

## Creëren van geleidelijke inhoud voor de Space Scale Cube

Meijers, Martijn; van Oosterom, P.J.M.

**Publication date**

2017

**Document Version**

Final published version

**Published in**

Geo-Info

**Citation (APA)**

Meijers, M., & van Oosterom, P. J. M. (2017). Creëren van geleidelijke inhoud voor de Space Scale Cube. *Geo-Info*, 14(5), 28-32.

**Important note**

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

**Copyright**

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

**Takedown policy**

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

# Creëren van geleidelijke inho

Zo'n vijf jaar geleden is in Geo-Info het concept van vario-schaal geo-informatie beschreven (van Oosterom en Meijers, 2012). In dit eerdere artikel werd de eerste echt geleidelijke vario-schaal structuur gepresenteerd: een delta schaal geeft een delta in de kaart (en hoe kleiner de delta schaal hoe kleiner de delta kaart). De afgelopen vijf jaar is er veel R&D verricht om met het concept van vario-schaal geo-informatie te realiseren: ontwikkelen van prototypen en testen met echte data. In het kader van het Open Technologieprogramma (OTP van STW, Stichting Technische Wetenschappen) project 11185 'Vario-scale geo-information' is er de afgelopen jaren veel vooruitgang geboekt. De belangrijkste resultaten worden in een serie beknopte artikelen behandeld. Dit is het vijfde artikel in de serie. Hierna zal dit jaar nog één artikel volgen: Hoe de geleidelijke SSC-inhoud kan worden gebruikt in een browser gebaseerde (GPU/WebGL) visualisatie omgeving met geanimeerde geleidelijke pan en zoom interacties.

