

Driedimensionale Topografische Terreinmodellering op basis van Tetraëder Netwerken: Top10-3D

**Project Initiatie Document / Plan van Aanpak Promotieproject
TOP10-3D**

Ir. E. Verbree

Samenvatting:

Dit promotievoorstel richt zich in het kader van de driedimensionale terreinmodellering op de toepassing van zogenaamde Triangulated Irregular Networks (TINs) en Tetrahedron Networks (TENS).

Het terrein zelf (maaiveld) wordt daarbij gemodelleerd als een TIN. In dit TIN zijn alle hoogtepunten en de 'platte' representatie van de terreinobjecten (het grondvlak) opgenomen als een verzameling aanliggende, elkaar niet overlappende, driehoeken. Dit is de welbekende 2.5D terreinmodellering, waarbij voor elke positie één kenmerkende hoogte is toegestaan. De eerste vraag is daarbij of de veelvuldig toegepaste Delaunay triangulatie in dit opzicht de 'beste' 2.5D terreinmodellering afdwingt.

De relevante terreinobjecten zelf worden als volumes gemodelleerd. Dat gebeurt door deze objecten op te bouwen als een verzameling aanliggende, elkaar niet overlappende, tetraëders. De abstracte 'platte' representatie van het Tetrahedron Network, of het 'grondvlak' van het terreinobject, is deel van het maaiveld en dus onderdeel van het TIN. Op deze wijze is het mogelijk binnen een Geo-DBMS een complete planaire partitie op te bouwen, waarin alle terreinelementen binnen het TIN voorkomen en de 3D-objecten als een TEN 'op' dit TIN worden gepositioneerd.

Deze modellering maakt het mogelijk binnen één datamodel alle punt-, lijn-, vlak- en volume-objecten te representeren en geometrische bewerkingen en topologische relaties te implementeren. Hierbij moet met name worden gedacht aan generalisatiebewerkingen als dimension collapse van 3D naar 2D (grondvlakberekening) en geometrische vereenvoudiging en samenvoeging in de drie- en tweedimensionale domein. Daarnaast is het mogelijk om vanuit het voorgestelde TIN/TEN model een cartografisch model af te leiden.

ISSN: 1569-0245

© 2002 Sectie GIS technologie
TU Delft, Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen
Thijsseweg 11, 2629 JA Delft
Tel: 015-2784548; Fax 015-2782745; E-mail: gist@tudelft.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/ of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de sectie GIS technologie

De sectie GIS technologie aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van adviezen.

Inhoud

0. Promotieproject	2
0.1 Introductie	2
0.2 Aanleiding tot het onderzoek	2
0.3 Promotievoorstel	2
0.4 Structuur Project Initiatie Document	4
1. Projectdetailering	5
1.1 Aanpak en fasering	5
1.2 Producten	5
1.3 Bereik – Randvoorwaarden en beperkingen – Relatie met andere projecten	6
2. Organisatiestructuur	9
3. Initiële projectplanning	10
3.1 Randvoorwaarden	10
3.2 Externe afhankelijkheden	10
3.3 Productstroomdiagram	10
3.4 Planningaannames	12
3.5 Projectplanning	12
3.6 Benodigde uren en kosten	12
4. Beheersingsmechanismen	14
4.1 Toleranties	14
4.2 Voortgangsrapportage	14
4.3 Tijd- en kostenrapportage	14
4.4 Kwaliteitsrapportage	14
4.5 Uitzonderingsprocedure	14
5. Projectrisico's	15

0. Promotieproject

0.1 Introductie

Dit promotieonderzoek wordt in nauwe samenwerking met de Topografische Dienst Nederland uitgevoerd. Naast een inhoudelijke inbreng ten aanzien van het probleemgebied en de oplossingsrichting bestaat deze samenwerking ook uit een financiële bijdrage. Dit promotieplan heeft daarom deels de vorm van een Project Initiatie Document (PID), waarin naast de inhoudelijke detaillering van het promotieproject ook de organisatiestructuur, de projectplanning, de beheersingsmechanismen en de projectrisico's behandeld zullen worden. Voorafgaand aan het PID zal allereerst de aanleiding van het onderzoek beschreven worden.

0.2 Aanleiding van het onderzoek

Dit promotieproject is een gezamenlijk belang van de Topografische Dienst Nederland (TDN) en de TU Delft – Afdeling Geodesie – Sectie GIS technologie (GIST).

De TDN voert een uniforme, landsdekkende topografische kartering uit. Het digitale landschapsmodel (de TOP10vector) dat hieraan ten grondslag ligt, representeert de topografie op een schaalniveau van 1:10000. De driedimensionale vorm van de terreinelementen wordt daarbij geabstraheerd tot een platte representatie in het tweedimensionale domein. Wegen en vaarwegen die elkaar overlappen, zoals viaducten en aquaducten, worden in het traditionele kaartbeeld zó weergegeven dat het duidelijk is welk deel bovenlangs en welk deel onderlangs loopt. Hiervoor zijn extra cartografische elementen (bijv. taluds) en coderingen (wel of niet 'van boven' zichtbaar) opgenomen. Daarnaast is de kenmerkende hoogte van het terrein zelf (het maaiveld) discreet gemaakt met een hoogtecijfer en in reliëfrijke landschap met hoogtelijnen.

