

# INTEGRACJA INŻYNIERII ODWROTNEJ Z FUNDAMENTAMI PROJEKTOWANIA

WYKORZYSTANIE POJEDYNCZEGO ŚRODOWISKA  
Z FUNKCJAMI MODELOWANIA PARAMETRYCZNEGO, BEZPOŚREDNIEGO  
I UPROSZCZONEGO



LIFECYCLE

INSIGHTS

## ZAKŁÓCENIA CYFROWE W PROCESIE INŻYNIERII ODWROTNEJ

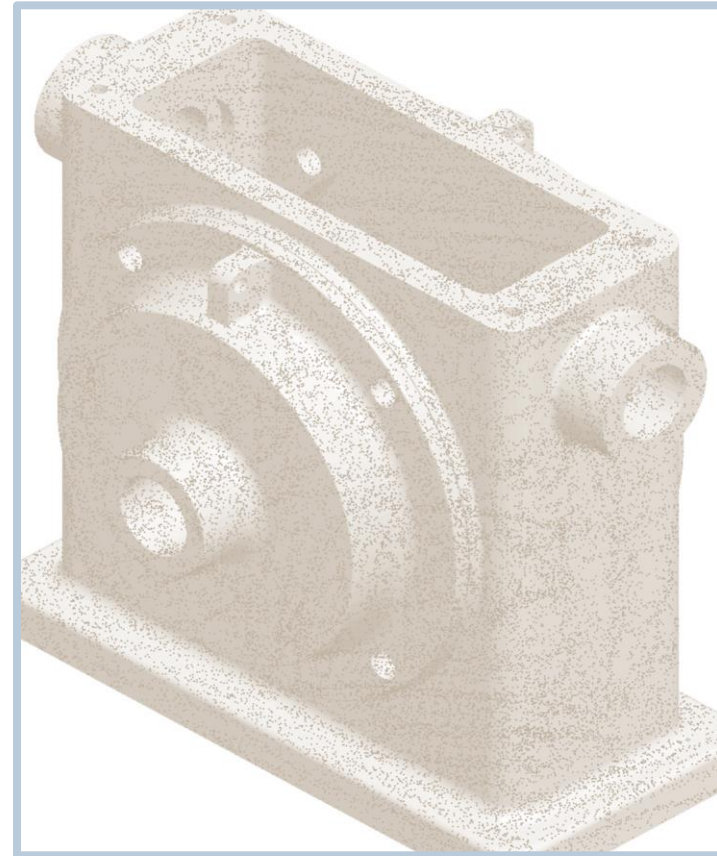
Inżynieria odwrotna zawsze była ważnym elementem projektowania. Praktyka, zgodnie z którą inżynierowie dekonstruują i analizują istniejący fizyczny obiekt, aby zrozumieć, jak został zaprojektowany, od dawna stanowiła jedną z metod odtwarzania produktów. Niektóre zespoły używają jej do replikowania konkurencyjnych produktów, inne stosują ją do odtwarzania komponentów, dla których nie istnieje dokumentacja techniczna. Jeszcze inni wykorzystują ją jako metodę identyfikacji głównej przyczyny błędów. Zapewnia to organizacjom inżynierskim ważną możliwość.

Pomimo istotnej roli, jaką inżynieria odwrotna odgrywa w projektowaniu, brakuje jej integracji z nowoczesnymi cyfrowymi procesami rozwoju produktu. Inżynierowie muszą często sięgać po różne skomplikowane i niezintegrowane aplikacje, aby wykonać swoje zadanie. Duża liczba zakłóceń w tym cyfrowym obiegu informacji obniża skuteczność inżynierii odwrotnej. Owe zakłócenia obniżają produktywność inżynierów i ograniczają czas, który mogą poświęcić na projektowanie i rozwój produktów.

Pojawiła się jednak nowa technologia zapowiadająca wyeliminowanie cyfrowych zakłóceń dotyczących inżynierii odwrotnej. Pojawiają się narzędzia, które zapewniają odpowiednie połączenie funkcji pozwalających przeprowadzić cały proces w jednym środowisku. To z kolei pozwala inżynierom odzyskać produktywność.

Niniejszy e-book dotyczy właśnie tego zagadnienia. Analizuje szczegółowo inżynierię odwrotną i omawia, jak ten proces wpisuje się w projektowanie koncepcyjne i szczegółowe, prototypowanie i testowanie. Zagłębia się również w tradycyjne i progresywne rozwiązania cyfrowe wspierające inżynierię odwrotną, podkreślając ich zalety i wady.

