

Het Geo-Database Management Center (GDMC)

De ontwikkelingen op het gebied van de GIS-technologie gaan zeer snel. De basis hiervoor zijn de technologische ontwikkelingen op terreinen als database managementsystemen (DBMS), (mobiele) communicatie/internet, computergrafiek (virtual reality), objectgeoriënteerd 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 door de TU Delft gekozen voor het onderzoeksmodel van het GDMC met participatie vanuit de industrie en een onderzoeksprogramma geconcentreerd rond het thema geo-database managementsystemen (geo-DBMS).

Het GDMC is een onderzoeks- en ontwikkelcentrum op het gebied van modelleren, opslaan, selecteren, analyseren, presenteren en distribueren van geo-informatie. Het GDMC is gehuisvest bij de TU Delft, afdeling Geodesie, sectie GIS-technologie (een OpenGIS-lid). Participatie van andere organisaties in het GDMC wordt actief nagestreefd. De participanten op dit moment zijn: Sun Microsystems, Oracle, Computer Associates en Professional GEO Systems.

Motivatatie van de opzet

Het onderzoeksdoel van de sectie GIS-technologie is het op technologisch vlak ondersteunen van het realiseren van de geo-informatie infrastructuur (GII). Internationaal wordt GII ook wel aangeduid als Spatial Data Infrastructure (SDI). De GIS-gereedschappen vormen hierbij het primaire onder-

zoeksdoel en niet de verschillende typen ruimtelijke toepassingen, zoals bij andere universiteiten en onderzoeksinstellingen in Nederland. Gezien het hoog technologische gehalte van de ontwikkelingen is besloten om dit samen te doen met een aantal industriepartners in het GDMC. De GII zorgt ervoor dat de geo-informatie beter toegankelijk is en gemakkelijker kan worden ingezet bij organisaties of individuen die op een of andere manier met een ruimtelijk probleem bezig zijn, zoals:

- 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 ontsluiten;
- wat is gegeven mijn huidige locatie het dichtstbijzijnde restaurant, benzinepomp, enzovoort;
- welke eigenaren moet een telecombedrijf aanschrijven bij het aanleggen van een nieuwe kabelverbinding;
- 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.

Al deze vragen hebben gemeen dat ze één of meer geo-informatiebronnen nodig hebben om een goed antwoord te geven. 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. Echter bij gemeenschappelijk gebruik en op basis van een gedeelde infrastructuur wordt het wel reëel geo-informatie in te zetten. Groepen gebruikers die dezelfde informatie gebruiken en gegevens uitwisselen, worden informatiegemeenschappen genoemd.

Van GIS naar GII

GIS wordt gebruikt binnen de lokale, regionale en centrale overheid, nutsbedrijven en andere bedrijven ter ondersteuning van de primaire werkzaamheden, die vaak zwaar afhankelijk zijn van ruimtelijke gegevens. Doordat er steeds meer ruimtelijke ge-



gevens tussen de verschillende organisaties worden uitgewisseld, ontstaat er ook steeds meer de behoefte aan een GII. Op globaal niveau kan worden gesteld dat de GII uit de drie volgende, nogal verschillende, onderdelen bestaat: authentieke geo-dataverzamelingen, geo-data van verwerkingsdiensten (geo-DBMS) en standaarden ten behoeve van interoperabiliteit. Meer in detail:

- basis- ofwel *authentieke geo-data verzamelingen* op verschillende domeinen: topografie, hoogtegegevens, kadastrale gegevens, geologie, bedrijven, personen, enzovoort. Deze gegevensverzamelingen moeten eenduidig gedefinieerd zijn voor wat betreft hun gegevensmodel, geometrische en thematische inhoud, kwaliteit, nauwkeurigheid, actualiteit en toegankelijkheid;
- *geo-dataverwerkingsdiensten* in het algemeen en de *geo-DBMS* in het bijzonder. De geo-dataverzamelingen 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, ruimtelijke clustering en indexering van omvangrijke geo-dataverzamelingen, en indien mogelijk steun voor geavanceerde analyse bieden. Verder is temporele ondersteuning in de vorm van de toekomstige standaard 'temporal-spatial query languages' gewenst, en tot dat moment op een andere wijze: door specifieke uitbreiding van het DBMS of expliciet temporele aspecten in het gegevensmodel op te nemen;
- *standaarden ten behoeve van interoperabiliteit* zijn vereist om de integratie van verschillende geo-dataverzamelingen en geo-dataverwerkingsdiensten mogelijk te maken. Eigenlijk kunnen organisaties die elkaars geo-data in een digitale omgeving gebruiken, worden beschouwd als onderdelen van één gedistribueerd geautomatiseerd gegevensverwerkend systeem. Eén van de meest voor de hand liggende voorbeelden

prof. dr. ir.
P. J. M. van
Oosterom,
afdeling
Geodesie,
TU Delft.

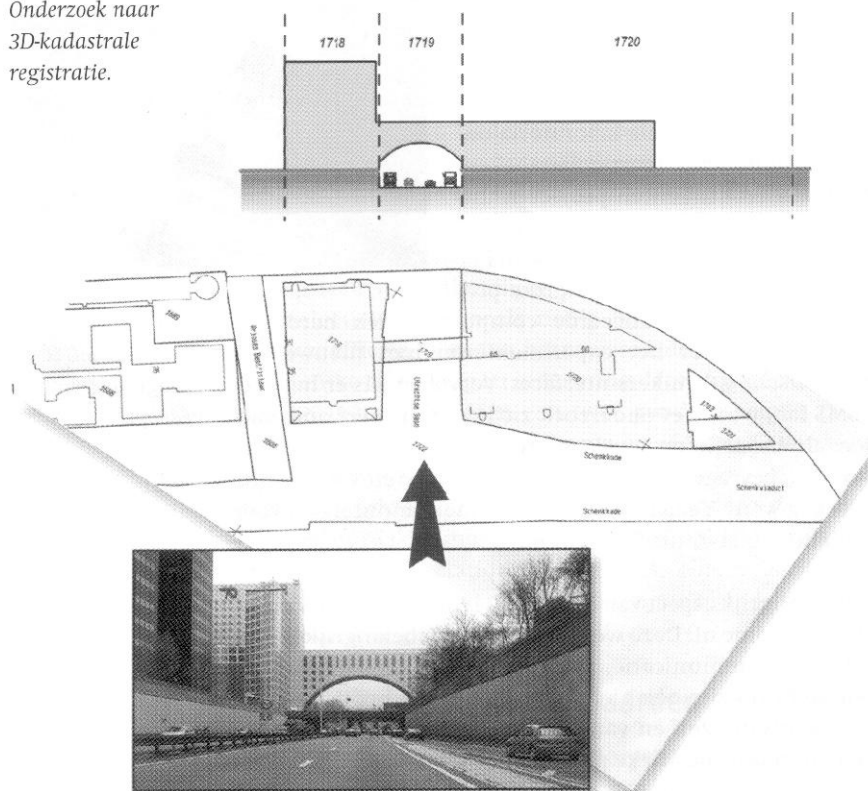
hiervan is 'Internet GIS', waarbij gelijktijdig meerdere geo-databronnen op het internet worden gebruikt. In onze heterogene digitale wereld, met verschillende typen hardware, operatingsystemen, geo-DBMSsen en geo-dataverzamelingen, zijn hiervoor standaarden ten behoeve van interoperabiliteit op vele niveaus nodig.

Elk van deze onderdelen van de GII heeft vele aspecten: organisatorisch, financieel, technisch, enzovoort. Een belangrijk aspect van de GII is de overlegstructuur van producenten en gebruikers van geo-informatie waaruit de afspraken komen voor de juridische regelingen, financiering, gebruik van standaards, enzovoort. Het GDMC zal zich echter vooral richten op de technische aspecten van de geo-dataverwerkingsdiensten en de bijbehorende interoperabiliteitsstandaarden.

