

METAHEURYSTYKI

Algorytmy optymalizacji numerycznej

Sławomir T. Wierzchoń, Grzegorz Sroka



Monografia

słowa kluczowe:

algorytm, optymalizacja

© Copyright by

Oficina Wydawnicza

Politechniki Rzeszowskiej,
Rzeszów 2025

ISBN 978-83-7934-782-7

384 stron

format B5

oprawa twarda

cena: 105,26 zł

<https://oficina.prz.edu.pl/zamowienia---sprzedaz>

Prof. dr hab. inż. Sławomir T. Wierzchoń
Instytut Podstaw Informatyki PAN
e-mail: slawomir.wierzchon@ipipan.waw.pl
<https://orcid.org/0000-0001-8860-392X>.

Dr inż. Grzegorz Sroka
Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej
Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: gsroka@prz.edu.pl
<https://orcid.org/0000-0001-6945-6661>

W obliczu coraz liczniejszych i coraz bardziej spektakularnych konstrukcji heurystycznych, pytanie o to, czy dany algorytm działa, przestaje wystarczać. Równie ważne — i coraz częściej przemilczane — staje się pytanie, dlaczego miałby działać i jaką wiedzę naprawdę wnosi do naukowej praktyki obliczeniowej.

Niniejsza monografia powstała z potrzeby zdystansowania się do rosnącej liczby heurystyk opartych na coraz dziwniejszych mechanizmach biologicznych i przywrócenia dyskusji o metaheurystykach powagi, która wykracza poza efektywność kodu. Autorzy skupiają się na prezentacji i analizie tych metod, które zdają się mieć potencjał nie tylko techniczny, lecz także koncepcyjny. Nie rozdzielając teorii od praktyki, prowadzą oni czytelnika przez mechanizmy, struktury i założenia, które decydują o rzeczywistej wartości algorytmu.

Przedmiotem refleksji są nie tylko metody i ich parametry, ale przede wszystkim warunki, w jakich zyskują one sens. Jak zorganizowana jest przestrzeń rozwiązań? Jaką strukturę narzuca sam algorytm? Co naprawdę mierzymy, porównując skuteczność? W tym ujęciu metaheurystyka staje się nie tylko narzędziem, ale punktem styku między obliczeniami a poznaniem.

Książka jest adresowana do czytelników, którzy dostrzegają, że rozwój algorytmów optymalizacyjnych to nie wyścig na coraz bardziej zaskakujące warianty, ale działalność wymagająca wyważonych decyzji i odpowiedzialności metodologicznej. Dla czytelników szukających nie gotowych odpowiedzi, lecz argumentów, wątpliwości i uporządkowanej przestrzeni pojęć. To propozycja dla tych, którzy wiedzą, że skuteczność to dopiero początek — i że prawdziwe pytania w nauce zaczynają się tam, gdzie kończy się automatyzm implementacji.

