

TENDENCJE ROZWOJU ZASTOSOWAŃ SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH W PROCESACH PRODUKCJI ELEMENTÓW ZĘBATYCH

Józef MATUSZEK¹
Sławomir HERMA²

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 projektowanych przebiegów procesu produkcyjnego. Wyjaśniono pojęcie cyfrowej fabryki. Podano przykłady zastosowań nowych systemów informatycznych w przedsiębiorstwach produkujących elementy zębate.

1. WPROWADZENIE

Wzrost poziomu życia powoduje zmiany w stylu życia, gustach i modzie obywateli. Następuje ewolucja światowego rynku sprzedaży wyrobów i usług. W miejsce produktów dostosowanych do przeciętnych gustów, produkowanych w warunkach globalnej, masowej produkcji w kilku różnych miejscach na świecie pojawia się zapotrzebowanie rynku na indywidualizację oferty dostosowaną

¹ prof. dr hab. inż. Józef Matuszek – Akademia Techniczno-Humanistyczna, Katedra Inżynierii Produkcji

² dr inż. Sławomir Herma – Akademia Techniczno-Humanistyczna, Katedra Inżynierii Produkcji

do gustów poszczególnych ludzi. Zmieniają się warunki funkcjonowania przedsiębiorstwa na rynku, część podmiotów gospodarczych przechodzi od etapu „firmy dużych rozmiarów” do filozofii „firmy dużej wartości” (w j.ang. from high volume high value). Dążenie do stanu, w którym coraz większa liczba wyrobów jest dostosowywanych do życzeń klienta, do zapewnienia maksymalizacji możliwości wyboru różnych wariantów produktów przez klienta spowodowało, że minimalizacja kosztów produkcji nie jest najważniejszym kryterium oceny przebiegu procesu produkcyjnego.

Przedstawione zmiany zostały zapoczątkowane na początku XXI wieku. Charakteryzują się one wzrostem liczby małych i średnich przedsiębiorstw produkujących w niewielkich ilościach ciągle nowe innowacyjne produkty i usługi. Do dokonujących się zmian dostosowują się również duże przedsiębiorstwa. Równolegle do powstawania małych zakładów, zachodzą kolejne przejęcia i fuzje dokonywane przez duże firmy, wykonujące w skali masowej komponenty do coraz bardziej indywidualizowanych produktów finalnych.

Zachodzące zmiany, tempo tych zmian powoduje że każda instytucja gospodarcza narażona jest w coraz większym stopniu na czynnik zaskoczenia. Jest to spowodowane coraz krótszym cyklem życia produktów i środków produkcji, wzrastającą liczbą konkurujących ze sobą przedsiębiorstw, napływem produktów z szybko rozwijających się krajów trzecich – Chin, Indii, Indonezji itp.

Z rozwojem małych i średnich firm nowego typu można wiązać nadzieję rozwoju rodzimej produkcji, wzrostu „wkładu intelektualnego” w wyroby przez nie wykonywane.

Jedną z dróg rozwoju postępu technicznego, rozwoju innowacyjnej produkcji jest umiejętność zastosowania technologii odwrotnej oraz nowoczesnych technologii informatycznych.

2. TECHNOLOGIE ODWROTNE

Techniki i metody pozwalające na przeprowadzenie procesu badania cech istniejącego już obiektu (niekoniecznie fizycznego), 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.

Przedmiotem inżynierii odwrotnej jest zatem pewien istniejący obiekt, którego funkcjonalność, konstrukcja oraz koszty wytworzenia stają się materiałą badawczą. Celem zaś jest zastąpienie oryginału obiektem mniej kosztownym o funkcjonalności podobnej

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.

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.

Skanywanie 3D – techniki akwizycji danych

Przez długi okres czasu, kiedy nie znano zaawansowanych technik wspomagania 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. 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. 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, ofe-

rowana jest cała gama urządzeń, różnicowanych ze względu na dokładność pomiaru i wielkość skanowanego obiektu rys.1.



