



Delft University of Technology

Digital Twin

Een allesomvattende oplossing of een veel (te) belovend concept?

Stoter, J.E.; Arroyo Ohori, G.A.K.; Noardo, F.

Publication date
2021

Document Version
Final published version

Published in
Geo-Info

Citation (APA)

Stoter, J. E., Arroyo Ohori, G. A. K., & Noardo, F. (2021). Digital Twin: Een allesomvattende oplossing of een veel (te) belovend concept? *Geo-Info*, 2021(4), 6-10. <https://geoinformatienederland.nl/artikelen/digital-twin-een-allesomvattende-oplossing-of-een-veel-te-belovend-concept/>

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Digital Twin: Een allesomvattende oplossing of een veel (te) belovend concept

Jantien Stoter
Ken Arroyo Ohori
Francesca Noardo

Vrijdag 17 december 2021



De term Digital Twin wordt op allerlei manieren gebruikt sinds dit concept een aantal jaren geleden haar intrede deed in het geodomein als veelbelovende technologie om grote maatschappelijke opgaven en omgevingsvraagstukken op te lossen. Hoewel er consensus bestaat over de basisfunctionaliteiten van een Digital Twin, is het risico van de diversiteit aan definities dat alles en niets hieronder valt. Hierdoor kunnen implementaties beperkt blijven tot afzonderlijke – veelal technische – onderdelen, en wordt het beloofde einddoel van een fundamentele oplossing voor maatschappelijke en omgevingsvraagstukken nooit behaald. In dit artikel reflecteren wij op het concept Digital Twin binnen de geo-informatie. We beschrijven de potenties en uitdagingen om Digital Twin in al haar facetten te implementeren in de praktijk, daarbij gebruikmakend van bestaande ervaringen en kennis in het geodomein.

Sinds 2012 zijn er veel artikelen verschenen over het concept Digital Twin (DT) waarbij het concept op verschillende manieren wordt ingevuld: als een digitale replica van een asset in een BIM-context, als een 3D-stadsmodel, als een digitale representatie van de leefomgeving met inbegrip van de dynamische processen, als een geo-informatie-infrastructuur, enzovoort.

We zullen hier niet proberen een eenduidige definitie te geven van DT, want dat zou slechts een andere definitie toevoegen. Maar ondanks de veelheid aan definities blijkt uit verschillende studies en enquêtes die we hebben uitgevoerd, dat er wel consensus bestaat over een aantal eigenschappen van een DT: een DT is gebaseerd op 3D-objectmodellen, het bevat realtime sensorgegevens en integreert een verscheidenheid aan ruimtelijke analyses en simulaties, met als doel om de beste ontwerp-, plannings- en interventie-beslissingen te kunnen nemen. Een

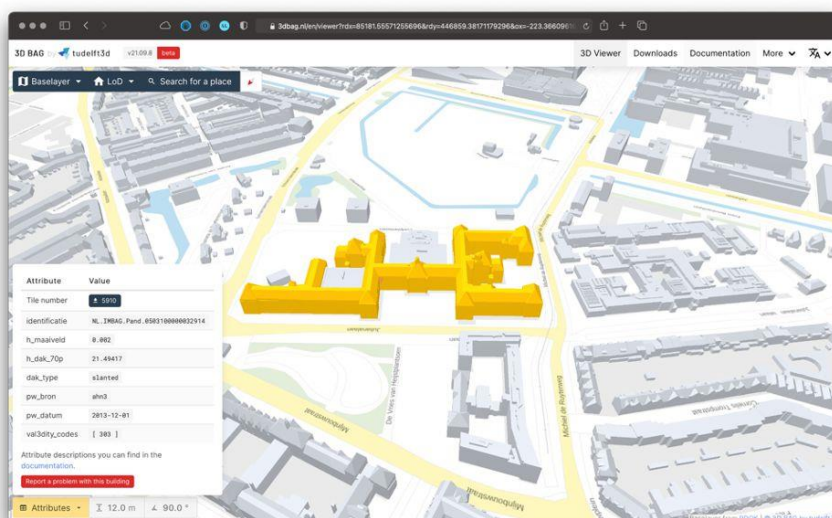
gebruiksvriendelijke, interactieve visualisatie van de DT in een one-stop-shop-dashboard is dé plek waar alle informatie over de leefomgeving voor gebruikers (burger, beslisser, expert) samenkomt.

