

Zastosowanie skanerów wielkogabarytowych 3D do rekonstrukcji urządzeń technicznych

Agata CZERNUSZEWICZ

dr inż. Tomasz BĘDZA

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny

Streszczenie

Jednym z możliwych zastosowań inżynierii odwrotnej jest digitalizacja linii produkcyjnych na potrzeby analiz w narzędziach symulacyjnych oraz wizualizacji w systemach rzeczywistości wirtualnej. W pracy podjęto próbę oceny przydatności skanera wielkogabarytowego do digitalizacji obiektów o średnich i małych wymiarach. Przedstawiono wyniki pomiarów uzyskane przy pomocy skanera laserowego Faro Photon i porównano je z danymi pochodzącymi z innych skanerów.

1. Wprowadzenie

Skanowanie to proces przenoszenia obiektów rzeczywistych do świata wirtualnego, mający na celu pozyskanie danych geometrycznych analizowanego przedmiotu. Posiadanie takich informacji pozwala na wnioskowanie o sposobie działania urządzenia oraz zasadach, według których został on zaprojektowany i wytworzony. Dziedzina, która zajmuje się tymi zagadnieniami, to inżynieria odwrotna.

Do digitalizacji obiektów fizycznych wykorzystuje się najczęściej urządzenia zwane skanerami 3D, a jednym ze sposobów pozyskiwania informacji o kształcie geometrycznym przedmiotu jest skanowanie laserowe. Bezpośrednim rezultatem digitalizacji jest tzw. chmura punktów, składająca się z milionów punktów tworzących przestrzenny obraz skanowanego obiektu. Dzięki wykorzystaniu oprogramowania do inżynierii odwrotnej chmurę punktów można przetworzyć do postaci siatki trójkątów lub zbioru parametrycznych powierzchni. Tego typu programy umożliwiają dodatkowo wygenerowanie przekrojów rekonstruowanego obiektu oraz realizację prostych pomiarów, pomocnych podczas modelowania w systemach CAD 3D.

2. Photon – podstawowe informacje

Jednym spośród skanerów laserowych wykorzystywanych w inżynierii odwrotnej jest Photon firmy Faro. Jest to przenośne urządzenie służące do pomiaru obiektów wielkogabarytowych. W 2009 roku wprowadzono na rynek dwa nowe modele skanera - 120 i 20, które uzyskują nawet 976.000 punktów na sekundę. Zakres digitalizacji Photona to $320^\circ \times 360^\circ$ przy odległości sięgającej do 153 m (Photon 120), a błąd pomiaru podawany przez producenta wynosi ± 2 mm na 25 m.

Zasada działania skanera polega na oświetlaniu obiektu wiązką lasera, która padając na przedmiot zostaje odbita i zarejestrowana przez urządzenie. Na

podstawie przesunięcia fazowego pomiędzy wiązką wyjściową i powrotną oprogramowanie sterujące urządzenia potrafi wyznaczyć odległość punktu od skanera. Ta odległość oraz informacja o aktualnym położeniu lustra i kącie obrotu skanera pozwala obliczyć współrzędną x , y , z dla każdego punktu. Dodatkowo skaner rozpoznaje jasność mierzonej powierzchni, co prowadzi do uzyskania efektu zbliżonego do trójwymiarowej, czarno-białej fotografii.

Skaner Photon może być wykorzystywany przy planowaniu pomieszczeń fabrycznych, kontroli jakości, projektowaniu budynków, tworzeniu map, a nawet skanowaniu miejsc zbrodni czy wypadków.

3. Badania skanera

Ocenę dokładności odwzorowania obiektów podczas digitalizacji skanerem Faro Photon przeprowadzono w dwóch etapach. Pierwszym z badań była digitalizacja pomieszczenia laboratoryjnego z urządzeniami do wytwarzania prototypów. Skaner ustawiono w centralnym punkcie pomieszczenia i przeprowadzono digitalizację z opcją rejestracji koloru. Dla oceny dokładności skanowania w pomieszczeniu umieszczono dwa obiekty zdigitalizowane uprzednio innymi metodami inżynierii odwrotnej.



