

MapAnalyst is een nieuwe softwaretoepassing voor de visualisatie en de studie van de planimetrische nauwkeurigheid van oude kaarten. Het laat plaatselijke kaartafwijkingen zien door het genereren van een vervormingsgrid, verplaatsingsvectoren en cirkels. Tevens kunnen schaal en rotatie van de oude kaart worden berekend. Isolijnen geven punten van gelijke schaal en rotatie aan. Ook worden statistieken betreffende de geometrische nauwkeurigheid bepaald. MapAnalyst heeft een gebruiksvriendelijke interface en is gratis te downloaden van internet. In dit artikel worden de functionaliteiten van MapAnalyst beschreven en wordt een nauwkeurighedsanalyse uitgevoerd op een deel van de kaart van Holland van Jacob van Deventer (1558).

Visualisatie van nauwkeurigheid

Blakemore en Harley 1980 onderscheiden drie soorten toepassingen van nauwkeurighedsanalyses: In de eerste plaats kunnen kaarthistorici door de vergelijking van de nauwkeurigheid van oude kaarten uitspraken doen over de technische bekwaamheid van de kartograaf of over de verandering van de nauwkeurigheid in de loop der tijd. Ten tweede kan een nauwkeurighedsstudie informatie opleveren over de gebruikte geodetische

B. Jenny is AIO aan het Instituut voor Kartografie van het ETH in Zürich. Zijn werkzaamheden richten zich op reliëfweergave, het opsporen van fouten in kaarten en de oplossing hiervan en de visualisatie en minimalisatie van gebiedsvervormingen in kaartprojecties, diagramkaarten en oude kaarten.



Drs. E. Heere, Universiteit Utrecht, URU: Explokart / GIfors PS, E-mail: e.heere@geo.uu.nl



Visualisering van de planimetrische nauwkeurigheid van oude kaarten met MapAnalyst

basis, de toegepaste landmeterstechnieken, de kaartprojectie of de kaartbronnen die gebruikt zijn om een kaart samen te stellen. Ten derde kan een nauwkeurighedsanalyse de gebruiker behulpzaam zijn bij de interpretatie van de kaart en de bepaling van de informatiewaarde ervan.

Onder de planimetrische nauwkeurigheid van oude kaarten wordt de verhouding van afstanden en richtingen tussen objecten op een oude kaart en de afstanden en richtingen tussen die objecten in de werkelijkheid verstaan (Blakemore & Harley, 1980). Het visualiseren van de planimetrische nauwkeurigheid laat zien dat rotatie, inkrimping en uitrekking erg kunnen variëren per plaats op de kaart. Er bestaan verschillende technieken om de planimetrische vervormingen te visualiseren. Forstner en Oehrli (1998), Depuydt en Theelen (2000) en Livieratos (2006) geven ieder een overzicht van analoge en digitale technieken die zijn ontwikkeld om oude kaarten grafisch te analyseren. De meeste visualisaties zijn gebaseerd op twee sets van corresponderende punten: één set met punten op een moderne referentiekaart, welke als nauwkeurig wordt beschouwd en één set met punten op de te analyseren oude kaart. Voordat een visualisatie kan worden gerealiseerd moeten de oude en de moderne kaart worden omgezet naar een gemeenschappelijk coördinaatsysteem. Dit gebeurt door een affine transformatie. Hierbij wordt één van de twee coördinaatsystemen geconverteerd naar het andere systeem. Dit gebeurt door één set dusdanig te verscalen, roteren en te ver-

plaatsen dat de verschillen ten opzichte van de andere set minimaal zijn. Het voordeel van affine transformaties, boven andere soorten transformaties, is dat de interne verhoudingen binnen de oude kaart gehandhaafd blijven.

Met MapAnalyst kan de nauwkeurigheid van een oude kaart op vier manieren worden gevisualiseerd: door middel van verplaatsingsvectoren, een vervormingsgrid, door cirkels en door isolijnen van schaal en rotatie.

Verplaatsingsvectoren zijn algoritmisch de meest eenvoudige techniek en ze zijn ook nog eens gemakkelijk te interpreteren. Iedere vector begint op het op de oude kaart aangegeven punt en eindigt op de plaats waar het betreffende punt zou moeten liggen wanneer de kaart net zo nauwkeurig zou zijn als de moderne referentiekaart. Dit eindpunt is het resultaat van een affine transformatie tussen de twee sets van punten. Buitengewoon lange vectoren vallen gemakkelijk op en geven snel een indruk van de plaatsen op de kaart waar zich grote positionele fouten bevinden. Een alternatief voor de vectoren is de visualisatie door middel van cirkels, waarbij de grootte van de cirkels proportioneel zijn ten opzichte van de lengte van de vectoren. De cirkels geven geen indicatie van de richting van de verplaatsing van een punt, maar zijn beter af te lezen en patroonherkenning is makkelijker dan met vectoren. In MapAnalyst kan gekozen worden voor een combinatie van cirkels en vectoren. Dit levert een duidelijk beeld op, waarbij ook de richting van de verplaatsing goed af te lezen is. De geroteerde, gecomprimeerde of ver-

