بسم الله الرحمن الرحيم

Open Vehicle Routing Problem with Demand Uncertainty and its Robust Strategies

Cao Erbao[1,2,*] , *Lai Mingyong*[1,2] , *Yang Hongming*[3]

استاد درس: **دکتر مصطفی ستاک**

مهندس حسین کریمی

ارائه دهنده: افشین قاسمی

۹۱۰۷۱۶۴

بهار ۹۳

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

فهرست:

تشریح مدل سازی استوار (عدم قطعیت، بهینه سازی استوار، روش برتسیماس و روش سویستر).

خلاصه ایی از مفاهیم Open vehicle routing problem.

تشریح مساله، نوآوری ها و مدل سازی استوار آن.

توضیح ۴ استراتژی استوار معرفی شده.

توضیح روش فراابتکاری Improved differential evolution algorithm در مساله.

نتایج عددی.

پیشنهادات برای توسعه.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تشریح مدل سازی استوار :

عدم قطعیت: تفاوت بین مقدار اطلاعات لازم و اطلاعات موجود میباشد.

منظور از عدم قطعیت معمولا عدم قطعیت در پارامترهاست.

پارامتر های قطعی را توسط توزیع های پیوسته و گسسته نشان میدهند.

مدل استوار: مدلی است که نمایانگر فضایی است که در آن فضا به ازاء تمام سناریوهایی که داده‌های ورودی را تعیین می‌کنند، همواره در فضای شدنی یا نزدیک به شدنی باقی بماند.

جواب استوار: جوابی است که در کلیه سناریوهایی که داده‌های ورودی را تعیین میکنند، جوابی شدنی یا نزدیک به شدنی در مدل داشته باشد

جواب بهینه استوار: جوابی است که در کلیه سناریوهایی که داده¬های ورودی را تعیین میکنند، بهینه یا نزدیک به بهینه باشد.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تشریح مدل سازی استوار :

رویکرد سویستر : سویستر برای حالتی که داده‌های مساله زیر مستقلا بتوانند در یک بازه مربوط به خود مقدار بگیرند، همتای استوار برنامه‌ریزی خطی را ارائه کرد.

$$Max \ \ Z = c^T x$$
$$S.t \quad Ax \le b$$
$$l \le x \le u$$

با توجه به رویکرد سویستر، فرض میشود که در مساله بالا، ضرایب تابع هدف و همچنین ضرایب سمت راست

ها متغیرهای تصادفی هستند که در بازه a_{ij} محدودیتها قطعی بوده و ضرایب متغیرها در محدودیتها، یعنی

تعریف a_{ij} را مرتبط با داده غیرقطعی $h_{ij} = (a_{ij} - \tilde{a}_{ij}) / \hat{a}_{ij}$ نوسان میکنند. متغیر تصادفی $[\tilde{a}_{ij} - \hat{a}_{ij}, \tilde{a}_{ij} + \hat{a}_{ij}]$

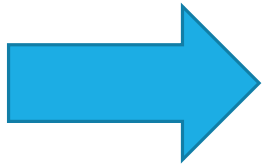
میکنیم که از یک توزیع ناشناخته در بازه [۱,۱-] پیروی میکند.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تشریح مدل سازی استوار :

رویکرد سویستر :

$$Max \;\; Z = c^T x$$
$$S.t \quad Ax \le b$$
$$l \le x \le u$$



$$Max \;\; Z = c^T x$$
$$S.t. \quad \sum_j \tilde{a}_{ij} x_j + \sum_j \hat{a}_{ij} y_j \le b_i \quad \forall i$$
$$-y_j \le x_j \le y_j \quad \forall j$$
$$l \le x \le u$$
$$y \ge o$$

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تشریح مدل سازی استوار :

رویکرد برتسیماس و سیم: خیلی به ندرت اتفاق می‌افتد به طور همزمان کلیه پارامترهای غیرقطعی یک محدودیت در مقدار حدی خود قرار گیرند.