SPIS TREŚCI

Przedmowa

- 1 Notacja
- 2 Wprowadzenie
 - 2.1 Przeszukiwanie a optymalizacja
 - 2.2 Zadanie spełnialności ograniczeń
 - 2.3 Zadania optymalizacji
 - 2.3.1 Klasyfikacja zadań optymalizacji
 - 2.3.2 Klasyfikacja ekstremów funkcji celu
 - 2.3.3 Warunki istnienia ekstremum
 - 2.4 Metody rozwiązywania zadań optymalizacyjnych
 - 2.4.1 Metody analityczne
 - 2.4.1.1 Metody gradientowe
 - 2.4.1.2 Metody quasi-newtonowskie
 - 2.4.2 Metody bezpośrednie
 - 2.4.2.1 Metody poszukiwania według wzorca
 - 2.4.2.2 Metoda simpleks
 - 2.4.2.3 Metody z adaptacyjnym zbiorem kierunków przeszukiwania
 - 2.4.3 Algorytmy randomizowane
 - 2.4.3.1 Proste algorytmy randomizowane z pamięcią
 - 2.4.3.2 Proste algorytmy randomizowane bez pamięci
 - 2.5 Pejzaż dostosowań
 - 2.6 Własności pejzażu dostosowań
 - 2.6.1 Korelacja dostosowanie-odległość
 - 2.6.2 Funkcja autokorelacji
 - 2.7 Algorytmy przeszukiwania lokalnego
 - 2.7.1 Intensyfikacja i dywersyfikacja
 - 2.8 Heurystyki, metaheurystyki, hiperheurystyki
 - 2.8.1 Metaheurystyki - dlaczego działają
 - 2.8.2 Klasyfikacja metaheurystyk
 - 2.8.2.1 Algorytmy przyrostowe
 - 2.8.2.2 Stochastyczne algorytmy iteracyjne
 - 2.8.3 Przykłady algorytmów przeszukiwania lokalnego
 - 2.8.3.1 Podstawowy algorytm: iteracyjne poprawianie
 - 2.8.3.2 Algorytm GSAT
 - 2.8.3.3 Przeszukiwanie ze zmiennym sąsiedztwem
 - 2.8.3.4 Kierowane przeszukiwanie lokalne
 - 2.8.4 Ocena metaheurystyk
 - 2.8.4.1 Metody analityczne
 - 2.8.4.2 Wnioskowanie statystyczne
- 3 Symulowane wyżarzanie
 - 3.1 Metody Monte Carlo
 - 3.1.1 Łańcuchy Markowa i dynamiczne metody Monte Carlo
 - 3.1.2 Algorytm Metropolis
 - 3.1.3 Optymalizacja a fizyka statystyczna
 - 3.2 Konkretyzacja algorytmu...
 - 3.3 Konkretyzacja algorytmu...
 - 3.3.1 Prawdopodobieństwo akceptacji
 - 3.3.2 Wybór sąsiada i scenariusz schładzania
 - 3.3.2.1 Proste strategie
 - 3.3.2.2 Adaptacyjny wybór długości kroku
 - 3.3.2.3 Maszyna Boltzmanna
 - 3.3.2.4 Maszyna Cauchy'ego
 - 3.3.2.5 Adaptacyjne symulowane wyżarzanie (ASA)
 - 3.3.2.6 Maszyna Tsallisa
 - 3.3.3 Warunek zatrzymania
 - 3.3.4 Uwagi dodatkowe
 - 3.4 Przykłady zastosowań
 - 3.4.1 Analiza skupień
 - 3.4.2 Problem k-spełnialności
- 4 Optymalizacja ekstremalna
 - 4.1 Samoorganizujący się stan krytyczny (SOSK)
 - 4.2 Model ewolucji B-S

