

Visualisatie van temporele aspecten in 3D virtuele historische landschappen

Arnoud de Boer
Universiteit Utrecht
arnouddeboer@cs.uu.nl

Hans Voorbij
Universiteit Utrecht
hansv@cs.uu.nl

Introductie

In een geografisch informatiesysteem (GIS) wordt informatie over ruimte (2D- of 3D-geometrie) en attributen opgeslagen, beheerd, geanalyseerd en gevisualiseerd. Een temporeel GIS voegt hieraan nog een extra dimensie toe: *tijd* (Worboys and Duckham, 2004). In een temporeel GIS kan een analyse met betrekking tot ruimtelijke verandering in het verloop van de tijd uitgevoerd worden, of de toestand van een bepaald geografisch gebied op een bepaald tijdstip opgeroepen worden. De nauwe relatie tussen tijd en ruimte geeft de mogelijkheid om tijd als extra variabele of dimensie toe te voegen aan coördinaten van 2D- (x, y) of 3D- (x, y, z) geometrie. Daar waar 2D-geometrie en tijd (x, y, t) nog in een standaard 3D-GIS te visualiseren zijn, vraagt de combinatie van 3D-geometrie en tijd, ofwel 4D (x, y, z, t), om andere oplossingen.

De meest eenvoudige oplossing voor het representeren van tijdsverloop is het gebruik van animaties. In een animatie wordt een serie van momentopnamen van een bepaalde ruimte op een bepaald tijdstip achter elkaar getoond. Echter, een enkele momentopname uit de animatie geeft nog geen temporele informatie, dus zou een animatie aan te duiden zijn als de visualisatie van tijdsverandering op een interval $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ in plaats van visualisatie van een tijdstip t_i . In dat geval dienen andere visuele cues en cartografische technieken te worden toegepast voor visualisatie van tijd, bijvoorbeeld grootte, grijswaarde of kleur (Bertin, 1967).

Echter, de toename van het aantal (foto)realistische 3D-geovisualisaties maakt dit probleem alleen nog maar interessanter. Het gebruik van deze cartografische cues zal het (foto)realisme immers doen afnemen. Voor ons onderzoek naar 3D-geovisualisaties van historische landschappen proberen wij aan de hand van historische kaarten en bronnen op een effectieve en efficiënte wijze een zo realistisch mogelijke visualisatie te realiseren van een landschap uit het verleden. Deze 3D virtuele historische landschappen worden toegepast voor historisch en archeologisch onderzoek of voor museale of educatieve publiekspresentaties (edutainment).

Een extra bijkomend probleem met het werken met historische of non-contemporaine geodata is de onzekerheid of onnauwkeurigheid van deze bronnen. Blakemore en Harley (1980; zie ook het artikel van Elger Heere) identificeren drie verschillende soorten (on)nauwkeurigheden bij het werken met historische kaarten, te weten geografische, topografische en chronometrische nauwkeurigheid. Het gevolg van deze onnauwkeurigheden is dat er onzekerheid bestaat in de historische situatie, wat bij het werken met historische kaarten of geografisch-gerelateerde historische bronnen in het algemeen, steeds de vraag oproept: zag het landschap of gebied er *toen* ook daadwerkelijk *zo* uit?

In deze paper wordt vanuit het perspectief van virtuele historische landschappen (VHLs) de visualisatie van temporele aspecten (tijd en onzekerheid) beschreven. Dit betekent echter niet dat deze visualisatiemethoden enkel van toepassing zijn voor historische data. Geovisualisaties van toekomstscenario's, welke hun toepassing vinden in onder andere de ruimtelijke planning, vertonen grote overeenkomsten als het gaat om hoe op een overtuigende en betrouwbare wijze een gebied of ruimtelijk plan te visualiseren, en hoe hierin onzekerheden over de toekomstige situatie te communiceren aan beleidsvormers en belanghebbenden (Appleton and Lovett, 2005; Paar, 2006).