Rys.1. Skaner do obiektów wielogabarytowych firmy FARO

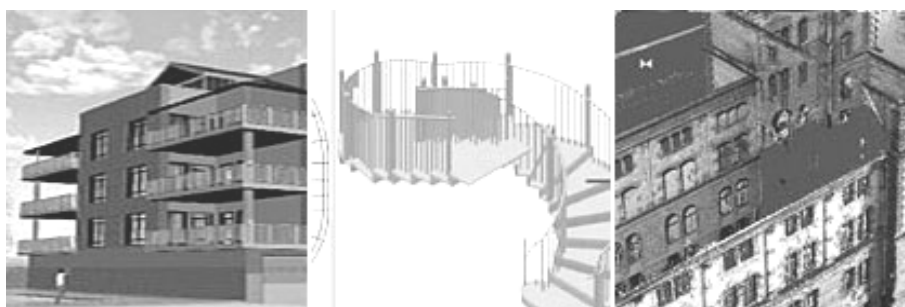
Przykłady zastosowania skanerów 3D w praktyce

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

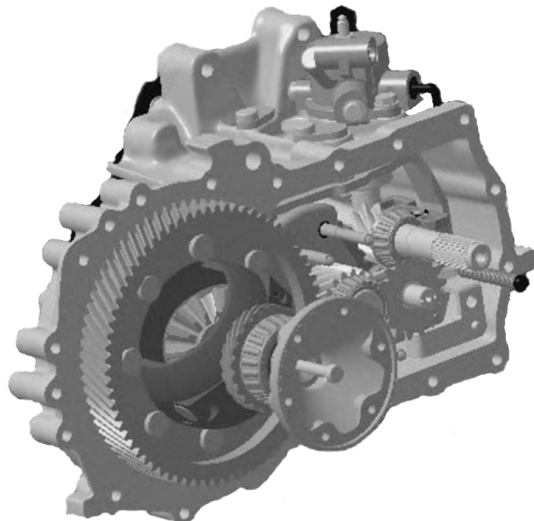
- Inżynieria lądowa – pomiary geodezyjne, odwzorowanie ukształtowania terenu, pomiary przestrzenne dużych konstrukcji naziemnych i podziemnych (tunele, wiadukty, mosty, chodniki w kopalniach itp.), pomiary drzewostanu w lasach (szacowanie objętości drewna), cykliczne pomiary translacji płyt tektonicznych, 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.2., itp,

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 uszko-

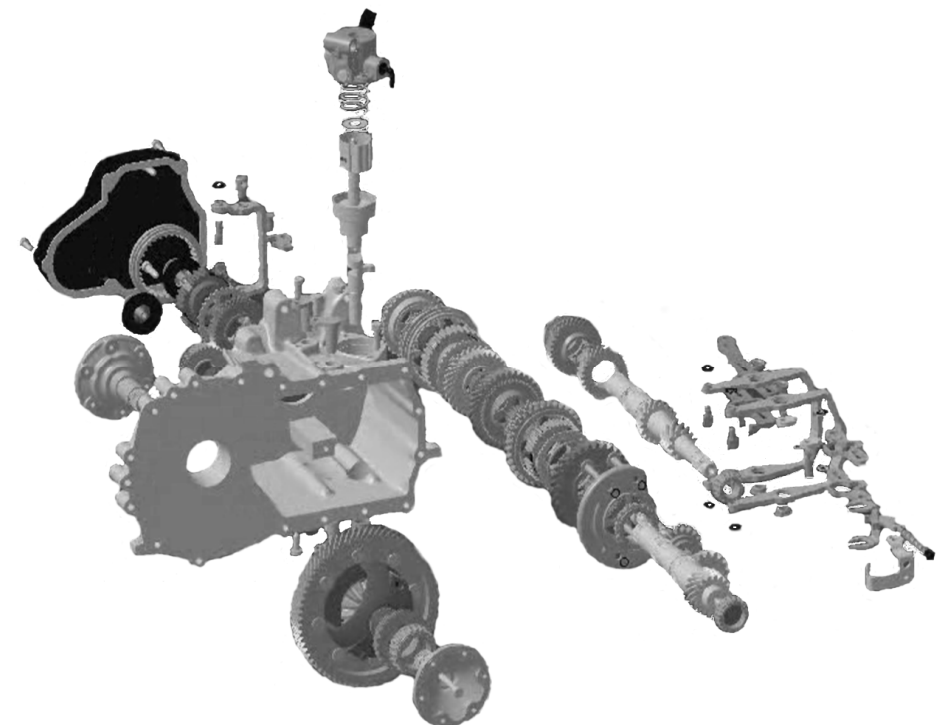
dzeń pojazdów poddanych crash-testom, badanie, ocena i kosztorysowanie szkód powypadkowych, analiza porównawcza po wykonaniu naprawy), wykorzystanie skanerów 3D jako precyzyjnych współrzędnościowych maszyn pomiarowych do kontroli złożonych kształtów wyrobów, porównywanie wyrobu końcowego z modelem CAD, 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.3, szkoleń pracowników rys.4.



