

## Symulacja i animacja komputerowa w systemach wytwarzania

*Modelowanie komputerowe: modele matematyczne i graficzne, wizualizacja, symulacja i animacja. Zakres stosowania modelowania komputerowego w wytwarzaniu. Rosnąca rola symulacji i animacji. Modelowanie przy: projektowaniu wyrobu, projektowaniu i realizacji wytwarzania, szkoleniu załogi.*

### Computer Simulation and Animation for Manufacturing Systems

*Computer modeling; mathematical and graphical models, visualization, simulation and animation. Growing use of computers in modeling for manufacture. Modeling in: design of products, design and realization of production, training of staff.*

#### 1. MODELOWANIE KOMPUTEROWE, SYMULACJA I ANIMACJA

Modelowanie jest istotą wszelkiej działalności twórczej i podstawowym narzędziem pracy inżyniera w jego działalności technicznej i organizacyjnej. Uproszczony zapis rzeczywistości, w postaci modelu, uwypuklający te jej cechy, które są istotne z punktu widzenia tworzonego lub optymalizowanego obiektu, pozwala człowiekowi ocenić sytuację i wyciągnąć odpowiednie wnioski. Niewątpliwie podstawowym rozróżnieniem klasyfikującym modele jest podział na *modele fizyczne* i znacznie ważniejsze w praktyce *modele abstrakcyjne*.

Powstanie, ciągle udoskonalenia i rozpowszechnienie komputerów stworzyły nową jakość modelowania abstrakcyjnego w pracy inżynierów. Nawet bardzo złożone związki między wielkościami fizycznymi, wyrażone wzorami matematycznymi, mogą być w żądany sposób przekształcane przez typowe i łatwo dostępne komputery i to, na ogół, w stosunkowo krótkim czasie. W ciągu ostatnich lat powstała również znacznie lepsza jakość grafiki komputerowej stwarzając możliwość wykorzystania jej w zakresie modelowania wizualnego - bardzo ważnego w niektórych dziedzinach pracy inżynierów.

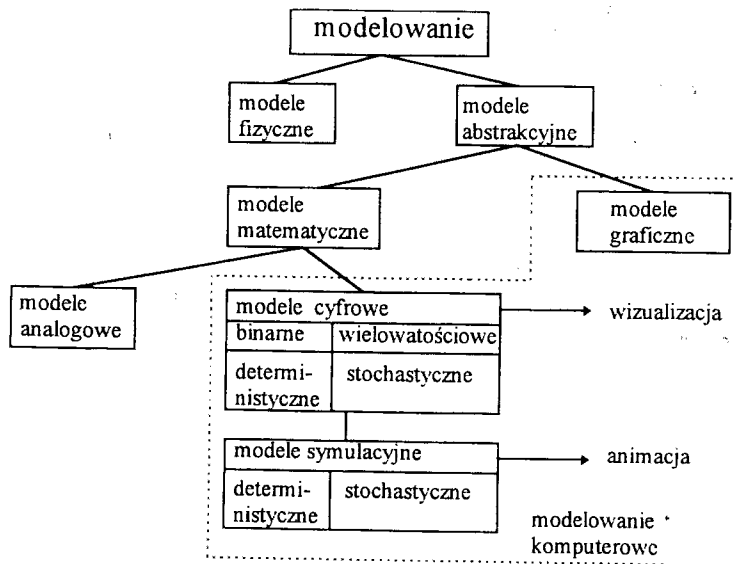
Próbę klasyfikacji metod modelowania z zaznaczeniem obszaru zastosowania modelowania komputerowego przedstawiono na rys.1. Ze wstępnych rozważań wynika potrzeba zastosowania następujących kryteriów klasyfikacyjnych przy porządkowaniu metod modelowania komputerowego:

1 - **stopień szczegółowości** przedstawiania zjawisk i zależności w obiekcie rzeczywistym. Można z tego punktu widzenia wyróżnić modele binarne (działa - nie działa) lub modele o sygnałach wielowartościowych.

2 - **uwzględnianie zjawisk losowych** lub nieuwzględnianie. Modele stochastyczne i deterministyczne.

W szczególnych przypadkach, np. przy optymalizacji istniejących systemów wytwarzania, może też być istotny, nie pokazany na rys. 1, podział:

3 - **możliwość powiązań informatycznych** obiektów symulowanych daną metodą z **obiektami rzeczywistymi** lub izolacja rzeczywistości wirtualnej od rzeczywistości realnej.