Het DT-concept kent zijn oorsprong in de industrie en productiewereld, met als doel een exacte virtuele kopie van een product of productielijn te zijn, om deze te controleren en te verbeteren. Naast informatie over de historische, huidige en toekomstige status van zijn tegenhanger in de echte wereld, bezit deze DT een zelfevaluerend vermogen op basis van continue updates, alsook functionaliteit om wat-als-scenario's te evalueren.

Deze DT-kenmerken werden deels al bestudeerd in het geodomein, lang voordat het concept werd geïntroduceerd voor de virtuele weergave van onze leefomgeving. Bovendien kan het technisch-georiënteerde concept uit de productiewereld niet zonder meer op de geowereld worden geprojecteerd als fundamentele, toekomstbestendige oplossing om daadwerkelijke vraagstukken in de praktijk aan te pakken. Dit zullen we in dit artikel (dat een bewerking is van Stoter et al, 2021), nader toelichten. Deze reflectie is belangrijk om de beloftes van Digital Twin reëel en daardoor waar te kunnen maken.

Exact spiegelconcept

Het exacte spiegelconcept van een DT is doeltreffend als het gaat om een exacte digitale replica van een gesloten systeem, zoals een enkel product (bijvoorbeeld een auto) of een productielijn. Maar bij het representeren van de complexe werkelijkheid in ruimtelijke data, gaat dit 1:1-spiegelconcept niet op. Zo leren we onze studenten dat ruimtelijke modellen een abstractie zijn van de werkelijkheid, met als doel om inzicht te krijgen in een specifiek fenomeen (bijvoorbeeld geologie, erosie, energieverbruik, geluidsoverlast). Deze abstractie is nodig omdat het onmogelijk is om onze wereld 1:1 te modelleren, zowel in inhoud, schaal, detail als tijd, en ook om de rekentijd van ruimtelijke analyses werkbaar te houden.



Figuur 1. 3D BAG bevat voor ieder pand in Nederland representaties op meerdere LoDs. (www.3dbag.nl)



Afbeelding2. Lausanne in de swissTLM3D-weergave als National Digital Twin van Zwitserland. (bit.ly/topographicLandscapeModel)

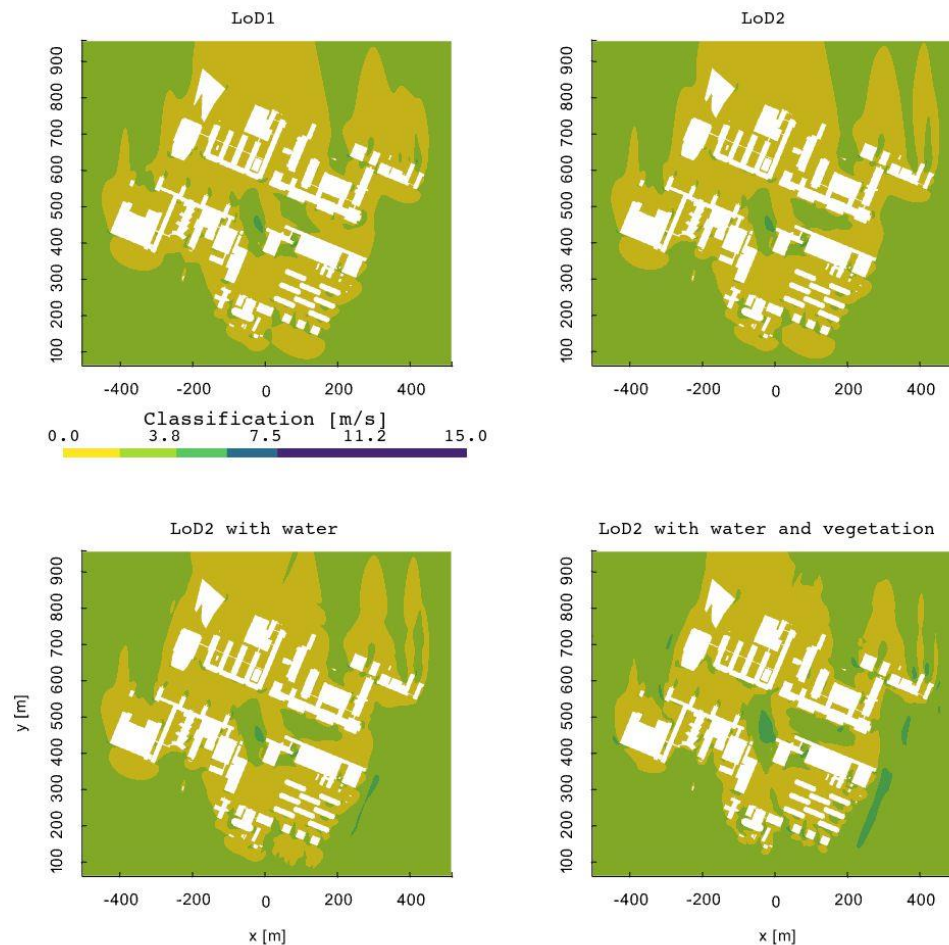
In 3D is dit level of detail (LoD-)concept inmiddels gemeengoed. Een voorbeeld van een nationale Digital Twin op een bepaald abstractieniveau is de 3D-BAG-service, waar 3D-modellen op meerdere LoDs voor alle tien miljoen gebouwen in Nederland beschikbaar zijn (zie figuur 1). Een ander voorbeeld van een nationale Digital Twin op een bepaald abstractieniveau, is het 3D-landschapsmodel van Zwitserland en Liechtenstein, met daarin 3D-representaties van wegen, gebouwen, bruggen, bossen, water enzovoort (zie figuur 2). Beide voorbeelden zijn beschikbaar als open data.

