بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
دانشکده مهندسی صنایع

Selective multi-depot vehicle routing problem with pricing

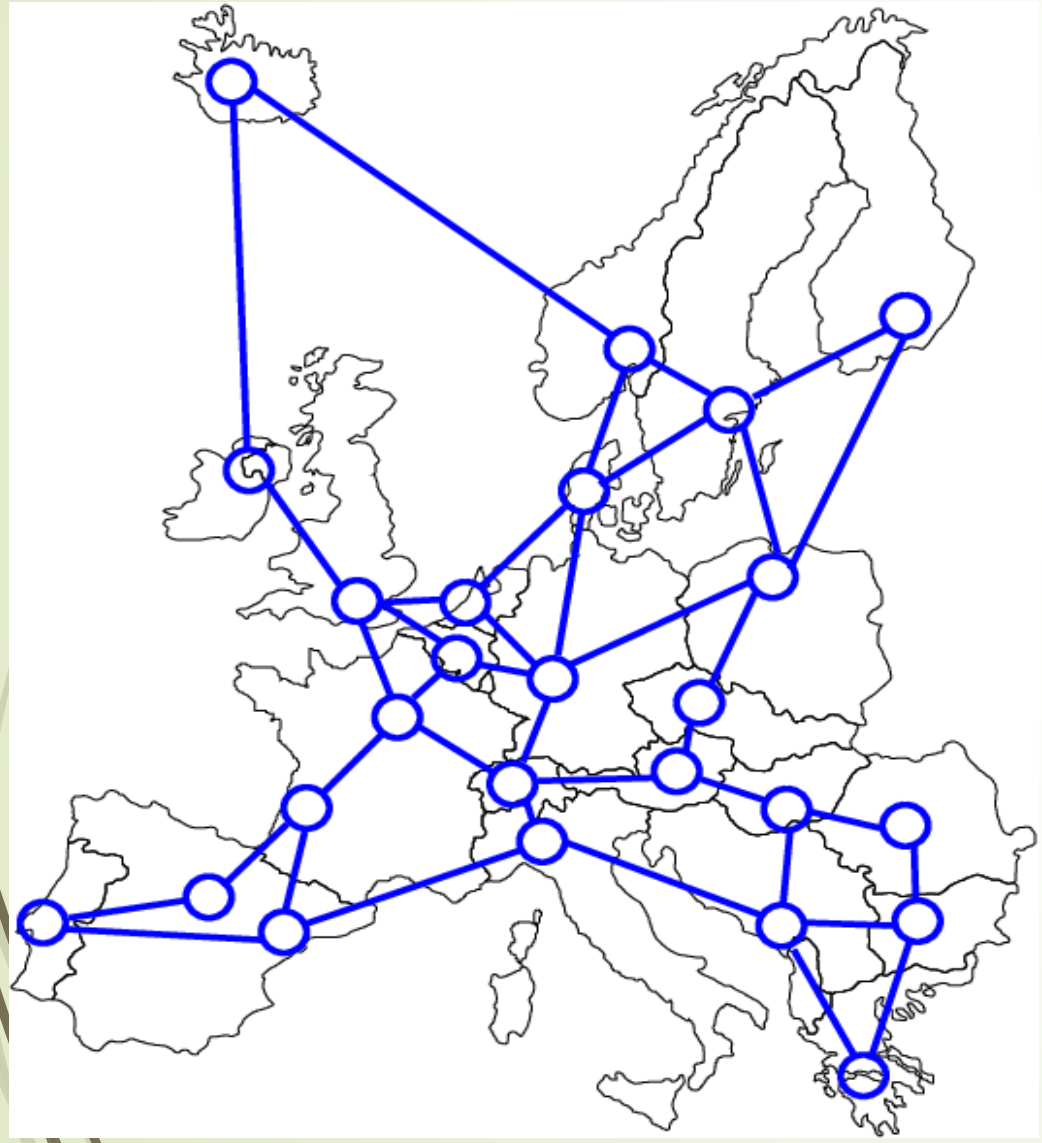
استاد درس: دکتر ستاک

حسین کریمی

محسن صادقی

۱۳۹۳/۰۲/۷

فهرست



- مقدمه و بیان کاربردها
- ادبیات موضوع
- شرح مساله و ارائه ی مدل
- روش حل پیشنهادی
- نتایج عددی و کاربردی به دست آمده
- ارائه پیشنهادهایی برای توسعه مسئله
- منابع

مقدمه

مهمترین روش ها برای بالا بردن دوام محیط زیست در بیست سال اخیر عبارتند از:

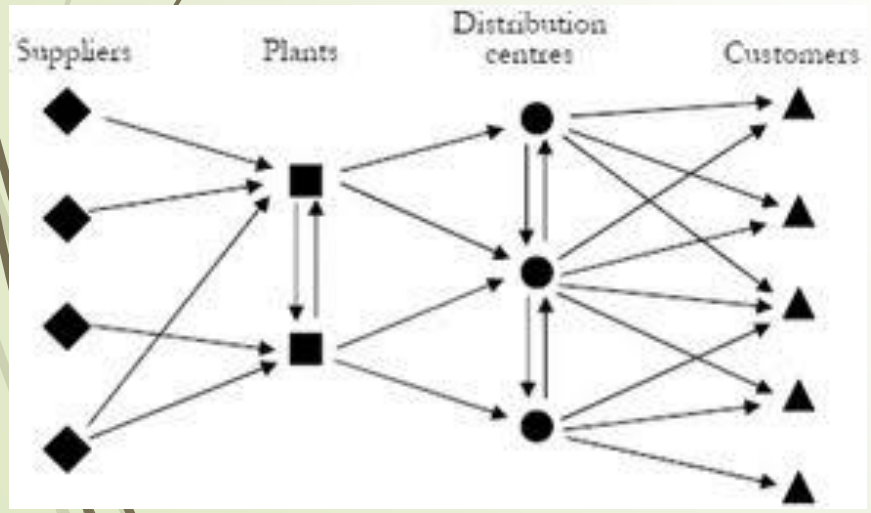
تولید سازگار با محیط زیست

کاهش هدررفت

بازیافت تولید

مقدمه

بسیاری از کارشناسان و محققان قسمتی از مشکلات محیط زیست را با تمرکز بر حلقه بسته ی زنجیره ی تامین قابل حل می دانند.که از طریق آن می توان بازیافت تولید را انجام داد.



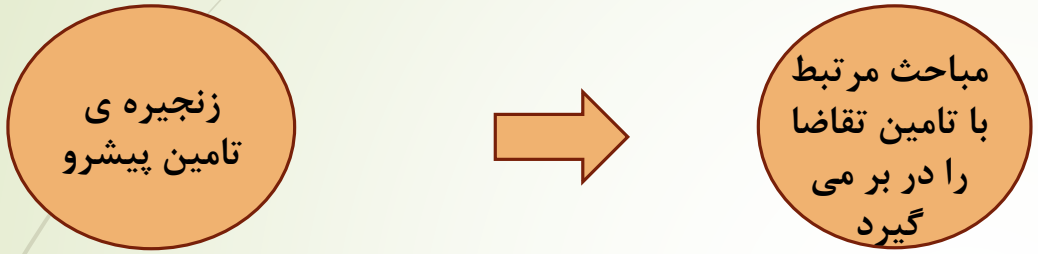
حلقه بسته ی زنجیره ی تامین:

زنجیره ی تامین پیشرو

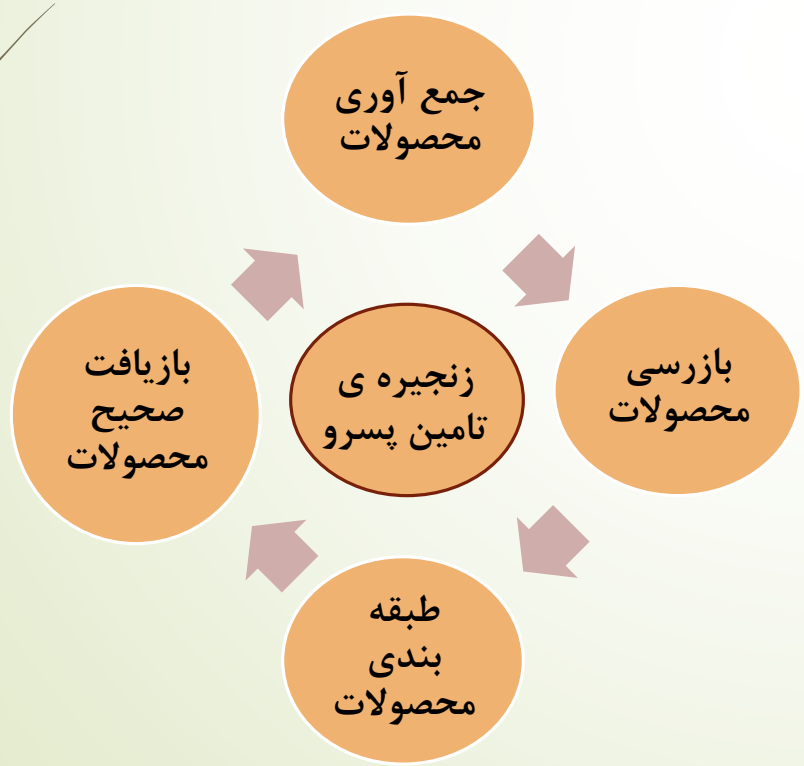
زنجیره ی تامین معکوس

حلقه بسته ی زنجیره ی تامین:

زنجیره ی تامین پیشرو



زنجیره ی تامین پسرو

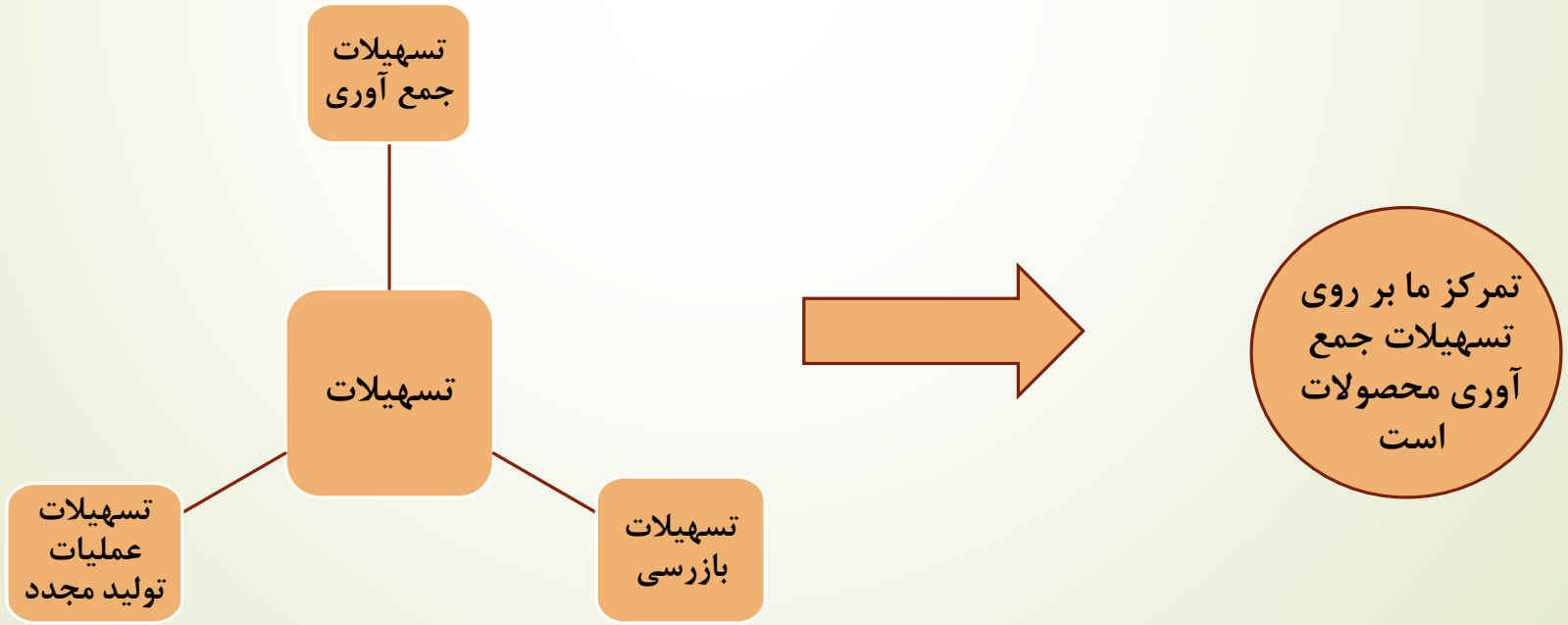


مقدمه

کاربرد زنجیره ی تامین معکوس

مساله ی طراحی شبکه:

- ✔ تعیین تعداد مکان هایی است که باید تسهیلات در آنها احداث شود
- ✔ تعیین تعداد و جریان محصولات بین گره های تقاضا و تسهیلات



مقدمه

نگرانی های شرکت هایی که کار بازیافت محصول را انجام می دهند

- ✔ **قیمت خرید کالاها**
- ✔ **کمیت**
- ✔ **کیفیت محصولات**
- ✔ **انگیزش مالی دارندگان محصولات**

مشکل

فرض کنید که یک شرکت بازیافت داریم که می خواهد محصولات را از تعدادی مراکز فروش مجاز جمع آوری نماید.اکنون تعدادی مراکز جمع آوری (**CCs**) احداث شده است. تا یکسری بازرسی ها و جداسازی ها بر روی محصولات انجام شود تا هدف نهایی محصولات مشخص گردد که بعد از آن یکسری از محصولات به تسهیلات تولید مجدد برده می شوند و یکسری نیز به محل کالاهای دور ریختنی برده می شوند. هدف اصلی شرکت ،حمل و نقل محصولات از مراکز فروش با استفاده از وسایل نقلیه ی دارای ظرفیت است.در اینجا برای هر یک از محصولات باید یک قیمت خرید پرداخت شود.

چاره:
در نتیجه به مدلی برای تعیین قیمت خرید و مسیریابی وسایل نقلیه و تخصیص مراکز فروش به مراکز جمع آوری نیاز داریم

SMDVRPP

ادبیات موضوع

MDVRP → SMDVRPP

در زمینه ی مساله ی فروشنده دوره گرد همراه با سود(TSPP)، کارهای خوبی توسط Feillet صورت گرفته است

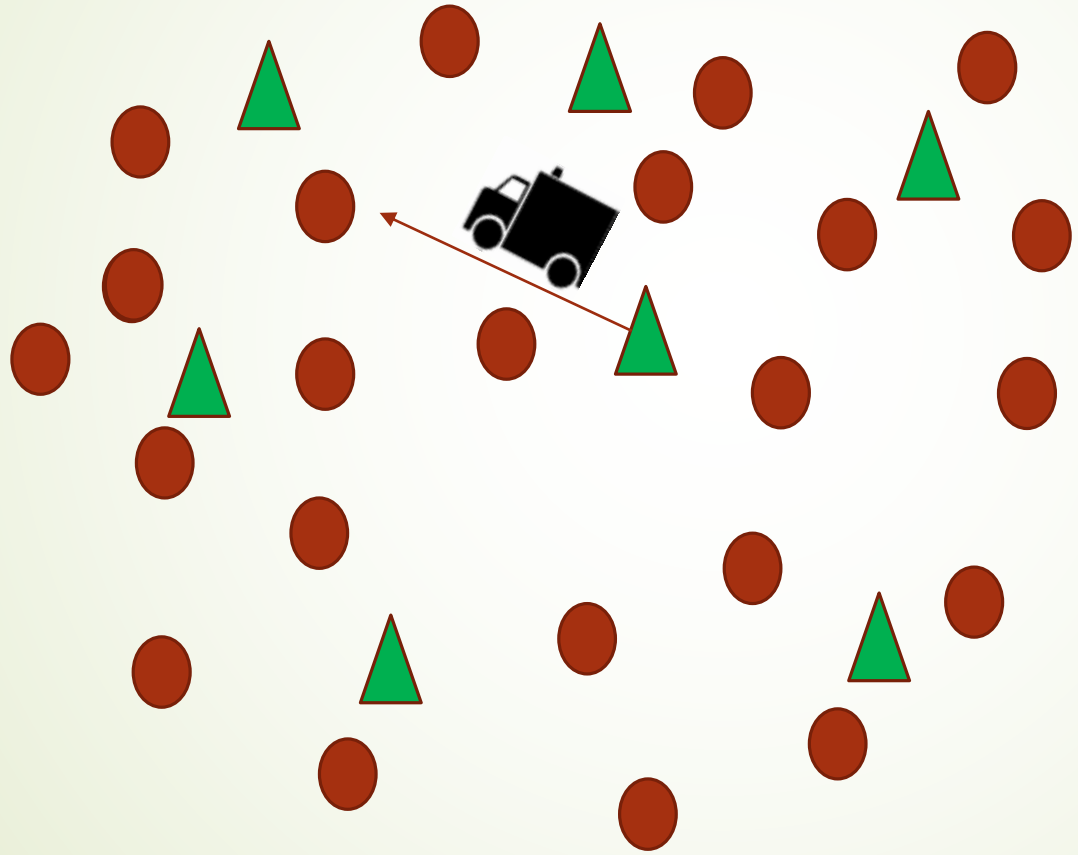
مقاله مروری Feillet و همکاران در سال ۲۰۰۵

ادبیات موضوع

نویسندگان	سال	موضوع	روش حل
Chao و همکاران	۱۹۹۶	مساله جهت یابی تیمی (TOP)	روش فرا ابتکاری ۵ مرحله ای
Butt و Cavalier	۱۹۹۴	مساله ماکزیمم جمع آوری با تورهای چندگانه (MTMCP)	روش ابتکاری سازنده(روشی طماعانه را پیشنهاد نمودند)
Butt و Ryan	۱۹۹۹	توسعه ی ماکزیمم جمع آوری با تورهای چندگانه (MTMCP)	روش شاخه – قیمت (branch-and-price)
Tang و Miller-Hook	۲۰۰۵	مساله جهت یابی تیمی (TOP)	روش ابتکاری جستجوی تابو
Archetti و همکاران	۲۰۰۷	مساله جهت یابی تیمی (TOP)	دو روش ابتکاری جستجوی تابو توسعه یافته ی متفاوت و یک الگوریتم جستجوی همسایگی
Archetti و همکاران	۲۰۰۹	مساله جهت یابی تیمی (TOP)	روش بهینه سازی کلونی مورچه (ACO)
Vansteenwegen و همکاران	۲۰۰۹	مساله تور سودآور (PTP)	یک الگوریتم که ترکیبی از دو روش ابتکاری جستجو محلی است

شرح مساله

مساله ی مسیریابی وسیله ی نقلیه چند دپویی به صورت گزینشی و همراه با قیمت گذاری(SMDVRPP)

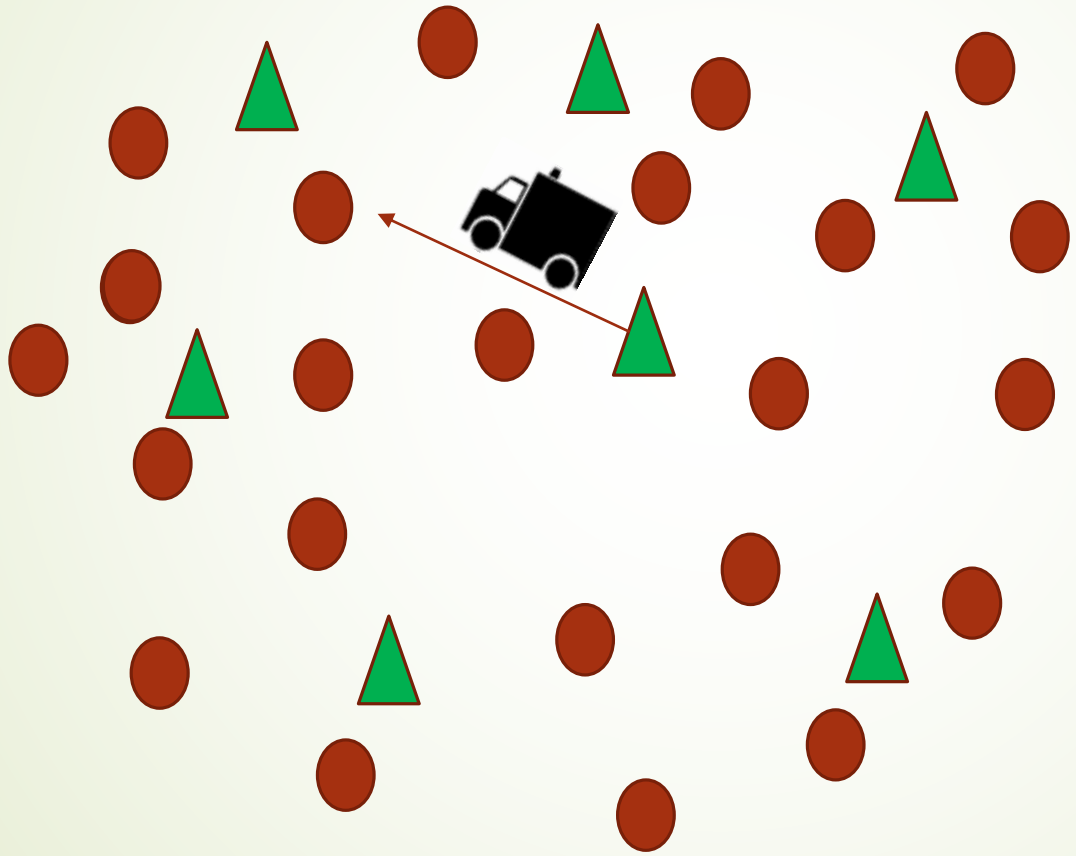


مراکز فروش به عنوان گره های مشتریان در نظر گرفته شده است

شرح مساله

مساله ی مسیریابی وسیله ی نقلیه چند دپویی به صورت گزینشی و همراه با قیمت گذاری(SMDVRPP)