**Door Martijn Meijers en  
Peter van Oosterom**

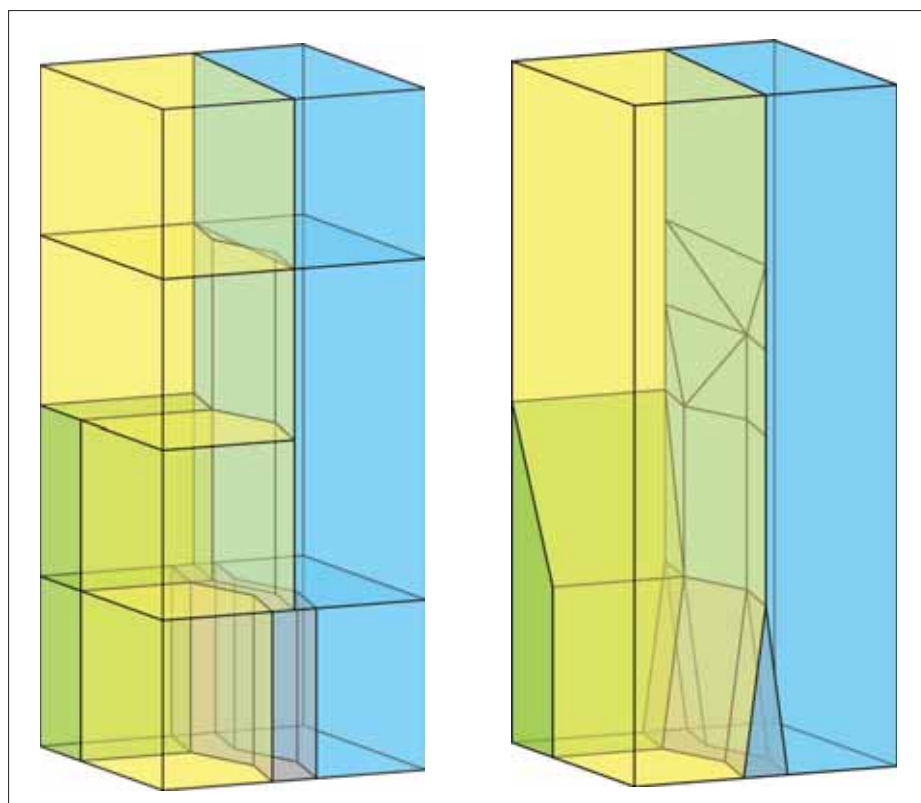
## Inleiding

Dit artikel behandelt hoe uit een vario-schaal tGAP-structuur een geleidelijke SSC (Space Scale Cube) kan worden gemaakt, dat wil zeggen een 3D-representatie met geïntegreerde 2D-kaart plus schaal dimensies en geleidelijke schaalovergangen. Het proces van kaartgeneralisatie is gebaseerd op een aantal generalisatie operatoren, zoals verwijderen (delete), samenvoegen (merge), vereenvoudigen (simplify), samentrekken (collapse), overdrijven (exaggerate), en typificeren (typify). De tGAP-datastructuur representeert dit generalisatie proces en aan elke primitieve wordt een schaalbereik toegevoegd waarvoor deze geldig is. Directe vertaling van de 2D-geometrie en schaalbereik naar de 3D-SSC leidt tot een vulling bestaande uit een verzameling prisma's en rechtopstaande vlakken (zie figuur 1 links). Gebruik van deze vulling bij in- of uitzoomen leidt tot ongewenste kleine sprongetjes. In dit artikel zullen we laten zien dat het voor de hiervoor genoemde operatoren mogelijk is een geleidelijke overgang te creëren en deze in de SSC te representeren (zie figuur 1 rechts).

## Verwijderen en samenvoegen

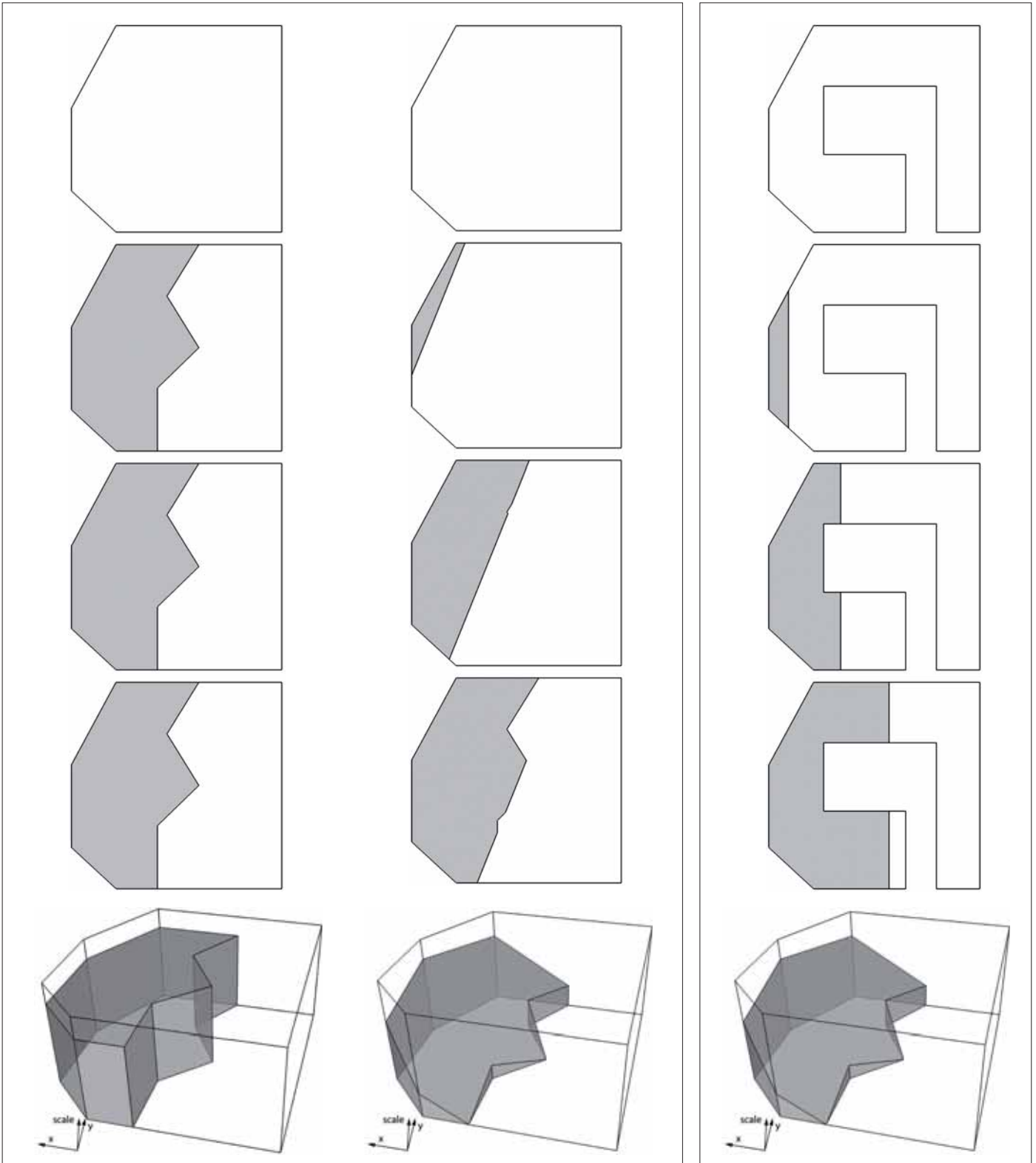
De generalisatie operatoren verwijderen en samenvoegen zijn heel belangrijk bij het vullen van de tGAP-structuur. Dit proces is gebaseerd op het samenvoegen van het minst belangrijk object (verliezer) met de meest compatibele buurman (winnaar). De vraag is hoe dit geleidelijk in de SSC te representeren. Figuur 2 laat het verschil zien tussen een abrupte overgang, waarbij de winnaar in één keer het gebied van verliezer krijgt (links) en een geleidelijke overgang (rechts). Wanneer de geleidelijk overgang niet zorgvuldig wordt gemodelleerd, kunnen er ongewenste effecten optreden; een object kan tijdelijk bijvoorbeeld uit twee losse delen bestaan (zie figuur 3). We hebben een wensenlijstje opgesteld voor de eigenschappen, die een geleidelijke overgang zou moeten bezitten:

- Topologisch correct in 3D: de 2D-basiskaart is topologisch correct en vormt een 2D-partitie van de ruimte. De afgeleide 3D-SSC-representatie moet ook topologisch correct zijn en een 3D-volume-partitie vormen.
- Geen nieuwe punten toevoegen (dat wil zeggen geen nieuwe x, y coördinaten



Figuur 1 - Voorbeeld SSC: links gevuld met prisma's, rechts met geleidelijke overgangen.

# ud voor de Space Scale Cube



Figuur 2 - De samenvoeging in klassieke tGAP (links) en geleidelijke tGAP (rechts). De witte winnaar neemt de ruimte van de grijze verliezer over. Via horizontale doorsneden (plakjes) worden kaartfragmenten op vier verschillende niveaus weergegeven, van boven naar beneden in de afbeelding: van hoog naar laag in SSC.

Figuur 3 - Meer ingewikkelde vorm van verliezer zorgt dat in sommige kaartfragmenten (via plakjes verkregen) de winnaar (het witte vlak) tijdelijk uit twee losse delen lijkt te bestaan.

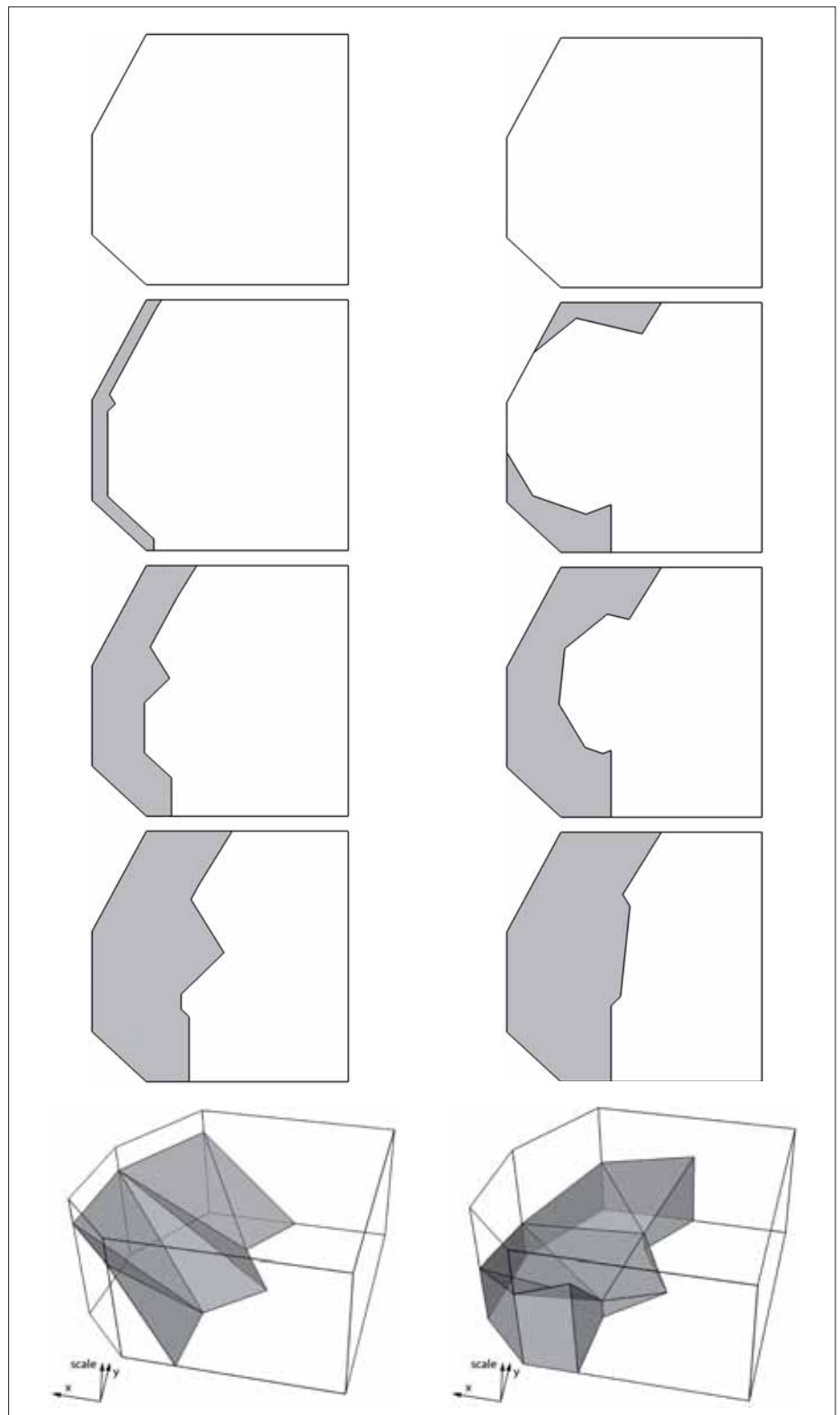
introduceren): De schuine overgangsvlakken moeten beschreven worden met bestaande coördinaten.

