

Wykorzystanie modelowania CAD do odtworzenia konstrukcji samochodu na podstawie niepełnych danych

How can the CAD modeling method be applied for geometry reconstruction of a car from incomplete data

MIECZYŚLAW PŁOCICA
KRZYSZTOF PUSZKARZ*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.4.46

Artykuł z XIII Forum Inżynierskiego ProCAX 2015

Prezentowano sposób odtworzenia geometrii ustroju nośnego oraz nadwozia samochodu na podstawie fotografii. Oprogramowanie CAD umożliwiło dokładne zamodelowanie konstrukcji na podstawie zidentyfikowanych wymiarów. Celem artykułu jest określenie przydatności typowego środowiska inżynierskiego CAD do modelowania w oparciu o niepełny zestaw danych.

SŁOWA KLUCZOWE: rekonstrukcja geometrii, inżynieria odwrotna

Presented in the article is a method of reconstruction of geometry of a car, basing on photo images, using CAD environment. The purpose of this article is to demonstrate applicability of typical CAD system for modeling job based on incomplete data set.

KEYWORDS: geometry reconstruction, reverse engineering

W związku z rosnącą popularnością inżynierii odwrotnej oraz szybkim rozwojem zarówno metod pobierania danych, jak i programów do ich analizy oraz przetwarzania możliwe stało się odtwarzanie geometrii przestrzennej na podstawie różnorodnych informacji, pozyskanych m.in. z użyciem tomografii komputerowej, skanowania przestrzennego czy pomiarów współrzędnościowych [1, 3, 6]. Jedną z metod rekonstrukcji geometrii jest fotogrametria, wykorzystująca zestaw dwuwymiarowych fotografii do stworzenia w środowisku programowym trójwymiarowego modelu. Fotogrametrię stosuje się m.in. w przypadku obiektów wielkogabarytowych (budowli) lub całych założeń architektonicznych [5,7], do oceny stabilności konstrukcji oraz zmian jej geometrii w czasie. Fotogrametria jest też nieinwazyjną metodą pobierania danych w medycynie [2].

Fotografia jako rzut środkowy jest odwzorowaniem zależnym od pozycji obserwatora względem fotografowanego obiektu. Jednoznaczność przekształcenia obrazu dwuwymiarowego w trójwymiarowy jest gwarantowana w przypadku wykonania fotografii w znanych warunkach (takich jak: ogniskowa, rodzaj obiektywu). W przypadku fotografii analogowych, gdy parametry nie są znane, otrzymany rzut środkowy nie ma jednoznacznego przekształcenia na rzuty prostokątne, podające geometrię w sposób bezpośredni [4]. Należy wówczas samodzielnie identyfikować geometrie, rozpoczynając od tych, które zostały zarejestrowane w pobliżu centrum obiektywu, przez co nie uległy znacznemu zniekształceniu i mogą być przydatne do budowy modelu przestrzennego.