Inżynieria odwrotna jest kluczowym elementem procesu projektowania. Najwyższy czas, aby projektanci otrzymali odpowiednie narzędzia, które ją wspierają.



# INŻYNIERIA ODWROTNA W PROCESIE ROZWOJU

Zanim omówimy technologię wykorzystywaną do wspierania inżynierii odwrotnej, ważne jest, aby zrozumieć podstawy tej metody. W tej części omówimy, jak i dlaczego używa się jej w procesie rozwoju, wyjaśnimy kwestie techniczne, które należy wziąć pod uwagę, oraz przeanalizujemy, jak się ją stosuje na etapie projektowania koncepcyjnego, projektowania szczegółowego, prototypowania i testowania.

## ZASTOSOWANIA INŻYNIERII ODWROTNEJ

W trakcie procesu rozwoju istnieje wiele sytuacji, w których inżynieria odwrotna jest korzystna, pomimo zakłóceń w realizacji dotyczącego jej cyfrowego obiegu informacji. Wspólnym wątkiem łączącym te przypadki jest brak dokumentacji technicznej produktu. Powszechne przyczyny tego stanu rzeczy są następujące:

- Produkt lub komponent został opracowany przed wprowadzeniem dobrych praktyk w zakresie konfiguracji i kontroli.
- Produkt lub komponent został opracowany przez firmę, która w międzyczasie została przejęta, a dokumentacja została utracona lub zagubiona podczas procesu akwizycji.
- Jeżeli produkt lub komponent był opracowywany przez startup, dokumentacja mogła w ogóle nie powstać.
- Produkt lub komponent może należeć do konkurencyjnej firmy, która nadal działa lub nie.
- Organicznie ukształtowany projekt jest najpierw opracowywany fizycznie i musi zostać przekształcony w wersję cyfrową.

Powody, dla których organizacja inżynierska może być zmuszona sięgnąć po inżynierię odwrotną w procesie rozwoju produktu, mogą być bardzo różne, w tym między innymi:

- Produkt lub komponent działający w długotrwałym cyklu operacyjnym uległ uszkodzeniu lub musi zostać wymieniony. Organizacja musi odtworzyć istniejący produkt lub komponent w charakterze zamiennika. Alternatywnie organizacja musi zrozumieć główną przyczynę błędu, aby uniknąć problemów w przyszłości.
- Celem organizacji jest opracowanie kolejnej generacji istniejącego produktu lub komponentu. Firma potrzebuje cyfrowej reprezentacji istniejącego obiektu, aby wykorzystać ją jako punkt wyjściowy dla nowego projektu.

## UWARUNKOWANIA TECHNICZNE

---

Nowoczesny proces inżynierii odwrótej rozpoczyna się od technicznego etapu skanowania istniejącego produktu lub komponentu. Podczas tego procesu skaner laserowy wykonuje setki lub tysiące trójwymiarowych pomiarów obiektu. Każdy pomiar ma swoje położenie w przestrzeni na osi X, Y i Z. Łącznie ta chmura punktów reprezentuje zewnętrzną powierzchnię obiektu. Na tym jednak proces się nie kończy. Często dopiero teraz się zaczyna.

Po zeskanowaniu elementu chmury punktów można użyć do utworzenia modelu bryłowego, którego geometria różni się od geometrii o łagodnie zaokrąglonych krawędziach tworzonej przy użyciu modelowania parametrycznego i bezpośredniego. Geometria modelu bryłowego jest generowana przez tworzenie płaszczyzn między dowolnymi trzema punktami w chmurze. Rezultatem jest geometria siatki, którą nie można manipulować ani której nie można modyfikować przy użyciu funkcji modelowania parametrycznego lub bezpośredniego. Modelowanie uproszczone umożliwia natomiast wprowadzanie zmian w tej geometrii.

## INŻYNIERIA ODWROTNA W PROJEKTOWANIU KONCEPCYJNYM

Podczas projektowania koncepcyjnego inżynierowie opracowują szereg wersji, które potencjalnie mogą spełniać wymagania dotyczące formy, przydatności i funkcjonalności produktu.

W pierwszej kolejności szukają projektów, które w akceptowalny sposób spełniają te wymagania, a następnie, w zależności od roli odgrywanej przez projekt w szerszym kontekście produktu lub systemu, inżynier analizuje alternatywne rozwiązania lub przechodzi do kolejnego projektu.