- Geen horizontale vlakken: dit volgt uit de definitie van de geleidelijke overgangen, want een horizontaal vlak veroorzaakt plotselinge verandering bij in- of uitzoomen.
- Geen verticale vlakken tussen winnaar en verliezer: de winnaar moet geleidelijk het gebied van de verliezer overnemen, maar een verticaal vlak betekent dat er een tijdje niets gebeurt.
- Geen meerdere delen: het tijdelijk tonen van meerdere losse delen van een geheel object, geeft een verwarrende indruk op de kaart.
- Constante steilheid van schuine overgangsvlakken: een geleidelijke overgang bestaande uit meerdere delen met verschillende schuinheid (helling) zal resulteren in het effect dat sommige delen sneller en andere delen langzamer overgaan van verliezer naar winnaar. De schuinheid moet zo constant mogelijk zijn.
- Optimale vorm van gedeelde grens tussen winnaar en verliezer: De grens zou gedurende het proces van de geleidelijke overgang zo veel mogelijk de oorspronkelijke vorm moeten behouden.

De bovenstaande lijst bevat drie "harde" en vier "zachte" eisen. De eerste drie eisen zullen altijd moeten worden gewaarborgd voor een valide geleidelijke SSC. Het is niet mogelijk om te garanderen dat alle overige eisen/wensen ook worden gehaald, daar deze elkaar soms tegen spreken. Bijvoorbeeld wens 6 geeft de voorkeur aan het gebruik van een enkel plat vlak voor de overgang (constante helling). Figuur 3 laat echter zien dat dit kan resulteren in meerdere delen (wat weer tegen wens 5 is). Er moet dus een goede balans worden gevonden voor het realiseren van de verschillende "zachte" eisen. We hebben drie verschillende algoritmen voor de geleidelijke overgang ontwikkeld, die allen aan de harde eisen voldoen: "enkel plat vlak" (zie figuur 2 rechts), "Rits" (zie figuur 4 links) en "Eter" (zie figuur 4 rechts). De complexiteit van deze algoritmen varieert sterk. Voor implementatie details van de verschillende algoritmen verwijzen we naar (Šuba en coauteurs, 2014).

