

# ZASTOSOWANIE WIELKOFORMATOWEGO SKANOWANIA OBIEKTÓW PRZEMYSŁOWYCH W PROCESACH PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI

Józef MATUSZEK, Milan GREGOR, Dawid KURCZYK

**Streszczenie:** W artykule scharakteryzowano dokonujące się zmiany współczesnego rynku sprzedaży wyrobów i usług. Na przykładzie firm przemysłu maszynowego, podano tendencje rozwoju zastosowań systemów informatycznych w przedsiębiorstwach. Przedstawiono oprogramowania nowej generacji umożliwiające przeprowadzenie modelowania i symulacji umożliwiające przeprowadzenie modelowania projektowanych przebiegów procesu produkcyjnego i symulacji ich realizacji w wirtualnej rzeczywistości projektowanych przebiegów procesu produkcyjnego. Wyjaśniono pojęcie digitalnego przedsiębiorstwa. Podano przykłady zastosowań nowych systemów informatycznych w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

**Słowa kluczowe:** Skanowanie 3D, modelowanie procesów produkcji.

## 1. Wprowadzenie

Postęp techniczny, rozwój systemów informatycznych powoduje zmiany na światowym rynku sprzedaży wyrobów i usług. Pojawia się zapotrzebowanie rynku na indywidualizację oferty dostosowaną do poszczególnych odbiorców. Dążenie do stanu, w którym coraz większa liczba wyrobów jest dostosowywanych do życzeń klienta, do zapewnienia maksymalizacji możliwości wyboru przez niego różnych wariantów produktów spowodowało, konieczność skrócenia do minimum czasów i kosztów projektowania procesów produkcyjnych.

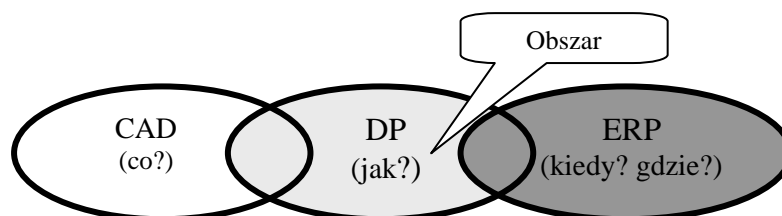
Przedstawione zmiany zostały zapoczątkowane w ostatnich kilkunastu latach. Przedsiębiorstwa produkują coraz częściej w niewielkich seriach nowe innowacyjne wyroby i usługi. Zachodzące zmiany, tempo tych zmian powodują, że każda instytucja gospodarcza narażona jest w coraz większym stopniu na czynnik zaskoczenia na rynku, potencjalnie wzrasta możliwość powstania błędów na etapie realizacji wytwarzania generowania dużych kosztów ich eliminacji. Jest to spowodowane coraz krótszym cyklem życia produktów, krótszym czasem przygotowania produkcji, szybszym technologicznym starzeniem się środków produkcji, wzrastającą liczbą konkurujących ze sobą przedsiębiorstw i napływem produktów z szybko rozwijających się krajów trzecich – Chin, Indii, Indonezji itp.

Jedną z dróg utrzymania czy poprawy konkurencyjności firm na rynku jest nadążanie i kreowanie rozwoju postępu technicznego zwłaszcza w zakresie zastosowań informatycznych zarządzania. Podstawą rozwoju innowacyjnej produkcji jest umiejętność zastosowania przy jej projektowaniu nowoczesnych technologii informatycznych.

## 2. Nowe generacje technologii informatycznych w przedsiębiorstwach

Na nowe technologie informatyczne w zakresie przygotowania produkcji składają się oprogramowania umożliwiające przez: skanowanie obiektów, zastosowanie technologii odwrotnych, rozwiązywanie problemów antropotechnicznych pracy, modelowanie i wizualizację systemów produkcyjnych wirtualizację mających być realizowanych procesów. Zintegrowanie rozwiązań tych zagadnień składa się na pojęcie digitalnego przedsiębiorstwa („cyfrowej fabryki” - DP).

Technologie „cyfrowej fabryki” umożliwiają kompleksowe modelowanie na drodze wirtualizacji procesów, które mają być uruchomione w zakładach procesów wytwarzania i stanowią element pośredni między stosowanymi dotąd systemami CAx a oprogramowaniami klasy ERP – rys. 1.