Het exacte spiegelconcept is ook om andere redenen minder geschikt voor ruimtelijke representaties van de leefomgeving. Het impliceert een enkele virtuele weergave van de werkelijkheid die alle toepassingen kan bedienen. Elke toepassing vereist echter een andere virtuele weergave ('model') als selectie van de werkelijkheid, en daarom gaat de one-size-fits-all-eigenschap zoals aan DT's wordt toegekend, niet op in ons domein. In plaats daarvan is een gesynchroniseerde meerling nodig die op dezelfde basisdata is gebaseerd, en waarbij de verschillende representaties naar elkaars bestaan verwijzen ('linken') als het om hetzelfde real world object gaat, zoals een BIM- en GIS-representatie van hetzelfde gebouw. (Voor het woord 'meerling' bestaat overigens geen Engels equivalent.)

Realtime en dynamische informatie

Realtime en dynamische informatie door middel van continue updates, zijn andere veelgenoemde kenmerken van een DT, daar waar een actualiteit van enkele maanden of zelfs weken voor geodata al hoog is. Is het relevant (en haalbaar) om alle data realtime op te nemen in een DT, wat een continue synchronisatie met haar fysieke tegenhanger vereist? Of is een minder dynamische basis voor gemodelleerde objecten realistischer, die alleen significante veranderingen weergeeft

met meer gedetailleerde dynamische informatie voor specifieke projectgebieden of voor hoog-dynamische gegevens (geluid, temperatuur, luchtkwaliteit, mobiliteit)?



Figuur 3.

