

**Marcin Pilat**  
**Łukasz Sobaszek**  
**Łukasz Wojciechowski**

Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych  
Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska  
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36  
marcin.pilat@gmail.com  
l.sobaszek@pollub.pl  
l.wojciechowski@pollub.pl

## **Porównanie rezultatów tworzenia modeli cyfrowych za pomocą skanerów 3D**

### **1. Wstęp**

Obrazowanie 3D obejmuje wszechstronne oraz nowoczesne rozwiązania przestrzennego odwzorowywania obiektów rzeczywistych znajdujące zastosowanie w wielu obszarach – m.in. w przemyśle maszynowym do inżynierii odwrotnej, w archiwizowaniu zbiorów dzieł sztuki, w medycynie do planowania zabiegów chirurgicznych i innych [1, 6, 9, 11, 13]. Wraz z rosnącą popularnością technologii 3D coraz częściej spotyka się producentów oferujących szeroki asortyment skanerów 3D. Duża konkurencyjność sprawia, iż firmy produkujące sprzęt tego typu proponują coraz nowocześniejsze rozwiązania [10].

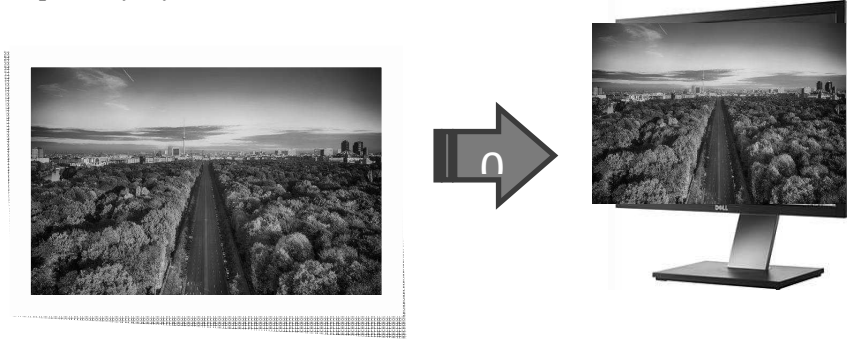
Celem niniejszej pracy jest ocena rezultatów procesu skanowania 3D, a także analiza parametrów wykorzystanych skanerów. W artykule przedstawiono oraz przeanalizowano rezultaty tworzenia modeli cyfrowych za pomocą ręcznych skanerów 3D. Zakres pracy obejmuje omówienie idei skanowania 3D, przedstawienie charakterystyk wykorzystanych skanerów firmy Artec oraz szczegółowe zaprezentowanie metodyki procesów skanowania, obróbki modeli cyfrowych oraz analizę otrzymanych rezultatów.

### **2. Skanowanie 3D**

Idea skanowania 3D jest rozwinięciem idei skanowania 2D. Skanowanie 2D działa na zasadzie odbicia światła od płaszczyzny. Odbite od obrazu światło pada na elementy optyczne głowicy skanera i jest następnie rekonstruowane przez procesor na postać cyfrową (rysunek 1) [12].

Do zamiany obrazu rzeczywistego na jego cyfrowy odpowiednik skaner musi posiadać odpowiednie elementy budowy: źródło światła białego (diody lub

światłówka), lustra potrzebne do obijania padającego światła, skupiające promienie soczewki, elementy CCD (Charge-Coupled Device) przechwytyjących odbite światło, przetwornik ADC (Analog-Digital Converter) zamieniający sygnał z elementów CCD na cyfrowy i silnik krokowy, przesuwający wszystkie elementy wzdłuż płaszczyzny skanowania [12].



**Rys. 1.** Idea skanowania 2D [opracowanie własne]

Jednym z ograniczeń klasycznych skanerów 2D jest możliwość przenoszenia do postaci cyfrowej jedynie płaskich obrazów. Skanery 3D oprócz przenoszenia obrazu przenoszą również model skanowanego przedmiotu. Tylko przy użyciu skanerów 3D możliwe jest zobaczenie na monitorze komputera rzeczywistego przedmiotu w postaci trójwymiarowego modelu. Skaner tworzy cyfrowy obraz pobierając dane geometryczne z powierzchni przedmiotu. W zależności od zasady działania skanery 3D dzieli się na dotykowe oraz bezdotykowe [8].

Skanery dotykowe tworzą cyfrowy model przesuwając głowicę pomiarową po powierzchni skanowanego elementu. Jest więc to metoda inwazyjna, mogąca uszkodzić skanowany przedmiot. Wykorzystuje się do tego sondę pomiarową umieszczoną na maszynie współrzędnościowej lub ramieniu pomiarowym. Jest to zalecana metoda skanowania, jeżeli konieczne jest bardzo dokładne zeskanowanie powierzchni i ewentualne uszkodzenie powierzchni nie będzie posiadało istotnego wpływu [8].