### Vereenvoudigen

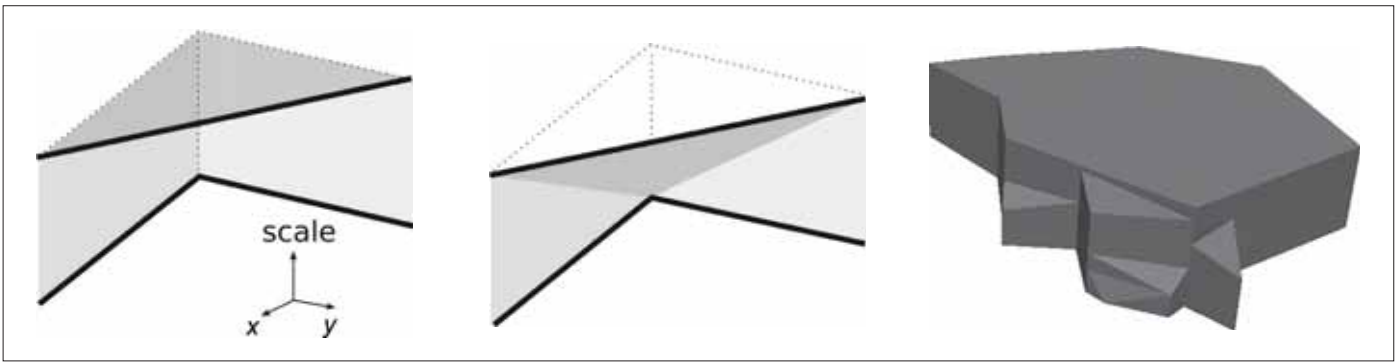
De volgende belangrijke generalisatieoperator is de lijnvereenvoudiging (simplify). Hiervoor bestaat een heel scala aan algoritmen. Een groot deel hiervan is gebaseerd op het in een bepaalde volgorde vereenvoudigen van een polylijn. Dit om de meest karakteristieke punten zo lang mogelijk te bewaren. Een polylijn met drie punten kan nog een stapje eenvoudiger: Eén enkel lijnsegment van begin naar eindpunt. In de niet-geleidelijke SSC-representatie geeft dit dan twee verticale



Figuur 4 - De geleidelijk overgang via de "Rits" (links) en "Eter" (rechts) algoritmen.

rechthoeken en één horizontale driehoek (zie figuur 5 links). Dezelfde lijnvereenvoudigingsoperatie kan ook resulteren in een geleidelijke SSC-representatie, bestaande uit drie driehoeken, waarvan twee verticaal en één schuin (zie figuur 5 midden). Merk op dat halverwege een plakje nemen in deze geleidelijke SSC resulteert in een polylijn met vier punten, dus tijdelijke één meer. Dit is de prijs die voor de

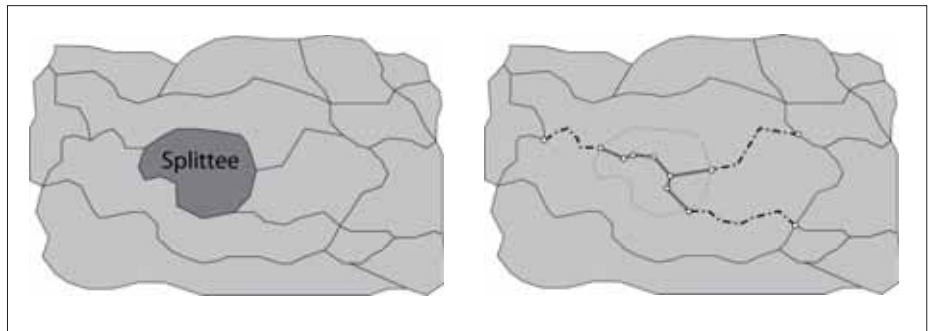
meer geleidelijke overgang wordt betaald. Een meer complexe polylijn als grens tussen twee vlakken kan in meerdere basis stapjes steeds verder worden vereenvoudigd (zie figuur 5 rechts). Indien de tGAP-structuur met lijnsimplificatie in 2D topologisch correct is, dan is ook de corresponderende 3D-SSC topologisch correct en kan worden omgevormd naar een 3D- volume-partitie.



Figuur 5 - Polylijn met 3 punten niet-geleidelijk versimpelt (links), zelfde polylijn geleidelijk versimpelt (midden), polylijn met vele punten geleidelijk versimpelt incl. tonen van buurobject (rechts).