برای پارامتر $z_{ij} = \frac{a_{ij} - \tilde{a}_{ij}}{\hat{a}_{ij}}$ که همواره مقداری بین [-1,1] را میگیرد داریم:

$$\sum_j |z_{ij}| \le \eta_i \quad \forall i \ , \ \eta_i \in [0, |J_i|]$$

در این رابطه مجموعه‌ی پارامترهای غیرقطعی سطر iام از ماتریس ضرایب محدودیت‌هاست. ضرایب محدودیت‌ها مقادیری غیر قطعی می‌باشند که عضو بازه‌ای با مرکز و شعاع هستند. پارامتر η_i که سطح محافظه‌کاری را نشان می‌دهد

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تشریح مدل سازی استوار :

رویکرد برتسیماس و سیم :

$$Min \sum_j c_j x_j$$

$$\sum_j \tilde{a}_{ij} x_j + \lambda_i \eta_i + \sum_j \mu_{ij} \le b_i \qquad \forall i$$

$$\lambda_i + \mu_{ij} \ge \hat{a}_{ij} x_{ji} \qquad \forall i, j$$

$$x_j \ge 0 \qquad \forall j$$

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تشریح مدل سازی استوار :

LINGO 11.0 - LINGO Model - nominal

File Edit LINGO Window Help

LINGO Model - bertsimas and sim

```
max=2*x1+3*x2;
5*x1+11*x2+z1*g1+p11+p12<7;
x1+x2+z2*g2+p21+p22<1;
z1+p11>1*y1;
z1+p12>2*y2;
z2+p21>0.5*y1;
z2+p22>1.5*y2;
-y1<x1;
x1<y1;
-y2<x2;
x2<y2;
g1=0;
g2=0;
end
```

LINGO Model - soyester

```
max=2*x1+3*x2;
5*x1+11*x2+1*y1+2*y2<7;
x1+x2+0.5*y1+1.5*y2<1;
-y1<x1;
x1<y1;
-y2<x2;
x2<y2;
end
```

LINGO Model - nominal

```
max 2*x1+3*x2;
5*x1+11*x2<7;
x1+x2<1;
end
```

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

خلاصه ایی از مفاهیم Open vehicle routing problem:

دلیل پیدایش: کمپانی ها ارسال محصول را به شرکت های طرف سوم برون سپاری میکنند.جایی که شرکت مورد نظر ناوگان ندارد یا اینکه ناوگان کافی نداشته مجبور به استفاده از طرف سوم است.

تفاوت کلیدی با VRP: وسایل نقلیه به دپو بر نمیگردند، اگر برگردند از همان مسیر رفت میروند.

در آن به جای تور های همیلتونی مسیرهای همیلتونی داریم.

با توجه به شباهت ها با مساله VRP این مساله هم یک مساله NP-Hard میباشد.

روش های ابتکاری و فراابتکاری مانند tabu search، record-to-record travel heuristic، simulated annealing برای حل این مسایل به کار رفته اند.

خلاصه ایی از مفاهیم Open vehicle routing problem:

دلیل استفاده از مدل سازی در فضای غیر قطعی:

امکان بدست آوردن اطلاعات قطعی تقریبا صفر است.همچنین کوچکترین تغیر در اطلاعات ورودی میتواند بهینگی را به میزان زیادی تغییر دهد.Chrysanthos et al 2013

عدم قطعیت در OVRP باعث بوجود آمدن هزینه های اضافی و تقاضاهای تامین نشده میشود.Sungur et al 2008

ادبیات مدل سازی غیر قطعی:

