Van fotogrammetrie model naar 3D print

Een handleiding voor het omzetten van een onderwater-fotogrammetrie model naar een 3D geprint model.





Ernie de Jonge, Versie 1.0

1 Voorwoord

Deze handleiding beschrijft de stappen om van een 3D fotogrammetrie model gemaakt in bijv Agisoft Photoscan of RealityCapture, een printable 3D model te maken. Deze pakketten produceren een surface mesh zonder dikte, waardoor het fysieke 3D printen niet mogelijk is. Het omzetten van een surface mesh naar een solid mesh model met voldoende dikte om te printen, is dan ook de uitdaging. Temeer omdat deze fotogrammetrie modellen niet de meest perfecte opbouw van hun mesh hebben, vraagt het omzetten naar een sluitend solid model een nauwkeurige werkwijze met ingebouwde reparatie stappen.

De handleiding is tot stand gekomen na een intensief zoekproces naar het juiste pakket waarmee de klus geklaard kan worden en vervolgens via een trial & error traject de juiste tweaking en settings zijn gevonden. Een belangrijke factor in de beoordeling of het geproduceerde solid model ook printable is, is de gehanteerde printtechnologie en materiaalkeuze. Hier is gekozen voor een on-line print service welke ondersteuning biedt middels tutorials, analyse tools en een uitgebreid assortiment betaalbare printmaterialen en technologieën.

Dit document beoogd niet compleet en volledig te zijn, maar vooral een hands-on beschrijving van de te doorlopen stappen en aandachtspunten. Een traject waar de geïnteresseerde gebruiker zich door oefening, zich de benodigde vaardigheid kan eigen maken. De beschreven werkmethode sluit prima aan bij de handleiding *Fotogrammetrie onder water* van Hans van der Weide. In eerste instantie is dit document dan ook bedoeld voor de enthousiaste onderwater archeoloog die zijn gevonden wrakje graag 3D geprint wil presenteren.

Aanvullingen, correcties en gebruikservaringen met deze handleiding zijn van harte welkom. Het delen van deze kennis geeft ons als onderwater archeologen een fantastische tool om vondsten op een boeiende wijze te presenteren.

Ernie de Jonge

Secretaris Stichting Maritieme Archeologie Serenity Diving erniedejonge@stichtingmaritiemearcheologie.nl

Februari, 2018.



2 Inhoudsopgave

1	Voo	rwoord1						
3	Inle	iding 3						
4	Soft	oftware						
	4.1	Selectie	3					
	4.2	Download en systeemeisen	4					
	4.3	Tutorials	4					
	4.4	Tips	4					
5	Woi	rkflow van surface mesh naar solid mesh in Meshmixer5						
	5.1	Stap 1: Mesh model importeren uitlijnen/schalen	5					
	5.2	Stap 2: Opschonen/herstellen defecten	7					
	5.3	Stap 3: Extruderen naar een solid mesh	8					
	5.4	Stap 4: Opschonen/herstellen layers	11					
	5.5	Stap 5: 1e en 2e layer samenvoegen tot solid mesh	14					
	5.6	Stap 6: Optimaliseren solid mesh	15					
	5.7	Stap 7: Toevoegen objecten aan model	18					
	5.8	Stap 8: Exporteren	20					
	5.9	Quick Reference Chart	21					
6	On-	line 3D printen met Shapeways.com 22						
	6.1	Uploaden	22					
	6.2	Beoordeling en aanpassingen printbaarheid	22					
	6.3	Materiaalkeuze	24					
	6.4	Bestelling plaatsen	26					
7	Ger	Geraadpleegde bronnen						

3 Inleiding



3D Fotogrammetrie modellen zijn opgebouwd uit een mesh voor de vormgeving en een texture voor de kleur. Een mesh is een "gaaswerk" bestaande uit faces (triangles), hoekpunten (vertex-vertices) en randen (edges). Afhankelijk van de mate van detail en omvang van het model, kan het aantal faces (triangles) liggen tussen de 50.000 of tot >1.000.000. Het mogelijk duidelijk zijn het bewerken van 1.000.000 faces aanzienlijk meer rekenkracht en resources vergt van de computer, dan 50.000. Een voorzichtige benadering voor de juiste grootte is dan ook raadzaam. Het oplossend vermogen van 500.000 is in veel gevallen ruim voldoende en meer dan een 3Dprint kan weergeven.

