

De integratie van GIS en computermodellen

Als we vroeger iets over de toekomst wilden weten, gebruikten we de glazen bol of het koffiedik. De computer heeft deze attributen inmiddels vervangen. Of het nu gaat om weersverwachtingen, overstromingsscenario's, effectrapportages, technische analyses of decision support systems, voor legio toekomstvisies worden geavanceerde computermodellen ontwikkeld. Er is zelfs al berekend, dat in het jaar 2036 de aarde door een aanstormende ruimtekei kan worden getroffen.

De integratie van GIS en modellen – cruciaal voor veel toekomstvoorspellingen – stuit op praktische bezwaren. Dat was zo en is nog steeds zo. Om de aanbevelingen voor verandering goed over te brengen, is een terugblik op zijn plaats.

Vanwege de toenemende maatschappelijke vraag naar vastgoedinformatie werd bij de TU Delft in 1976 de leerstoel *Leer der vastgoedsystemen* ingesteld (en startte de samenwerking tussen de auteurs van dit artikel). In die tijd was de geo-informatie, hoewel die terminologie nog niet werd gebruikt, voornamelijk een overheidsaangelegenheid. Op zowel rijks- als gemeentelijk niveau werd gewerkt aan landsdekkende informatie-systemen (authentieke registraties zeggen we nu) op het gebied van gebouwen,

Het weer

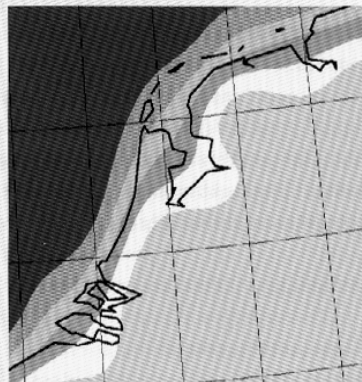
Elk televisiejournaal heeft als vast onderdeel de weersverwachting. De presentatoren ervan genieten meestal de status van bekende TV-persoonlijkheid. Toch danken zij hun roem aan de modellen, waarmee de weersverwachtingen worden gemaakt. Zo'n model maakt gebruik van gegevens over wind, luchtdruk, neerslag, luchtvochtigheid en de temperatuur op een aantal plaatsen en op verschillende hoogtes in de atmosfeer. Het programma berekent hoe de verschillende variabelen op elkaar inwerken op basis van de wetten van de thermodynamica en de meteorologie.

Door het KNMI is in samenwerking met acht meteorologische diensten een weerkundig model ontwikkeld dat Europa en de Atlantische Oceaan bestrijkt. Voor meteorologen is dit een beperkt gebied, geschikt voor korte termijn weersverwachtingen. Het model, dat aan het eind van de jaren tachtig werd ontwikkeld, heet HiRLAM (High Resolution Limited Area Model).

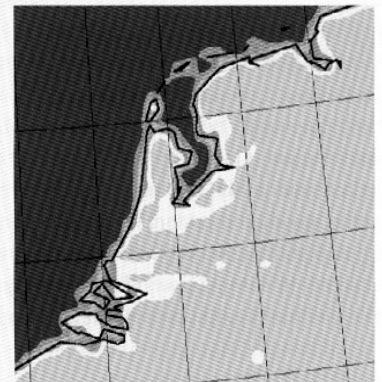
Het geografisch gebied, dat door HiRLAM wordt bestreken, werd aanvankelijk opgedeeld in vakken van 55 x 55 km². Door de introductie van snellere en krachtige computers werden deze vakken verkleind tot 22 x 22 km². Inmiddels is XHiRLAM ontwikkeld voor vakken van 11 x 11 km², waardoor steeds kleinere storingen worden gedetecteerd.

In figuur 1 worden de land-zeemaskers weergegeven van beide modellen. Het laat zien, dat in XHiRLAM de land-waterverhouding beter tot zijn recht komt. Dit is belangrijk, omdat de wind boven land meer weerstand heeft: de opwarming boven land gaat sneller dan boven water.