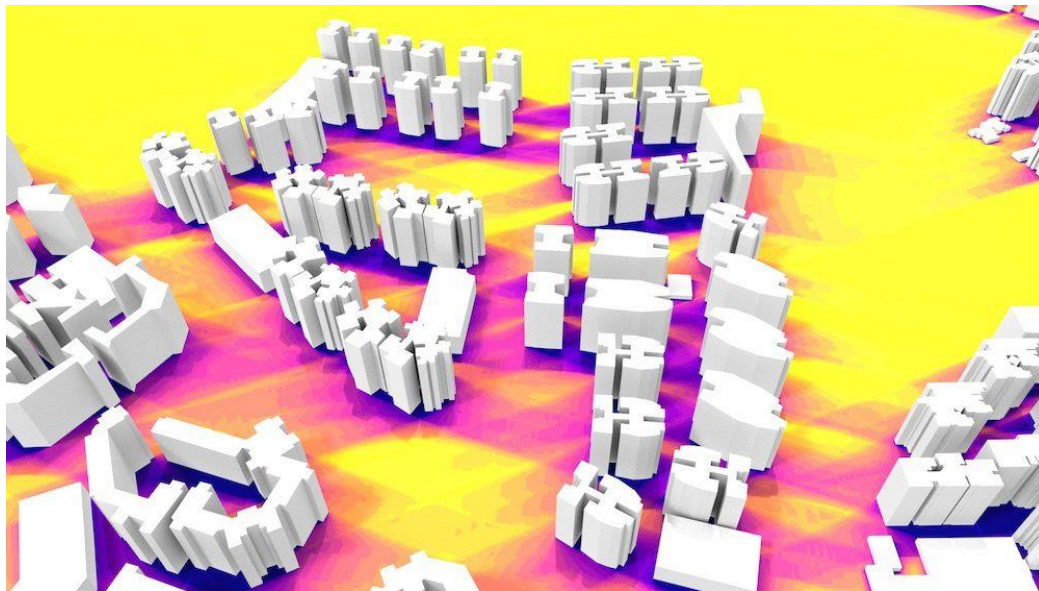
Windcomfortsimulaties in een Digital Twin-context. (García-Sánchez et al, 2021)

Voor het vastleggen van dynamische gegevens is daarnaast een effectieve methode nodig om alleen die veranderingen vast te leggen die ertoe doen, in plaats van alle realtime informatie (ook als er geen verandering is). Een andere spatio-temporele uitdaging is ook nog steeds: hoe zijn versiegegevens van onze veranderende realiteit vast te leggen voor het volgen van trends en om terug te kunnen gaan naar een vroegere staat van de data waarop bepaalde beslissingen zijn gebaseerd?

Simulaties versus voorspellingen

Simulaties zijn nodig om het one-stopshop- dashboard te kunnen voeden met resultaten van wat-als-scenario's voor verschillende indicatoren, zoals energie, geluid, wind (figuur 3) en mobiliteit. De simulaties dienen daarbij op dezelfde brondata te worden uitgevoerd. In de praktijk echter, kunnen slechts enkele analyses direct worden uitgevoerd op ruimtelijke gegevens zoals deze

beschikbaar zijn. Veelal is conversie nodig van bestaande (3D-)geodata naar specifieke datastructuren of naar objecten gemodelleerd volgens specifieke richtlijnen, om als input te kunnen dienen voor simulaties binnen specifieke software-omgevingen die draaien op high-end-hardware. Een mogelijke oplossing is om vereenvoudigde analyses in een geïntegreerde omgeving (het ‘dashboard’) uit te voeren voor globale analyses, en meer gedetailleerde simulaties in gespecialiseerde omgevingen. De uitdaging is dan om workflows te implementeren vanuit dezelfde basisgegevens naar verschillende simulatieomgevingen, en de simulatieresultaten terug te voeren naar het dashboard.



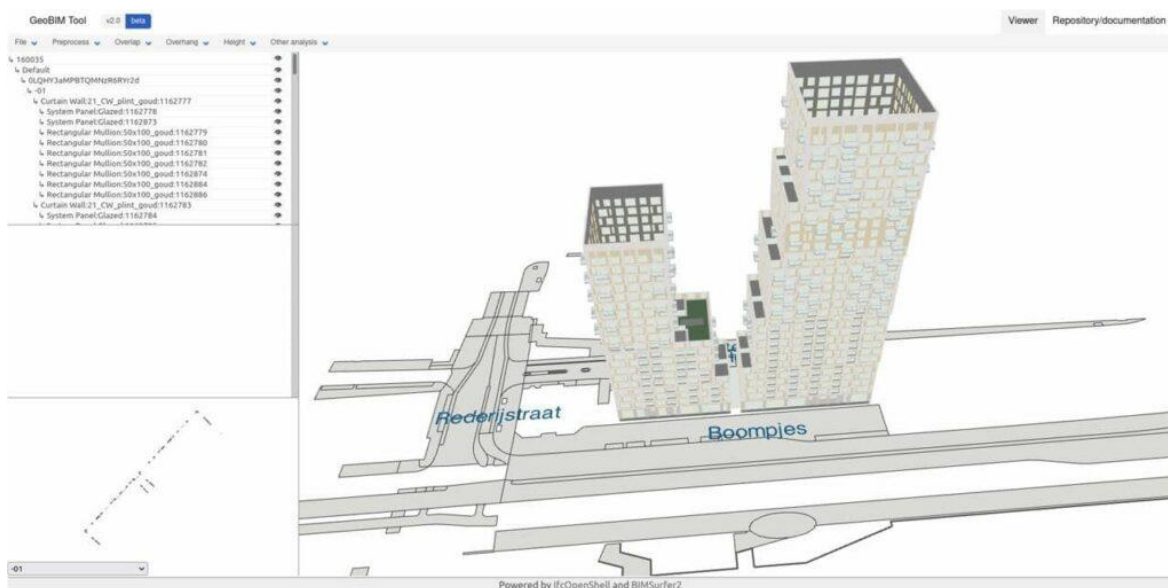
Figuur 4. Een semantisch 3D-stadmodel gebruikt voor een ruimtelijke analyse in Singapore, gegenereerd op basis van open data. (Biljecki, 2020)

