

# Inżynieria odwrotna w procesie projektowania aerodynamicznych owiewek motocykla

Reverse engineering in designing process of aerodynamic fairing of motorbike

MARCIN LEWANDOWSKI  
PIOTR SKAWIŃSKI  
DOROTA WIELOGÓRSKA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.546

W artykule omówiono proces pozyskania geometrii zewnętrznej motocykla przy pomocy bezdotykowego skanera 3D, która w końcowym etapie posłuży do zaprojektowania aerodynamicznej owiewki osłaniającej motocyklistę. Krok po kroku zaprezentowano cały proces, zaczynając od skanowania obiektu za pomocą skanera 3D firmy SMARTTECH, kończąc na utworzeniu modelu dyskretnego motocykla w postaci siatki trójkątów.

**SŁOWA KLUCZOWE:** inżynieria odwrotna, skanowanie 3D, model triangularny

*In the paper Has been described process of obtaining external geometry of the motorbike with using 3D scanner. External geometry of the motorbike will be used to design aerodynamic fairing enclosing the driver. Step by step was show the entire process starting from scanning an object using 3D SMARTTECH scanner, finally creation the discrete triangular model of motorbike.*

**KEYWORDS:** reverse engineering, 3D scanning process, triangular model

Metody inżynierii odwrotnej są coraz częściej wykorzystywane do otrzymywania geometrii obiektów fizycznych, nie tylko w branży mechanicznej, lotniczej [5, 6, 9, 11], ale i w medycynie, archeologii czy muzealnictwie [1, 2]. Na podstawie skanów 3D obiektu można określić zużycie elementów maszyn [11], zaprojektować kaski korekcyjne [10], a także archiwizować zabytki [3]. Dzięki możliwości pozyskania danych o przedmiocie w postaci cyfrowej, można wykorzystać je na wiele sposobów [7]. Wśród metod pozyskiwania danych w postaci chmury punktów najbardziej rozpowszechnione jest skanowanie optyczne [12, 13]. Zastosowanie tej metody zamiast klasycznych technik pomiarowych ma uzasadnienie w przypadku odwzorowania skomplikowanych geometrii zawierających powierzchnie swobodne. Wpłynął na to również znaczący wzrost do-



Rys. 1. Skanowany motor Suzuki GSR 600

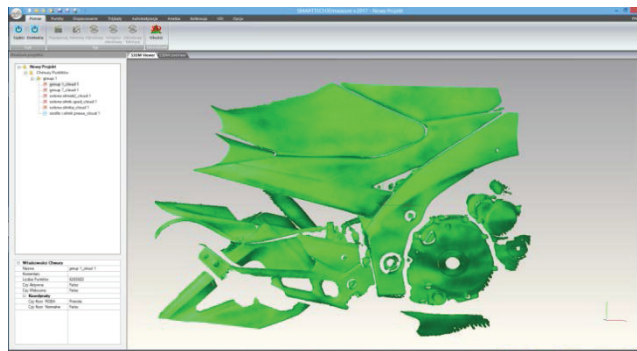
\* Mgr inż. Marcin Lewandowski (ml@smarttech3d.com), Dorota Wielogórska (dorota.wielogorska@hotmail.com) – Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej; prof. nzw. dr hab. inż. Piotr Skawiński (psk@simr.pw.edu.pl) – Instytut Podstaw Budowy Maszyn, Wydz. SiMR, Politechnika Warszawska

kładności skanerów 3D oraz możliwość ich weryfikacji na podstawie normy VDI/VDE2634 [8].

Celem pomiaru wykonanego skanerem 3D było utworzenie modelu trójwymiarowego zewnętrznych elementów motocykla. W inny sposób niż przy użyciu skanera 3D trudne byłoby przeniesienie skomplikowanej geometrii do świata wirtualnego. Mając model dyskretny motocykla, w dalszym etapie zostaną zaprojektowane aerodynamiczne owiewki dopasowane do kompletnego zespołu motocykl-kierowca.