Rys. 1. Obszar zainteresowań oprogramowania związanego z pojęciem „cyfrowej fabryki”

Oprogramowanie „DP” stworzyło nowe możliwości zastosowań starych i powstanie nowych metod i technik zarządzania i kształtowania systemów produkcyjnych.

## 3. Skanowanie 3D – techniki akwizycji danych

Przez długi okres czasu, kiedy nie znano zaawansowanych technik wspomaganie komputerowego, obowiązujące wówczas metody pozyskiwania danych i informacji o odtwarzanym obiekcie polegały na dokonywaniu pomiarów metodami klasycznymi i tworzeniu na ich podstawie dokumentacji w formie papierowej. Nawet wtedy, gdy komputery osobiste stały się na tyle szeroko rozpowszechnione by na ich kupno stać było prawie każdego, tworzenie grafiki w układzie przestrzennym nadal stanowiło duży problem. [5]. Historycznie pierwszym urządzeniem umożliwiającym dokonywanie pomiarów w układzie trójwymiarowym były specjalistyczne współrzędnościowe maszyny pomiarowe, na tyle jednak kosztowne, że mogły stanowić wyposażenie jedynie bardzo zamożnych przedsiębiorstw lub nielicznych jednostek naukowo – badawczych. Ich możliwości pomiarowe, jakkolwiek bardzo precyzyjne, ograniczone były przede wszystkim rozmiarami mierzonego obiektu z jednej strony a własnymi – z drugiej. Nieco później pojawiły się na rynku tzw. digitizery 3D zwane również ramionami pomiarowymi, które, podobnie jak wspomniane wcześniej maszyny współrzędnościowe, dokonywały pomiarów metodą dotykową. [5]. Podstawową zaletą tych urządzeń okazała się duża mobilność, dzięki której ich własne gabaryty przestały stanowić przeszkodę. Tym niemniej, znaczne jednak ograniczenie ich możliwości pomiarowych wynikało po pierwsze z niewielkiego zasięgu ramienia oraz konieczności manualnego wskazywania znacznej liczby punktów

pomiarowych w celu względnie dokładnego odwzorowania badanego obiektu. Dopiero rozwój techniki laserowej zapoczątkował stopniowe pojawianie się skanerów dokonujących szybkiej akwizycji chmury punktów oraz jej zapisu w formie umożliwiającej dalszą obróbkę. Obecnie, w zakresie technik bezdotykowego pomiaru promieniem lasera, oferowana jest cała gama urządzeń, różnicowanych ze względu na dokładność pomiaru i wielkość skanowanego obiektu rys.2 [5].



