

XIII MIĘDZYNARODOWE KOŁOKWIUM
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"
13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTIONS OF MACHINES"
25-28.04.1989 ZAKOPANE

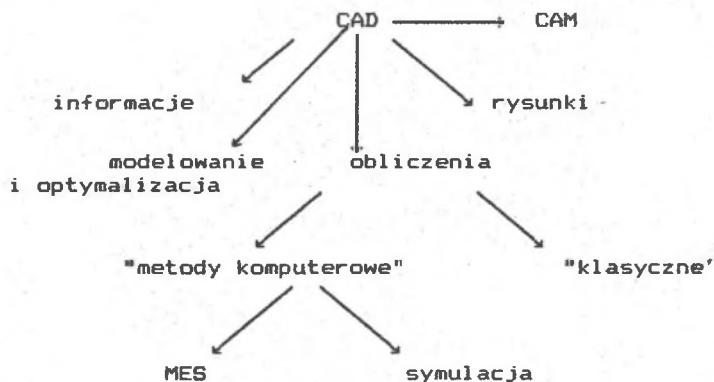
Jerzy WRÓBEL
Instytut Podstaw Budowy Maszyn
Politechnika Warszawska

ZASTOSOWANIE MODELWANIA GEOMETRYCZNEGO DO OPTYMALIZACJI KONSTRUKCJI

Streszczenie. W pracy przedstawiono koncepcję zastosowania modelowania geometrycznego do optymalizacji konstrukcji. Modelowanie geometryczne stanowi element systemów komputerowo wspomaganego projektowania (CAD). Systemy CAD pozwalają na graficzne (nie alfanumeryczne) formułowanie zadania optymalizacji. Pozwalają również na bardziej naturalne (nie alfanumeryczne) przedstawienie wyników optymalizacji, tym samym ułatwiając proces podejmowania decyzji.

1. Wprowadzenie

Celem pracy jest wykazanie nowych możliwości wynikających z zastosowania techniki modelowania geometrycznego do procesu optymalizacji konstrukcji. Modelowanie geometryczne stanowi niedzwoły element współczesnych systemów komputerowo wspomaganego projektowania (Computer Aided Design - CAD). Od początku lat 80-tych systemy CAD stały się istotnym elementem rynku komputerowego i w najbliższym czasie staną się standardowym wyposażeniem biur projektowych. W procesie projektowania wspomaganego komputerowo komputer staje się narzędziem projektanta na każdym etapie projektowania. Nie jest to więc tylko stosowanie komputerów do wykonywania specjalizowanych obliczeń. Rys. 1 pokazuje zakres komputerowo wspomaganego projektowania [1,3].



Rys. 1. Zakres projektowania wspomagane komputerowo

Fig. 1. Scope of Computer Aided Design

Współczesne systemy CAD dążą zarówno do doskonałości modelowej, jak i do doskonalszych sposobów komunikowania się projektanta z komputerem. Pierwszy kierunek - to głównie doskonalsze metody modelowania geometrycznego oraz doskonalsze metody przeprowadzania obliczeń. Przełom lat 70- i 80-tych przyniósł zdecydowane przejście od "klasycznych" obliczeń inżynierskich do technik obliczeniowych typowo komputerowych, uzupełnianych coraz bardziej doskonałymi metodami organizacji zadań, które umożliwiają dogodną interakcję z systemem i jego elastyczne użytkowanie. Przykładem może być metoda elementów skończonych czy też techniki symulacji cyfrowej.

Drugi kierunek, to doskonalenie dialogu projektant - komputer. Dąży się do dialogu graficznego (za pomocą rysunku) w miejsce dotychczas stosowanego dialogu alfanumerycznego (za pomocą znaków alfanumerycznych: liter, cyfr). Korzystanie ze współczesnych systemów CAD "zbliży się" do klasycznych "dyskusji inżynierskich" kiedy to projektant na płaskim rysunku kreuje wizję swojego projektu. Rysunek stanowi bowiem miejsce bezpośredniego uzewnętrznienia nowych pomysłów, twórczego aktu projektowania. Rysunek jest więc nie tylko geometrycznym obrazem projektowanej maszyny, ale spełnia też funkcję schematu logicznego. Używając terminologii komputerowej, rysunek na ekranie monitora graficznego (w systemie CAD) stanowi rodzaj zewnętrznej pamięci, gdzie projektant utrwala wyniki swojej pracy.

2. Elementy składowe systemów CAD

Rynek komputerowy oferuje biuram projektowym całą gamę systemów CAD. Możliwości tych systemów różnią się znacznie w zależności od ceny (od kilku do kilkuset tysięcy dolarów). W dużych systemach koszt sprzętu nie przewyższa kilkunastu procent ceny.

System CAD składa się z bazy danych, biblioteki programów (np. metoda elementów skończonych) i podsystemu do komunikacji pomiędzy poszczególnymi elementami systemu.

