceren. Je hoeft niet precies alle details van de fluctuaties te weten, als je maar meeneemt dát het fluctueert. En die aanpak blijkt in de praktijk heel goed te werken. Je hoeft dan maar één keer een hele precieze meting te doen van wat er binnen zo'n kolom gebeurt. Die informatie kun je vervolgens gebruiken om de fluctuaties in het hele model te simuleren.

Mate van onzekerheid

Op die manier neem je de onzekerheid mee die voortkomt uit simplificaties die je aan het begin doet. Vervolgens is het belangrijk om te weten hoe groot de onzekerheid is die overblijft in de uiteindelijke voorspellingen. Crommelin en collega's ontwikkelen daarom technieken om ook dit efficiënt te bepalen. Hierbij kijken ze hoe onzekerheden zich ontwikkelen in een model: welke onzekerheden in de input zorgen voor