

DE GEO-DATABASE ALS SPIN IN HET WEB

door

prof.dr.ir. P.J.M. van Oosterom

DE GEO-DATABASE ALS SPIN IN HET WEB

Rede,
uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar
in de GIS-technologie aan de Faculteit Civiele Techniek en
Geowetenschappen van de Technische Universiteit Delft,
op woensdag 6 juni 2001

door

prof.dr.ir. P.J.M. van Oosterom

Oosterom, prof.dr.ir. P.J.M. van

De geo-database als spin in het web

Inaugurele rede Technische Universiteit Delft
gehouden op 6 juni 2001

Omslag: fragment kadastrale kaart
Met dank aan het Kadaster

Illustraties: A.B. Smits
Vormgeving: E.M. Fendel

Trefwoorden: GIS-technologie, Geo-ICT

Copyright 2001 by P.J.M. van Oosterom

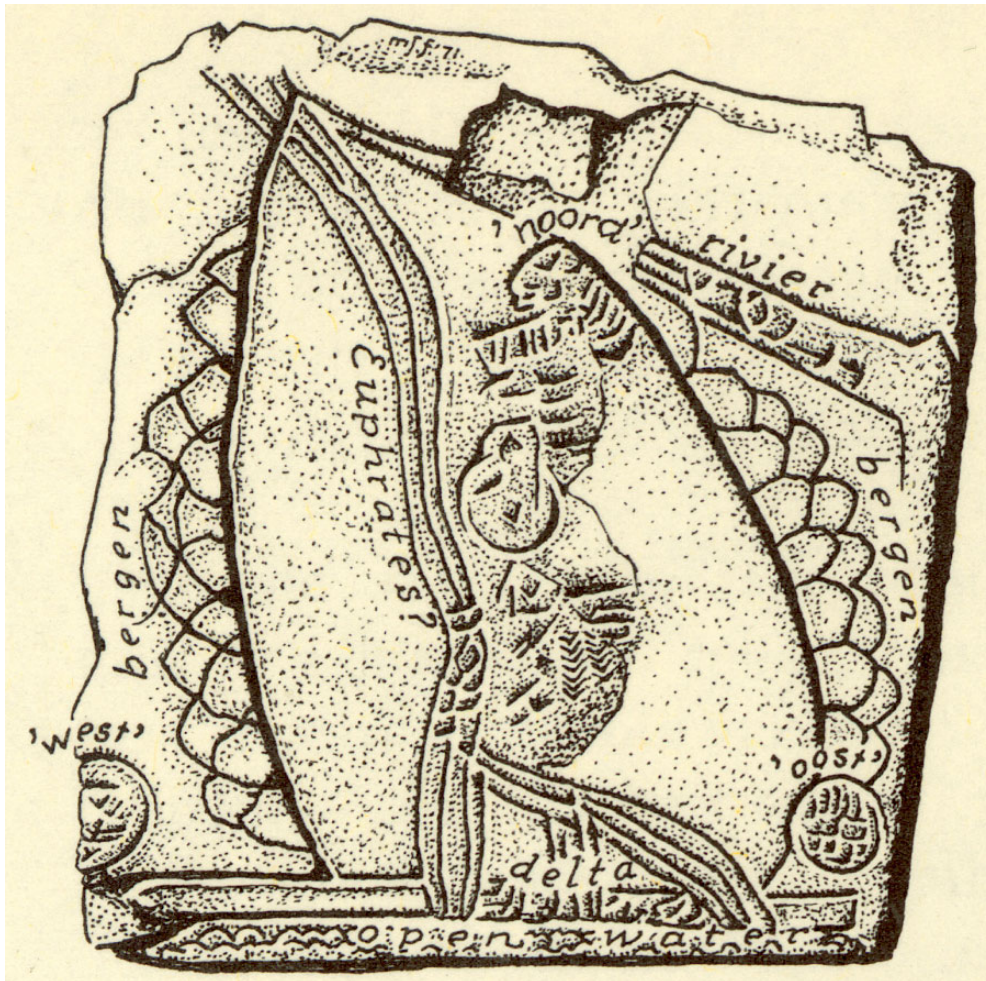
Mijnheer de Rector Magnificus,
Leden van het College van Bestuur,
Collegae hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap,
Zeer gewaardeerde toehoorders,
Dames en Heren,

0. INLEIDING

Meer dan de helft van de mensen die het alarmnummer 112 bellen hebben moeite om een goede omschrijving van hun locatie te geven. Dit terwijl juist in noodgevallen een goede locatie-aanduiding van levensbelang is. Zie hier een voorbeeld waarbij geo-informatie, informatie gebonden aan een locatie op aarde, en Geo-ICT (Geografische Informatie- en Communicatie Technologie) van groot belang zijn. De positie van de beller kan namelijk in veel gevallen automatisch worden vastgesteld en zou alleen nog maar bevestigd behoeven te worden door de beller. In geval van een beller met een vast toestel kan via het telefoonnummer en het bijbehorende postcode/huisnummerpaar een adrescoördinaat gevonden worden. Wanneer er via een mobiel toestel gebeld wordt, kan de netwerkbeheerder een redelijk nauwkeurige schatting van de positie van het mobiele toestel geven. De inzet van Geo-ICT hoeft hier niet te stoppen.



De 112-alarmdienst kan bepalen welke hulpverleners in de buurt zijn en wat gegeven de huidige drukte op het wegennetwerk de snelste route is naar de alarmlocatie. Hierbij is het continu mogelijk om de voortgang geografisch in beeld te brengen, dat wil zeggen positie en status van de alarmmelding en locatie van de hulpverleners. Dit maakt het mogelijk om in te grijpen in geval de voortgang, om wat voor reden dan ook, niet naar verwachting verloopt. Overigens is het vastleggen van geo-informatie één van de eerste menselijke vormen van het min of meer formeel vastleggen van kennis. Dit was zelfs al het geval voordat allerlei vormen van schriftelijke tekst werden gebruikt. De oudste bekende kaart is niet groter dan de palm van een hand, komt uit Noord-Mesopotamië en is omstreeks 3800 v.C. in klei gestoken en gebakken door het cultuurvolk uit de Agade-periode [1].



*Impressie van de oudst bekende kaart (kleitablet)
met extra tekst-annotatie toegevoegd om het geheel beter te doorgronden.*

Maandag 3 januari 2000, daar sta ik dan voor het eerst in functie als nieuw benoemde hoogleraar GIS-technologie met nog nooit eerder een dienstverband aan een universiteit gehad hebbende. Natuurlijk heb ik de keuze voor deze functie, of ambt zoals dit zo keurig heet, heel goed overwogen en ook al voorzichtig wat eerste plannen gemaakt. Maar toch daar sta ik dan en er komt een reeks vragen op mij af:

1. Waar moet het met het Geo-ICT vakgebied heen (netwerkmaatschappij)?
2. Hoe kan een universiteit een bijdrage leveren aan een hoog technologisch vakgebied als de Geo-ICT?
3. Wat voor toepassingen willen we met de geavanceerde Geo-ICT hulpmiddelen gaan ondersteunen?
4. Hoe moet het verder met het onderwijs in de Geodesie (kleine studentenaantallen, vernieuwing van het onderwijs, invoeren van de BSc/MSc structuur)?

De komende drie kwartier wil ik u meenemen en proberen deze vragen te beantwoorden. Dit alles vanuit een visie, die het afgelopen jaar mede door de discussie met de staf van de sectie GIS-technologie is ontstaan. De essentie van deze visie is dat de maatschappij aan het veranderen is in een informatie- of netwerkmaatschappij en de constatering dat dit vele nieuwe mogelijkheden biedt voor het omgaan met geo-informatie. Hierbij kan gedacht worden aan het beter en efficiënter oplossen van vragen als:

- Wat is de snelste route van A naar B gegeven de huidige drukte op de weg?
- Hoe kan de gemeente het beste zijn bestemmingsplannen intern en extern (burgers, bedrijven) ontsluiten?
- Wat is gegeven mijn huidige locatie het dichtstbijzijnde restaurant, benzinepomp, etc.?
- Welke eigenaren moet een telecombedrijf aanschrijven bij het aanleggen van een nieuwe kabelverbinding?
- Hoe kan een transportonderneming of een busmaatschappij haar vloot in de gaten houden en eventuele knelpunten signaleren?
- Hoe ziet het landschap eruit na aanleg van deze nieuwe spoorlijn?
- Voor welke kabels, leidingen en buizen moet ik oppassen bij graafwerkzaamheden op deze locatie?

Voor het efficiënt inzetten van Geo-ICT bij het oplossen van deze vragen moet echter nog veel onderzoek worden verricht. In plaats van allemaal (relatief) kleine, zelfstandige geografische informatiesystemen (GISsen) te bouwen, gaan we geleidelijk aan een netwerk van gekoppelde systemen ontwerpen en bouwen, of met andere woorden: de realisatie van de Geo-Informatie Infrastructuur (GII). Het antwoord op de eerste vraag, waar het met het Geo-ICT vakgebied heen moet, zal ik proberen te geven in het eerste deel van deze intreerede. Hierbij zal worden ingegaan op de GII en met name op de steeds belangrijkere rol van de geodatabase in de nieuwe (mobiele) Internet wereld.

Vandaar de titel van de presentatie 'De geo-database als spin in het web'. Hoewel ik zelf in het dagelijks spraakgebruik het woord 'database' ook vaak gebruik, is het beter om duidelijk aan te geven wat er wordt bedoeld: òf de geo-informatieverzameling zelf òf het Geo-DBMS (Data Base Management Systeem). In het geval van de titel van de intreerede worden beide bedoeld en hebben beide een centrale ('spin') rol in de geo-informatie infrastructuur ('web') van de netwerkmaatschappij. Zie hier in een notendop de missie van de sectie: '*geo-serving the networked society*' (geo-ondersteuning van de netwerkmaatschappij). Welke rol de universiteit hier kan spelen en op welke manier het onderzoek moet worden vormgegeven wordt beschreven in het tweede deel van deze intreerede (antwoord op vraag 2). Een aantal specifieke speerpunten van het eigen onderzoek zal besproken worden

in deel 3 aan de hand van enkele toepassingen, die meer Geo-ICT vereisen dan thans voorhanden is (antwoord op vraag 3).

In deel 4 zal ik trachten de meest recente ontwikkelingen op het gebied van het onderwijs bij de afdeling/opleiding Geodesie te beschrijven (antwoord op vraag 4). In het bijzonder zal worden ingegaan op de vraag waarom de huidige opleiding zo weinig studenten trekt, wat vreemd is gezien het feit dat veel vakgenoten dit als een bijzonder interessant vakgebied beschouwen en het aantoonbare historische en dagelijkse belang van geo-informatie in de maatschappij evident is. Inherent aan het model van een universiteit is dat onderzoek en onderwijs hand in hand gaan, anders dan bij pure onderzoeksinstellingen (zoals TNO) of pure onderwijsinstellingen (zoals hogescholen). In de ‘research universiteit’ - die de TU Delft wil zijn - zullen de verschillende eindstudieprogramma’s (MSc’s) overeenkomen met de speerpunten van het eigen onderzoek.

Het laatste inhoudelijk deel van deze intreerede zal bestaan uit een herhaalde oproep voor de uitvoering van het geo-deltaplan, zoals voorgesteld door Arnold Bregt in zijn intreerede [2].

1. GEO-INFORMATIE INFRASTRUCTUUR

GIS-technologie of Geo-ICT is een gereedschapsdiscipline, dat wil zeggen dat er onderzoek verricht wordt naar methoden en hulpmiddelen om toepassingen te realiseren. De vraag waar het met de Geo-ICT naar toe moet, hangt aan de ene kant af van wat de mogelijke nieuwe eisen zijn van de toekomstige toepassingen en aan de andere kant van de ontwikkelingen in de basis-technologie, waarop de Geo-ICT zelf weer is gebaseerd. De belangrijkste ontwikkeling, die zowel van de vraag als van de aanbodzijde komt, is de realisatie van de informatie- of netwerkmaatschappij. De rol van digitale geo-informatie zal hierdoor steeds belangrijker worden. Dit in het kader van echte ruimtelijke toepassingen die via het netwerk ondersteund gaan worden, maar indirect ook als goed bruikbare interface of ingang op virtuele organisaties dienst kunnen doen. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan een digitale stad met een gemeentehuis, bibliotheek, scholen, winkels, etc. De kaart met daarop de symbolen van de genoemde organisaties, dient als herkenbare ingang voor de virtuele variant van deze organisatie.