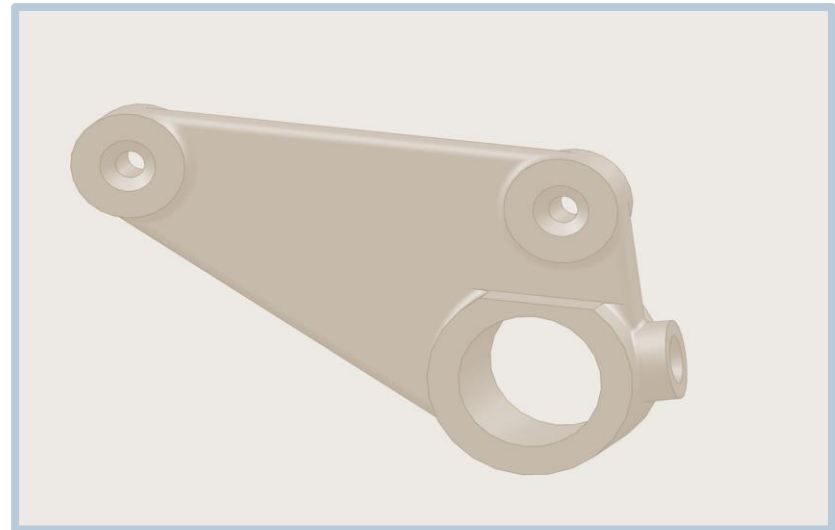
Wirtualne reprezentacje geometryczne tych projektów mogą się znacząco różnić: niektóre z nich wykorzystują techniki projektowania zstępującego, aby odizolować objętości i przestrzenie dla poszczególnych komponentów, inne zaś realizują te zadania przy użyciu szkiców 2D lub 3D opracowanych na podstawie krzywych, linii, powierzchni i innych elementów prostej geometrii. Na tym etapie reprezentacje nie są jednak zwykle w pełni dopracowanymi modelami 3D, które powstają dopiero na etapie projektowania szczegółowego.

Inżynieria odwrotna może odgrywać wiele ról w projektowaniu koncepcyjnym. Jednym z zastosowań jest zarejestrowanie rozmiaru i kształtu istniejącego produktu lub komponentu jako kontekstu dla nowej koncepcji projektowej. Ta funkcja pozwala inżynierom projektować na podstawie istniejącego obiektu i oceniać, czy ich wymagania zostały spełnione. W tym scenariuszu nie ma potrzeby przekształcania geometrii siatki zeskanowanego komponentu w model o łagodnie zaokrąglonych krawędziach. Może on spełniać tę funkcję w obecnym kształcie.

Innym zadaniem inżynierii odwrotnej jest wykorzystanie zeskanowanego obiektu jako punktu wyjściowego dla nowej koncepcji. Nowa koncepcja może odziedziczyć niektóre cechy i właściwości istniejącego obiektu, ale w innych obszarach znacznie się od niego różnić. W tym kontekście geometria siatki

służy jako wytyczne do utworzenia nowej geometrii przy użyciu tradycyjnych metod, w tym modelowania parametrycznego i bezpośredniego.

Trzeci, bardzo istotny przypadek dotyczy bezpośredniego użycia geometrii siatki zeskanowanego komponentu. Korzystając z funkcji modelowania uproszczonego, inżynier może bezpośrednio zmieniać geometrię siatki, w tym dodawać lub usuwać materiał. Może to obejmować również modyfikację geometrii siatki. W tej sytuacji ważna jest możliwość mieszania i dopasowywania zarówno geometrii o łagodnie zaokrąglonych krawędziach utworzonej za pomocą modelowania parametrycznego i bezpośredniego, jak i geometrii siatki utworzonej i zmodyfikowanej za pomocą modelowania uproszczonego. W tym scenariuszu może nie być konieczne przekształcanie geometrii siatki w geometrię o łagodnie zaokrąglonych krawędziach, zwłaszcza jeśli obiekt będzie produkowany metodą wytwarzania addytywnego.



## INŻYNIERIA ODWROTNA W PROJEKTOWANIU SZCZEGÓŁOWYM

Na tym etapie procesu rozwoju produktu inżynierowie szczegółowo opracowują zweryfikowaną koncepcję projektową i przygotowują ją do przekazania do produkcji, sprawdzając, czy spełnia wszystkie wymagania dotyczące formy, przydatności oraz funkcjonalności. Wymaga to od nich sprawdzenia różnych opcji wielu aspektów projektu w celu ulepszenia jego działania i wydajności. Dotyczy to zwłaszcza inżynierów, którzy starają się osiągnąć optymalną równowagę między kolidującymi ze sobą wymogami, na przykład dotyczącymi masy i struktur poddawanych obciążeniom, kosztów i drgań własnych.

