

Het overbruggen van de kloof tussen CAD en GIS

(deel 2)

Bij het ontwikkelen van plannen en het realiseren van objecten (bruggen, tunnels, spoorwegen), wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van zowel CAD- als GIS-systemen. In een eerder artikel zijn we aan de hand van een groot aantal cases nader ingegaan op de behoefte aan het gecombineerd gebruik van CAD en GIS en de problemen die dat met zich meebrengt. In dit artikel gaan we in op twee kernaspecten die onontbeerlijk zijn bij het aanpakken van de integratie op een fundamenteel niveau en die dus in ieder geval aandacht behoeven bij het overbruggen van de kloof: formele semantiek en geïntegreerd gegevensbeheer. In dit artikel worden deze twee begrippen toegelicht en wordt uitgelegd waarom deze aspecten zo belangrijk zijn voor een optimale GIS-CAD-integratie.

Uitwisseling van geometrische en geografische informatie tussen CAD- en GIS-systemen is vaak nodig voor een ruimtelijke analyse en voor het vastleggen van geografische informatie over geplande of gerealiseerde objecten (fig. 1 en fig. 2). Iedereen die wel eens heeft geprobeerd om CAD-gegevens in GIS-software te importeren, of andersom, is bekend met de problemen die zich daarbij voordoen, zoals het ontbreken van objectdefinities in de CAD-modellen, het gebruik van verschillende schalen, de omzetting van de lokale coördinaten (CAD) in een referentiesysteem voor zowel horizontale als verticale coördinaten, parametrische vormen die niet kunnen worden geconverteerd tot GIS-objecten en verschillende detailleringniveaus die moeten worden generaliseerd.

De laatste jaren zijn er veel ad hoc oplossingen gepresenteerd voor de gegevensuitwisseling zoals vertaalprogramma's (gebruik makend van gedeelde 'applicatie programma interfaces', API's) en oplossingen gericht op het koppelen van twee specifieke systemen (formaten). Maar er wordt nog steeds weinig aandacht besteed aan de meer fundamentele

prof. dr. ir. F.W. Jansen, hoogleraar Computer Graphics, faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica, TU Delft, prof. dr. ir. P.J.M. van Oosterom, hoogleraar GIS technologie, OTB, faculteit Techniek, Bestuur en Management, TU Delft en dr. J.E. Stoter, Department of Geo-Information Processing, ITC

kwesties die moeten worden opgelost, zoals harmonisering van de semantiek van de gebruikte concepten en geïntegreerd gegevensbeheer in tegenstelling tot het beheer van onafhankelijke, inconsistente eilandjes van informatie die met elkaar worden verbonden door middel van gegevensconversie waarbij gegevens verloren kunnen gaan.

Betekenis van concepten en modellen

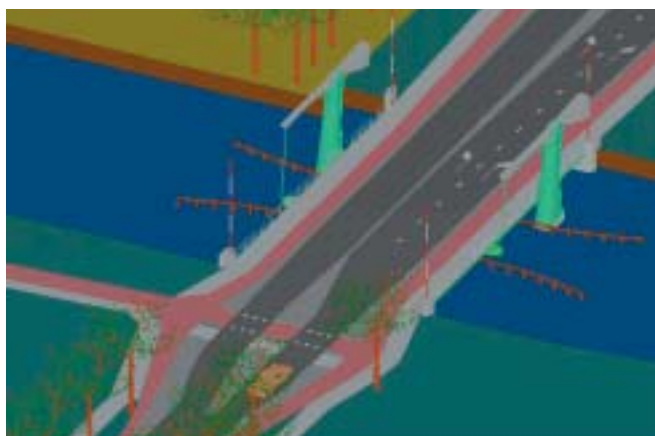
Het verschil tussen de concepten die in een ontwerp-omgeving (CAD) worden gebruikt en de concepten die worden gebruikt voor op waarnemingen en metingen gebaseerde geo-informatie, zoals gebruikt binnen GIS, bemoeilijken het gecombineerd gebruik van GIS en CAD. Het mag dan ook geen verrassing zijn dat als we gegevens converteren van GIS naar CAD (of omgekeerd), er discrepanties ontstaan in de elementaire representatie van de gegevens, wat op zijn beurt weer leidt tot het verlies van impliciet gecodeerde betekenis (semantiek). Voordat de situatie beter kan worden, moeten de raamwerken van concepten (ontologieën) binnen CAD en GIS expliciet worden gemaakt, met elkaar worden vergeleken en aan elkaar worden gerelateerd. Zowel roerende als onroerende objecten hebben een geometrie. Daarnaast kan er sprake zijn van allerlei andere kenmerken (zoals naam, functie of materiaalsoort), expliciete relaties (bijvoorbeeld topologie en