Gezien de hierboven genoemde ontwikkeling is als belangrijkste leidraad voor het onderzoek van de sectie GIS-technologie gekozen voor het op technologisch vlak ondersteunen van het realiseren van de GII. Internationaal wordt GII ook wel als aangeduid als SDI (Spatial Data Infrastructure). De GIS gereedschappen vormen hierbij het primaire onderzoeksdoel en niet de verschillende typen ruimtelijke toepassingen, zoals bij de andere universiteiten en onderzoeksinstellingen in Nederland het geval is. De GII zorgt ervoor dat de geo-informatie beter toegankelijk is en gemakkelijker ingezet kan worden bij organisaties/individueen die op een of andere manier met een ruimtelijk probleem bezig zijn. Daarbij valt te denken aan het oplossen van de voorbeeldvragen, zoals genoemd in de inleiding. Al deze vragen hebben gemeen dat ze één of meer geo-informatiebronnen nodig hebben om goed beantwoord te kunnen worden. Voor elke vraag (toepassing) op zich is het vaak niet reëel om deze gegevens zelf in te winnen of deze gebiedsdekkend te kopen bij een geo-informatiebron. Bij gemeenschappelijk gebruik en op basis van een gedeelde infrastructuur wordt het echter wel haalbaar geo-informatie in te zetten. Groepen gebruikers, die dezelfde informatie gebruiken en gegevens uitwisselen, worden informatiegemeenschappen genoemd.



Kaartfragmenten: a) kadastrale kaart en lijn GBKN, b) vlak/opbject GBKN (1:1000 topografie) en c) NAM leidingen geprojecteerd over de kadastrale kaart.

GIS en GII

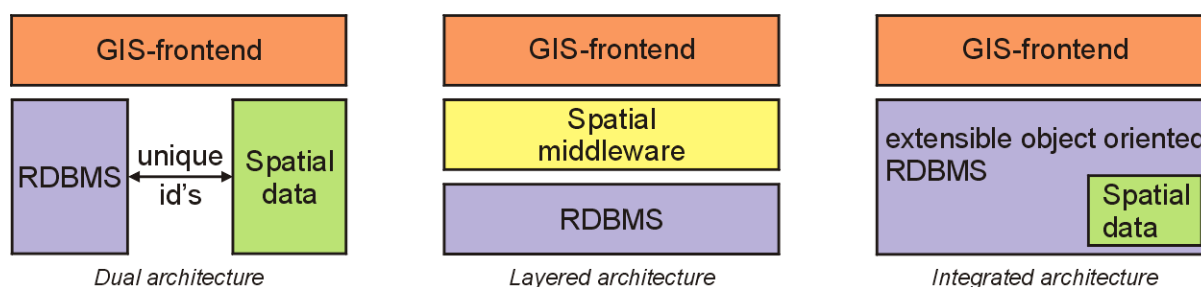
GIS wordt gebruikt binnen de (lokale, regionale en centrale) overheid, nutsbedrijven en andere bedrijven ter ondersteuning van de primaire werkzaamheden, die vaak sterk afhankelijk zijn van geo-informatie. Doordat er steeds meer geo-informatie tussen de verschillende organisaties wordt uitgewisseld, ontstaat er ook steeds meer behoefte aan een GII. De GII bestaat uit vier, nogal verschillende, onderdelen: authentieke geo-informatieverzamelingen, geo-informatieverwerkingsdiensten (Geo-DBMSsen), (mobiele) netwerken en standaarden ten behoeve van interoperabiliteit.

Meer in detail:

1. Basis- ofwel *authentieke geo-informatieverzamelingen* op verschillende domeinen: topografie, hoogtegegevens, kadastrale gegevens, geologie, bedrijven, personen, enz. Deze gegevensverzamelingen moeten eenduidig gedefinieerd zijn voor wat betreft hun gegevensmodel, geometrische en thematische inhoud, kwaliteit, nauwkeurigheid, actualiteit en toegankelijkheid (beheerder, bijhouding).
2. Geo-informatie verwerkingsdiensten in het algemeen en de *Geo-DBMS* in het bijzonder. De geo-informatieverzamelingen worden bijgehouden in Geo-DBMSsen en bedienen van hieruit de gebruikers via netwerken en/of traditionele media. Hiervoor moet het Geo-DBMS ondersteuning bieden op het gebied van ruimtelijke typen en operatoren (voor eenvoudige analyse en voor selectie-georiënteerd bevragen) en ruimtelijke clustering en indexering (voor efficiënte manipulatie van omvangrijke geo-informatieverzamelingen). Indien mogelijk moet ook de geavanceerde (op topologie gebaseerde) analyse ondersteund worden. Verder is temporele ondersteuning in de vorm van de toekomstige standaard TSQL [3] (Temporal Structured Query Language) gewenst. Tot die tijd moet dit op een andere wijze worden opgelost. Dit kan via een specifieke, niet-standaard, temporele uitbreiding van het DBMS of anders door het expliciet opnemen van temporele attributen in het gegevensmodel van een applicatie.
3. (*Mobiele*) *netwerken* zijn vereist voor de feitelijke overdracht van de geo-informatie. In het algemeen zijn voor geo-informatie dezelfde basis-netwerkdiensten van belang als voor andere type toepassingen. Er zijn echter twee belangrijke accenten in de behoeften aan te geven. De eerste is dat geo-informatie toepassingen veel bandbreedte vereisen gezien de enorme omvang van de geo-informatieverzamelingen; dit geldt voor zowel de raster- als vectorgegevensverzamelingen. Het tweede accent in behoefte is de beschikbaarheid van draadloze netwerken, omdat vele mogelijke geo-informatietoepassingen zich voordoen bij gebruikers die zich ‘ergens in de wereld’ bevinden en dus ter plekke de geo-informatiediensten nodig hebben.
4. *Standaarden ten behoeve van interoperabiliteit* zijn vereist om de integratie van verschillende geo-informatieverzamelingen en geo-informatieverwerkingsdiensten mogelijk te maken. Eigenlijk kunnen organisaties die van elkaar geo-informatie in een digitale omgeving gebruiken worden beschouwd als onderdelen van één gedistribueerd geautomatiseerd gegevensverwerkend systeem. Eén van de meest voor de hand liggende voorbeelden hiervan is ‘Internet GIS’, waarbij gelijktijdig meerdere geo-informatiebronnen op het Internet worden gebruikt. In onze heterogene digitale wereld (verschillende typen hardware, operating systemen, Geo-DBMSsen en geo-informatiever-

zamelingen) zijn hiervoor standaarden ten behoeve van interoperabiliteit op vele niveaus nodig.

Elk van deze onderdelen van de GII kent vele aspecten: organisatorisch, financieel, technisch, etc. Een belangrijk aspect van de GII is de overlegstructuur van producenten en consumenten van geo-informatie waaruit afspraken voortkomen voor de juridische regelingen, de financiering, het gebruik van standaarden, etc. De sectie GIS-technologie zal zich echter vooral richten op de technische aspecten van de geo-informatieverwerkingsdiensten en de bijbehorende interoperabiliteit standaarden.



Drie verschillende GIS-architecturen.

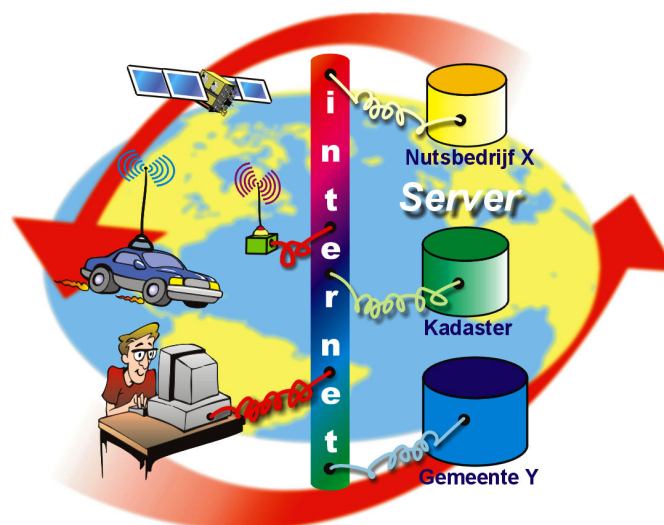
Evolutie GIS en OpenGIS

Tot voor kort werd het ruimtelijk gegevensmanagement door specifieke GIS-pakketten buiten het DBMS om verzorgd. Nu de DBMSsen meer en meer worden voorzien van ruimtelijke functionaliteit [4, 5, 6 en 7], bewegen ook de GIS-pakketten zich in de richting van een geïntegreerde architectuur: alle gegevens (ruimtelijk en thematisch) worden in één DBMS opgeslagen en beheerd. Dit markeert een belangrijke stap vooruit, waaraan vele jaren van bewustwording en vervolgens systeemontwikkeling voorafgegaan zijn. Op dit moment bevinden vele organisaties zich in een overgangsfase naar de nieuwe architectuur. Dit is zeer bewerkelijk en zal nog zeker enige jaren voortduren. De volgende fase dient zich echter ook al weer aan: het creëren van een gemeenschappelijke GII voor gerelateerde organisaties; de zogenaamde (geo-)informatiegemeenschappen. Door directe, gecontroleerde toegang tot de geo-informatie bij de bron, kan op termijn deze GII het uitwisselen van kopieën van bestanden tussen de verschillende organisaties gaan vervangen. Wel zijn goede protocollen en interoperabiliteit standaarden, zoals die van het OpenGIS Consortium [8] in het algemeen en die op het gebied van 'feature geometry models', 'meta data and catalog services' en 'Internet GIS specifications' in het bijzonder, een vereiste. Het OpenGIS Consortium kent twee niveaus van standaarden: abstracte (vergelijkbaar met CEN en ISO standaarden, beschrijven deze een bepaald domein) en implementatie standaarden. Daar waar goede andere standaarden reeds aanwezig zijn, worden deze door het OpenGIS Consor-

tium overgenomen. De implementatie standaarden zijn een belangrijke toegevoegde waarde van het OpenGIS Consortium. Deze beschrijven de exacte interfaces (protocollen) van een (deel van een) abstracte standaard in de context van een specifiek gedistribueerd gegevensverwerkend systeem. Een goed overzicht van het OpenGIS werk kan gevonden worden in de OpenGIS Guide (via <http://www.opengis.org>). De afdeling Geodesie van de TU Delft is lid van het OpenGIS Consortium.

OpenGIS Geometrie Standaarden

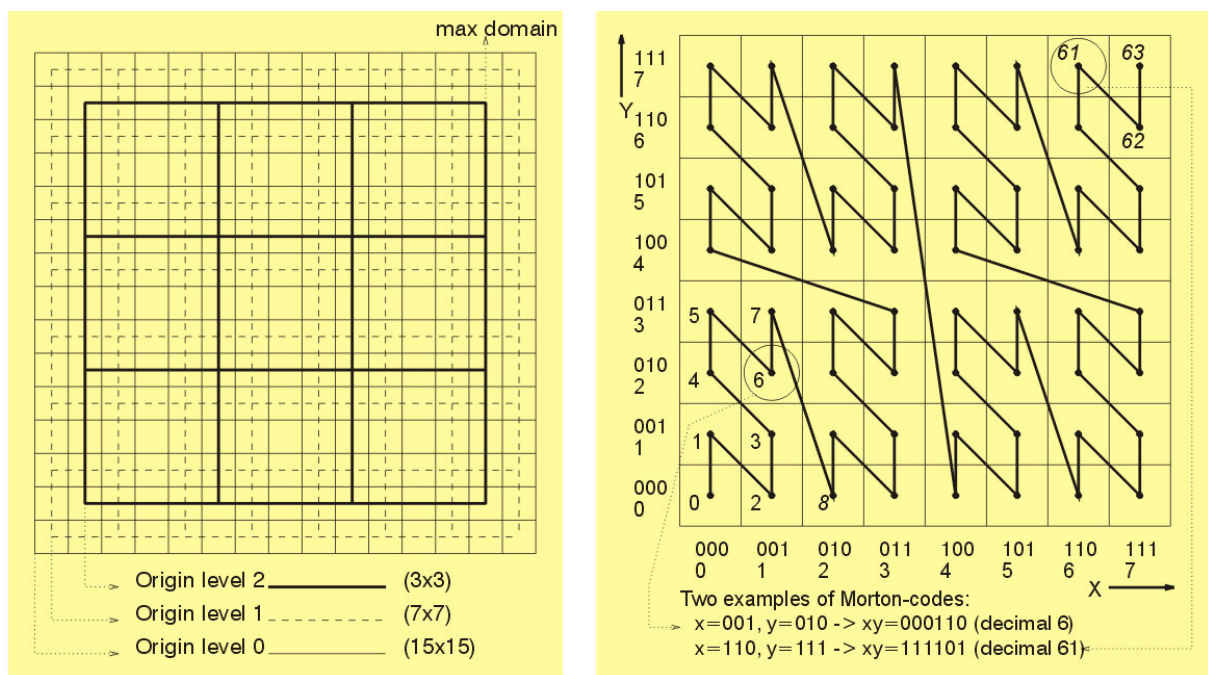
De eerste OpenGIS implementatie specificatie was gerelateerd aan de abstracte standaard voor geometrie van ruimtelijke objecten ('feature geometry'). De naam van deze implementatie specificatie is 'Simple Feature Specification (SFS)' en zorgt voor de standaardisatie van de eenvoudige ruimtelijke gegevenstypen en operatoren voor drie typen platformen: SQL [9], CORBA en OLE/COM. Op dit moment werkt het OpenGIS Consortium aan een herziening van de standaard voor de geometrie van ruimtelijk objecten om deze in overeenstemming te brengen met het door ISO TC 211 reeds verrichte (goede) werk [10 en 11]. Deze nieuwe abstracte standaard omvat dan ook 3D-typen, meer geometrische primitieven (krommen en oppervlaktetypen) en complexe ruimtelijke objecten (gebaseerd op topologie). Wat echter nog steeds ontbreekt is een implementatie specificatie voor topologische structuren voor de verschillende platformen. Het is overigens de vraag of dit überhaupt mogelijk is voor een zuivere relationele DBMS. Wat de abstracte standaard voor ruimtelijke objecten en de implementatie specificatie voor simple features voor de vectorgegevensmodellen zijn, dat zijn de abstracte standaard voor aardobservatiebeelden ('earth imagery') en de implementatie specificatie 'grid coverages' voor de rastermodellen.