grote mazen van een vervormingsgrid geven de lokale vervormingen en rotaties van een oude kaart weer. Wanneer een vervormingsgrid met de hand geconstrueerd wordt, worden gridlijnen geconstrueerd in een veld van referentiepunten, op basis van nogal subjectieve vooronderstellingen. De door de computer geconstrueerde gridlijnen objectificeert en versnelt de nogal arbeidsintensieve handmatige methode. MapAnalyst gebruikt een methode die is ontwikkeld door Beineke (2001). Hierbij wordt een vervormingsgrid geconstrueerd op basis van multi-kwadratische interpolatie, geïntroduceerd door Hardy (1971). Overigens dient opgemerkt te worden dat andere auteurs andere computerondersteunende methoden hebben ontwikkeld voor de constructie van vervormingsgrids, die andere vormen van het grid zullen opleveren (Tobler, 1966; 1994; Weis 1985). Een derde methode om de nauwkeurigheid van de oude kaart te bepalen is de cirkelmethode (Circles). Bij deze methode wordt de nauwkeurigheid van een punt bepaald aan de hand van alle andere punten. Het punt dat het slechtst gekarteerd is wordt verwijderd en de berekening wordt opnieuw uitgevoerd, totdat er twee punten overblijven, die ten opzichte van elkaar altijd goed liggen (Mckenkamp & Koop, 1986). Het voordeel van deze methode is dat toevallige meetfouten eruit gefilterd worden. De isolijnen visualiseren de lokale variaties in schaal en rotatie door punten met gelijke schaal en rotatie met elkaar te verbinden. MapAnalyst maakt gebruik van een nieuw algoritme dat is gebaseerd op series lokale transformaties (Jenny et al, 2007). Niet alle punten worden meegenomen in deze transformatie, enkel de punten in de nabijheid van de locatie van belang. Het aantal punten dat wordt meegenomen in de transformatie wordt bepaald door de zogenoemde invloedradius. Deze radius kan door de gebruiker worden ingesteld en heeft grote invloed op het resultaat. Met een kleine radius worden de lokale variaties weergegeven, terwijl een grote radius van invloed vloeiender isolijnen genereert. Een goede keuze van deze radius is derhalve een cruciale stap wanneer deze methode wordt toegepast.

MapAnalyst

Helaas was de software voor nauwkeurighedsanalyses moeilijk te verkrijgen, ver-

eiste deze specifieke besturingssystemen, was deze gebaseerd op dure en 'moeilijke' GIS systemen en waren gebruiksvriendelijk. Deze problemen leiden ertoe dat kaarthistorici ofwel een eigen systeem ontwikkelen, ofwel volledig af zien van nauwkeurighedsanalyses.

Om aan de eisen van gebruiksvriendelijkheid en beschikbaarheid tegemoet te komen is het programma MapAnalyst ontwikkeld aan het Institute of Cartography van het ETH in Zürich. Het programma is gratis te downloaden op <http://mapanalyst.cartography.ch>. (Jenny, 2003; Jenny et al, 2007). MapAnalyst levert gespecialiseerde tools om de geometrische nauwkeurigheid van oude kaarten te bepalen. Het laat de planimetrische onnauwkeurigheden zien door middel van visualisaties en levert interactieve tools om de lokale variatie in verplaatsing, schaal en rotatie te verkennen.

MapAnalyst is een Java-applicatie welke draait onder Windows, Mac OS X en Linux. De software heeft een efficiënte identificatie en beheermodule voor de ingevoerde controlepunten op de oude kaart en de corresponderende punten op de moderne referentiekaart en berekent een vervormingsgrid, verplaatsingsvectoren, en isolijnen van schaal en rotatie. Verder worden er diverse parameters gegeven om de vervaardigde afbeeldingen te verfijnen. Verder berekent MapAnalyst onder andere de schaal van de oude kaart, de rotatiehoek van de oude kaart en andere statistische indicatoren die gebruikt kunnen worden om de nauwkeurigheid van diverse kaarten te kunnen vergelijken.

MapAnalyst is gratis verkrijgbaar voor alle kaarthistorici en de open-source code kan worden uitgebreid door iedereen met programmeerervaring. De software is ontwikkeld met speciale aandacht voor de gebruiksvriendelijkheid, zodat ook gebruikers zonder technische achtergrond de software kunnen gebruiken. Een analyse met MapAnalyst begint met het invoeren van afbeeldingen van een oude kaart en een gegeorefereerde moderne kaart. De gebruiker identificeert met elkaar overeenkomende punten op de oude en de nieuwe kaart en plaatst deze puntenparen op beide kaarten. Vervolgens moet het juiste type transformatie gekozen worden om de twee coördinaatsystemen op elkaar af te stemmen en moeten enkele parameters worden geselecteerd die de nauwkeurigheid van de visualisatie bepalen.

De berekening van de diverse visualisa-

ties gebeurt snel, wat een iteratieve benadering vergemakkelijkt. Zo kan de grootte van de mazen van het grid binnen enkele seconden worden aangepast of de schaal van een gedeelte van de kaart snel berekend worden. Tenslotte kan MapAnalyst de gegenereerde visualisaties naar diverse vector- en rasterbestanden omzetten.

Procesbeschrijving

Om een nauwkeurighedsanalyse te kunnen uitvoeren, moet er een moderne referentiekaart komen. Een scan van een topografische kaart 1:25.0000 voldoet hiervoor prima. Deze moet nu gegeorefereerd worden, oftewel er moeten geografische coördinaten aan gekoppeld worden. Dit kan gedaan worden met het gratis programma WorldFile_Creator. Zie hiervoor de kadertekst.