toepassingsafhankelijke relaties) en constraints (geldigheidsvoorwaarden binnen een object en tussen objecten: geen overlap, minimumafstand tussen objecten, maximumgrootte van een object, etc.). De geometrische en thematische kenmerken vormen samen een belangrijk deel van de semantiek van het te ontwerpen object. GIS kent al een lange traditie wat betreft thematische kenmerken van functionele objecten (huizen, wegen, tunnels, etc.). Binnen CAD is echter de laatste tijd ook steeds meer aandacht voor het integraal beheer van geometrische en thematische kenmerken van de objecten. Een belangrijke voorwaarde voor zowel CAD als GIS is dat de geometrische en functionele gegevens kloppend blijven tijdens (complexe) modellering en bewerking. Gegevensuitwisseling op een hoger semantisch niveau kan helpen voorkomen waar huidige uitwisselpraktijken toe leiden: de gedeeltelijke vernietiging van de geometrische en semantische betekenis, hetgeen onvermijdelijk leidt tot onnodig informatieverlies en het eventueel opnieuw invoeren van gegevens. Er zijn verschillende aspecten waarvan de semantiek expliciet beschreven moet worden:

Fig. 1. De groeiende vraag naar 3D-gegevens in GIS-toepassingen vraagt om een optimale GIS-CAD-integratie (bron Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland).

Fig. 2. 3D-CAD-ontwerpen bevatten 3D-informatie die nodig is in 3D-GIS-toepassingen. Maar de vraag is hoe kom je van het CAD-model naar een representatie die bruikbaar is in een GIS-omgeving? (architect Marja Haring, Gemeentewerken Rotterdam).



- formele objectdefinitie: de classificatie en de thematische kenmerken moeten eenduidig te interpreteren zijn;
- topologie: relaties tussen geometrische elementen waarin 'verbondenheid' wordt vastgelegd, hetgeen bijvoorbeeld wil zeggen dat elementen niet overlappen en hun grens heel en gesloten is;
- geldigheidsvoorwaarden ('constraints'): vergelijkbaar met topologische relaties, maar met een algemeen karakter om bepaalde geometrische, topologische of thematische condities te definiëren;
- parametrisering: een aantal van de geometrische variabelen wordt gebruikt als definitieparameters die het object beschrijven in verschillende klassen (discrete parameters) of in een continu vormverloop;
- procedurele definitie: algoritmische of mathematische definitie van een vorm die herhaald wordt (of een bepaalde mate van willekeur definieert).

Om de functionele relaties intact te houden is een krachtig modelleergereedschap nodig dat de gespecificeerde geldigheidsvoorwaarden (constraints) handhaaft en bewaakt. Naast het modelleergereedschap moeten controles op het handhaven van geldigheidsvoorwaarden ook op DBMS-niveau worden uitgevoerd (zie 'geïntegreerd gegevensmanagement' verderop). Voorbeeld: als een brug ruimte moet bieden aan vrachtwagens, kan die functie in gevaar komen wanneer de brug wordt verlaagd. In het ideale geval controleert en behoudt de edit- en opslagomgeving van het systeem dit soort functionele beperkingen, bijvoorbeeld minimaal vereiste hoogte. Conversie op basis van alleen de expliciete geometrie is dus niet voldoende, ook de thematische kenmerken en de topologie en andere geldigheidsvoorwaarden moeten worden meegenomen.