'Internet GIS'

Nieuw Model voor het Werken met Geo-informatie

Door het ontwikkelen van systemen gebaseerd op de hierboven genoemde standaarden, wordt een nieuw model voor het werken met geo-informatie haalbaar. In plaats van het maar blijven kopiëren en converteren van geo-informatie, wordt het mogelijk direct de geo-informatie van de bron in te zien [12]. Voordelen hiervan zijn dat geen gegevensmanagement (van kopieën) aan de clientzijde meer nodig is en dat bovendien de gegevens via het Internet over de hele wereld beschikbaar zijn. Het belangrijkste voordeel is echter waarschijnlijk dat de gebruikers altijd gegarandeerd over de meest actuele en complete geo-informatieverzameling direct bij de bron kunnen beschikken. Verder maakt het nieuwe model een eerlijke prijsstelling van geo-informatie mogelijk, gebaseerd op het feitelijk gebruik van de geo-informatie (al dan niet via een lokale cache). In het oude model betalen de gebruikers een bedrag voor de geo-informatieverzameling, ongeacht hoeveel en hoe vaak zij hiervan gebruik maken. Het nieuwe model maakt het mogelijk om eerlijke prijzen af te spreken, zowel gezien vanuit het standpunt van de producent als van de consument van geo-informatie.



Grids/Morton-code in de Field-tree.

Toenemende Rol Geo-DBMS

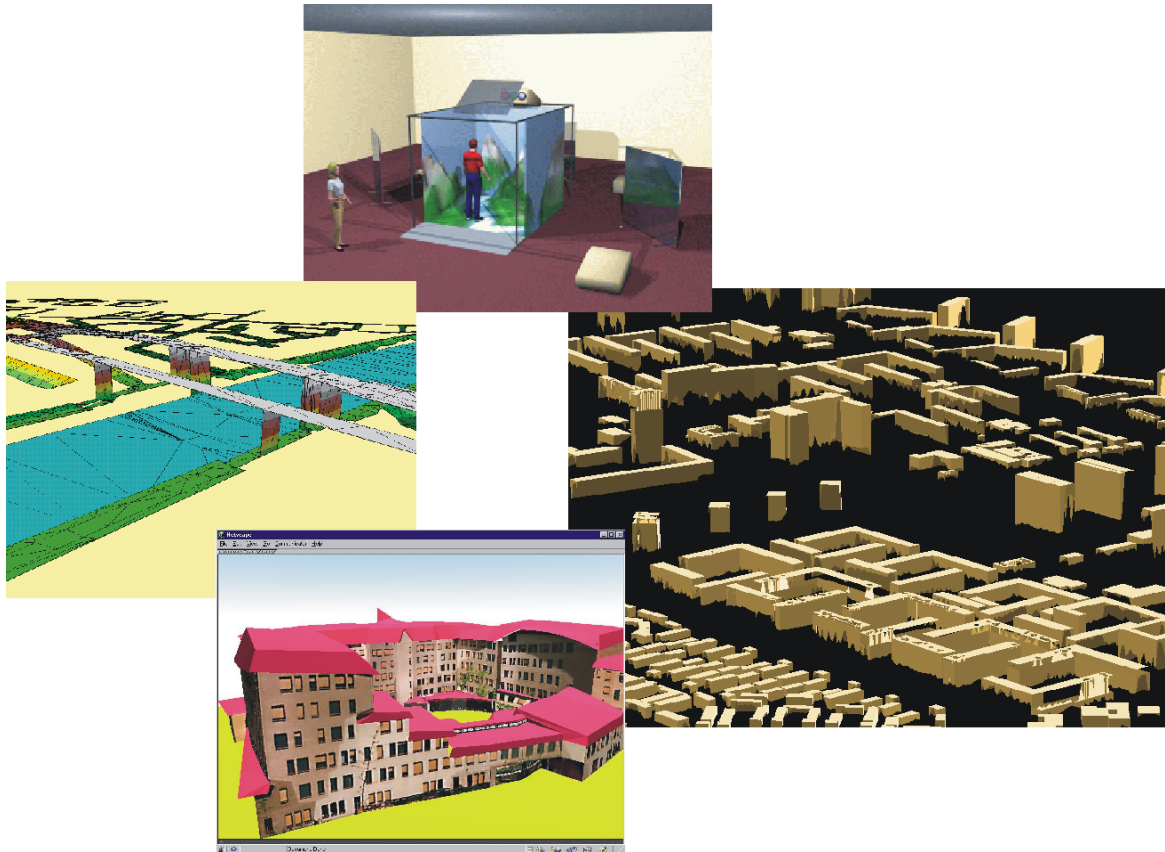
Het belang van de Geo-DBMS neemt toe bij de overgang naar de GII, omdat nu niet één organisatie hiervan afhankelijk is, maar een hele (geo-)informatiegemeenschap. Het meeste gebruik is vraag-georiënteerd en minder op bijhouding gericht. Slechts één organisatie is verantwoordelijk voor de bijhouding van een bepaald type gegevens, alle andere bevragen en gebruiken deze gegevens. Daar het be-

vragen dominant is en de kosten van geheugenchips blijven afnemen, kunnen VLM (Very Large Memory) DBMSsen wel eens een zeer geschikte technische oplossing bieden. Zij zijn krachtig genoeg om enorme hoeveelheden gebruikers, via het Internet, te bedienen. Noodzakelijk om de gegevens tijdig bij de (mobiele) gebruikers te krijgen zijn de ontwikkelingen op het gebied van de netwerkinfrastructuur (bandbreedte) zelf. De problemen van de bandbreedte worden in de VS aangepakt in het kader van Internet2 ontwikkelingen [13], in Nederland gebeurt dit via het Gigaport project [14]. Zowel de ontwikkelingen van hard- als software op het gebied van DBMS technologie zullen de toekomstige vormen van de GII mede bepalen. De uitbreidbare relationele DBMSsen van dit moment zijn prima geschikt voor het opslaan van geo-informatie. Eenvoudige (rechthoek-selectie) vragen, zoals nodig bij zoomen en pannen, kunnen efficiënt worden beantwoord door het toepassen van ruimtelijke clustering en indexering. Meer complexe operaties, zoals twee geo-informatie thema's versnijden ('map overlay'), dynamisch generaliseren, afdwingen van topologische correctheid gedurende het bijhouden van de geo-informatie, zijn echter nog niet mogelijk met deze DBMSsen. Nieuwe ontwikkelingen op het terrein van de DBMS-technologie, zoals uitbreidbare object-relationale DBMSsen, object-georiënteerde DBMSsen en VLM DBMSsen, zullen ten grondslag liggen aan de nieuwe generatie Geo-DBMSsen.

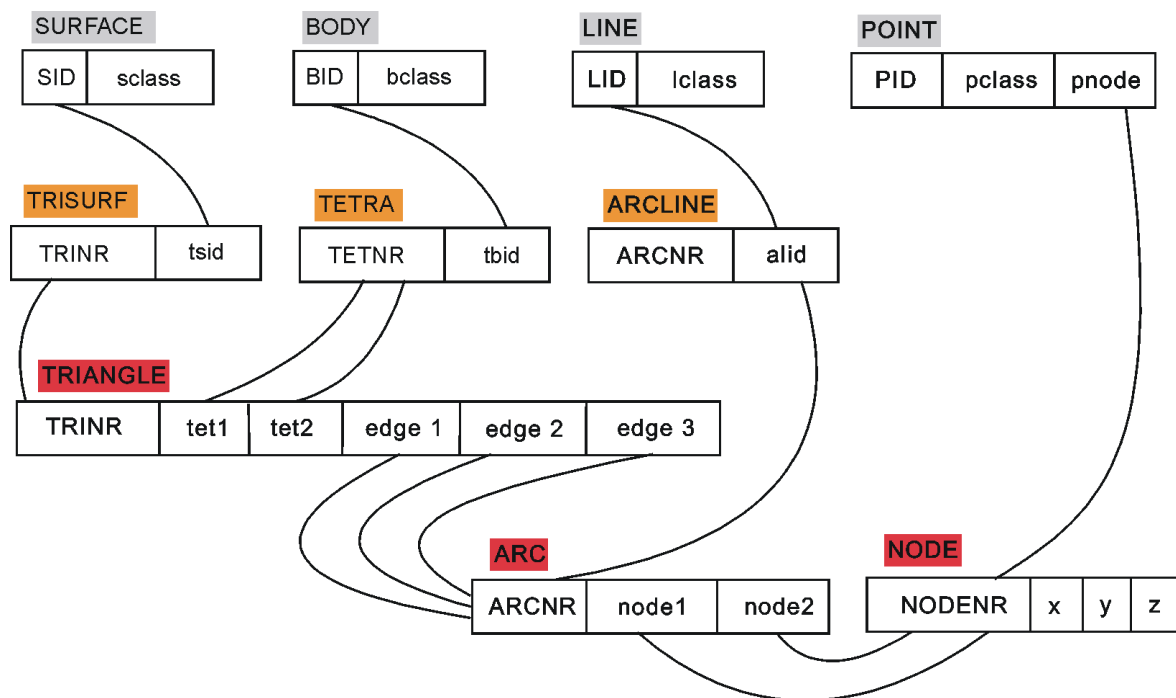
Onderzoeksprogramma Sectie GIS-technologie

Er is getracht binnen de sectie GIS-technologie een samenhangend onderzoeksprogramma voor de ondersteuning van de GII op te stellen met als centraal thema de Geo-DBMS. Het onderzoek op Geo-DBMS gebied vormt een goede gemeenschappelijke basis en zorgt voor coherentie tussen de volgende vier onderzoeksrichtingen:

1. Kwaliteit/semantiek van geo-informatie,
2. 3D GIS en Virtual/Augmented Reality (VR/AR),
3. Gebruik van geo-informatie via (mobiel) Internet, en
4. Ruimtelijk-temporeel modelleren.



3D GIS en Virtual Reality.



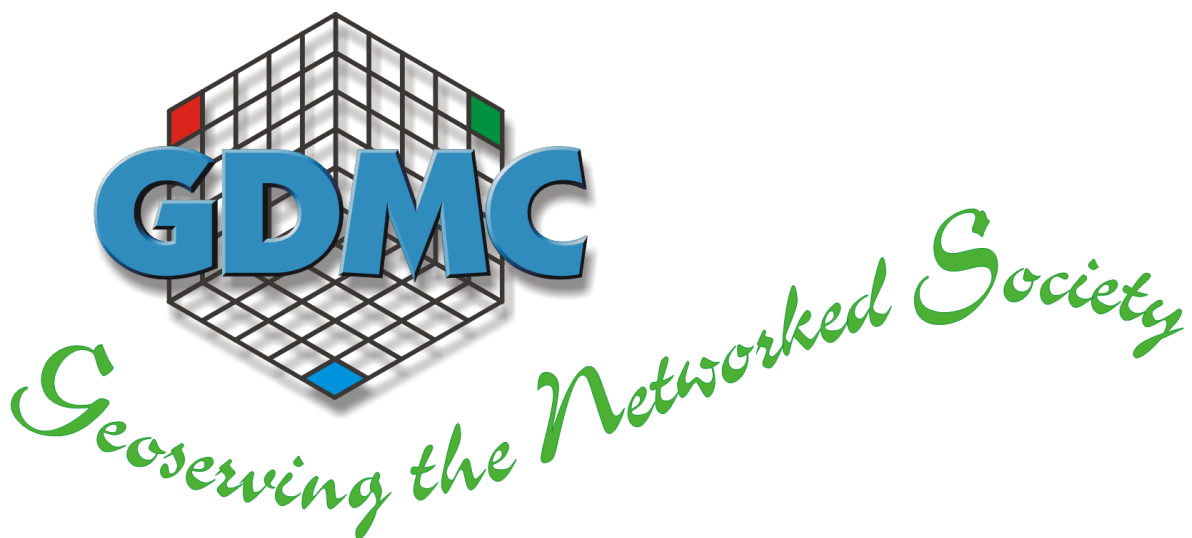
Het logisch model van een 3D TEN (Tetrahedral Network).

2. ROL VAN DE UNIVERSITEIT OP GEO-ICT GEBIED

Na ruim 15 jaar werkzaam te zijn geweest op het gebied van de GIS-technologie, maar buiten een universiteit, was voor mij één van de voor de hand liggende vragen ‘Wat kan de rol (of toegevoegde waarde) van een universiteit zijn op het gebied van de Geo-ICT?’. Voor een deel kan deze vraag beantwoord worden aan de hand van de drie algemene functies die een universiteit in de maatschappij vervult [15]:

1. bewaarplaats van kennis,
2. overdrachtsplaats van kennis en
3. ontwikkelplaats voor nieuwe kennis.