Een ander probleem met simulaties van onze complexe leefomgeving is de onzekerheid die er inherent aan is. Simulaties als onderdeel van DT's worden door non-experts makkelijk verward met voorspellingen van de werkelijkheid. Maar simulaties van een open systeem als de leefomgeving kennen veel (onbekende) variabelen die niet allemaal vooraf bekend, te controleren of te modelleren zijn. Zo zijn huidige windcomfortsimulaties beperkt tot vereenvoudigde geometrieën, en bevatten deze vaak geen vegetatie. Simulaties worden daarom gekenmerkt door onzekerheidsmarges en geven hoogstens inzicht in specifieke fenomenen onder specifieke condities en voor specifieke criteria, bijvoorbeeld geluidsniveaus die worden geproduceerd door een specifieke geluidsbron, of windstromen op basis van dominante windrichtingen. Maar simulaties zijn niet in staat (of bedoeld) om op elk moment de exacte waarden van alle criteria te voorspellen volgens de condities op dat specifieke moment. Hoe kan deze onzekerheid (niet te verwarren met nauwkeurigheid) worden duidelijk gemaakt in het one-stop-shopdashboard zodat niet-deskundige gebruikers de juiste afwegingen maken op basis van de uitkomsten?

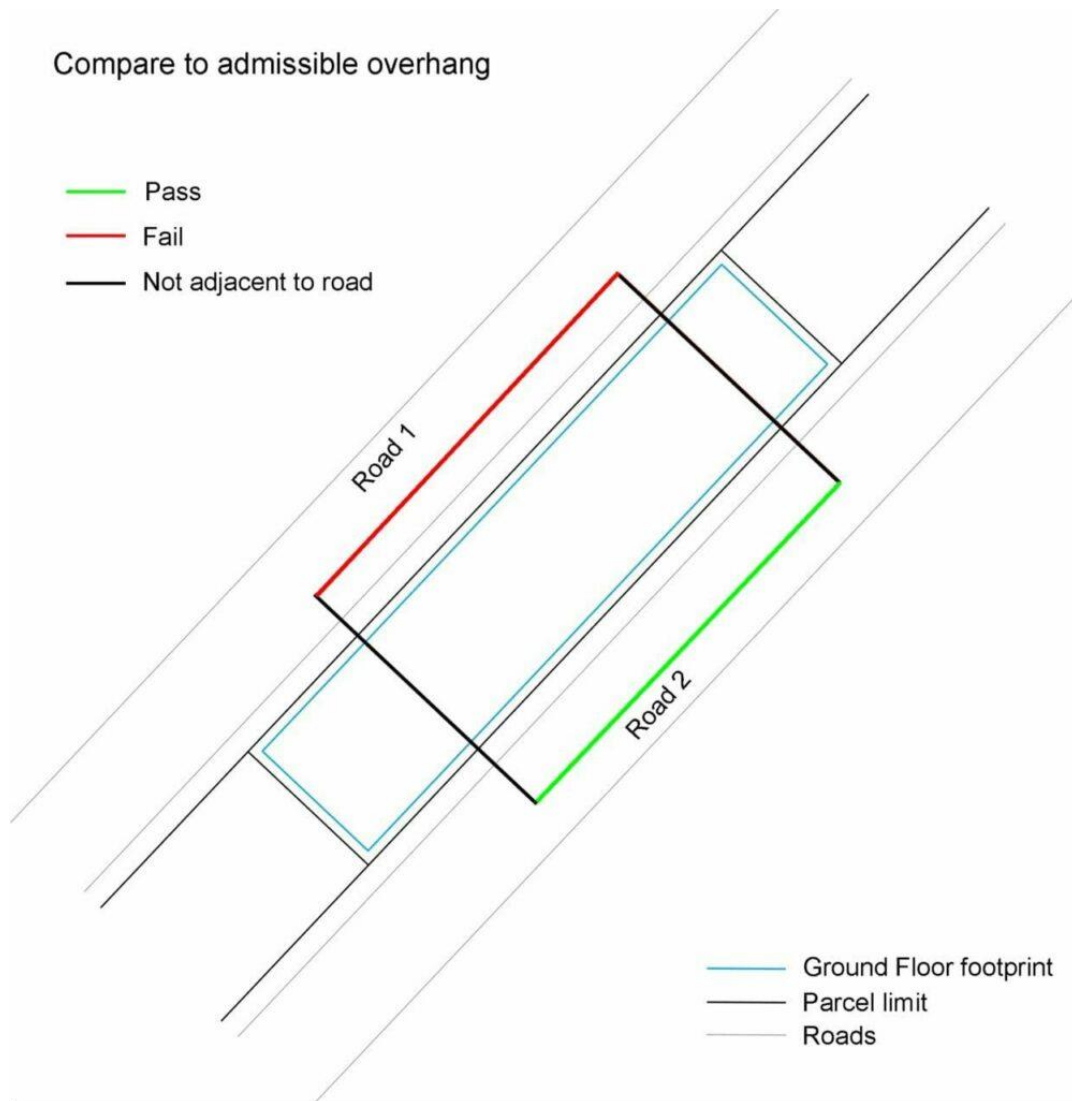
Realistisch versus realistisch-ogende visualisaties

DT's zouden gebruiksvriendelijke visualisaties moeten bieden die een breder publiek bereiken dan alleen geoprofessionals. Deze niet-deskundige gebruikers zullen er vaak van uitgaan dat hoe realistischer een 3D-omgeving eruitziet, hoe nauwkeuriger deze is. Maar realistisch ogende modellen eisen meer detail, en zijn daarom duurder in inwinning en in bijhouding. Bovendien zijn voor veel gebieden gedetailleerde 3D-modellen nog niet beschikbaar, en bieden LoD1-blokmodellen al veel meerwaarde als DT-kandidaten boven traditionele 2D-benaderingen (zie figuur 4).