De oude, te analyseren kaart en de referentiekaart worden ingelezen in het programma MapAnalyst. Vervolgens worden overeenkomstige punten geselecteerd op de oude kaart en de referentiekaart. In dit voorbeeld is gekozen om punten per plaats te selecteren, waarbij zoveel mogelijk wordt uitgegaan van de kerk als basis. Deze punten moeten gelinkt en benoemd worden. De punten krijgen de naam van de plaats waarop ze betrekking hebben. Door het linken, weet het programma welke punten op de oude en nieuwe kaart bij elkaar horen. Om een nauwkeurige bepaling te krijgen, moeten er zoveel mogelijk punten gebruikt worden. In het hier gebruikte voorbeeld konden 81 overeenkomstige punten worden gevonden.

Nu kan de werkelijke analyse beginnen. Om een algemeen beeld te krijgen van de vervormingen binnen de kaart, wordt gekozen voor een vervormingsgrid (Distortion Grid). Men krijgt hiermee een algemene indruk van de nauwkeurigheid van de kaart.

Op basis van het vervormingsgrid kan het zijn dat men bepaalde plekken op de kaart in detail wil bestuderen. Dan kan gebruik gemaakt worden van de verplaatsingsvectoren, indien gewenst in combinatie met cirkels van proportionele grootte (Displacements). De verplaatsingsvectoren zijn zeer geschikt om de nauwkeurigheid in detail te bekijken. Indien gewenst kan de analyse worden uitgebreid met de cirkelmethode en de visualisatie van de isolijnen van schaal en rotatie.

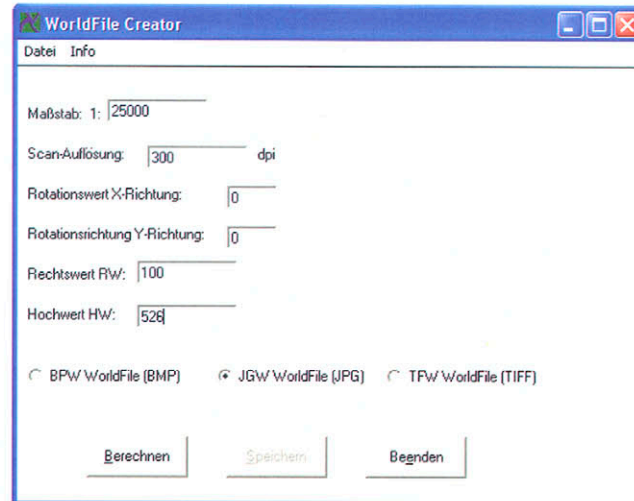
Het georefereren van de referentiekaart

Om met MapAnalyst te kunnen werken, is het nodig dat de referentiekaart van geografische coördinaten wordt voorzien. Dit wordt georefereren genoemd. Vaak is georefereren een lastig proces, dat alleen door specialisten met GIS-software gedaan kan worden. Met het gratis programma WorldFile_Creator kan echter iedereen de referentiekaart van de benodigde coördinaten voorzien.

Een worldfile kent een geografisch coördinaatpaar toe aan de eerste pixel van een gescande kaart. De overige waarden worden berekend doordat de schaal van de kaart bekend is en de resolutie van de afbeelding. Om de kaart van Holland van Jacob van Deventer te kunnen analyseren is gebruik gemaakt van een topografische kaart. De schaal van deze kaart is 1:25.000. De resolutie van de afbeelding is 300 dpi. De eerste pixel in de linkerbovenhoek krijgt als X-coördinaat 100 en als Y-coördinaat 526. Deze waarde kunnen van de referentiekaart worden afgelezen.