Rys. 2. Skaner do obiektów wielkogabarytowych firmy FARO

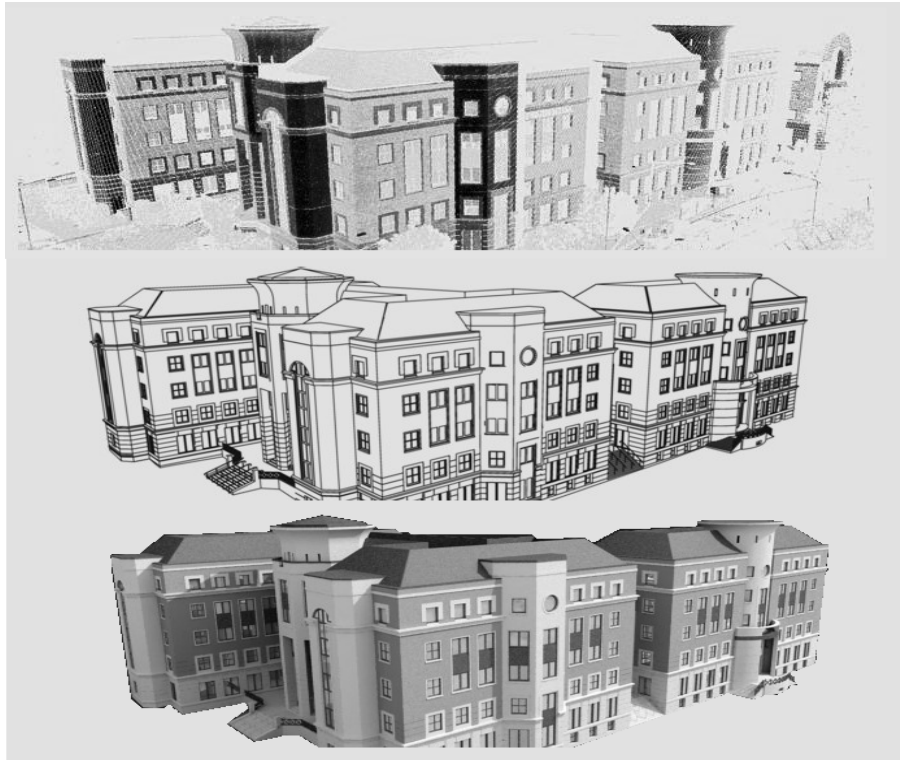
O ile samo pozyskiwanie informacji oraz danych z przeprowadzanych za pomocą skanerów 3D pomiarów nie nastręcza sporych trudności, o tyle obróbka otrzymanej tym sposobem chmury punktów – tak. Co prawda każdy szanujący się producent laserowego sprzętu skanującego wyposaża odbiorcę w dedykowany pakiet oprogramowania współpracującego, lecz zazwyczaj służy ono wyłącznie do integracji zbiorów danych pochodzących z różnych stanowisk pomiarowych oraz wizualizacji otrzymanej chmury. Tworzenie fizycznych modeli na drodze tzw. „meshing-u” lub wykonywanie brył odtwarzających w przestrzeni wirtualnej skanowane obiekty nadal stanowi duże wyzwanie zarówno dla samych użytkowników skanerów, jak i dla programistów, opracowujących coraz bardziej złożone systemy wspomagające procesy automatycznej zamiany chmur punktów na obiekt w łatwiejszej do dalszego przetwarzania reprezentacji.

#### 4. Przykłady zastosowania skanerów 3D w praktyce

Na podstawie zebranych informacji, pochodzących głównie ze źródeł internetowych, spektrum zastosowań laserowych skanerów 3D jest znaczne obejmując następujące dziedziny:

- Inżynieria lądowa – pomiary geodezyjne, odwzorowanie ukształtowania terenu, pomiary przestrzenne dużych konstrukcji naziemnych i podziemnych (tunele, wiadukty, mosty, chodniki w kopalniach itp.), pomiary drzewostanu w lasach (szacowanie objętości drewna), cykliczne pomiary translacji płyt tektonicznych,

efektów ruchów sejsmicznych, ocena szkód w wyniku działania kataklizmów (szacowanie stopnia dokonanych zniszczeń), wspomaganie planowania zagospodarowania przestrzennego, urbanistycznego, wizualizacja stanowisk archeologicznych, planowanie dużych przedsięwzięć budowlanych i kontrola ich przebiegu, obiektów architektonicznych rys.3, itp.,

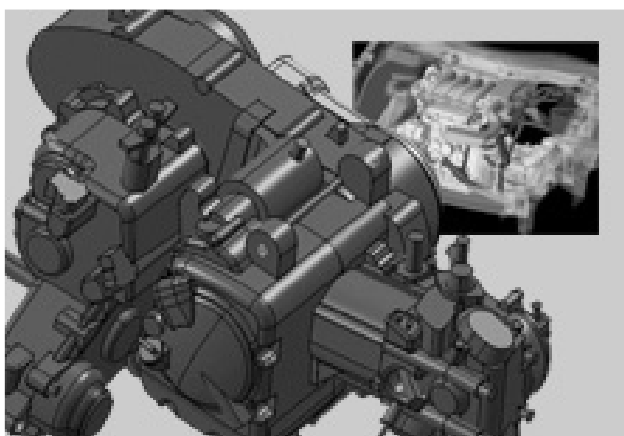


Rys. 3. Przykład modelowania elementów architektonicznych [9]