Deze paper is als volgt georganiseerd. De sectie ‘Visualisatie van tijd’ beschrijft de visualisatie van een bepaalde tijd in 3D virtuele historische werelden, zowel archeologische sites, steden als landschappen. Welke visuele technieken kunnen we inzetten om aan gebruikers een bepaalde tijd te communiceren en hoe wordt deze door gebruikers ervaren? ‘Visualisatie van temporele onzekerheid’ beschrijft hoe temporele onzekerheden in 3D geovisualisatie kunnen worden opgenomen. Hoe visualiseren we een landschapselement of een geografisch object tussen de twee tijdstippen waarop we informatie hebben over het niet-bestaan en het wel-bestaan van het object? En hoe representeren we een geografisch object als we ontbrekende of inconsistente informatie uit heterogene historische kaarten en bronnen integreren in de 3D geovisualisatie? Ten slotte presenteert de laatste sectie enkele conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek.

Visualisatie van tijd

Het begrip ‘tijd’ wordt veelal visueel geassocieerd met een klok of kalender. In de kunstgeschiedenis zijn ook andere visuele metaforen bekend voor het begrip ‘tijd’, zoals een cirkel, rivier, zandloper of personificatie (Van Ast, 2006). Tijd is meetbaar en een tijdmeting vindt plaats aan de hand van de aardrotatie ten opzichte van een bepaald oriënteringspunt als de zon, maan of sterren. Zo werd in het oude Egypte het verstrijken van de tijd al gemeten door de verschuivende schaduw langs een in de grond gestoken stok als gevolg van de veranderde zonnestand gedurende de dag (vergelijkbaar met de verwerking van een zonnewijzer of obelisk). Tijd is dus op een bepaalde manier zichtbaar te maken.

Over het algemeen zal temporele informatie als attribuut of metadata aan geodata zijn toegevoegd in de vorm van een (alfa)numeriek veld of datatype string met als waarden een epoch, datum/tijd-string of andere vorm van tijdsclassificatie (eeuw, periode). Omdat het domein van deze attribuutwaarden nominaal, ordinaal of interval zijn, kunnen animaties (voor intervallen) en visualisatietechnieken als kleur en grijswaarden (Bertin, 1967) worden toegepast om de temporele informatie van de elementen visueel onderscheidend te maken. Bijvoorbeeld door het toekennen van kleuren aan gebouwen of objecten van gelijk bouwjaar, een toenemende grijswaarde van de elementen in een op tijd-geordende dataset, of een animatie die de mutaties van verschillende elementen in de tijd laat zien. In het geval van temporele informatie als metadata, kan deze worden opgenomen als tekst in de legenda van de analoge of digitale kaart, bijvoorbeeld het opnemen van het jaartal van kaartvervaardiging of laatste mutatie.

In een 3D geodataset zal dit in beginsel niet anders zijn, maar voor een 3D geovisualisatie waarin gestreefd wordt naar een hoge mate van realisme, geeft het gebruik van afwijkende kleuren en grijswaarden of tekstlabels ten opzichte van de werkelijke wereld een niet-fotorealistische afbeelding. Echter, een realistische afbeelding hoeft niet samen te gaan met een *fotorealistische* afbeelding. Figuur 1 laat twee afbeeldingen zien van een gereconstrueerd Hollands polderlandschap op basis van de historische waterschapskaart van het Hoogheem-raadschap van Delfland door Nicolaas Cruquius (1712). De linker afbeelding is een fotorealistische render (2D-snapshot van een 3D-model) met een typisch Hollandse lucht, zoals op landschapschilderijen van onder anderen de 17e-eeuwse schilders Ruysdael, Van Goyen en Vermeer te zien is, en de rechter afbeelding een fotorealistische render met een niet-typisch Hollandse lucht. De rechter afbeelding zal een minder realistische beleving geven als zijnde een afbeelding van een typisch Hollands polderlandschap wegens een mindere mate van herkenning en associatie door de gebruiker. Dit moedigt ons aan om de mogelijkheden van niet-fotorealistische rendering voor 3D geovisualisatie van historische landschappen te onderzoeken.