Dit is natuurlijk allemaal waar, maar met name de invulling van het derde punt zorgt toch voor de nodige hoofdbrekens, want onderzoek en prototyperealisatie op het gebied van de GIS-technologie vergen zeer veel inspanning. De basis van de soms zeer snel verlopende nieuwe ontwikkelingen op het Geo-ICT gebied kan vaak gevonden worden in de technologische doorbraken op terreinen als database management systemen (DBMS), (mobiele) communicatie/Internet, computer grafiek (Virtual Reality), object-georiënteerd software ontwikkelen (bijvoorbeeld op basis van het Java platform) in het algemeen, en specifiek op het geografische vlak. Het is voor een universiteit onmogelijk om zelfstandig al deze ontwikkelingen bij te houden en dan ook nog met nieuwe ontwikkelingen voorop te lopen. Om tot de top 5 universiteiten van de wereld op het gebied van de GIS-technologie te gaan behoren, is gekozen voor het open onderzoeksmodel van het Geo-Database Management Center (GDMC) met participatie vanuit de Geo-ICT industrie en een onderzoeksprogramma geconcentreerd rond het thema Geo-DBMS.



Het logo.

Het GDMC is een onderzoeks- en ontwikkelcentrum op het gebied van het modelleren, opslaan, selecteren, analyseren, presenteren en distribueren van geo-informatie. Het GDMC is gehuisvest bij de TU Delft, afdeling Geodesie, sectie GIS-technologie. De rol van de universiteit in de samenwerking is die van een objectieve partner, die de belangrijke patronen in de kennisontwikkeling probeert te ontdekken en richting te geven.



De thuisbasis.

GDMC Participanten

Op dit moment zijn er vier participanten van het GDMC: Sun, Oracle, CA en PGS. Het GDMC is het enige 'Oracle Spatial Center of Excellence' in Europa op het gebied van onderzoek. De Oracle DBMS biedt bij elke versie meer functionaliteit ter ondersteuning van ruimtelijke objecten. Samen met medewerkers van Oracle wordt getracht expertise op het gebied van Oracle Spatial op te bouwen door dit in te zetten bij het onderzoek, adviezen te geven over toekomstige nieuwe functionaliteit en de mogelijke realisatie hiervan, en te participeren in beta testprogramma's. Het GDMC is deelnemer in het 'Academic Partner Programme' van Computer Associates (CA). Hierdoor heeft het de beschikking over de relationele DBMS Ingres (eerste commerciële DBMS met ondersteuning voor geo-informatie, op dit moment in gebruik bij het Kadaster) en over de object DBMS Jasmine (veelbelovend voor de opslag van complexe objecten en het uitvoeren van complexe operaties binnen het DBMS). Sun Microsystems met een 'hardware grant' is participant in het GDMC vanwege het voor GIS ook zeer geschikte Java-platform en de stabiele en krachtige server hardware. Door de samenwerking met Professional GEO Systems (PGS) heeft het GDMC de beschikking over het gegevensmodel gedreven GIS frontend GEO++ (oorspronkelijk door TNO ontwikkeld) en de Internet GIS software Magma/Lava. Hoewel het GDMC een open opzet heeft, is

het niet zinnig om het aantal participanten onbeperkt te laten groeien. Hiervoor ontbreekt de capaciteit en is de toegevoegde waarde te gering. Het is wel de bedoeling om dit jaar maximaal twee GIS/CAD leveranciers als participant bij het GDMC te betrekken. In de beginfase is echter eerst gewerkt aan het creëren van een goede basis: server hardware, Geo-DBMS en Internet infrastructuur.



De GDMC partners.

Waaruit bestaat het GDMC?

Het GDMC omvat het onderzoek van de sectie GIS-technologie en de medewerkers en studenten van de sectie GIS-technologie zijn dan ook de 'hoofdbewoners'. Daarnaast wordt er binnen de TU Delft actief samengewerkt met de faculteit Informatietechnologie en Systemen, in het bijzonder met de leerstoelen 'Computer Grafiek' en 'Databasesystemen', zodat ook studenten (afstudeerders en stagiaires) van deze leerstoelen zich regelmatig in het GDMC bevinden. De laatste groep bewoners wordt gevormd door medewerkers van de participanten, die op ad hoc basis een werkplek vinden binnen het GDMC. Het GDMC is gehuisvest op de tweede verdieping van het gebouw van de afdeling Geodesie. Hier is een aantal laboratoria ondergebracht, waar (gast)onderzoekers en (afstudeer)studenten projecten uitvoeren op het gebied van de GIS-technologie. Als eerste bestaat er al enige tijd het 3D GIS en VR lab, waar een grote projectiewand en geavanceerde computer grafiek hardware aanwezig zijn voor het experimenteren met nieuwe 3D geografische gebruikersinterfaces. Vervolgens is er het Geo-DBMS lab, waar het onderzoek zich concentreert op gebieden als modelleren, opslaan, ruimtelijk clusteren en indexeren, bevragen, analyseren en distribueren van geo-informatie. Tenslotte is er een ruime computerzaal met grafische terminals voor studenten. Een belangrijk aspect van het GDMC is de website, te vinden op <http://www.gdmc.nl>. Deze website vormt een essentiële schakel in de communicatie, zowel intern als extern. Zoals op vele websites zijn ook hier de algemene beschrijvingen van de organisatie zelf en van de (onderzoeks)produkten te vinden, naast specifieke projectdocumentatie. Meer bijzonder is dat een deel van het onderzoek zelf ook via deze website wordt uitgevoerd. Zo verlopen bijvoorbeeld de

projecten 'Internet GIS kartografie' en 'Distributie van geo-informatie via het Internet' via deze website.



Het pakhuis voor geo-informatie.

GDMC en de GII

De beschreven GII, gebaseerd op interoperabiliteitstandaarden en geavanceerde Geo-DBMS technologie, kan worden gebruikt voor het herimplementeren van bestaande GIS toepassingen, zodat deze efficiënter worden en in de toekomst ook beter te onderhouden zijn. Dezelfde GII kan ook worden gebruikt voor het bouwen van zeer geavanceerde nieuwe toepassingen, zoals mobiele, locatie-afhankelijke toepassingen, virtual en augmented reality toepassingen, etc. (zie hiervoor deel 3 van deze introreede). Zoals aangegeven bevinden we ons midden in een aantal fundamentele ontwikkelingen en zijn er nog vele open problemen. Het GDMC wil aan het oplossen van deze problemen meehelpen door onderzoek op het gebied van standaardisatie van complexe ruimtelijke objecten (topologie), het integraal opnemen van geo-informatiekwaliteit in het DBMS (wellicht op gegevenstype niveau), het 3D modelleren en het visualiseren en de inzetbaarheid van VLM DBMSsen voor GIS toepassingen. Hierbij bouwt het GDMC, naast de ervaring binnen de TU Delft zelf, voort op de expertise die haar huidige medewerkers de afgelopen 15 jaar hebben opgedaan bij onder meer de volgende organisaties: TNO, Kadaster en de UvA. Met de UvA wordt samengewerkt door de aldaar ontwikkelde VLM database Monet [16] te onderzoeken en te gebruiken voor de opslag van geo-informatie.

3. GEO-ICT ONDERZOEK EN TOEPASSINGEN

Een technologisch vakgebied als de Geo-ICT vraagt om toepassingen. Aan de ene kant is dit om de theoretisch behaalde resultaten te toetsen ('is de nieuwe methode of oplossing echt beter?'). Aan de andere kant om in de praktijk inspiratie op te doen en in huidige of mogelijke nieuwe toepassingen knelpunten te ontdekken, die gebaat zijn met (onderzoek naar) betere hulpmiddelen. Het 'thuis' domein van het toepassingsgebied waarvoor gekozen is, is de grootschalige geo-informatie, zoals grootschalige topografie, kadastrale registratie, leidingenregistratie, etc. In de eerste plaats omdat dit goed aansluit bij de afdeling Geodesie en in de tweede plaats omdat het goed past bij mijn recente Kadaster ervaringen. Dit wil niet zeggen dat de ontwikkelde Geo-ICT hulpmiddelen alleen voor deze toepassingen inzetbaar zijn. De hulpmiddelen zijn vaak veel generieker en kunnen ook bij midden- en kleinschalige toepassingen worden ingezet. De toepassingen kunnen nog ruimer gevonden worden. Dit hoeven niet eens geografische toepassingen te zijn, maar het kunnen ook andere ruimtelijke toepassingen zijn. Een ruimtelijke index, zoals ontwikkeld voor GIS, werkt even goed in het geval van CAD-systemen, ingewikkelde molecuulstructuren of medische toepassingen (een lichaam en de inhoud daarvan kunnen ook als een ruimtelijk object worden beschouwd en ruimtelijk - in meer of minder detail - worden beschreven). Sterker nog, het hoeven niet eens echt ruimtelijke toepassingen te zijn. Het kunnen ook geheel andere toepassingen zijn, die in een 2D of hogere ruimte worden afgebeeld. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan data-mining voor financiële applicaties.

Concrete Onderzoeksprojecten c.q. Toepassingen

Genoeg over mogelijke toepassingen, nu terug naar de actuele projecten waar de sectie GIS-technologie de afgelopen periode aan heeft gewerkt om de Geo-ICT uit te testen en inspiratie op te doen voor verbetering hiervan (methoden en hulpmiddelen):

- Internet GIS kartografie, meerdere bronnen (Gemeente Tilburg)
- Internet GIS kartografie, nadruk op symbologie (RPD)
- GML prototype Top10vector (samen met WU/ITC voor de TDN)
- Integratie 3D GIS en Virtual Reality (Karma, LWI project)
- 3D stedelijk model ten behoeve van Augmented Reality (TU Delft, DIOC UbiCom)
- Onderzoek 3D kadastrale registratie (Kadaster)
- Distributie van geo-informatie via het Internet (TU Delft, DIOC Betade, provincie Gelderland)
- Testen performance en functionaliteit Oracle 8i Spatial (Kadaster en TNO/NITG)
- Gebouwenclassificatie voor de vastgoedindex (Kadaster)

- Afleiden 6PPC postcode kaart uit kadastrale gegevens (Kadaster)
- Object DBMS-technologie voor complexe ruimtelijke objecten en operaties (intern)
- Generalisatie-onderzoek alternatief: server of client (Universiteit Wuhan)
- 3D ruimtelijke objecten en operaties op basis van het tetrahedron model (intern)
- Rastergegevens (aardobservatie) in files van de Geo-DBMS (intern)
- Mobiel GIS ten behoeve van toeristische toepassingen (intern/CMG/ANWB)
- Beta testen van Oracle 9i Spatial (Oracle)
- Topologische relaties en structuur in de Geo-DBMS (Universiteit Luik)
- Topologische structuur gemanaged door de Geo-DBMS (Oracle)
- Standaard voor temporele en topologische aspecten in GML 3.0 (OpenGIS)

De lijst is al redelijk lang en blijft alsmaar groeien. Toegegeven het zijn misschien niet allemaal direct toepassingen, maar zitten ze er in dat geval al wel dicht tegen-aan. De lijst is in ieder geval te lang om alle onderzoeken/toepassingen één voor één door te nemen. Er is dan ook voor de volgende selectie gekozen: 3D Kadasters, Internet GIS/GML, Virtual/Augmented Reality en Mobiel GIS.