Istotnym elementem systemów CAD są moduły do modelowania geometrycznego. Pozwalają one na budowę modelu geometrycznego konstrukcji, a więc na komputerowy zapis wszystkich cech geometrycznych (zarówno postaci, jak i układu wymiarów). Modelowanie jest przeważnie prowadzone w trybie konwersacyjnym i

projektant steruje wszystkimi fazami powstawania modelu na ekranie monitora graficznego. Do budowy modelu geometrycznego projektant ma do dyspozycji szereg elementów pierwotnych oferowanych w menu systemu, takich jak prosta, okrąg czy łuk. Z elementów tych projektant buduje elementy bardziej złożone, które może następnie zapamiętać w bibliotekach jako np. symbole.

System CAD umożliwia wprowadzanie zmian w istniejącym modelu geometrycznym, polegających na rozszerzaniu modelu o nowe elementy, przekształcaniu istniejących fragmentów (np. przesunięcie, skopiowanie, obrót, skasowanie), usuwanie wybranych elementów itp. W pracach [1,3] przedstawiono możliwości wybranych systemów CAD.

Ważnym, często wykorzystywanym w praktyce projektowej, modułem jest moduł służący do zmiany jednego lub kilku wymiarów wskazanego fragmentu rysunku (np. symbolu). Dzięki takiemu modułowi projektant może analizować w bardzo prosty sposób szereg wariantów konstrukcyjnych. Moduł parametryczny może być też bezpośrednio wykorzystany do zadania optymalizacji konstrukcji.

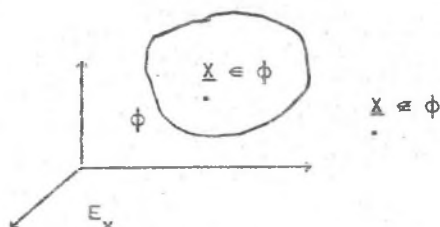
3. "Klasyczne" sformułowanie zadania optymalizacji konstrukcji

Dążenie do optymalizacji konstrukcji jest naturalnym postępowaniem w procesie projektowania.

Zadanie optymalizacji konstrukcji może być zrealizowane za pomocą komputera. Warunkiem jest jednak budowa modelu matematycznego konstrukcji [2,3].

W sformułowaniu "klasycznym", powstałym jeszcze w latach 50-tych, budowa modelu matematycznego sprowadzała się do określenia wektora zmiennych decyzyjnych \underline{X} , zbioru rozwiązań dopuszczalnych $\Phi(\underline{X})$ i kryteriów optymalizacji $Q(\underline{X})$ [2,3].

Rys. 2 ilustruje "dobrą" i "nie dobrą" konstrukcję.



Rys. 2. "Dobra" i "nie dobra" konstrukcja

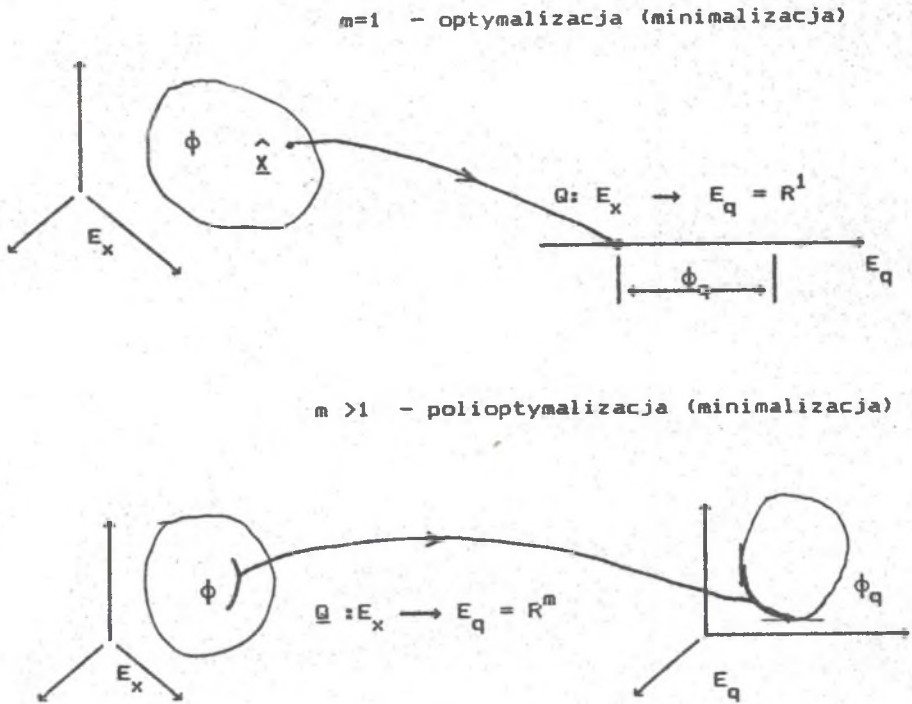
Fig. 2. "Good" and "not good" construction

Konstrukcję optymalną można zdefiniować następująco (przypadek minimalizacji):

$$\hat{(\underline{X} \in \phi)} : \bigwedge_{\underline{X} \in \phi} Q(\underline{X}) \geq Q(\hat{\underline{X}}) \quad (1)$$

W przypadku więcej niż jednego kryterium występuje zadanie polioptymalizacji $Q(\underline{X}) = (q_1(\underline{X}), \dots, q_m(\underline{X}))$.