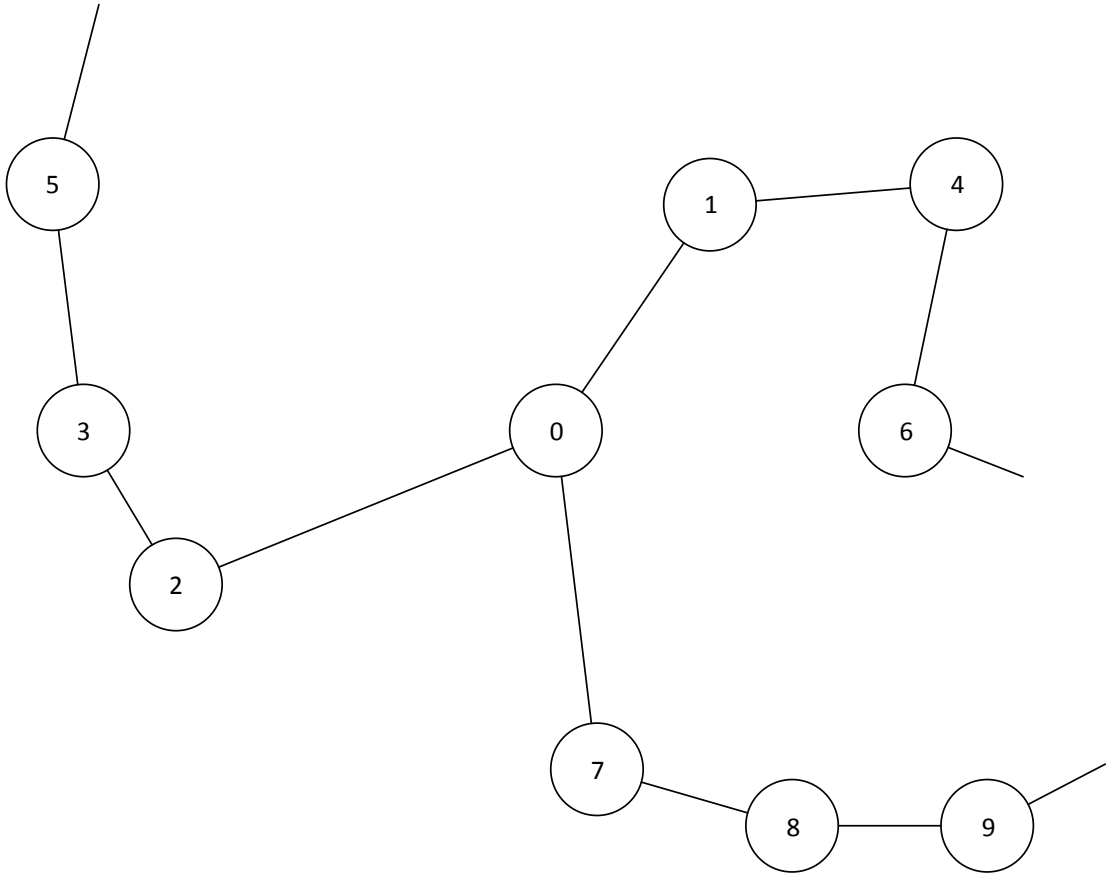
stochastic vehicle routing problems (SVRP):در این گونه مسایل بعضی از المان های مساله تصادفیند، مانند زمان سفر و میزان تقاضا.

در این گونه مسایل با پارامترهای غیر قطعی مانند متغیرهی تصادفی با توضیح مشخص برخورد میشود که راه حل بدست آمده به مقدار زیادی به اطلاعات واقعی مساله وابستست.

fuzzy vehicle routing problems (FVRP): زمانی استفاده میشود که بعضی المان های مساله دارای عدم قطعیت و ابهام هستند.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

خلاصه ایی از مفاهیم Open vehicle routing problem:



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

خلاصه ایی از مفاهیم Open vehicle routing problem:

دلیل استفاده از مدل سازی استوار ROVRP:

بدون دانستن نوع توضیح یک محدوده را بررسی کرده ، جوابی را که به ازای تمامی سناریو ها نزدیک به بهینه باشد اعلام میکند. بنابراین مشکل مسایلی که در آن اطلاعات دارای پراکندگی هستند رفع میشود.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تشریح مساله، نوآوری ها و مدل سازی استوار آن:

مساله: مساله OVRP را در نظر میگیرد به گونه ایی که تقاضا ها در آن غیر قطعیند. هدف مدل سازی استوار مساله به منظور کاهش هزینه کل(حمل) و کاهش تقاضا های ارضا نشده است.۴ استراتژی استوار معرفی و بوسیله مثال عددی به روش Improved differential evolution algorithm مقایسه شده است.