De centrale vragen zijn: welke visuele technieken kunnen we inzetten om aan gebruikers een bepaald tijdsmoment te communiceren en hoe worden deze door gebruikers ervaren? Roussou et al. (2007) experimenteren in hun renders van virtuele reconstructies van historische gebouwen en landschappen met het gebruik van beeldverwerkingsfilters (aquarel) om een schilderachtige, historische sfeer te benaderen, echter zonder de beleving van de gebruiker in hun onderzoek te betrekken. Geïnspireerd op het gebruik van dergelijke beeldverwerkingsfilters en dus het creëren van een niet-fotorealistische representatie van een historische situatie, hebben wij vier ver-



Figuur 1. Een fotorealistische afbeelding gaat niet altijd samen met een realistische beleving. Welke afbeelding komt het meest overeen met het beeld van een typisch Nederlands polderlandschap?

schillende renders van een – voor wat wij trachtten te representeren – 17e-eeuws historische polderlandschap voorgehouden aan een in cultuurhistorie geïnteresseerd publiek. En gevraagd de verschillende renders te waarderen op een Likert-schaal met waarden van 1 tot 10, met 1 als een lage waardering en 10 als een hoge waardering op de aspecten geloofwaardigheid, betrouwbaarheid en fraaiheid. Figuur 2 laat uit deze test de verschillende afbeeldingen van een molen in een polderlandschap zien. De fotorealistische afbeelding van het 3D virtuele landschapsmodel is met behulp van landschapsvisualisatiesoftwarepakket Vue Infinite© gerenderd en vervolgens zijn met Adobe Photoshop© verschillende beeldfilters toegepast; te weten penseelstreken, aquarel en houtskoolkrijt.

Hoewel de kwaliteit van de gebruikte renders en filters mogelijk van invloed zijn geweest op de uitkomsten, viel op dat de meerderheid van de gebruikers zich toch meer focust op de inhoud (objecten/elementen) van het landschap dan op de vorm (filters/layout) van de renders. Meer dan 60% van de gebruikers wezen de fotorealistische versie als meest geloofwaardig, betrouwbaar en fraai aan. Wel waren gebruikers zeer goed in staat om aan te geven wat zij dachten dat er miste in de afbeeldingen om een geloofwaardig en compleet beeld te geven van een 17e-eeuws landschap.



Figuur 2. Toepassing van beeldverwerking filters op (fotorealistische) renders om gebruikers een bepaalde tijd te visualiseren en te communiceren: v.l.n.r. onbewerkt, aquarel, houtskoolkrijt.

Deze uitkomst heeft ons meer doen focussen op de inhoud van VHLs ofwel op het soort en het detailniveau van landschapselementobjecten, dan op de vorm (lay-out) van de afbeeldingen als resultaat van rendering of postprocessing.

Toch zijn wij ervan overtuigd dat niet-fotorealistische representatie een meerwaarde kan bieden bij het realiseren en visualiseren van VHLs (De Boer et al. 2009). Door details en informatie uit deze landschapsmodellen weg te laten, wordt een efficiëntere modellering bereikt, hetgeen de haalbaarheid van het generiek visualiseren van grootschalige historische landschappen vergroot.

Daarnaast wordt de informatie-overload naar de gebruiker toe beperkt, zodat nadruk gelegd kan worden op die specifieke elementen die voor een bepaalde verhaallijn (*narrative*) van belang zijn. Tenslotte bieden niet-fotorealistische representaties de mogelijkheid om verschillende soorten onzekerheden te communiceren en visualiseren in de VHLs.

Visualisatie van temporele onzekerheid

Wie werkt met temporele geodata, of die nu betrekking hebben op een historische of op een toekomstige situatie, krijgt te maken met *onzekerheid*. Onzekerheid wijkt af van de term ‘fout’ (*error*); bij een fout is de mate van onjuistheid bekend (uitgedrukt in termen als precisie en betrouwbaarheid) en bij onzekerheid is deze mate van onjuistheid of onnauwkeurigheid niet bekend (Slocum et al. 2005). Blakemore and Harley (1980) beschrijven drie soorten onnauwkeurigheden van historische kaarten en bronnen.