- Inżynieria przemysłowa, inżynieria produkcji – pomiary hal produkcyjnych, wizualizacja układu i rozmieszczenia linii produkcyjnych, tworzenie symulacji ich działania, modelowanie i optymalizacja stanowisk pracy, badanie o ocena dostosowania stanowiska pracy do warunków antropometrycznych człowieka z punktu widzenia ergonomii i ochrony pracy, badanie odkształceń obiektów pod wpływem działania czynników zewnętrznych (np. pomiar uszkodzeń pojazdów poddanych crash-testom, badanie, ocena i kosztorysowanie szkód powypadkowych, analiza porównawcza po wykonaniu naprawy), wykorzystanie skanerów 3D jako precyzyjnych współrzędnościowych maszyn pomiarowych do kontroli złożonych kształtów wyrobów, porównywanie wyrobu końcowego z modelem CAD, wspomaganie działania systemów automatycznej rejestracji czasu pracy (identyfikacja twarzy osoby wchodzącej/wychodzącej), tworzenie, katalogowanie i analiza konstrukcji elementów oraz części maszyn pod kątem możliwości powtórnego wykorzystania. Wykorzystanie

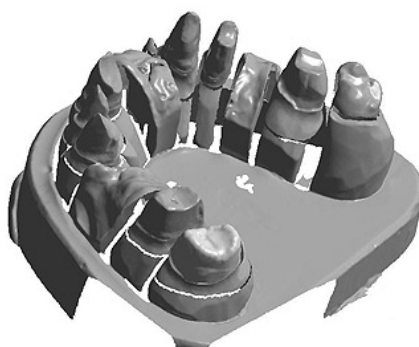
zeskanowanych obiektów do analizy poprawności montażu rys. 4, szkoleń pracowników.

- Kryminologia, kryminalistyka – skanowanie i analiza kryminologiczna miejsca zbrodni, analiza trajektorii pocisków, odtwarzanie przebiegu zbrodni, symulacje i odtwarzanie przebiegu wypadków drogowych, kolejowych i lotniczych, identyfikacja twarzy (np. w tłumie pseudokibiców), autoryzacja dostępu do pomieszczeń zastrzeżonych na podstawie antropometrycznego pomiaru twarzy,



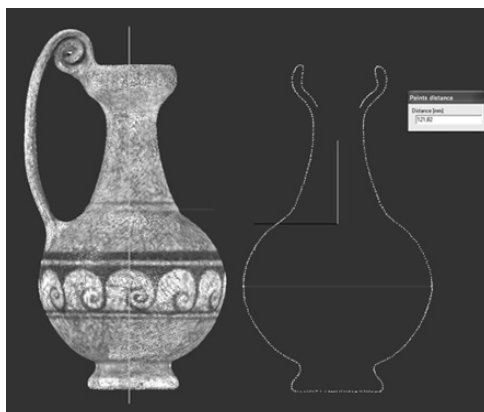
Rys. 4. Wykorzystanie zeskanowanej przekładni do szkoleń pracowników montażu [1]

- Medycyna – skanowanie artefaktów kości w obrębie jamy ustnej lub innych części ciała celem dopasowania np. protez zębowych, ubytków kostnych, przeprowadzenia skomplikowanych i precyzyjnych operacji chirurgicznych (np. trepanacja czaszki), dopasowania protez ortopedycznych (modelowania sztucznych kończyn, ubytków po mastektomii), symulacji spodziewanych efektów operacji plastycznych itp. – rys.5.



Rys. 5. Skanowanie szczęki [11]

- Kultura i sztuka – tworzenie wirtualnych galerii sztuki prezentujących trójwymiarowe modele dzieł sztuki, rzeźb, płaskorzeźb, fontann, skanowanie i modelowanie zabytków architektury, tworzenie trójwymiarowych modeli muzeów wraz z ich zbiorami – rys.6.



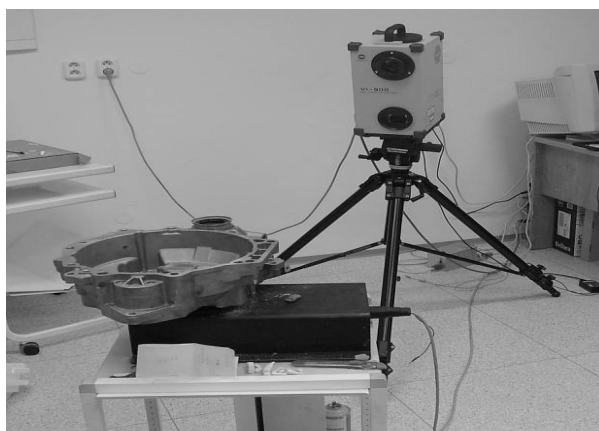
Rys. 6. Skanowanie dzieł sztuki [8]

- Moda – skanowanie powierzchni ciała człowieka celem optymalnego doboru ubiorów, stylizacja i wizualizacja fryzur, makijażu, korekt plastycznych twarzy, dobór okularów itp.
- Rolnictwo – skanowanie pól uprawnych, zwierząt.
- Przemysł obronny, kosmiczny itp.