Het is echter geen continu hoogtemodel en door het ontbreken van een driedimensionale representatie van de terreinelementen zijn perspectivische afbeeldingen en 3D-GIS berekeningen en analyses op basis van alleen de TOP10vector onmogelijk. Met de steeds grotere druk op het ruimtebeslag in Nederland zijn deze analyses en visualisaties onontbeerlijk. Hierbij moet met name worden gedacht aan het planontwikkelingsproces voor grote infrastructurele projecten. Een combinatie of integratie van de TOP10vector met het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is slechts voor een deel een oplossing. Afgezien van de temporele verschillen, biedt het AHN alleen hoogtedata, zonder dat bij de inwinning een directe koppeling is gemaakt met de betreffende terreinelementen.

Hiervoor zal de TOP10vector uitgebreid moeten worden met een 'echte' 3D-component, waarin voor alle terreinelementen een relevante 3D-beschrijving is toegekend. Deze uitbreiding betreft:

- de productspecificatie;
- het datamodel;
- de representatie en structurering;
- de opbouw (inwinning en bijhouding);
- en de visualisatiemogelijkheden.

De werktitel voor dit bestand is: TOP10-3D.

0.3 Promotievoorstel

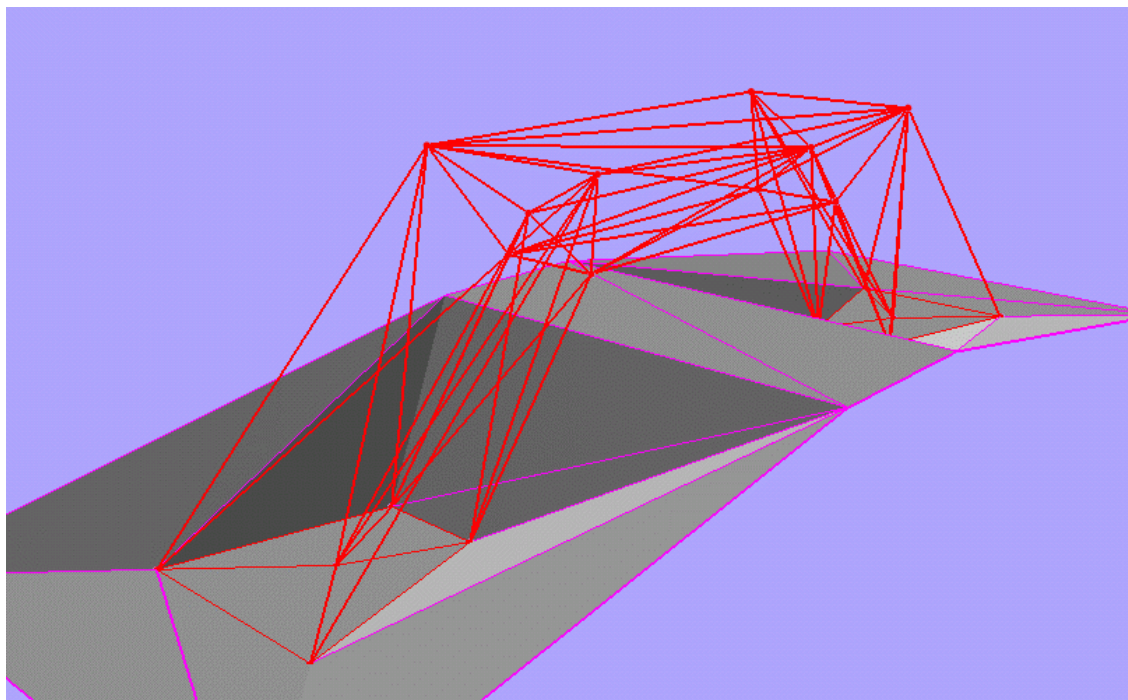
De TU Delft streeft naar een koppositie in de wetenschap en technologie. De sectie GIS technologie van de Afdeling Geodesie scoort zeker voldoende, maar richt zich op de wereldtop 5. Een van de kwaliteitsindicatoren is het aantal gepromoveerde medewerkers en de kwaliteit, het belang en de zichtbaarheid van het uitgevoerde onderzoek. De sectie heeft daartoe rondom het centrale thema Geo-Database Management Systemen (Geo-DBMS) een

aantal zwaartepunten gedefinieerd en stimuleert haar medewerkers te promoveren op dit gebied. Dit promotieproject maakt onderdeel uit van het onderzoek en de ontwikkeling van 3D-GIS.

Dit promotievoorstel richt zich in het kader van de driedimensionale terreinmodellering op de toepassing van zogenaamde Triangulated Irregular Networks (TINs) en Tetrahedron Networks (TENs).

Het terrein zelf (maaiveld) wordt daarbij gemodelleerd als een TIN. In dit TIN zijn alle hoogtepunten en de 'platte' representatie van de terreinobjecten (het grondvlak) opgenomen als een verzameling aanliggende, elkaar niet overlappende, driehoeken. Dit is de welbekende 2.5D terreinmodellering, waarbij voor elke positie één kenmerkende hoogte is toegestaan. De eerste vraag is daarbij of de veelvuldig toegepaste Delaunay triangulatie in dit opzicht de 'beste' 2.5D terreinmodellering afdwingt.