De problemen die zijn genoemd kunnen wellicht op analoge wijze worden benaderd als de conversies die nu reeds plaatsvinden binnen GIS of binnen CAD [Jansen et al, 2004]. Bij deze conversies bleek dat zowel semantiek als geometrie gebruikt moeten worden om tot de verschillende representaties van hetzelfde feitelijke object te komen. Om de kloof tussen GIS en CAD te overbruggen is een raamwerk nodig (formele semantiek) dat zowel de geometrie als de bijbehorende thematische kenmerken van de afzonderlijke gebieden formeel beschrijft en vervolgens harmoniseert.

Formele semantiek

De formele benadering van semantiek is van belang voor de automatische verwerking van ruimtelijke informatie. Kennis vastleggen in natuurlijke tekst en tabellen is niet meer afdoende. Op dit moment wordt de meeste ruimtelijke informatie, zowel bij CAD als bij GIS, vaak direct gebruikt door mensen maar in de toekomst zullen grote delen van deze informatie eerst worden verwerkt door informatiesystemen alvorens die weer aan mensen wordt meegedeeld. Mensen zijn in staat om verschillende concepten te interpreteren met gebruikmaking van impliciete contextinformatie zoals om welk domein gaat het, wie heeft de informatie geleverd of geproduceerd, etc. Maar voor computers moet deze kennis expliciet beschikbaar worden gesteld. Voorbeelden zijn de automatische interpretatie van sensor-

informatie (bijvoorbeeld datasets afkomstig van luchtfotografie, remote sensing of laserscans), het herkennen en classificeren van objecten, en het uitvoeren van diverse (ruimtelijke) analyses voor beslissingsondersteuning ('decision support'). Al deze voorbeelden hebben gemeen dat een machine zonder 'kennis van het vakgebied' deze taken niet adequaat kan uitvoeren. Er is dus behoefte aan een meer formele benadering, zoals die ontworpen is binnen vakgebieden als kennistechnologie (ontologie) en object-georiënteerde modellering. Op basis van deze formele semantische benadering moet het mogelijk zijn om modellen uit verschillende domeinen te harmoniseren. In de laatste tien jaar is er belangrijke vooruitgang geboekt binnen het vakgebied kennistechnologie (UML: Unified Modelling Language, ontologie, het semantische web), waardoor betekenis beter kan worden geformaliseerd. Een groot deel van de formele, structurele kennis aangaande concepten (gemodelleerde objecten) kan worden vastgelegd in de relaties die een object heeft met andere soorten objecten (specialisatie/generalisatie, onderdeel/geheel, associatie), eigenschappen (kenmerken) en bewerkingen (methodes, functies) die bij de objectklasse horen. Geldigheidsvoorwaarden kunnen binnen UML met de formele taal OCL (Object Constraint Language) worden gespecificeerd, waardoor de betekenis van de objecten (en hun relaties) nog nauwkeuriger wordt beschreven. In deze kennistechnologie-benadering zijn ook de principes van object-georiënteerde modellering te herkennen. De semantiek is door middel van deze benadering niet langer in woorden beschreven maar in een formele taal, waardoor de semantiek door computers begrepen kan worden. De wens om kennis te formaliseren is ook aanwezig bij veel andere vakgebieden zoals bijvoorbeeld scheepsbouw en geneeskunde, en er zijn zelfs complete verzamelingen van algemene concepten (woordenboeken) om kennis te formaliseren. Vaak is de aanleiding hetzelfde ('een machine bepaalde taken op betekenisvolle wijze te laten uitvoeren'). Zo wordt binnen de context van het 'semantische web' geprobeerd om meer betekenisvolle zoekacties mogelijk te maken door formele raamwerken van concepten oftewel ontologieën te gebruiken. Heel vaak worden hiervoor klassendiagrammen van UML gebruikt [OMG, 2002]. Naast UML en OCL, voor de formele omschrijving van de semantiek van de verschillende objectklassen in een informatiemodel, zijn er ook specifieke hulpmiddelen voor het omgaan ('redeneren') met de formele concepten (semantiek, ontologie). Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan OWL, de Ontology Web Language [W3C, 2004] of de ontwikkeling van het nieuwe ODM (Ontology Definition Metamodel) door de Object Management Group (OMG), dat naar verwachting zal worden aangenomen in november 2004. Het nut en gebruik hiervan binnen de context van het overbruggen van de kloof tussen CAD en GIS verdient nader onderzoek.