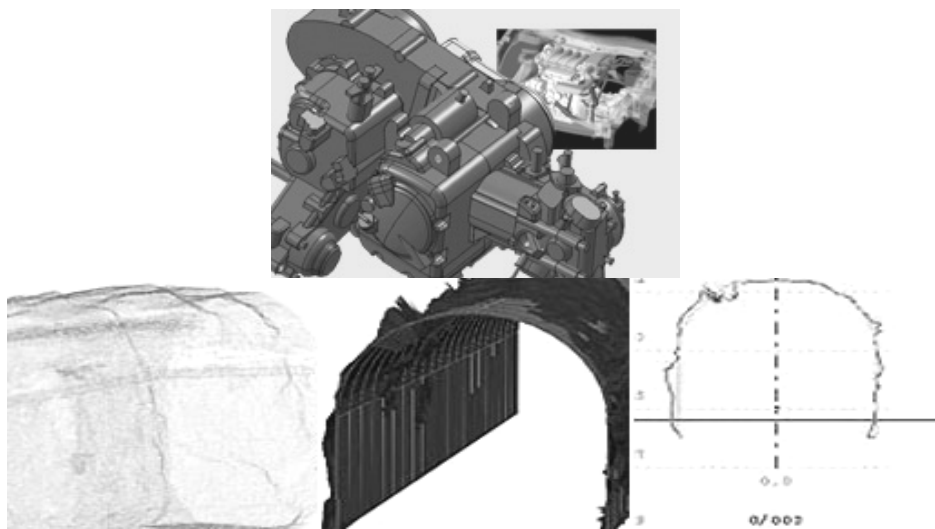
Rys.2. Przykład modelowania elementów architektonicznych



Rys.3. Analiza poprawności montażu przekładni (skrzyni biegów samochodu osobowego)



Rys.4. Wykorzystanie zeskanowanej przekładni z rys.3 do szkoleń pracowników



Rys.5. Skanowanie, modelowanie i analiza obiektów przemysłowych

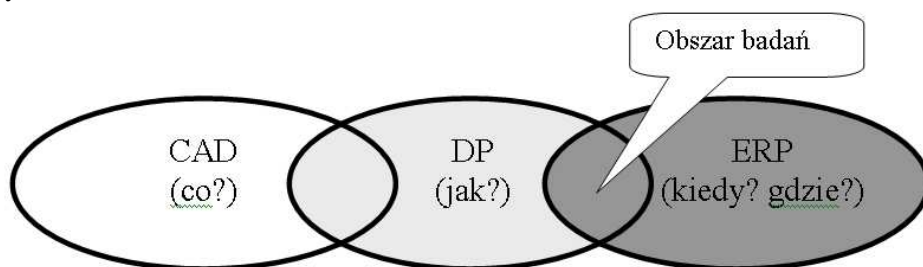
- Medycyna – skanowanie artefaktów kości w obrębie jamy ustnej lub innych części ciała celem dopasowania np. protez zębowych, ubytków kostnych, przeprowadzenia skomplikowanych i precyzyjnych operacji chirurgicznych (np. trepanacja czaszki), dopasowania protez ortopedycznych (modelowania sztucznych kończyn,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

Problemy dotyczące technik wirtualizacji

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.

3. NOWE GENERACJE TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH

Nowe technologie informatyczne w przedsiębiorstwie umożliwiają kompleksowe modelowanie na drodze wirtualizacji procesów, które mają być uruchomione w zakładach procesów wytwarzania. Stanowią one element pośredni między stosowanymi dotąd systemami CAX a oprogramowaniami klasy ERP – rys 6.



Rys. 6. Obszar zainteresowań oprogramowania związanego z pojęciem „cyfrowej fabryki”

Integracja tych systemów spowodowała nowe możliwości zastosowań starych i powstanie nowych metod i technik zarządzania systemami produkcyjnymi. Pojawiły się nowe terminy – pojęcia „cyfrowej fabryki”, zarządzania cyfrową fabryką.