W tej fazie procesu wirtualna reprezentacja geometryczna ma postać modelu 3D zawierającego wszystkie szczegóły. Takie modele są często konstruowane przy użyciu funkcji modelowania parametrycznego i bezpośredniego, co pozwala uzyskać bryły geometryczne o łagodnie zaokrąglonych krawędziach.

Podobnie jak w przypadku projektowania koncepcyjnego, inżynieria odwrotna odgrywa wiele ról w projektowaniu szczegółowym. Geometrii siatki z zeskanowanego produktu lub komponentu można użyć jako kontekstu dla projektu szczegółowego. Na podstawie tego obiektu można opracować wiele innych projektów, umożliwiając jednocześnie sprawdzenie wymagań. W tym scenariuszu nie ma potrzeby przekształcania zeskanowanego obiektu w model o łagodnie zaokrąglonych krawędziach.

Inżynieria odwrotna może również stanowić podstawę do opracowania nowego szczegółowego projektu. Skan obiektu można wykorzystać jako wytyczne do utworzenia nowej geometrii o łagodnie zaokrąglonych krawędziach przy użyciu funkcji modelowania parametrycznego i bezpośredniego. Pozwala to inżynierom przyspieszyć pracę, zamiast zaczynać ją od zera.

Kolejnym zastosowaniem inżynierii odwrotnej jest użycie geometrii siatki jako szczegółowego projektu. Funkcji modelowania uproszczonego można używać do modyfikowania i dostosowywania geometrii siatki, w tym dodawania i usuwania materiału, w odniesieniu do wszelkich niezbędnych zmian. Model ten może zostać dopuszczony do produkcji, zwłaszcza jeśli będzie realizowana przy użyciu wytwarzania addytywnego.

W każdym z tych przypadków kluczowa jest możliwość łączenia i dopasowywania funkcji modelowania parametrycznego, bezpośredniego i uproszczonego. Pozwala ona inżynierom modyfikować geometrię siatki, zarówno jako geometrię projektową, jak i w charakterze odniesienia. Co więcej, pozwala inżynierom na tworzenie geometrii o łagodnie zaokrąglonych krawędziach, w zależności od potrzeb.



## INŻYNIERIA ODWROTNA W PROTOTYPOWANIU I TESTOWANIU

Na etapie prototypowania i testowania projekt otrzymuje fizyczną postać i jest poddawany badaniom, aby zweryfikować, czy rzeczywiście spełnia wszystkie stosowne wymagania. Ponadto projekt przekazany już do produkcji może ponownie trafić na ten etap procesu w przypadku niepowodzenia. Prototypowanie i testowanie może posłużyć do zidentyfikowania głównej przyczyny niepowodzenia projektu przed opracowaniem jego modyfikacji.

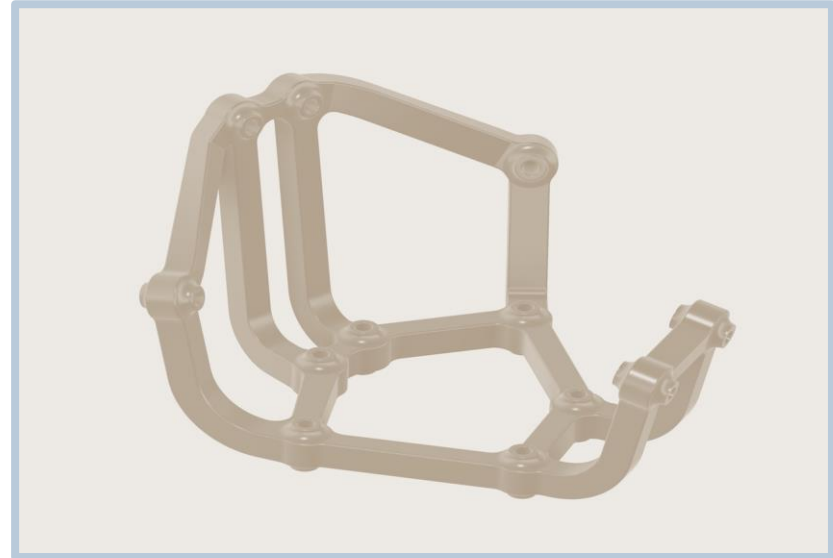
Z perspektywy geometrii pierwsze formalne przeniesienie szczegółowego modelu 3D ze sfery cyfrowej do fizycznej ma miejsce podczas prototypowania i testowania. Wymaga to wykorzystania możliwości produkcyjnych, takich jak generowanie ścieżek narzędzi CNC lub drukowanie 3D, które są wykorzystywane do wytworzenia projektu w świecie fizycznym.