De resultaten van verschillende weermodellen is elke avond op de journaals van diverse TV-kanalen te zien en daar kan iedereen zelf conclusies aan verbinden over de kwaliteit van de visualisatie en de betrouwbaarheid.



Figuur 1a. Land-zeemasker HiRLAM
(Bron: www.knmi.nl/~tjm/XHR.html).



Figuur 1b. Land-zeemasker XHiRLAM
(Bron: www.knmi.nl/~tjm/XHR.html).

van kabels en leidingen en van topografie. Toen al werd nagedacht over infrastructuur, zoals centrale ingangssystemen, standaardisatie en harmonisering van de wetgeving met betrekking tot vastgoed.

Vooralsnog werd in de leer der vastgoedssystemen nauwelijks aandacht besteed aan de ontwikkeling van voorspellende informatiesystemen. De prioriteit lag bij de ordening van de grote aantallen systemen voor geo-informatie. Zo werden voor de realisering van de Grootsschalige Basiskaart Nederland (GBKN) door ons 1800 instellingen en bedrijven geëncquêteerd. Op de vraag naar de gewenste inhoud werd door tamelijk veel respondenten gevraagd om ook de toekomstige situatie af te beelden. Nutsbedrijven bijvoorbeeld waren geïnteresseerd in de omvang en locatie van nieuw aan te leggen kabels en leidingen. De Commissie GBKN, die bestond uit cartografen en geodeten, besloot op deze verzoeken niet in te gaan. Ook besloot de Commissie de kaart vooralsnog analoog te gaan vervaardigen. Pas jaren later bleek er voldoende vraag te zijn naar een digitale versie.

Duurder, niet beter

Inmiddels maakte de informatie- en communicatietechnologie een onwaarschijnlijk snelle ontwikkeling door als gevolg van nieuwe technieken op het gebied van gegevensinwinning en -verwerking en de informatieverstrekking. Trefwoorden hierbij zijn: remote sensing; satellietplaatsbepaling; digitale fotogrammetrie; laseraltimetrie; elektronische tachymetrie; personal computers; chips; harde en zachte schijven; USB; glasvezel; internet; 3D visualisatie; virtual reality; et cetera.

Al deze technische ontwikkelingen veroorzaakten een hausse op de financiële markten. Meestal werd het snel verdiende geld opnieuw belegd in de ICT-branche. Dit resulteerde voor ons in een leerzame onderzoeksopdracht.

Een investeringsgroep wilde enkele miljarden (guldens) beleggen in de ICT-sector, maar alleen in West-Europese bedrijven. De vragen die aan ons werden gesteld waren:

- ♦ Wie zijn de belangrijkste gebruikers van GIS?
- ♦ Zijn er belangrijke producenten van GIS (hard- en software) in West-Europa?
- ♦ Is het aan te bevelen in West-Europese GIS-bedrijven te investeren?

Het fileprobleem

Lokale overheden, provincies en de rijksoverheid zijn verantwoordelijk voor de infrastructuur in Nederland. Om inzicht te krijgen in de effecten van aanleg van infrastructuur of de invoering van diverse verkeersmanagementmaatregelen (zoals spitsstroken, toeritdosering, kilometerheffing) kunnen allerlei modellen worden gebruikt. Denk aan dynamische verkeersmodellen, die korte en lange termijn voorspellingen kunnen maken van files en dergelijke.

Een dergelijk model is INDY, ontwikkeld door TNO en TU Delft. Gegeven de vervoersvraag en het aanbod van infrastructuur kan het model de lange termijn effecten van diverse scenario's doorrekenen en vergelijken. Op basis van individuele beslisregels wordt voor iedere reiziger een route bepaald van herkomst naar bestemming. De voertuigen worden vervolgens over het verkeersnetwerk gesimuleerd, waarbij het aantal voertuigen op elk deel van het netwerk op elk tijdstip van invloed is op de reistijden en mogelijke filevorming.