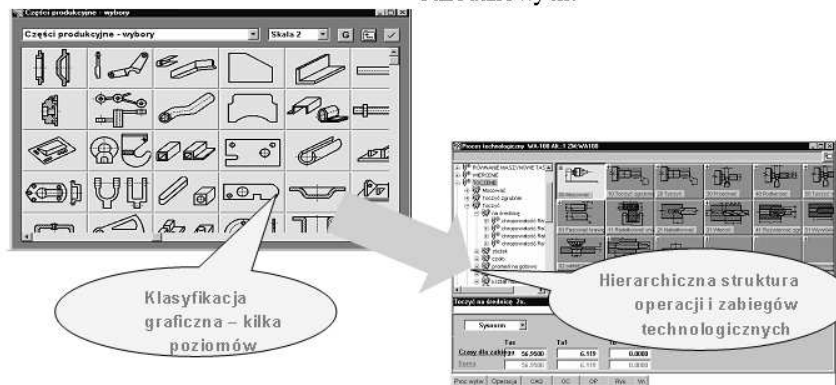
Przykładowymi zakresami zastosowania technologii „cyfrowej fabryki” mogą być:

- Klasyfikacja wykonywanych produktów, stworzenie jednej, centralnej bazy KNOW-HOW dla projektowanych procesów w przedsiębiorstwach wirtualnych, projektowanie kooperacyjnych procesów wytwarzania, opracowywanie rozwinięć konstrukcyjnych rys. 3 i 4,
- działania wspomagające projektowanie nowych wyrobów:
 - klasyfikacja skonstruowanych i obrabianych elementów ma duże znaczenie w zakładach produkujących w warunkach seryjnej i małoseryjnej produkcji przekładnie zębate ogólnego przeznaczenia, w takich warunkach wytwarza się wiele podobnych elementów, które można zunifikować),
 - wirtualizacja produktów – rys.7, zagadnienie związane ze wspomaganie i projektowaniem nowych wyrobów zarówno w sferze konstrukcji jak i technologii,
 - wg technologii odwrotnej– opracowywanie technologii na podstawie gotowych wykonanych wcześniej wyrobów,
- Działania na rzecz racjonalizacji systemów produkcyjnych przez wirtualizację systemów produkcyjnych – rys. 8 kształtowanie systemów pra-

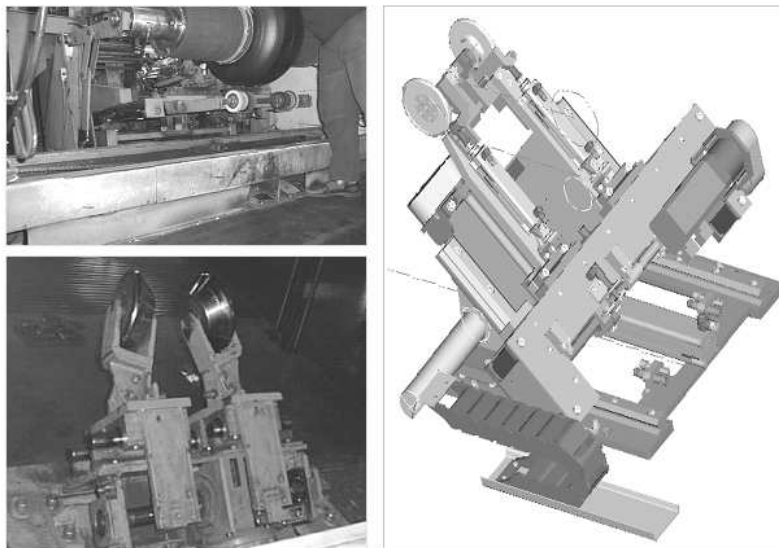
cy (pod kątem ergonomii, bezpieczeństwa i higieny pracy, wydajności, jakości wykonania), problemy decyzyjne w zakresie inwestycji, projektowania stanowisk pracy, systemów produkcyjnych itd.

Klasyfikator (klasyfikacja wg koncepcji obróbki grupowej)