- 4.2.1 Interpretacje
 - 4.2.2 Własności
 - 4.2.3 Odniesienia do teorii ewolucyjnych
 - 4.2.4 Implikacje
- 4.3 Algorytm optymalizacji ekstremalnej EO
- 4.4 Uogólnienia algorytmu ekstremalnej optymalizacji
- 5 Algorytmy entropii krzyżowej
 - 5.1 Zarys metody
 - 5.1.1 Symulacja rzadkich zdarzeń
 - 5.1.2 Proste zadanie optymalizacji kombinatorycznej
 - 5.2 Formalne uzasadnienie metody
 - 5.2.1 Bazowy algorytm symulacji rzadkich zdarzeń
 - 5.2.2 Bazowy algorytm optymalizacji kombinatorycznej
 - 5.3 Modyfikacje bazowego algorytmu
 - 5.4 Wybrane zastosowania
 - 5.4.1 Optymalizacja kombinatoryczna
 - 5.4.1.1 Zadanie komiwojażera
 - 5.4.1.2 Zliczanie
 - 5.4.2 Optymalizacja parametryczna
- 6 Algorytmy ewolucyjne
 - 6.1 Podstawy teorii ewolucji Darwina
 - 6.2 Rys historyczny
 - 6.2.1 Programowanie ewolucyjne
 - 6.2.2 Algorytmy genetyczne
 - 6.2.3 Strategie ewolucyjne
 - 6.3 Programowanie ewolucyjne
 - 6.3.1 Algorytm CEP – klasyczne programowanie ewolucyjne
 - 6.3.2 Szybkie programowanie ewolucyjne
 - 6.4 Strategie ewolucyjne
 - 6.4.1 Proste strategie ewolucyjne
 - 6.4.1.1 Strategia (1 + 1)
 - 6.4.1.2 Strategia ($\mu +, \lambda$)
 - 6.4.2 Operatory genetyczne stosowane w strategiach ewolucyjnych
 - 6.4.2.1 Operator mutacji
 - 6.4.2.2 Hesjan a macierz kowariancji
 - 6.4.2.3 Operator samoadaptacji
 - 6.4.2.4 Operator rekombinacji
 - 6.4.3 Przykłady strategii ewolucyjnych
 - 6.4.3.1 Prosta strategia ewolucyjna dla problemu komiwojażera
 - 6.4.3.2 Samo-adaptująca się strategia ($\mu/\rho +, \lambda$)
 - 6.4.3.3 Strategia z korelowaną mutacją
 - 6.4.3.4 Strategia ewolucyjna ze skumulowaną adaptacją długości kroku
 - 6.4.3.5 Strategia z adaptacją macierzy kowariancji
 - 6.4.4 Zastosowania – dynamiczny podział obiektów na grupy
 - 6.5 Wprowadzenie do analizy matematycznej...
 - 6.5.1 Prosta strategia ewolucyjna
 - 6.5.1.1 Strategia (1+1)
 - 6.5.1.2 Strategia (1 + λ)
 - 6.5.2 Binarna przestrzeń poszukiwań
 - 6.6 Algorytmy genetyczne
 - 6.6.1 Strategie selekcji
 - 6.6.2 Formalne charakterystyki operatora selekcji
 - 6.6.2.1 Selekcja proporcjonalna
 - 6.6.2.2 Strategia rankingowa
 - 6.6.2.3 Selekcja turniejowa
 - 6.6.2.4 CHC selekcja
 - 6.6.3 Mutacja punktowa
 - 6.6.4 Operatory rekombinacji
 - 6.6.5 Miary postępu obliczeń
 - 6.6.6 Kryteria zatrzymania
 - 6.6.7 Wybrane algorytmy
 - 6.6.7.1 Simpleksowy algorytm genetyczny
 - 6.6.7.2 Ewolucja różnicowa
 - 6.6.7.3 Genetyczna chromodynamika

- 6.7 Ewolucja Mony Lisy
- 6.8 Ewolucja lamarckowska i efekt Baldwina
- 6.9 Algorytmy EDA
 - 6.9.1 Algorytm PBIL
 - 6.9.1.1 Operatory krzyżowania
 - 6.9.1.2 Asymptotyczne własności krzyżowania
 - 6.9.1.3 Uczenie konkurencyjne
 - 6.9.1.4 Algorytm
 - 6.9.2 Algorytm COMIT
 - 6.9.3 Kompaktowy algorytm genetyczny
- 7 Algorytmy i ich dalsze losy
 - 7.1 Metody obliczeniowe
 - 7.1.1 Algorytm roju cząstek PSO
 - 7.1.2 Algorytm roju mrówek ACO
 - 7.1.3 Porównanie ACO z PSO
 - 7.2 Twierdzenie NFL
 - 7.2.1 Optymalizacja iteracyjna
 - 7.2.2 Wnioski i uwagi dotyczące NFL w kontekście benchmarków
 - 7.3 Uwagi na temat rosnącej liczby metaheurystyk
- 8 Zastosowania metaheurystyk
 - 8.1 Optymalizacja funkcji multimodalnych
 - 8.1.1 Optymalizacja wielomodalna
 - 8.1.2 Optymalizacja wielokryterialna
 - 8.1.3 Rozważania związane z wykorzystaniem kombinacji metod optymalizacyjnych
 - 8.1.4 Hybrydyzacja
 - 8.1.5 Operacje wspomagane wiedzą
 - 8.1.6 Metody aproksymacyjne
 - 8.2 Optymalizacja a uczenie maszynowe
 - 8.2.1 Uczenie jako problem przeszukiwania
 - 8.2.2 Model zastępczy
 - 8.2.3 Uczenie jako adaptacja stanu
 - 8.2.3.1 Adaptacja stanu w CMA-ES
 - 8.2.3.2 Analiza danych jako optymalizacja
 - 8.3 Optymalizacja odporna na niepewność
 - 8.4 Optymalizacja odporna versus...
 - 8.4.1 Optymalizacja odporna i analiza wrażliwości
 - 8.4.2 Historia optymalizacji odpornej
 - 8.4.3 Zakres zastosowań optymalizacji odpornej
 - 8.5 Metodyka testowania
 - 8.5.1 Obiektywne porównywanie algorytmów
 - 8.5.2 Dwuetapowa procedura oceny algorytmu
 - 8.6 Metodologia benchmarkingu BBOB
 - 8.6.1 Funkcje, przypadki i problemy
 - 8.6.2 Czas wykonania i wartości docelowe
 - 8.6.3 Ponowne uruchomienia właściwe i symulowane
 - 8.6.4 Agregacja
 - 8.6.5 Benchmarking uzależniony od kosztu
 - 8.7 Metodologia benchmarkingu CEC
 - 8.7.1 Cele i kryteria oceny algorytmów
 - 8.7.2 Problemy testowe i wyzwania
 - 8.7.3 Parametryzacja i tuning algorytmów
 - 8.8 Porównanie metodologii testowania BBOB i CEC
 - 8.8.1 Analiza statystyczna i raportowanie wyników w BBOB i CEC
 - 8.8.2 Statystyczne metody porównywania algorytmów ewolucyjnych i rojowych: podejście praktyczne
- Podsumowanie
- Dodatki
 - A Przykłady zadań optymalizacji
 - A.1 Optymalizacja ciągła
 - A.2 Optymalizacja dyskretna
 - A.2.1 Problem k-spełnialności
 - A.2.2 Problemy teoriografowe
 - A.2.3 Problemy teoriomnogościowe
 - A.2.4 Problem lokalizacji