Skanery bezdotykowe wysyłają wiązkę promieni na skanowany obiekt, a następnie za pomocą kamery rejestrują punkty odbicia światła (rys. 2). Punkty te tworzą chmurę punktów, która jest przetwarzana na część cyfrowego modelu. Jest to metoda bezinwazyjna nie wymagająca kontaktu skanera ze skanowanym przedmiotem. Jest ona niezastąpiona w przypadku skanowania bardzo delikatnych przedmiotów [1, 7, 8].



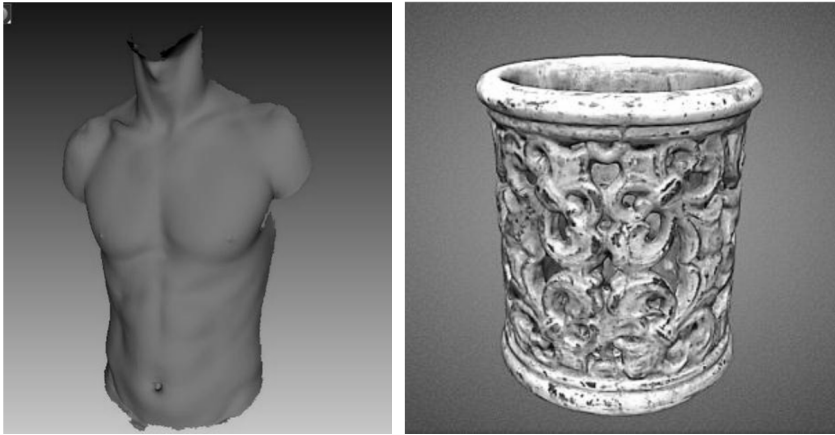
Rys. 2. Skanowanie 3D metodą bezdotykową [5]

### 3. Specyfikacja skanerów firmy Artec

**Artec EVA** prezentowany jest przez producenta jako najszybszym i bezkonkurencyjnym skaner do trójwymiarowego odwzorowywania przedmiotów, a zwłaszcza ludzi. Klatki skanowania są wyrównane automatycznie i sprawiają, że skanowanie jest łatwe i szybkie. Cały proces odbywa się w czasie rzeczywistym. Jest to szczególnie ważne podczas badań medycznych i biomechanicznych. Ze względu na wysoką jakość odwzorowania tekstury, modele mogą być wykorzystywane w takich branżach jak animacja komputerowa, kryminalistyka czy medycyna [3, 10]. Jest również najlepszym narzędziem do bezpiecznej i bezdotykowej digitalizacji zbiorów muzealnych. Pozwala opracować dokładną dokumentację mierzonego obiektu, a następnie stworzyć jego kopię za pomocą techniki druku 3D [2, 3]. Pozwala on również tworzyć trójwymiarowe wizualizacje, które następnie można umieścić na stronie internetowej. Wyniki skanowania mogą być dalej przetwarzane za pomocą popularnych narzędzi służących do edycji i obróbki modeli 3D [3].

**Artec Spider** jest skanerem skonstruowanym z myślą o technice CAD. Jest przeznaczony do inżynierii odwrotnej, projektowania produktu, kontroli jakości i produkcji masowej. Skaner Spider jest najbardziej efektywny podczas odzwierciedlania obiektów małej wielkości (charakteryzujących się skomplikowanymi szczegółami, ostrymi krawędziami, cienkimi żebrami). Świetnie nadaje się do kontroli jakości produktów. Wysoka rozdzielczość i dokładność sprawiają, że jest to idealne narzędzie pomiarowe pozwalające spełnić wymagania dotyczące jakości i wyeliminować błędy produkcyjne [4, 10]. Artec Spider umożliwia także tworzenie scen grafiki komputerowej dzięki znakomitemu poziomowi odwzorowania kolorów i tekstur (rys. 3). Uzyskane w procesie skanowania skanerem Spider modele mogą być wykorzystane w wielu gałęziach przemysłu [2, 11].

Porównanie parametrów technicznych zastosowanych skanerów zostało przedstawione w tabeli 1.