Realistisch ogende modellen zijn ook niet per se betere modellen van de werkelijkheid. Ze kunnen verouderd zijn, fouten bevatten en minder geometrisch en semantisch nauwkeurig zijn dan minder realistisch ogende modellen. Ook leiden hogere detailniveaus niet altijd tot betere analyses (Biljecki et al, 2018). Tenslotte tonen renderings van toekomstige ontwerpen (als artist impressions) vaak een optimistisch scenario: zonnig, met veel groen, schoon en niet erg druk, terwijl de werkelijkheid vaak minder idyllisch is.



Figuur 5. Toetsen van toegestane overkragingen en maximale bouwhoogte van nieuwbouw (BIM) boven een weg (geo) in een vergunningscheck-tool uitgevoerd in een project met Rotterdam. (bit.ly/GeoBIMbuildingpermit)



Vanuit het DT-perspectief is de vraag: hoe kan deze overwaardering van een realistische look & feel, die verkeerde verwachtingen kan wekken bij niet-deskundige gebruikers, worden voorkomen? En hoe kan juist de ondergewaardeerde datakwaliteit meer aandacht krijgen, evenals een weliswaar minder realistisch- ogende maar meer realistische weergave? Denk aan het smoothen van contourlijnen, dat wordt toegepast om contourlijnen meer realistisch te laten lijken. De geoprofessional weet dat deze vloeiende contourlijnen een nog verdere aanpassing zijn van de onderliggende waarnemingsgegevens, en dat deze lijnen daarmee juist verder afstaan van de werkelijkheid dan de oorspronkelijke hoekige lijnen.

