

Genetski algoritam za minimalno pakovanje

Hibridni genetski algoritam grupa za problem jednodimenzionog minimalno pakovanje

Andrija Urošević

Univerzitet u Beogradu
Matematički fakultet

Septembar, 2022.

Pregled

1. Uvod — Problem minimalnog pakovanja
2. Genetski algoritam za minimalno pakovanje
3. Rezultati i Zaključak

Problem minimalnog pakovanja

Definicija

Neka je dat konačan skup elemenata I , neka svaki element $i \in I$ ima veličinu $s(i)$, i neka je dat kapacitet kontejnera B . Treba naći particiju $\{I_1, I_2, \dots, I_k\}$ skupa elemenata I , tako da je $\sum_{i \in I_k} s(i) \leq B$ i broj kontejnera k najmanji moguć.

NP-težak

Problem minimalnog pakovanja je NP-težak.

Problem odlučivanja

Da li za broj kontejnera k postoji particija $\{I_1, I_2, \dots, I_k\}$ skupa elemenata I , tako da $\sum_{i \in I_k} s(i) \leq B$?

Jednodimenzioni problem minimalnog pakovanja

Ograničenja jednodimenzione varijante problema

Veličine elemenata $s(i) \in \mathbb{Z}^+$ i kapacitet kontejnera $B \in \mathbb{Z}^+$.

$OPT(I)$

Optimalan vrednost broj kontejnera k za dati skup elemenata I , obeležavamo i sa $OPT(I)$.

Najbolje polinomijalne aproksimacije

FFD: $\frac{3}{2} OPT(I)$

MFFD: $\frac{71}{60} OPT(I)$ (1995)

KK: $OPT(I) + O(\log^2(OPT(I)))$ (1982)

HB: $OPT(I) + O(\log(OPT(I)) \log \log(OPT(I)))$ (2013)

HB: $OPT(I) + O(\log(OPT(I)))$ (2017)

Pregled

1. Uvod — Problem minimalnog pakovanja
2. Genetski algoritam za minimalno pakovanje
3. Rezultati i Zaključak

Naivni pristup

Naivni hromozom

Hromozom kod naivnog pristupa podrazumeva listu dužine $\|I\|$, gde je i -ti element u listi kontejner u koji pakujemo element $i \in I$.

Primer i dedudandnost

ABCCAC

CBAACA

Permutacije

Hromozom kao permutacija

Hromozom predstavlja permutaciju elemenata tako da se pakovenje dobija dekodiranjem te permutacije. Mehanizam dekodiranja predstavlja dodavanje elemenata u kontejner sve dok je to moguće, ukoliko nije otvara se novi kontejner.

Primer i redudandnost

0123|45678|9

3210|45678|9

Grupe

Hromozom: lista grupa

Reprezentacija hromozoma predstavlja listu grupa elemenata, tj. listu kontejnera nekog dopustivog pakovanja.

Primer

$$A = \{0, 4\} \quad B = \{1\} \quad C = \{2, 3, 5\}$$
$$\{0, 4\} \quad \{1\} \quad \{2, 3, 5\}$$

Operator ukrštanja

Primer roditelja

$\{0, 4\}$ $\{1\}$ $\{2, 3, 5\}$
 $\{1\}$ $\{3\}$ $\{2\}$ $\{0, 4, 5\}$

Operator ukrštanja

Primer roditelja

$\{0, 4\}$ $\{1\}$ $\{2, 3, 5\}$
 $\{1\}$ $\{3\}$ $\{2\}$ $\{0, 4, 5\}$

Faza I: Segmentacija

$\{0, 4\} \mid \{1\} \mid \{2, 3, 5\}$
 $\{1\} \mid \{3\} \mid \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$

Operator ukrštanja

Primer roditelja

$\{0, 4\}$ $\{1\}$ $\{2, 3, 5\}$
 $\{1\}$ $\{3\}$ $\{2\}$ $\{0, 4, 5\}$

Faza I: Segmentacija

$\{0, 4\} \mid \{1\} \mid \{2, 3, 5\}$
 $\{1\} \mid \{3\} \mid \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$

Faza II: Umetanje

$\{0, 4\} \mid \{1\} \mid \{3\} \mid \{2\} \mid \{2, 3, 5\}$
 $\{1\} \mid \{1\} \mid \{3\} \mid \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$

Operator ukrštanja

Faza I: Segmentacija

$\{0, 4\} \mid \{1\} \mid \{2, 3, 5\}$
 $\{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$

Faza II: Umetanje

$\{0, 4\} \mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid \{2, 3, 5\}$
 $\{1\} \mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$

Faza III: Brisanje duplikata

izbačeni = $\{5\}$; $\{0, 4\} \mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid$
izbačeni = $\{\}$; $\mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$

Operator ukrštanja

Faza II: Umetanje

$$\{0, 4\} \mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid \{2, 3, 5\}$$
$$\{1\} \mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$$

Faza III: Brisanje duplikata

$$\text{izbačeni} = \{5\}; \{0, 4\} \mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid$$
$$\text{izbačeni} = \{\}; \mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$$

Faza IV: Heuristika ubacivanja

$$\{0, 4, 5\} \mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid$$
$$\mid \{1\} \mid \{3\} \{2\} \mid \{0, 4, 5\}$$

Operator ukrštanja

Faza III: Brisanje duplikata

izbačeni = {5}; {0, 4} | {1} | {3} {2} |
izbačeni = {}; | {1} | {3} {2} | {0, 4, 5}

Faza IV: Heuristika ubacivanja

{0, 4, 5} | {1} | {3} {2} |
| {1} | {3} {2} | {0, 4, 5}

Faza V: Naslednici

{0, 4, 5} {1} {3} {2}
{1} {3} {2} {0, 4, 5}

Operator mutacije

Definicija

1. Uništi neke od grupa.
2. Primeni fazu IV: Heuristika ubacivanja.

Funkcija prilagođenosti

Funkcija prilagođenosti

$$\text{fitness} = \frac{\sum_{j=1}^N (F_j/B)^k}{N}, \quad (1)$$

gde je N broj grupa u hromozomu, B je kapacitet kontejnera, F_j je napunjenost kontejnera j , i $k > 1$ je predefinisani koeficijent koji pojačava odnose dobre upakovanosti

Napunjenost kontejnera j

$$F_j = \sum_{i \in I_j} s(i), \quad (2)$$

gde je I_j skup elemenata iz grupe j , a $s(i)$ veličina elementa i .

Ostali parametri genetskog algoritma

- verovatnoća mutacije: 0.66
- verovatnoća ukrštanja: 1.00
- broj jedinki ukrštanja: 2
- broj naslednika: 2
- tip zamene: roditelje menjaju naslednici
- veličina populacije: 100
- sortirana populacija: da
- kriterijum sortiranja: maksimizacija funkcije prilagođenosti
- broj selekcija: 2×50
- tip selekcije: turnirsa
- broj turnira: 5
- broj iteracija: 50
- kriterijum zaustavljanja: broj iteracija

Pregled

1. Uvod — Problem minimalnog pakovanja
2. Genetski algoritam za minimalno pakovanje
3. Rezultati i Zaključak

Rezultati

Zaključak i dalji rad

Zaključak

- Vremenski efikasno rešava čak i teške instance.
- Na nekim instancama rešenje je daleko od optimuma.

Dalji rad

- Probati razne heuristike u fazi IV.
- Probati razne parametre genetskog algoritma.

Pitanja?