Jednym z podstawowych zastosowań inżynierii odwrotnej w prototypowaniu i testowaniu jest szybkie odtworzenie istniejącego produktu lub komponentu w celu sprawdzenia poprawności działania innych projektów. Inżynieria odwrotna służy tu do odtworzenia istniejącego obiektu. Następnie jest on używany wraz z nowymi projektami do testów. W tym przypadku nie są wprowadzane żadne zmiany w odtworzonym obiekcie.

Podobnym, choć nieco innym przypadkiem, jest zastosowanie inżynierii odwrotnej do powielenia istniejącego obiektu w celu zidentyfikowania głównej przyczyny awarii. Celem nie jest tutaj zbadanie lub zweryfikowanie jakichkolwiek zmian projektowych, ale zrozumienie, jak i dlaczego wystąpił błąd. Kiedy to jest jasne, organizacja może podjąć działania ukierunkowane na zmodyfikowanie istniejącego obiektu lub zastąpienie go nowym projektem.

Innym zastosowaniem inżynierii odwrotnej jest tworzenie modeli potencjalnych zmian w istniejącym produkcie lub komponencie, a następnie ich szybkie testowanie w środowisku fizycznym. W tym scenariuszu ważne jest nie tylko szybkie utworzenie modelu 3D na podstawie skanu, ale także sprawne i łatwe wprowadzanie modyfikacji w geometrii siatki.

Podobnie jak w przypadku projektowania koncepcyjnego i szczegółowego, możliwość łączenia i dopasowywania funkcji modelowania parametrycznego, bezpośredniego i uproszczonego ma kluczowe znaczenie dla prototypowania i testowania z zastosowaniem inżynierii odwrotnej. Pozwala to inżynierom modyfikować geometrię siatki, zarówno jako geometrię projektową, jak i w charakterze odniesienia. Co więcej, pozwala inżynierom na tworzenie geometrii o łagodnie zaokrąglonych krawędziach, w zależności od potrzeb.



W projektowaniu koncepcyjnym, szczegółowym, prototypowaniu i testowaniu inżynieria odwrotna jest istotną, podstawową czynnością. Należy jednak zwrócić uwagę, że konwencjonalne technologie używane do obsługi inżynierii odwrotnej, będące niezintegrowanymi aplikacjami, często generują problemy w cyfrowym przepływie informacji.

## DWA TYPY GEOMETRII, TRZY TYPY MODELOWANIA

Ogólnie rzecz biorąc, tradycyjne modelowanie geometrii przybiera jedną z dwóch form: modelowania parametrycznego lub bezpośredniego. Modelowania parametrycznego można użyć do tworzenia modelu cecha po cesze za pomocą parametrycznych mechanizmów kontroli wymiarów. Modelowanie bezpośrednie umożliwia modyfikowanie istniejącej geometrii za pomocą operacji wypychania, przesuwania i przeciągania. Obie technologie obsługują reprezentacje brzegowe, w których geometria jest odzwierciedlana przez płaskie lub lekko zakrzywione powierzchnie.

Geometria siatki obejmuje natomiast chmurę punktów reprezentujących zewnętrzną powierzchnię projektu. Niektóre aplikacje CAD zamieniają taką geometrię siatki w geometrię bryły, tworząc trójkątne lub trapezoidalne płaszczyzny i łącząc je w obiekt bryłowy. W przypadku modelowania uproszczonego można poprawić jakość uzyskanej siatki oraz modyfikować ją poprzez dodawanie lub usuwanie materiału.