Noodzaak van standaardisatie bij het harmoniseren van de semantiek

Binnen één vakgebied is het al moeilijk genoeg om het eens te worden over concepten en hun (formele) definitie dus het ligt in de lijn der verwachting dat dit alleen maar moeilijker wordt bij nogal verschillende vakgebieden (zoals in het geval van de integratie van CAD en GIS). Binnen de Nederland-

se geo-informatiegemeenschap zijn diverse standaarden in ontwikkeling (IMRO/ruimtelijke planning, IMWA/water, IMKICH/cultuur historie, GRIM/natuur & landbouw, topografie, kadaaster/vastgoedeigendom, bodem/ondergrond, etc.). Deze worden ontwikkeld na langdurige besprekingen met de betrokken partijen binnen een gemeenschap. De meest recente domeinmodellen zijn beschreven in UML-klasendiagrammen, wat een eerste stap is in de richting van een formele representatie van kennis. Nog moeilijker wordt het natuurlijk op internationaal niveau, aangezien hier sprake kan zijn van nog grotere verschillen op het gebied van wet- en regelgeving, gewoontes en cultuur. Een voorbeeld van een poging om een internationaal vakgebiedmodel te creëren is het initiatief van de FIG om een 'kadastraal kernmodel' te specificeren. Bij internationale concepten speelt ook het gebruik van meerdere natuurlijke talen een rol, waardoor labels van de concepten in verschillende talen moeten worden vertaald [Lemmen et al, 2003].

Bij formele concepten, die moeten worden gedeeld door meerdere (vak-)gebieden (zoals dat al binnen de geo-informatiewereld gebeurt en waar ook het gecombineerde gebruik van GIS en CAD om vraagt), is het nog moeilijker om een consensus te bereiken: soms worden voor geheel of deels verschillende concepten dezelfde woorden (labels) gebruikt, en soms krijgen dezelfde concepten verschillende labels. Het moge duidelijk zijn dat dit probleem een steeds grotere rol gaat spelen binnen onze netwerk- en informatiemaatschappij. Het zal niet makkelijk worden, maar er moet worden geprobeerd om de verschillende domeinen te harmoniseren. Misschien de meest succesvolle benadering is om te beginnen met een aantal formele modellen binnen verschillende domeinen (met een zekere mate van overlap) en te proberen om die met elkaar in overeenstemming te brengen. Of in ieder geval te proberen om regels op te stellen waarmee de concepten uit het ene domein in de concepten van het andere domein kunnen worden vertaald. Een voorbeeld van een relatief hoogontwikkeld land wat geo-informatie betreft is Australië, waar een geharmoniseerd model voor verschillende (geo-informatie-) domeinen is ontwikkeld, namelijk

topografie, kadaster, adressen en hydrografie [ICSM, 2002]. In de GIS-wereld wordt de geometrie en de topologie gestandaardiseerd door zowel het OpenGIS Consortium (OGC) als ISO TC211. Sinds 1997 werken ISO en het OGC samen, gezien de grote mate van overlapping tussen hun activiteiten. Een belangrijk concept in het OGC-model is een ruimtelijke (of geografische) 'feature', een abstractie van een fenomeen uit de werkelijkheid met een locatie ten opzichte van het aardoppervlak [OGC, 2001]. Het conceptuele model van de ruimtelijke feature wordt meetkundig en topologisch omschreven in Topic 1 van de OGC Abstract Specifications: 'feature geometry'. Het doel van de Abstract Specifications is een conceptueel model te creëren en te documenteren zodat deze een goede basis biedt voor de Implementation Specifications waarop dan weer echte interoperabele systemen te bouwen zijn. Op dit moment is de implementatie van de ruimtelijke features in GIS meestal beperkt tot eenvoudige primitieven: punten, lijnen en polygonen.