نوآوری ها: اولین بار است که استوار سازی در OVRP استفاده میشود.

در این مساله علاوه بر هزینه های حمل جریمه عدم تامین تقاضا ها هم در نظر گرفته شده است.

ابتکارات به کار رفته در روش IDEA.

تشریح مساله، نوآوری ها و مدل سازی استوار آن:

علائم:

depot (denoted 0)

$\bar{k}$ homogenous vehicles

capacity C

The load is u_{ik} for vehicle k

the distances is c_{ij} between customer i and customer j

objectives are to minimize total transportation cost and unmet demand

تشریح مساله، نوآوری ها و مدل سازی استوار آن:

افراز تقاضا به منظور استوار سازی بر اساس Sunger : et al 2008

$$d_i \in U_D = \{d \mid d^0 + \sum_{t=1}^{T} y_t d^t, y \in Y\}$$

nominal demand values d^0

scenario vectors $d^t \in R^n$

Convex hull $U_{D1} = \{d \mid d^0 + \sum_{t=1}^{T} y_t d^t, y \in R^T, y \geq 0, \sum_{t=1}^{T} y_t \leq 1\}$

Box $U_{D2} = \{d \mid d^0 + \sum_{t=1}^{T} y_t d^t, y \in R^T, \|y\|_\infty \leq 1\}$

Ellipsoidal $U_{D3} = \{d \mid d^0 + \sum_{t=1}^{T} y_t d^t, y \in R^T, y^T Q y \leq 1\}$

تشریح مساله، نوآوری ها و مدل سازی استوار آن:

تشریح نحوه فرمول بندی

$$\min \quad \sum_{k=1}^{\bar{k}} \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} c_{ij} x_{ijk} \qquad (1)$$

$$\min \quad \sum_{k=1}^{\bar{k}} \left(\sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} d_i x_{ijk} - C \right) \qquad (2)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k=1}^{\bar{k}} \sum_{i=1}^{n} x_{ijk} = 1 \ , \ j = 1,2,\cdots,n \ ; \qquad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{\bar{k}} \sum_{j=1}^{n} x_{ijk} = 1 \ , \ i = 1,2,\cdots,n \ ; \qquad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{\bar{k}} y_{ik} = 1 \ , \qquad i = 1,2,\cdots,n \ ; \qquad (5)$$

$$\sum_{k=1}^{\bar{k}} \sum_{j=1}^{n} y_{0jk} = \bar{k}, \quad k = 1,2,\cdots,\bar{k} \ ; \qquad (6)$$

$$u_{jk} - u_{ik} - C(1 - x_{ijk}) \geq d_j, \forall d \in U_D \quad i,j = 1,\cdots,n \ , \ k = 1,\cdots,\bar{k} \ ; \qquad (7)$$

توضیح ۴ استراتژی استوار

Original Optimal strategy: اگر عدم قطعیت در نظر گرفته نشده ، با IDEA مساله را حل کنیم، هزینه ها کمینه اما بعضی از تقاضا ها بی پاسخ میمانند.

Strategy 1: the maximum demand strategy(MDS): بر اساس بیشترین تقاضا ها وسایل روانه میشوند.

قوت: تامین تمام تقاضا ها

ضعف: محافظه کاری، هزینه های اضافی

Strategy 2: the average demand strategy(ADS):

در این استراتژی میانگین تقاضا برای تمام سناریو ها در نظر گرفته میشود.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

توضیح ۴ استراتژی استوار

.