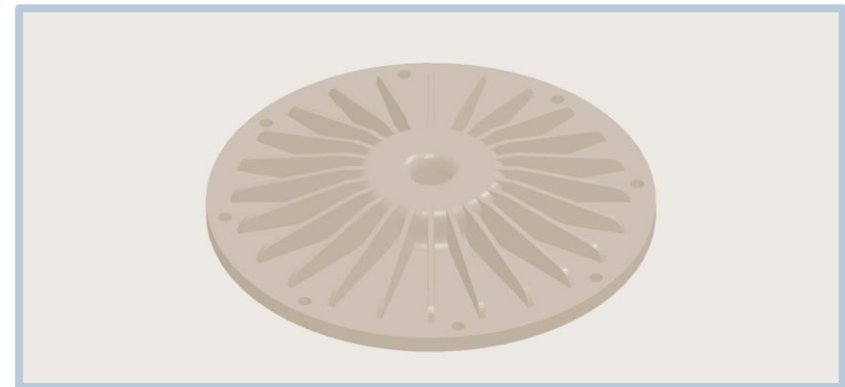
Jak wspomniano wcześniej, w niektórych przypadkach oprócz modelu geometrii siatki inżynierowie muszą opracować model geometrii o lekko zaokrąglonych krawędziach. Na potrzeby projektowania koncepcyjnego inżynierowie muszą pracować ze szkicami i przestrzeniami projektowymi oraz modelami geometrii siatkowej zeskanowanych komponentów. Projektowanie szczegółowe wymaga tworzenia szczegółowych modeli 3D z uwzględnieniem geometrii siatki. Podczas prototypowania

i testowania należy szybko wytwarzać komponenty na podstawie tych reprezentacji brzegowych i geometrii siatki.

## ROZWIĄZANIE OPARTE NA DWÓCH APLIKACJACH

Tradycyjne aplikacje CAD używane do tworzenia m.in. modeli 3D często korzystają z funkcji modelowania parametrycznego i bezpośredniego, które pozwalają uzyskać reprezentacje graniczne. Połączenie tych narzędzi do modelowania stanowi solidną kombinację funkcji, przy użyciu których można szybko i łatwo opracowywać koncepcje projektowe oraz szczegółowe projekty, a także wytwarzać fizyczne komponenty. Niestety tylko nieliczne aplikacje CAD oferują dodatkowo funkcje modelowania uproszczonego.

Większość aplikacji CAD nie obsługuje geometrii siatki, dlatego projektanci muszą stosować inne rozwiązania. Niektóre niezależne, specjalistyczne aplikacje, zazwyczaj towarzyszące sprzętowi do skanowania laserowego, obejmują aplikację zbliżoną do systemu CAD, która oferuje funkcje modelowania uproszczonego. Teoretycznie projektanci mogą korzystać zarówno z tradycyjnych aplikacji CAD, jak i z aplikacji specjalistycznych, zbliżonych do programów CAD. Podejście to ma jednak wiele wad.





# ROZWIĄZANIE OPARTE NA DWÓCH APLIKACJACH

## BRAK JEDNEGO ŚRODOWISKA

Podczas programowania koncepcyjnego i szczegółowego, prototypowania oraz testowania może wystąpić wiele sytuacji wymagających od inżynierów **wymiennego** stosowania metod modelowania parametrycznego, bezpośredniego i uproszczonego. Użytkownik może na przykład pracować z danymi geometrii płaszczyznowej, następnie konstruować cechę parametryczną, aby potem zająć się modyfikowaniem obiektu przy użyciu modelowania bezpośredniego, a na koniec powrócić do modelowania uproszczonego. Jeśli te trzy funkcje nie są dostępne w jednej aplikacji, projektanci i inżynierowie nie będą mogli skorzystać z takiego obiegu danych. Zamiast tego będą musieli znaleźć sposób na przenoszenie danych projektowych między konwencjonalnym oprogramowaniem CAD i specjalistyczną aplikacją podobną do CAD.

## WYMIANA DANYCH PROJEKTOWYCH

Osoby, które mają do czynienia z przesyłaniem danych geometrycznych między aplikacjami CAD dobrze wiedzą, z jakimi trudnościami się to wiąże. Przesyłanie modelu między dwoma aplikacjami często prowadzi do problemów, takich jak niedopasowane lub brakujące powierzchnie, linie lub punkty. Psuje to cały model, ponieważ nie reprezentuje on już początkowego projektu, zaś inżynierowie muszą naprawiać te problemy po każdym przesłaniu danych między aplikacjami.

Przesyłanie danych geometrycznych między tradycyjnymi aplikacjami i aplikacjami specjalistycznymi przypominającymi CAD wygląda podobnie i wiąże się z takimi samymi wyzwaniami.

Wpływa to negatywnie na prace projektowe, a inżynier traci jeszcze więcej czasu.

## WNIOSKI

Inżynierowie mogą używać tradycyjnych aplikacji CAD w połączeniu z aplikacjami specjalistycznymi zbliżonymi do CAD, aby skorzystać z technologii inżynierii odwrotnej, jednak wiąże się to ze znaczącymi utrudnieniami w cyfrowym przepływie informacji. Takie podejście uniemożliwia wymienne stosowanie funkcji modelowania parametrycznego, bezpośredniego i uproszczonego, co w konsekwencji ogranicza swobodę projektowania, a ponadto wymaga poświęcania znaczących nakładów czasu na poprawianie danych projektowych przesyłanych między dwiema aplikacjami. Chociaż latami preferowano rozwiązania alternatywne, był to jedyny sposób na przeprowadzenie procesów inżynierii odwrotnej w ramach rozwoju produktu.