- A.2.5 Problem plecakowy
 - A.2.6 Problem komiwojażera
 - A.2.7 Szeregowanie zadań
 - A.2.8 Problem dostawy
 - A.2.9 Aukcje kombinatoryczne
- B Foldowanie białka
 - B.1 Podstawy biologiczne
 - B.2 Dwuwymiarowy model HP
 - B.3 Reprezentacja konformacji na kracie
- C Zmienne losowe i ich generatory
 - C.1 Pojęcia podstawowe
 - C.1.1 Przestrzeń probabilistyczna
 - C.1.2 Zmienne losowe
 - C.1.3 Funkcje zmiennych losowych
 - C.2 Generowanie liczb losowych o dowolnych rozkładach
 - C.2.1 Rozkłady dyskretne
 - C.3 Rozkłady ciągłe
 - C.4 Wybrane rozkłady prawdopodobieństwa
 - C.4.1 Rozkład normalny
 - C.4.1.1 Zastosowanie centralnego twierdzenia granicznego
 - C.4.1.2 Metoda Box-Müller'a
 - C.4.1.3 Metody przybliżone
 - C.4.2 Rozkład Cauchy'ego
 - C.4.3 α -stabilne rozkłady Lévy'ego
 - C.4.3.1 Ogólne własności rozkładów α -stabilnych
 - C.4.3.2 Przypadki szczególne
 - C.4.3.3 Parametryzacja rozkładów α -stabilnych
 - C.4.3.4 Metody generowania zmiennych o rozkładach α -stabilnych
 - C.4.4 Rozkład Tsallisa
 - C.4.4.1 Funkcja q-gaussowska
 - C.4.4.2 Metoda Denga
 - C.4.4.3 Uogólniona metoda Box-Müllera
 - C.4.4.4 Inne rozkłady prawdopodobieństwa
 - C.4.4.4.1 Rozkład gamma
 - C.4.4.4.2 Rozkład t
 - C.4.4.4.3 Rozkład F
 - C.5 Rozkłady wielowymiarowe
 - C.5.1 Wielowymiarowy rozkład jednostajny
 - C.5.2 Wielowymiarowy rozkład normalny
 - C.5.3 Sferyczne rozkłady wielowymiarowe
 - C.5.4 Wielowymiarowy rozkład Cauchy'ego
 - C.6 Globalne i lokalne własności metaheurystyk
 - C.6.1 Własności globalne
 - C.6.1.1 Rodzaje zbieżności
 - C.6.1.2 Tempo zbieżności
 - C.6.2 Własności lokalne

Bibliografia

Skorowidz