Strategy 3: the optimal return strategy(ORS):

یک رویکرد دو مرحله ایی میباشد. ابتدا مقادیر اسمی را با استفاده از تجارب گذشته قطعی در نظر گرفته و با DEA حل میکنیم. در مرحله دوم با این فرض منطقی که هر ماشین حداکثر میتواند یکبار به دپو برگردد.شروع به جلو رفتن در مسیر میکنیم ، اولین گره ی انحراف مسیر را A (آخرین)در نظر میگیریم، حال یکبار این کار را از گره پایانی به سمت دپو انجام میدهیم، اولین گره که انحراف معیار مشاهده شد را B اولین) مینامیم.

بین A,B مجموعه ایست که وسیله نقلیه امکان بازگشت به دپو را دارد.

گرهی که کمترین فاصله از دپو را دارد به عنوان نقطه بازگشت انتخاب میکنیم.

توضیح ۴ استراتژی استوار

Strategy 4: the resource reservation strategy(RRS):

ابتدا مقادیر اسمی تقاضا ها را در نظر گرفته، به میزان کل ظرفیت منهای نصف بیشترین انحرافات مجموع تقاضا های ظرفیت وسیله نقلیه در نظر گرفته شده و سپس مسیریابی انجام میشود.

شاخص ها:

$$E_s = (z_{rs} - z_d) / z_d$$

z_d represent the cost $s(s = 1,2,3,4)$,

z_d represent the cost when adopting the original optimal strategy,

توضیح ۴ استراتژی استوار

Strategy 4: the resource reservation strategy(RRS):

ابتدا مقادیر اسمی تقاضا ها را در نظر گرفته، به میزان کل ظرفیت منهای نصف بیشترین انحرافات مجموع تقاضا های ظرفیت وسیله نقلیه در نظر گرفته شده و سپس مسیریابی انجام میشود.

شاخص ها:

$$E_s = {(z_{rs} - z_d)}/{z_d}$$

z_d represent the cost $s(s = 1,2,3,4)$,

z_d represent the cost when adopting the original optimal strategy,

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

توضیح ۴ استراتژی استوار

$$U_s = (u_d - u_s) \Big/ \sum_{i \in V} d_i$$

u_s represented the unsatisfied demand in strategy $s(s = 1,2,3,4)$

u_d represented the unsatisfied demand that can occur if adopting the original optimal strategy.

$\sum_{i \in V} d_i$ is the total deterministic demand of the original strategy.

Differential evolution algorithm

نکات مهم:

مهم ترین تفاوت با الگوریتم های تکاملی دیگر شیوه تولید جواب های جدید است.

ابتدا برای مقادیر حقیقی (مسایل پیوسته) معرفی شد.بعدها برای مسایل اعداد صحیح ایجاد شد.

دارای همان ۳ اپراتور الگوریتم ژنتیک است.(تقاطع، انتخاب، جهش)

ابتدا جهش، سپس تقاطع برخلاف دیگر الگوریتم ها.

در دیگر الگوریتم ها با یک تابع توزیع این کار انجام میشود، ازتوزیعی استفاده نشده، و از تفاضل پاسخ ها برای ایجاد پاسخ های جدیداستفاده میشود.

Differential evolution algorithm

اهمیت اختلاف:

در ژنتیک : یک سری اطلاعات دور ریخته میشوند ، و از همه اطلاعات استفاده نمیکنیم، ولی در اینجا اثرش را داریم.

معولا این الگوریتم در ابتدا فضای بیشتر و در انتها که جواب ها همگرا شدن فضای کوچکتری را با دقت بیشتری بررسی میکند.

(بالانس بین exploration VS exploitation)

فواصل موجود بین جمعیت شدت جهش را نیز میتواند نشان دهد.