## Skanowanie 3D – pozyskanie postaci geometrycznej elementu

Do realizacji projektu wybrano pojazd należący do współautorki publikacji (rys. 1). Proces skanowania przeprowadzono udostępnionym przez firmę SMARTTECH skanerem 3D MICRON green 10MPix [16] o dokładności 0,07 mm i objętości pomiarowej 800 × 600 × 350. Rozdzielczość skanera 3D, czyli odległość pomiędzy pojedynczymi punktami, wynosiła 0,2 mm, co umożliwiło odwzorowanie nawet małych szczegółów, takich jak otwory montażowe. Skaner ten wykonuje pomiary, wykorzystując zielone światło strukturalne LED, co poprawia dokładność skanowania w stosunku do światła białego o 30% [4]. Obiekt przygotowano do pomiaru w sposób standardowy, pokrywając go preparatem matowiącym – tlenkiem tytanu. Środek ten umożliwia skanowanie elementów przezroczystych i odbijających światło, które wprowadzają szумы i refleksy w interpretacji wyników skanowania. W procesie skanowania nie użyto znaczników pozycjonujących – markerów, które przyspieszyłyby proces dopasowywania pojedynczych skanów, z racji niewielkiej liczby miejsc o odpowiedniej powierzchni, aby przykleić znaczniki. Rekompensowało ten fakt wykorzystanie skanera o dużej objętości pomiarowej. Za takim sposobem skanowania przemawiał przewidywany czas poświęcony na przyklejenie znaczników, gdyż byłby on równoważny z czasem łączenia danych. Proces skanowania polegał na wykonywaniu pojedynczych pomiarów (rys. 2), a następnie przesuwaniu skanera na kolejną pozycję z zachowaniem zasady, aby pomiędzy kolejnymi skanami występowała część wspólna, która posłuży do dopasowania skanów. W celu ułatwienia manewrowania skanerem

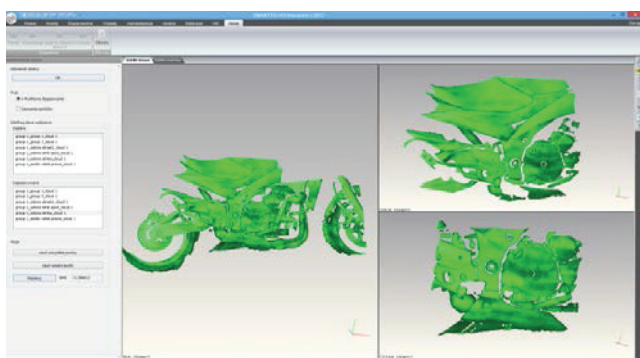


Rys. 2. Wynik pojedynczego pomiaru

3D wykorzystano statyw kolumnowy, który umożliwił ruch skanera w dwóch płaszczyznach i pozwolił zmieniać kąt skanowania. W procesie skanowania utworzono 30 pojedynczych skanów.

### Tworzenie modelu triangularnego

Obróbki chmur punktów z poszczególnych skanów wykonano w programie SMARTTECH 3D measure v 2017 [16]. Oprogramowanie to steruje głowicą skanującą, ale jednocześnie służy do obróbki chmur punktów i generowania siatki trójkątów. Pierwszym etapem było ręczne usunięcie niepotrzebnie zeskanowanych elementów, takich jak podłoga i inne objekty, które znalazły się w objętości pomiarowej. Wykorzystano do tego celu narzędzie do zaznaczania „Lasso”. W następnym etapie usunięto punkty szumowe, które były generowane przez oświetlenie zewnętrzne. W tym celu wykorzystano operację „Grupy”. W bardzo szybki sposób – przesuwając suwak – były zaznaczane kolejne większe skupiska punktów szumowych. Po zaznaczeniu odpowiedniej ilości zbędnych punktów zostały one usunięte. Kolejnym etapem było ręczne, zgrubne dopasowanie do siebie pojedynczych skanów. Skorzystano z modułu dopasowywania metodą n-punktów wspólnych (rys. 3). Składanie polegało na wskazaniu w programie chmury stabilnej, która nie była przemieszczana podczas dopasowywania. Kolejnym etapem było wskazanie na każdej z chmur dopasowywanych po minimum trzy najbliższe położone punkty. Nigdy nie będą to identyczne punkty, ponieważ użytkownik nie jest w stanie ich tak dokładnie wskazać. Po wybraniu tych punktów na ekranie komputera można było podejrzeć rezultat dopasowania. Kolejnym etapem było dokładne dopasowanie już zgrubnie dopasowanych chmur punktów. Do tego celu służy operacja automatycznego dopasowywania. Wystarczy nacisnąć przycisk „Dopasuj”, a program sam dobierze parametry dopasowywania na podstawie rozdzielczości chmury punktów i dokładnie umiejscowi według geometrii pojedyncze skany.