## ROZWIĄZANIE OPARTE NA JEDNEJ APLIKACJI

Na przestrzeni ostatniego roku pojawiła się nowa technologia, która umożliwiła szybsze i łatwiejsze stosowanie inżynierii odwrotnej w procesie rozwoju produktu. Niektóre aplikacje CAD zostały rozszerzone o funkcje modelowania parametrycznego, bezpośredniego i uproszczonego. Poza importem danych chmury punktów i tworzeniem wynikowej geometrii siatki stosowanie inżynierii odwrotnej ma istotne implikacje.

Gdy inżynierowie muszą utworzyć model geometrii reprezentacji brzegowej na podstawie rezultatów projektowania generatywnego, obieg danych jest łatwiejszy, jeśli mogą wykonać te działania w jednej aplikacji. Wszystkie funkcje modelowania są dostępne w jednym środowisku, dzięki czemu inżynierowie mogą używać właściwych narzędzi wymaganych w danej sytuacji.

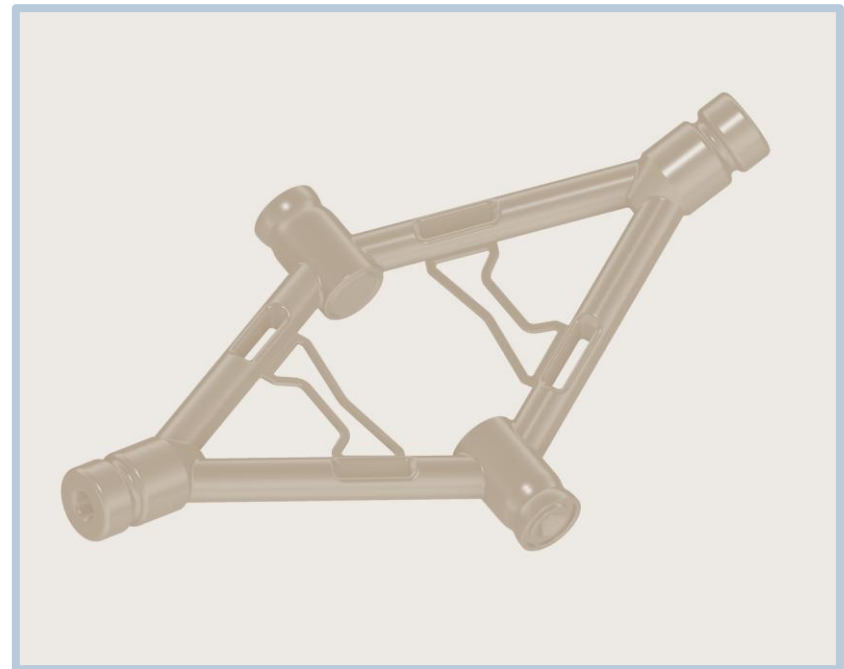
W innym interesującym przypadku inżynierowie niekoniecznie muszą przekształcać projekty utworzone metodą projektowania generatywnego na geometrię reprezentacji brzegowej. Zamiast tego mogą użyć narzędzi do modelowania uproszczonego, aby zmodyfikować projekt bez konieczności wykonywania tych czasochłonnych działań. Dotyczy to zwłaszcza komponentów wytwarzanych metodą drukowania 3D, wykorzystującą geometrię siatki.

Gdy komponentu inżynierii odwrotnej należy użyć jako kontekstu dla nowych projektów, obieg informacji również staje się znacznie prostszy. Inżynierowie po prostu wczytują chmurę punktów i skanują je, używając w razie potrzeby funkcji modelowania parametrycznego i bezpośredniego. Zeskanowany komponent służy jako punkt odniesienia.

Ważnym elementem przedstawionych scenariuszy jest działanie, którego można uniknąć dzięki nowej generacji aplikacji CAD: *wymiana danych projektowych*. Ponieważ wszystkie te funkcje są dostępne w jednym środowisku, nie ma potrzeby przenoszenia

danych modelu 3D, zeskanowanych lub pozyskanych w inny sposób, między różnymi aplikacjami. Wszystkie zadania można wykonać w jednym środowisku, zaś inżynierowie nie muszą tracić czasu na naprawianie danych geometrii, lecz mogą go poświęcić na pracę nad projektem.