Rys. 1. Wynik digitalizacji pomieszczenia z zastosowaniem rejestracji koloru

W celu uzyskania kolorowych skanów wymagane jest, oprócz przeprowadzenia standardowego skanowania, wykonanie serii cyfrowych zdjęć. Po ustawieniu aparatu fotograficznego w osi urządzenia skaner rejestruje kolejne zdjęcia obiektu. Następnie, w oprogramowaniu Faro Scene, są one automatycznie nakładane na chmurę punktów, w taki sposób, że każdemu punktowi zostaje przypisana odpowiednia barwa. Rysunek 1 przedstawia rezultat digitalizacji oraz obiekty, które posłużyły do analizy dokładności skanowania.

W celu pełnej digitalizacji obiektów, które tylko częściowo mieszczą się w polu widzenia skanera, wymagane jest przeprowadzenie kilku pomiarów i późniejsze ich połączenie. Obiektem, który posłużył do testów w tym przypadku, był wózek widłowy. Przymocowano do niego kule referencyjne i przeprowadzono skanowanie w czterech położeniach skanera względem digitalizowanego obiektu. Kolejnym krokiem było rozpoznanie kul na poszczególnych skanach i przypisanie im jednoznacznych nazw. Następnie wywołano funkcję „Place Scan”, która umożliwiła automatyczne połączenie skanów w jedną chmurę punktów, przedstawioną na rys 2.



Rys. 2. Wynik digitalizacji wózka widłowego skanerem Faro Photon

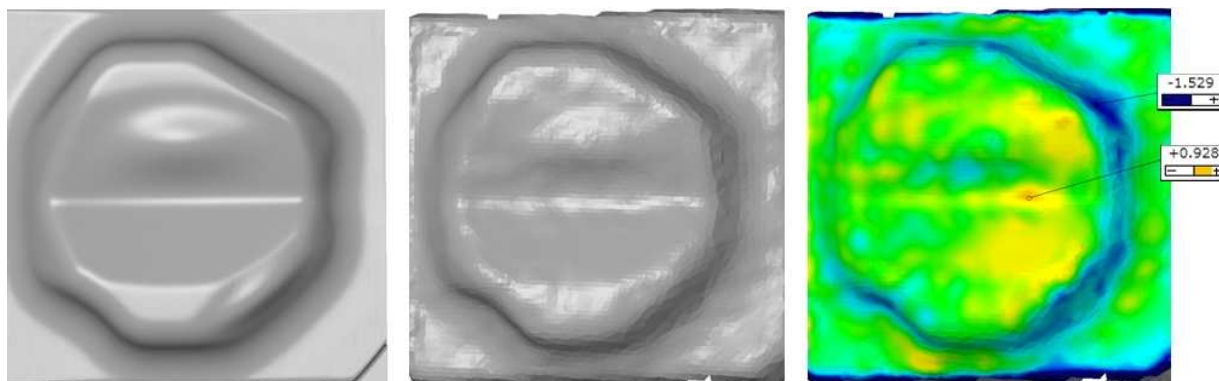
Większość skanerów optycznych, w tym również Photon, ma trudności z digitalizacją obiektów posiadających ciemną barwę. Czarny kolor słabo odbija promienie laserowe, przez co fragmenty o tym zabarwieniu w dużej części nie zostały zdigitalizowane, a w miejscach, gdzie powinny znajdować się czarne powierzchnie, są „dziury”.

W obu testach dane przeznaczone do dalszych analiz zostały wyodrębnione z uzyskanych skanów i wyeksportowane jako chmura punktów. Następnie poddano je poligonizacji w oprogramowaniu do inżynierii odwrotnej i porównywano z wynikami digitalizacji skanerem dotykowym i optycznym.

4. Wyniki

Każdy z analizowanych modeli był importowany do programu inspekcyjnego w postaci pliku STL, a następnie orientowany względem modelu referencyjnego poprzez wskazanie w obu modelach trzech lub więcej odpowiadających sobie punktów charakterystycznych. Dla wstępnie dopasowanych modeli stosowano następnie funkcję „best-fit” w celu osiągnięcia ich najlepszego dopasowania. Po takim zorientowaniu modeli przeprowadzano analizę odchyłek modelu zrekonstruowanego od modelu referencyjnego. Odpowiedzialna za to funkcja programu określa odchyłki w kierunku danych referencyjnych i oblicza najkrótszą prostopadłą odległość każdego punktu analizowanych danych od powierzchni modelu referencyjnego. Wizualizacja odchyłek odbywa się poprzez nadanie każdemu analizowanemu punktowi barwy, zależnej od wartości odchyłki od danych CAD. Wyniki mogą być przedstawiane w postaci kolorowej mapy odchyłek na powierzchni analizowanego modelu lub przekrojów z wykresami igiełkowymi.