Gegevens delen: Van inter-operabiliteit tot privacy en ethiek

Het delen van data tussen organisaties en sectoren is essentieel voor DT's. Dit is nog steeds een uitdaging en zal alleen maar prominenter worden als er nog meer gegevens en simulatiemodellen moeten worden gedeeld en gesynchroniseerd. Interoperabiliteit vraagt om standaarden die werkbaar zijn in de praktijk, en die niet alleen in het geodomein worden begrepen. Een

voorbeeld hiervan zijn standaarden (of profielen) die de flexibiliteit van huidige geostandaarden – zoals CityGML en IFC – inperken om slechts één manier toe te staan om de semantiek en geometrieën van een specifiek object weer te geven, evenals BIM-Geo-conversies voor specifieke use cases zoals voor workflows voor bouwvergunningen, waarbij een ontwerp (in BIM) automatisch kan worden getoetst aan de planningsregels en de fysieke omgeving (beide gemodelleerd in geo). Zie Figuur 5 en Stoter et al (2020).

Er zijn ook nog andere onopgeloste vraagstukken rond het delen van gegevens, zoals beveiliging, privacy, aansprakelijkheid, ethiek en verantwoordelijkheid. In het geodomein is hierover al veel kennis aanwezig, alsook ervaring met het maken van afspraken hierover. Maar ons domein bevindt zich in een door de overheid gedomineerde context. Er zijn andere uitdagingen als het delen en integreren ook gegevens betreft die door bedrijven – met commerciële bedrijfsmodellen en copyright-belangen – worden verzameld en beheerd zoals bij het DT-concept.

Praktijkgereedheid

Een cruciale, en nog vaak over het hoofd geziene uitdaging is de praktijkgereedheid van data, software, standaarden, werkprocessen enzovoort, om problemen die zich in de ‘echte’ wereld voordoen op te lossen met DT-oplossingen. Er zijn veel pilots gedaan die de potentie van DT’s laten zien. Maar een open one-stop-shop-dashboard bestaat nog niet, en onderzoek naar een fundamentele DT-implementatie (meer dan binnen één bepaalde, commerciële software-omgeving) is nog nauwelijks gedaan. Daarom is het nog niet altijd duidelijk hoe een DT in de praktijk het beste kan opereren, en hoe een DT zal doen wat in pilots wordt beloofd, niet alleen voor één virtuele weergave, maar ook voor grotere gebieden en ook in de (verre) toekomst. Real-worldimplementaties vereisen het adresseren van bovengenoemde uitdagingen, het oplossen van (vaak complexe) uitzonderingen en het ontwikkelen van een stabiele informatie-infrastructuur. Dit soort onderwerpen maken vaak geen deel uit van showcases en pilots.

DT-implementaties in de praktijk moeten ook oplossingen bieden voor andere organisaties dan de steden, die al geavanceerde smart-city-oplossingen hebben. Een overgrote meerderheid van steden en gemeenten hebben zelf vaak niet alle kennis en capaciteit in huis om DT-oplossingen te ontwikkelen. Incrementele benaderingen, die starten met gegevens die al beschikbaar zijn, kunnen helpen bij realistische groeipaden die gaandeweg de implementatie kunnen worden uitgebreid waarbij de omgeving kan meegroeien. Tenslotte (en misschien wel het belangrijkste) moeten we voor een succesvolle DT-implementatie in de praktijk verder kijken dan technische oplossingen. Het gaat vaak om enorme financiële investeringen in de infrastructuur, bestuur en coördinatie; om afsprakenkaders met en samenwerking tussen veel verschillende belanghebbenden en processen binnen overheden, het bedrijfsleven en diverse sectoren; veranderingen in werkprocessen; nieuwe vaardigheden voor medewerkers, enzovoort. Zonder aandacht hiervoor zullen DT’s niet in al hun potenties kunnen worden geïmplementeerd.