Ook de CAD-wereld kent zijn eigen standaarden en formele beschrijvingen. Binnen de CAD-wereld worden diverse bestandsindelingen (DXF, DWG, DGN, VRML, X3D, SVG) gebruikt om gegevens uit te wisselen. In 1984 werd door ISO TC184 "Industrial Automation systems and Integration" subcomité SC4, "Industrial Data", het STEP-project (STandard for the Exchange of Product model data) gestart om een internationale standaard te creëren waarmee productmodelgegevens kunnen worden beschreven en die als basis kan dienen voor het uitwisselen en delen van gegevens. De STEP-standaard is goedgekeurd als ISO "International Standard" ISO 10303. In [Pratt, 2001] is een overzicht te vinden van de huidige status [STEP, 2004]. Wat nodig is voor een goede GIS-CAD-integratie, is dat eerst een formele semantiek (ontologie) voor de standaarden binnen beide vakgebieden apart wordt ontwikkeld waarbij zowel de thematiek als de geometrie eenduidig en transparant worden beschreven. De volgende stap is het harmoniseren van beide ontologieën, waarbij de vertalingen van objecten uit de ene ontologie naar de andere formeel wordt beschreven, inclusief constraints en andere relaties maar waarbij ook cases van dezelfde objecten met verschillende la-

bels of van objecten met dezelfde labels met verschillende betekenissen in 'computer-taal' (door middel van formele semantiek) inzichtelijk worden gemaakt. De harmonisatie zou ook kunnen bestaan uit het ontwikkelen van een overkoepelend, geïntegreerd model waarvan de afzonderlijke GIS- en CAD-ontologieën kunnen worden afgeleid. Wanneer de concepten uit beide wereld eenmaal zijn vastgelegd in formele semantiek en geharmoniseerd, kunnen computers de rest doen.

Geïntegreerd gegevensmanagement

Na het oplossen van de semantische verschillen is 'geïntegreerd gegevensmanagement' de volgende stap voor de GIS-CAD-integratie. Geïntegreerd gegevensmanagement is gebaseerd op het principe dat gegevens slechts eenmaal worden opgeslagen en beheerd en dat verschillende applicaties van dezelfde gegevens gebruik maken door zogenaamde 'views' op de gegevens. Een voorbeeld van de multi-view benadering binnen CAD is fig. 3.

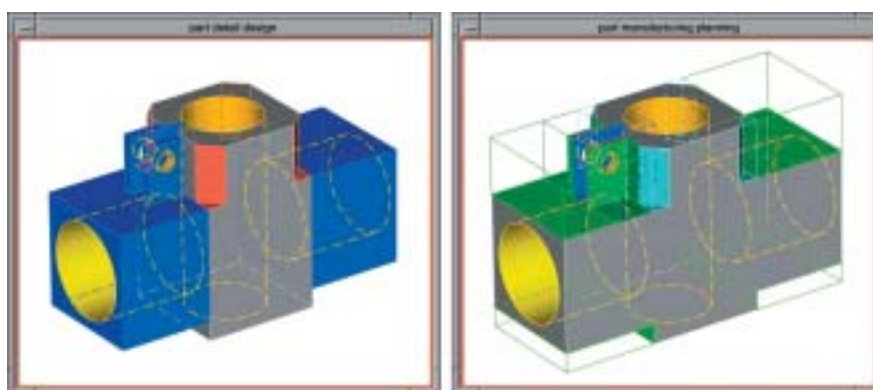


Fig. 3. Multi-view productmodellering in CAD. Voor het ondersteunen van de verschillende fasen van het productontwikkelingsproces zijn aparte modellen nodig die dezelfde basisgeometrie representeren. Links is een 'design' view op de basisgeometrie te zien, terwijl rechts een mogelijke manufacturing view is gegeven [Bronsvort en Noort, 2004].

De roerende en onroerende objecten die worden ontworpen en geanalyseerd in CAD- en GIS-systemen en die centraal staan in de GIS-CAD-integratie kennen een levenscyclus (fig. 4):

- de objecten worden ontworpen;
- de objecten worden gebouwd;
- de objecten worden gecontroleerd op basis van een registratie;
- de objecten worden gebruikt in ruimtelijke analyses.