Een fotogrammetrie mesh is niet direct 3D printbaar, omdat het een representatie is middels een vlak/surface zonder dikte. Door middel van een extrudeer bewerking in de CAD software wordt er laagdikte gecreëerd. Deze laag wordt dan opnieuw rondom beschreven door een mesh. Zo wordt de surface mesh omgebouwd naar een solid mesh. Belangrijke voorwaarde is dat deze solid mesh gesloten is (water tight). Daar zit dan ook de moeilijkheid om een grillig fotogrammetrie mesh gesloten te krijgen. De keuze van de dikte van de laag hangt af van de minimaal vereiste wanddikte bij het 3D printen, de gewenste stevigheid van het model en de mate van detaillering. In de praktijk geeft een minimale dikte van 2mm goede resultaten.

Na een korte beschrijving van het selectieproces van de CAD software, wordt in hoofdstuk 5 de te hanteren workflow in het pakket Autodesk Meshmixer in detail behandeld. In de laatste paragraaf 5.9 van dit hoofdstuk is de workflow nogmaals samengevat in een Quick Reference Chart.

Tot slot in hoofdstuk 6 de resultaten/mogelijkheden van het on-line 3D-printen van het model. Zeker voor de eerste voorzichtige "probeersels" een goed en voordelig alternatief om mee te starten.

4 Software

4.1 Selectie

Vanuit de grote variëteit aan beschikbare CAD software die met 3D modellen en meshes kunnen omgaan heb ik een keuze gemaakt op basis van:

- Free software, geen trial versies
- Bedieningsgemak, beperkte complexiteit
- Beschikbaarheid tutorials
- Kan de klus (van mesh naar solid) binnen het pakket geklaard worden

De pakketten die ik hierop bekeken heb zijn:

- 1. Autodesk Meshmixer
- 2. Blender (open source)
- 3. Meshlab (open source)

Mijn keuze is Meshmixer geworden vanwege:

- Krachtige analyse en reparatie tools
- Overzichtelijke/beperkte functionaliteit: "perfect for the job"
- Goede tutorials en on-line help-functies

De andere pakketten hebben een overkill aan functies, voor functionaliteiten die voor ons doel niet nodig zijn. Ondanks het vele puzzelen kreeg ik het uiteindelijk in deze pakketten niet voor elkaar. Dat wil niet zeggen dat het niet mogelijk is, maar dat het nog een intensieve speurtocht vergt voor de juiste workflow.

4.2 Download en systeemeisen

Meshmixer is te downloaden van de officiële Autodesk site: <u>https://www.meshmixer.com/download.html</u> en is beschikbaar voor zowel Windows als MAC systemen

https://www.meshmixer.com/download.html
Meshmixer 3.4 is now available!
WINDOWS
To report a bug please use our online form. To learn how to use Meshmixer visit mmmanual.com and meshmixerforum.com.
System Requirements
Microsoft Windows 7 or later <i>or</i> OS X / macOS 10.7 or later 4GB system RAM Integrated or discrete graphics card with latest drivers

4.3 Tutorials

Op Youtube zijn een groot aantal channels met tutorials. Onderstaande heb ik gebruik:

The Makers Muse: <u>https://www.youtube.com/user/TheMakersMuse</u> Meshmixer: <u>https://www.youtube.com/user/meshmixer/featured</u> Bigfilsing: <u>https://www.youtube.com/user/bigfilsing/feed</u>

4.4 Tips

Om in Meshmixer handig in en rondom het model en faces te kunnen navigeren, onderstaande tips:

- → Muisknop rechts ingedrukt houden: het model kan om het centerpunt heen gesleept worden.
- → Instellen centerpunt: met left-click muis positie aanwijzen, daarna letter c intoetsen.
- → Inzoomen: scrollwiel muis.