De relevante terreinobjecten zelf worden als volumes gemodelleerd. Dat gebeurt door deze objecten op te bouwen als een verzameling aanliggende, elkaar niet overlappende, tetraëders. De abstracte 'platte' representatie van het Tetrahedron Network, of het 'grondvlak' van het terreinobject, is deel van het maaiveld en dus onderdeel van het TIN. Op deze wijze is het mogelijk binnen een Geo-DBMS een complete planaire partitie op te bouwen, waarin alle terreinelementen binnen het TIN voorkomen en de 3D-objecten als een TEN 'op' dit TIN worden gepositioneerd, zie figuur 0.2.1.



Figuur 0.2.1: Het maaiveld als TIN gemodelleerd, met 'daarop' een viaduct als TEN gemodelleerd.

Deze modellering maakt het mogelijk binnen één datamodel alle punt-, lijn-, vlak- en volume-objecten te representeren en geometrische bewerkingen en topologische relaties te implementeren. Hierbij moet met name worden gedacht aan generalisatiebewerkingen als *dimension collapse* van 3D naar 2D (grondvlak berekening) en geometrische vereenvoudiging en samenvoeging in de drie- en tweedimensionale domein. Daarnaast is het mogelijk om vanuit het voorgestelde TIN/TEN model een cartografisch model af te leiden.

0.4 Structuur Project Initiatie Document

Dit Project Initiatie Document kent de volgende opbouw. Het eerste hoofdstuk behandelt de Projectdetaillering, het tweede hoofdstuk de Organisatiestructuur en het derde hoofdstuk de Initiële Projectplanning. Het vierde hoofdstuk behandelt kort de Beheersingsmechanismen, waarna tot slot hoofdstuk vijf de Projectrisico's noemt.

1. Projectdetailtering

1.1 Aanpak en fasering

Dit promotieproject kent een opstartfase, een uitvoeringfase en een afrondingsfase. De opstartfase bestaat uit de beschrijving van de uit te voeren promotie, de opzet van het projectmanagement (dit document) en een uitgebreide literatuurstudie. De uitvoeringfase is het eigenlijke promotieonderzoek, waarvan de deelresultaten gepubliceerd worden in diverse bijdragen aan vakinhoudelijke en wetenschappelijke congressen en tijdschriften. Daarnaast worden de specificaties en rapportage gepubliceerd en de ontwikkelde prototypen zoveel als mogelijk binnen de TDN ingezet voor testen.

De afrondingsfase bestaat uit het uiteindelijke proefschrift, dat voor een groot deel uit de genoemde bijdragen zal worden samengesteld.

Elke fase wordt afgesloten met één of meerdere producten, waarvan sommige van direct belang zijn voor de TDN, en andere meer relevant zijn voor de promotie (zie par. 1.2).

Het gehele promotieproject heeft een looptijd van drie jaar met een start in januari 2003 en een einde in december 2005 (totaal 36 maanden). Deze planning is krap; aangezien een promotie normaal vier jaar in beslag neemt. De verwachting is dat de reeds opgedane kennis over TINs en TENs tijdens de afstudeerperiode van de promovendus en reeds verricht relevant onderzoek deze planning haalbaar maakt.

De kwaliteit van het promotieproject wordt bewaakt door de promotor. Bij twijfel over de te behalen kwaliteit heeft hij de bevoegdheid het project één jaar na aanvang te beëindigen.

Deze opzet levert de volgende fasering voor de volledige periode van 3 jaar:

2003:

- | | | |
|----|--|-----------|
| 1: | Opstartfase – probleembeschrijving en literatuurstudie | 3 maanden |
| 2: | Productspecificatie TOP10-3D objecten | 3 maanden |
| 3: | TIN/TEN Definitie en Datamodellering in <i>CGAL</i> | 6 maanden |

Go/ No go besluit voor voortgang van promotieproject

2004:

- | | | |
|-----|--|-----------|
| 4a: | TIN/TEN Representatie TOP10-3D objecten in <i>CGAL</i> | 3 maanden |
| 4b: | TIN/TEN Representatie TOP10-3D objecten in <i>CGAL</i> (vervolg) | 3 maanden |
| 5: | TIN/TEN Implementatie in <i>Oracle Spatial</i> | 6 maanden |

2005:

- | | | |
|----|---|-----------|
| 6: | Implementatie geometrische bewerkingen en bevraging | 3 maanden |
| 7: | Implementatie geometrische generalisatie | 5 maanden |
| 8: | Proefschrift | 4 maanden |

1.2 Producten

Dit promotieproject dient een gezamenlijk belang van de TDN en TUD-Geodesie. Gedurende het project zullen er diversie producten worden opgeleverd, die deels meer in het belang zullen zijn van de TDN, deels meer voor de TUD-Geodesie, met als eindresultaat een promotie op het gebied van driedimensionale topografische terreinmodellering.

