

Heurističko rešavanje problema rutiranja vozila korišćenjem SIMPGEN okoline

Kristina Kotic
18. septembar 2018.



Opis problema

(Capacitated Vehicle Routing Problem - CVRP)

Pretpostavimo da imamo n klijenata sa odgovarajućim potrebama koje treba uslužiti. Na raspolaganju je m vozila jednakih kapaciteta Q i jedno skladište S .

Odrediti rutu svakog vozila tako da ukupni transportni trošak bude minimalan, poštujući sledeća ograničenja:

- svaki klijent mora biti uslužen od strane jednog vozila
- suma potreba svih korisnika koje uslužuje isto vozilo ne sme biti veća od Q
- svako vozilo svoju rutu započinje i završava u skladištu S

✓ NP težak problem kombinatorne optimizacije



Testirane metaheurističke metode

- Lokalna pretraga (LS)
- Simulirano kaljenje (SA)
- Osnovna metoda promenljivih okolina (BVNS)



pretražuju jednu ili više okolina tekućeg rešenja u cilju nalaženja lokalnog ili globalnog optimuma

Izbor okoline koja se pretražuje ima najveći uticaj na efikasnost ovih metoda (vreme izvršavanja i kvalitet dobijenog rešenja).



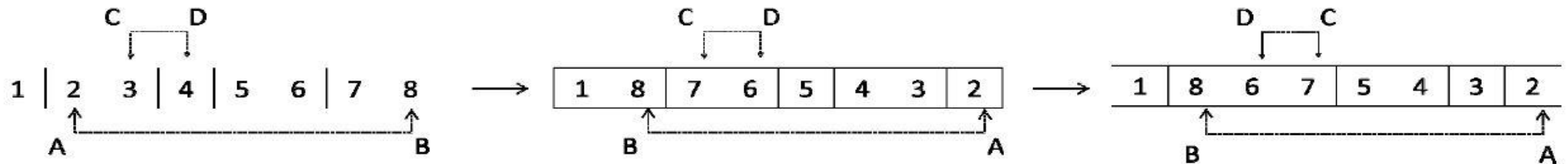
SIMPGEN okolina

Generička transformacija liste

- izaberi dve spoljne pozicije A i B
- invertuj podlistu od A do B
- izaberi dve unutrašnje pozicije C i D
- invertuj podlistu od C do D

Klasične transformacije kao specijalni slučajevi:

- ✓ umetanje - $A = C$, D i B su na uzastopnim pozicijama
- ✓ zamena - A, C i D, B su na uzastopnim pozicijama
- ✓ invertovanje - $C = D$, $C \neq A$, $D \neq B$



Reprezentacija i generisanje početnog rešenja

Rešenje je predstavljeno vektorom dužine $n+m$ oblika:

$[v_1 \ k_{i1} \ k_{i2} \ \dots \ k_{ij} \ v_2 \ k_{ij+1} \ k_{ij+2} \ \dots \ v_m \ \dots \ k_{in}]$

Pogodnosti ovakve reprezentacije:

1. lako računanje funkcije cilja
2. laka primena SIMPGEN transformacije
3. ispunjena su 2 od 3 ograničenja
(treba paziti na kapacitet vozila)

Početno dopustivo rešenje generisano je funkcijom `to_constant_volume()` binpacking modula.



Pseudokodovi - LS, SA i BVNS

Algorithm 1. Simulated Annealing Algorithm

Data: Cooling ratio r and length L
Result: approximate solution S

```
1 Initialize solution  $S$ ;  
2 Initialize temperature  $T > 0$ ;  
3 while not yet frozen do  
4   for  $i \leftarrow 1$  to  $L$  do  
5     Pick a random neighbor  $S'$  of  $S$ ;  
6      $\Delta \leftarrow (cost(S') - cost(S))$ ;  
7     if  $\Delta \leq 0$  // downhill move  
8       then  
9          $S \leftarrow S'$ ;  
10      end  
11      if  $\Delta \geq 0$  // uphill move  
12        then  
13           $S \leftarrow S'$  with probability  $e^{-\Delta/T}$ ;  
14        end  
15    end  
16     $T \leftarrow rT$  (reduce temperature);  
17 end
```

$L_0 = 10$
SA: $L_i = 1.05 \cdot L$
prihvata lošije rešenje sa verovatnoćom $e^{-\Delta/KT}$

Алгоритам 8 Локална претрага

```
procedure LS (Neighborhood structure  $N$ , Initial solution  $S$ )  
  while  $S$  is not local optimum do  
    Find  $S' \in N(S)$  with  $f(S') < f(S)$ ;  
     $S \leftarrow S'$ ;  
  return  $S$ ;
```