## 5. Technologie odwrotne

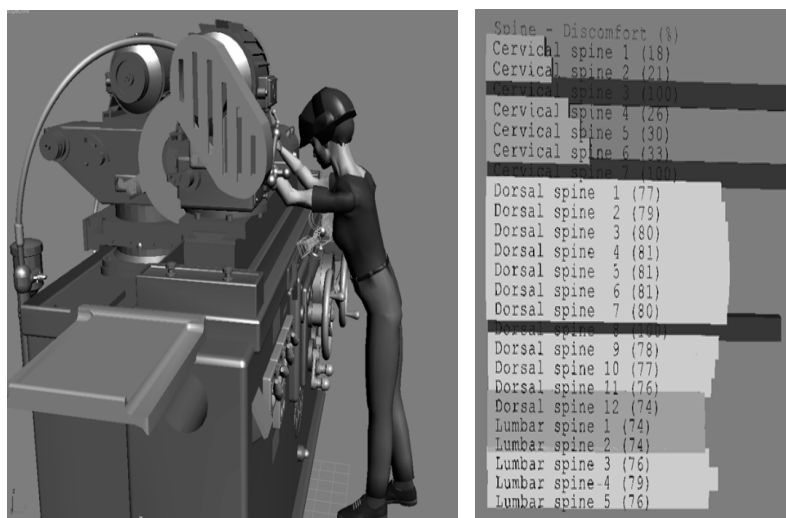
Techniki i metody pozwalające na przeprowadzenie procesu badania cech istniejącego już obiektu stosowane były od bardzo dawna, zanim jeszcze pojawiło się samo pojęcie techniki te desygnujące. Znane są oczywiście przykłady z czasów II wojny światowej, czy zimnej wojny, kiedy to jedno mocarstwo kopiowało rozwiązania techniczne stworzone przez inne, analizując konstrukcję i funkcjonalność zdobytych, wykradzonych czy w jakiś inny sposób przejętych urządzeń.

Charakter niektórych działań zmierzających do osiągnięcia tego celu jest w wielu wypadkach nielegalny i dotyczy przykładowo: kopiowania i przejmowania opatentowanych rozwiązań konstrukcyjnych, odtwarzania technologii, analizy protokołów kryptograficznych celem złamania kodów zabezpieczających dostęp do danych poufnych lub tajnych, odtwarzania oprogramowania na zasadzie nieuczciwej konkurencji, dezasemblacji kodu wynikowego programów komputerowych w celu dotarcia do zastrzeżonych prawem algorytmów, itp.



Rys. 7. Skanowanie elementów maszyn [12]

Nie wszystkie jednak działania związane z wykorzystaniem technik inżynierii odwrotnej napiętnowane są prawnie i stanowią przejaw aktywności przestępczej. Współczesna nauka tworzy i stosuje wiele technik i metod badawczych, klasyfikowanych w ramach pojęcia inżynierii odwrotnej, które w istocie posiadają charakter dalece pozyteczny.



Rys. 8. Analiza pracy na stanowisku roboczym [6]