Rys. 3. Zastosowania skanerów podane przez producenta [10]

Tab. 1. Specyfikacja skanerów firmy Artec [2, 3, 4]

	Artec Eva	Artec Spider
Zapis tekstury	TAK	TAK
Rozdzielczość 3D, do	0.5 mm	0.1 mm
Dokładność punktu 3D, do	0.1 mm	0.05 mm
Dokładność 3D na odległość, do	0.03% na 100 cm	
Rozdzielczość tekstury	1.3 mp	1.3 mp
Kolory	24 bpp	24 bpp
Źródło światła	Lampa LED – światło białe	Lampa LED – światło niebieskie
Liniowe pole widzenia (najmniejszy zakres)	214 mm x 148 mm	90 mm x 70 mm
Liniowe pole widzenia (największy zakres)	536 mm x 371 mm	180 mm x 140 mm
Kątowe pole widzenia	30x21°	30x21°
Odległość pracy	0.4 – 1 m	0.17 – 0.3 m
Klatek video, do	16 fps	7.5 fps
Czas ekspozycji	0.0002 s	0.0005 s
Prędkość akwizycji danych, do	2 000 000 punktów/s	1 000 000 punktów/s

#### 4. Stanowisko badawcze

W celu uzyskania jak najbardziej miarodajnych wyników pomiaru, zastosowano kilka rozwiązań mających na celu wyeliminowanie negatywnego wpływu ewentualnych czynników losowych podczas przeprowadzania eksperymentu (rys. 4.).

Pierwszym z nich było zastosowanie statywu na którym umieszczane były skanery. Oba skanery są skanerami ręcznymi co oznacza, że wprawa operatora skanera ma istotny wpływ na późniejszą jakość zeskanowanych modeli. Najdrobniejsze wahania bądź drżenia przekładają się w istotny sposób na rezultaty procesu skanowania.

Drugim z nich było wykorzystanie obrotowego stolika pomiarowego. Zarówno skaner Spider jak i Eva nie posiadają wbudowanego stolika obrotowego. Niezbędne zatem było jego wykonanie w celu zapewnienia osiowego obrotu skanowanych elementów i uzyskania miarodajnych rezultatów. Zaprojektowano oraz wytworzono metodą Rapid Prototyping stolik obrotowy na którym umieszczane były skanowane przedmioty. Stolik został zaprojektowany w programie Solid Edge, a następnie przekonwertowany do formatu STL, dzięki czemu możliwe było jego wydrukowanie na drukarce 3D. Skanery zostały umieszczone w takiej odległości od skanowanych elementów, aby zapewnić jak najlepsze odwzorowanie elementów podczas procesu skanowania (podgląd na monitorze komputera).



Rys. 4. Statyw oraz obrotowy stolik do skanowania [opracowanie własne]

#### 5. Elementy poddane procesowi skanowania

W celu zbadania rezultatów tworzenia modeli cyfrowych przy pomocy skanerów Eva oraz Spider wykorzystano dwa osiowosymetryczne obiekty.

Pierwszym z nich jest tłok samochodowy o metalicznej teksturze. Posiada on otwór przelotowy oraz trzy rowki pod pierścieniem. W celu uzyskania jak najlepszych rezultatów został on pokryty talkiem w celu zapobiegnięcia odbijania padających na jego powierzchnie promieni lasera, co powodowało niemożliwość uzyskania obiektu cyfrowego. Skanowany tłok został poddany procesowi odwzorowywania wyłącznie zewnętrznej części elementu, gdyż wewnątrz obiektu charakteryzowało się zbyt złożoną budową.

Drugim ze skanowanych obiektów jest drewniany totem do gry, posiadający nadrukowany napis na powierzchni czołowej. Miał on budowę walca o zmiennych średnicach (rys. 5).

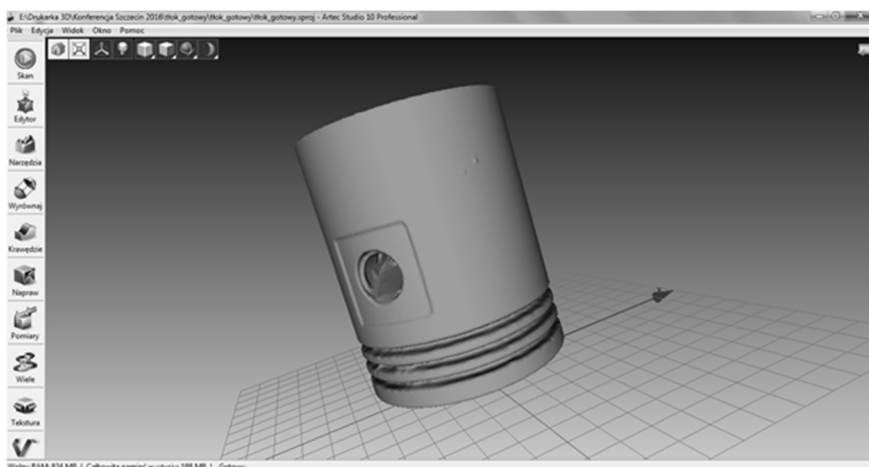


Rys. 5. Skanowane przedmioty: tłok oraz totem do gry [opracowanie własne]