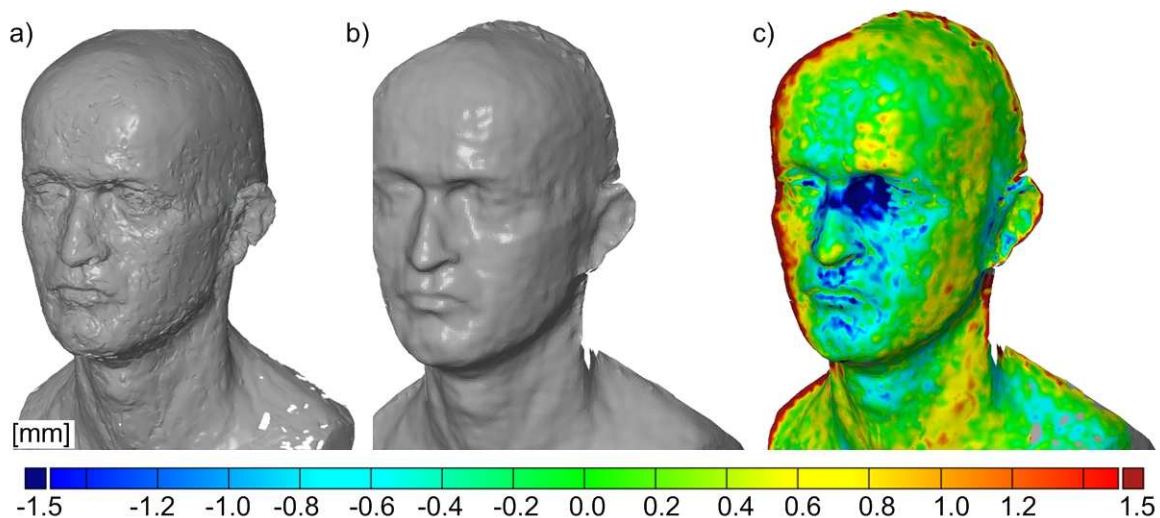
Rys. 3. przedstawia rezultaty porównania danych uzyskanych skanerem Faro Photon oraz skanerem dotykowym Renishaw Cyclone 2 dla obiektu testowego z powierzchnią swobodną o wymiarach 12x12 cm. Odchyłki modelu zawierają się w przedziale -1,53 mm do +0,93 mm.



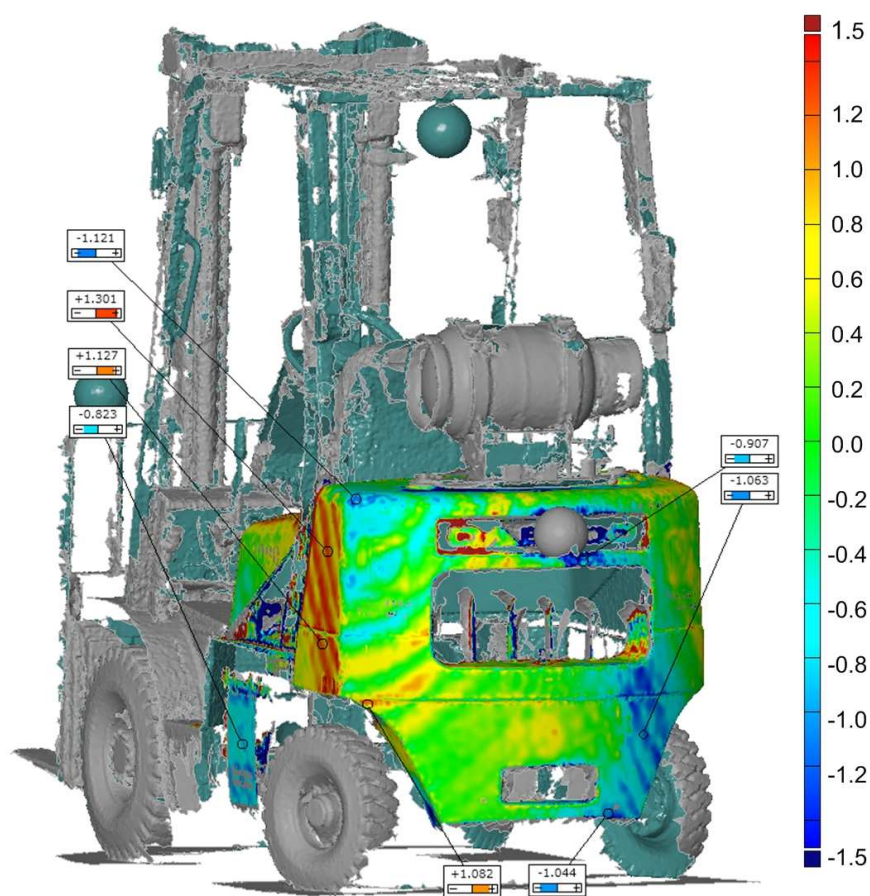
Rys. 3. Rezultaty porównania wyników digitalizacji obiektu testowego