Na rys. 3 przedstawiono graficzną ilustrację zadania optymalizacji i polioptymalizacji konstrukcji.



Rys. 3. Ilustracja graficzna zadania optymalizacji i polioptymalizacji

Fig. 3. Graphical presentation of the optimization and polyoptimization problem

Poszukiwaniem rozwiązania optymalnego (lub polioptymalnego) zajmują się metody obliczeniowe optymalizacji (polioptymalizacji) [2,3]. W literaturze można spotkać wiele przykładów technicznych rozwiązywania tak postawionych "klasycznych" zadań optymalizacji konstrukcji. W ujęciu "klasycznym" zarówno formułowanie zadania optymalizacji, jak i prezentacja wyników optymalizacji jest alfanumeryczne. Projektant musi za pomocą liczb napisanych podprogramów musi określić zbiór dopuszczalny i kryteria optymalizacji. Opracowane podprogramy należy skompilować i skomponować w program optymalizacyjny. Wyniki optymalizacji, otrzymane na drodze obliczeń, należy następnie "przetłumaczyć" na język rysunku technicznego.

Taka procedura jest bardzo uciążliwa. Była ona jednak jedyną możliwą dopóki nie pojawiły się możliwości dialogu graficznego. Lata 80-te przynoszą malejące zainteresowanie przemysłu rozwiązywaniem tak sformułowanych zadań optymalizacji konstrukcji.

4. Geometryczne formułowanie zadań optymalizacji i jej wyników

"Klasyczna" formuła rozwiązywania zadań optymalizacji konstrukcji staje się coraz mniej atrakcyjną szczególnie w porównaniu z wspaniałymi możliwościami współczesnych systemów CAD. W tej sytuacji celowe jest wykorzystanie możliwości systemów CAD, a szczególnie techniki modelowania geometrycznego do procesu optymalizacji konstrukcji. Modelowanie graficzne jest bardziej naturalnym sposobem formułowania zadania optymalizacji konstrukcji niż modelowanie "klasyczne", a więc alfanumeryczne. Również postprocesory graficzne pozwalają na bardziej naturalne, graficzne przedstawienie wyników optymalizacji, tym samym ułatwiając proces podejmowania decyzji [4].

Koncepcja graficznego formułowania zadań optymalizacji konstrukcji polega głównie na wykorzystaniu możliwości modułu parametrycznego systemu CAD. Przy ustalonej strukturze konstrukcji (bądź jej elementu), a tak jest zwykle przy "klasycznym" formułowaniu zadania optymalizacji, zmieniając wymiary (będące zmiennymi decyzyjnymi) można zamodelować graficznie ograniczenia poprzez obliczenie zakresu zmienności poszczególnych zmiennych decyzyjnych. Projektant obserwując zbiór dopuszczalny na rysunku może dodatkowo weryfikować słuszność poszczególnych ograniczeń.

Proces optymalizacji może być również kontrolowany przez projektanta. Obserwując rysunki powstałe w kolejnych iteracjach zastosowanej metody optymalizacji (polioptymalizacji), może dodatkowo określić swoje preferencje eliminując na przykład nieistotne dla niego warianty rozwiązań.

Wyniki optymalizacji są w takim przypadku przedstawione w formie graficznej łatwej do dodatkowej oceny.

LITERATURA

- [1] J. ENCARNACAO, E.G.SCHLECHTENDAHL: Computer Aided Design. Fundamentals and System Architectures. Springer Verlag. Berlin 1983.
- [2] Z. OSINSKI, J. WRÓBEL: Teoria konstrukcji maszyn. PWN, Warszawa 1983.
- [3] Z. OSINSKI, J. WRÓBEL: Wybrane metody komputerowo wspomaganego konstruowania maszyn. PWN, Warszawa 1988.
- [4] J. FOKOJSKI, J. WRÓBEL: Systemy projektowania wspomaganego komputerowo a problemy komputerowego wspomaganie decyzji. Zeszyty Naukowe WSiP w Koszalinie, Prace Wydziału Mechanicznego Nr 13, Koszalin 1988, s. 239-249.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ

Резюме

В работе представлено концепция применения геометрического моделирования в оптимизации конструкции. Геометрическое моделирование является элементом систем проектирования с помощью компьютера. Эти системы позволяют на графическое формулирование задач оптимизации и на графическое (не алфанумерическое) представление результатов оптимизации.

THE APPLICATION OF GEOMETRICAL MODELLING TO THE OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION

S u m m a r y

In the paper the conception of the application of geometrical modelling to the optimization of construction is presented. The geometrical modelling is an element of Computer Aided Design (CAD) systems. The CAD systems allows on graphical (not alphanumerical) formulation of optimization problem. The CAD allows on graphical (not alphanumerical) presentation of optimization results.

Recenzent: dr inż. R. Knosala

Wpłynęło do Redakcji 15.XII.1988 r.