## 6. Porównanie otrzymanych rezultatów

Do uzyskania cyfrowych modeli wykorzystano dostarczone wraz ze skanerami oprogramowanie Artec Studio 10. Pozwala ono na bieżące monitorowanie zbieranych punktów pomiarowych, doprecyzowanie zakresu pracy skanerów, wybranie rodzaju skanowania. Po zakończonym skanowaniu narzędzie pozwala na obróbkę cyfrowego modelu bez konieczności korzystania z dodatkowego oprogramowania (rys. 6). Wśród wielu narzędzi warto wymienić: narzędzia przekształcania i wygładzania, wyrównywanie i łączenie wielu modeli, wygładzanie i zamykanie krawędzi, czy dokonywanie pomiarów. Oprogramowanie umożliwia także zastosowanie odpowiednich algorytmów w celu wstępnej oraz zaawansowanej obróbki uzyskanych modeli. Do najczęściej stosowanych należy zaliczyć algorytmy:

dokładnej rejestracji, szybkiego łączenia, wygładzania, skalania oraz usuwania dziur.



**Rys. 6.** Okno robocze oprogramowania Artec Studio 10 Professional [opracowanie własne]

Pierwszym etapem badań była analiza wyłącznie cyfrowej geometrii zeskanowanych obiektów (rys. 7).

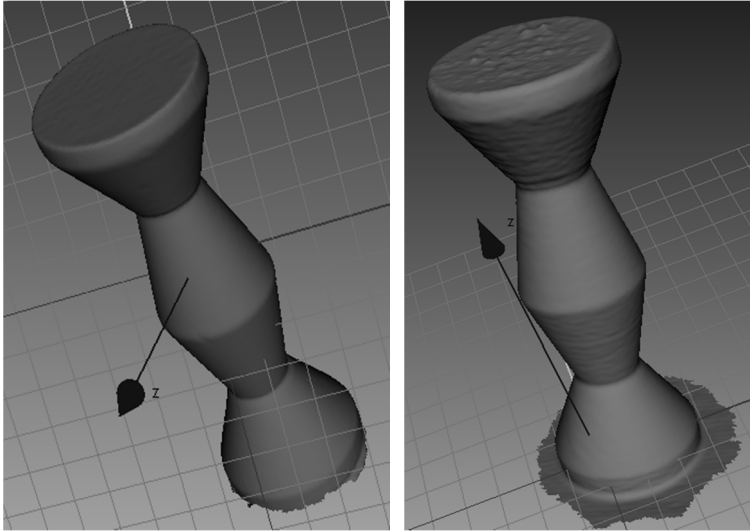


**Rys. 7.** Jakość modeli tłoka bez nałożonej tekstury: z lewej – rezultat skanowania skanerem Spider, z prawej – rezultat skanowania skanerem Eva [opracowanie własne]

Oba modele zostały po skanowaniu poddane działaniu algorytmu upraszczania siatki w celu wyznaczenia znaczących różnic w stosunku do modeli rzeczywistych. Oba modele nie posiadały otworów przelotowych, natomiast ich położenie po obu stronach walca znajdowały się w osi otworu. Geometria rowków pod pierścienie

znacząco odbiegała od rzeczywistych wymiarów. Kształt główny jak i powierzchnia czołowa na obu modelach nie posiadały znaczących odchyłek. W przypadku modelu uzyskanego za pomocą skanera Eva zaobserwowano delikatne braki w rejestracji dolnej części tłoka.

Analogicznie zeskanowano i przeanalizowano rezultaty procesu dla obiektu totem (rys. 8).