De visualisatie van de modeluitkomsten speelt een belangrijke rol. Direct wordt duidelijk waar de bottlenecks zijn en wat de verschillen zijn tussen de diverse scenario's. Meestal wordt voor die visualisatie gebruik gemaakt van speciaal voor verkeersmodellen ontwikkelde grafische omgevingen, zoals INDY gebruik maakt van de grafische interface van Omnitrans. De data worden gekoppeld aan verkeersnetwerkkonderdelen als een extra laag bovenop een achtergrondkaart. Aan elke schakel van het netwerk zijn kenmerken verbonden, zoals lengte, maximum snelheid, aantal stroken. Om hiermee snel te rekenen en om daarna verkeersstromen te visualiseren, is een GIS doorgaans te log. De uitwisselbaarheid van data is door de verschillende grafische omgevingen echter wel lager, aangezien er geen standaard formaat is zoals gewoonlijk bij GIS.



Figuur 2. Momentopname van de verwachte files rond Amsterdam.

Het onderzoek werd in de jaren negentig jaren uitgevoerd in een aantal landen. De belangrijkste conclusie was, dat toentertijd de GIS-markt volledig werd gedomineerd door Noord-Amerikaanse bedrijven. Alleen Siemens had een behoorlijke positie opgebouwd in Duitsland, Italië en Spanje. Verder bleek dat er weliswaar een interessante markt voor GIS bestond, maar dat een groot deel van de systemen niet werd gebruikt of geen deel uitmaakte van de bedrijfsprocessen.

De directeur van het *Umweltverband Frankfurt*, één van de grootste gebruikers

van GIS in Europa, had hiervoor een verklaring. Eigenlijk was hij teleurgesteld in GIS. Voor zijn bedrijfsprocessen had hij nu veel duurder personeel en duurdere apparatuur nodig. De producten die hij kreeg waren niet veel anders dan die in vroegere tijden. Hij had verwacht dat zijn GIS geïntegreerd had kunnen worden

Volledige integratie van GIS en modellen stuit op een aantal praktische bezwaren

met zijn ruimtelijke ontwikkelingsmodellen, maar daarvan was geen sprake. Voor zijn instelling zag hij daarom de toekomst van GIS somber in.

Mede daarom besloten wij om in het onderzoek van de betreffende leerstoel meer aandacht te besteden aan de relatie tussen modellen en GIS. Onze eerste vingeroefening op dit gebied betrof de luchtverontreiniging in Athene. De Griekse overheid wilde – naast de weersvoorspelling in het TV-journaal – ook een voorspelling van de luchtverontreiniging, omdat dat haar kon helpen bij het milieu-beleid. In haar proefschrift combineerde dr. Alexandra Koussoulakou een weerkundig model met diverse vervuilde

stoffen. Het resultaat werd dynamisch, dat wil zeggen met bewegende beelden, op een digitale kaart van Athene afgebeeld. Het resultaat was spectaculair en bovendien van goede kwaliteit. De uitkomsten konden worden getoetst met behulp van snuffelpalen, die Nederland aan Athene ter beschikking had gesteld.

Toch stemden de resultaten niet helemaal tot tevredenheid, omdat het model te globaal was en niet geschikt voor stedelijk gebied met een hoge bebouwing. Bovendien was van echte integratie met GIS nog geen sprake.

Nieuwe waarnemingstechnieken en de toegenomen computercapaciteit hebben echter de toekomstmodellering sterk

vooruit geholpen. Dat blijkt ook uit de bijgaande vier kaders over huidige modellen, die visueel op een geografische ondergrond worden weergegeven. De input voor de kaderteksten is door materiedeskundigen aangeleverd. Het betreft meteorologie (Sander Tijm, KNMI), verkeer en vervoer (Michiel Bliemer, vakgroep Vervoermodelkunde TU Delft), overstroming van rivieren (Micha Werner, Waterloopkundig Laboratorium) en landinrichting (Freek Rosman, Delinea).