Het gaat hier om een oneindige levenscyclus aangezien tijdens nieuwe cycli objecten worden toegevoegd, verwijderd en aangepast, waarbij dezelfde fasen steeds weer worden doorlopen. In de huidige praktijk worden in de verschillende fasen verschillende inwin- en opslagactiviteiten uitgevoerd voor dezelfde feitelijke objecten door verschillende afdelingen/organisaties, afhankelijk van de specifieke doelen van de bepaalde fase. Verschillende hulpmiddelen worden gebruikt om informatie (inclusief GIS- of CAD-modellen) over de feitelijke objecten te creëren. Hierdoor kunnen het gegevensmodel en de gegevensopslag (DBMS, bestanden, indelingen) voor een bepaald object in de verschillende fasen in de levenscyclus totaal verschillen. In de huidige praktijk wordt hetzelfde soort werk (inwin en opslag) herhaaldelijk uitgevoerd. De GIS-CAD-integratie vraagt om een efficiëntere benadering van de levenscyclus, waarbij de gegevens van feitelijke objecten slechts eenmaal, aan het begin van de levenscyclus, worden ingewonnen en maar één keer op basisniveau worden opgeslagen. Hieruit worden

dan, bij voorkeur dynamische, representaties specifiek voor een bepaald perspectief (een 'view') gegenereerd ten behoeve van analyse, manipulatie en bijhouding van deze gegevens in CAD- dan wel GIS-achtige toepassingen, zonder dat de onderliggende consistentie van de gegevens wordt verstoord. Omdat de communicatie (interface) tussen de verschillende spelers steeds vaker verloopt via het internet op basis van Web Services, zou dit geheel gebruikt kunnen worden als systeemopzet voor de GIS-CAD-integratie door middel van Service Oriented Architecture.

In het algemeen is de conversie tussen verschillende representaties niet eenvoudig, zelfs niet binnen één GIS- of CAD-omgeving, laat staan tussen GIS en CAD. Met de huidige technologie kunnen deze conversies nog niet volledig worden geautomatiseerd en is menselijke tussenkomst onmisbaar voor acceptabele resultaten. Daarom worden vaak beide versies van een model (het origineel en het geconverteerde model) expliciet behouden en opgeslagen. Dat zouden we een oplossing met meerdere weergaven ('multiple representations') kunnen noemen. Bij het bijhouden van de gegevens is het dan wel van het grootste belang dat de consistentie wordt behouden. Naarmate de technologie voortschrijdt en de semantiek steeds formeler wordt moet het mogelijk zijn om conversies volledig automatisch uit te voeren. Eventueel ook door de vereisten van de verschillende weergaven op elkaar af te stemmen. In de toekomst zou het mogelijk moeten worden om slechts één bron van het model te hanteren en dynamische weergaven af te leiden/berekenen via views en in internet-context ingebed in betreffende Web Services. Hiervoor dient een geïntegreerd model te worden ontworpen gebaseerd op de geharmoniseerde semantiek van beide vakgebieden dat geschikt is voor meerdere doeleinden (voor zowel CAD- als GIS-toepassingen). Dit impliceert dat verschillende toepassingen kunnen worden gebruikt om gespecialiseerde taken op dezelfde objecten uit te voeren. Dit impliceert tevens dat verschillende gebruikers tegelijkertijd in verschillende omgevingen en/of op verschillende locaties met hetzelfde model kunnen werken. In de GIS-wereld is er reeds sprake van een geleidelijke verschuiving van een benadering van gegevensopslag in een bestand (file) naar een benadering op basis van een DBMS, vooral in die gevallen waarbij het gebruik van de (geo-)informatie meer structureel van aard is en door meer dan één persoon of organisatie wordt gebruikt. Ook in de CAD-wereld is een langzame beweging in de richting van een DBMS-benadering merkbaar. Door geïntegreerd GIS-CAD-gegevensmanagement verdwijnt de behoefte aan conversie en daarmee alle problemen die daarmee samenhangen. Goed gegevensmanagement biedt ook de andere bekende voordelen van een DBMS: ondersteuning van meerdere gebruikers, ondersteuning van transacties, beveiliging en autorisatie, clustering en indexering van (ruimtelijke) gegevens, query-optimalisatie, gedistribueerde architecturen, ondersteuning van het concept van meerdere perspectieven (views), integratie met andere relevante informatiesystemen binnen een organisatie. Kort gezegd zal 'eiland'-automatisering tot het verleden behoren en organisatie-breed informatiemanagement realiteit worden. Alhoewel de meeste DBMS'en inmiddels ruimtelijke gegevenstypes ondersteunen (onder andere Oracle, DB2, Informix, Ingres, PostgreSQL en MySQL), volstaan deze gegevenstypes nog niet om de hogere geometrische eisen van CAD-systemen te ondersteunen. Dit vereist in