نحوه محاسبه فواصل:

ابتدا دو عضو انتخاب شده، فاصله بین آن دو محاسبه شده

ضریبی از تفاضل را به عنوان بردار جهش استفاده میکنیم.

سپس با یکی از اعضا تغییر خواهیم داد.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

Differential evolution algorithm

.

با توجه به قضیه حد مرکزی : طول و جهت حرکت به یک توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس متناسب با پراکندگی خواهد بود.

احتمال ظاهر شدن A-B و B-A برابر است و در بینهایت میانگین صفر خواهد شد.

یکی از مباحث اصلی تعیین پراکندگی است.

Improved Differential evolution algorithm

بایستی تغیراتی در الگوریتم اصلی فراابتکاری استفاده شده ایجاد شود. زیرا بعضی از متغیرها عدد صحیح هستند.بنابراین بایستی راهکاری پیدا کنیم که فضای گسسته را به شکل فضای پیوسته تصویر کنیم.

گام های الگوریتم: **۱=جمعیت اولیه**

برای هر ژن چک میکند که آیا محدودیتی نقض شده یا نه اگر آری وسیله نقلیه تغییر میکند.

$$Chrom(i,:) = randperm(n), i = 1,2,...,NP$$

where n is the number of the customers

NP is the initial population size.

randomly generated chromosome is 1 2 6 7 9 5 4 10 3 8, it can be interpreted as r =3 feasible routes: 0-1-2-6, 0-7-9-5, and 0-4-10-3-8.

Improved Differential evolution algorithm

جهش:

$$v(i,:) = Chrom(c,:) + F \cdot [Chrom(a,:) - Chrom(b,:)]$$

$a,b,c,i \in [1, NP]$ randomly selected.

$F \in [0,2]$ controls amplification of the differential variation $Chrom(a,:) - Chrom(b,:)$

Improved Differential evolution algorithm

جهش: بعد از تقاطع مقادیر غیر عدد صحیح خواهیم داشت.

Onwubolu and Davendra, 2006

روشی برای تصویرسازی متناسب ارائه کردند.

the offspring chromosome is [-7.1, 1.3, -5.6, 2.5, -3.7, 0, 3.3, 5.4]

↓

[1, 5, 2, 6, 3, 4, 7, 8]

Improved Differential evolution algorithm

تقاطع:

$$trial(i,j)^{G+1} = \begin{cases} v(i,j)^{G+1}, & rand_j \le CR \ or \ \ j = randn(i) \\ Chrom(i,j)^{G}, & otherwise \end{cases}$$

$rand_j$ is a random value within interval [0, 1]

$randn(i)$ is a randomly chosen index from the set of customers

$CR \in [0,1]$ is the crossover probability

$$CR = CR_{\min} + G \cdot \frac{CR_{\max} - CR_{\min}}{MAXGEN}$$

G is the number of current iteration

$CR_{\max}$ is the maximum crossover probability

$CR_{\min}$ is the proposed minimum crossover probability

$MAXGEN$ is the number of maximum iteration

Improved Differential evolution algorithm

انتخاب:

$$Chrom(i,:)^{G+1} = \begin{cases} trial^{G+1}, & f(Chrom(i,:)^{G+1}) < f(trial^{G}) \\ Chrom(i,:)^{G}, & otherwise \end{cases}$$