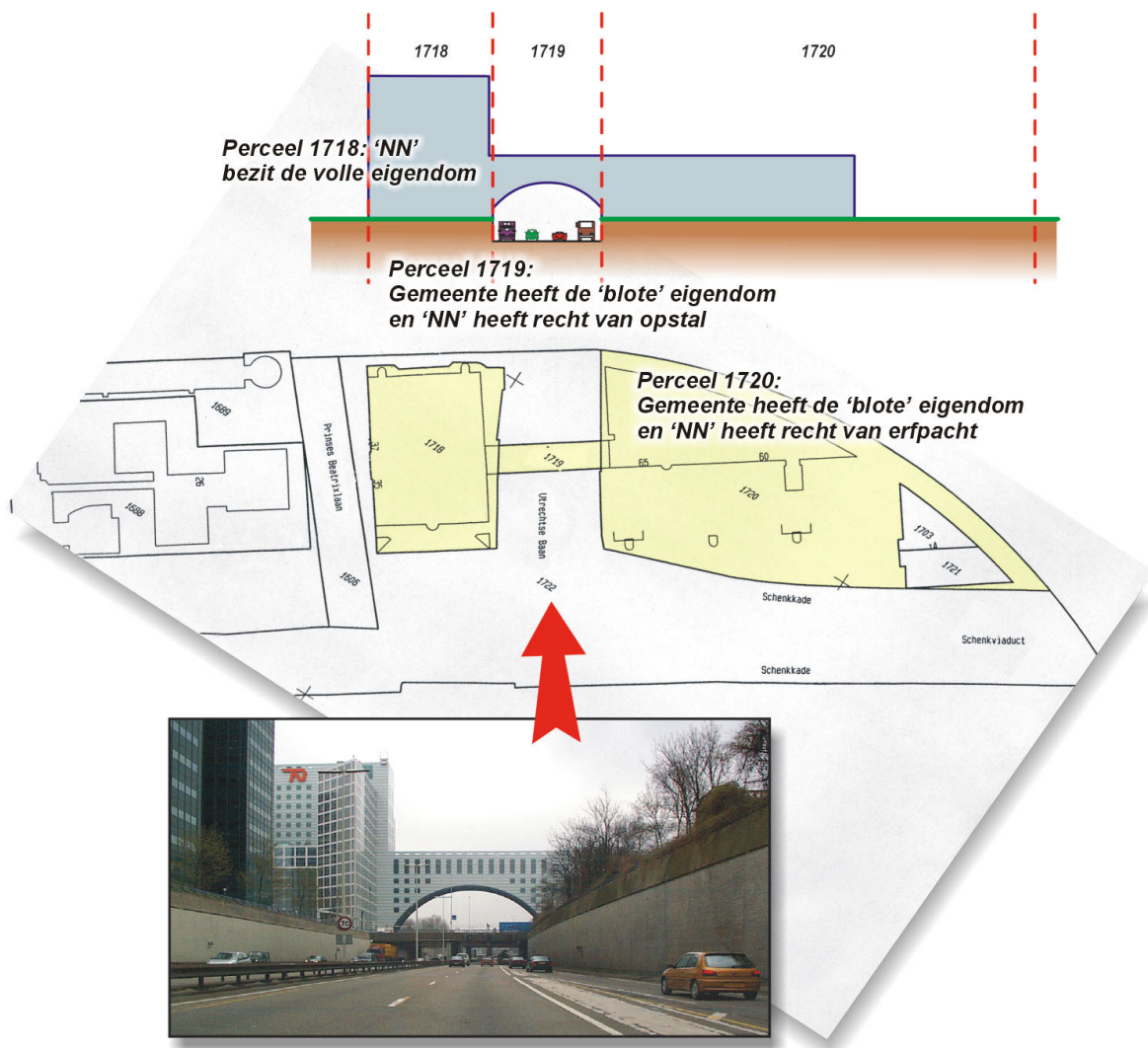
In gebieden met zeer intensief grond-gebruik, is er een groeiende behoefte aan meervoudig ruimtegebruik



Intensief grondgebruik leidt tot meervoudige ruimtegebruik.

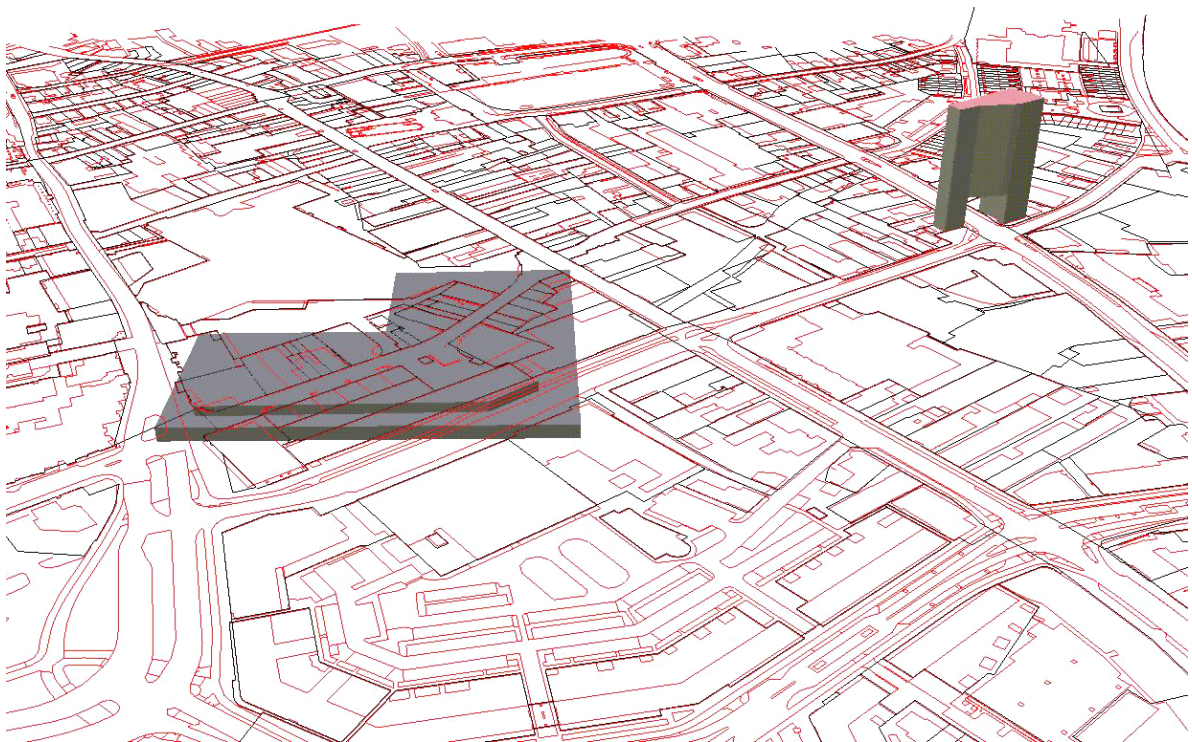
3D Kadasters

In dichtbevolkte gebieden bestaat er een toenemende behoefte aan meervoudig ruimtegebruik. Dit gebeurt door constructies boven elkaar of onder het aardoppervlak te maken. Volgens het Nederlands Burgerlijk Wetboek bestaat er geen verticale begrenzing aan de eigendom van een perceel. Via administratieve weg, in de vorm van bepaalde rechten en belemmeringen op percelen, worden oplossingen gezocht voor situaties waar de 3^{de} dimensie wel van belang is. Soms wordt hiervoor ook het perceel horizontaal gesplitst om zo een nauwkeurigere afbakening te kunnen geven. Een aantal praktijkvoorbeelden, waar de 3^{de} dimensie een rol speelt zijn: ondergrondse (infrastructuur) bouwwerken, leidingen en kabels (zowel onder- als bovengronds), appartementsrechten, bodemvervuiling, monumenten en constructies onder en boven elkaar.



3D Kadaster.

Samen met het Kadaster wordt er aan een oplossing gewerkt, waarin deze 3D aspecten beter geregistreerd kunnen worden. De gekozen oplossingsrichting kenmerkt zich door de 2D percelen in de ruimtelijke kadastrale database aan te vullen met 3D vastgoedobjecten en alleen daar waar dit nuttig is voor het registreren van de juridische status. Dit roept weer een aantal onderzoeksvragen op zoals: hoe de 3^{de} dimensie vast te leggen (absoluut of relatief ten opzichte van het oppervlak), de 3D objecten in te winnen, de 3D objecten te modelleren, 2D percelen en 3D objecten geïntegreerd te bevragen, de resultaten weer te geven, etc. [17]. Naast de expliciete administratieve markering van percelen (zoals gebruikt in bepaalde 3D situaties), komt er nu voor alle relevante 3D objecten een impliciete markering bij. Op termijn kan deze impliciete markering wellicht voldoende zijn, maar dan zal de technologische vernieuwing ook door een juridische gevolgd moeten worden.



Mix van 2D percelen en 3D objecten.

Internet GIS/GML

Internet wordt tegenwoordig intensief over de gehele wereld gebruikt. Het succes van het Internet, heeft de kracht en de meerwaarde van een open infrastructuur aangetoond. De open (publieke) standaarden en de gedecentraliseerde architectuur zijn verantwoordelijk voor de vele, al dan niet vrij toegankelijke, diensten. Eén van de meest tijdrovende stappen bij het implementeren van een GIS toepassing is het verkrijgen van geo-informatie. Eerst moeten de relevante bronnen worden opgespoord en daarna moet de geo-informatie gekopieerd en geconver-

teerd worden naar het eigen systeem/formaat. Enkele redenen waarom dit zo tijdrovend is: het kan moeilijk zijn om geschikte gegevens te vinden, het gegevensmodel van de bron is heel verschillend van het door het eigen systeem geïmplementeerde model en de ondersteunde uitwisselingsformaten tussen bron en eigen systeem zijn verschillend. De GII tracht deze situatie te verbeteren door te voorzien in:

1. consensus over het geometrisch deel van het gegevensmodel, zowel op raster- als op vectorgegevensgebied (inclusief de verschillende ruimtelijke referentiesystemen),
2. formele beschrijving van de geo-informatieverzamelingen (en verwerking), dat wil zeggen een metadata standaard voor zowel de ruimtelijke als de niet-ruimtelijke aspecten,
3. interface hoe de metadata te bevragen en hoe de resultaten hiervan verkregen kunnen worden, dat wil zeggen een catalogusdienst,
4. standaard hoe de geo-informatie zelf te bevragen en
5. formaat voor het overdragen van de gevonden geo-informatieverzamelingen.