5 Workflow van surface mesh naar solid mesh in Meshmixer

5.1 Stap 1: Mesh model importeren uitlijnen/schalen







5.2 Stap 2: Opschonen/herstellen defecten



Analysis InspectorOptioneel Select Edit Erase Fill (F)



5.3 Stap 3: Extruderen naar een solid mesh



•Select gehele mesh •Select Extrude (offset: -2mm, direction: Normal)

•Select Edit Separate







5.4 Stap 4: Opschonen/herstellen layers





Bovenste mesh onzichtbaar gemaakt in Object Browser. Roze is de (goede) achterzijde van de mesh. Grijs zijn inverted faces die gerepareerd dienen te worden. Deze geven dunne laagdiktes of gaten in de solid Na opschonen van de onderste mesh mogen er zowel geen roze als grijze faces meer zichtbaar zijn door de bovenste mesh.





5.5 Stap 5: 1e en 2e layer samenvoegen tot solid mesh



Selecteer in Object Browser beide meshesEdit CombineEdit Close Cracks



5.6 Stap 6: Optimaliseren solid mesh



Analysis Inspector

•Edit Make Solid (Solid Type: Accurate/Sharpe Edge, Cell size: ca 0,3mm) •Analysis Inspector

•Edit Align







5.7 Stap 7: Toevoegen objecten aan model



Meshmix Primitives InvoegenTransform afmetingen en positie

- Selecteer in Object Browser de solid objecten
- •Edit Combine + Analysis Inspector





5.8 Stap 8: Exporteren



•Optioneel Analysis Thickness •Exporteer als STL Binary file



5.9 Quick Reference Chart

Hieronder een compacte samenvatting van de workflow met de relevante bewerkingen en instellingen.



6 On-line 3D printen met Shapeways.com

6.1 Uploaden

Na het aanmaken van een account in <u>www.shapeways.com</u> kan gelijk een model ge-upload worden. De website is geoptimaliseerd voor Google Chrome. Microsoft Edge ondersteunt niet alle functionaliteiten. Er kan ingelogd worden via een bestaand Google of Facebook account of een nieuw aan te maken account.

shapeways*	Marketplace	My Workshop					All Pro	oducts 🔻	Search
UPLOAD			My M	lodels					
MY WORKSHOP			Newest	٠	Search My Models			Show L	Inprintable Models
Models									
🗄 Open A Shop				Model	lame	Material & Finish	Price	Qty	
🕱 Creator Apps				Upload a new	model. Click or drag a 3d i	model.			Units Millimeters 🔻
MMUNITY									
a Forums				Color Test_hi	res-8mm(250k)_OBJ	White Strong & Flexible •	\$39.13	1	ADD TO CART
Feed				Edit 3D tools	Delete				
3 Magazine				Color Test_hi	res-8mm(250k)_STL				
Hire-A-Designer			-1745	Edit 3D tools	Delete	White Strong & Flexible	\$39.14	1	ADD TO CART
Recruit A Friend				1					
				Fdit 3D tools	Delete	White Strong & Flexible 🔹	\$449.33	1	ADD TO CART
DOLS & INFO			_	Lon So tools	bulete				
Materials				Test_hires(2r	nm_cellsize 1mm)			-	100 70 0107
əˈ: Tutorials			-	Edit 3D tools	Delete	White Strong & Flexible	\$112.53	1	ADD TO CART
Help Center									

Tijdens het up-loaden tot een maximum grootte van 65Mb, wordt het model geanalyseerd en beoordeeld op printbaarheid. Hierdoor kan het uploadproces enkele minuten duren.