In paragraaf 3.3 zal nader op het product stroomdiagram worden ingegaan; hier worden summier de te leveren producten met voornaamste belanghebbende (TDN / TUD-Geodesie) genoemd:

Belang	Fase	Product
TDN	1a	Rapportage Probleembeschrijving
TDN	1b	Literatuurstudie
TDN	2	Rapportage specificatie TOP10-3D objecten
TUD	3	TIN/TEN datamodellering (opbouw en bijhouding) in CGAL
TUD	4	Een TOP10-3D testgebied gerepresenteerd binnen datastructuren CGAL
TDN	5a	TIN/TEN datamodellering binnen Oracle Spatial
TDN	5b	Een TOP10-3D testgebied gerepresenteerd binnen Oracle Spatial
TUD	6	TIN/TEN geometrische algoritmen binnen Oracle Spatial / CGAL
TUD	7	Geometrische generalisaties binnen Oracle Spatial / CGAL
TUD	8	De afronding van de eerdere fasen: proefschrift

1.3 Bereik – Randvoorwaarden en beperkingen – Relatie met andere projecten

Bereik

Een werkend, getest en binnen de TDN operationeel prototype systeem zal de toepassing en mogelijkheden van een op een TIN/TEN gebaseerde TOP10-3D duidelijk moeten maken. Het systeem is niet bedoeld als productieomgeving. Voor een volledig operationeel systeem zal op basis van de productspecificatie, het tijdens de promotie geïmplementeerde prototype en de verslaglegging een geoefend applicatieprogrammeur aan de slag moeten.

Randvoorwaarden en beperkingen

De basis voor een TIN/TEN-Model is een goed en bruikbaar algoritme als onderdeel van een grotere *Computational Geometry Algorithm Library (CGAL)*. Het ligt voor de hand om hiervoor de *CGAL* bibliotheek toe te passen. Deze bibliotheek moet echter goed samen kunnen werken met een geschikt Geo-DBMS. Op dit moment is *Oracle Spatial* een duidelijke keus. Deze omgeving is operationeel bij de afdeling Geodesie van de TU Delft. Tijdens de uitvoering zal duidelijk moeten worden of en hoe deze omgeving ook bij de TDN operationeel kan worden ingezet.

Relaties met andere projecten

TOP10NL

De TDN heeft in het kader van (inter)nationale ontwikkelingen op het gebied van de samenstelling, de opslag en het gebruik van geografische datasets het project “2^e generatie TOPvector bestanden” geïnitieerd. Hiervoor is een nieuwe objectgerichte structuur voor de TOP10vector ontwikkeld; de zogenaamde TOP10NL. De TOP10NL is gebaseerd op OpenGIS / ISO standaarden, met uitwisseling van de data via GML. De nieuwe structuur dient objectoriëntatie, meervoudige representatie en voor zover mogelijk automatische generalisatie te ondersteunen. Eén van de deelprojecten is het opnemen van 3D informatie in de TOP10NL. Naar verwachting zal dit product in 2005 op de markt komen. Uit deze opsomming blijkt dat de doelstellingen van dit promotieproject en de TOP10NL overeenkomsten vertonen. Hoewel deze raakvlakken duidelijk zijn, is het gegeven dat de TOP10-3D als basis een Tetrahedron Network heeft voldoende om tijdens de uitvoering van het project wél de wederzijdse ontwikkelingen te volgen, maar hiervan niet afhankelijk te zijn. Zie ook: <http://kartoweb.itc.nl/top10nl/index2.htm>

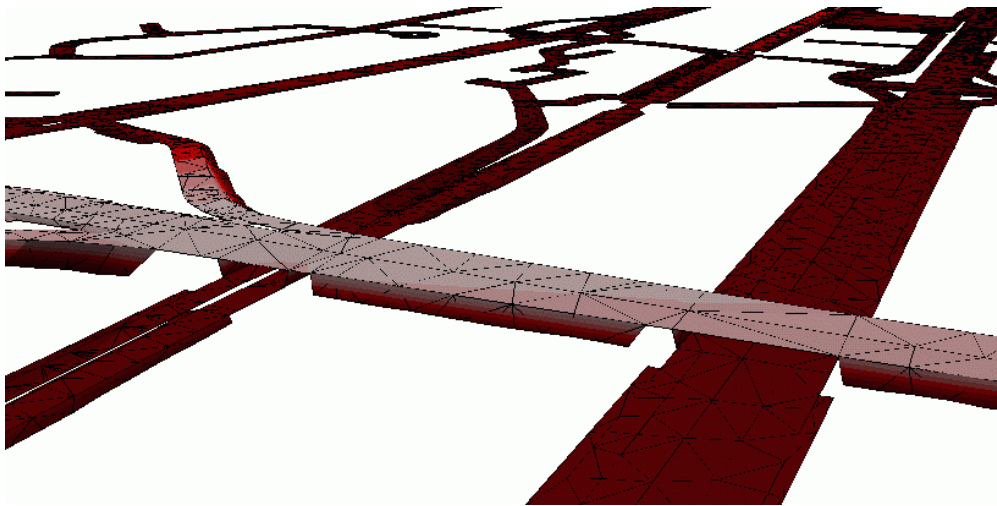
Virtueel Nederland

Een ander project waar de TDN al verschillende jaren bij betrokken is, heet *Virtueel Nederland*. De doelstelling van dit project is het combineren van de TOP10vector en het