Rys. 1. Klasyfikacja metod modelowania z uwzględnieniem obszaru zastosowania modelowania komputerowego.

Świadomie *modele graficzne* „podłączono” wprost pod modele abstrakcyjne mimo, że w przypadku komputerowych modeli graficznych są one związane wprost z zapisem cyfrowym i przekształceniami matematycznymi, ale ten zapis i przekształcenia spełniają w tym przypadku tylko pomocniczą rolę. Dotyczy to przypadków „czystych” modeli graficznych, które mają za zadanie tylko wierne przedstawienie widoku obiektu. Inaczej potraktowano *wizualizację* i *animację*, gdy grafika odgrywa rolę pomocniczą dla prezentowania wyników badania *modeli matematycznych cyfrowych* lub, w przypadku animacji, tylko niektórych z nich - *modeli symulacyjnych*.

Słowo *symulacja* pochodzi od łacińskiego słowa *simulatio* - *udawanie* i jeszcze do niedawna kojarzyło się głównie z udawaniem choroby. W Wielkiej Encyklopedii Powszechnej [1] symulacja jest „...jednym z przedmiotów działania medycyny sądowej”. Wychodząc wprost z łacińskiego źródłosłowu symulacją można byłoby, w obszarze techniki, nazwać wszelkiego rodzaju modelowanie. Jednak przyjęto aby słowo to stosować tylko do modelowania dynamicznego uwzględniającego zmiany w czasie. *Symulacja komputerowa* polega na utworzeniu modelu symulowanego obiektu, w postaci matematyczno-logicznego zapisu komputerowego, i przedstawienie w tym programie wybranych zależności opisujących symulowany obiekt rzeczywisty i jego otoczenie w taki sposób, że zależności te można badać

poprzez zmiany wartości sygnałów wejściowych i parametrów modelu. Jedną ze zmiennych jest z reguły czas.

Coraz większy zakres stosowania symulacji komputerowych w technice i przemyśle jest spowodowany z jednej strony istotnymi zaletami takiej metody modelowania oraz potrzebami wynikającymi z rozwoju gospodarki, a z drugiej strony znacznymi możliwościami jakie w tym zakresie uzyskały, nawet stosunkowo proste i niedroge, nowoczesne komputery.

Zalety badań symulacyjnych, w porównaniu do badań w świecie rzeczywistym, to przede wszystkim, zmniejszenie kosztów i skrócenie czasu równoważnych badań. Obie te zalety mają podstawowe znaczenie przy obecnej globalizacji rynku. Skrócenie czasu potrzebnego na różnego rodzaju badania i wcześniejsze wejście z wyrobem na rynek może mieć nawet istotniejsze znaczenie niż zaleta „bezpośrednia” - obniżenie kosztów badań. Przy obecnym stanie rozwoju przemysłu, przy dużej i bardzo ostrej konkurencji i rozszerzeniu na cały świat nie tylko produkcji gotowych wyrobów, ale również produkcji ich poszczególnych zespołów, a nawet niektórych części, jakość, cena i czas dostawy decydują o powodzeniu. Konkurencja na rynku powoduje również częste zmiany wyrobu, przy których wymienione zalety badań symulacyjnych nabierają szczególnie dużego znaczenia.

Znaczny rozwój techniki komputerowej spowodował, że powszechnie dostępne komputery osobiste, PC, mają obecnie możliwości porównywalne do możliwości, zdecydowanie droższych, stacji roboczych. Możliwości te dotyczą zarówno mocy obliczeniowych i pojemności pamięci jak jakości grafiki komputerowej, która ma podstawowe znaczenie przy modelach graficznych, wizualizacji i animacji.

Wizualizacja jest graficzną prezentacją, na monitorze komputera, działania modelowanego lub rzeczywistego obiektu (np. wizualizacja rzeczywistych obiektów w systemach SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition). Ma ona podstawowe znaczenie w kontaktach z człowiekiem wykorzystującym modelowanie komputerowe. Animacja, jako ten rodzaj wizualizacji w której graficzna prezentacja na monitorze przedstawia zmiany w czasie, w niektórych zastosowaniach ma znaczenie podstawowe. W przypadkach łączenia symulacji z animacją można określić, że jest to *rzeczywistość wirtualna - Virtual Reality, VR*.