6.2 Beoordeling en aanpassingen printbaarheid

Als het uploaden afgerond is, is het model opgenomen in het overzicht en wordt ook de prijs vermeld voor het printen. Met een laagdikte van 2mm en een schaalgrootte 15cm: \$31 in dit voorbeeld, schaalgrootte 30cm: \$186. Een laagdikte van 10mm en schaalgrootte 30cm: \$450. Ga naar EDIT voor verdere beoordeling en aanpassingen van het resultaat.

My Models

Newest	▼ Search My Model	Show Unprintable Models				
	Model Name	Material & Finish	Price	Qty		
\bigcirc	Upload a new model. Click or drag	a 3d model.			Units	Millimeters
	Handleiding_stap8	White Strong & Elevible	\$21.00	1	AD	D TO CART
	Edit 3D tools Delete	White Strong & Flexible	\$31.00	1	AD	DTOCART

In het <u>EDIT scherm</u> kunnen de afmetingen van het model worden aangepast en is het resultaat van de auto-checks zichtbaar. (Groen Check, Rood Kruis of Geel View issues). De uitkomsten verschillen per materiaalsoort. De meest waarschijnlijke afwijking heeft te maken met Wall Thickness. In het <u>3D TOOLS</u> scherm kan verder ingezoomd op de afzonderlijke auto-checks. Click daartoe op het betreffende item in de linker kolom. In dit voorbeeld is Wall Thickness uitgelicht. Met een zogenaamde Heatmap zijn de (te)dunne plekken in het rood aangegeven. Zolang dit afzonderlijke kleine spots zijn op niet kritische constructieve plekken, kan het model geprint worden: "print as it is". Dit gaat alleen op voor het auto-check resultaat Geel View Issues. Zoniet dan zullen de weak-spots in Meshmixer moeten worden gerepareerd. Door met de cursor op het model spots aan te wijzen, is de laagdikte in de rechter thermometer uit te lezen.