AHN, zodanig dat de gebruiker in *real time* een weergave gepresenteerd krijgt op basis van een vrij te kiezen positie en kijkrichting. Dit project zou in samenwerking met de Meetkundige Dienst van de RWS uitgevoerd worden. Hoewel er diverse opstartbijeenkomsten zijn geweest en studies zijn uitgevoerd naar de haalbaarheid en gewenste functionaliteit is dit project nooit echt van de grond gekomen. De doelstelling was ook minder dan binnen dit promotieproject gedefinieerd. Virtueel Nederland ging uit van de AHN, waarop de TOP10vector *gedraped* wordt. Hiermee zijn visueel aantrekkelijke resultaten te behalen, maar er is zeer zeker geen sprake van een geïntegreerd 3D-datamodel, zoals hier wel wordt beoogd.

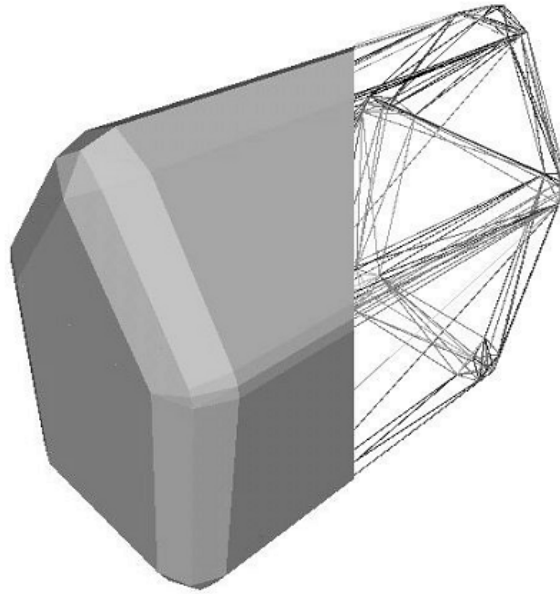
Afstudeerprojecten TUD-Geodesie

Het afstudeerproject dat Merlijn Simonse in opdracht van de TDN aan de Afdeling Geodesie in 2000 uitvoerde ging wat dat betreft een stuk verder. Hierin werd een zogenaamde *dual-TIN* structuur toegepast voor de modellering van het maaiveld enerzijds en de hierop aanwezige infrastructuur anderzijds; zie figuur 1.3.1. Een verdere overlapping in de infrastructuur is te ondervangen door extra TIN-lagen in een *multiple-TIN* structuur. Dit afstudeerproject is te beschouwen als een voorstudie voor dit promotieproject.



Figuur 1.3.1: Een 'dual-TIN' representatie van maaiveld en infrastructuur

Ander relevant afstudeerwerk is verricht door Jeroen de Vries in 2001. In zijn onderzoek naar 3D-GIS en grootschalige toepassingen heeft hij gekozen voor object-representatie met het Tetrahedron Network met als toepassing een 3D-buffer algoritme. Hiermee is het mogelijk om allerlei topologische relaties binnen TEN-gemodelleerde objecten snel en eenvoudig te bepalen. Zie figuur 1.3.2. voor een voorbeeld van een gebufferd 3D-huisobject.



Figuur 1.3.2: Een huis als TIN gemodelleerd, waarna een bufferberekening is uitgevoerd

Onderzoeksvaardigheden en Geo-DBMS-casestudies.

De promovendus heeft de afgelopen jaren diverse studenten begeleid bij onderzoeksvaardigheden en Geo-DBMS-casestudies. De onderwerpen werden veelal gekozen als voorbereiding voor dit promotieproject. Voorbeelden zijn:

- Bart vd Berg: Ruimtelijke Overlays met een TIN-structuur (2001)
- Calin Arens: The Bowyer-Watson Algorithm; An efficient implementation in a geodatabase (2002)
- Friso Penninga: Implementatie van een TIN-Based 2D Pan-functionaliteit op een geodatabase (2002)

Zie ook: <http://www.geo.tudelft.nl/gist> (in bewerking)

2. Organisatiestructuur

Voorgesteld wordt de organisatiestructuur eenvoudig te houden. Dit project valt bij de TDN onder de verantwoordelijkheid van het hoofd van de afdeling O&O: ir. Bert Kolk. Hij is verantwoordelijk voor het zekerstellen dat dit project voor de TDN de gewenste producten oplevert, binnen tijd en binnen budget en is daarmee de projectleider. Hij is verantwoordelijk en bevoegd voor de dagelijkse gang van zaken in het project. In de organisatiestructuur neemt hij de positie in van projectleider.

Bij Geodesie is de promotor prof.dr.ir. Peter van Oosterom en daarmee de verantwoordelijke voor het vaststellen van de wetenschappelijke kwaliteit van het promotie-project.

De derde betrokkene is logischerwijs de promovendus, ir. Edward Verbree. Hij is verantwoordelijk voor alle deelproducten van het project welke resulteren in een productspecificatie, een productimplementatie of wetenschappelijke publicaties. In de organisatiestructuur is hij projectcoördinator van het team. Tijdelijke projectmedewerkers (afstudeerders, MSc-casestudie studenten) zijn projectmedewerkers van dit team. Daarnaast zullen ook medewerkers van de TDN bij dit project worden betrokken.