### Samentrekken

Het samentrekken (collapse) als generalisatie-operator wordt gebruikt om van vlakrepresentaties naar lijnrepresentaties over te gaan. Dit wordt onder andere gebruikt voor (water) wegen, welke op grootschalige kaarten als vlak worden weergegeven en op kleinschalige kaarten als lijn. In een eerdere Geo-Info paper hebben we aangegeven hoe deze operatie in de context van de tGAP-structuur topologisch correct kan worden gerealiseerd (Meijers en van Oosterom, 2013). Wanneer een vlakobject een lijnobject wordt, dan moet de vrijkomende ruimte aan de buurvlakken worden toegekend, zodat er geen gaten in de kaart komen (en zo een partitie blijft); zie figuur 6 voor (links) en na (rechts) uitvoeren van samentrekken van vlak "Splittee" naar lijnobject. Hierbij zou het kunnen zijn dat sommige buurvlakken aantrekkelijker zijn dan andere burens, en dus een groter deel toegewezen zouden moeten krijgen. Dit kan in ons algoritme worden gestuurd met behulp



Figuur 6 - Het "Splittee" vlakobject (links) wordt samengetrokken tot lijnobject en buurvlakken krijgen de vrijkomende ruimte (rechts).

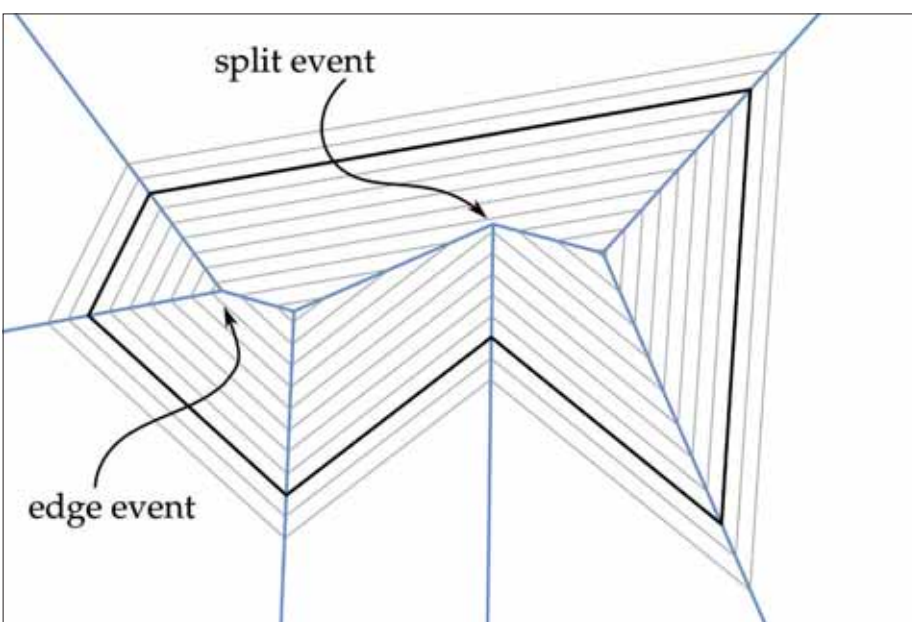
van verschillende gewichten die de locatie van de lijnrepresentatie beïnvloeden. Op basis van deze tGAP-representatie van het samentrekken, kan vervolgens een geleidelijke SSC worden gemaakt, door elk van de delen van het gesplitste vlakobject nu via geleidelijke overgang bij een buurobject te voegen (identiek zoals beschreven in de sectie 'Verwijderen en samenvoegen').

### Overdrijven

De generalisatie operatoren worden nu van lieverlee wat meer 'exotisch'. Het overdrijven (exaggerate) van een object wordt toegepast, omdat anders dit relatief belangrijke object op de kleinere kaartschaal niet of nauwelijks meer zichtbaar zou zijn. Een mooi algoritme voor het vergroten (of verkleinen) van een polygoon is geïllustreerd in figuur 7. Bij het inpassen in de tGAP-structuur moeten de burens van het overdreven object kleiner worden, zodat het geheel topologisch correct blijft. De zwarte lijn is het oorspronkelijke polygoon en de dunne lijnen buiten het polygoon tonen de groei van het polygoon (omgekeerd zou het ook kunnen krimpen, uiteindelijk zelfs tot de blauwe lijnen. Het samengetrokken vlak is nu een set lijnen geworden, zie vorige sectie). Er is niet veel fantasie nodig om dit 2D-gebied in de 3D-SSC te zien groeien via vlakken die schuin omhooglopen.