Een standaardformaat voor het overdragen van vector geo-informatie, zowel in Internet GIS als in een meer traditionele context, wordt gebruikt in een prototype van de vernieuwde topografische kaart 1:10.000. Het formaat is ontwikkeld door het OpenGIS Consortium en heet GML [18 en 19] (Geography Markup Language). GML is gebaseerd op de wereldstandaard voor gestructureerd uitwisselen van informatie, XML (eXtensible Markup Language). Op basis van gebruikerswensen voor het nieuwe digitale landschapsmodel (DLM), geïnventariseerd door het CGI Wageningen, is er een conceptueel model gemaakt door het ITC Enschede. De TDN heeft hiervoor een proefbestand gemaakt in MicroStation, dat door de TU Delft is geconverteerd in het GML prototype.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes" ?>
<!-- File: wegdelen.xsd -->
- <schema targetNamespace="http://www.tdn.nl/top10test"
  xmlns:tdn="http://www.tdn.nl/top10test"
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema"
  elementFormDefault="qualified" version="0.4">
  <import namespace="http://www.opengis.net/gml"
    schemaLocation="feature.xsd" />
  <element name="top10vectorobjecten" type="tdn:top10vectorobjectenType"
    substitutionGroup="gml:_FeatureCollection" />
  <element name="wegdelen" type="tdn:wegdelenType"
    substitutionGroup="gml:_Feature" />
- <complexType name="top10vectorobjectenType">
  - <complexContent>
    - <extension base="gml:AbstractFeatureCollectionType">
      - <sequence>
        <element ref="tdn:wegdelen" minOccurs="0"
          maxOccurs="unbounded" />
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>
- <complexType name="wegdelenType">
  - <complexContent>
    - <extension base="gml:AbstractFeatureType">
      - <sequence>
        <element name="type" type="string" />
        <element name="wegtype" type="string" />
        <element name="hoofdverkeersgebruik" type="string" />
        <element name="fysiekvoorkomen" type="string" />
        <element name="kruisingstype" type="string" />
        <element name="verhardingsbreedteklasse" type="string" />
        <element name="verhardingsbreedte" type="string" />
        <element name="verhardingstype" type="string" />
        <element name="verhardingsmateriaal" type="string" />
        <element name="aantalrijstroken" type="string" />
        <element name="rijrichting" type="string" />
        <element name="toegankelijkheid" type="string" />
        <element name="status" type="string" />
        <element name="straatnaam" type="string" />
        <element name="wegnummer" type="string" />
        <element name="hoogteniveau" type="integer" />
        <element name="extentOf"
          type="gml:GeometryPropertyType" />
        <element name="tdncode" type="integer" />
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

```

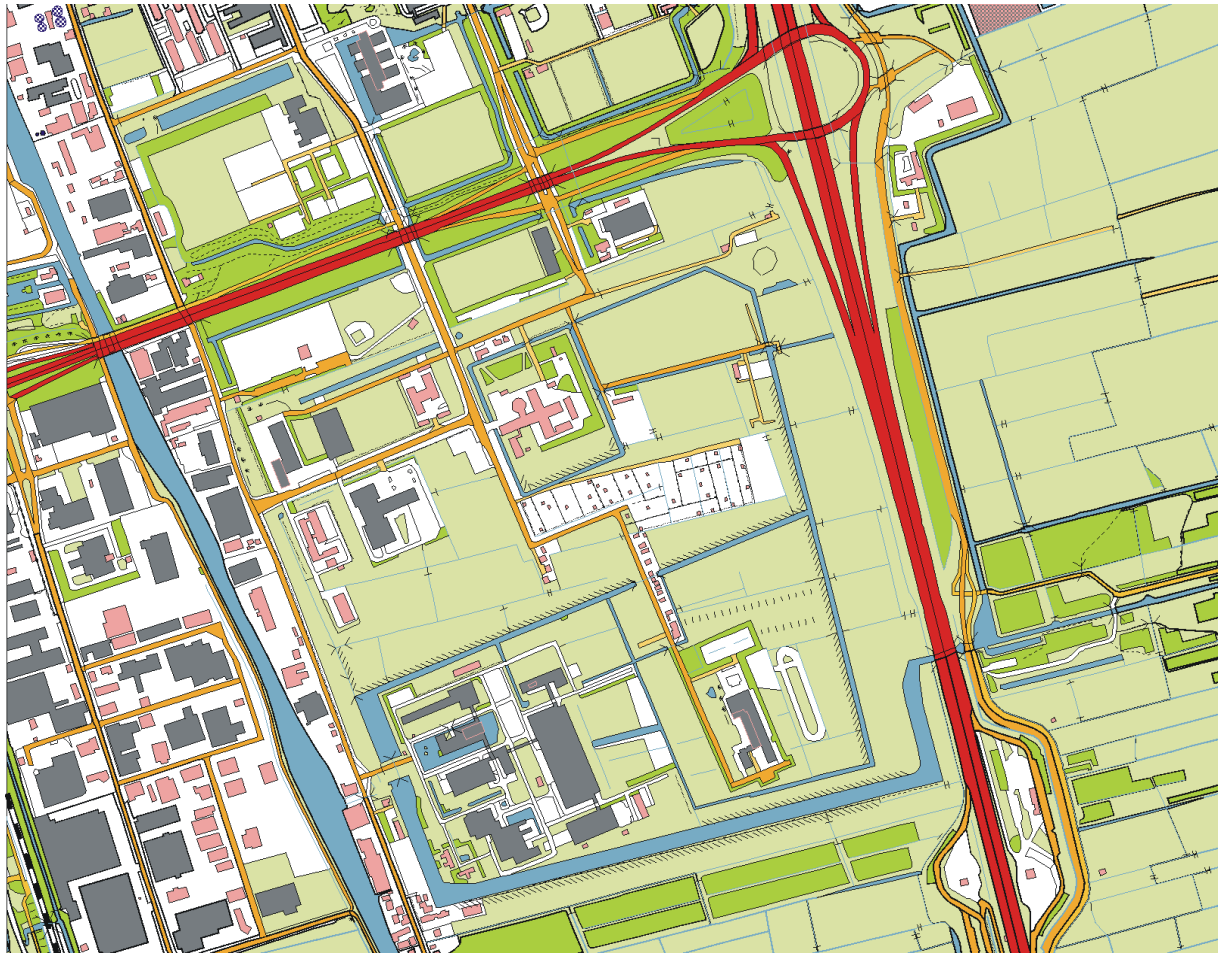
*XML Schema Definition gebaseerd op GML voor
het prototype van de vernieuwde TOP10vector.*

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<!-- File: wegdelen.gml -->
- <tdn:top10vectorobjecten xmlns:tdn="http://www.tdn.nl/top10test"
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.tdn.nl wegdelen.xsd">
- <gml:boundedBy>
- <gml:Box
  srsName="http://www.opengis.net/gmp/srs/epsg.xml#28992">
- <coord>
  <X>457070550</X>
  <Y>85000000</Y>
</coord>
- <coord>
  <X>455093285</X>
  <Y>88457474</Y>
</coord>
</gml:Box>
</gml:boundedBy>
- <tdn:wegdelen fid="fid1">
  <tdn:type>Verbinding</tdn:type>
  <tdn:wegtype>Autosnelweg</tdn:wegtype>
  <tdn:hoofdverkeersgebruik>Snelverkeer</tdn:hoofdverkeersgebruik>
  <tdn:fysiekvoorkomen>Overig</tdn:fysiekvoorkomen>
  <tdn:kruisingstype>Overig</tdn:kruisingstype>
  <tdn:verhardingsbreedteklasse>>7m</tdn:verhardingsbreedteklasse>
  <tdn:verhardingsbreedte>Onbekend</tdn:verhardingsbreedte>
  <tdn:verhardingstype>Verhard</tdn:verhardingstype>
  <tdn:verhardingsmateriaal>Onbekend</tdn:verhardingsmateriaal>
  <tdn:aantalrijstroken>Onbekend</tdn:aantalrijstroken>
  <tdn:rijrichting>Eenrichting</tdn:rijrichting>
  <tdn:toegankelijkheid>Openbaar</tdn:toegankelijkheid>
  <tdn:status>In gebruik</tdn:status>
  <tdn:straatnaam>Onbekend</tdn:straatnaam>
  <tdn:wegnummer>Onbekend</tdn:wegnummer>
  <tdn:hoogteniveau>0</tdn:hoogteniveau>
- <tdn:extentOf>
- <gml:Polygon
  srsName="http://www.opengis.net/gmp/srs/epsg.xml#28992">
- <outerBoundaryIs>
- <LinearRing>
- <coord>
  <X>8.7004214E7</X>
  <Y>4.52334491E8</Y>
</coord>
- <coord>
  <X>8.7000476E7</X>
  <Y>4.52335882E8</Y>
</coord>
- <coord>
  <X>8.6996394E7</X>
  <Y>4.52321525E8</Y>
</coord>
- <coord>
  <X>8.6999482E7</X>

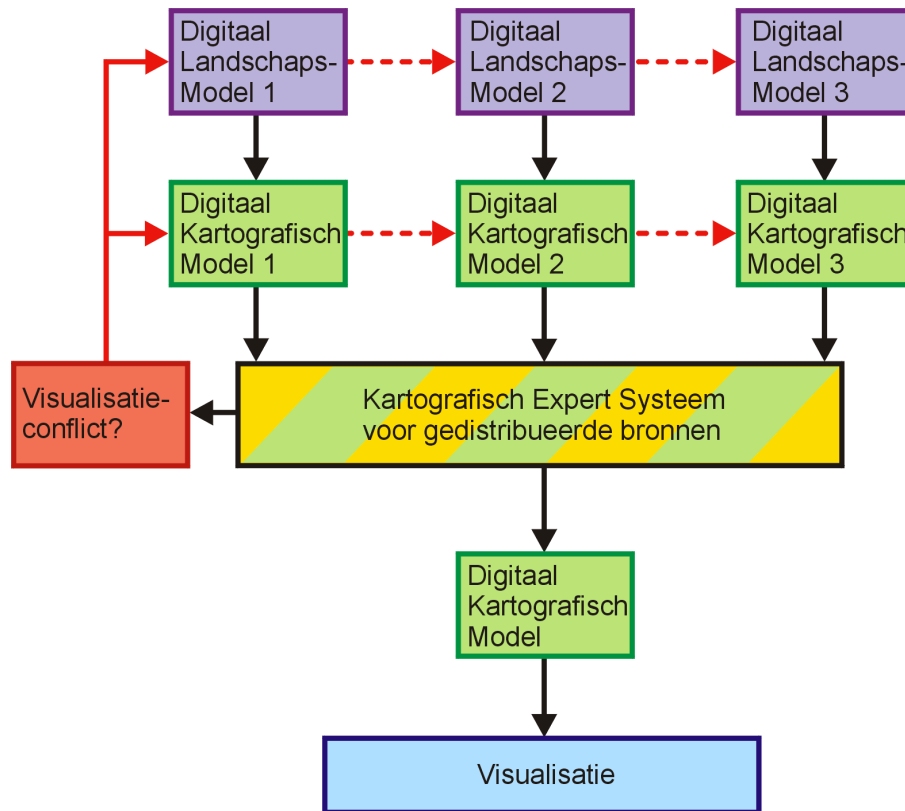
```

*Voorbeeld van GML data voor het prototype
van de vernieuwde TOP10vector.*



Kaartfragment TOP10vector (©TDN).

Internet GIS maakt het combineren van geo-informatie uit verschillende bronnen mogelijk. Dit roept wel een aantal nieuwe vragen op, waarvan waarschijnlijk de moeilijkste hun oorsprong hebben in de niet-geformaliseerde semantiek van de geo-informatie, inclusief aspecten als geometrische resolutie/schaal, actualiteit en thematische classificatie en attributwaarden. [20, 21 en 22]. Hieraan gerelateerd is het vraagstuk hoe de geo-informatie uit de verschillende bronnen te visualiseren. Elke bron heeft waarschijnlijk, naast een Digitaal Landschapsmodel (DLM), ook een voorkeur voor een optimale presentatiestijl, die resulteert in een Digitaal Kartografisch Model (DKM). Combinatie van deze DKMs kan echter resulteren in presentatieconflicten. Een ‘intelligent’ systeem (bijvoorbeeld een kartografisch expert systeem) kan proberen de conflicten op te sporen en vervolgens op te lossen. Hierbij zou de taak van de gebruiker in acht moeten worden genomen, om bij bepaalde alternatieven de juiste keuze te kunnen maken. Onderzoek naar het gedistribueerde gebruik van geo-informatie wordt op dit moment verricht in het kader van de DIOC Betade. Gezien het praktisch belang wordt het onderzoek tevens gesteund door de provincie Gelderland, waar ook de onderzoekscases gekozen zullen worden.



'Multi-source' Kartografie.

Virtual/Augmented Reality

Op het moment dat steeds meer geo-informatie echt driedimensionaal wordt en tevens (topologisch) gestructureerd wordt opgeslagen in 3D modellen, zoals bij het 3D Kadaster of 3D topografische informatie, neemt ook de behoefte aan visualisatie- en interactietechnieken toe, die recht doen aan de derde dimensie. Voor beperkte hoeveelheden gegevens, zoals in een CAD model, of zeer specifiek gestructureerde ruimtelijke informatie zijn er al enige tijd 'virtuele werkelijkheid' (Virtual Reality, VR) systemen, waarin de gebruiker wordt geconfronteerd met een model van de 3D omgeving via geavanceerde presentatietechnieken. De TU Delft is enige jaren geleden begonnen deze VR techniek te koppelen aan een GIS, dat tot het eerste 3D GIS/VR systeem in de wereld heeft geleid; Karma is ontwikkeld in het kader van een LWI project [23]. Karma is niet alleen geschikt voor het visualiseren van de gegevens, maar kan ook worden gebruikt om GIS analyses ('geef eigenschappen van het aangewezen object' of 'zoek alle objecten binnen een afstand van 300 meter van het aangewezen object') en ruimtelijke edit-operaties uit te voeren. Doordat Karma op een Geo-DBMS architectuur (Oracle met SDE) is gebaseerd, kunnen ook andere GISsen dezelfde informatie benaderen (in 2D, bijvoorbeeld via ArcView) of kan dezelfde informatie ook via het Internet worden ontsloten.



Karma: een geïntegreerde 3D-GIS en VR-omgeving.

Een stap verder dan VR gaat ‘toegevoegde werkelijkheid’ (Augmented Reality, AR), waar een gebruiker die zich in de werkelijkheid bevindt extra informatie getoond krijgt. Deze techniek bevindt zich nog in een pril stadium, maar is zeer veel belovend vanwege de vele toepassingen. Over het algemeen krijgt de gebruiker deze extra informatie over het werkelijke buitenbeeld heen geprojecteerd via een soort bril. Op dit moment wordt er bij de TU Delft door een aantal faculteiten samengewerkt om deze techniek verder te ontwikkelen in het kader van de DIOC UbiCom [24 en 25]. Van groot belang is natuurlijk dat er een accuraat 3D model van de wereld beschikbaar is. Verder is zeer nauwkeurige plaatsbepaling en oriëntatie nodig en moet de getoonde informatie zo snel mee bewegen dat het in het buitenbeeld past. Grofweg zijn er drie typen toepassingen voor AR:

1. plaatsen van een ‘wolk’ met tekstuele informatie bij het object, bijvoorbeeld eigenaar van een gebouw;
2. niet-bestaand (gepland) object tonen, bijvoorbeeld nieuw gebouw of brug;
3. niet-zichtbare geo-informatie tonen (kabel onder de grond of perceelsgrens).

Mobiel GIS

Met de opkomst van mobiele telefoons en andere mobiele apparaten, die draadloos met een netwerk verbonden kunnen worden, wordt ook een geheel nieuwe manier van het gebruik van digitale geo-informatie mogelijk gemaakt. Kenmerkend hiervoor is dat er relatief kleine hoeveelheden geo-informatie verstuurd worden per verzoek of actie, maar dat deze acties veelvuldig plaatsvinden vanwege de enorme aantallen gebruikers. In plaats van ‘mobiel GIS’ worden deze diensten ook wel aangeduid met de naam ‘Location Based Services’ (LBS). Gebaseerd op

dezelfde GII als in deel 1 van deze introereede beschreven, dat wil zeggen geo-informatie, Geo-ICT diensten, netwerken en standaardprotocollen, kunnen mobiele gebruikers ondersteund worden in dagelijkse situaties, zoals ‘geef de kortste route van hier naar het dichtstbijzijnde restaurant’ of ‘stuur de wegenwacht naar mijn huidige locatie’. De architectuur van een mobiel GIS bestaat grofweg uit onderdelen afkomstig uit drie verschillende disciplines:

1. plaatsbepaling van de mobiele terminals, gebaseerd op òf het mobiele netwerk òf een plaatsbepalingssysteem zoals GPS/GLONASS/Galileo;
2. draadloze communicatie met het netwerk gebaseerd op GSM/GPRS/UTMS;
3. geo-informatie en geo-diensten uit de GII.



GSM: de zendmasten en de plaatsbepaling van het mobieltje.

Deze drie disciplines hebben één ding gemeenschappelijk: op een of andere manier speelt het begrip locatie een belangrijke rol. Overigens zijn mobiele GIS-toepassingen niet alleen van belang voor gebruikers van geo-informatie(diensten), maar kunnen ze ook een rol spelen bij het inwinnen van geo-informatie. De afstand tussen een GSM telefoon en GSM zendmasten wordt geschat door een aantal afstandsringen rond een zendmast te definiëren. Aan de hand van het signaal kan worden bepaald in welke afstandsring zich een mobiele terminal bevindt. Door deze informatie van meerdere zendmasten te combineren kan een GSM netwerk-beheerder een vrij nauwkeurige schatting maken van de locatie van de mobiele terminal. Indien gewenst zou deze locatie-informatie naar de mobiele telefoon gestuurd kunnen worden, zodat het begrip ‘hier’ of ‘huidige locatie’ in de voorbeeldvragen bekend is.