Rys. 3. Dopasowywanie skanów częściowych



Rys. 4. Model motocykla umożliwiający rozpoczęcie procesu projektowania owiewek

Następnie, aby zmniejszyć liczbę danych, uproszczono chmury punktów. Upraszczenie oznacza zmniejszenie liczby punktów w chmurach. Są dwie metody upraszczania: jednorodna i adaptacyjna. Metoda jednorodna usuwa punkty jednakowo na całej powierzchni chmury w zależności od podanej przez użytkownika odległości między punktami. Metoda adaptacyjna usuwa więcej punktów na płaskich powierzchniach chmury, pozostawiając więcej punktów na krawędziach i w miejscach zmiany geometrii. W taki sposób chmura będzie rzadsza, a nie spowoduje utracenia informacji o geometrii obiektu skanowanego. W pracach nad chmurami wykorzystano metodę adaptacyjną. Kolejnym etapem było usunięcie pokrycia pomiędzy skanami. Na tym etapie obróbki chmur punktów są już niepotrzebne, a generują odpowiednią dodatkową liczbę danych. Tak obrabione chmury punktów posłużyły do wygenerowania siatki trójkątów. W programie wystarczy wskazać chmurę, z której należy uzyskać siatkę trójkątów, i ustawić maksymalny bok trójkąta. Po kilkunastu minutach przeliczania w programie otrzymano model motocykla w postaci siatki trójkątów. Jeden z widoków modelu triangularnego pokazano na rys. 4. Model ten zapisano w formacie STL. Posłuży on do zaprojektowania owiewki oraz do sprawdzenia aerodynamiki całego motoru wraz z owiewką.

### Podsumowanie

W artykule przedstawiono proces wykorzystania inżynierii odwrotnej do tworzenia geometrii motocykla. Brak dokumentacji trójwymiarowej i skomplikowane kształty wymusiły wykorzystanie do budowy modelu nowoczesnego urządzenia, jakim jest skaner umożliwiający przeniesienie geometrii pojazdu do postaci dyskretnej. Istotne było, aby nie tylko odzwierciedlić elementy, na których będzie montowana projektowana owiewka kierowcy, ale również cały motocykl, którego modele posłużą do badań aerodynamicznych.

### LITERATURA

1. Dudek P., Nieciąg H., Zagórski K. „Inżynieria odwrotna i szybkie prototypowanie w wytwarzaniu indywidualnych ortez”. *Mechanik*. Nr 12 (2015).
2. Dudek P., Nieciąg H., Zagórski K. „Konsolidacja danych 3D w celu uzyskania komplementarnej informacji o skanowanym obiekcie”. *Mechanik*. Nr 12 (2015).
3. Golembnik A. „Czas na nowe technologie”. *Ochrona Zabytków*. Nr 1/2 (2004): s. 93–103.
4. Jasiński D. „MICRON3D skaner do zastosowań specjalnych”. *Mechanik*. Nr 2 (2015).
5. Kossowski J. „Nowe technologie także dla oldtimerów”. *Automobilista*. Nr 11 i 12 (2013).
6. Kubik H., Lewandowski M. „Utworzenie dokumentacji bryłowej na podstawie skanów 3D wykonanych skanerem scan3D SMARTTECH”. *Mechanik*. Nr 2 (2014).
7. Miechowicz S., Płocica M. „Wybrane zagadnienia modelowania danych w postaci chmury punktów na przykładzie nadwozia samochodu Mikrus MR-300”. *Mechanik*. Nr 2 (2016).
8. Ostrowska K., Szewczyk D., Śladek J. „Wzorcowanie systemów optycznych zgodnie z normami ISO i zaleceniami VDI/VDE”.
9. Siemiński P., Budzik G. „Techniki przyrostowe: druk drukarki 3D”. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2015.
10. Stachowiak E., Wolański W., Larysz D., Gzik M. „Skanowanie 3D jako narzędzie do projektowania kasków korekcyjnych”. *Mechanik*. Nr 2 (2015).
11. Wróbel I. „Wykorzystanie inżynierii odwrotnej do budowy MES części maszyn”. *Mechanik*. Nr 2 (2014): CD 9.
12. Wyleźło M. „Reverse Engineering in applications to modal analysis of virtual models”. *Diagnostyka*. Nr 1 (2007): s. 15–18.
13. Wyleźło M. „Metodyka modelowania na potrzeby inżynierii rekonstrukcyjnej”. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2013.
14. <http://www.smarttech.pl/s3dmeasure> (dostęp 10.10.2016 r.).
15. <http://www.smarttech.pl/micron3d/> (dostęp 10.10.2016 r.).