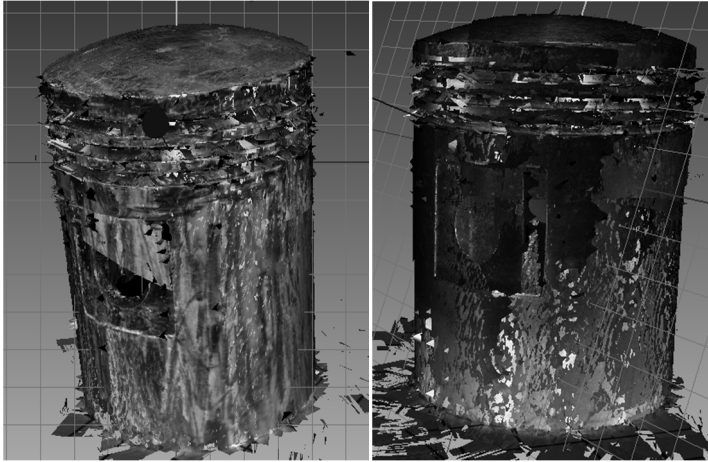


**Rys. 8.** Jakość modeli totemu bez nałożonej tekstury: z lewej – Spider, z prawej – Eva [opracowanie własne]

Model uzyskany po zeskanowaniu przy użyciu skanera Spider posiadał dokładnie odwzorowaną powierzchnię boczną oraz czołową. Po skanowaniu skanerem Eva można zauważyć znaczącą chropowatość powierzchni zarówno na płaszczyźnie czołowej jak i na powierzchni bocznej totemu. Wymiary oraz kształt główny modeli nie posiadał znaczących odkształceń.

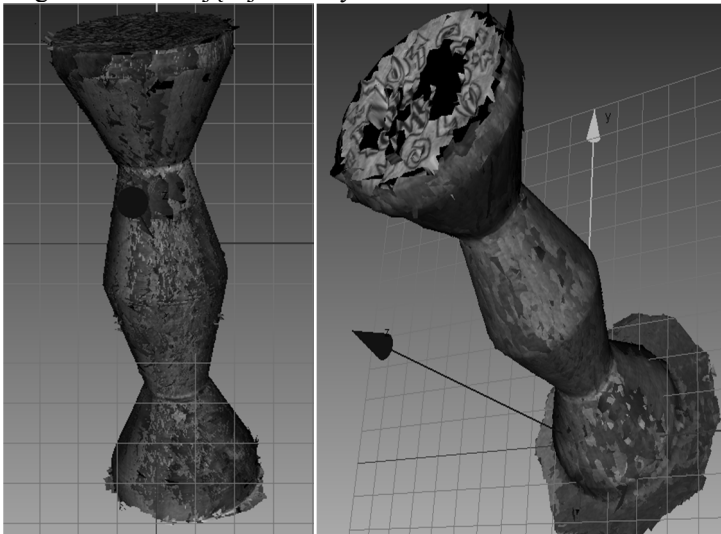
Kolejnym etapem było sprawdzenie jakości modeli wraz z teksturą (rys. 9). Analizie poddano rezultaty skanowania bez wykorzystania jakichkolwiek algorytmów obróbki modeli.





**Rys. 9.** Jakość modeli tłoka wraz z teksturą: z lewej – Spider, z prawej – Eva [opracowanie własne]

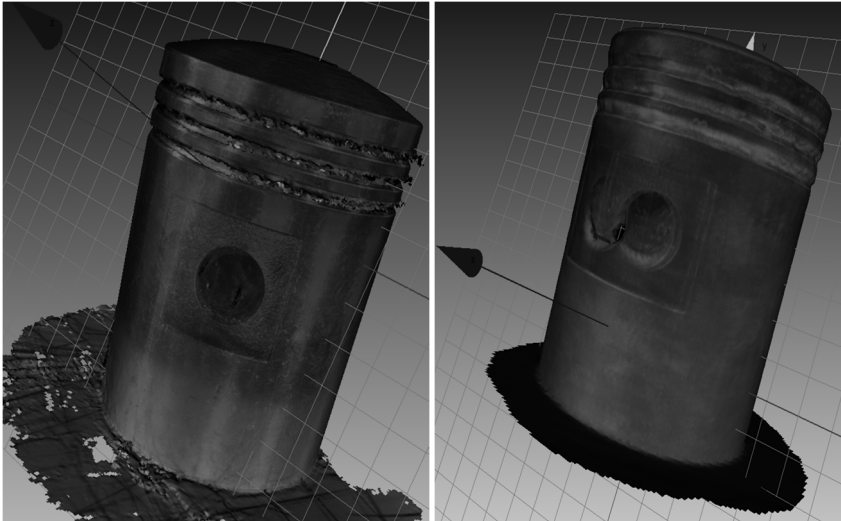
Oba modele posiadały zniekształcenia w okolicy otworów przelotowych. Rowki pod pierścienie posiadały liczne nieciągłości w geometrii. Tekstura po zeskanowaniu skanerem Eva była znacznie ciemniejsza od tej zeskanowanej skanerem Spider. Kształt główny w obu modelach nie posiadał znaczących różnic w stosunku do elementu rzeczywistego. Widoczne były zarejestrowane „szumy” w postaci fragmentów odstającej tekstury.