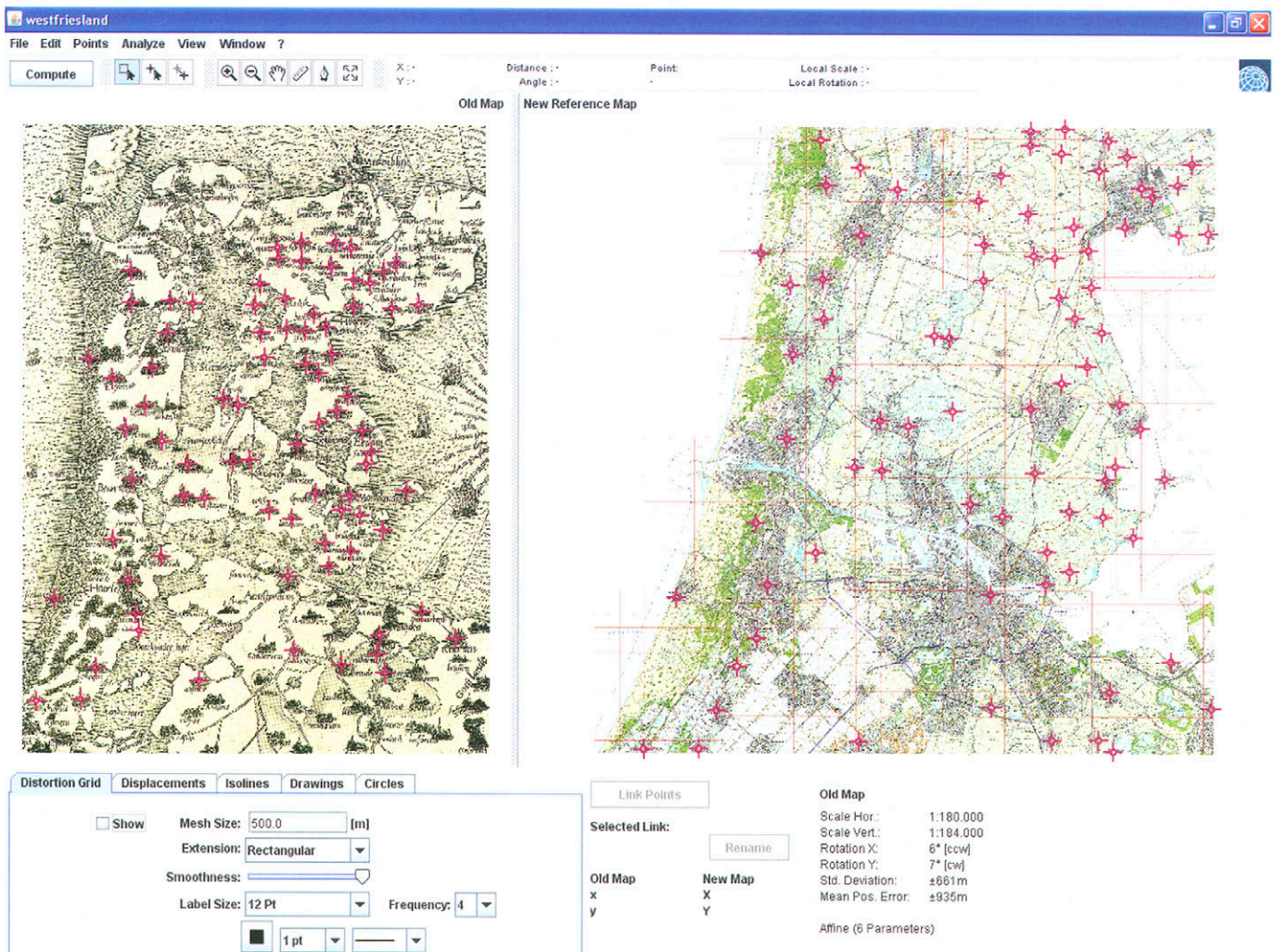
Normaal gesproken zullen de pixels nooit geroteerd zijn, dus de rotatiewaarden voor zowel de X richting als de Y richting zijn 0.

In het programma ziet het er als volgt uit:

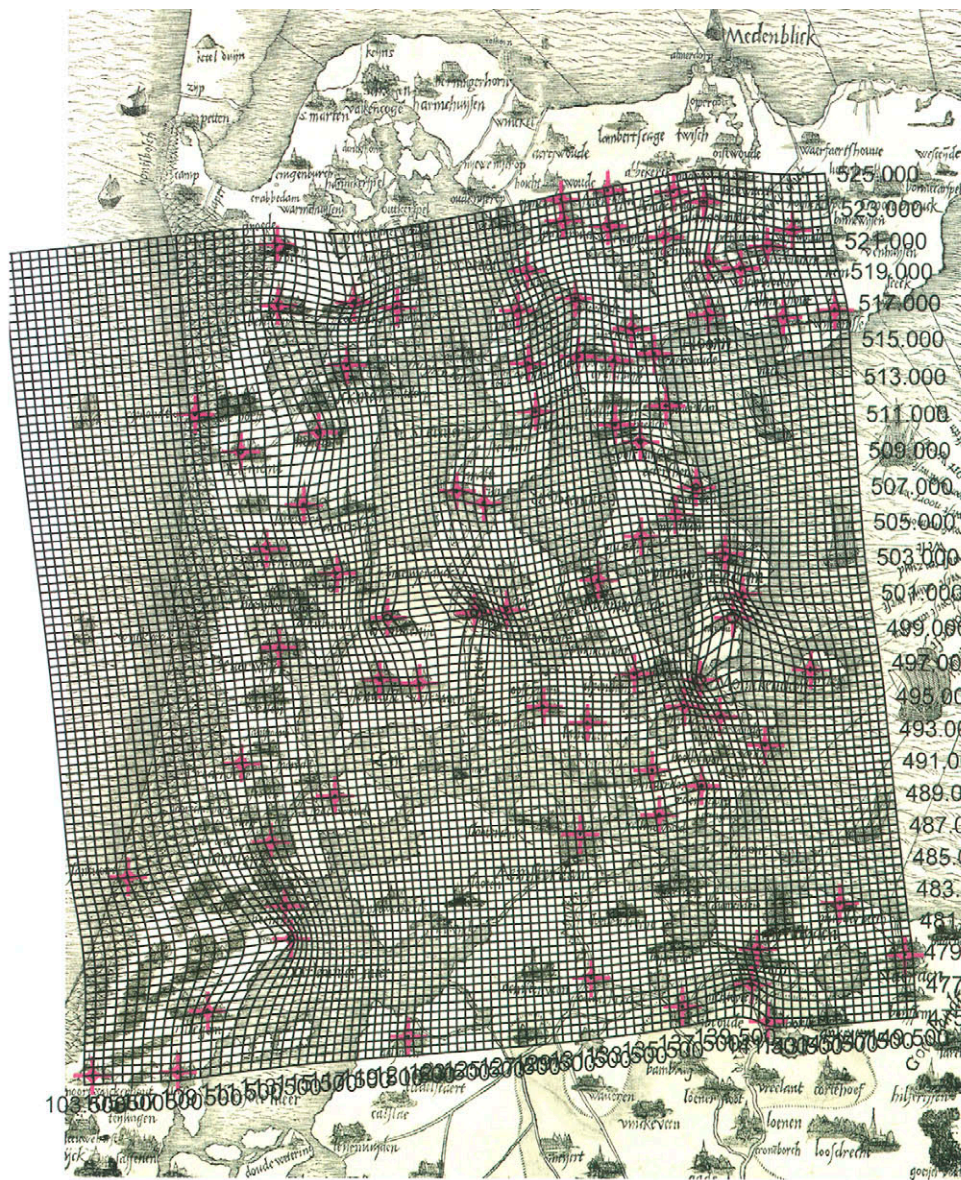


Wanneer de waarden zijn ingevuld moet het bestand worden opgeslagen. In het hier uitgewerkte voorbeeld is de oorspronkelijke afbeelding een JPG-bestand. De worldfile moet dat worden opgeslagen als JGW-bestand, met dezelfde naam als de referentiekaart (het JPG-bestand) kan nu worden ingelezen in MapAnalyst. <http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=13134>

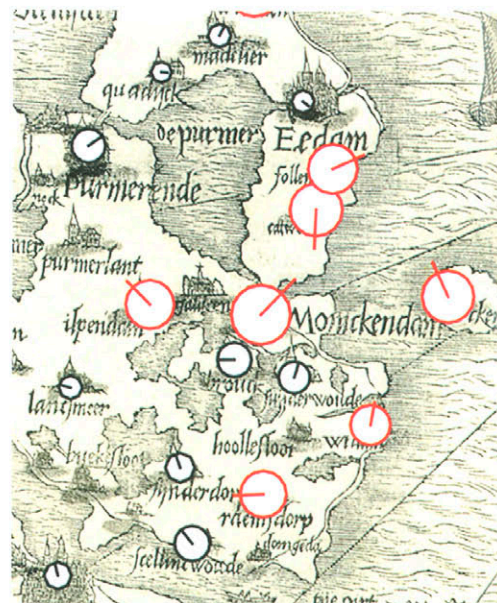
7. Het scherm van WorldFile_Creator



1. MapAnalyst menu. Links de oude kaart, rechts de referentiekaart en de gekozen overeenkomstige punten.



2. Vervormingsgrid



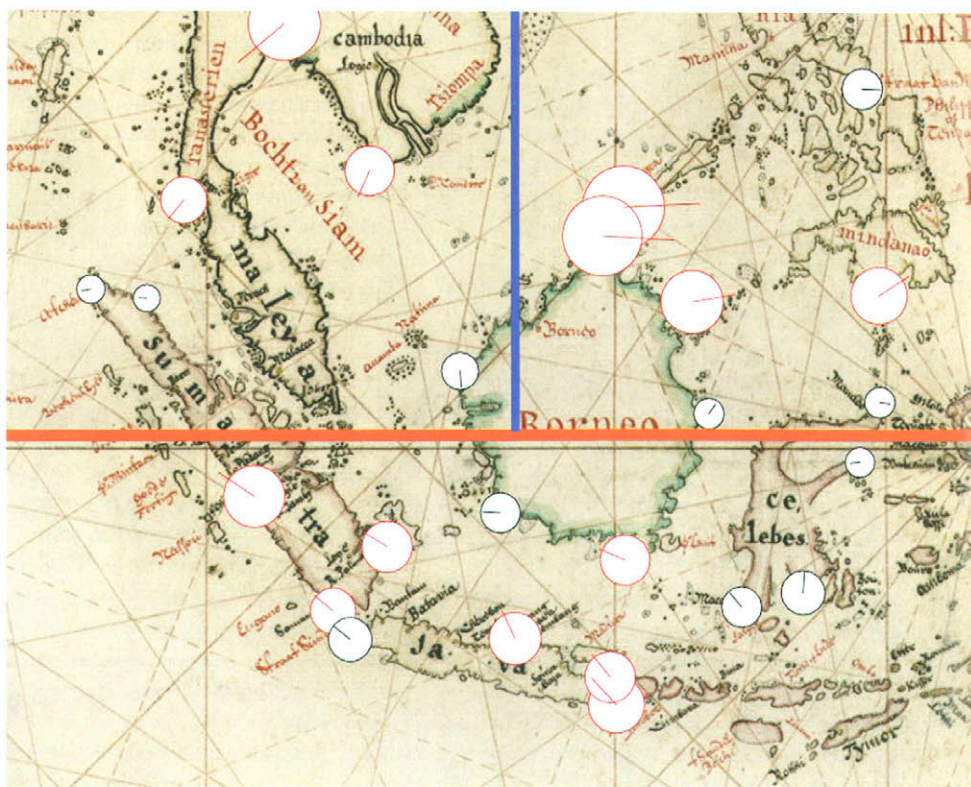
3. Verplaatsingsvectoren

deze uit op 1:180.000 in de X richting en 1:184.000 in de Y-richting. Deze schaalgetallen komen overeen met wat er vanuit de literatuur bekend is (Blonk & Blonk-van der Wijst, 2000). Anders gezegd: de plaatsen die Van Deventer gekarteerd heeft liggen op de kaart gemiddeld 0,52 cm naast de plek waar ze zouden moeten liggen!