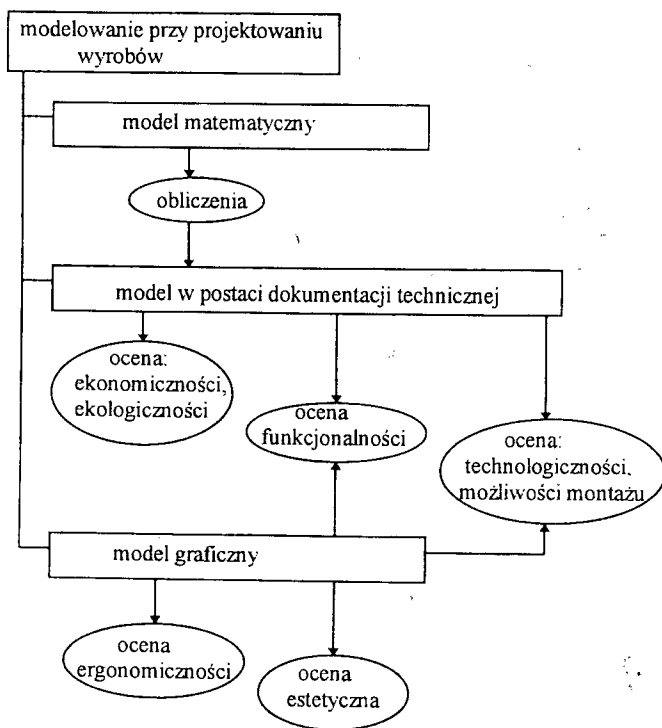
## 2. MODELOWANIE KOMPUTEROWE PRZY PROJEKTOWANIU WYROBU

Modelowanie i symulację komputerową stosuje się praktycznie we wszystkich etapach wytwarzania; od projektowania wyrobu, poprzez przygotowanie i kierowanie produkcją, do zbierania ocen od użytkowników i służb serwisowych oraz formułowania założeń do modernizacji.

Przy projektowaniu wyrobu bardzo istotne jest modelowanie zależności fizycznych decydujących o mechanicznym działaniu i wytrzymałości, a często również o własnościach termicznych czy aerodynamicznych. Komputery doprowadziły tu do prawdziwej rewolucji przez umożliwienie pełnego wykorzystania *metody elementów skończonych - Finite Element Method (FEM)*, opracowanej przez naszego rodaka O.C. Zienkiewicza [3].

Proces kształtowania, przez konstruktora, poszczególnych mechanicznych elementów maszyn odbywa się obecnie z reguły przy użyciu komputerów w oparciu o jeden z programów CAD - stoły kreślarskie zostały zastąpione komputerami. W przypadku bardziej zaawansowanego programu CAD można tworzyć rysunki złożeniowe na podstawie rysunków wykonawczych poszczególnych elementów lub wykorzystywać rysunek złożeniowy przy tworzeniu rysunków wykonawczych. Krokiem następnym w tym zakresie jest sprawdzanie procesu montażu konstruowanej maszyny na podstawie symulowania jego przebiegu w rzeczywistości

wirtualnej, posługując się modelami poszczególnych elementów lub podzespołów utworzonymi w CAD.



Rys. 2. Zastosowanie modelowania komputerowego przy projektowaniu wyrobów.

W przypadku zastosowania modeli graficznych realizowanych w oparciu o odpowiednie zaawansowane programy graficzne i wysoką jakością monitora, model komputerowy może również umożliwić oceny estetyczne czy ergonomiczne projektowanego wyrobu. Badania w wirtualnej rzeczywistości mogą wówczas, w znacznym stopniu, zastąpić wykonywanie prototypów i to nawet w tak wymagającej pod względem estetycznym dziedzinie jak projektowanie karoserii samochodowych [2].

Wraz z coraz bardziej interdyscyplinarnym charakterem wyrobów przemysłu maszynowego, które z urządzeń mechanicznych stają się twórcami mechatronicznymi, łączącymi elementy mechaniczne z elektrycznymi i elektronicznymi, wzrasta rola symulacji komputerowej umożliwiającej badanie porównawcze różnych struktur wyrobu już w początkowych stadiach projektowania.