Participanten

Op dit moment zijn er zoals in de inleiding al aangegeven vier participanten van het GDMC: Sun, Oracle, CA en PGS. Het GDMC is het enige 'Oracle Spatial Center of Excellence' in Europa. De Oracle DBMS biedt bij elke versie meer functionaliteit ter ondersteuning van ruimtelijke gegevens. Ondersteund door consultants van Oracle probeert het GDMC expertise op het gebied van Oracle spatial op te bouwen door dit in te zetten bij het onderzoek en te participeren in beta-testprogramma's. Het GDMC is deelnemer in het 'Academic Partner Programme' van Computer Associates. Hierdoor heeft het GDMC beschikking over de relationele DBMS Ingres, het eerste commerciële DBMS met ondersteu-

Onderzoek naar
3D-kadastrale
registratie.



ning voor ruimtelijke gegevens, op dit moment in gebruik bij het Kadaster en over de object DBMS Jasmine, veelbelovend voor opslag van complexe objecten en 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 vanwege de stabiele en krachtige server hardware. Door de samenwerking met Professional GEO Systems (PGS) heeft het GDMC beschikking over het datamodel gedreven GIS front-end 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 echter nog wel de bedoeling binnen één jaar maximaal twee GIS-leveranciers als participant bij het GDMC te betrekken. Echter in de aanloop naar de opening van het GDMC is eerst gewerkt aan het creëren van een goede basis: server hardware, geo-DBMS en internet-infrastructuur.

Waaruit bestaat het GDMC nu precies?

Het GDMC omvat het onderzoek van de sectie GIS-technologie. De medewerkers en studenten van deze sectie zijn dan ook de 'hoofdbewoners' van het GDMC. Daarnaast wordt binnen de TU Delft actief samengewerkt met de faculteit Informatietechnologie en Systemen, specifiek met de leerstoelen 'computergrafiek' en 'databases', zodat ook studenten 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 (Thijssesweg 11, Delft). Hier zijn enkele laboratoria ondergebracht, waar (gast)onderzoekers en (afstudeer)studenten projecten uitvoeren op het gebied van de GIS-technologie. Als eerste is er al enige tijd het 3D-GIS en VR-lab, waar een grote projectiewand en geavanceerde computergrafiek hardware aanwezig is 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 ruimtelijke gegevens. Tenslotte is er een ruime computerzaal voor studenten met grafische terminals.

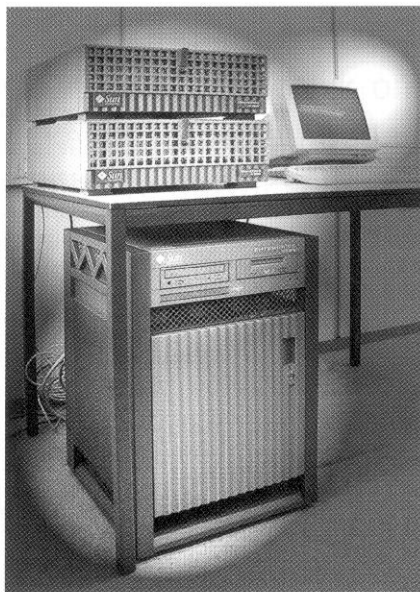
Een belangrijk aspect van het GDMC is de website, te vinden op www.gdmc.nl. Deze website vormt een belangrijke schakel in de communicatie, zowel intern als extern. Zoals op vele websites zijn ook hier de algemene beschrijvingen van de organisatie zelf en van de onderzoeksproducten te vinden, dit naast specifieke projectiedocumentatie. Echter een deel van het onderzoek wordt ook via deze website zelf

gedaan; bijvoorbeeld de onderzoeken 'internet GIS-kartografie' en 'distributie van geo-informatie via het internet' verlopen via deze website.