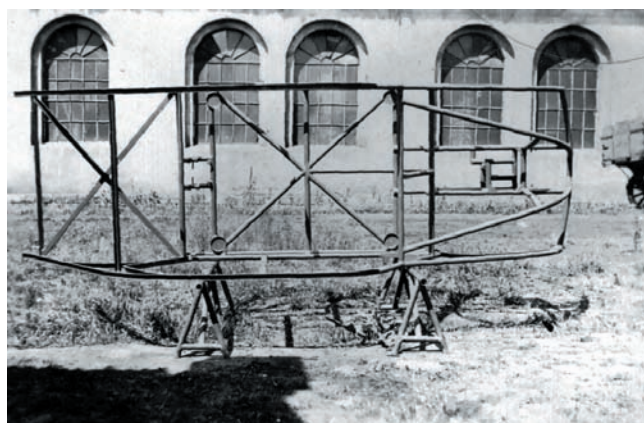
Analiza zestawu danych

Rozpatrywano przypadek prototypowego samochodu Radwan konstrukcji inż. Stefana Pragłowskiego, zbudowanego w jednym egzemplarzu w 1937 r. Nie zachowała się dokumentacja rysunkowa, a jedyną jego pozostałością są fotografie wykonane przez twórcę pojazdu, przedstawiające przestrzenną ramę nośną oraz kompletny pojazd (rys. 1, 2, 4, 5). Odtworzenie geometrii przestrzennej samochodu zostało wykonane w ramach projektu „Wirtualne Muzeum Polskiej Myśli Technicznej Stowarzyszenia ProCAX”. Podczas prac nad modelem oceniono przydatność ogólnodostępnego oprogramowania inżynierskiego Inventor do rozwiązywania problemów wynikających z braku pełnego zestawu danych do modelowania.

Podczas analizy materiału fotograficznego, stanowiącego podstawę do prac nad modelem przestrzennym, zwrócono uwagę, że nie zawiera on żadnych wymiarów podanych liczbowo, dlatego należy wytypować odniesienie wymiarowe w celu prawidłowej identyfikacji geometrii



Rys. 1. Fotografia wykorzystana do identyfikacji odniesienia wymiarowego



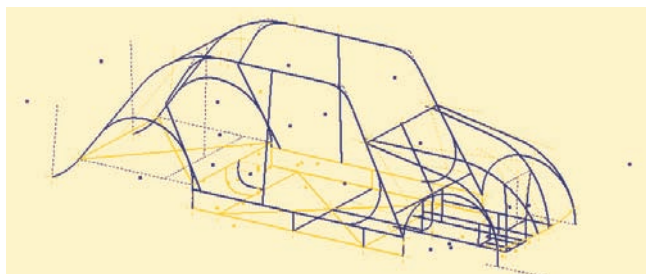
Rys. 2. Fotografia użyta do wykonania modelu środkowej części ramy

* Dr inż. Mieczysław Płocica (mplocica@prz.edu.pl), mgr inż. Krzysztof Puszkarz (krzysiekpu@op.pl) – Politechnika Rzeszowska

i zależności pomiędzy elementami konstrukcji. Jako odniesienie wymiarowe przyjęto średnicę zewnętrzną felgi będącej produktem seryjnym, pochodzącym z samochodu DKW.

Budowa modelu przestrzennego

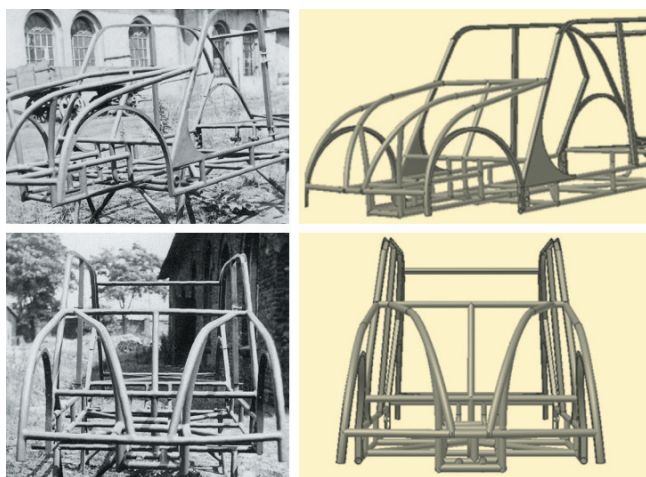
Modelowanie konstrukcji przeprowadzono w programie Inventor. Wykorzystano kolejno identyfikowane wymiary oraz wzajemne zależności kątowe między elementami, określone na podstawie fotografii (rys. 2), które posłużyły jako bitmapy w środowisku programowym. Główna część modelowania została oparta na wykonaniu szkiców płaskich odzwierciedlających osie kształowników stalowych, z których zbudowana jest rama. Następnie za pomocą generatora ram nadano im odpowiednie typy profili tworzących przestrzenną konstrukcję nośną (rys. 3).