Samenvattend:

Projectleider en projectsupport:

<i>Wie:</i>	<i>Waar:</i>	<i>Wat:</i>
Bert Kolk	TDN	Projectleider
Peter van Oosterom	TUD	Promotor

Teams

<i>Wie:</i>	<i>Waar:</i>	<i>Wat:</i>
Edward Verbree	TDN/TUD	Projectcoördinator
afstudeerders	TUD	Projectmedewerker
MSc-casestudie studenten	TUD	Projectmedewerker
TDN-medewerkers	TDN	Projectmedewerker

3. Initiële projectplanning

3.1 Randvoorwaarden

Aan de onderstaande randvoorwaarden dient te zijn voldaan om onderstaande planning te kunnen halen:

- *Benodigde resources beschikbaar conform aanvraag*

Dit promotieproject wordt voor één dag per week uitgevoerd bij de TDN te Emmen en voor de overige tijd bij de Afdeling Geodesie van de TU Delft.

Voor de uitvoering van dit promotieproject dient een high-end, comfortabel draagbaar *Notebook PC* beschikbaar te zijn, met de benodigde ontwikkelomgevingen van Oracle en CGAL.

3.2 Externe afhankelijkheden

De betrokken promovendus heeft bij de Afdeling Geodesie een onderwijstaak. De omvang van deze taak dient zodanig te zijn dat de promotie daardoor niet al te veel wordt belemmerd. Dat betekent dat een gemiddelde werklast van twee vakken per jaar acceptabel wordt geacht.

3.3 Productstroomdiagram

Fase 1: *Opstartfase – probleembeschrijving en literatuurstudie*

Product 1a: *Rapportage Probleembeschrijving (vakpublicaties Geodesia, workshops)*
Introducerende beschrijving probleemgebied

Product 1b: *Literatuurstudie*

Een uitgebreide beschrijving van relevant onderzoek op het gebied van oppervlakte- en volume-datamodellering, geometrische algoritmen en generalisatie d.m.v. TINs en TENS.

Fase 2: *Productspecificatie TOP10-3D objecten*

Product 2: *Rapportage specificatie TOP10-3D objecten*

Productcatalogus relevante topografische objecten. Dit zijn die topografische objecten die hetzij zelf of in relatie met andere volume-objecten een relevante driedimensionale representatie hebben. Denk daarbij aan viaducten, aquaducten en bebouwing. Deze objecten hebben een relatie met maaiveld-objecten met een relevante hoogte, zoals weiland, water, bos, dijken, taluds en wegen.

Hierbij wordt aangesloten op datgene wat al in het kader van de TOP10NL is beschreven, maar zal vooruitlopend daarop ook bekeken worden welke beschrijvingen in de TOP10vector bruikbaar zijn.

Fase 3: TIN/TEN definitie en modellering binnen CGAL**Product 3: TIN/TEN Datamodellering in CGAL**

Een Triangulated Irregular Network (TIN) is een planaire partitie die het tweedimensionale domein opdeelt in een verzameling aanliggende, niet-overlappende, onregelmatig gevormde driehoeken. Een Tetrahedron Network (TEN) doet datzelfde binnen het driedimensionale domein, maar dan met een verzameling aanliggende, niet overlappende, onregelmatig gevormde tetraëders. Binnen deze fase wordt een TIN/TEN datamodel binnen de *Computational Geometric Algorithm Library (CGAL)* gedefinieerd. Het doel is hierin alle TOP10-3D volume- en oppervlakte-objecten met hun drie- en tweedimensionale representatie te modelleren. De relaties tussen de volumes (TEN) en oppervlaktes (TIN) wordt daarbij met behulp van de Unified Modeling Language (UML) techniek vastgelegd en toegepast binnen de beschikbare datastructuren van *CGAL*.

Fase 4: TIN/TEN Implementatie TOP10-3D objecten binnen CGAL**Product 4: Een TOP10-3D testgebied gerepresenteerd binnen datastructuren CGAL**

Hierin worden de 3D-objecten uit een testgebied, tezamen met de 2D-objecten van het 'maaiveld' opgenomen in het TIN/TEN datamodel van *CGAL*. De beschikbare algoritmen voor het toevoegen en verwijderen van objectgeometrie zullen worden uitgetest en zonodig uitgebreid.

Fase 5a: TIN/TEN definitie en modellering binnen Oracle Spatial**Product 5a: TIN/TEN Datamodellering binnen Oracle Spatial**

Het TIN/TEN datamodel van *CGAL* zal in deze fase geïmplementeerd worden binnen een geschikt geacht Geo-DBMS. Vooralsnog wordt hiervoor gekozen voor Oracle Spatial, waarin eigen geometrische datatypen gedefinieerd kunnen worden.