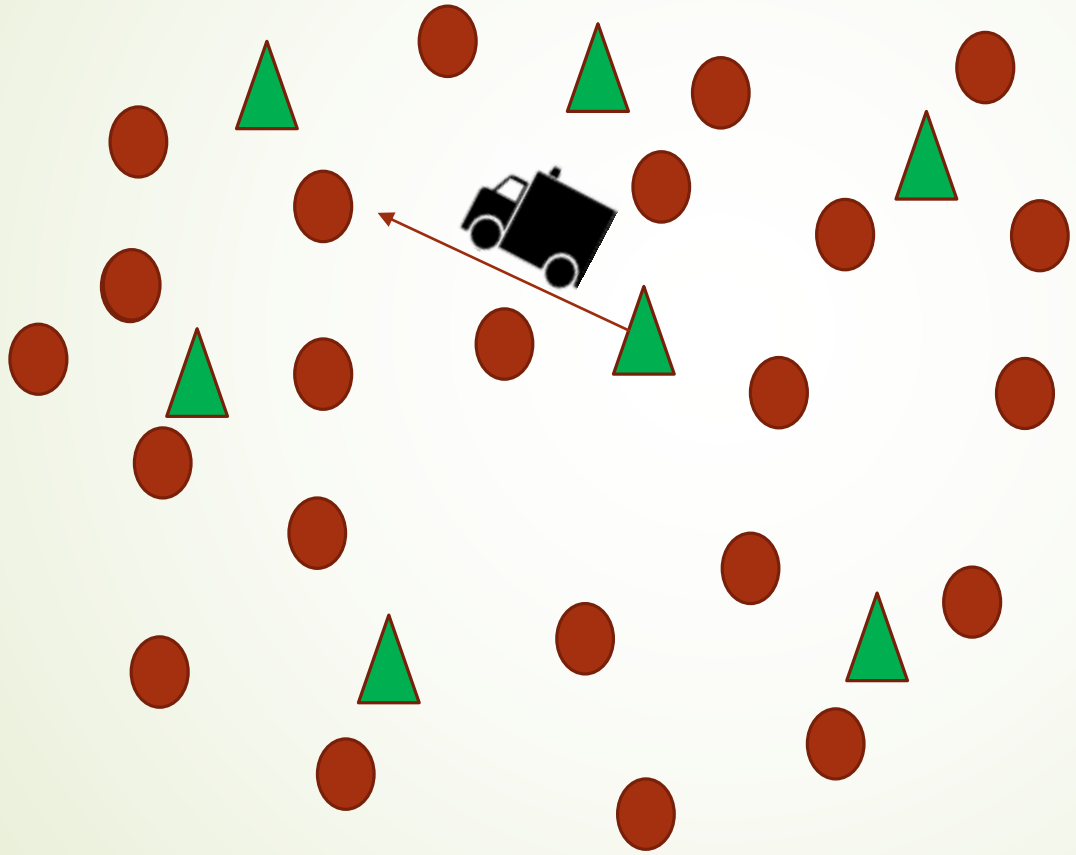
تعداد مراکز جمع آوری به عنوان دپو وجود دارد



شرح مساله

مساله ی مسیریابی وسیله ی نقلیه چند دپویی به صورت گزینشی و همراه با قیمت گذاری(SMDVRPP)

تعداد نا محدودی وسیله ی نقلیه با هزینه ی عملیاتی مشخص وجود دارند



شرح مساله

قیمت خرید کالاها

- قیمت خرید پیشنهاد شده توسط شرکت ، بر روی تمایل مراکز فروش به برگرداندن محصولات استفاده شده تاثیر می گذارد.شرکت ها قیمت های رزرو متفاوتی دارند و در صورتی محصول خود را می فروشند که قیمت خرید آنها بالاتر از قیمت رزرو باشد

- قیمت پیشنهاد شده به شرکت ها باید یکسان باشد و سیاست قیمت گذاری تبعیض آمیز نمی تواند یک طرح منصفانه ای از نظر مراکز فروش باشد.بعلاوه شرکت ها به آسانی اطلاعات قیمتی خود را بین خود پخش می کنند.این منجر می شود که سیاست قیمت گذاری تبعیض آمیز غیر قابل اجرا باشد.

شرح مساله

وسایل نقلیه

- ✔ **عملیات حمل و نقل با ناوگان همگونی از وسایل نقلیه انجام می شود که از وسایل نقلیه ی با ظرفیت یکسان استفاده می شود**
- ✔ **وسیله ی نقلیه فقط به یکی از مراکز جمع آوری تخصیص داده می شود**
- ✔ **هیچ محدودیتی در تعداد وسایل تخصیص داده شده به هر یک از مراکز جمع آوری وجود ندارد(در هر مرکز جمع آوری به تعداد بی نهایت وسیله ی نقلیه وجود دارد)**
- ✔ **وسایل نقلیه باید از یک مرکز جمع آوری سفر خود را آغاز نموده و بعد از ویزییت مراکز روش ،دوباره به همان مرکز جمع آوری باز گردند.**
- ✔ **هر مرکز فروش می تواند حداکثر توسط یک وسیله نقلیه ملاقات شود**

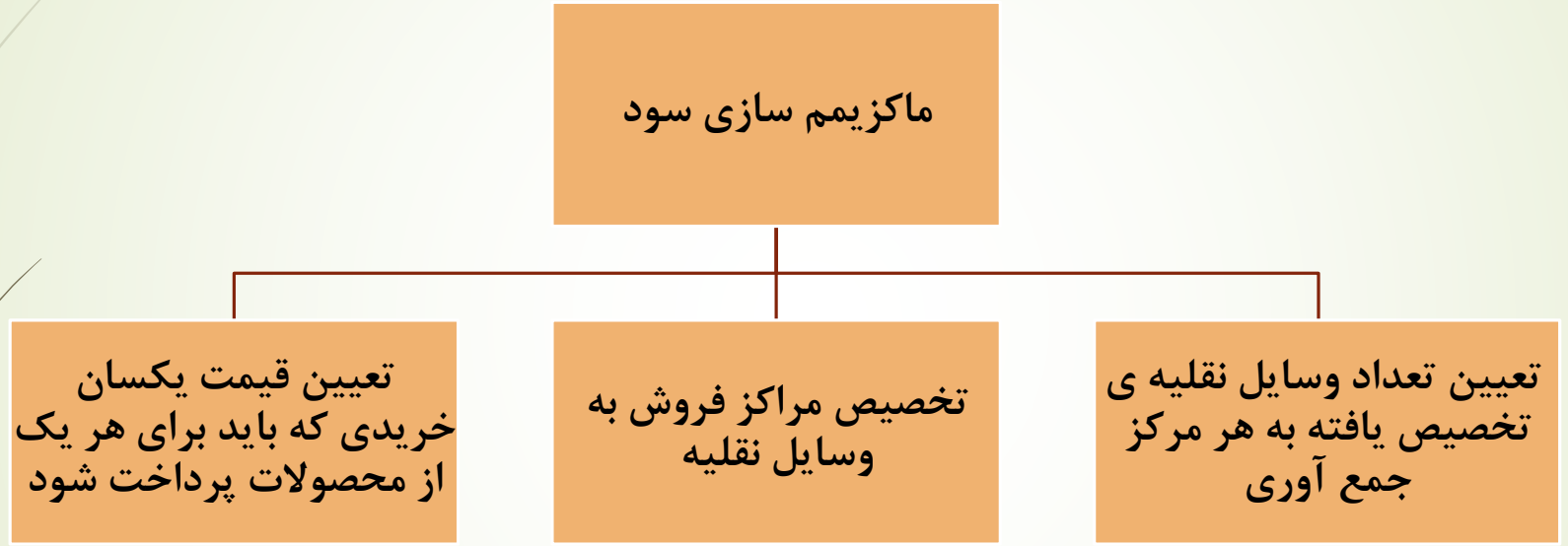
شرح مساله

هزینه های شرکت جمع آوری کننده

هزینه های عملیاتی وسایل نقلیه + هزینه های خرید محصولات + هزینه های سفر به ازای واحد مسافت

