

# 3D-GEO-ICT BIJ EEN OPGRAVING IN EGYPTE

**Het oude Egypte: een wereld van verwondering met een erg boeiende geschiedenis en natuurlijk met prachtige monumenten. Hoe mooi is het om in zo'n omgeving met ons geo-ICT-werk bezig te kunnen zijn, waarbij we moderne technieken toepassen in een duizenden jaren oude omgeving? In Luxor werd dat voor ons werkelijkheid. In die stad hebben we een digitaal geogerefereerd 3D-model gemaakt van een graftombe.**

— DOOR ROBERT VOÛTE, HESSEL PRINS EN BART-PETER SMIT

**A**l jaren geleden is Robert Voûte begonnen om de oud-Egyptische taal te bestuderen, als hobby naast zijn werk als Vice President Consulting Geo-ICT. Het leren lezen van hiërogliefen speelt hierin een belangrijke rol. Deze hobby en de geodetische achtergrond van Robert zorgden ervoor dat hij werd uitgenodigd om naar Egypte te komen. Aan de American University in Caïro is hij les gaan geven in landmeetkunde. Daardoor leren studenten egyptologie hoe ze hun opgravingen op een goede manier kunnen vastleggen.

Robert is ook gastdocent bij de TU Delft, en in 2021 kwam het tot een samenwerking met de Universiteit Leiden. Hij werd namelijk gevraagd om zijn vakkennis en zijn hobby te combineren, en een digitaal geogerefereerd 3D-model te maken van een graf in Luxor, genaamd Theban Tomb 45 (TT45). Het veldwerk en onderzoek naar dit grafmonument wordt geleid door dr. Carina van den Hoven van het Nederlands Instituut voor het Nabije Oosten, Universiteit Leiden.

Het TT45 Project van de Leiden University Mission to the Theban Necropolis is gericht op het bestuderen en conserveren van het grafmonument, en op het archeologisch onderzoek in en rondom het graf, onder andere door het toepassen van niet-invasieve beeldtechnieken en digitale technologieën.



Meer informatie over het TT45 Project is te vinden op de website van Stichting Archeologisch Erfgoed Luxor.

## OEFFENEN VOOR VERTREK

Enkele besprekingen verder was geregeld dat Robert voor het maken van het 3D-model naar Egypte zou

gaan. In overleg met Carina is ervoor gekozen om half november 2022 twee weken te gaan meten in en rondom het graf. Dit alles werd gefinancierd door de Stichting Archeologisch Erfgoed Luxor, het Nederlands Instituut voor het Nabije Oosten, en het Leiden University Centre for Digital Humanities. Om er in Egypte niet alleen voor te staan, vroeg Robert aan CGI-collega's Bart Staats, Hessel Prins en Bart-Peter Smit om te helpen. Hessel en Bart-Peter zijn ook samen met Robert naar Egypte gegaan.

Zo'n project in het buitenland wil je graag voorbereiden door dichterbij huis een keer te oefenen. Daarom hebben we vooraf in samenwerking met het Rijksmuseum van Oudheden de Taffeh-tempel gescand. Dat is de tempel die in de ontvangsthal van het museum in Leiden staat. Het scannen van een echte Egyptische antiquiteit is



Het scannen van de Taffeh-tempel in het Rijksmuseum van Oudheden in Leiden.



Robert, Bart-Peter, Hessel en Carina in Egypte.

uiteraard een mooie klus, zeker als je de binnen- en buitenkant van het object kunt combineren tot één driedimensionaal geheel.

We hebben de tempel met dezelfde hulpmiddelen gescand die we ook in Egypte wilden gaan gebruiken. In totaal zijn we drie keer een uur voor openingstijd in Leiden aan het werk gegaan. We zijn daar ontzettend gastvrij ontvangen en konden direct al veel resultaten laten zien. Ook leidde dit tot verder overleg met het museum over tentoonstellingen, en ontdekten we een link met het onderzoek dat het museumteam op een andere plaats in Egypte uitvoert. Daar moesten we dus ook heen op onze reis!

## NAAR EGYPTE

Daar gingen we dan, in het vliegtuig naar Egypte. Voor Robert was Egypte na twaalf eerdere reizen bekend terrein, maar voor Hessel en Bart-Peter was het een compleet nieuwe ervaring. Om deze reden mocht het bezoeken van andere prachtige monumenten in Luxor en later in Caïro niet ontbreken.