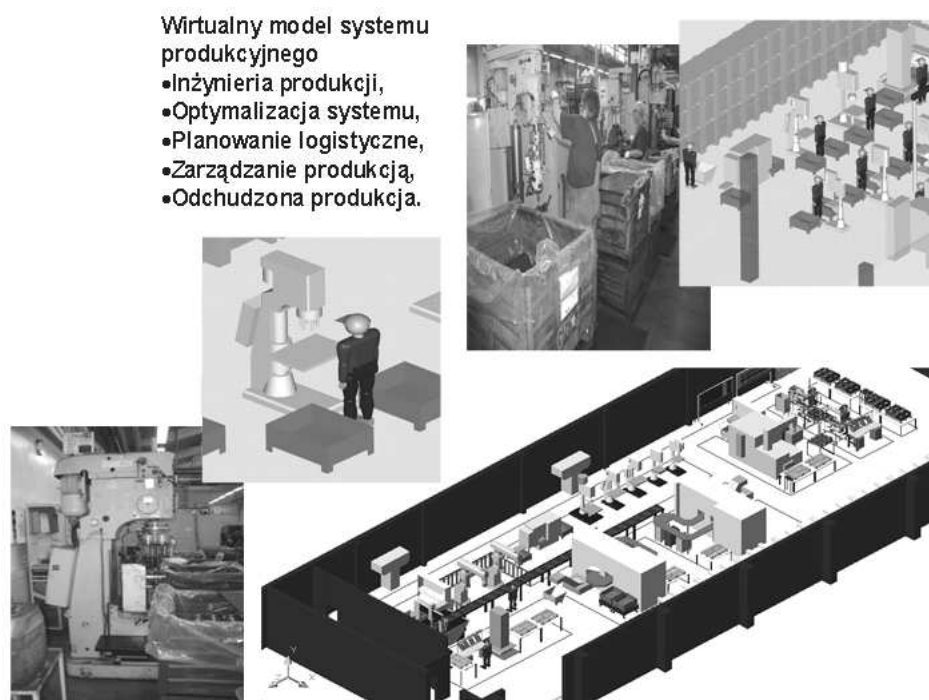
Opracowanie klasyfikatorów grupujących elementy według podobieństwa z punktu widzenia różnych kryteriów, stwarza między innymi podstawę do stworzenia struktur bazodanowych.



Rys.6. System wspomagania kooperacji oparty o metodologię klasyfikacji elementów maszyn



Rys. 7. Wirtualizacja produktów



Rys. 8. Wirtualizacja systemów produkcyjnych

5 PODSUMOWANIE

Świat rozwija się coraz szybciej, postęp techniczny sprawia że w okresie pracy zawodowej pracownik kilkakrotnie zmienia na nowe generacje swe narzędzia pracy, jest zmuszony do zmiany swego zawodu, miejsca pracy czy zamieszkania. O potęgde, 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. Na nowych „niematerialnych” składnikach kosztów wyrobów i usług można uzyskać największe zyski, które mądrze rozdysponowywane pozwalają pozyskać środki na dalszy rozwój. 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. Rozwój produktów, prace będące „intelektualnym” wkładem w te globalne produkty, odbywa się w centrach naukowo-badawczych

krajów wysoko uprzemysłowionych. Kadra wykonująca tego typu prace jest podstawą potęgi gospodarczej tych krajów. Posiadanie takiej kadry zapewnia możliwość odtworzenia w każdej chwili procesów wytwarzania wykonywanych w innych krajach wyrobów i usług, stwarza możliwość sterowania rozwojem produktu, wpływania na podział pracy i umiejscowienie produkcji poszczególnych komponentów wyrobów. Umiejscowienie siedziby centrów badawczo-rozwojowych w danym regionie jest podstawą jego długofalowego rozwoju. Stosunkowo łatwo można przenieść wytwarzanie, zwłaszcza po okresie amortyzacji maszyn i urządzeń, przy wprowadzaniu do produkcji nowego wyrobu.

Z rozwojem małych i średnich firm nowego typu można wiązać nadzieję rozwoju rodzimej produkcji, wzrostu „wkładu intelektualnego” w wyroby przez nie wykonywane.

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., Medveckí Št., Mičieta Br., Matuszek J., Hrčková Al.: Digitálny podnik. Žilinská univerzita. Žilina 2006.
- [2] Praca zbiorowa pod red. J. Matuszek: 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] Opach S., Herma S.: Możliwości wykorzystania skanerów 3D w inżynierii odwrotnej. V Krajowa Konferencja Studentów i Młodych Pracowników Nauki. Koszalin 2008.
- [5] www.faro.com , 20.05.2008,
- [6] www.smarttech.pl, 20.05.2008

TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF COMPUTER SYSTEMS USAGE IN PRODUCTION ENTERPRISES

SUMMARY

Some changes that take place on the contemporary market of products and services sale have been characterized in the article. Taking as an example some companies from machine industry, some tendencies of development of computer systems usage in enterprises have been given. Modern software, which enables modeling and simulating the designed process runs, has been introduced production. The idea of digital factory has been explained. Some examples of new computer systems usage in production enterprises gear.

The paper presents an overview of reverse engineering techniques and related applications. The main aim of the article is to show the possibilities concerning the 3D laser scanning.