Mobiele toepassingen komen altijd van pas.

4. ONDERWIJS IN DE GEODESIE EN DE GEO-INFORMATIE IN DELFT

Wellicht is het leven op de universiteit altijd een heel dynamisch gebeuren. Zo zijn er op het gebied van het onderwijs in de Geodesie de afgelopen periode belangrijke ontwikkelingen in gang gezet. In dit deel van de intreerede zal ik trachten een antwoord te geven op de vraag welke onderwijsontwikkelingen er in de komende periode te verwachten zijn. De TU Delft biedt op dit moment de enige universitaire geodetische opleiding in Nederland (en België). Afgestudeerden zijn dan ook veel gevraagd in de maatschappij en hebben nooit een probleem een baan te vinden. Sinds het bestaan van de opleiding zijn de studentenaantallen nooit groot geweest. Dit geldt ook voor de niet-universitaire opleidingen in de Geodesie. Hoe kan het toch dat zo een leuk vakgebied, dat bovendien zo relevant is voor de maatschappij, zulke kleine studentenaantallen kent?

De Naam Geodesie

Ik vermoed, en met mij vele andere medewerkers bij Geodesie, dat de belangrijkste reden hiervoor is de onbekendheid van middelbare scholieren (en de bevolking in het algemeen) met de naam en de opleiding Geodesie. Dit fenomeen doet zich ook in andere landen voor en ook daar wordt naarstig gespeurd naar andere namen, zoals ‘surveying and mapping’, ‘geomatics’ of ‘geo-informatics’. Al deze namen hebben echter ook weer hun eigen nadelen; dekken òf de lading niet geheel òf zijn even onbekend als Geodesie. Je kunt je vervolgens dan de vraag stellen ‘wat is dan eigenlijk Geodesie?’ als het zo moeilijk is om hier een naam voor te vinden of nog verder doorvragend ‘is Geodesie wel één vakgebied?’. Het antwoord op de laatste vraag is zowel ja als nee. Aan de ene kant is Geodesie een samenhangend vakgebied, dat het gehele geo-informatieproces probeert te ondersteunen: van referentiestelsels (gebaseerd op de vorm/zwaartekracht van de aarde), inwinning, verwerking, opslag, analyse, presentatie, gebruik, tot organisatie en regelgeving met betrekking tot geo-informatie. Het zal echter ook duidelijk zijn dat al deze verschillende aspecten van het geo-informatieproces nauwe relaties hebben met nogal verschillende basisdisciplines, zoals Natuurkunde, Wiskunde, Elektrotechniek, Informatica en Recht. Om de zaak nog eens verder te compliceren kan worden gesteld dat de Geodesie of aspecten hieruit gebruikt worden in andere toepassingsgerichte disciplines, zoals Civiele Techniek, Bouwkunde, Bestuurskunde, Geologie, etc.



De geodetische disciplines.

Oplossingen voor de Lage Studentenaantallen?

Wat zijn dan mogelijke oplossingen voor de lage aantallen studenten? Een eerste alternatief is het niet als een probleem te beschouwen. Een tweede zou kunnen zijn te hopen dat het weer vanzelf overgaat. Het eerste is waarschijnlijk niet zo verstandig, omdat de kans bestaat dat er ooit iemand komt die de oplossing zoekt in het opheffen van de opleiding Geodesie, zoals dit bijvoorbeeld recent in Engeland is gebeurd met de ‘School of Surveying’ bij de University of East London. Het alternatief, wachten tot het ‘vanzelf’ overgaat en de studentenaantallen weer hoger worden, is ook niet erg waarschijnlijk. Wel kan getracht worden om iets aan de onbekendheid van het vakgebied te doen door, in samenwerking met de geodetische praktijk (overheid en bedrijfsleven), meer bekendheid te geven aan de leuke en belangrijke aspecten van het vakgebied; met name in het kader van de GII/informatiemaatschappij. Deze oplossing wordt inderdaad uitgevoerd door actief naar buiten te treden in het kader van de Nationale Wetenschapsdag, de Open Dagen en de Wereld GIS-dag en te participeren in het opzetten van modules voor het studiehuis programma op middelbare scholen. De Wereld GIS-dag is natuurlijk vooral voor de GIS-technologie relevant, maar is toch ook zeker van belang voor de andere onderdelen van de Geodesie.

De Gekozen Oplossing

Een radicaal andere oplossing is Geodesie of onderdelen daarvan bij andere vakgebieden onder te brengen. Te denken valt aan de hierboven genoemde basis- of toepassingsdisciplines. Hiermee wordt dan wel de keten van het geo-informatie-

proces doorbroken. De opleidingsdirecteur Geodesie, samen met de opleidingscommissie, de docenten en het afdelingsbestuur, hebben er voor gekozen om het profiel van ‘het gehele geo-informatieproces’ in de vernieuwde opleiding te versterken door de volgende twee maatregelen:

1. de verplaatsing van een aantal meer specialistische vakken van de basisopleiding naar de eindstudie en
2. de verduidelijking van het multi- en interdisciplinaire karakter door het invoeren van voor studenten aantrekkelijk projectonderwijs, waarbij meerdere vaardigheden moeten worden ingezet.

Vanuit de TU Delft kunnen we veel speculeren over hoe we deze boodschap aan de scholieren duidelijk moeten maken (inclusief de naam van de opleiding), maar een onafhankelijk ‘markt’onderzoek onder scholieren is hiervoor de beste basis.

kwartaal	1	2	3	4	CK	college kwartaal
jaar	1	2	3	4	PK	Project kwartaal
1	CK	PK	CK	PK	SK	stage kwartaal
2	CK	PK	CK	PK		
3	CK	PK	PK	SK		

week	1	2	3	4	5	6	7	8	9
vak	C vak1	C vak2	C vak3		P		C vak1		T1
							C vak2		T2
							C vak3		T3
	P					PT			

Het projectonderwijs in de uniforme basisopleiding (BSc).

De Vernieuwde Basisopleiding (BSc)

De aanleiding voor de onderwijsvernieuwing is niet alleen het lage aantal studenten geweest. Er zijn nog andere redenen die aan de huidige vernieuwing ten grondslag liggen. Ten eerste zijn dat de - al dan niet reguliere - onderwijsvisitaties (VSNU [26] en ABET [27]). Hoewel de resultaten van de recente externe beoordelingen over het algemeen zeer positief waren, is toch getracht om de opbouwende kritiek, o.a. dat een duidelijker en herkenbaarder profiel gewenst is, mee te nemen in de nieuwe opleiding. Ten tweede kwam vanuit de geodetische praktijk via het rapport ‘Bakkenist’ [28] en tijdens de november 2000 discussie de

opmerking dat er in de praktijk behoefte bestaat aan meer vaardigheden op het gebied van projectmanagement en alles wat hierbij komt kijken: planning, organisatie, leiderschap, financiën, ondernemerschap, etc. Het nieuwe project-onderwijs probeert hier de juiste formule voor te geven. Ten derde is er de Bologna-verklaring, waarin staat dat de Europese universiteiten binnen een bepaalde termijn naar een uniforme basisopleiding (BSc) en eindopleiding (MSc) moeten overgaan. In het geval van de TU Delft komt dit in de plaats van de huidige vijfjarige ingenieursopleiding. Het idee hierachter is dat studenten uit verschillende landen gemakkelijker het laatste deel van hun opleiding elders kunnen volgen: de MSc, die als een specialisatierichting gezien kan worden. De specialisatie van een MSc komt bij een universiteit overeen met de specialisatie op een onderzoeksgebied, zodat onderwijs en onderzoek elkaar goed aanvullen. De afdeling Geodesie zal met ingang van het komende collegejaar (2001-2002) beginnen met de vernieuwde BSc Geodesie, die de eerste drie jaar van de studie zal bevatten. Vanaf het collegejaar 2002-2003 zullen de nieuwe MSc's van start gaan, die de laatste twee jaar van de studie zullen gaan vormen. Studenten van voor het BSc/MSc tijdperk zullen dan worden 'ingeschaald' in de nieuwe structuur om een lange overgangsperiode te voorkomen. Het onderwijs in de MSc's zal in principe in het Engels worden gegeven, teneinde de internationale uitwisseling van studenten mogelijk te maken.

Een Nieuwe Eindstudie (MSc)

De MSc opleidingen bieden een extra kans om een heldere profilering naar buiten toe te realiseren, zowel nationaal als internationaal, door het aangeven van specialisaties. Binnen de afdeling Geodesie bestaan er op dit moment plannen voor het opzetten van (participeren in) drie MSc's. De sectie Geo-informatie en Grondbeleid en de sectie GIS-technologie werken samen aan het opzetten van een Engelstalige MSc met de naam 'Geo-Information Engineering and Land Management'. Hierin stelt de sectie GIS-technologie voor om enkele specialistische thema's op te nemen, zoals:

1. Geo-DBMS,
2. Technical aspects of the GII (netwerken, protocollen, standaarden),
3. Computational Geometry in GIS,
4. Spatio-temporal modelling en
5. Quality/ semantics of geo-information.

Naast colleges bestaat de MSc opleiding uit individueel onderwijs in de vorm van een onderzoekstaak, een ontwerpstaak (elk van ongeveer 2 maanden) en een afstudeeropdracht (6 maanden). Er wordt ook al enige tijd gesproken tussen de UU, de WU en het ITC over het opzetten van een anderhalf jaar durende gezamenlijke MSc met de titel 'Geo-information Management'. Gezien de raak-

vlakken met de hierboven beschreven MSc bij Geodesie zijn er op dit moment verkennende gesprekken gaande.

De Toekomst

Eén ding is mij inmiddels duidelijk geworden: de maatschappij kan niet zonder goed opgeleide Geodeten, die het gehele geo-informatieproces overzien. Indien middelbare scholieren zouden weten wat het vak Geodesie inhoudt, dan is het mijn stellige overtuiging dat Geodesie per jaar minimaal 100 nieuwe studenten zou aantrekken. Het is echter al mooi als de hier beschreven activiteiten binnen 5 jaar zouden leiden tot een structurele instroom van rond de 50 studenten.



En daar doen we het allemaal voor!

5. HERHAALDE OPROEP VOOR HET GEO-DELTAPLAN NEDERLAND

In zijn intreerede ‘Net werk in de Geo-informatiekunde’ op 16 september 1999 heeft Arnold Bregt, Wageningen Universiteit, een voorstel voor een geo-deltaplan in Nederland gedaan met daaraan gekoppeld een beroep op de staatssecretaris van VROM voor de uitvoering hiervan. Hierbij wil ik deze oproep herhalen en ondersteunen. Kort samengevat bestaat het geo-deltaplan uit de volgende drie onderdelen:

1. het instellen van een nationale geo-informatie commissie voor het specificeren van kernbestanden,
2. het 100% vergoeden van de productiekosten van kernbestanden door de overheid en
3. het verstrekken van kernbestanden vrij van rechten.

Hieraan zou ik willen toevoegen:

4. het implementeren van de nationale GII, zodat geo-informatiediensten effectief op basis van de genoemde geo-informatie gerealiseerd kunnen worden.

Waarom deze herhaalde oproep? Op dit moment heeft Nederland internationaal een behoorlijk hoog aanzien op het gebied van geo-informatie, zowel wat betreft de gegevens als wat betreft de verwerking en toepassing hiervan. Het rendement van geo-informatie zou hoger kunnen liggen, indien deze nog meer gebruikt zou worden in dagelijkse toepassingen. Door ook op dit gebied in Nederland voorop te gaan lopen, wordt de internationale positie van Nederland op het terrein van de geo-informatie versterkt. Het is te hopen dat bij de verdere integratie van Europa het dan succesvol gebleken Nederlandse model zal worden overgenomen.

Geo-informatie als Infrastructuur

Zoals in deel 1 van de intreerede aangegeven is het mijn overtuiging dat geo-informatie beschouwd moet worden als onderdeel van de infrastructuur. Het valt daarom, net als andere infrastructuur zoals bijvoorbeeld het wegennetwerk, onder de verantwoordelijkheid van de overheid. Veel geo-informatie gebruiken we gemeenschappelijk en zouden we dus ook gemeenschappelijk moeten betalen (net zoals de wegen). Natuurlijk is hier niet alles mee opgelost, want er moet worden afgesproken welke overheid (lokaal, regionaal, nationaal of zelfs internationaal) verantwoordelijk is voor welke geo-informatie (zoals bij wegen). Verder vallen bepaalde categorieën geo-informatie buiten het gemeenschappelijk belang. Deze moeten dan ook privaat gerealiseerd worden (zoals een weg/pad op eigen terrein). Net zoals bij wegen is er ‘aanleg’ en ‘onderhoud’ van geo-informatie nodig. Deze kunnen door de overheid zelf worden uitgevoerd, of zoals in toenemende mate bij

wegen gebeurt, worden uitbesteed aan het bedrijfsleven. Dit dient gebaseerd te zijn op een gezonde marktwerking in combinatie met een goed kwaliteitsborgingssysteem. Overigens is de beste kwaliteitsborging het toepassen van de geo-informatie door zoveel mogelijk gebruikers. Zonder intensief gebruik is elk kwaliteitsborgingssysteem per definitie te duur en daarom moeilijk te onderhouden. Nogmaals door geo-informatie als infrastructuur te zien zal het totale nut voor de maatschappij toenemen en zullen de totale kosten afnemen. Dit laatste is aannemelijk te maken door te constateren dat nu bepaalde gegevens vele malen worden ingewonnen en soms ook worden bijgehouden, wat uiteraard kostenverhogend werkt.