Fase 5b: TIN/TEN representatie TOP10-3D objecten binnen Oracle Spatial**Product 5b: Een TOP10-3D testgebied gerepresenteerd binnen Oracle Spatial**

Hierin worden de 3D-objecten uit een testgebied, tezamen met de 2D-objecten van het 'maaiveld' opgenomen in het TIN/TEN datamodel van *Oracle Spatial*. De beschikbare algoritmen uit *CGAL* voor het toevoegen en verwijderen (edit-operatoren) van de objectgeometrie zullen worden aangeroepen. Een belangrijke uitbreiding is de bijhouding van het temporele aspect (tijdstip van aanmaak, verandering, verwijdering).

Fase 6: TIN/TEN geometrische bewerkingen binnen Oracle Spatial / CGAL**Product 6: Een verzameling TIN/TEN geometrische algoritmen binnen Oracle Spatial / CGAL**

Hierin wordt op de 3D-objecten uit het testgebied een aantal geometrische algoritmen uit de *Oracle Spatial* beproefd. Het gaat daarbij vooral om de bewerkingen die een relatie leggen met andere objecten, zoals buffering en intersecties. Zonodig wordt er een relatie gelegd met de beschikbare geometrische algoritmen uit *CGAL*.

Fase 7: TIN/TEN geometrische generalisaties binnen Oracle Spatial / CGAL

Product 7: Een verzameling geometrische generalisaties binnen Oracle Spatial / CGAL

Hierin worden generalisaties als 'dimension collapse' (hartlijnberekening) en geometrische vereenvoudiging en samenvoeging in het drie- en tweedimensionale domein geïmplementeerd binnen Oracle Spatial en CGAL

Fase 8: Proefschrift - Eindrapportage

Product 8: De afronding van de eerdere fasen: Proefschrift

Het proefschrift beschrijft de resultaten van de voorgaande jaren, voorzien van een inleiding, conclusies, aanbeveling en stellingen.

Afhankelijkheden fasering

De eerste drie fasen vormen een cluster van werkzaamheden, net zo als fasen vier en vijf, en tot slot de fasen zes en zeven. Deze clusters volgen elkaar in de tijd op; de fasen in de clusters kunnen elkaar mogelijk overlappen.

3.4 Planningaannames

Dit promotieproject dient een gezamenlijk belang van de TUD en de TDN. Afgesproken is om na de derde fase (het eerste jaar) een evaluatie van de werkzaamheden te houden. Afhankelijk van de uitkomst zal het project worden voortgezet tot het eindresultaat (het proefschrift). Zie hiervoor ook paragraaf 4.5.

3.5 Projectplanning

Het promotieproject kent een doorlooptijd van 36 maanden (drie jaar). Gezien het feit dat het project zelfstandig wordt uitgevoerd, zonder veel afhankelijkheden, is de projectplanning gelijk aan de fasering (zie paragraaf 1.2). De start is voorzien in januari 2003, het einde in december 2005. In december 2003 is er een go/no go beslissing aangaande de voortgang van het promotieproject. Dit besluit is afhankelijk van het directe belang van de resultaten voor de TDN en de te verwachte kwaliteit van het onderzoek voor de TU Delft.

3.6 Benodigde uren en kosten

Dit promotieproject zal - naast de te besteden tijd aan de Afdeling Geodesie - over een periode van drie jaar (3 x 40 weken) voor een dag in de week op basis van detachering bij de Topografische Dienst Nederland worden uitgevoerd. Op basis hiervan wordt het integrale kostprijsstarief van de TU Delft aan de TDN in rekening gebracht.

Het dagtarief is € 625 excl. BTW (schatting op basis van prijspeil 2002). De geleverde inzet kost de TDN dan per jaar: 1 dag x 40 weken = 40 dagen à € 625 = € 25.000 excl. BTW. Het BTW-tarief is 19%, zodat de personeelskosten € 29.750 per jaar bedragen.

Daarnaast komen de reiskosten naar Emmen voor rekening van de TDN. Deze kosten worden per week begroot op: 1 x retour 2^e klas = € 36.40.

Per jaar is dat: 40 weken x € 36,40 = € 1.456.

Samenvattend:

Inzet personeel Geodesie:	€	29.750
Reiskosten	€	1.456
Totaal per jaar:	€	31.206

Over de gehele looptijd van het project moet rekening worden gehouden met een kostenstijging van 5% per jaar. De totale kosten bedragen daarmee:

2003:	€	31.206
2004:	€	32.766
2005:	€	34.404
Totaal:	€	98.376

De overige uren die aan dit project worden besteed komen ten laste van de TUD-Geodesie. Hieronder zijn begrepen de begeleiding door de promotor (Peter van Oosterom) en ondersteunende diensten.

De kosten voor apparatuur en programmatuur zijn ten laste van de TUD-Geodesie. Hieronder zijn begrepen: Notebook PC, Geo-DBMS gebruik, CGAL gebruik, de GIST-ondezoekserver Casagrande, etc.

De kosten voor het projectmanagement en begeleiding van de TDN worden begroot voor 4 uur per week over een periode van drie jaar (40 weken). Deze kosten worden niet doorberekend binnen dit project.

De reis- en verblijfkosten voor bezoek aan wetenschappelijk bijeenkomsten in het buitenland komen ten laste van de TUD-Geodesie.