EDIT scherm

	Marketplace M	4y Workshop							All Products	Search	
UPLOAD	Handle	eiding_stap8	3 1								
MY WORKSHOP											
Models			FILE								
🕀 Open A Shop			Handleiding_stap8	.stl		G UPDAT	E				
🛠 Creator Apps			SIZE (cm)						P.C.M.		
COMMUNITY			15.028	7.81	2.2 RE	SIZE		1	C A A	an in the second	Ŵ
දිං Forums			CATEGORY	Y	Z			l.	de Torr	2	
Feed			Aircraft		•					and a second	
Magazine											
A Hire-A-Designer											
-			SHOW DETAILS								
TRecruit A Friend			Materials D	Petails	History						
Recruit A Friend			Materials D	oetails	History						
Recruit A Friend OOLS & INFO Materials			Materials D Show All Materials	Details	History & Flexible Plastic	Metallic F	Plastic Frosted D	etail Plastic Ac	rylic Plastic (Detail F	Plastic)	Stainless Steel
Recruit A Friend rools & INFO g Materials 향 Tutorials			Materials D Show All Materials Precious Metal	Details Strong 8 Sandstone	History & Flexible Plastic Wax Porcel	Metallic F ain Alum	Plastic Frosted Dr ninum High Defin	etail Plastic Ac	rylic Plastic (Detail F PLA HP Nylon Pla	Plastic) :	Stainless Steel
∰ Recruit A Friend ©OLS & INFO Materials Ŭ Tutorials O Help Center			Materials D Show All Materials Precious Metal	Details Strong & Sandstone	History & Flexible Plastic Wax Porcel	Metallic F ain Alum	Plastic Frosted D	etail Plastic Ac ition Acrylate F	rylic Plastic (Detail f PLA HP Nylon Pla	Plastic) stic	Stainless Steel
∰ Recruit A Friend TOOLS & INFO Materials ∰ Tutorials ∰ Help Center			Show All Materials D Show All Materials Precious Metal	Details Strong 8 Sandstone	History & Flexible Plastic Wax Porcel	Metallic F ain Alum ING ORIENTA	Plastic Frosted D ninum High Defin	etail Plastic Ac ition Acrylate F	rylic Plastic (Detail F PLA HP Nylon Pla	Plastic) astic	Stainless Steel
∰ Recruit A Friend TOOLS & INFO Materials ∰ Tutorials ∯ Help Center			Show All Materials D Show All Materials Precious Metal Strong & Flexib OVERVIEW	Details Strong & Sandstone Ie Plastic	History & Flexible Plastic Wax Porcel	Metallic F ain Alum ING ORIENTA	Plastic Frosted Di ninum High Defin	etail Plastic Ac	rylic Plastic (Detail F PLA HP Nylon Pla COMMON USES	Plastic) s	Stainless Steel
A Recruit A Friend :00LS & INFO Materials ∰ Tutorials ∰ Help Center			Show All Materials D Show All Materials Precious Metal Strong & Flexib OVERVIEW This nylon plastic suggested for bo products.	Sandstone le Plastic : is our most th functiona	History 8. Flexible Plastic Wax Porcel SET 3D PRINT t versatile materia al and decorative	Metallic F ain Alum ING ORIENTA	Plastic Frosted D inum High Defin ATION CHARACTERISTICS • Strong and durabl • Supports complex	etail Plastic Ac ition Acrylate f e geometry	rylic Plastic (Detail I PLA HP Nylon Pla OMMON USES • Phone cases • RC car chassis • Jewelry	Plastic) astic	Stainless Steel
B Recruit A Friend ○OLS & INFO Materials G Tutorials O Help Center			Materials D Show All Materials Precious Metal Strong & Flexib OVERVIEW This nylon plastic suggested for bo products. Material Finis	Strong 8 Sandstone le Plastic	History & Flexible Plastic Wax Porcel SET 3D PRINT t versatile materi al and decorative Auto 1	Metallic F ain: Alum ING ORIENTA al	Plastic Frosted D vinum High Defin High Defin Atton CHARACTERISTICS • Strong and durabl • Supports complex Manual Checks	etail Plastic Acc lition Acrylate f e : geometry Success Rate	PLA HP Nylon Pla COMMON USES • Phone cases • RC car chassis • Jewelry Price	Plastic) sstic	Stainless Steel TECHNOLOGY Selective Laser Sintering
∰ Recruit A Friend			Show All Materials Decision Show All Materials Decision Metal Strong & Flexib OVERVIEW This rylon plastic suggested for bo products.	Strong & Strong & Sandstone le Plastic : is our most th functiona sh	History & Flexible Plastic Wax Porcel SET 3D PRINT at versatile materia al and decorative Auto of Auto of View	Metallic F ain Alum ING ORIENTA al	Plastic Frosted D High Defin High Defin XTION CHARACTERISTICS • Strong and durabl • Supports complex Manual Checks	etail Plastic Ac ition Acrylate f e : geometry Success Rate	COMMON USES PLA HP Nylon Pla PDD A HP Nylon Pla Phone cases • RC car chassis • Jewelry Price \$31.00	Plastic) astic	Stainless Steel TECHNOLOGY Selective Laser Sintering ADD TO CAR

3D TOOLS scherm

shapeways*	М	Marketplace My Workshop	All Products 🔻	Search
« Back to model	3D too	ols for White Strong & Flexible •		BUY NOW \$31.00
Material Overview		SCALE CLIP		
ON UPLOAD WE AUTOMATICALLY	CHECK			
Mesh Integrity & Repair	~			
Bounding Box	4			
Wall Thickness	4			
Loose Shells	~	and the second se		
Part Count (1)		AS A		
Machine Space		for the second	Rem	
AFTER PURCHASE WE MANUALLY	CHECK		The stand for	
Wire Thickness				Ser France
Details	-			and the
Text	—	the second second	N.S.	
Part Clearance	-	the state of the s		
Structural Integrity			and the second	the star
Escape Holes	-		And the state	A
Content Policy	-			
			The Real	and the second se