Evolutie GIS en OpenGIS

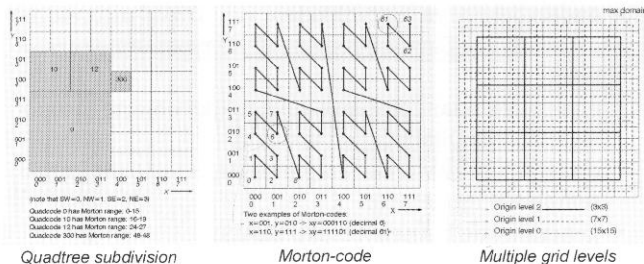
Tot voor kort werd het ruimtelijk gegevensmanagement door specifieke GIS-pakketten buiten het DBMS om verzorgd. Nu de DBMS's meer en meer worden voorzien van ruimtelijke functionaliteit, bewegen ook de GIS-pakketten zich in de richting van een geïntegreerde architectuur: alle gegevens (ruimtelijk en thematisch) worden in één DBMS opgeslagen en beheerd. Dit markeert een belangrijke stap vooruit, waaraan vele jaren van bewustwording en vervolgens systeemontwikkeling zijn voorafgegaan. 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 alweer aan: het creëren van een gemeenschappelijke GII voor gerelateerde organisaties; de zogenaamde (geo-)informatiegemeenschappen. Door directe, gecontroleerde toegang tot de geo-gegevens 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 interoperabiliteitsstandaarden een vereiste, zoals die van het OpenGIS-consortium in het algemeen en die op de gebieden van 'feature geometry models', 'meta data and catalog services' en 'Internet GIS specifications' in het bijzonder.

Het OpenGIS-consortium kent twee niveaus van standaarden: abstract, vergelijkbaar met CEN- en ISO-standaarden, beschrijven deze een bepaald domein, en implementatiestandaarden. Daar waar goede andere standaarden reeds aanwezig zijn, worden deze door het OpenGIS-consortium overgenomen. De implementatiestandaarden zijn een belangrijke toegevoegde waarde van het OpenGIS-consortium en 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 worden gevonden in de OpenGIS Guide



De krachtige server van het GDMC is Casagrande gedoopt.

(via www.opengis.org). De afdeling Geodesie van de TU Delft is een OpenGIS-lid.



Internet-GIS

Internet wordt tegenwoordig intensief over de gehele wereld gebruikt. Het succes van internet heeft de kracht en de meerwaarde van een open infrastructuur getoond. De open (publieke) standaarden en de gedecentraliseerde architectuur zijn verantwoordelijk voor de vele, al dan niet vrij toegankelijke, diensten. Eén van de meest tijd-rovende stappen bij het implementeren van een GIS-toepassing is het verkrijgen van geo-data. Eerst moeten de relevante bronnen worden opgespoord en daarna moeten de geo-gegevens worden gekopieerd en geconverteerd naar het eigen systeem en formaat. Enkele redenen waarom dit een zo tijdrovende stap is: het kan moeilijk zijn om geschikte gegevens te vinden, het gegevensmodel van de bron is heel verschillend van het model geïmplementeerd door het eigen systeem, en de ondersteunde uitwisselingsformaten tussen bron en eigen systeem zijn verschillend. De GII tracht deze situatie te verbeteren door te voorzien in:

- consensus over het geometrische deel van het gegevensmodel, zowel op het gebied van raster- als vector-data, inclusief de verschillende ruimtelijke referentiesystemen;
- formele beschrijving van de geo-dataverzamelingen en verwerking, dat wil zeggen een metadatastandaard voor zowel de ruimtelijke als de niet-ruimtelijke aspecten;
- interface hoe de metadata te bevragen en hoe de resultaten hiervan verkregen kunnen worden, dat wil zeggen een catalogusdienst;
- standaard hoe de geo-data zelf te bevragen;
- formaat voor het overdragen van de gevonden geo-dataverzamelingen.