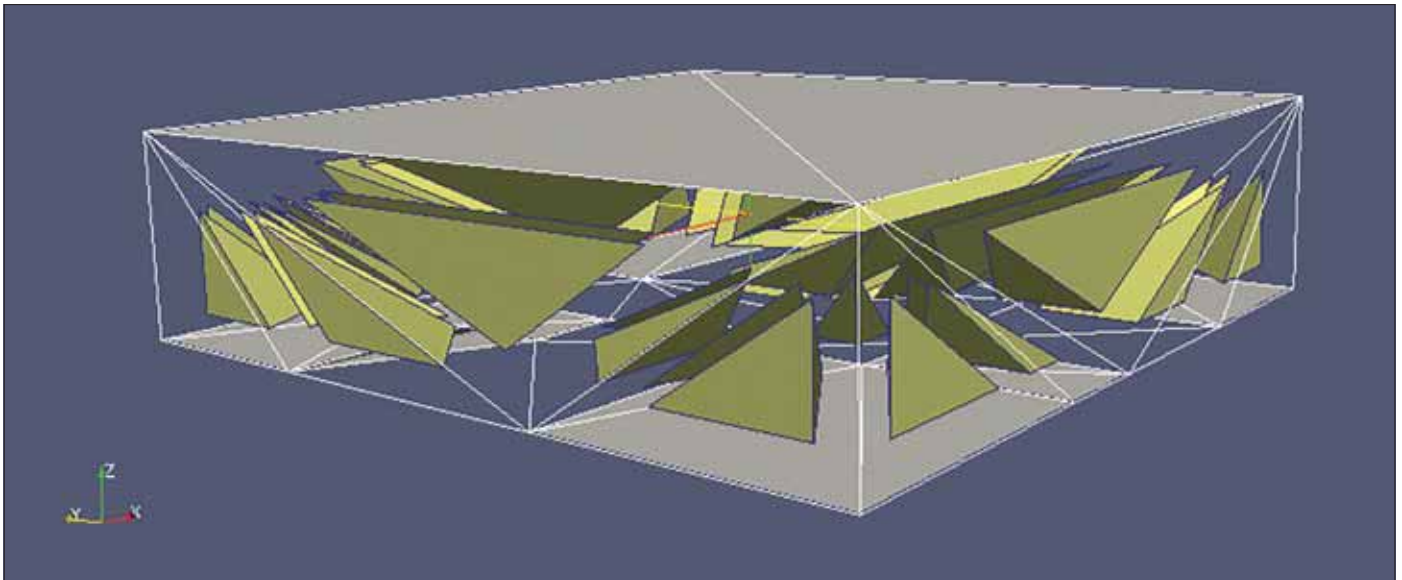
### Typificeren

Als laatste generalisatieoperator bespreken we nu het typificeren (typify). Deze operator wordt gebruikt om van een groter aantal losse objecten (zoals meren of boerderijen in landelijk gebied) toch op kleinere schaal dezelfde kaartindruk te geven, maar via een kleiner aantal losse objecten. Daar waar op de grootschalige kaart mogelijk nog 13 boerderijen stonden, wordt op een kleinere schaal dezelfde indruk

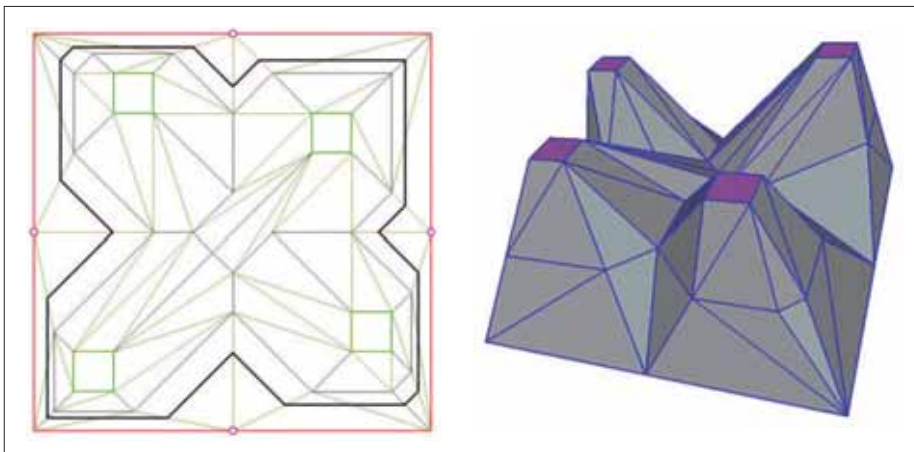


Figuur 7 - Polygoon (zwart) met de zogenaamde rechte skelet segmenten (blauw) en enkele parallelle offset lijnen, zowel naar binnen als naar buiten; figuur naar Palfrader (2013).