AUTO CHECK: Wall Thickness



SPOT meting laagdikte op de Heatmap



6.3 Materiaalkeuze

Er is een groot aanbod van verschillende materiaalsoorten en printtechnologieën bij Shapeways beschikbaar: diverse plastics, metalen, edelmetalen en keramiek. Voor onze toepassing zijn plastics het meest geëigend. Drie belangrijke printtechnologieën met bijbehorende kunststoffen zijn te onderscheiden. Hieronder de verschillen voor 1 model van ca 15 x 8 x 3cm uitgewerkt.

Nr	Technologie	Type plastic	Min wanddikte	Prijs
1	Material Extrusion	PLA plastic	1.0mm	\$22,12
2	Selective laser sintering	Nylon	0.7mm	\$33,30
3	Multi Jet Fusion	HP Nylon	0.4-0.5mm	\$69,01

Technologie #1					
PLA OVERVIEW PLA plastic is a basic plastic recor functional, decorative and prototy	LA IVERVIEW PLA plastic is a basic plastic recommended for unctional, decorative and prototype products.			COMMON USES • Cosplay and Props • Fixtures • Prototypes	TECHNOLOGY Material Extrusion
Material Finish	Auto Checks	Manual Checks	Success Rate	Price Qt	y.
Black View 3D tools	View Issues			\$22.12	ADD TO CART
Technologie #2					
Strong & Flexible Plastic	ET 3D PRINTING ORIEN	TATION			
OVERVIEW This nylon plastic is our most vers suggested for both functional and products.	OVERVIEW This nylon plastic is our most versatile material suggested for both functional and decorative products.		CHARACTERISTICS Strong and durable Supports complex geometry 		TECHNOLOGY Selective Laser Sintering
Material Finish	Auto Checks	Manual Checks	Success Rate	Price Qty	1.
White View 3D tools	View Issues	Passed	100%	\$33.30 1	ADD TO CART
Technologie #3				,	
HP Nylon Plastic					
OVERVIEW This nylon plastic has excellent material properties and is recommended for mechanical and functional products.		CHARACTERISTICSSuperior strengthImproved properties in the z-axisSupports complex geometry		COMMON USESFixturesRC car chasesMechanical parts	TECHNOLOGY Multi Jet Fusion
Material Finish	Auto Checks	Manual Checks	Success Rate	Price Qt	у.
Gray View 3D tools	V Passed			\$69.01 1	ADD TO CART

Technologie #2 met het witte strong & flexible plastic is een goed compromis qua prijs, kwaliteit en printresolutie voor het printen van onze archeologische vondsten. Het heeft een egaal gelijkmatig oppervlak en is tevens goed te bewerken en te verfen met airbrush verf van bijvoorbeeld Vallejo.



6.4 Bestelling plaatsen

Indien het model naar wens is kan het in de winkelwagen geplaatst worden. Betaling kan met Paypal of Creditcard. Ideal betaling is niet mogelijk. De webshop is prima georganiseerd met bestelbevestigingen, voortgangrapportages, track & trace etc. Indien het model na praktijkbeoordeling toch niet printbaar blijkt te zijn, vind er direct een refund van het gestorte bedrag plaats.



De modellen worden in Eindhoven (NL) geprint en worden gemiddeld binnen 4-5 werkdagen geleverd.

7 Geraadpleegde bronnen

Fotogrammetrie onder water: versie: 4.0 Hans van der Weide On-line manual Meshmixer: <u>http://www.mmmanual.com</u> On-line tutorials Shapeways: <u>https://www.shapeways.com/tutorials</u> Youtube kanalen: The Makers Muse: <u>https://www.youtube.com/user/TheMakersMuse</u> Meshmixer: <u>https://www.youtube.com/user/TheMakersMuse</u> Bigfilsing: <u>https://www.youtube.com/user/bigfilsing/feed</u>