Drie methoden voor efficiënte opslag van geodata.

Nieuw model

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-data wordt het mogelijk direct de geo-data van de bron te in te zien. Voordelen hiervan zijn dat geen gegevensmanagement (van kopiëren) aan de cliëntzijde meer nodig is en bovendien zijn de gegevens via internet over de hele wereld beschikbaar. Het belangrijkste voordeel is echter waarschijnlijk dat de gebruikers altijd gegarandeerd over de meest actuele en complete geo-dataverzameling direct bij de bron kunnen beschikken. Verder maakt het nieuwe model een eerlijke prijsstelling van geo-data mogelijk, gebaseerd op het feitelijke gebruik van de geo-data. In het oude model betalen de gebruikers een bedrag voor de geo-dataverzameling, ongeacht hoeveel en hoe vaak ze hiervan gebruiken. Het nieuwe model maakt het mogelijk om eerlijke prijzen af te spreken, zowel gezien vanaf de producent als de consument van geo-data.

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 belangrijkste 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 bevragen dominant is en de kosten van geheugen-chips blijven afnemen, kunnen Very Large Memory (VLM) databases weleens een zeer geschikte technische oplossing bieden. Zij zijn krachtig genoeg om enorme hoeveelheden gebruikers, via internet, te bedienen. Noodzakelijk om de gegevens tijdig bij de (mobiele) gebruikers te krijgen zijn de ontwikkelingen op het gebied van de netwerk-infrastructuur zelf. Dit wordt aangepakt in het kader van internet2-ontwikkelingen, in Nederland in het kader van het Gigaport-project. Zowel de ontwikkelingen van hard- als software op gebied van databasetechnologie zullen de toekomstige vormen van de GII mede bepalen. De uitbreidbare relationele databases van dit moment zijn prima geschikt voor het opslaan van ruimtelijke gegevens. Eenvoudige (recht-hoekselectie)vragen, zoals nodig bij zoomen en pannen, kunnen efficiënt worden beantwoord door toepassen van ruimtelijke clustering en indexering. Meer complexe operaties, zoals het versnijden van twee geo-datathema's ('map overlay'), dynamisch generaliseren en afdwingen van topologische correctheid gedurende het bijhouden van de geo-data, zijn echter nog niet mogelijk met deze databases. Nieuwe ontwikkelingen op DBMS-technologie zoals uitbreidbare object-relationele databases, object-georiënteerde databases en VLM-databases zullen ten grondslag liggen aan de nieuwe generatie geo-DBMSsen.

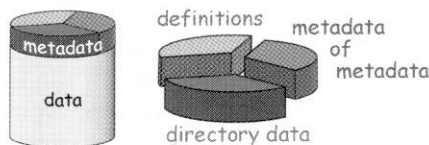
OpenGIS-geometriestandaarden

De eerste OpenGIS-implementatiespecificatie was gerelateerd aan de abstracte standaard voor geometrie van ruim-

telijke objecten. De naam van deze implementatiespecificatie is 'Simple Feature Specification (SFS)', en deze zorgt voor de standaardisatie van de eenvoudige ruimtelijke gegevenstypen en operatoren voor drie typen platformen: SQL, Corba en OLE/COM. Op dit moment werkt het OpenGIS-consortium aan een herziening van de standaard voor de geometrie van ruimtelijke objecten om deze in overeenstemming te brengen met het goede werk ISO TC 211. Deze nieuwe abstracte standaard omvat dan ook 3D-typen, meer geometrische primitieven zoals krommen en oppervlakte-typen, en complexe ruimtelijke objecten gebaseerd op topologie. Wat echter nog steeds ontbreekt, is een implementatiespecificatie 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 implementatiespecificatie voor simple features zijn voor de vector-datamodellen, dat zijn de abstracte standaard 'earth imagery' voor aardobservatiebeelden ('earth imagery') en de implementatiespecificatie 'grid coverages' voor de rastermodellen.