Beheersbare Infrastructuur

In 1943 deed Thomas Watson (IBM) de beroemde uitspraak *'I think there is a world market for maybe five computers'*. Het was toen nog niet te voorzien welke vlucht het aantal computertoepassingen zou nemen, naast de originele toepassingen als baanberekeningen en het tellen van bevolkingsgegevens. Dit werd natuurlijk mede veroorzaakt door de eveneens niet te voorziene kostendaling en miniaturisatie van de computers. Het voordeel van zo'n beperkt aantal computers is natuurlijk wel de goede beheersbaarheid waardoor de totale efficiëntie gunstig wordt beïnvloed. Ik zou de uitspraak als volgt willen aanpassen voor de GII *'I think there is a market for maybe five authentic servers of geo-information in the Netherlands'*. Bovendien mag met het steeds meer één worden van de Europese Gemeenschap en het steeds volwassener worden van de Geo-ICT op termijn 'the Netherlands' door 'Europe' vervangen worden. Overigens mag een authentieke server decentraal ondersteund worden door een aantal hulpserveren. Wellicht wordt er om deze uitspraak in de toekomst nog smakelijk gelachen. Niet omdat het technisch onmogelijk bleek, maar omdat we niet in staat bleken dit te organiseren.

DANKWOORD

Ik wil eindigen met een dankwoord. Ik dank het College van Bestuur dat mij benoemd heeft als hoogleraar. Ik dank het bestuur van de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen en het bestuur van de afdeling Geodesie voor het vertrouwen dat ze in mij stellen. In het bijzonder Theo Bogaerts, die zich heeft ingezet voor mijn benoeming en sinds die tijd als coach altijd openstaat voor mijn vragen. Ik bedank het Kadaster en de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat voor de financiële steun die ze hebben toegezegd voor het opbouwen van het onderzoek binnen de leerstoel GIS-technologie. Nu bijna anderhalf jaar in functie, kan ik gelukkig zeggen dat de steun niet alleen financieel is, maar ook bestaat uit een vruchtbare samenwerking op verschillende onderzoeksgebieden.

Ik wil de medewerkers van de afdeling Geodesie, en in het bijzonder van de sectie GIS-technologie, bedanken voor de kritische opmerkingen op de eerste versie van het manuscript van deze intrede, maar vooral voor de gastvrije wijze waarop zij mij als buitenstaander hebben ontvangen, zodat ik me al snel thuis kon voelen bij Geodesie. Hierdoor is de overgang van mijn vorige werkgever, het Kadaster, naar mijn huidige functie plezierig verlopen, ondanks mijn initiële aarzelingen om het Kadaster te verlaten. In dit kader wil ik ook de personen bedanken, die in soms langdurige gesprekken, met mij de verschillende aspecten van een overgang objectief hebben doorgenomen. Naast familie, kennissen en een aantal direct oud-Kadaster collega's, wil ik hier specifiek noemen Kees Kroese, Martien Molenaar en Martin Salzmann. Ik wil ook de personen bedanken die mij wat verder terug in het verleden 'professioneel/wetenschappelijk' hebben gevormd: mijn afstudeerhoogleraar Dennis McConalogue, mijn promotor Jan van de Bos en oud-TNO collega's bij mijn eerste werkgever.

Ik wil de huidige GDMC partners, SUN, Oracle, CA en PGS, in het nieuwe onderzoekscentrum op GIS-technologie gebied aan de TU Delft, bedanken voor het vertrouwen dat ze hebben gesteld in de samenwerking. Hoewel het GDMC pas formeel op 15 november 2000 is geopend, zijn nu al de eerst bescheiden vruchten van deze samenwerking zichtbaar. Dit geeft veel vertrouwen voor de toekomst, waarin het aantal partners nog gedoseerd zal worden uitgebreid. Ik hoop dat we gezamenlijk hiervan nog meer smakelijke vruchten zullen gaan plukken op zowel wetenschappelijk gebied in de vorm van publikaties als op maatschappelijk gebied in de vorm van (geografische informatie-)systemen die dagelijks gebruikt worden in de wereldwijde netwerkmaatschappij waar wij met elkaar naar toe onderweg zijn.

Tot slot bedank ik ook en vooral hen die mij persoonlijk het meest dierbaar zijn: mijn ouders, voor alle ruimte die ze me gaven in combinatie met de stimulans om te gaan studeren, mijn broer en mijn gezin. Angèle, Simon en Patrick doen mij dagelijks beseffen dat het belang van werken in het algemeen en het beoefenen van wetenschap in het bijzonder maar heel relatief is. Zonder hun steun zou mijn werk onmogelijk zijn. Ik blijf daarom proberen om mijn dank hiervoor ook in echte tijd voor hen om te zetten.

Mijnheer de Rector, dames en heren, ik dank u voor uw aandacht.

REFERENTIES

- [1] *Michels, F.W. en G.E.K. Brummer (1971):* Over Cartografie: Een vlucht over het terrein van vogelvlucht- en andere kaarten, gewone en ongewone, eendrachtig gevlogen, Uitgeverij Van Lindonk, Amsterdam.
- [2] *Bregt, A.K. (1999):* Net werk in de Geo-informatiekunde. Inaugurele rede Wageningen Universiteit, 16 september 1999.
- [3] *Snodgrass, R.T., I. Ahn and G. Ariav (1994):* TSQL2 language specification. SIGMOD Record, 23(1): 65-86.
- [4] *ASK-OpenIngres (1994):* INGRES/Object Management Extention User's Guide, Release 6.5. Technical report.
- [5] *IBM (2000):* IBM DB2 Spatial Extender User's Guide and Reference, special web release edition.
- [6] *Informix (2000):* Informix Spatial DataBlade Module User's Guide, December 2000. Part No. 000-6868.
- [7] *Jeff, H. and C. Murray (1999):* Oracle Spatial User's Guide and Reference. Oracle Corp., Redwood City, CA, USA, December 1999. Part No. A77132-01.
- [8] *Buehler, K. and L. McKee (1998):* The OpenGIS guide - Introduction to interoperable geoprocessing. Technical Report Third edition, The Open GIS Consortium, Inc., June 1998.
- [9] *OpenGIS Consortium, Inc. (1999):* OpenGIS Simple Features Specification for SQL. Technical Report Revision 1.1, OGC, May 1999.
- [10] *ISO TC 211/WG 2 (2000):* Geographic information - Spatial schema. Technical Report ISO/DIS 19107, International Organization for Standardization, December 2000.
- [11] *ISO TC 211/WG 3 (1999):* Geographic information - Meta data. Technical Report draft of ISO 19115 (15046-15), International Organization for Standardization, June 1999.
- [12] *Berg C. van den , F. Tuijnman, T. Vijlbrief, C. Meijer, H. Uitermark, and P. van Oosterom (1997):* Multi-server Internet GIS: Standardization and practical experiences. In International Conference and Workshop on Interoperating Geographic Information Systems, Santa Barbara, California, USA, December 3-6, 1997, interop'97, pages 365-378, Boston. Kluwer Academic Publishers.
- [13] *Charles, J. (1997):* In the news: Internet2 promises radical change. IEEE Software, 14(6): 108-109, 112, November-December 1997.
- [14] *Surfnet bulletin (1999):* Special Issue on GigaPort, December 1997.
- [15] *Lemmens, M.J.P.M. (2000):* Werken bij de sectie GIS-technologie, Geopinie, jaargang 32, nr. 4.

- [16] *Boncz, P.A., C.W. Quak, and M.L. Kersten (1996):* Monet and its Geographic Extensions: a Novel Approach to High Performance GIS Processing. In EDBT proceedings.
- [17] *Stoter, J.E. en J.A. Zevenbergen (2001):* Changes in the definition of property: a consideration for a 3D cadastral registration system. In Conference Proceedings FIG working week "New Technology for a New Century", Seoul, 6-11 May 2001, Session 27, p. 1-12
- [18] *OpenGIS Consortium, Inc. (2001):* Geography Markup Language 2.0 (GML). Technical Report version 2.0, OGC, February 2001.
- [19] *OpenGIS Consortium, Inc. (2000):* OpenGIS web map server interface implementation specification. Technical Report revision 1.0.0, OGC, April 2000.
- [20] *Uitermark, H., P. van Oosterom, N. Mars and M. Molenaar (1999):* Ontology-based Spatial Data Set Integration. Paper presented at STDBM'99, workshop on Spatio-Temporal Database Management, Edinburgh, Scotland, September 10-11, 1999.
- [21] *Oosterom, P.J.M. van, C.Q. Quak, J.E. Stoter, T.P.M. Tijssen en M.E. de Vries (2000):* Objectgerichtheid TOP10: achtergrond en commentaar op de gebruikersspecificaties en het conceptuele gegevensmodel, Rapport aan de Topografische Dienst, Delft University of Technology, GIST No. 5, E.M. Fendel (eds.), Delft 2000, 18 p.p.
- [22] *Oosterom, P. van, T. Tijssen, I. Alkemade en M. de Vries (2001):* Multi-source Cartography in Internet GIS. In Proceedings of the 4th AGILE Conference on Geographic Information, "GI in Europe: Integrative, Interoperable, Interactive", April 19-21 2001, Brno, Czech Republic, Masaryk University, Brno, ISBN 80-210-2579-4, p. 562-573.
- [23] *Verbree, E., G. van Maren, R. Germs, F. Jansen, and M.-J. Kraak (1999):* Interaction in virtual world views - linking 3D GIS with VR. International Journal of Geographic Information Science, June 13, 1999.
- [24] *The UbiCom Project (1999):* <http://www.ubicom.tudelft.nl/>.
- [25] *Zlatanova, S. and E. Verbree (2000):* A 3D topological model for augmented reality, Proceedings Mobile Multimedia Systems & Applications, 9th – 10th November 2000, TU Delft, Congress Centre Aula, R.L. Lagendijk, R. Heusdens, W.A. Serdijn and H.Sips (eds.), p.p. 19-26.
- [26] *VSNU (2000):* Onderwijsvisite, de kwaliteit van het universitair onderwijs, Civiele Techniek/ Burgerlijke Bouwkunde, juni 2000
- [27] *Accreditation Board for Engineering and Technology (2001).* Draft statement of the substantial equivalency (visit December 6, 7 and 8, 2000), 15 pages, 27 March 2001.

- [28] Deloitte & Touche Bakkenist, Het beroepsprofiel van de geodeet, nu en in de toekomst, Rapport uitgebracht aan de Nederlandse Commissie voor Geodesie, Subcommissie Geodetisch Onderwijs, 1 november 1999.

GEBRUIKTE AFKORTINGEN

2D	Tweedimensionaal
3D	Driedimensionaal
ABET	Accreditation Board of Engineering and Technology
ANWB	Algemene Nederlandsche Wielrijdersbond
AR	Augmented Reality
Betade	Building Blocks for Telematics Application Development
BSc	Bachelor of Science
CA	Computer Associates
CAD	Computer Aided Design
CEN	European Committee for Standardization
CGI Wageningen	Centre for Geo-Information Wageningen
CMG	Computer Management Group
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DIOC	Delft Interfacultair OnderzoekCentrum
DKM	Digitaal Kartografisch Model
DLM	Digitaal Landschapsmodel
GDMC	Geo-Database Management Center
Geo-DBMS	Geo-Database Management Systeem
Geo-ICT	Geografische Informatie en Communicatie Technologie
GII	Geo-Informatie Infrastructuur
GIS	Geografisch Informatie Systeem
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GML	Geography Markup Language
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communication
ISO	International Organization for Standardization
ISO TC 211	International Organization for Standardization, Technical Committee for Geographic Information/Geomatics
ITC	International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences
LBS	Location Based Services
LWI	Land Water Milieu Informatietechnologie
MSc	Master of Science
NITG	Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
OLE/COM	Object Linking and Embedding/Common Object Management
PGS	Professional GEO Systems
RPD	Rijksplanologische Dienst
SDE	Spatial Database Engine
SDI	Spatial Data Infrastructure

SFS	Simple Feature Specification
SQL	Structured Query Language
TDN	Topografische Dienst Nederland
TEN	Tetrahedral Network
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
TSQL	Temporal Structured Query Language
UbiCom	Ubiquitous Communications
UTMS	Universal Mobile Telecommunications System
UU	Universiteit Utrecht
UvA	Universiteit van Amsterdam
VLM	Very Large Memory
VR	Virtual Reality
VSNU	Vereniging van Universiteiten
WU	Wageningen Universiteit
XML	eXtensible Markup Language