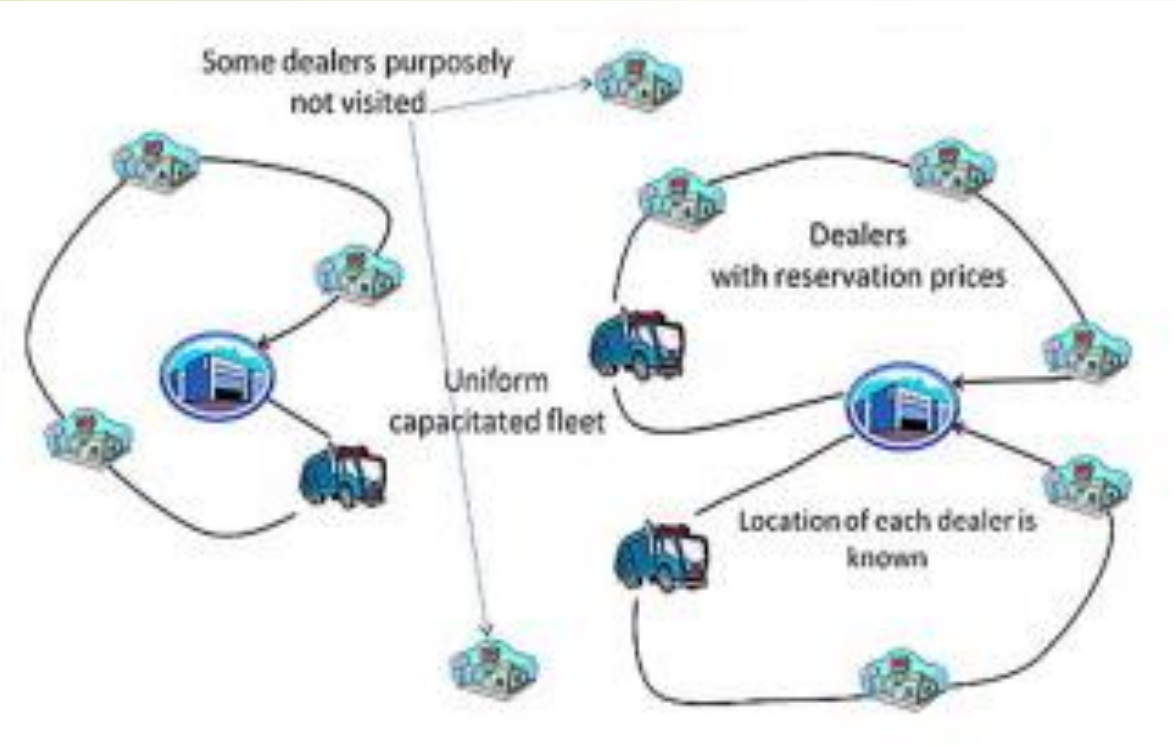
شرح مساله

هدف



گاهی ممکن است مرکز جمع آوری محصولی را نخرد حتی اگر مرکز فروش به دلیل بالاتر (یا مساوی) بود قیمت مرکز جمع آوری از قیمت رزرو مرکز فروش،حاضر به فروش محصول باشد. اگرچه ملاقات تعداد بیشتری از مشتریان ممکن است منجر به درآمد بالاتر شود ولی درامد حاصل از گرفتن محصولات از مراکز فروش نتواند هزینه ی جمع آوری آنها را جبران نماید(حاشیه ی سود منفی)شرکت محصول را نمی خرد.

شرح مساله



پارامترها

r = درآمد هر واحد
a_i = تعداد محصولات هر مرکز فروش
C_1 = هزینه ی عملیاتی واحد هر وسیله نقلیه
C_2 = هزینه ی هر واحد به ازای مسافت
q = ظرفیت وسیله ی نقلیه
p_i = قیمت رزرو مرکز فروش iام
d_{ij} = فاصله ی بین مکان iام و jام
IC بیانگر مجموعه ی مکان های مراکز جمع آوری (CC) است
ID بیانگر مجموعه ی مکان های مراکز فروش است
I=IC U ID

همچنین یک وسیله ی نقلیه باید تمام محصولات موجود در یک مرکز فروش را به شرط $q \geq max_i\{ a_i \}$ جمع آوری نماید.
اگر $q < max_i\{ a_i \}$ باشد ،آن مراکز فروشی که ($a_i > q$) دارند، آگر هم گرفتن کالا از آنها دارای سود هم باشد باز هم شرکت از آنها کالا نمی خرد

شرح مساله

فرمول بندی مساله SMDVRPP

فرمول بندی اول: SMDVRPP-1

در آن از محدودیت های حذف زیرتور Miller–Tucker–Zemlin (MTZ) استفاده شده است (Kara et al., 2004).همچنین یک حد قوی به نام U_i در نظر گرفته شده است.

فرمول بندی دوم : SMDVRPP-2

براساس متغیرهای با جریان پیوسته است و محدودیت های جریان Gavish–Graves را دارد(Gavish and Graves, 1978)

مدل ریاضی

SMDVRPP-1

متغیرهای تصمیم:

$$X_{ij}=\begin{cases}1\\0\end{cases}$$

اگر مکان j ام بعد از مکان i ام ملا قات شود
در غیر اینصورت

$$Y_{ik}=\begin{cases}1\\0\end{cases}$$

اگر مرکز فروش i ام به مرکز جمع آوری k ام اختصاص یابد
در غیر اینصورت

W=قیمت خرید پرداخت شده برای هر واحد محصول

Ui= ام i بار وسیله ی نقلیه درست بعد از حرکت کردن از مکان

Ui فقط برای نوشتن محدودیت حذف زیرتور Miller–Tucker–Zemlin (MTZ) کاربرد دارد

مدل ریاضی SMDVRPP-1

تابع هدف

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i\in ID}\sum_{k\in IC} Y_{ik}(r-W)a_i - c_1\sum_{i\in IC}\sum_{j\in ID} X_{ij} - c_2\sum_{i\in I}\sum_{j\in I, j\neq i} d_{ij}X_{ij}$$

ماکزیمم سازی سود

هزینه های سفر - هزینه ی عملیاتی وسایل نقلیه - کل هزینه ی خرید محصولات - درامد کل

مدل ریاضی SMDVRPP-1

محدودیت ها

$$\sum_{j \in \mathcal{I},\ j \neq i} X_{ij} \leqslant 1 \quad i \in \mathcal{ID}$$

$$\sum_{j \in \mathcal{I},\ j \neq i} X_{ji} \leqslant 1 \quad i \in \mathcal{ID}$$

هر مرکز فروش تنها یکبار می تواند ملاقات شود

$$\sum_{i \in \mathcal{I},\ i \neq j} X_{ij} = \sum_{i \in I,\ i \neq j} X_{ji} \quad j \in \mathcal{I}$$

تعداد کل وسایل نقلیه ای(صفر یا یک) که به هر یک از مراکز فروش یا جمع آوری وارد می شوند یا خارج می شوند باید برابر باشند

مدل ریاضی SMDVRPP-1

محدودیت ها

$$\sum_{i \in IC} \sum_{j \in IC} X_{ij} = 0$$

این محدودیت تضمین می کند که هیچ وسیله ی نقلیه ای نباید بین مراکز جمع آوری حرکت کند

$$q \sum_{j \in IC} \sum_{i \in ID} X_{ji} \geqslant \sum_{i \in ID} \sum_{k \in IC} a_i Y_{ik}$$

ظرفیت کل وسایل نقلیه باید به اندازه ی کافی باشد تا بتواند کل محصولات جمع آوری شده را انتقال دهد

$$\sum_{k \in IC} Y_{ik} \leqslant 1 \quad i \in ID$$

هر مرکز فروش باید فقط به حداکثر یک مرکز جمع آوری تخصیص داده شود

مدل ریاضی SMDVRPP-1

محدودیت ها

$$\sum_{j\in\mathcal{I},\ j\neq i} X_{ij} \geqslant \sum_{k\in\mathcal{IC}} Y_{ik} \quad i\in\mathcal{ID}$$

$$\sum_{j\in\mathcal{I},\ j\neq i} X_{ji} \geqslant \sum_{k\in\mathcal{IC}} Y_{ik} \quad i\in\mathcal{ID}$$

فقط در صورتی می توان از یک گره خارج شد و یا به آن وارد شد که آن مرکز فروش به یک مرکز جمع آوری اختصاص داده شود

$$X_{ij} + Y_{ik} - Y_{jk} \leqslant 1 \quad i,j\in\mathcal{ID},\ i\neq j,\ k\in\mathcal{IC}$$

$$X_{ij} + Y_{jk} - Y_{ik} \leqslant 1 \quad i,j\in\mathcal{ID},\ i\neq j,\ k\in\mathcal{IC}$$

اگر دو مرکز فروش به ترتیب ملاقات شود ،حتماً باید هر دو به یک مرکز جمع آوری تخصیص داده شوند

$$W \geqslant p_i \sum_{k\in\mathcal{IC}} Y_{ik} \quad i\in ID$$

اگر قرار باشد یک مرکز فروش به یک مرکز جمع آوری اختصاص یابد باید حتماً قیمت خرید آن بزرگتر یا مساوی قیمت رزرو آن باشد

مدل ریاضی SMDVRPP-1

محدودیت ها

$$U_i - U_j + qX_{ij} + (q - a_i - a_j)X_{ji} \leqslant q - a_j \quad i,j \in \mathcal{ID},\ i \neq j$$

محدودیت حذف زیر تور **MTZ** است،که متغیر **Ui** به طور همزمان برای حد پایین و حد بالا به کار می رود

$$U_i \geqslant a_i + \sum_{j \in \mathcal{ID}, j \neq i} a_j X_{ji} \quad i \in \mathcal{ID}$$

حد پایین U_i
بار وسیله ی نقلیه درست بعد از گذر از مرکز فروش **i**ام باید حداقل بزرگتر مساوی تعداد محصولات برداشته شده از مرکز فروش **i**ام به علاوه ی تعداد محصولات موجود در مراکز فروش **j**ام است که قبل از مرکز فروش **i**ام ملاقات شده است

مدل ریاضی SMDVRPP-1

محدودیت ها

$$U_i \leqslant q - \sum_{j \in \mathcal{ID}, j \neq i} a_j X_{ij} \quad i \in \mathcal{ID}$$

حد بالا U_i

اگر وسیله بلافاصله از مرکز iام به مرکز jام برود ظرفیت باقیمانده از وسیله ی نقلیه $(q - U_i)$ است و از طرفی برای جمع آوری کالاهای مرکز jام حداقل ظرفیت مورد نیاز $q - U_i \geq a_i$ است.اگر وسیله ی نقلیه بلافاصله بعد از مرکز iام به یک مرکز جمع آوری برود،این محدودیت بیهوده می شود ($U_i \leq q$)

$$U_i \leqslant q - (q - a_i) \sum_{j \in \mathcal{IC}} X_{ji} \quad i \in \mathcal{ID}$$

حد بالا U_i

اگر مرکز فروش iام درست بعد از یک مرکز جمع آوری مورد ملاقات قرار بگیرد بار موجود در وسیله نمی تواند از مقدار U_i تجاوز کند و اگر مرکز iام بعد از مرکز جمع آوری ملاقات نشوداین محدودیت بیهوده می شود

$$U_i \leqslant q - (q - \max_{j \neq i} a_j - a_i) \sum_{j \in \mathcal{IC}} X_{ji} - \sum_{j \in \mathcal{ID}, j \neq i} a_j X_{ij} \quad i \in \mathcal{ID}$$

حد بالا U_i

مشابه محدودیت اول حد بالا است اما با این تفاوت که در آن یک ضریب $(q - \max_{j \neq i} aj - ai)$ که توسط Desrochers(1991) و Laporte معرفی شد به کار برده شده است.