'Losse' koppeling

Voor de toekomst van geo-informatie is het belangrijk dat de systemen beter worden geïntegreerd met computermodellen (waarbij de locatie een belangrijke rol speelt). Door deze integratie wordt de geo-informatie beter betrokken bij alle mogelijke maatschappelijke ontwikkelingen. Bovendien kunnen de computermodellen door de integratie aan betrouwbaarheid winnen.

Tot nu toe is het resultaat van integratie tamelijk teleurstellend. Meestal is er een 'losse' koppeling, waarbij de computermodellen zichtbaar worden gemaakt met visuele trucs uit de computercartografie. Een belangrijk nadeel is dat de geografische gegevens ad hoc worden verzameld, of dat gegevens worden gebruikt die niet zijn toegesneden op het te bestuderen probleem. Iets beter is de oplossing waarbij gebruik gemaakt wordt van een gemeenschappelijk ruimtelijk model, maar waarbij voor de computermodellen en voor GIS gescheiden databases worden gebruikt.

De volledige integratie van GIS en modellen stuit op een aantal praktische bezwaren. Dit is vooral het geval bij modellen van dynamische processen, zoals is aangegeven in de voorbeelden. Bij modellen, die streven naar een optimale eindtoestand, is integratie met GIS niet zo moeilijk, zoals blijkt uit het voorbeeld van het landinrichtingsmodel Transfer (kader 4). Bij modellen van dynamische processen speelt de factor tijd een belangrijke rol, terwijl deze juist bij GIS tot nu toe weinig aandacht heeft gekregen. Dynamische modellen bestaan meestal uit een aantal wiskundige formules, zoals partiële differentiaalvergelijkingen. Niet iedere GIS expert beschikt over de kennis om deze wiskundige stelsels te doorgronden.

Onbekend maakt onbemind. Hoewel veel materiedeskundigen positief slaan tegenover GIS, zijn ze toch vaak huiverig

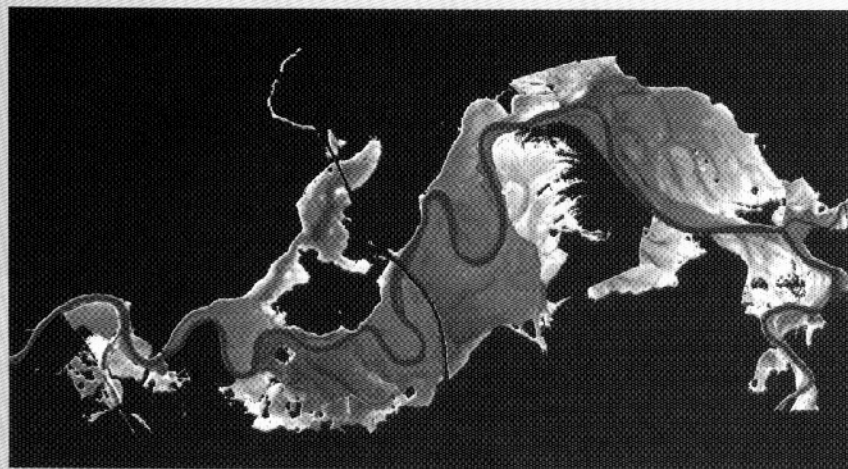
Overstroming van rivieren

Vanuit het Stimuleringsprogramma Land Water Milieu & Informatietechnologie werd een subsidie verstrekt voor promotieonderzoek naar de integratie van hydrologische modellen en GIS. Er bestaan zeer veel hydrologische modellen, zodat een keuze moest worden gemaakt en die viel op 'overstroming van rivieren', een thema van toenemend belang.

In de inleiding van het proefschrift *Spatial flood extent modelling; a performance-based comparison* (2004) vraagt dr. Werner zich af wat je wint met het integreren van GIS en modellen en ook meer negatief: wat verlies je er mee. Uiteindelijk is in dit proefschrift de integratie niet tot stand gekomen, maar Werner geeft wel een interessante visie over het voor en het tegen. Deels is deze in dit artikel verwerkt.