**Rys. 10.** Jakość modeli totemu wraz z teksturą; z lewej – Spider, z prawej – Eva [opracowanie własne]

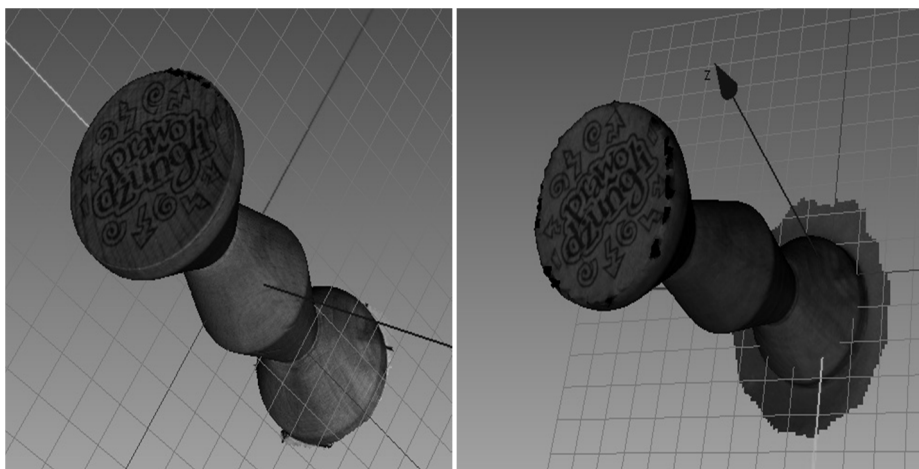
W przypadku totemu oba modele posiadały liczne braki przy krawędzi łączącej powierzchnię czołową totemu z powierzchnią boczną (rys. 10). Po zeskanowaniu elementu skanerem Eva powierzchnia czołowa nie została dobrze odwzorowana. Kształt główny modeli cyfrowych nie odbiegał od modeli rzeczywistych.

Ostatnim etapem badania było uproszczenie siatki zeskanowanego obiektu, a następnie nałożenie na niego zeskanowanej tekstury. W tym celu zastosowano odpowiednie algorytmy obróbki modeli oraz tekstur.



**Rys. 11.** Jakość uproszczonych modeli z nałożoną teksturą: z lewej – Spider, z prawej – Eva [opracowanie własne]

W przypadku tłoka, po uproszczeniu siatki obu modeli oraz nałożeniu na gotowy model tekstury, element zeskanowany za pomocą skanera Spider posiadał wyraźne nieciągłości w geometrii w miejscu rowków pod pierścieniem. Tekstura była wyraźna, dobrze nałożona na model cyfrowy. W przypadku skanera Eva, model posiadał ciągłość na całej powierzchni. Tekstura była gorszej jakości, obrócona w stosunku do modelu rzeczywistego, co było szczególnie widoczne w miejscu otworu przelotowego (rys. 11).



Rys. 12. Jakość uproszczonego modelu z nałożoną teksturą: z lewej – Spider, z prawej – Eva [opracowanie własne]

Model totemu otrzymany po skanowaniu skanerem Spider posiadał jedynie niewielką nieciągłość geometrii w miejscu styku powierzchni czołowej z powierzchnią boczną. Tekstura została doskonale nałożona na model oraz była w bardzo dobrej jakości, co można z łatwością stwierdzić po jakości napisu znajdującego się na powierzchni czołowej. Po zeskanowaniu obiektu skanerem Eva model cyfrowy posiadał liczne braki na krawędzi styku czoła totemu z powierzchnią boczną. Dodatkowo powierzchnia czołowa posiadała niewielkie nierówności. Tekstura była ciemniejsza oraz gorszej jakości (rys. 12).

## 7. Analiza otrzymanych rezultatów

Dokonując analizy otrzymanych rezultatów skanowania obiektów rzeczywistych skanerami firmy Artec, można stwierdzić, że modele cyfrowe odpowiadają w znacznym stopniu obiektom rzeczywistym. Natomiast posiadają one pewne istotne błędy, które mogą dyskwalifikować tę metodę odwzorowywania przy tworzeniu bardziej skomplikowanych, bądź wrażliwych na niedoskonałości przedmiotów.