Tot slot

Digital Twin is een verzamelbegrip dat sinds de introductie in ons domein een paar jaar geleden op veel verschillende manieren wordt gebruikt. Zonder een gemeenschappelijk begrip van wat

het concept voor het geodomein inhoudt – en wat nieuw is – kan een DT worden geïmplementeerd als een opzichzelfstaande oplossing voor een deelprobleem. Dit zal de beloftes van een DT als dé digitale oplossing om uitdagingen zoals klimaatadaptatie en verstedelijking op te lossen, niet waarmaken.

Dit klinkt misschien allemaal negatief. Maar het Digital Twin-concept biedt juist veel mogelijkheden voor het geodomein. Ten eerste is DT een treffende metafoor voor ruimtelijke representaties, die ver buiten ons domein wordt begrepen en die eenduidig en simpel de relevantie en toegevoegde waarde van locatiegebonden kennis en technieken voor de implementatie van DT's laat zien. Daarbij heeft het geodomein veel te bieden voor DT-implementaties. Ons domein heeft soortgelijke uitdagingen eerder bestudeerd in verschillende contexten en termen, zoals GIS, SDI, 3D-modellen, GeoBIM, Smart Cities, IoT, enzovoort, lang voordat de term DT werd geïntroduceerd.

Voorbeelden van deze uitdagingen zijn: hoe kan de werkelijkheid zo nauwkeurig en actueel mogelijk ruimtelijk worden weergegeven?; hoe kunnen data uit zeer heterogene en dynamische bronnen worden uitgewisseld, gesynchroniseerd en geïntegreerd en welke standaarden zijn hiervoor nodig?; en hoe kan een geo-informatie-infrastructuur – bestaande uit data, diensten, metadata, standaarden, technologie, organisatorische en institutionele aspecten, human resources en gebruikers – dit ondersteunen? Deze uitdagingen worden niet automatisch opgelost door de zoveelste metafoor of een nieuw concept te introduceren.

Laten we daarom het Digital Twinconcept omarmen en de toegevoegde innovaties en de bijbehorende uitdagingen aanpakken. Maar voor een allesomvattende implementatie die werkt voor elke gemeente, organisatie en op nationaal niveau, moeten we ook werken aan de minder zichtbare, en misschien daarom minder belonende uitdagingen. Dit zijn de unieke kennis, ervaringen en expertise die het geodomein kan inbrengen om de beloftes van Digital Twin-oplossingen waar te maken.

Ons onderzoek wordt mede gefinancierd door de European Research Council (ERC) onder het 'European Union's Horizon 2020 research and innovation programme' (Grant agreement No 677312 UMnD en Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 707404)).

Referenties

1. Biljecki, F., Heuvelink, GBM., Ledoux, H. and Stoter, J. (2018). *The effect of acquisition error and level of detail on the accuracy of spatial analyses*. *Cartography and Geographic Information Science* 45(2), 2018, pp. 156–176.
2. Biljecki, F. (2020). *Exploration of open data in Southeast Asia to generate 3D building models*. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* VI-4/W1-2020, 37–44.
3. García-Sánchez, C., Vitalis, S., Pađen I., and Stoter, J. (2021). *The impact of level of detail in 3D city models for CFD-based wind flow simulations*, 3D Geoinfo, October 11-14 2021, ISPRS Archives.
4. Stoter, J., Arroyo Ogori, K., Noardo, F. (2021). *Digital Twin: comprehensive solution or hopeful vision?* *GIM International*, bit.ly/ComprehensiveSolutionorHopefulVision

5. Stoter, J., F. Noardo, T. Wu, K. Arroyo Ogori en T. Krijnen. *Gebruik van BIM in Geo in de praktijk: voorbij de hype. Geo-Info 2, April 2020, pp. 8–11. ISSN: 1572-5464 (print) 2211-0739 (online).*

Auteurs

Jantien Stoter, werkt bij 3D Geoinformation, sectie Urban Data Science, TU Delft en is ook werkzaam bij Kadaster en Geonovum.

Ken Arroyo Ogori, werkt bij 3D Geoinformation, sectie Urban Data Science, TU Delft.

Francesca Noardo, werkt bij 3D Geoinformation, sectie Urban Data Science, TU Delft.