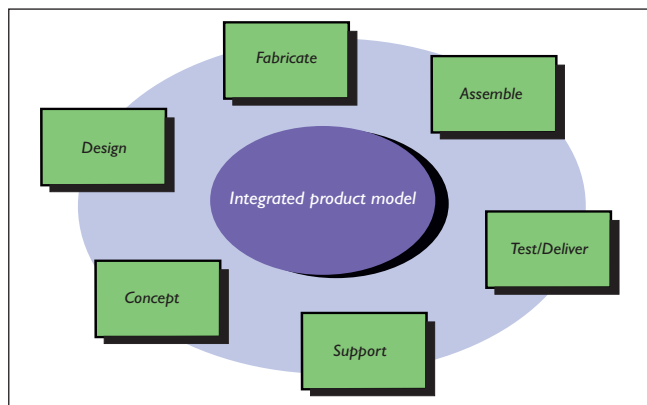


Fig. 4. Levenscyclusmodel volgens STEP (ISO 10303). Deze STEP-standaard definieert een geïntegreerd informatiemodel dat multiple views van productdata ondersteunt, geschikt voor verschillende applicaties.

ieder geval een uitbreiding met meer ruimtelijke gegevenstypes binnen DBMS. Er is geen enkel fundamenteel probleem om het DBMS met complexe 3D-gegevenstypes uit te breiden. Het DBMS zou daarom kunnen worden beschouwd als een implementatieplatform voor een geïntegreerd CAD/GIS-model, met ondersteuning van verschillende perspectieven (views). Bij het uitwisselen van informatie of wanneer diensten van andere bronnen worden gebruikt, wordt de gestructureerde uitwisseling van informatie van groot belang. De UML/OCL-modellen vormen de basis voor zowel de gegevensopslagmodellen (in de vorm van Data Definition languages; DDL van het DBMS) als de gegevensuitwisselingsmodellen. Die laatste zijn in dit artikel nog niet aan bod gekomen, maar spelen een steeds belangrijkere rol in onze netwerkmaatschappij in de Web Services. De Extensible Markup Language (XML) kan worden gebruikt voor het beschrijven van de modellen op klassenniveau (XML-schemadocument, '.xsd') en tevens voor de gegevens zelf op objectinstantieniveau ('normaal XML-document met gegevens, '.xml'). XML-documenten bevatten zowel de geometrische als thematische aspecten van objecten (voorbeelden daarvan zijn LandXML, GML, X3D, etc.).

Conclusies

In deze twee artikelen is het belang van integratie van CAD en GIS aangegeven aan de hand van een aantal casestudies. Hoewel de integratie van GIS en CAD heel wat zou kunnen bieden voor wat betreft het beheer van de verschillende gerelateerde representaties van dezelfde feitelijke objecten uit de werkelijkheid, blijkt dat het tot nu toe heel moeilijk is geweest om representaties uit de GIS-wereld en de CAD-wereld in één omgeving te gebruiken. Uit conver-