Inwazja komputerów stwarza znacznie lepsze możliwości *zintegrowanego projektowania maszyn*, uwzględniającego wszystkie podstawowe wymagania dotyczące tworzonej maszyny. Obok wymagań funkcjonalnych i mechaniczno-wytrzymałościowych są to, przede wszystkim, cechy technologiczne decydujące, w przeważającej mierze, o cenie wyrobu i czasie potrzebnym do uruchomienia produkcji. Bardzo istotne stają się również wymagania ochrony środowiska przy produkcji, użytkowaniu i unieściewianiu wyrobów. Komputery, zwłaszcza

przy wykorzystaniu sieci komputerowych, znacznie ułatwiają współpracę specjalistów z różnych dziedzin w procesie projektowania prowadząc do tzw. *projektowania wspólnego*.

### 3. MODELOWANIE PRZY PROJEKTOWANIU PROCES TECHNOLOGICZNEGO

Symulacja komputerowa odegrała i nadal odgrywa istotną rolę w poznawaniu i ulepszaniu procesów technologicznych: odlewania, spajania, obróbki plastycznej, przetwórstwa tworzyw sztucznych, obróbki skoncentrowaną energią czy obróbki skrawaniem. Pozwoliło to na stworzenie metod optymalizacji parametrów i doboru najważniejszych narzędzi technologicznych. Ze wsparciem komputerowym projektuje się procesy technologiczne, CAPP, i sporządza programy NC operacji technologicznych, wykorzystując symulacje i wizualizacje komputerowe przy wyborze wariantów i sprawdzaniu proponowanych rozwiązań.

W czasie projektowania procesu technologicznego inżynier musi wykorzystywać wiele modeli opisujących poszczególne obiekty zaangażowane w obróbkę i zależności między nimi, rys.3. Modele te są wciąż porządkowane, uaktualniane i uszczegółowiane, nadal jednak mają, najczęściej, charakter doświadczalny.

	dobór parametrów procesu	generowanie programu obróbkowego	wykrywanie kolizji	projektowanie oprzyrządowania specjalnego	
model wykonywanego przedmiotu	○	●	●	○	
model procesu technologicznego	■	○	●	○	
modele oprzyrządowania standardowego		○	●	○	
model narzędzia	○	●	●	○	
model maszyny technologicznej	○	○	●	○	

- - trzeba uwzględnić
- - należy zastosować symulację
- - należy zastosować symulację i animację

Rys. 3. Symulacja i animacja przy projektowaniu procesów technologicznych.

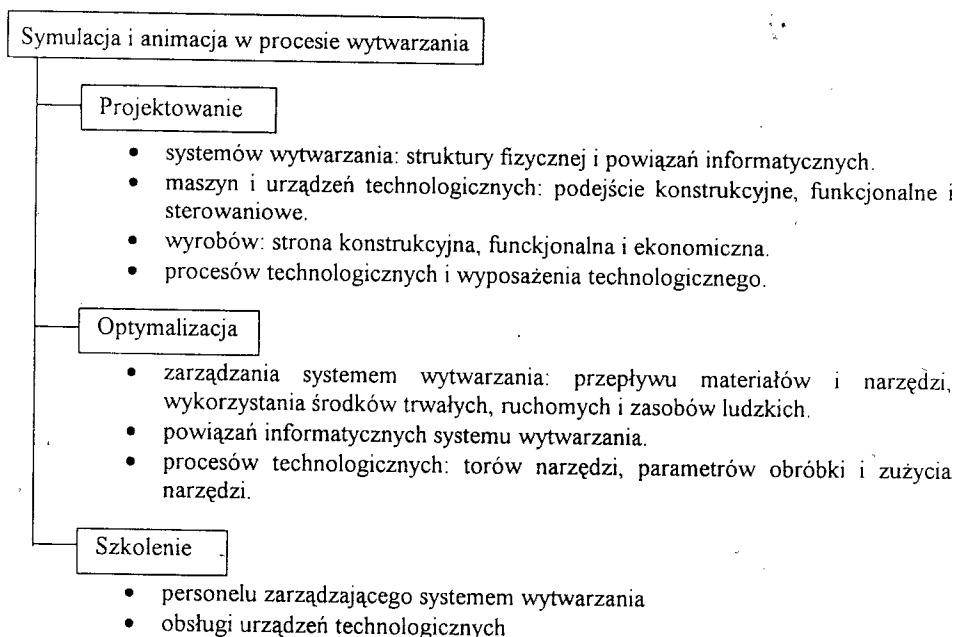
Dane uzyskane z doświadczeń są przechowywane w pamięci komputera w postaci tabel, interpolowane i przybliżane modelami parametrycznymi umożliwiając, dzięki zastosowaniu komputera zaprojektowanie warunków obróbki bliższych wartościom optymalnym.