## 6. Problemy antropotechniczne

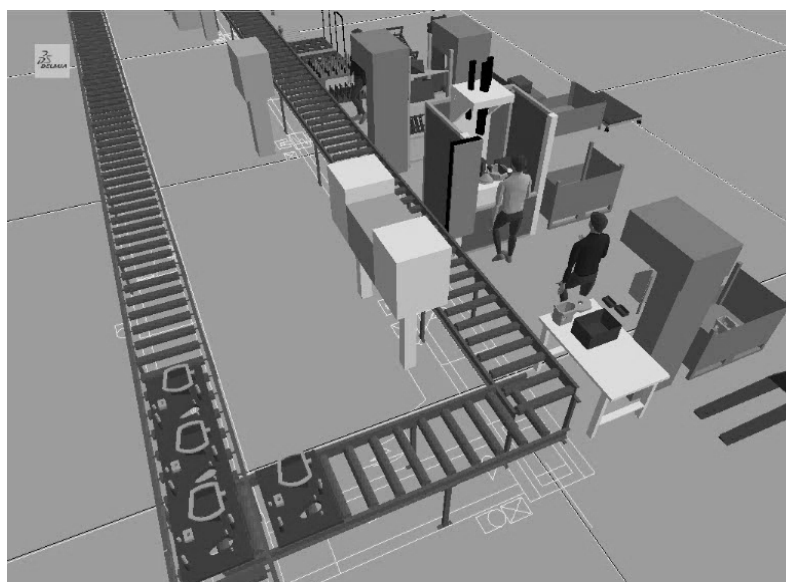
Wykorzystując oprogramowanie można, analizując sposób wykonywania pracy przez pracowników obsługujących stanowisko robocze określić obciążenie kręgosłupa, określić wysiłek fizyczny wkładany w wykonywaną pracę – rys.8.

Można określić takie oprzyrządowania stanowiska pracy, aby pracy była lżejsza, wydajniejsza np. aby pracownik nie pracował w pozycji pochylonej, nie sięgał po obrabiane przedmioty i narzędzia z dalekiej odległości.

Można przewidzieć przeciążenia układu kostnego, skutki wynikające z zajmowanej pozycji przy pracy, mogące spowodować choroby zawodowe.

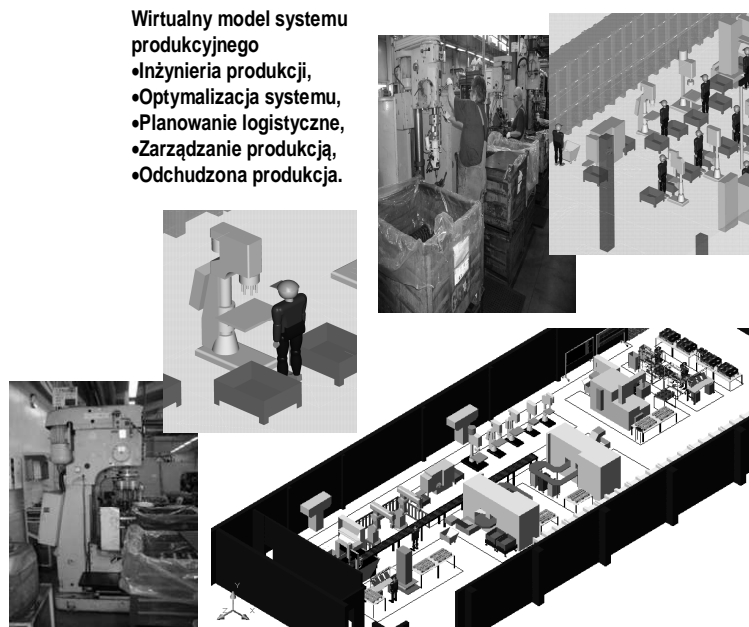
### **Wirtualizacja systemów produkcyjnych**

Działania na rzecz racjonalizacji systemów produkcyjnych przez wirtualizację systemów produkcyjnych – rys. 9 i 10. Na podstawie przeprowadzonych analiz symulacyjnych można przeprowadzić działania na rzecz kształtowanie systemów pracy (pod kątem ergonomii, bezpieczeństwa i higieny pracy, wydajności, jakości wykonania), można rozwiązywać problemy decyzyjne w zakresie zaprojektowania systemu logistycznego – określenia wielkości pól odkładczych, środków transportu wewnętrznego, podejmowania inwestycji, projektowania stanowisk pracy, systemów produkcyjnych itd.



Rys. 9. Wirtualizacja pracy wydziału montażu [1]





Rys. 10. Wirtualizacja systemów produkcyjnych [1]

## Podsumowanie

O potędze, poziomie życia w danym kraju, regionie w coraz mniejszym stopniu decyduje wytwarzanie materiałów oraz proste wykonywanie wyrobów i usług, natomiast rośnie coraz bardziej znaczenie prac dotyczących pozyskiwania i przetwarzania informacji związanych z ich projektowaniem, wykonywaniem oraz sprzedażą. Pojawiło się pojęcie wkładu intelektualnego w realizowaną produkcję. Podstawą wprowadzania „wkładu intelektualnego” w wykonywane produkty i usługi jest rozwój edukacji, kształtowanie kultury technicznej pracowników, nacisk na rozwój innowacji w rodzimych krajowych i regionalnych wyrobach.