Geometria tłoka w miejscu rowków pod pierścienie nie została dobrze odwzorowana przez skanery. Przyczyną takiego efektu mógł być zakres pracy skanera oraz kąt nachylenia skanera w stosunku do skanowanego przedmiotu. Skaner Spider posiada wąski zakres pracy w niewielkiej odległości od siebie. Powinien więc znacznie lepiej poradzić sobie z tym zadaniem w stosunku do skanera Eva, którego zakres pracy jest szeroki oraz znacznie oddalony od skanera.

Mimo to skaner Spider nie był w stanie prawidłowo zeskanować geometrii w dość kluczowym w przypadku tłoka miejscu.

Powierzchnia czołowa oraz boczna totemu po zeskanowaniu skanerem Eva była chropowata. Mogło to wynikać z dużej odległości skanera od skanowanego przedmiotu oraz faktu że zarówno totem jak i tłok posiadają niewielkie gabaryty, do których skanowania skaner Spider jest zalecany przez producenta.

Oba modele po zeskanowaniu skanerami firmy Artec posiadały nieciągłości w geometrii. Skanery podczas pracy znajdowały się na statywie, czyli pozostawały w stałej pozycji w stosunku do obracającego się na stoliku obiektu. W czasie skanowania ich odległość oraz kąt nachylenia nie ulegały zmianie, co mogło doprowadzić do niezdolności skanerów do zebrania wszystkich punktów z przedmiotu. W wyniku tego modele cyfrowe posiadały braki, szczególnie przy krawędziach geometrii.

Tekstura zeskanowana przez skaner Eva była gorszej jakości od tej zeskanowanej przez skaner Spider oraz była ciemniejsza. W tym przypadku również znaczenie mogła mieć odległość skanera od obiektu rzeczywistego, a także rodzaj światła emitowanego przez skanery. Skaner Spider emitował niebieskie światło diodowe, natomiast skaner Eva błyskowe światło białe.

Należy stwierdzić, iż uzyskane rezultaty skanowania są w dużej mierze zależne od wprawy operatora, złożoności elementów, warunków oświetleniowych oraz wydajności wykorzystanego sprzętu komputerowego. Ponadto w przeprowadzonym badaniu elementy skanowano w całości, co było dodatkową trudnością. Z pewnością zastosowanie dodatkowego oprogramowania graficznego byłoby pomocne w procesie uzyskania modeli cyfrowych o lepszych parametrach.

## **8. Podsumowanie**

Skanowanie 3D pozwala przyspieszyć proces projektowania, udoskonalania produktów oraz ułatwia pomiary. W wyniku tego procesu otrzymujemy chmurę punktów, którą w łatwy sposób możemy przekształcić w siatkę trójkątów. Na tej podstawie, dzięki procesowi inżynierii odwrotnej możemy uzyskać edytowalny model CAD.

Obiekty, które są skanowane nie powinny samoistnie odbijać, bądź rozpraszać padających na nie promieni światła. Powoduje to negatywny wpływ na proces skanowania, co może skutkować zniekształconą geometrią modelu cyfrowego, jego brakami bądź w najgorszym wypadku, zgubienie ścieżki skanowania przez skaner. Efektem tego ostatniego będzie konieczność powtórzenia całego procesu od nowa.

Skaner Artec Spider doskonale spisał się przy skanowaniu zarówno tłoka jak i totemu. Oba zeskanowane tym skanerem cyfrowe modele posiadały najbardziej

zbliżoną do rzeczywistej geometrię, nie posiadały odchyłek kształtu, a tekstura została nałożona prawidłowo oraz była bardzo dobrej jakości.

Skaner Artec Eva sprawdził się nieco gorzej, ale nie był on wykorzystany do skanowania zalecanych przez producenta wielkogabarytowych elementów. Mimo to, skaner był w stanie zeskanować obiekt i stworzyć możliwie zbliżony model cyfrowy posiadający odchyłki oraz braki.

Ręczne korzystanie ze skanerów wymaga dużej wprawy operatora. Ruchy skanerem muszą być bardzo płynne oraz spokojne. Zbyt szybki, bądź nerwowy ruch skanerem powoduje zgubienie przez niego ścieżki skanowania. W celu wyeliminowania czynnika ludzkiego z procesu skaner można umieścić na statywie bądź ramieniu robota, który w kontrolowany sposób dokona procesu skanowania.

Dzięki wykorzystaniu technologii skanowania 3D możliwe jest rekonstruowanie różnorodnych elementów dla których nie posiadamy dokumentacji technicznej, dopasowywanie modelu do istniejącego kształtu czy przeprowadzenie procesu kontroli jakości.