In eerste instantie zouden we alle drie de reis op persoonlijke titel maken, vanuit onze gedeelde interesse voor Egypte en 3D-geo-ICT. CGI Nederland bood echter aan om ons een aantal vrije dagen te schenken, wat het uitvoeren van dit plan een stuk makkelijker maakte! Belangrijk daarbij waren de doelen van het plan: kennis overdragen, werken met eenvoudige hulpmiddelen en een zeer gedetailleerd 3D-model maken van een kwetsbare archeologische omgeving.

We kwamen om middernacht aan in Luxor, waar we onze bagage, inclusief alle meetapparatuur gelukkig snel en zonder veel gedoe door de douane kregen. De volgende dag was het wel even wennen aan het veel warmere klimaat en de drukte. Bovendien moesten we tijdelijke Egyptische simkaarten regelen met bijna 60 GB aan ruimte voor data, om een fotoverbinding met het thuisfront op te kunnen zetten.

## METHODE: 3D-SCANNEN EN REFERENTIEPUNTEN MAKEN

Daarna kon het echte werk beginnen, namelijk het scannen van het graf en het maken van nieuwe GNSS-basispunten. Voor het scannen van de tombe maakten we gebruik van twee technologieën: een 'goedkope' LiDAR-sensor en fotogrammetrie.

Fotogrammetrie is een techniek waarbij de overlap tussen een groot aantal foto's gebruikt wordt om diepte in te schatten. Omdat je een gewone camera gebruikt als scanner is voor deze methode weinig gespecialiseerde hardware nodig. Daarnaast is het maken van foto's 'non-invasief': de sensor is passief, je maakt gebruik van het al aanwezige licht. De beschikbaarheid van camera's en de passiviteit van de sensor zorgen ervoor dat Egyptische collega's ter plekke ook goed in staat zijn om de benodigde data voor zo'n 3D-model te verzamelen.

Het maken van de ongeveer drieduizend foto's heeft een aantal dagen in beslag genomen, omdat we eerst een laagje fijn woestijnstof van de vloer van het graf moesten verwijderen, en we verschillende keren terug zijn gegaan om meer detailfoto's te nemen. Het verwerken van de data heeft vervolgens ongeveer drie dagen aan rekentijd gekost.

## ALTERNATIEF VOOR FOTOGRAMMETRIE

Als alternatief voor fotogrammetrie hadden we een iPhone 12 Pro meegenomen. Deze telefoon beschikt over een eenvoudige LiDAR-sensor waarmee ook 3D-modellen gemaakt kunnen worden. In tegenstelling tot het fotogrammetrieproces is het gebruik van de iPhone een 'point and shoot'-proces; terwijl je aan het scannen bent zie je welk deel van de tombe je al gescand hebt, en welk deel je nog moet scannen. Het detail dat je uit de iPhone-scanner kan halen is lager dan een fotogrammetrieproces oplevert, maar wij vonden het interessant om te onderzoeken wat het verschil precies is en of er ook een hybride oplossing mogelijk is. Voor een snelle update zou je met de iPhone immers in een kwartiertje een nieuwe scan kunnen maken, waar je met fotogrammetrie al snel een ➤

aantal werkuren verder bent met het maken van foto's, en nog vele malen meer uren kwijt bent aan processing!

Ten slotte is er nog het aspect van georefereren; als je met behulp van LiDAR of fotogrammetrie een 3D-model maakt, dan doe je dat in een zogenaamd 'lokaal coördinatensysteem'. Zo'n coördinatensysteem heeft geen relatie met de echte wereld, wat betekent dat het gescande object in een soort lege ruimte zweeft zonder ruimtelijke context. Veel van de archeologische projecten in Egypte werken met zo'n lokaal coördinatensysteem om vondsten te registreren. De ruimtelijke context van vondsten is echter juist in Egypte belangrijk. De individuele monumenten staan niet op zichzelf, maar vormen onderdeel van een landschap waarin zich nog veel meer tombes, tempels, en andere archeologische structuren bevinden. Die monumenten hebben vaak een relatie met elkaar, en om die relatie in kaart te brengen kan juist de ruimtelijke context inzicht bieden.