Choć pojęcie inżynierii odwrotnej znane jest do dawna i od wielu lat inżynierowie zajmują się problematyką odtwarzania obiektów rzeczywistych, dopiero w obecnej dobie, wraz z pojawieniem się m.in. urządzeń przeznaczonych do automatycznego lub półautomatycznego pozyskiwania i przetwarzania informacji o obiektach przestrzennych w postaci elektronicznej, nastąpił znaczny przełom – stwarzając tym samym szerokie pole wielorakich, praktycznych zastosowań. Ta interesująca skądinąd dziedzina nauki nie doczekała się jeszcze w Polsce monograficznych opracowań naukowych, przedstawiających szczegółową analizę problemów oraz metod badawczych stosowanych w celu ich rozwiązania. Urządzenia oraz oprogramowanie wykorzystywane w technikach inżynierii odwrotnej są obecnie w naszym kraju nowością, niewiele jest też przedsiębiorstw oferujących usługi w zakresie skanowania 3D a wysokie koszty tego rodzaju przedsięwzięć zawężają grono inwestorów chcących skorzystać z tej techniki. Ponadto nie wszyscy przedsiębiorcy świadomi są możliwości, jakie niesie ze sobą wirtualizacja 3D i jakiego

rodzaju korzyści mogliby osiągnąć poprzez jej wdrożenie. Inżynieria odwrotna (ang. *reverse engineering*) zdaje się zataczać coraz szersze kręgi i obejmować swą definicją kolejne dziedziny nauki, dotąd nie eksploatowane w ten zupełnie nowy sposób.

#### Literatura

1. Gregor M., Medvecki Št., Mičieta Br., Matuszek J., Hrčekova Al.: Digitálny podnik. Žilinská Univerzita, Žilina, 2006.
2. Matuszek J., praca zb. pod red.: Analiza i prognozowanie rynku pracy w regionie bielskim. Zeszyt Naukowy Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej nr 6, nr serii 6, Bielsko-Biała, 2006.
3. D'Apuzzo, N.: Overview of 3D surface digitization technologies in Europe. Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 6056, San Jose (CA), 2006.
4. Paszek A., Herma S.: Przestrzenne modelowanie środków produkcji w systemie 3d studio max. Modele Inżynierii Teleinformatyki. Wybrane zastosowania 2, Politechnika Koszalińska, Koszalin, 2007.
5. Opach Sz., Herma S.: Możliwości wykorzystania skanerów 3D w inżynierii odwrotnej, Modele Inżynierii Teleinformatyki. Wybrane zastosowania 3, Politechnika Koszalińska, Koszalin, 2008.
6. Paszek A.: Kształtowanie warunków pracy w gniazdach produkcyjnych z wykorzystaniem narzędzi symulacyjnych. Praca magisterska, Katedra Inżynierii Produkcji, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej 2008.
7. [www.faro.com](http://www.faro.com), 20.05.2008.
8. [www.smarttech.pl](http://www.smarttech.pl), 20.05.2008.
9. [www.3deling.pl](http://www.3deling.pl), 24.11.2008.
10. [www.archeotyszczyk.republika.pl](http://www.archeotyszczyk.republika.pl), 24.11.2008.
11. [www.zgryz.com.pl](http://www.zgryz.com.pl), 24.11.2008.
12. [www.slcp.sk](http://www.slcp.sk), 24.11.2008.

Prof. dr hab. inż. Józef MATUSZEK  
Prof. dr hab. inż. Milan GREGOR  
Mgr inż. Dawid KURCZYK  
Katedra Inżynierii Produkcji  
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej  
43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2  
tel.: +48338279253  
e-mail: [jmatuszek@ath.bielsko.pl](mailto:jmatuszek@ath.bielsko.pl),  
[gregor@fstroj.utc.sk](mailto:gregor@fstroj.utc.sk),  
[dkurczyk@ath.bielsko.pl](mailto:dkurczyk@ath.bielsko.pl)