W analogiczny sposób przeprowadzono porównanie modelu rzeźby z wynikami digitalizacji skanerem światła białego Gom Atos II (Rys. 4). Analizując uzyskane wyniki można zauważyć wzrost odchyłek przy krawędzi zarejestrowanego modelu wynikający z zasady działania skanera laserowego i trudności z precyzyjnym pomiarem punktów znajdujących się na powierzchni, której normalna nachylona jest pod dużym kątem do kierunku padania promienia lasera. Zjawisko to można wyraźnie zaobserwować analizując dane z digitalizacji wózka widłowego

przedstawione na rys. 5. Nałożenie na siebie punktów pochodzących z kilku skanów, w tym punktów rejestrowanych na ścianach nachylonych pod dużym kątem do skanera, powoduje powstanie na modelu charakterystycznych niedokładności.



Rys. 4. Model rzeźby uzyskany przy pomocy skanera GOM Atos II (a), Faro Photon (b) i wynik porównania modeli (c)



Rys. 5. Wynik porównania modeli wózka widłowego uzyskanych skanerami Faro Photon i GOM Atos II

Wnioski

Skaner Photon jest nowoczesnym urządzeniem, umożliwiającym szybką digitalizację dużych obiektów. Urządzenie dzięki swojej mobilności może być z powodzeniem zastosowane w warunkach przemysłowych. Dodatkowo użyteczność sprzętu podnosi zastosowanie opcji skanowania w kolorze, szczególnie pomocnej podczas digitalizacji złożonych obiektów, gdzie umożliwia łatwiejszą identyfikację ich części składowych.

Modele uzyskane przy pomocy skanera Photon są mniej dokładne niż modele uzyskane innymi urządzeniami. Powodem tego jest niedokładność samej metody laserowego pomiaru odległości i położenia, zaprojektowanej do pomiarów dużych obiektów. Odchyłki modelu zidentyfikowane w przeprowadzonych badaniach są zgodne ze specyfikacją urządzenia, w której błąd pomiaru podawany przez producenta wynosi ± 2 mm na 25 m. Zarówno dane katalogowe jak i wnioski z badań dowodzą, że Photon nie jest odpowiednim skanerem do precyzyjnego pomiaru małych obiektów. Pozwala on jednak rejestrować dane geometryczne obiektów wielkogabarytowych w stosunkowo krótkim czasie. Modele te mogą być następnie wykorzystane jako dane referencyjne w hybrydowej metodzie rekonstrukcji, gdzie łącząc skany uzyskane różnymi urządzeniami można zastąpić niedokładnie zeskanowane szczegóły małych obiektów danymi z dokładniejszych urządzeń. Planowane są dalsze badania, których celem będzie określenie dokładności modeli uzyskiwanych taką metodą.

Literatura

- [1] Chlebus E., Dybała B.: Reverse engineering in technical and medical applications, Virtual design and automation. 1st VIDA International Conference, Poznań, 3-4 June 2004, pp. 213-218
- [2] Faro Technologies, Inc.: <http://www.faro.com>
- [3] Federici L.: Reverse Engineering: An Overview of the Options, Time Compression Technologies, 2000, No. 5, Vol. 5, pp. 36-379
- [4] Wohlers T.T.: Wohlers Report 2006, Rapid Prototyping & Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report, Wohlers Associates Inc., CO, USA.

Application of large format 3D scanners for digitization of technical devices

One of possible applications of Reverse Engineering is digitization of production lines for simulation and visualisations in Virtual Reality systems. The paper presents results of investigations into the application of large format scanner Photon used to digitize smaller objects. The results of the measurements performed with the use of Photon are presented and compared with data from other scanners.