Ogólnie rzecz biorąc, zintegrowanie funkcji modelowania uproszczonego w połączeniu z modelowaniem parametrycznym i bezpośrednim jest znaczącym ułatwieniem dla inżynierów chcących korzystać z technologii inżynierii odwrotnej. Takie rozwiązanie pozwala wyeliminować większość utrudnień w procesie obiegu danych, umożliwiając inżynierom całkowite skoncentrowanie się na projektowaniu.



## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Inżynieria odwrotna jest stosowana od dawna w rozwoju produktów. Jednak w miarę jak proces projektowania przekształcił się w serię cyfrowych obiegów informacji, technologie wykorzystywane do stosowania inżynierii odwrotnej nie uległy zmianie. W rezultacie w obiegach informacji, które umożliwiają stosowanie inżynierii odwrotnej, występują znaczne istotne zakłócenia.

### INŻYNIERIA ODWROTNA W ROZWOJU PRODUKTU

W praktyce inżynieria odwrotna jest stosowana na wielu etapach rozwoju produktu. Podczas projektowania koncepcyjnego i szczegółowego zeskanowane obiekty mogą stanowić podstawę lub kontekst dla nowych koncepcji projektowych lub modeli szczegółowych. W przypadku prototypowania i testowania inżynieria odwrotna produktów lub komponentów umożliwia szybkie badanie i testowanie iteracji, analizę przyczyn głównych oraz walidację innych nowych projektów. Inżynieria odwrotna odgrywa tu kluczową rolę.

Skanowanie obiektu generuje chmurę punktów składającą się z setek lub tysięcy pomiarów. Można to wykorzystać do utworzenia geometrii bryłowej przez wygenerowanie płaszczyzn między dowolnymi trzema punktami w chmurze. Rezultatem jest geometria siatki, którą nie można manipulować ani której nie można modyfikować przy użyciu funkcji modelowania parametrycznego lub bezpośredniego. Modelowanie uproszczone umożliwia natomiast wprowadzanie zmian w tej geometrii.

### ROZWIĄZANIE OPARTE NA DWÓCH APLIKACJACH

Tradycyjnie aplikacje CAD oferowały funkcje modelowania parametrycznego i bezpośredniego, ale nie funkcje modelowania uproszczonego. W celu utworzenia modelu 3D zeskanowanego obiektu inżynierowie sięgnęli po specjalistyczne aplikacje typu CAD oferujące funkcje modelowania uproszczonego. Ograniczało to ich możliwości projektowe, ponieważ żadne środowisko nie oferowało jednocześnie funkcji modelowania parametrycznego, bezpośredniego i uproszczonego, niezbędnych do badania nowych opcji projektowych. Co więcej, korzystanie z dwóch różnych i odrębnych aplikacji zmuszało

inżynierów do wykonywania translacji danych projektowych. Taka wymiana danych często prowadzi do uszkodzeń geometrii, których naprawa zajmuje dużo czasu.

### ROZWIĄZANIE OPARTE NA JEDNEJ APLIKACJI

W ciągu ostatniego roku do niektórych aplikacji CAD dodano funkcje modelowania uproszczonego, obok modelowania parametrycznego i bezpośredniego. Pozwala to inżynierom na łatwiejsze przekształcanie zeskanowanych danych w geometrię reprezentacji brzegowej i łatwiejsze wykorzystanie zeskanowanych danych jako kontekstu do rozwoju nowych projektów. Eliminuje to również konieczność przekształcania i translacji tych modeli, co pozwala na znaczną oszczędność czasu. W rezultacie progresywne aplikacje CAD usunęły znaczną ilość zakłóceń cyfrowych z obiegu informacji dotyczącego inżynierii odwrotnej.

### WNIOSKI KOŃCOWE

Inżynieria odwrotna była i pozostaje kluczowym działaniem w procesie rozwoju. Wraz z pojawieniem się aplikacji CAD, które oferują funkcje modelowania parametrycznego, bezpośredniego i uproszczonego, inżynierowie mogą odzyskać swoją produktywność i poświęcić więcej czasu na projektowanie.

© 2017 LC-Insights LLC

**Chad Jackson** to analityk, researcher i blogger w firmie [Lifecycle Insights](#), który analizuje technologie wykorzystywane w inżynierii, w tym systemy CAD, CAE, PDM i PLM. [chad.jackson@lifecycleinsights.com](mailto:chad.jackson@lifecycleinsights.com)