مدل ریاضی SMDVRPP-1

محدودیت ها

$$X_{ij}, Y_{ik} \in \{0,1\}$$
$$W \geqslant 0, U_i \geqslant 0$$

نشان دهنده ی علامت متغیرها است

مدل ریاضی SMDVRPP-1

این فرمول بندی یک مساله ی **MINLP** یا یک مدل برنامه ریزی غیر خطی عدد صحیح – ترکیب شده است

↓

عامل غیر خطی شدن : $Y_{ik}W$

↓

این عامل نه مقعر و نه محدب است

↓

در نتیجه حل کننده های تجاری نمی تواند آنرا حل کند

مدل ریاضی SMDVRPP-1

با تغییر متغیر W $V_{ik}=Y_{ik}$ مساله را به یک مساله ی MILP تبدیل می کنیم

می دانیم

$$Y_{ik} \in \{0,1\}$$

$$W \in [0, \max_{j \neq i}\{pj\}]$$

$$V_{ik} \geqslant 0 \quad i \in ID, \; k \in IC$$

$$V_{ik} \geqslant W + \max_{j \in ID}\{p_j\}(Y_{ik} - 1) \quad i \in ID, \; k \in IC$$

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i \in ID} \sum_{k \in IC} a_i(rY_{ik} - V_{ik}) - c_1 \sum_{i \in IC} \sum_{j \in ID} X_{ij} - c_2 \sum_{i \in I} \sum_{j \in I, j \neq i} d_{ij} X_{ij}$$

این فرموله بندی ***MILP*** را می توان با روش های تجاری جدید ***MILP*** مثل ***CPLEX*** حل نمود.

مدل ریاضی SMDVRPP-2

متغیرها

بیانگر میزان کالایی است که از مرکز i به مرکز j برده می شود $F_{ij} =$

تابع هدف

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i\in ID}\sum_{k\in IC} a_i(rY_{ik} - V_{ik}) - c_1 \sum_{i\in IC}\sum_{j\in ID} X_{ij} - c_2 \sum_{i\in I}\sum_{j\in I, j\neq i} d_{ij}X_{ij}$$

محدودیت ها

مجموعه محدودیت های حذف زیرتور *MTZ* در مدل *SMDVRPP-1* را حذف می کنیم و سایر محدودیت ها کماکان برقرار است.همچنین یک سری محدودیت جدید اضافه می شود

مدل ریاضی SMDVRPP-2

محدودیت های جدید

$$\sum_{j\in\mathcal{I},\, j\neq i} F_{ij} = \sum_{j\in\mathcal{I},\, j\neq i} F_{ji} + q_i \sum_{k\in\mathcal{K}} Y_{ik} \quad i \in \mathcal{ID}$$

محدودیت توازن بار است که برای $i\epsilon ID$ نوشته می شود

$$F_{ij} \leqslant (q - q_j)X_{ij} \quad i,j \in \mathcal{I}, j \neq i$$

حد بالا F_{ij}
اگر وسیله نقلیه ای از مکان فروش i یا مرکز جمع آوری i به مکان دیگر j برود مقدار جریان F_{ij}ای که از i به j برده می شود نمی تواند بزرگتر از (q-F_{ij}) باشد

$$F_{ij} \geqslant q_i X_{ij} \quad i,j \in \mathcal{I}, j \neq i$$

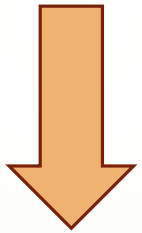
حد پایین
اگر وسیله ی نقلیه بین i و j حرکت کند باری که در این مسیر است حداقل برابر با تعداد محصولات جمع آوری شده از i است

$$X_{ij}, Y_{ik} \in \{0,1\}$$
$$W \geqslant 0, F_{ij} \geqslant 0, V_{ik} \geqslant 0$$

نشان دهنده ی علامت متغیرها است

روش حل

SMDVRPP حداقل به اندازه ی MDVRP سخت است.مساله ی MDVRP به یک مساله ی NP-hard معروف است.در مثال های بزرگ به دست آوردن جواب در یک زمان معقول وبا کیفیت بالا و با استفاده از حل کننده های تجاری MILP بسیار سخت است.بنابراین توسعه ی روش های متاهیوریستیک توسعه یافت(با صفر دادن قیمت های رزرو در مدل SMDVRPP ،مدل MDVRP حاصل می شود)



ما یک روش ابتکاری همسایگی قوی جستجوی تابو (rich neighborhood TS (TS-RN) heuristic) را برای حل این مساله پیشنهاد می کنیم

روش حل

ویژگی های الگوریتم های برگرفته از روش جستجوی تابو:

- در S_{t+1} لزوماً جواب به نسبت مرحله قبل بهبود نمی یابد
- مکانیزم جستجو به این صورت است که ،الگوریتم از ایجاد چرخه (**cycle**) جلوگیری می کند و سعی می کند که به جواب هایی که تا الان بررسی شده اند برنگردد.این کار به حافظه بالایی برای حفظ داده ها نیاز دارد (**bookkeeping**). برای این کار الگوریتم لیستی به اندازه **k** تکرار را حفظ می کند(حافظه ی کوتاه مدت)
- از مهمترین ویژگی های این روش ها عبارتند از:

تشدید(**intensification**):انجام یک جستجوی محلی طماعانه در اطراف بهترین جواب شناخته شده

تنوع(**diversification**):تضمین می کند که فضای محدودی از جواب ها ، جستجو نمی شود

روش حل

اجزا بحرانی این الگوریتم عبارتند از

- روش تولید جواب اولیه
- ساختارهای همسایه و شرایط تابوی مشترک
- اتخاب جواب همسایه به عنوان جواب فعلی جدید
- روندی که تخصیص ها و به روز رسانی مقادیر جریمه برای نوسان استراتژی انجام می شود
- شرایط پایان

روش حل

تولید جواب اولیه

جواب اولیه از طریق تشکیل یک تور که با منظم کردن مراکز فروش به ترتیب اندیس های آنها ایجاد می شود.یعنی مرکز فروش اول و بعد مرکز فروش دوم و ... در تور می آیند.این تور از طریق کوچکترین اندیس به مرکز جمع آوری (CC)وصل می شود.توجه داشته باشید که جواب اولیه تقریباً ناموجه است،بنابراین مقدار هدف آن مقدار جریمه ی زیادی را برای بیشتر از ظرفیت بودن متحمل می شود.

روش حل

ساختار همسایه و شرایط تابو

این حرکات اثر جوابها را پی می گیرد و در تکرار های مختلف جواب فعلی را می دهد

برای اجرای آن دو نوع حرکت نیاز است: حرکات مسریابی و حرکات انتخاب مرکز فروش

حرکات مسریابی:

1-0 Move
1-1 Exchange
2-2 Exchange
2-Opt
Chain swap
1-Split
Inter-tour Exchange

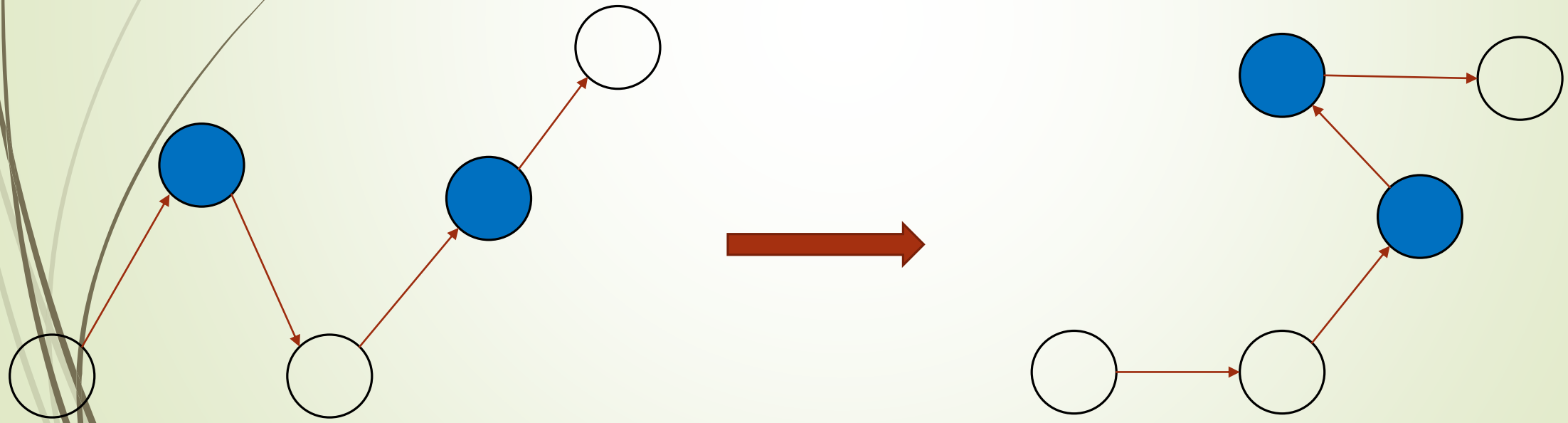
حرکات انتخاب مرکز فروش :