Rys. 3. Gotowy model zawierający szkice osi wszystkich kształowników tworzących ramę pojazdu

Modelowanie konstrukcji z użyciem generatora ram

Na podstawie zdjęć dobrano typy profili wykorzystanych do budowy ustroju nośnego prototypu (rys. 4). Następnym krokiem było uzupełnienie modelu o elementy wzmacniające konstrukcję ramy, które wykonano na bazie już utworzonej kratownicy. W tej fazie kształtowania modelu znane są już zależności między elementami konstrukcji, dlatego nie jest konieczne odtwarzanie dodatkowych wymiarów z fotografii.



Rys. 4. Porównanie fotografii konstrukcji i utworzonego modelu

Odtworzenie powierzchni nadwozia

Tworzenie nadwozia na przestrzennej ramie można podzielić na dwa podstawowe etapy. Pierwszym z nich jest rekonstrukcja geometrii zewnętrznego poszycia pojazdu. Drugim etapem jest uzupełnienie modelu o takie elementy, jak koła, szyby i zderzaki, które pozwolą na przygotowanie wizualizacji gotowego samochodu.



Rys. 5. Fotografie samochodu Radwan i wizualizacja modelu

Karoseria Radwana składała się głównie z płaskich lub giętych w jednej płaszczyźnie blach, co znacząco ułatwiło jego rekonstrukcję przy niekompletnych danych źródłowych. Jedynymi elementami wykonanymi z blach tłoczonych były błotniki oraz środkowa część maski.

Proces modelowania elementów płaskich opierał się na rzutowaniu odpowiednich krawędzi ramy na płaszczyznę i utworzeniu na tej podstawie bryły poprzez wyciągnięcie proste. Ponieważ pojazd był symetryczny, do modelowania ramy i powierzchni poszycia wykorzystywano polecenie odbicia lustrzanego względem płaszczyzny symetrii. Powierzchnię maski silnika wykonano jako wyciągnięcie złożone. Po uzupełnieniu modelu o podstawowe elementy widoczne z zewnątrz, takie jak koła, szyby i brezentowe pokrycie stelażu dachu, wykonano jego wizualizację przez nałożenie cech materiałowych (rys. 5).

Podsumowanie

Model samochodu Radwan odtworzono do celów edukacyjnych. Nie zawiera on szczegółowej geometrii poszczególnych elementów, np. wewnętrznej konstrukcji drzwi, która może być zaprojektowana w oparciu o ustaloną geometrię ramy. Efektywność wykorzystania środowiska inżynierskiego Inventor do rozwiązania problemu niekompletnych danych można ocenić jako zadowalającą, o ile konstrukcja jest pozbawiona skomplikowanych powierzchni. W rozpatrywanym przypadku większość geometrii stanowiły powierzchnie płaskie lub rozwijalne, co pozwoliło na identyfikowanie konstrukcji z dobrym przybliżeniem oraz ułatwiało modelowanie powierzchni w systemie CAD.

LITERATURA

1. Canfora G., Di Penta M. "New Frontiers of Reverse Engineering". *Future of Software Engineering*. No. 5 (2007): pp. 326÷341.
2. Ciobanu O., Rotariu M. "Photogrammetric Scanning and Applications in Medicine". *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 657 (2014): pp. 579÷583.
3. Cui Y., Zhao X., Jing C.F. "An Approach of Aerial Photogrammetry Measurement Based on 3D Model". *Key Engineering Materials*. Vol. 500 (2012): pp. 736÷742.
4. Gou Z.Y., Zheng Q., Liu C. R., Wu Y.J., Wang M., Zheng K. "Deformation Monitoring Method Based on Photogrammetry Technology". *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 475–476 (2013): pp. 111÷115.
5. Hassan A., Holt R. "Architecture recovery of web applications". *Proceedings of the International Conference on Software Engineering*. Orlando, FL, USA: 2002, pp. 349÷359.
6. Tonella P., Potrich A. "Reverse Engineering of Object Oriented Code". Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2005.
7. Wang L.Z., Zhang D.D., Liang J., Liao X.B. "Method of Detection for Complex Surfaces Based on Industrial Close-Range Photogrammetry". *Advanced Materials Research*. Vol. 787 (2013): pp. 944÷946. ■