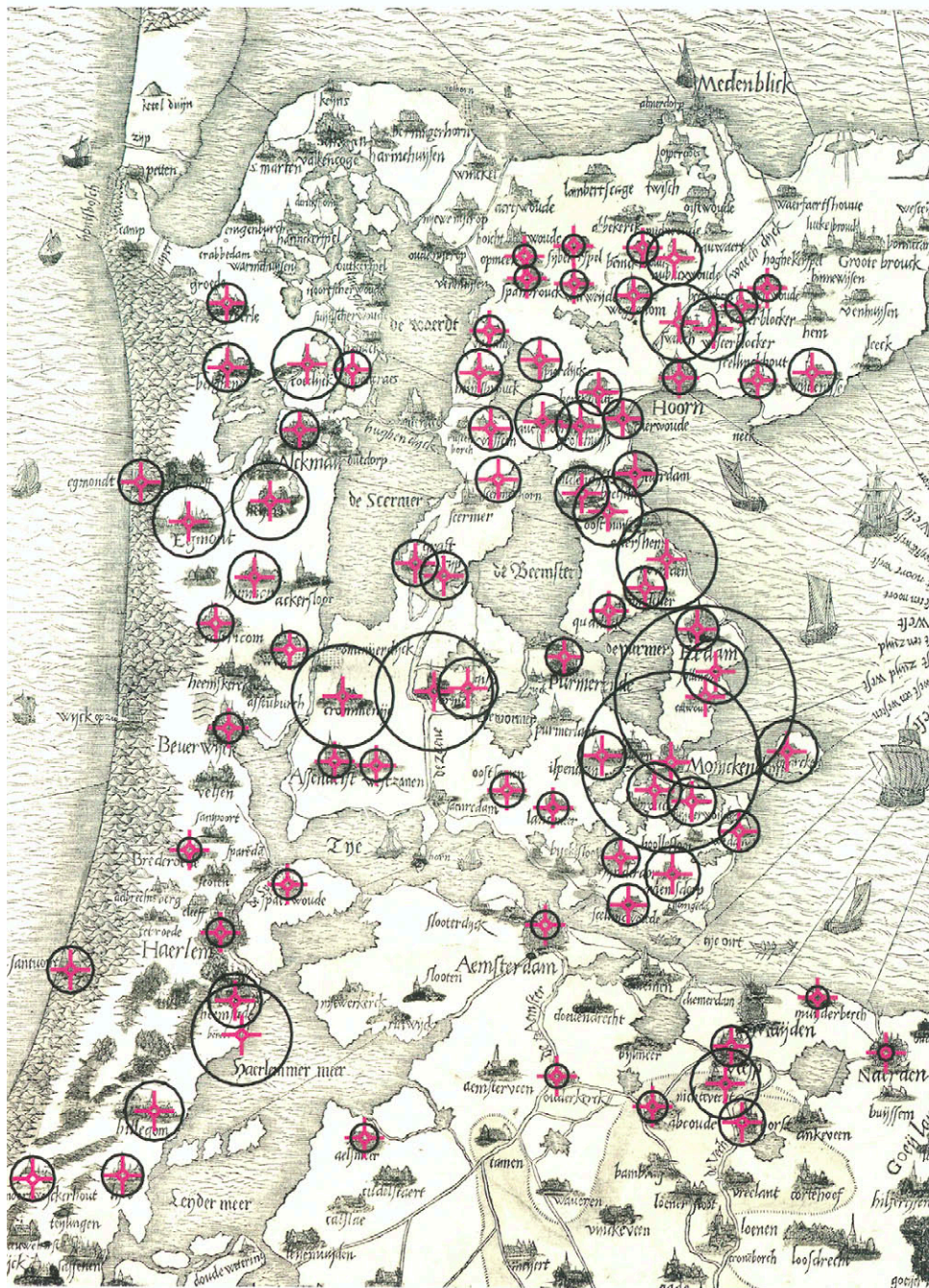
Vervolgens wordt gekeken naar het vervormingsgrid van figuur 2. Het eerste wat

Analyse van een deel van de kaart van Holland van Jacob van Deventer

Als voorbeeld wordt een gedeelte van de kaart van Holland van Jacob van Deventer uit 1558 geanalyseerd. Het eerste waar naar gekeken wordt zijn de *gemiddelde positiefout* (Mean Position Error) en de standaarddeviatie. De gemiddelde positiefout geeft aan wat de gemiddelde afwijking per punt op de oude kaart is ten opzichte van de referentiekaart. In dit geval is dat 935 meter. Dat betekent dat Van Deventer er gemiddeld minder dan één kilometer naast zat. De standaarddeviatie, ofwel de gemiddelde afwijking van het gemiddelde, bedraagt 661 meter. Op zich zeggen deze getallen niet zoveel. Pas wanneer er veel kaarten zijn geanalyseerd, en er daardoor veel vergelijkingsmateriaal is, kunnen deze waarden goed geïnterpreteerd worden. MapAnalyst berekent ook de schaal van de kaart. Volgens de berekening komt



4. Verplaatsingsvectoren op een kaart van Isaak de Graaf.



5. De Cirkelmethode

opvalt is dat te zien is dat er lokaal flinke vervormingen zijn waar te nemen: bij Haarlem, Amsterdam, Edam / Volendam, ten noorden van Hoorn en bij Bergen is het grid behoorlijk vervormd. De rest van het grid is redelijk rechthoekig, waaruit op te maken valt dat de kaart verder redelijk nauwkeurig genoemd mag worden. Overigens geldt ook hierbij dat er niet veel vergelijkingsmateriaal voorhanden is.