Szczególnie duże oszczędności czasu i zabezpieczenie przed pomyłkami uzyskuje się przez komputerowe generowanie programów obróbki na obrabiarkach NC w oparciu o model obrabianego przedmiotu uzyskany w wyniku projektowania w systemie CAD. Oprogramowania takie zwane CAP (lub niezbyt prawidłowo CAM) muszą jednak wykorzystywać, obok opisu przedmiotu, szereg innych modeli - opisów komputerowych, rys.3. W niektórych przypadkach, zwłaszcza przy sprawdzaniu wyników, korzystne jest stosowanie modeli symulacyjnych i animacji. Symulacja i animacja są nieodzowne przy wcześniejszym wykrywaniu niebezpieczeństwa kolizji wszystkich elementów biorących udział w procesie obróbki.

Zastosowanie sterowania numerycznego znacznie ograniczyło, lecz nie wyeliminowało, potrzeby stosowania oprzyrządowania specjalnego. Modelowanie komputerowe pomaga również w tej dziedzinie.

#### 4. SYMULACJA I ANIMACJA W PROCESIE WYTWARZANIA

Stosowanie symulacji przy uruchamianiu produkcji wyrobów jest związane z wytwarzaniem podwójnie. Przede wszystkim, jako usprawnienie projektowania wyrobu, pierwszego, bardzo istotnego etapu wytwarzania, ale również jako istotna metoda ulepszania maszyn i urządzeń technologicznych, które są podstawowymi narzędziami w wytwarzaniu, a jednocześnie są przecież również wyrobami przemysłowymi.



Rys. 4. Zastosowanie symulacji i animacji w procesie wytwarzania

Symulacja może dotyczyć całych wielostanowiskowych systemów wytwarzania lub ich poszczególnych modułów i może być stosowana zarówno przy projektowaniu jak w czasie wykorzystywania systemu. Różne są rodzaje symulacji a poszczególne metody symulacji mogą być wykorzystywane przez różnych specjalistów, w różnych etapach prac i spełniać różne zadania. Orientacyjne zestawienie zadań, które może spełniać symulacja i animacja podano na rys.4. Dla uporządkowania poglądów w tym zakresie i ułatwienia prawidłowego wyboru metod symulacji w systemach wytwarzania potrzebna jest ich właściwa klasyfikacja. W dostępnej literaturze nie spotkano w pełni zadawalającej klasyfikacji metod symulacji.

## 5. SZKOLENIE

Symulacja i animacja jest bardzo wartościowym narzędziem przy szkoleniu personelu na różnych szczeblach obsługi systemu wytwarzania [4]. Główną to możliwość przeprowadzenia szkolenia na przykładzie wielu wariantów pracy systemu w krótkim czasie i przy znacznie mniejszych kosztach. Szkolenie może przy tym obejmować również sytuacje awaryjne przy uniknięciu zagrożeń w stosunku do ludzi i sprzętu.

Tę ostatnią cechę należy jednak wykorzystywać ostrożnie, aby szkolony personel nie oswoił się zbyt z awariami i nie lekceważył niebezpieczeństw jakie powodują w systemie rzeczywistym.

## 6. WNIOSKI

Rzeczywistość wirtualna staje się coraz ważniejszym narzędziem pracy inżyniera-konstruktora i inżyniera-technologa. Modele komputerowe stosowane w poszczególnych etapach wytwarzania mają różnorodny charakter i różne cechy użytkowe. Warto uporządkować tę dziedzinę zwłaszcza, że działalność reklamowa producentów oprogramowania wprowadza tu silny „szum informatyczny”.

## LITERATURA

- [1] *Wielka Encyklopedia Powszechna*, tom 11, PWN, 1968
- [2] Kimura F.: *Issues in Styling and Engineering Design*, Annals of the CIRP Vol. 46/2/1997
- [3] Oczóś K., Szafarczyk M.: *Developments in Design and Manufacturing. State-of-the art paper*. International Scientific Conference. Chalanges in Civil and Mechanical Engineering in 2000 and Beyond. Wrocław, 1997.
- [4] Alan A., Pritsker B.: *Introduction to Simulation and SLAM II*. A Halsted Press Book, John Wiley & Sons. 1986
- [5] Tutaj R.: *Wizualizacja przemysłowa - aktualne trendy i wymagania*. *Pomiary Automatyka Robotyka* 8/1997