Duidelijk werd bijvoorbeeld dat van de vier toegepaste modellen (LSFLOOD – FP; DELFT – FLS; SOBEK 1D plus ruimtelijke interpolatie naar 2D; SOBEK 1D – 2D) er maar één geïntegreerd kon worden in GIS. Dat betreft het model dat niet is gebaseerd op partiële differentiaalvergelijkingen, maar uiteindelijk was de kwaliteit van de voorspellingen daarvan minder dan bij de drie andere.

Een van beide promotoren, prof.dr.ir. Huub Savenije, wees overigens in zijn introrede 'Het meeste valt er naast' (oktober j.l.) op het gevaar van de steeds maar verdere detaillering van de modellen. Daardoor wordt het functioneren van het totale systeem minder zichtbaar. Met andere woorden: door/met de computer kun je door de bomen het bos niet meer zien.



Figuur 3. Overstromingskaart van de rivier Eden vlak boven Carlisle.

(Bron: omslag proefschrift dr. M. Werner).

Landinrichting

Van een heel andere orde dan de drie voorgaande dynamische modellen, is het landinrichtingsprogramma Transfer. Bij Transfer speelt de factor tijd een ondergeschikte rol, maar gaat het meer om het vinden van een optimale oplossing. Integratie van modellen en GIS blijkt hier goed mogelijk.

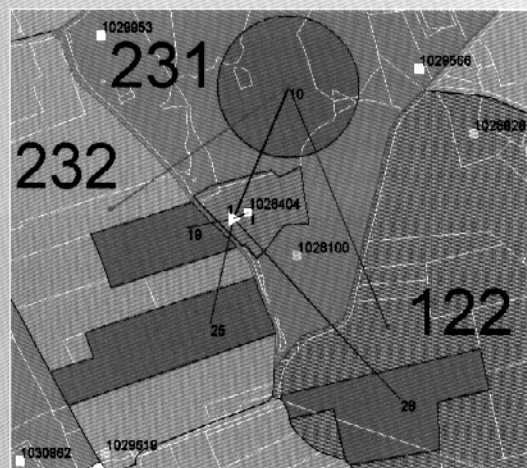
Transfer ondersteunt de ontwerper van het Kadaster bij Landinrichtingsprojecten. Naast agrarische optimalisatie worden natuur-, milieu- en recreatiedoelstellingen in het model meegenomen.

Verbetering van de (ruimtelijke) structuur van agrarische bedrijven houdt in, dat grond in grotere eenheden moet worden toegedeeld, op een zo klein mogelijke afstand van het bedrijfsgebouw. Een aaneensluitend perceel is vaak niet mogelijk door 'concurrentie' van naburige bedrijven. In Transfer worden perceelgegevens uit kadastrale registraties AKR en LKI en wegeninformatie uit de TOP10wegen (voor de afstandsrekening) samengebracht met projectgebonden informatie, zoals toedelingwensen van eigenaren en pachters.

In figuur 4 is te zien, dat bedrijf 1026404 een bedrijfskavel in blokdeel 231 heeft. Het bedrijfsdeel moet bij voorkeur worden toegedeeld in hetzelfde blokdeel. Deze is echter door concurrerende wensen overvraagd. Toedeling in blokdeel 122 (matig overvraagd) en blokdeel 232 (ondervraagd) behoort ook tot de mogelijkheden die de eigenaar heeft aangegeven. In beide gevallen zal geprobeerd worden het nieuw te vormen perceel (ter grootte van de cirkeloppervlakte) aan te sluiten bij grond van dezelfde eigenaar (bedrijfsdeel 19 en 25, resp. 28).