Add-1
Add-2
Drop-1
Drop-2

روش حل

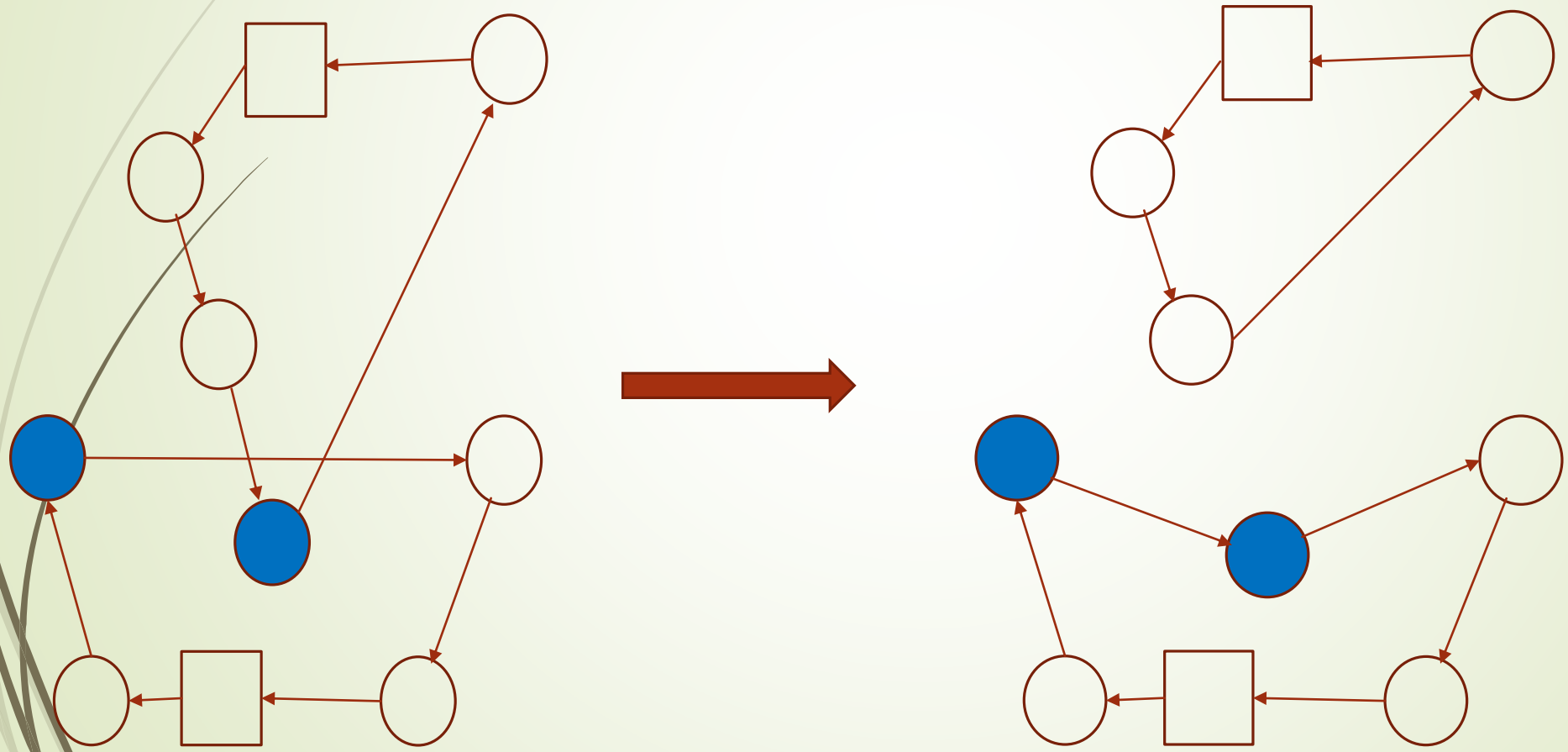
1-0 Move

برای دو مرکز فروش مشخص ، اولی را از مکان فعلی خود حذف نموده و به مکان بعد از دومی اضافه می کنیم



روش حل

1-0 Move



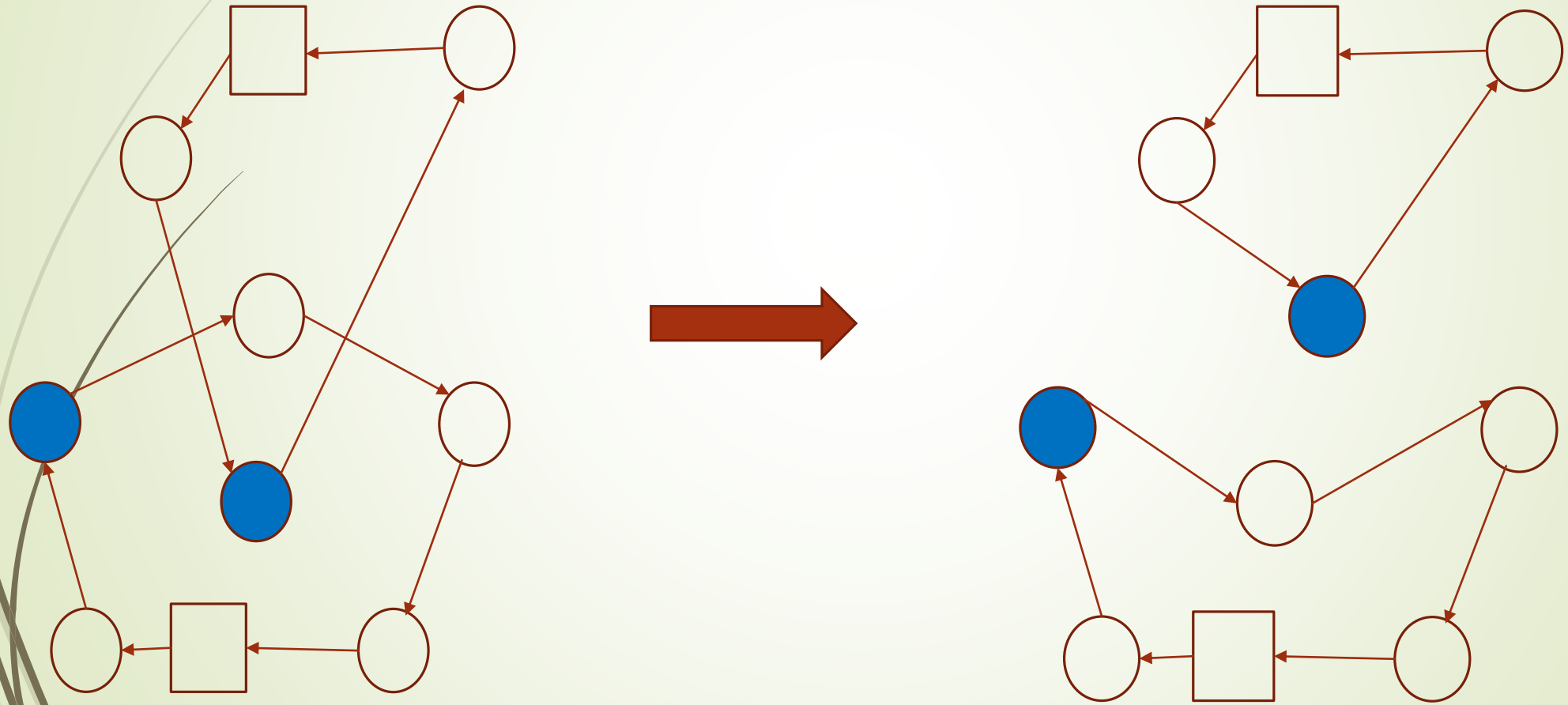
روش حل

1-1 Exchange

جای قرار گرفتن دو گره مشخص را عوض می کنیم

روش حل

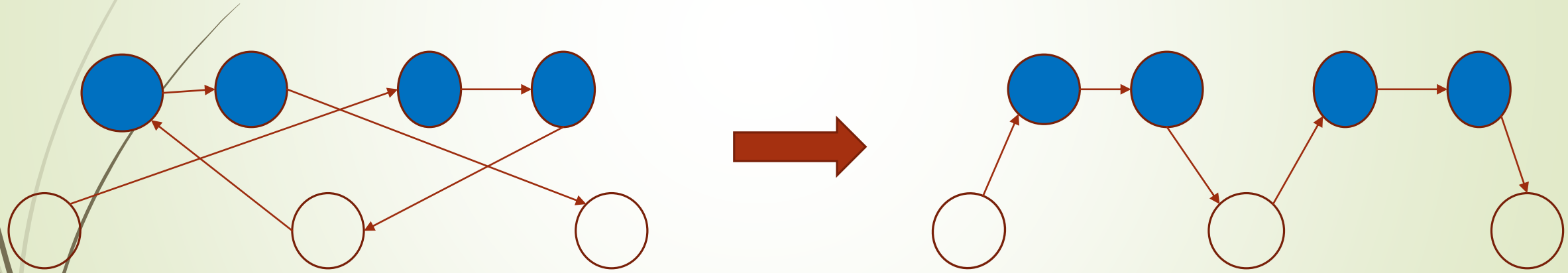
1-1 Exchange



روش حل

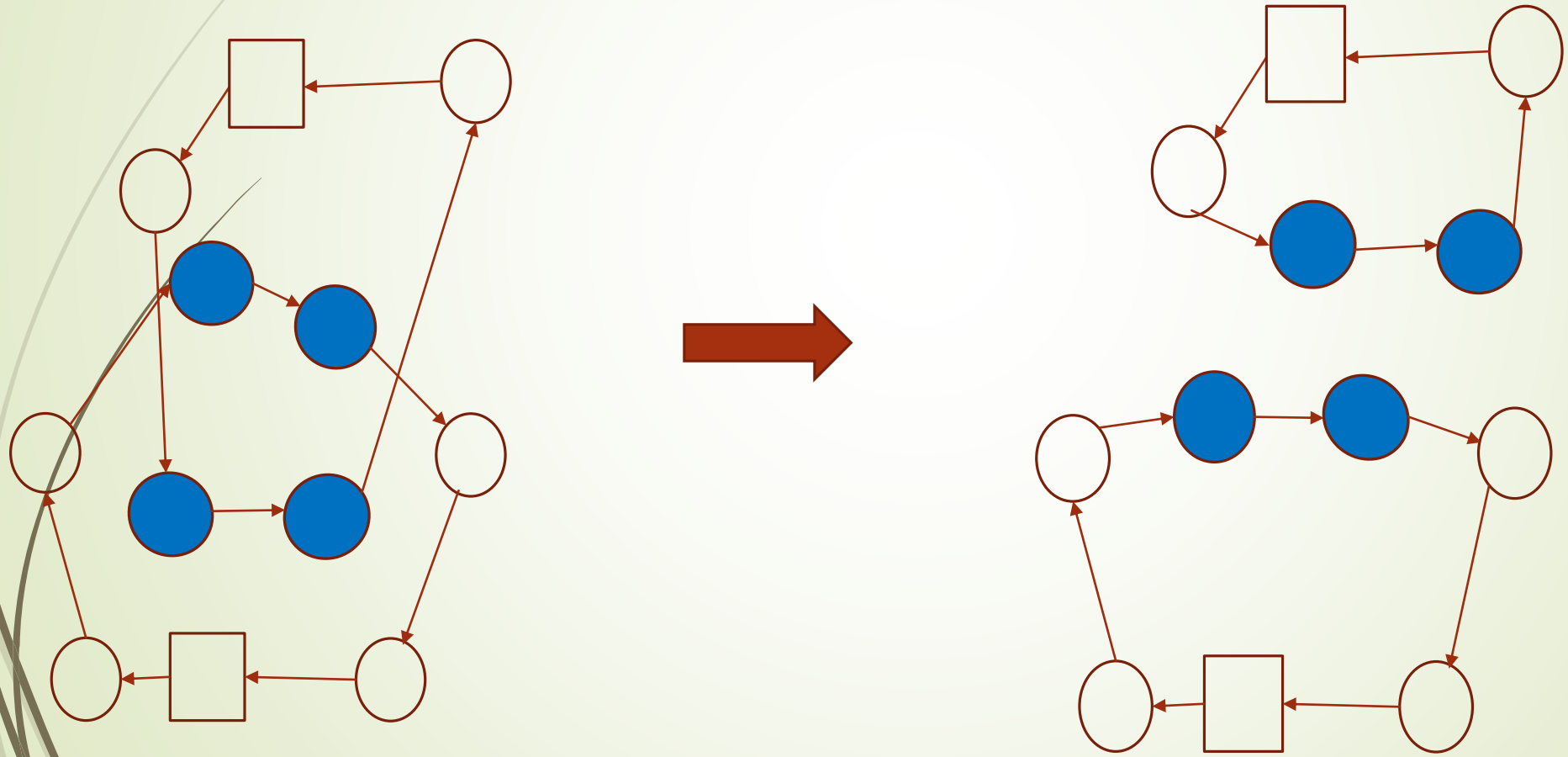
2-2 Exchange

برای دو مرکز فروش مشخص ، مکان قرار گرفتن گره اول و پس نیاز آن را با مکان قرار گرفتن گره دوم و پس نیاز آن تعویض می کنیم