4. Beheersingsmechanismen

4.1 Toleranties

De voortgang van het project wordt door de projectleider gecontroleerd in de voortgangsrapportage. De promotor is verantwoordelijk voor de controle van het wetenschappelijk belang van dit promotieproject.

4.2 Voortgangsrapportage

De projectleider rapporteert om het half jaar aan het projectbestuur van de TDN over de kwalitatieve en kwantitatieve voortgang van het project.

4.3 Tijd- en kostenrapportage

De projectcoördinator rapporteert elke drie maanden in een inhoudelijk overleg de

- bestede tijd en de nog te besteden tijd;
- de bereikte resultaten;
- de te verwachten opleverdatum van de diverse producten.

Het overleg vindt afwisselend plaats in Emmen en Delft en wordt vastgelegd in een rapportage.

4.4 Kwaliteitsrapportage

Daar waar er binnen het project software wordt ontwikkeld dat boven het niveau van prototyping uitstijgt, wordt de Software Ontwikkel Standaard (SOS) van de TDN als instrument ingezet. De verwachting is dat dit tijdens het promotieproject niet noodzakelijk zal zijn.

4.5 Uitzonderingsprocedure

Dit promotieproject kent naast tolerantiegrenzen in tijd en geld, ook een limiet ten aanzien van de kwaliteit van het werk. Deze aspecten worden als daartoe aanleiding bestaat gemeld aan het projectbestuur die vervolgens

- maatregelen treft ter voorkoming / opheffing van de aanleidingen;
- de toleranties ten aanzien van tijd en geld verruimd;
- concessies doet ten aanzien van tijd en geld.

5. Projectrisico's

De projectrisico's betreffen vooral de kwaliteit van het promotieproject. Door de fasering van het project moet al in het eerste jaar duidelijk worden of de te verwachten kwaliteit aan het eind van het project gehaald kan worden. Na afloop van dit eerste jaar is er een go / no go beslissing voor de voortgang van het gehele project.

Eerder verschenen rapporten in deze reeks:

- GIST Report No. 1, Oosterom, P.J. van, Research issues in integrated querying of geometric and thematic cadastral information (1), Delft University of Technology, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2000, 29 p.p.
- GIST Report No. 2, Stoter, J.E., Considerations for a 3D Cadastre, Delft University of Technology, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2000, 30.p.
- GIST Report No. 3, Fendel, E.M. en A.B. Smits (eds.), Java GIS Seminar, Opening GDMC, Delft, 15 November 2000, Delft University of Technology, GIST. No. 3, 25 p.p.
- GIST Report No. 4, Oosterom, P.J.M. van, Research issues in integrated querying of geometric and thematic cadastral information (2), Delft University of Technology, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2000, 29 p.p.
- GIST Report No. 5, Oosterom, P.J.M. van, C.W. Quak, J.E. Stoter, T.P.M. Tijssen en M.E. de Vries, Objectgerichtheid TOP10vector: Achtergrond en commentaar op de gebruikersspecificaties en het conceptuele gegevensmodel, Rapport aan Topografische Dienst Nederland, E.M. Fendel (eds.), Delft University of Technology, Delft 2000, 18 p.p.
- GIST Report No. 6, Quak, C.W., An implementation of a classification algorithm for houses, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2001, 13.p.
- GIST Report No. 7, Tijssen, T.P.M., C.W. Quak and P.J.M. van Oosterom, Spatial DBMS testing with data from the Cadastre and TNO NITG, Delft 2001, 119 p.
- GIST Report No. 8, Vries, M.E. de en E. Verbree, Internet GIS met ArcIMS, Delft 2001, 38 p.
- GIST Report No. 9, Vries, M.E. de, T.P.M. Tijssen, J.E. Stoter, C.W. Quak and P.J.M. van Oosterom, The GML prototype of the new TOP10vector object model, Report for the Topographic Service, Delft 2001, 132 p.
- GIST Report No. 10, Stoter, J.E., Nauwkeurig bepalen van grondverzet op basis van CAD ontgravingsprofielen en GIS, een haalbaarheidsstudie, Rapport aan de Bouwdienst van Rijkswaterstaat, Delft, 2001, 23 p.
- GIST Report No. 11, Geo DBMS, De basis van GIS-toepassingen, KvAG/AGGN Themamiddag, 14 november 2001, J. Flim (eds.), Delft 2001, 37 p.
- GIST Report No. 12, Vries, M.E. de, T.P.M. Tijssen, J.E. Stoter, C.W. Quak and P.J.M. van Oosterom, The second GML prototype of the new TOP10NL object model, Delft, 2002.
- GIST Report No. 13, Vries, M.E. de, T.P.M. Tijssen en P.J.M. van Oosterom, Comparing the storage of Shell data in Oracle spatial and in Oracle/ArcSDE compressed binary format, Delft, 2002, .72 p. (Confidential)
- GIST Report No. 14, Stoter, J.E., 3D Cadastre, Progress Report, Report to Concernstaf Kadaster, Delft 2002, 16 p.
- GIST Report No. 15, Zlatanova, S., Research Project on the Usability of Oracle Spatial within the RWS Organisation, Detailed Project Plan (MD-NR. 3215), Report to Meetkundige Dienst – Rijkswaterstaat, Delft 2002, 16 p.