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

نتایج عددی

Table 1. Cost performance comparison among different robust strategies

Problem \ Strategy		Strategy 1			Strategy 2			Strategy 3			Strategy 4		
		z_{rs}	z_d	Extra Cost	z_{rs}	z_d	Extra Cost	z_{rs}	z_d	Extra Cost	z_{rs}	z_d	Extra Cost
C1	50	788.239	771.812	0.0213	787.123	771.812	0.0198	787.075	771.812	0.0198	788.709	771.812	0.0219
C2	75	1359.695	1266.415	0.0737	1346.03	1266.415	0.0629	1335.93	1266.415	0.0549	1337.58	1266.415	0.0562
C3	100	1841.86	1810.79	0.0172	1827.82	1810.79	0.0094	1830.225	1810.79	0.0107	1823.33	1810.79	0.0069
C4	150	2962.99	2937.935	0.0085	2962.905	2937.935	0.0085	2958.16	2937.935	0.0069	2989.4	2937.935	0.0175
C5	199	4114.2	3915.045	0.0509	4099.83	3915.045	0.0472	4061.97	3915.045	0.0375	4067.965	3915.045	0.0391
C6	50	766.47964	723.38246	0.0596	751.495395	723.38246	0.0389	746.393545	723.38246	0.0318	754.0874	723.38246	0.0424
C7	75	1247.89	1228.35	0.0159	1243.575	1228.35	0.0124	1234.15	1228.35	0.0047	1231.125	1228.35	0.0023
C8	100	1730.325	1704.185	0.0153	1714.57	1704.185	0.0061	1714.79	1704.185	0.0062	1717.815	1704.185	0.008
C9	150	2779.	2753.	0.009	276	275	0.004	2761.	2753.	0.0028	2774.	275	0.0073

ACCEPTED MA

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

نتایج عددی

Table 2. Demand performance comparison among different robust strategies

Strategy / Problem		Strategy 1			Strategy 2			Strategy 3			Strategy 4		
		u_d	u_s	Unmet demand	u_d	u_s	Unmet demand	u_d	u_s	Unmet demand	u_d	u_s	Unmet demand
C1	50	39.0040	0	0.0502	38.2760	9.417	0.0371	39.295	0	0.0506	37.554	2.32	0.0453
C2	75	66.765	0	0.0489	66.765	16.36	0.037	68.37	0	0.0501	66.765	4.47	0.0457
C3	100	72.735	0	0.0499	72.415	18.13	0.0372	72.62	0	0.0498	73.415	5.03	0.0469
C4	150	112.54	0	0.0504	112.36	28.06	0.0377	111.09	0	0.0497	110.545	10.145	0.0449
C5	199	159.855	0	0.0502	160.25	40.92	0.0375	158.195	0	0.0497	159.195	15.865	0.045
C6	50	38.8835	0	0.05	39.8263	10.2145 65	0.0381	39.4813	0	0.0508	38.5599	4.71240 5	0.0436
C7	75	69.485	0	0.0509	66.41	16.13	0.0369	68.72	0	0.0504	68	2.96	0.0477
C8	100	73.02	0	0.0501	72.82	18.34	0.0374	72.505	0	0.0497	72.63	0.55	0.0494
C9	150	111.54	0	0.0499	112.345	28.045	0.0377	111.45	0	0.0499	111.975	0	0.0501
C10	199	157.875	0	0.0496	159.53	39.695	0.0376	160.53	0	0.0504	160.36	0	0.0503
C11	120	68.695	0	0.05	1443.18	17.03	0.0372	1443.185	0	0.0496	68.865	1.745	0.0488
C12	100	90.6	0	0.0501	88.63	21.895	0.0369	88.24	0	0.0488	91.62	0	0.0506
C13	120	72.345	0	0.0504	71.65	17.39	0.0378	71.41	0	0.0498	70.85	2.065	0.0479
C14	100	90.16	0	0.0501	88.57	21.06	0.0375	88.965	0	0.0494	91.055	0	0.0506
F11	71	5491.5	0	0.0478	5504	1358	0.0361	5755	0	0.0501	5795.5	625	0.0450
F12	134	761.95	0	0.0521	743.35	186.25	0.0381	716.3	0	0.049	755.8	328.15	0.0293