Geometrische (on)nauwkeurigheid. Vroegere landmeettechnieken zorgden voor onjuistheden in afstanden en hoeken. Onbekende parameters van oude kaartprojecties leveren tevens moeilijkheden op bij het georefereren en combineren van historische kaarten met moderne kaarten.

Topografische (on)nauwkeurigheid. Historische bronnen kennen een bepaalde mate van subjectiviteit als gevolg van censuur, eisen van de opdrachtgever of artistieke vrijheid. Om die reden geven deze bronnen de situatie niet altijd weer zoals deze ook daadwerkelijk geweest is, ofwel de afgebeelde topografie komt niet overeen met de werkelijke historische situatie.

Chronometrische (on)nauwkeurigheid. Historische kaartenmakers gebruikten dikwijls oude kaarten om daarop nieuwe kaarten te baseren. Veelal werden alleen die topografische elementen geüpdatet welke voor de functie van de kaart van belang waren (bijvoorbeeld een waterschapskaart). Als gevolg hiervan kan het voorkomen, dat historische kaarten de situatie in de tijd niet juist weergeven.

GIS en onzekerheidsvisualisatie is een relatief breed bestudeerd veld (onder andere Davis et al. 1997, Ehlschlaeger et al. 1997, Drecki 2002, MacEachren et al. 2005), waarin technieken om onzekerheid te visualiseren worden beschreven die gebruik maken van animaties, schetsmatige randen (fuzziness), verzadiging en transparanties. Voor archeologische virtuele reconstructies beschrijven Zuk et al. (2005) de toepassing van visual cues (kleur, grootte, animatie etc.) om temporele metadata te communiceren. Aan de hand van een oud-Egyptische archeologische vindplaats wordt de onzekerheid in de aanwezigheid van bepaalde elementen met behulp van rising/sinking, wireframe modellen en transparanties inzichtelijk gemaakt. Deze niet-fotorealistische renderingstechnieken hebben invloed op de beleving van de gebruikers, zoals ook door Roussou en Drettakis (2003) wordt opgemerkt. Enerzijds ontstaat door toevoeging van visuele cues en abstracte informatie een niet-fotorealistische afbeelding, wat het werkelijkheidsgehalte doet afnemen. Aan de andere kant geven fotorealistische afbeeldingen van virtuele non-contemporaine steden en landschappen een indruk van absolute waarheid, wat bij het bestaan van onzekerheid over de werkelijke situatie een onjuist beeld zou opleveren. In dat geval zou een afbeelding met visual cues juist een hogere mate van geloofwaardigheid en betrouwbaarheid hebben door de communicatie van onzekerheden met deze visual cues.

Voor ons onderzoek naar 3D virtuele reconstructies van historische landschappen proberen wij te achterhalen welke visual cues geschikt zijn om de verschillende vormen van onzekerheid (geometrisch, topografisch en chronometrisch) te communiceren. Dit is niet alleen van belang om gebruikers een juiste en betrouwbare afbeelding van een verdwenen landschap te presenteren, maar ook historisch onderzoek heeft baat bij een goede visualisatie en communicatie van onzekerheid.



Figuur 3. Toepassing van de visual cues fuzziness, saturatie en transparantie in op het object molen in een virtueel historisch polderlandschap voor de visualisatie van geometrische, topografische en chronometrische onzekerheden.

Conclusie

Bij het gebruik van fotorealistische renderingstechnieken in 3D virtuele historische (en toekomstige) steden en landschappen wordt er geen visueel onderscheid gemaakt tussen het heden en het niet-heden. Daarnaast pretenderen deze afbeeldingen een bepaalde waarheid; echter de temporele onzekerheid wordt in deze 3D virtuele omgevingen niet gevisualiseerd en gecommuniceerd. Beeldverwerkingsfilters en niet-fotorealistische rendering kunnen worden toegepast bij het visualiseren van tijd en temporele onzekerheden om een geloofwaardige en betrouwbare visualisatie te presenteren aan de gebruiker. Verder onderzoek is nodig om te bepalen op welke manier deze visual cues toegepast kunnen worden in statische en interactieve 3D geovisualisaties, zodat deze op effectieve wijze temporele informatie en metadata aan de gebruiker kunnen overdragen.