GDMC en de GII

De beschreven GII gebaseerd op interoperabiliteitsstandaarden en geavanceerde geo-DBMS technologie kan worden gebruikt voor het herimplementeren van bestaande GIS-toepassingen, zodat deze efficiënter worden. Echter dezelfde GII kan ook worden gebruikt voor het bouwen van zeer geavanceerde toepassingen, zoals mobiele locatie-afhankelijke toepassingen, virtual en augmented reality-toepassingen, enzovoort. Zoals aangegeven bevinden we ons midden in een aantal fundamentele ontwikkelingen en zijn er nog vele open problemen. Het GDMC wil meehelpen aan het oplossen van deze problemen door onderzoek op gebied van standaardisatie van complexe ruimtelijke objecten, integraal opnemen van geodatakwaliteit in het DBMS, 3D-modelleren en visualiseren, en de inzetbaarheid van VLM-databases voor GIS-toepassingen. Hierbij bouwt het GDMC, naast de ervaring binnen de TU Delft zelf, voort op de ervaring van haar huidige medewerkers de afgelopen vijftien jaar opgedaan bij onder meer de volgende organisaties: TNO, Kadaster en Universiteit van Amsterdam (UvA). Met de UvA wordt samengewerkt door de aldaar ontwikkelde VLM-database 'Moment' te onderzoeken en te gebruiken voor geo-data opslag.



Data en metadata.

Typen geo-DBMS onderzoek bij het GDMC

- testen van performance en functionaliteit (ruimtelijke clustering en indexering);
- onderzoeken en ontwikkelen van DBMS-uitbreidingen voor geo-data, bijvoorbeeld 3D-typen en operatoren;
- onderzoek naar complexe ruimtelijke objecten (topologie) in het DBMS;
- ondersteuning van de temporele aspecten (ruimtelijk-temporele modellen);
- generalisatie binnen het geo-DBMS;
- fundamentele ondersteuning van kwaliteit van geo-data (op basis van specifieke datatypen);
- VLM-databases testen voor GIS-toepassingen;
- internet GIS-toepassingen mogelijk maken op basis van geo-DBMS;
- VR/AR-toepassingen koppelen.

- distributie van geo-informatie via internet;
- dynamische processen modelleren.

Ter illustratie volgt een opsomming van een aantal onderzoeksprojecten binnen het GDMC, met tussen haakjes de betrokken partijen:

- Internet GIS-kartografie (gemeente Tilburg);
- GML-prototype Top10vector (samen met Alterra/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 internet (TU Delft DIOC Betade, provincie Gelderland);
- testen performance en functionaliteit Oracle 8i spatial (Kadaster en TNO/NITG);
- gebouwenclassificatie voor de vastgoedindex (Kadaster);
- object DBMS-technologie voor complexe ruimtelijke objecten en operaties (intern);
- generalisatie onderzoek alternatief: server of client (Wuhan);
- 3D-ruimtelijke objecten en operaties op basis tethrahedron model (intern);
- rasterdata (aardobservatie) in files of geo-DBMS (intern);
- mobiel GIS ten behoeve van toeristische toepassingen (intern/CMG/ANWB).

Onderzoeksprogramma

Er is een coherent onderzoeksprogramma opgesteld met als centraal thema de geo-DBMS. Het onderzoek op geo-DBMS gebied, opgebouwd uit een aantal verschillende typen onderzoek, vormt een goede basis en zorgt voor coherentie tussen de verschillende projecten, die allemaal tot één of meer van de volgende vier speerpunten van het onderzoek kunnen worden gerekend:

- kwaliteit/semantiek van geo-informatie;
- 3D-GIS en Virtual/Augmented Reality (VR/AR);