Table 1. Cost performance comparison among different robust strategies

Strategy / Problem		Strategy 1			Strategy 2			Strategy 3			Strategy 4		
		z_{rs}	z_d	Extra Cost	z_{rs}	z_d	Extra Cost	z_{rs}	z_d	Extra Cost	z_{rs}	z_d	Extra Cost
C1	50	788.239	771.812	0.0213	787.123	771.812	0.0198	787.075	771.812	0.0198	788.709	771.812	0.0219
C2	75	1359.695	1266.415	0.0737	1346.03	1266.415	0.0629	1335.93	1266.415	0.0549	1337.58	1266.415	0.0562
C3	100	1841.86	1810.79	0.0172	1827.82	1810.79	0.0094	1830.225	1810.79	0.0107	1823.33	1810.79	0.0069
C4	150	2962.99	2937.935	0.0085	2962.905	2937.935	0.0085	2958.16	2937.935	0.0069	2989.4	2937.935	0.0175
C5	199	4114.2	3915.045	0.0509	4099.83	3915.045	0.0472	4061.97	3915.045	0.0375	4067.965	3915.045	0.0391
C6	50	766.47964	723.38246	0.0596	751.495395	723.38246	0.0389	746.393545	723.38246	0.0318	754.0874	723.38246	0.0424
C7	75	1247.89	1228.35	0.0159	1243.575	1228.35	0.0124	1234.15	1228.35	0.0047	1231.125	1228.35	0.0023
C8	100	1730.325	1704.185	0.0153	1714.57	1704.185	0.0061	1714.79	1704.185	0.0062	1717.815	1704.185	0.008
C9	150	2779.	2753.	0.009	276	275	0.004	2761.	2753.	0.0028	2774.	275	0.0073

ACCEPTED MANUSCRIPT

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تفسیر نتایج و نتیجه گیری

.جدول اول

استراتژی یک همه یتقاضا ها رابا هزینه زیاد پاسخگوست.

استراتژی ۳ در ۱۲ مورد از ۱۶ مورد بهتر است از استراتژی ۴.

استراتژی ۳ در ۱۰ مورد از ۱۶ مورد بهتر است از استراتژی ۲.

استراتژی ۴ در ۸ مورد از ۱۶ مورد بهتر است از استراتژی ۲.

جدول دوم

استراتژی یک بهترین استراتژی برای تمامی تست ها از دید تقاضای برآورده نشده میباشد.

استراتژی دو از این دید بدترین استراتژی میباشد.

استراتژی ۳ در ۱۳ مورد از ۱۶ مورد بهتر است از استراتژی ۴.

نتیجه گیری : ۴ استراتژی استوار برای حل مساله OVRP با کمک IDEA ارائه و نتایج آن توسط یک سری مساله نمونه مورد بررسی قرار گرفت.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

پیشنهادات آتی

۱.استراتژی های مطرح شده دارای پشتوانه قوی نبوده میتوان استراتژی های جدیدتری پیشنهاد و با نتایج این کار مقایسه کرد.برای مثال در مورد استراتژی سوم فرض پنهان در مدل ، نیاز داشتن به دو وسیله نقلیه در مدل در صورتی که به بیش از یک وسیله نقلیه نیاز باشد است. که لزوما جواب مناسبی نیست. یا استراتژی تامین همه تقاضا ها نیز منطقی به نظر نمیرسد. همچنین دلیلی برای مناسب بودن استراتژی میانگین تقاضا و خالی گذاشتن ½ مجموع انحرافات ارائه نشده است.

۲. در این مدل تنها عدم قطعیت درمورد تقاضا در نظر گرفته شده است که میتوان آن را برای زمان سفر و دیگر پارامترها نیز در نظر گرفت.بزرگترین مساله در صورت ایجاد این تغییر عدم امکان استفاده از مدل Sunger et al 2008 برای استوار کردن مدل است.

۳.برای توسعه میتوان وجود انبارهایی بین مشتری ها برای تامین تقاضا های پاسخداده نشده را در نظر گرفت به این صورت که پس از تعیین مسیرها به صورت قطعی در مرکز هر کلاستر(تور وسیله نقلیه) یک انبار در نظر گرفته شود. تا مازاد یا کمبود تقاضا را به این صورت بهبود داد.