Алгоритам 1 Основна метода променљивих околина

```
1: procedure BVNS  
2:   Generate initial solution  $S$ ;  
3:   repeat  
4:      $r \leftarrow 1$ ;  
5:     while  $r \leq r_{max}$  do  
6:        $S' \leftarrow Shaking(S, r)$ ;  
7:        $S'' \leftarrow Local\_search(S')$ ;  
8:       if  $f(S'') < f(S)$  then  
9:          $S \leftarrow S''$ ;  
10:         $r \leftarrow 1$ ;  
11:       else  
12:          $r \leftarrow r + 1$ ;  
13:   until Stopping criterion satisfied  
   return Best solution found
```

BVNS: okoline za razmrdavanje: umetanje, zamena, invertovanje
okolina za lokalnu pretragu: SIMPGEN

Rezultati LS



kriterijum zaustavljanja:
maksimalan broj iteracija bez
poboljšanja (1000)

Instanca	Opt. rešenje	LS rešenje	mean_gap (%)	std	t _{total} (s)
P-n16-k8	450	opt	1.47	2.86	1.1
P-n19-k2	212	opt	8.08	4.12	0.5
P-n20-k2	216	opt	6.34	6.29	0.52
P-n21-k2	211	opt	4.38	3.42	0.47
P-n22-k2	216	opt	5.58	5.96	0.55
E-n22-k4	375	opt	7.03	6.67	1.2
P-n22-k8	603	opt	8.18	5.44	2.2
E-n23-k3	569	opt	1.94	2.43	0.5
P-n23-k8	529	537	13.2	5.71	2.6
E-n30-k3	534	539	4.54	3.07	1.36
E-n33-k4	835	838	6.05	2.79	1.78
P-n40-k5	458	465	7.4	3.56	3.06
P-n45-k5	510	514	8.53	3.48	4.51
E-n76-k7	682	789	22.07	5.32	8.2
P-n101-k4	681	858	37.62	10.0	7.0

Rezultati SA



parametri:

- $T_0 = 30$
- $T_f = 0.1$
- $\alpha = 0.98$
- $K = 0.1$

Instanca	Opt. rešenje	SA rešenje	mean_gap (%)	std	t _{total} (s)
P-n16-k8	450	opt	0.00	0.00	50.88
P-n19-k2	212	opt	2.36	2.69	16.0
P-n20-k2	216	opt	1.36	2.03	16.47
P-n21-k2	211	opt	0.39	1.02	14.2
P-n22-k2	216	opt	0.00	0.00	15.9
E-n22-k4	375	opt	1.3	1.69	41.8
P-n22-k8	603	opt	4.57	4.20	78.6
E-n23-k3	569	opt	0.14	0.06	11.4
P-n23-k8	529	opt	5.36	3.33	112.1
E-n30-k3	534	opt	1.23	0.97	27.3
E-n33-k4	835	opt	1.41	1.12	36.0
P-n40-k5	458	opt	2.79	3.17	39.5
P-n45-k5	510	513	3.23	2.05	56.1
E-n76-k7	682	711	6.37	1.6	61.8
P-n101-k4	681	750	14.64	2.9	36.4

Rezultati BVNS



kriterijum zaustavljanja:
maksimalan broj iteracija (300)

Instanca	Opt. rešenje	BVNS rešenje	mean_gap (%)	std	t _{total} (s)
P-n16-k8	450	opt	0.00	0.00	212.82
P-n19-k2	212	opt	0.00	0.00	87.5
P-n20-k2	216	opt	0.00	0.00	94.2
P-n21-k2	211	opt	0.00	0.00	88.1
P-n22-k2	216	opt	0.00	0.00	93.3
E-n22-k4	375	opt	0.47	0.81	209.7
P-n22-k8	603	opt	0.64	2.49	336.3
E-n23-k3	569	opt	0.00	0.00	79.5
P-n23-k8	529	opt	2.63	2.57	460.1
E-n30-k3	534	opt	0.27	0.31	208.9
E-n33-k4	835	opt	0.61	1.00	257.9
P-n40-k5	458	opt	0.89	1.32	314.4
P-n45-k5	510	opt	1.14	0.1	435.9
E-n76-k7	682	698	4.74	1.37	759.5
P-n101-k4	681	731	11.48	2.5	292.3

Literatura:

- Yu, V. F, Lin S. W, Lee W, Ting C. J. (2010), “A simulated annealing heuristic for the capacitated location routing problem”
- Karlo Bala, Dejan Brčanov, Nebojša Gvozdenović (2015), “Solving vehicle routing problems via single generic transformation approach”