Literatuur

- Appleton, Katey, and Andrew Lovett. "GIS-based Visualization of Development Proposals – Reactions from Planning and Related Professionals." *Computers, Environment and Urban Systems* 29 (2005), p. 321-339.
- Bertin, J., 1967, *Semiology of Graphics. Diagrams, Networks, Maps*. Madison: The University of Wisconsin Press.
- Blakemore, M.J. & J.B. Harley (1980), *The search for accuracy*. In: *Concepts in the History of Cartography*, Cartographica Monograph nr 26. p. 54-74.
- Davis, T. J., and C. P. Keller. 1997. Modelling and visualizing multiple spatial uncertainties. *Computers & Geosciences* 23(4), p. 397-408.
- De Boer, A., L. Breure and H. Voorbij (2009). "Towards a 3D Visualization Interface for Cultural landscape and Heritage Information". To appear in online proceedings of the 37th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA).
- Drecki, I. 2002: Visualization of uncertainty in geographical data. In Shi, W, Fisher, PF and Goodchild, M.E, editors, *Spatial data quality*, London: Taylor and Francis, p. 140-59.
- Ehlschlaeger, C.R., A.M. Shortridge, and M.F.. Goodchild. 1997. Visualizing spatial data uncertainty using animation. *Computers & Geosciences* 23(4), p. 387-96.
- MacEachren, A.M., A. Robinson, S. Hopper, S. Gardner, R. Murray, M. Gahegan, and E. Hetzler, "Visualizing geospatial information uncertainty: What we know and what we need to know," In *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 32, no. 3, p. 139-160, 2005.
- Paar, Philip. "Landscape Visualizations: Applications and Requirements of 3D Visualization Software for Environmental Planning." *Computers, Environment and Urban Systems* 30 (2006), p. 815-839.

- Roussou, Maria, and George Drettakis. "Photorealism and Non-photorealism in Virtual Heritage Representation." In *Proceedings of the International Symposium on Virtual Reality, Archaeology, and Intelligent Cultural Heritage (VAST'03)*, edited by David B. Arnold, Alan Chalmers, and Franco Niccolucci, 51-60. Switzerland: Eurographics Association, 2003.
- Roussou, Maria. "The Components of Engagement in Virtual Heritage Environments." In *Proceedings of New Heritage: Cultural Heritage and New Media*, edited by Yehuda E. Kalay, Thomas Kvan, and Janice Affleck, p. 265-283. London: Routledge, 2007.
- Van Ast, O. (2006) Visualization of Time: An Artistic Inquiry into the Development of the Visual Metaphor: <http://www.partast.com/time/visualizationoftime.html>.
- Roussou, Maria. "The Components of Engagement in Virtual Heritage Environments." In *Proceedings of New Heritage: Cultural Heritage and New Media*, edited by Yehuda E. Kalay, Thomas Kvan, and Janice Affleck, p. 265-283. London: Routledge, 2007.
- Slocum, T., C. Blok, B. Jiang, A. Koussoulakou, D. Montello, S. Fuhrman, and N. Hedley (2001). Cognitive and Usability Issues in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science* (28), p. 61-75.
- Worboys M. and M. Duckham, 2004. GIS: a computing perspective. Second Edition. London: Taylor & Francis Ltd.
- Zuk, Torre, Sheelagh Carpendale, and William D. Glanzman. "Visualizing Temporal Uncertainty in 3D Virtual Reconstructions." In *Proceedings of the 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST'05)*, edited by Mark Mudge, Nick Ryan, and Roberto Scopigno, p. 99-106. Italy: Eurographics Association, 2005.