روش حل

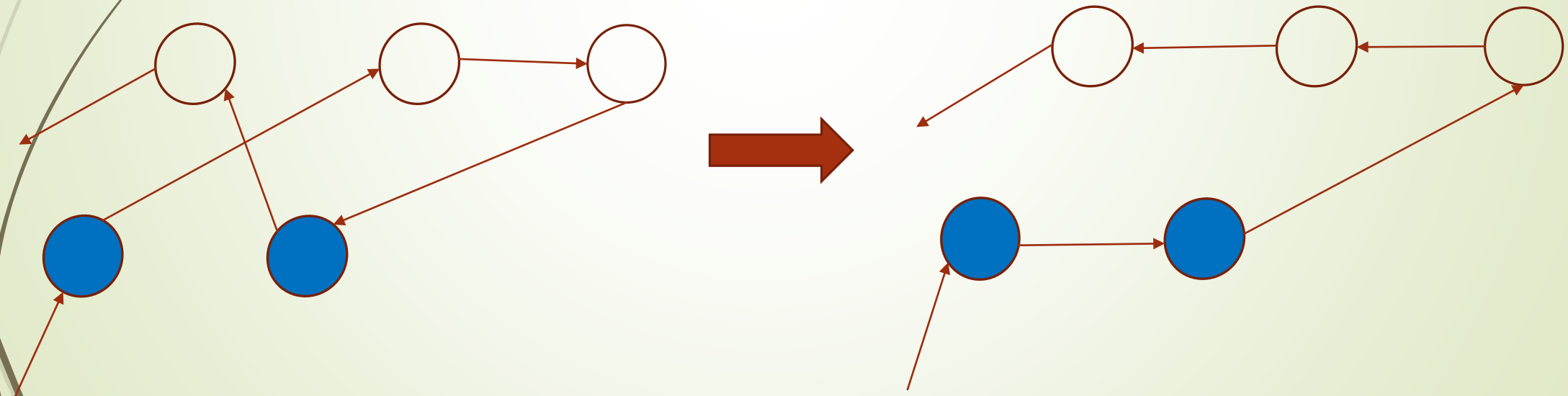
2-2 Exchange



روش حل

2-Opt

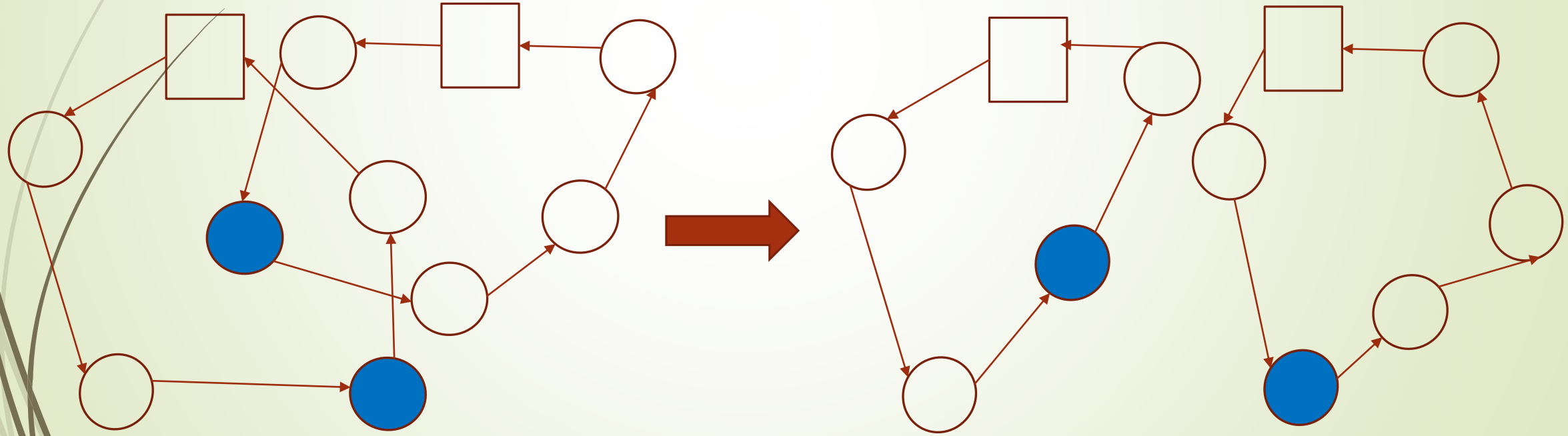
برای دو مرکز فروش مشخص در یک تور یکسان،دو کمانی که آنها را به پس نیازهایشان وصل می کن را حذف می کنیم و بعد مرکز فروش ها را به هم و پس نیازها را نیز به هم وصل می کنیم و سرانجام زنجیره ی بین پس نیاز مرکز فروش اول و پس نیاز مرکز فروش دوم را عکس می کنیم



روش حل

Chain swap

جای دو مرکز فروش داده شده در تورهای مختلف، را با هم تعویض می کنیم



روش حل

1-Split

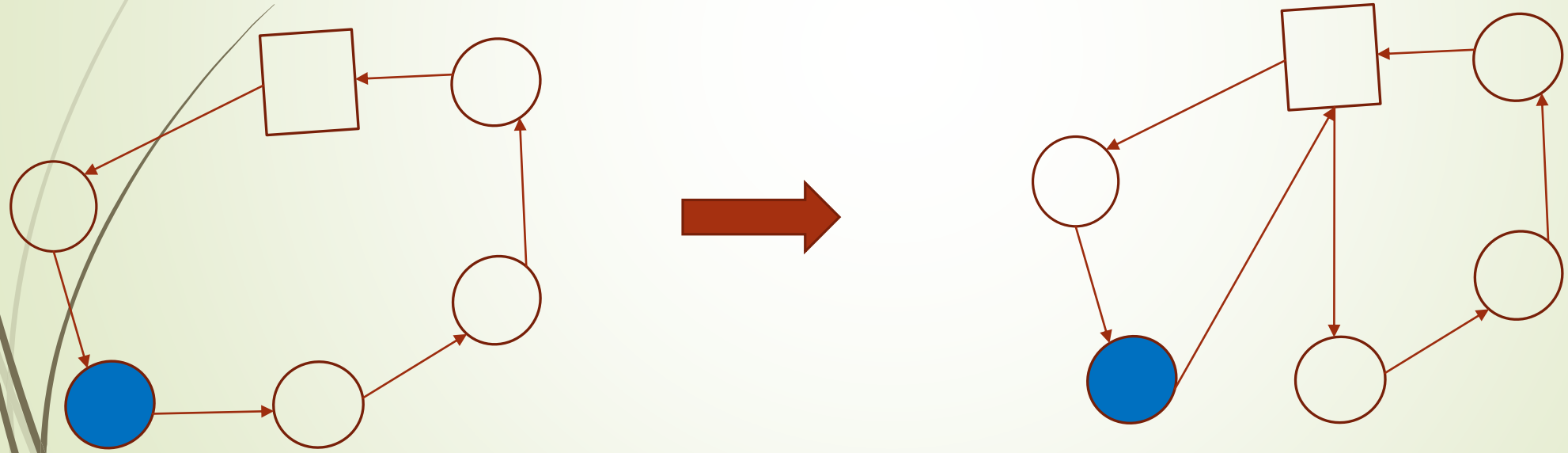
برای یک گره در یک تور مشخص،زنجیره ای که از یک مرکز جمع آوری شروع می شود و به آن مرکز فروش ختم می شود را حفظ کرده و بقیه را به عنوان یک تور جداگانه در نظر می گیریم.تور جدید می تواند شامل مرکز جمع آوری مشترک باشد یا می تواند شامل مرکز جمع آوری یکسان نباشد

با انجام 1-Splitهمیشه تعداد تورها افزایش می یابد،توجه داشته باشید که اگر تور جدید شامل مرکز جمع آوری جدید باشد، 1-Split نمی تواند طول سفر را کم کند.اما ممکن است که جواب غیرموجه که برخواسته از ظرفیت اضافی باشد را موجب شود.