Eén van de gebieden waar het vervormingsgrid flink vervormd is, is het gebied rond Volendam / Edam. Dit gebied wordt in figuur 3 nader bekeken. De onnauw-

keurigheid van specifieke punten wordt weergegeven door een combinatie van cirkels en vectoren. Het eerste dat opvalt is dat er zowel zwarte als rode cirkels en vectoren zijn. De rode cirkels geven aan dat de afwijking op dat punt meer dan drie maal de gemiddelde waarde is. De grootste afwijkingen, die dus verantwoordelijk zijn voor het afwijkende gridpatroon, zitten bij Marken, Monnikendam, IJpendam, Edam en Volendam. Soms kan het zijn dat de richting van de vectoren een patroon vertonen. Figuur 4 is hier een voorbeeld van. In elk van de aangegeven kwadranten is er min of meer een

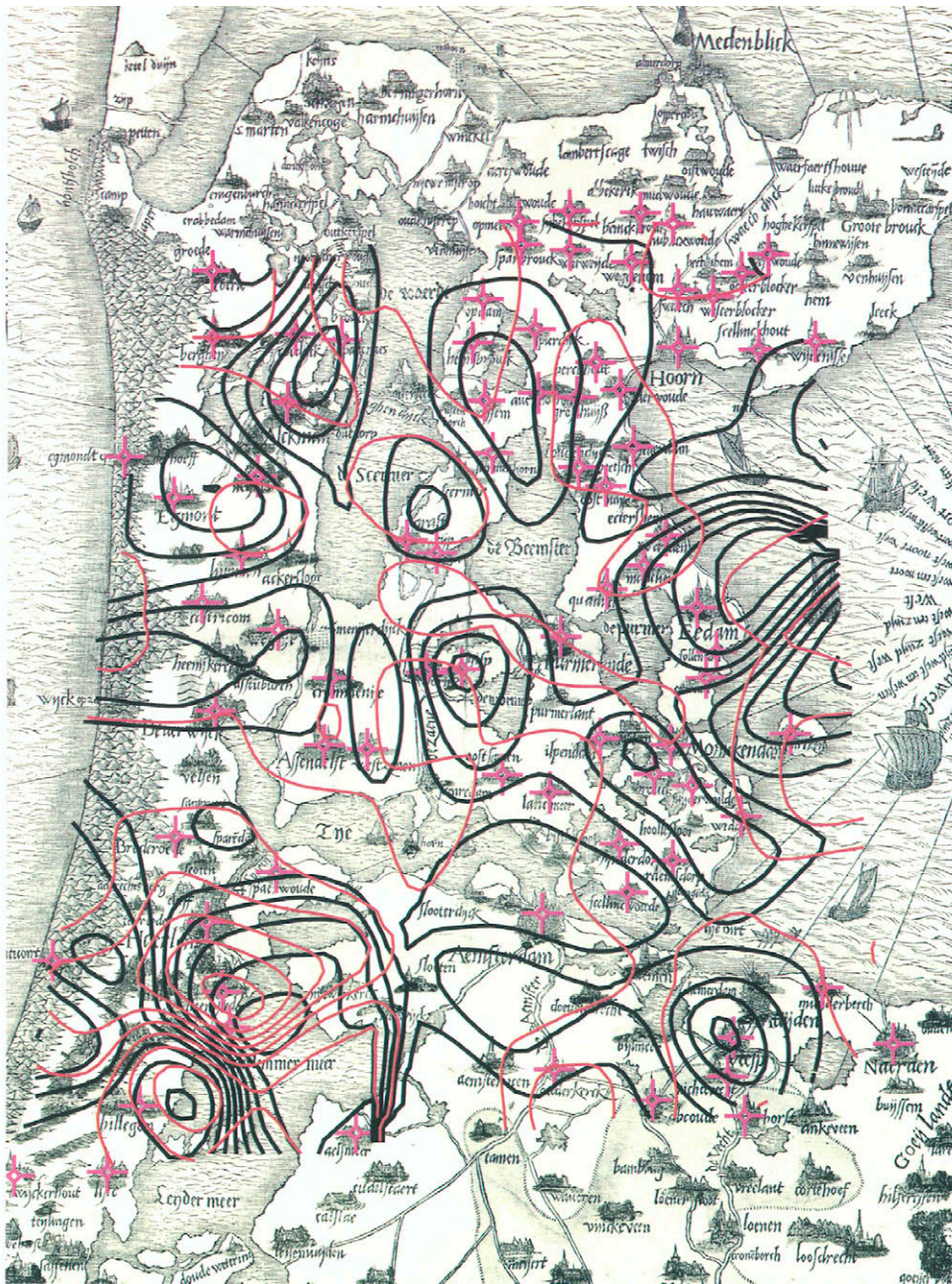
patroon van vectoren in dezelfde richting aanwijsbaar. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat er voor dit gebied drie bronkaarten zijn gebruikt (Ormeling & Heere, 2007). MapAnalyst registreert overigens alleen deze patronen. Verder onderzoek moet uitwijzen of er daadwerkelijk drie bronnen zijn gebruikt bij de vervaardiging van de kaart. Omdat de verplaatsingsvectoren de onnauwkeurigheid per punt aangeven, kan deze methode ook goed gebruikt worden om eventueel foutief geplaatste punten, bij het invoeren in MapAnalyst, op te sporen.

Uit het vervormingsgrid en de verplaatsingsvectoren is afgeleid dat de onnauwkeurigheid van de kaart sterk bepaald kan worden door een paar foutief gekarteerde punten. De cirkelmethode kan dit effect elimineren. Het beeld in figuur 5 komt in grote lijnen overeen met het vervormingsgrid. Wel springt hier het gebied rond Volendam / Edam er bijzonder sterk uit. Hier is bij de kartering dus iets aan de hand geweest.

