

**Andrzej POWNUK**, Zakład Mechaniki Teoretycznej, Politechnika Śląska w Gliwicach

## **NOWE FUNKCJE INKLUZYJNE W ALGORYTMIE PRZEDZIAŁOWEJ OPTYMALIZACJI GLOBALNEJ**

Streszczenie. Algorytmy optymalizacji globalnej można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej można zaliczyć algorytmy, które umożliwiają znalezienie globalnego minimum z pewnym prawdopodobieństwem. Do drugiej grupy można zaliczyć metody, mogą znaleźć globalne minimum w skończonej liczbie kroków z zadaną dokładnością. Jedną z bardziej istotnych grup metod drugiego typu są metody „branch and bound”. W algorytmach tego typu funkcja celu przyjmuje tylko skończoną liczbę wartości. Metody te pozwalają na znalezienie globalnego minimum z zadaną dokładnością w przewidywalnej liczbie kroków. Podczas obliczeń wykonywanych tymi metodami przestrzeń poszukiwań dzielona jest na coraz mniejsze części. Przy pomocy odpowiednich procedur niektóre z tych części zostają odrzucone. Algorytmy tej grupy różnią się procedurami, które oszacowują największą i najmniejszą wartość funkcji w danej części. Znajomość dolnego ograniczenia funkcji określonej w danym zbiorze pozwala na wyeliminowanie dużych części przestrzeni poszukiwań. Wielkość tą można wyznaczyć przy pomocy technik opartych na arytmetyce przedziałowej lub przy pomocy oszacowania wykorzystującego stałą Lipschitza. W wielu układach mechanicznych relacja pomiędzy rozwiązaniem oraz zmiennymi projektowymi jest monotoniczna. Dla monotonicznych funkcji określonych na przedziałach liczbowych ekstremalne wartości funkcji można obliczyć przy wykorzystaniu tylko końców przedziałów. Monotoniczność funkcji celu można sprawdzić przy wykorzystaniu wzoru Taylora oraz metod przedziałowych. Przy wykorzystaniu testów monotoniczności można zbudować nowe funkcje inkluzyjne, które pozwalają na oszacowanie ekstremalnych wartości funkcji dla bardzo dużych problemów inżynierskich. W niniejszej pracy zastosowano nowe funkcje inkluzyjne w algorytmie przedziałowej optymalizacji globalnej. Nowe funkcje inkluzyjne mogą zostać zastosowane w optymalizacji nieliniowych zagadnień mechaniki.

Zbieżność algorytmu przedziałowej optymalizacji globalnej można znacznie przyspieszyć wykorzystując algorytm hybrydowy. W podejściu takim najpierw poszukujemy przybliżonego rozwiązania problemu optymalizacyjnego przy pomocy dowolnego algorytmu optymalizacyjnego. Ponieważ algorytmy te nie mogą zagwarantować, iż otrzymane rozwiązanie jest globalne, dlatego w następnym etapie obliczeń sprawdzamy otrzymany wynik przy pomocy algorytmu przedziałowego. W pierwszym etapie obliczeń można wykorzystać dowolny algorytm optymalizacyjny np. algorytm gradientowy, algorytmy genetyczne, sekwencyjne programowanie kwadratowe, programowanie liniowe itd.

Zaprezentowana metoda może zostać wykorzystana do optymalizacji konstrukcji z rozmytymi parametrami. Wykorzystując  $\alpha$ -przekroje liczb rozmytych możemy przekształcić problem z rozmytymi parametrami do problemu z przedziałowymi parametrami. Następnie możemy rozwiązać problem optymalizacji z przedziałowymi parametrami wykorzystując procedury sprawdzenia monotoniczności. Następnie można przekształć przedziałowe rozwiązanie w rozwiązanie rozmyte. Jeśli znamy funkcję przynależności rozwiązania optymalnego, to możemy obliczyć górne i dolne dystrybuantę prawdopodobieństwa z jakim otrzymaliśmy rozwiązanie optymalne.

Praca została wykonana w ramach grantu KBN Nr. 8T11F00615

**Andrzej Pownuk**, Department of Theoretical Mechanics, Silesian University of Technology, Gliwice

## **New inclusion functions in interval global optimisation of engineering structures**

Summary. Algorithms for solving global optimization problems can be classified into heuristic methods that can find the global optimum only with high probability, and methods that guarantee to find a global optimum with some accuracy. The most important class of methods of the second type are branch and bound methods. They originate from combinatorial optimization, where global optima are also wanted but the variables are discrete and take several values only. Branch and bound methods guarantee to find a global optimum with a desired accuracy after a predictable (though often exponential) number of steps. The basic idea is that the configuration space is split repeatedly by branching into smaller and smaller parts. This is not done homogeneously, but instead some parts are preferred and others are eliminated. The details depend on bounding procedures. Lower bounds on the objective allow to eliminate large portions of the configuration space early in the computation so that only a (usually small) part of the branching tree has to be generated and processed. The lower bounds may be obtained by techniques of the interval analysis, or methods based on the knowledge of Lipschitz constants. In many engineering structures relation between the solutions and design variables is monotone. For monotone functions extreme values of the solution can be calculated using only the endpoints of given intervals. Monotonicity of the solution can be checked by using Taylor series or interval method. By using monotonicity tests we can build a very good inclusion function for very large engineering problems. In this paper a new inclusion functions are applied in global optimisation method. This inclusion function can be applied for nonlinear problems of computational mechanics.

We can also accelerate the speed of calculation by using hybrid algorithms. In this case first we find approximate solution using another optimisation method. Then we can check if the particular solution is a global solution of the optimisation problem by using interval global optimisation algorithms. In the first part of this algorithm we can apply any optimisation method particularly gradient method, genetic algorithms, sequential linear or quadratic programming method and many others.

This method can be applied also to modelling of structures with uncertain parameters. Using  $\alpha$ -level-cut method we can transform problem with fuzzy parameters into problem with interval parameters. Then we can solve interval equation using monotonicity tests. Interval solution can be transform into fuzzy solution by using resolution identity. If we know membership function of the solution upper and lower probability of some event can be calculated. In this paper above described method can be applied to optimisation of structures with uncertain parameters.

This work was supported by the grant No. 8T11F00615 from the Committee of Scientific Research (KBN).