Ter ondersteuning van de gebruiker zijn de alternatieve plaatsingen in blokdelen 232 en 122 van het geselecteerde bedrijfsdeel 10 in kleur gecodeerd: een overboeking van het overvraagde blokdeel 231 naar het ondervraagde blokdeel 232 is gunstig (groen); een overboeking naar het overvraagde blokdeel 122 is ongunstig (rood). Ook andere aspecten kunnen door de gebruiker bij deze codering worden betrokken, bijvoorbeeld een uitsluiting tussen bijvoorbeeld bedrijfsdelen van intensieve veehouderij en blokdelen die behoren tot reservaatgebieden.

Aangrenzende percelen worden bij importeren zoveel mogelijk samengevoegd tot bedrijfsdelen. Dit is in de afbeelding te zien bij de bedrijfskavel en bedrijfsdeel 28. Deze zijn ieder samengesteld uit drie percelen. De samenvoeging gebeurt alleen indien de aangeleverde grondclassificaties (weiland, meerjarige teelt of bos) hetzelfde zijn.



Figuur 4.
Perceeltoedeling
met behulp van
Transfer.

om modellen met GIS te integreren. Men is in het algemeen bang dat integratie ten koste gaat van de computercapaciteit en daardoor ten koste van de rekensnelheid. De dynamiek en flexibiliteit van de modellen zouden daardoor kunnen verminderen.

Ook de betrouwbaarheid van de

modellen is een interessant discussiepunt. Uiteindelijk gaat het de materie-deskundigen erom steeds betrouwbaardere modellen te ontwikkelen. Soms twijfelen experts of integratie met GIS wel zal bijdragen aan de betrouwbaarheid. Aan de andere kant bleek er vrees te bestaan dat integratie met GIS de

gebrekkige kwaliteit van bestaande modellen zou aantonen.

Tenslotte was vooral het bedrijfsleven bang dat integratie met GIS tot nogal wat personele en financiële consequenties zou leiden.

Aanbevelingen

Omdat wij van mening zijn dat – ondanks de problemen – toch gestreefd dient te worden naar integratie van GIS met computermodellen, komen wij tot de volgende aanbevelingen.

1. Besteed een deel van het GIS-onderzoek in ons land aan de integratie van GIS en computermodellen.
2. Selecteer enkele toepassingsgebieden die het meest veelbelovend zijn.
3. Selecteer uit de duizenden modellen de meest veelbelovende.
4. Voer het integratieonderzoek uit op verschillende niveaus:
 - a. laag niveau: verbeter de output van computermodellen met de nieuwste technieken van de cartografische visualisatie, zowel 2D als 3D. Op dit niveau blijven de gegevensbanken van GIS en van de modellen onafhankelijk;
 - b. middenniveau: ontwikkel een gemeenschappelijk ruimtelijk gegevensmodel. Op dit niveau wordt GIS ingeschakeld in de pro- en post-processing fase. Het computermodel voert het dynamische proces uit, vanwege de nog beperkte mogelijkheden van GIS in het oplossen van tijd-integratie in de dynamische modellen;
 - c. hoog niveau: probeer de dynamische modellen te integreren in GIS. Hiervoor is promotieonderzoek nodig. Reserveer enkele plaatsen voor promovendi, zowel uit de toepassingsgebieden als uit het GIS-domein.
5. Laat studenten in GIS en GIS-gerelateerde masteropleidingen zoveel mogelijk kennis maken met computermodellen uit toepassingsgebieden met een ruimtelijke component. Dit zal zeker gerealiseerd moeten worden in het nieuwe MSc Programma Geomatics van de TU Delft (geomatics.tudelft.nl).
6. Een artikel in een tijdschrift is niet het ideale medium om dynamische processen weer te geven. Als Vi MATRIX in de toekomst aandacht gaat besteden aan dit fenomeen, verdient het aanbeveling een internetfaciliteit te realiseren, waarmee de dynamische processen kunnen worden weergegeven.

THEO BOGAERTS & ELFRIEDE M. FENDEL
SECTIE GIS-TECHNOLOGIE, TU DELFT