MapAnalyst kan ook gebruikt worden bij de analyse van schaalverschillen en rotatie binnen de kaart. In figuur 6 verbinden de zwarte lijnen alle punten met een gelijke schaal en de rode lijnen verbinden alle punten met een gelijke rotatie. In het voorbeeld van een deel van de kaart van Holland door Jacob van Deventer is het beeld zeer rommelig en zijn er geen directe conclusies aan te verbinden.

Conclusie

MapAnalyst geeft kaarthistorici interessante opties voor de analyse en visualisatie van de planimetrische nauwkeurigheid van oude kaarten. Vergeleken met handmatige technieken vereenvoudigt en versnelt MapAnalyst de nauwkeurigheidanalyse en vergroot het de betrouwbaarheid ervan. De gebruiksvriendelijke interface vergemakkelijkt het gebruik van diverse, aanvullende, visualisaties binnen een betrekkelijk korte tijd. De software geeft de mogelijkheid van een interactieve exploratie van lokale variaties in schaal, verplaatsing en rotatie en heeft bewezen nuttig te zijn in de analyse van diverse oude kaarten. Meer informatie is te vinden op de website <http://mapanalyst.cartography.ch>, waarop ook de software is te downloaden, evenals voorbeelddata, handleidingen en overige documentatie. Nauwkeurighedsanalyses zijn hiermee voor een veel bredere groep onderzoekers toepasbaar geworden.



6. Schaal en rotatie

Literatuur

Beineke, D. (2001), *Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten*. München: Universität der Bundeswehr.
 Blakemore, M. & J.B. Harley (1980), *Concepts in the History of Cartography. A Review and Perspective*. In: *Cartographica* 17-4, blz. 1-120.
 Blonk, D. & J. Blonk-van der Wijst (2000), *Hollandia Comitatus: Een kartobibliografie van Holland*. 't Goy: HES & De Graaf Publishers

Depuydt, F. & J. Theelen (2000), *De metrische nauwkeurigheid van oude kaarten*. In: *Kartografisch Tijdschrift* 26-4, blz. 7-14.
 Forstner, G. & M. Oehrl (1998), *Graphische Darstellungen der Untersuchungsergebnisse alter Karten und die Entwicklung der Verzerrungsgitter*. In: *Geographica Helvetica* 17, blz. 35-43.
 Hardy, R.L. (1971), *Multiquadratic equations of topography and other irregular surfaces*. In: *Journal of Geophysical Research* 76-8, blz. 1905-1915.

**OPROEP:
EINDREDACTEUR
GEZOCHT**

De redactie van Caert-Thresoor is dringend op zoek naar versterking in de persoon van een eindredacteur. De taken van de eindredacteur bestaan uit het vijf à zes keer per jaar bijwonen van de redactievergaderingen, het vier keer per jaar het in elkaar zetten van Caert-Thresoor en

Jenny, B. (2006), *MapAnalyst – A digital tool for the analysis of the planimetric accuracy of historical maps*. In: *e-Perimtron* 1-3, blz. 239-245. Online www.e-perimtron.org
 Jenny, B., A. Weber & L. Hurni (2007), *Visualising the planimetric accuracy of historical maps with MapAnalyst*. In: *Cartographica* 42-1, blz. 89-94.
 Livieratos, E. (2006), *On the study of geometric properties of historical cartographic representations*. In: *Cartographica* 41-2, blz. 165-175.
 Mekenkamp, P.G.M. & O. Koop (1986), *Nauwkeurigheds-analyse van oude kaarten met behulp van de computer*. In: *Caert-Thresoor* 5-3, blz. 45-52.
 Ormeling, F.J. & E. Heere (2007), *De Atlas Amsterdam van Isaack de Graaf*. In: *Geo-Info: Tijdschrift voor Geo-Informatie Nederland* 4-7/8, blz. 268-273.
 Tobler, W.R. (1966), *Medieval distortions: The projections of ancient maps*. In: *Annals of the Associations of American Geographers*. 56-2, blz. 351-360.
 Tobler, W.R. (1994), *Bidimensional Regression*. In: *Geographical Analysis* 26-3, blz. 187-212.
 Weis, I. (1985), *Automatische Erstellung von Verzerrungsgittern alter Karten*. München: Technische Universität. [ongepubliceerd]

Summary

Visualization of planimetric accuracy in ancient maps with MapAnalyst / Bernhard Jenny & Elger Heere

MapAnalyst is a new software application for the visualization and study of the planimetric accuracy of old maps. It illustrates local map distortion by generating distortion grids, displacement vectors, and isolines of scale and rotation. MapAnalyst additionally computes the old map's scale and rotation, as well as statistical indicators summarizing the map's geometric accuracy. It offers a user-friendly interface and is freely available for all major computer platforms. This article describes MapAnalyst's functionalities and the steps leading to visualizations of a map's planimetric accuracy. As an example, accuracy visualizations generated for a part of the map 'Holland' by Jacob van Deventer (c. 1500-1575) are discussed.

het onderhouden van de contacten met de drukker. De eindredacteur moet zeer nauwkeurig kunnen werken en beschikt over goede organisatorische en contactuele eigenschappen. Belangstellenden kunnen contact opnemen met de redactie van Caert-Thresoor.