## Literatura

1. Bouzakis K.-D., Pantermalis D., Mirisidis I., et al.: *3D-Laser Scanning of the Parthenon West Frieze Blocks and Their Digital Assembly Based on Extracted Characteristic Geometrical Details*. Journal of Archaeological Science: Reports, Vol. 6, 2016, pp. 94-108.
2. Develop3D Magazine: Review: Artec Eva & SpaceSpider – <http://www.develop3d.com/reviews/review-artec-eva-spacespider-3d-scanning> [data dostępu: 15-05-2016]
3. Dokumentacja techniczna skanera ARTEC 3D Eva – <https://www.artec3d.com/hardware/artec-eva> [data dostępu: 20-05-2016]
4. Dokumentacja techniczna skanera ARTEC 3D Spider – <https://www.artec3d.com/hardware/artec-spider> [data dostępu: 20-05-2016]
5. <http://www.3ders.org/articles/20130908-rubicon-3d-scanner-on-indiegogo.html> [data dostępu: 18-05-2016]
6. Kościuk J.: *Skanowanie 3D puka do drzwi*. Geodeta : magazyn geoinformacyjny, 2007, nr 1, s. 14-19.
7. Montusiewicz J., Czyż Z., Kayumov R.: *Selected Methods of Making Three-Dimensional Virtual Models of Museum Ceramic Objects*. Applied Computer Science, Vol. 11, No. 1, 2015, pp. 51-65.
8. Portal „Świat Obrazu”: *Czym są skanery 3D i jak działają?* – <http://www.swiatobrazu.pl/mobile/czym-sa-skanery-3d-i-jak-dzialaja-32416.html> [data dostępu: 22-05-2016]

9. Psikuta A., Frackiewicz-Kaczmarek J., Mert E., Bueno M.-A., Rossi R. M., *Validation of a Novel 3D Scanning Method for Determination of the Air Gap in Clothing*, Measurement, Vol. 67, 2015, pp. 61-70.
10. Strona internetowa firmy 3D MASTER – <http://www.manipulatory3d.pl/polecane-3d/skanery-3d> [data dostępu: 18-05-2016]
11. VISION & SENSORS: *Artec Scanners used by Hyundai Europe to Create, Modify Automobile Seats*. December, 2013.
12. Wojtuszkiewicz K.: *Urządzenia techniki komputerowej 2 – Urządzenia peryferyjne i interfejsy*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2012.
13. Zgórnjak P., Stachurski W.: *Wykorzystanie laserowego skanera 3D oraz współrzędnościowej maszyny pomiarowej do budowy i oceny modelu koła zębatego*. Mechanik, 2014, R. 87, nr 8-9 CD1, s. 438-450.

## Abstrakt

Obrazowanie 3D obejmuje wszechstronne oraz nowoczesne rozwiązania przestrzennego odwzorowywania obiektów rzeczywistych znajdujące zastosowanie w wielu obszarach – m.in. w przemyśle maszynowym do inżynierii odwrotnej, w archiwizowaniu zbiorów dzieł sztuki, czy w medycynie do planowania zabiegów chirurgicznych. Wraz z rosnącą popularnością technologii 3D coraz częściej spotyka się producentów oferujących szeroki asortyment skanerów 3D. Duża konkurencyjność sprawia, iż firmy produkujące sprzęt tego typu proponują coraz nowocześniejsze rozwiązania.

Celem niniejszej pracy jest ocena rezultatów procesu skanowania 3D, a także analiza parametrów wykorzystanych skanerów. W artykule przedstawiono oraz przeanalizowano rezultaty tworzenia modeli cyfrowych za pomocą ręcznych skanerów 3D. Zakres pracy obejmuje omówienie idei skanowania 3D, przedstawienie charakterystyk skanerów firmy Artec oraz szczegółowe zaprezentowanie metodyki procesu skanowania, obróbki modeli cyfrowych oraz analizę otrzymanych rezultatów.

**Słowa kluczowe:** modelowanie 3D, skanowanie 3D, inżynieria odwrotna, porównywanie skanerów

## Abstract

3D visualization includes modern and comprehensive real objects representation solutions. It is used in engineering industry (in Reverse Engineering), archiving of artworks collection or in a medicine (in surgery planning). Nowadays, there are a lot

of producers which offer modern 3D scanners. High competitiveness stimulates grow of proposed solutions.

The paper presents the evaluation of the real object scanning results by means of two 3D Artec scanners. First of all, the idea of creating digital models using handheld 3D scanners was described. Moreover, the specification of used scanners, methodology of visualization process and 3D models processing were outlined. In the final part of the paper the authors discussed the research results.

**Keywords:** 3D modeling, 3D scanning, Reverse Engineering, scanners comparison