Figuur 8 - Typificatie via tetraëders: onderop liggen 4 losse gebouwen, die moeten overgaan in één gebouw. De ruimte tussen beide lagen wordt getetrahedriseerd en de verbonden tetraëders representeren de overgang.



Figuur 9 - Typificatie via algoritme voor bepalen van de rechte skeletsegmenten: links beide inputlagen: 4 kleine groene vierkantjes, op gedetailleerde laag en 1 groot rood vierkant op minder gedetailleerde laag (zwart is deel van berekende skelet en overige lijnen vormen de driehoeken), rechts de geleidelijke overgang (let op SSC staat hier op de kop). Figuur van Yakersberg (2004).

gewekt via 4 boerderijen. Het resultaat van deze generalisatieoperator in de tGAP-structuur opslaan is eenvoudig door het koppelen van het schaalbereik waarop de betreffende primitieve geldig is. De uitdaging is om dit ook in een geleidelijke SSC-representatie te gieten. Hierbij hebben we voorlopig twee mogelijkheden geprobeerd: de eerste via tetrahedrisatie tussen de twee representaties (zie figuur 8), de tweede wederom via gebruik van het eerdergenoemde algoritme voor het bepalen van de rechte skeletsegmenten (zie figuur 9).

### Conclusie

We hebben in dit artikel voor de verschillende generalisatieoperatoren laten zien hoe deze kunnen resulteren in een geleidelijke SSC-representatie. De meeste hiervan hebben we inmiddels geïmplementeerd en getest (echter

nog niet allemaal in dezelfde geïntegreerde omgeving).

Vaak zijn meerdere opties mogelijk om een bestaande generalisatieoperator in de SSC te representeren. De meest eenvoudige resulteren in een niet-geleidelijke SSC, de wat meer geavanceerde opties resulteren wel in een geleidelijke SSC, maar zoals we bij de geleidelijke samenvoegoperatie al zagen is het niet eenvoudig te bepalen welke de beste optie is. Hiervoor zijn in de toekomst verdere analyses en mogelijk ook gebruikerstesten nodig. Ander toekomstig werk bestaat uit het implementeren van nog meer (opties van de) generalisatieoperatoren, in dezelfde, geïntegreerde tGAP/SSC-omgeving. Tot slot willen we ook het sequentiële karakter van de structuur (object voor object behandelen) doorbreken en het resultaat van parallelle generalisatieoperaties in de tGAP/SSC-structuur opslaan.

### Bronnen

- Martijn Meijers, Peter van Oosterom, SplitArea: een algoritme om vlakken te splitsen voor de tGAP datastructuren, *Geo-Info*, 10(3), pp. 14-18, 2013.
- Martijn Meijers, Building Simplification using Offset Curves obtained from the Straight Skeleton, In: *Proceedings of AGILE workshop on Automated generalisation for on-demand mapping and 19th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Helsinki, pp. 8, 2016.
- Peter van Oosterom, Martijn Meijers, Variabele-schaal geografische informatie, *Geo-Info*, 9(10), pp. 14-19, 2012.
- Peter van Oosterom, Martijn Meijers, Jantien Stoter and Radan Šuba, Data structures for continuous generalisation: tGAP and SSC. Chapter 4 in *Abstracting Geographic Information in a Data Rich World: Methodologies and Applications of Map Generalization* (edited by Dirk Burghardt, Cécile Duchene, and William Mackaness), pp. 83-117, 2014.
- Peter Palfrader, Computing Straight Skeletons by Means of Kinetic Triangulations. Master's thesis, University of Salzburg, Austria, 2013.
- Radan Šuba, Martijn Meijers, Lina Huang and Peter van Oosterom. An area merge operation for smooth zooming. In Huerta, J., Schade, S., and Granel, C., editors, *Connecting a Digital Europe Through Location and Place*, Springer Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, pp. 275-293. Springer International Publishing, 2014.
- Evgeny Yakersberg. Morphing between Geometric Shapes using Straight-Skeleton-Based Interpolation. Master's thesis, Technion - Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 2004.



Martijn Meijers is onderzoeker GIS technologie bij de TU Delft. Hij is bereikbaar via [B.M.Meijers@tudelft.nl](mailto:B.M.Meijers@tudelft.nl).



Peter van Oosterom is professor GIS technologie bij de TU Delft. Hij is bereikbaar via [P.J.M.vanOosterom@tudelft.nl](mailto:P.J.M.vanOosterom@tudelft.nl).