sies binnen één domein kan al worden afgeleid dat rekening moet worden gehouden met zowel geometrische als semantische aspecten. Hetzelfde zal gelden voor conversies tussen GIS- en CAD-systemen. Aangezien de semantiek en geometrie echter nog meer kunnen verschillen dan binnen een GIS- of CAD-systeem, vormt deze taak een grotere uitdaging. Er moeten ten minste twee belangrijke ontwikkelingen plaatsvinden voordat de kloof tussen GIS en CAD kan worden overbrugd. De eerste is een semantische analyse van de concepten van deze 'verschillende werelden' en indien mogelijk de ontwikkeling van een vertaling in twee richtingen tussen deze concepten (of een geïntegreerd model met meerdere views). Ten tweede moet zowel bij GIS als bij CAD het gegevensbeheer worden gebaseerd op dezelfde technologie, dat wil zeggen een ruimtelijk DBMS dat voldoet aan de OpenGIS/ISO en CAD standaarden mogelijk te benaderen via Web Services in een gedistribueerde omgeving. De aanpak van de GIS-CAD-integratie door middel van deze fundamentele, overkoepelende benadering (formele semantiek en geïntegreerde gegevensmanagement) draagt bij aan een draagvlak binnen beide vakgebieden voor de GIS-CAD-integratie. Een goede GIS-CAD-integratie kan immers niet alleen op basis van computerconcepten worden gerealiseerd. GIS- en CAD-gebruikers moeten zich bewust worden dat zij dezelfde feitelijke objecten vastleggen en zij moeten willen inzien dat hun activiteit onderdeel is van een complete levenscyclus. De verwachting is dat door deze ontwikkelingen GIS en CAD naar elkaar toe zullen groeien en, in het optimale geval, uiteindelijk naadloos zullen aansluiten en integreren. ■

Literatuur

Bronsvooort W.F. en A. Noort, *Multiple-view feature modelling for integral product development*. *Computer-Aided Design*, vol. 36, 2004, no. 10, p. 929-946.

ICSM, 'Harmonised Data Manual – The Harmonised Data Model', Intergovernmental Committee on Surveying & Mapping (ICSM). 2002

Jansen E., P.J.M. Oosterom en J.E. Stoter, *Het overbruggen van de kloof tussen GIS en CAD (deel 1)*. *Geo-Info* 2004/11.

Lemmen C., P. van der Molen, P. van Oosterom, H. Ploeger, W. Quak, J. Stoter en J. Zevenbergen. *A modular standard for the Cadastral Domain*, in handelingen van de 'Digital Earth Information Resources for Global Sustainability', Brno, Tsjechië, 21-25 september 2003.

OGC, *OpenGIS Consortium, The OpenGIS Abstract Specification, Topic 1: Feature Geometry (ISO 19107 Spatial Schema)*, versie 5, red. J.H. Herring, OpenGIS Project Document Number 01-101, Wayland, Mass., VS, 2001.

OMG, 2002, Object Management Group, *Unified Modeling Language Specification (Action Semantics)*, UML 1.4 met 'action semantics', januari 2002.

Pratt M.J., *Introduction to ISO 10303-the STEP Standard for Product Data Exchange Journal of Computing and Information Science in Engineering*, Volume 1, Issue 1, p. 102-103, maart 2001.

STEP-on-a-page, www.mel.nist.gov/sc5/soap/soapgrf030407.pdf, 2004

W3C, *World-Wide Web Consortium, OWL Web Ontology Language (Overview)*, W3c Recommendation, 10 februari 2004.

Samenvatting

Het overbruggen van de kloof tussen CAD en GIS (deel 2)

CAD- en GIS-systemen worden vaak beide gebruikt bij de uitvoering van projecten. Het gecombineerd gebruik van CAD en GIS levert vaak problemen op door niet-compatibele gegevensstructuren en verschillen in schaal en functioneel niveau. Dit tweede artikel behandelt de aanpak van de integratie op een fundamenteel niveau met behulp van formele semantiek en geïntegreerd gegevensbeheer.

TREFWOORDEN

GIS-technologie; gegevensverwerking; onderzoek

Summary

Bridging the gap between CAD and GIS (part 2)

Often, both CAD and GIS software are being used in projects. Non-compatible data structures and differences in scale and functional levels involved in the combined use of CAD and GIS regularly lead to problems. This second article addresses the approach to fundamental integration through formal semantics and integrated data management.

KEYWORDS

GIS-technology; data processing; research

Résumé

Raccorder la lacune entre CAD et GIS

Les systèmes DAO et SIG sont souvent utilisés pour la réalisation de projets. L'utilisation combinée de DAO et SIG pose souvent des problèmes qui sont dus à des structures de données non compatibles et à des différences au niveau de l'échelle et au niveau fonctionnel. Ce second article traite l'approche de l'intégration d'un point de vue fondamental à l'aide d'une sémantique formelle et de l'intégration d'une gestion de données.

MOTS CLÉS

Technologie SIG; traitement de données; recherche