Om ruimtelijke relaties tussen projecten inzichtelijk te maken, wilden we het 3D-model georefereren, wat inhoudt dat we het model wilden koppelen aan zijn plek in de echte wereld. Dat deden we door GNSS te gebruiken: Global Navigation Satellite Systems, waarvan GPS en Galileo voorbeelden zijn. Vanuit Nederland hadden we een GNSS-ontvanger met een kleine computer meegenomen, die de locatie tot op een centimeter nauwkeurig kan bepalen.

Deze nieuwe punten kunnen als basispunten gebruikt worden voor modellen in de directe omgeving, zodat ook nabijgelegen veldwerkprojecten hun vondsten eenvoudig in een globaal coördinatensysteem kunnen registreren. Zo zorgen de basispunten er niet alleen voor dat het 3D-model op de juiste plek op de aardbol komt te liggen (en teruggevonden kan worden als er een lading zand overheen schuift), maar ook dat het model eenvoudig aan andere nabijgelegen projecten gekoppeld kan worden.

## CONCLUSIE EN RESULTATEN

Zowel het 3D-scannen als het inmeten van nieuwe basispunten is boven verwachting goed gelukt. Het fotogrammetriemodel geeft de tombe digitaal weer tot op een detailniveau van millimeters, waarbij de basispunten ervoor zorgen dat we de absolute locatie van TT45 tot op de centimeter nauwkeurig te weten zijn gekomen. De iPhone-LiDAR-scanner blijkt daarnaast veelbelovend voor het maken van snelle, iets minder gedetailleerde scans.

Wel waren er praktische drempels die we moesten overwinnen. Zo raakte de GNSS-ontvanger oververhit door de zon, en werken in het graf was een uitdaging vanwege de omstandigheden: het licht dat de tombe binnenvalt veranderde gedurende de dag, en de plafonds zijn laag, waardoor Robert zijn hoofd hard stootte, waarna hij de rest van de tijd met een bouwhelm op heeft gelopen!

De resultaten zijn deels al gepresenteerd op de 'Theban Archaeology Meeting' in november 2022, waar ze erg positief werden ontvangen. Helaas kunnen we de 3D-modellen op dit moment nog niet met jullie delen vanwege een tijdelijk embargo van de Egyptische overheid. We zijn door Carina al wel gevraagd om de archeologische voortgang in en rondom TT45 in te scannen. Daarop konden we maar één ding zeggen: dit smaakt naar meer! 🌐



De GNSS-opstelling.



Foto's maken en markers aanbrengen in de tombe.

## BIJDRAGEN AAN DIT UITDAGENDE GEODETISCHE WERK?

Heb je dit artikel met interesse gelezen? Het werk gaat door, en daar kun je aan bijdragen! Het hele geoteam (Hessel, Bart-Peter en ondergetekende) hoopt in november 2023 nogmaals (vrijwillig) te kunnen werken aan het onderzoek aan dit graf. De stichting Archeologisch Erfgoed Luxor ([stichtingael.nl/about-the-foundation](http://stichtingael.nl/about-the-foundation)) financiert een deel van dit onderzoek, maar is voor onkosten en wellicht de aanschaf van apparatuur op zoek naar donoren. Ook gebruiken we geld om kennis over te dragen aan Egyptische medewerkers van het project. Op de website staat hoe je geld kunt doneren aan de stichting (met ANBI-status).

Graag vertellen we in een volgende editie van Geo-Info over de voortgang van het project. Daarnaast kun je wetenschappelijke artikelen van ons team verwachten. Het eerste wordt in juni van dit jaar gepresenteerd op de AGILE-conferentie in Delft. Het is fantastisch om te merken hoe ons werk tot enthousiasme leidt. Wil je ons helpen om dit uitdagende geodetische werk voort te zetten?

Robert Voûte



### ROBERT VOÛTE

is Junior Research Associate  
bij de TU Delft.  
[r.voute@tudelft.nl](mailto:r.voute@tudelft.nl)



### HESSEL PRINS

is software engineer  
Geo-ICT bij CGI Nederland.  
[hessel.prins@cgi.com](mailto:hessel.prins@cgi.com)



### BART-PETER SMIT

Is Geo-ICT business  
consultant.  
[bart-peter.smit@cgi.com](mailto:bart-peter.smit@cgi.com)