روش حل

1-Split

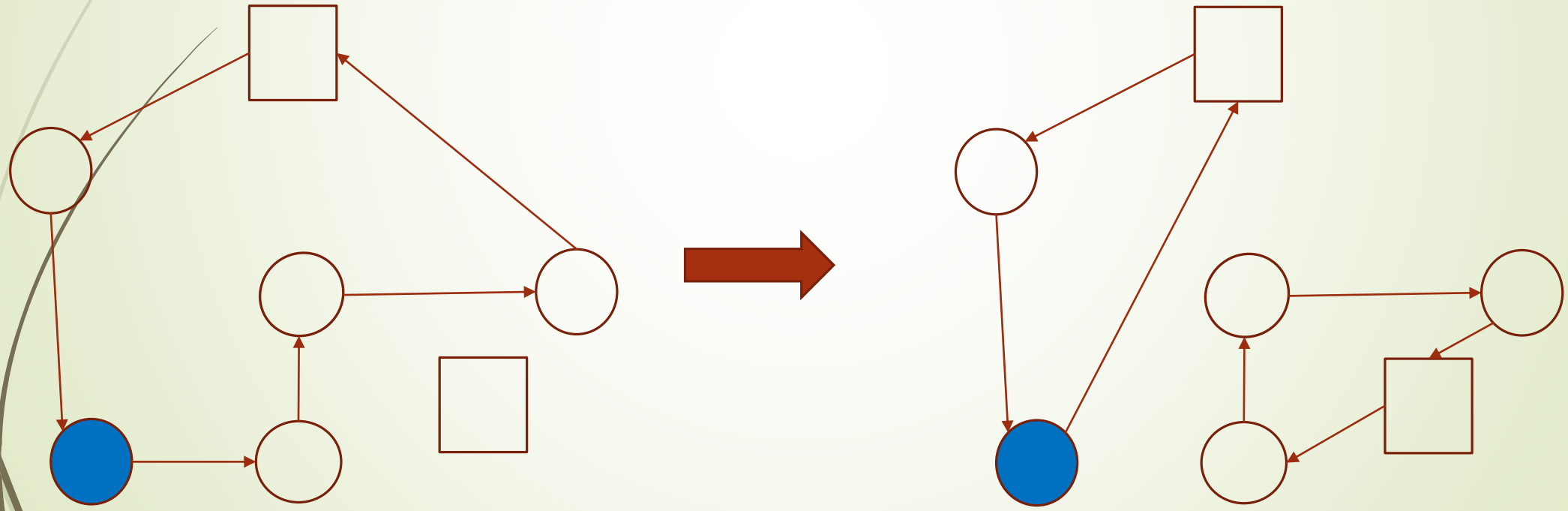
تورها دارای مرکز جمع آوری مشترک باشند



روش حل

1-Split

تورها دارای مرکز جمع آوری مشترک نباشند

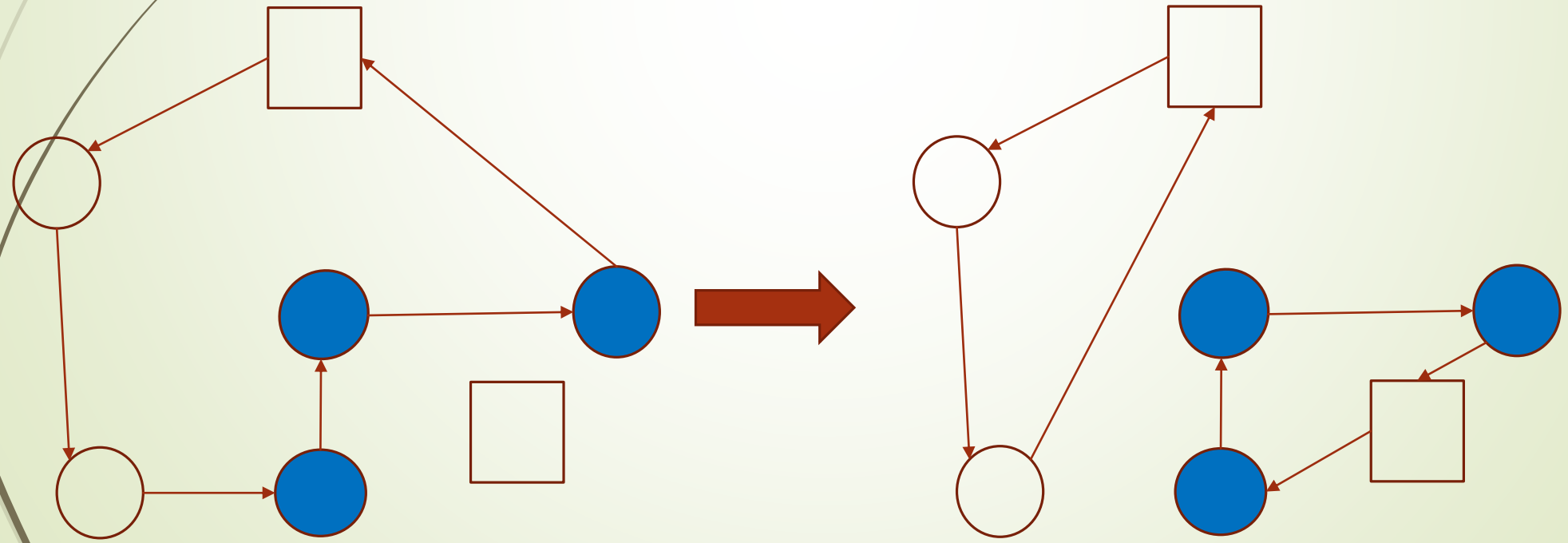


روش حل

Inter-tour Exchange (ItE)

سه مورد از این ساختار همسایگی وجود دارد:

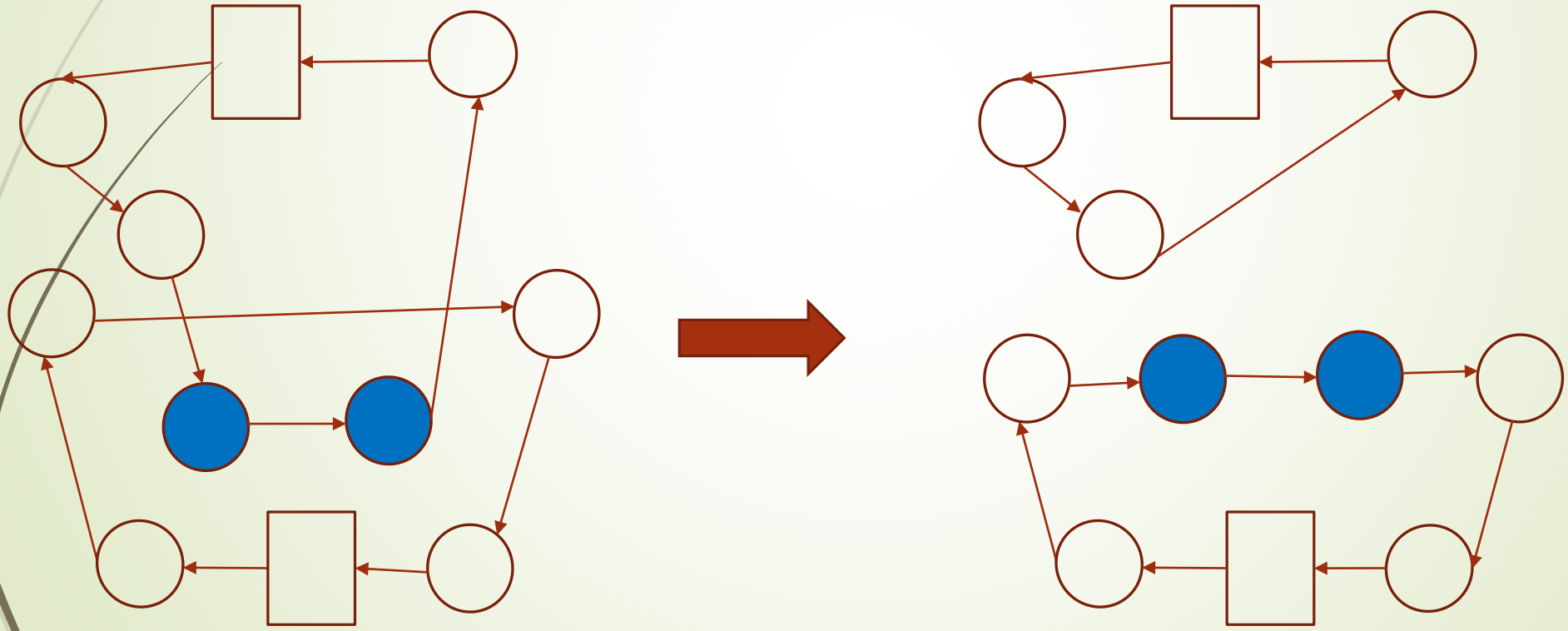
مورد اول:یک زنجیره از مراکز فروش از یک تور دلخواه گرفته شده و در یک تور جدید با مرکز جمع آوری یکسان و یا با مراکز جمع آوری دیگر قرار می گیرد.حرکت 1-Split در این مورد از ItE تعداد تورها افزایش می دهد.



روش حل

Inter-tour Exchange (ItE)

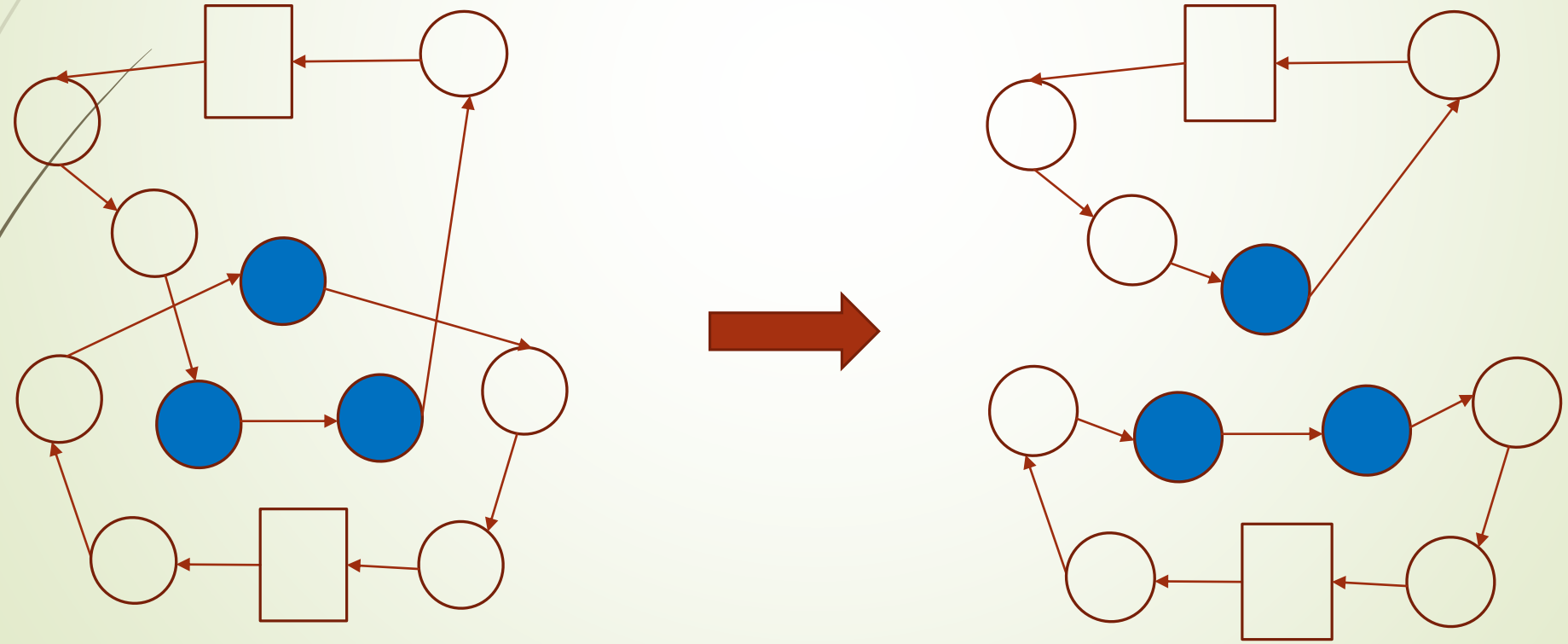
مورد دوم:یک زنجیره از مراکز فروش که در یک تور وجود دارد را جدا کرده و به یک تور دیگر با همان مراکز جمع آوری یا مراکز جمع آوری دیگر جایگزین می شود



روش حل

Inter-tour Exchange (ItE)

مورد سوم: عمل تعویض را برای دو زنجیره از مراکز فروش با اندازه ی دلخواه که متعلق به دو تور متفاوت هستند انجام دهید



روش حل

حرکات انتخاب مرکز فروش

Add-1

برای یک مرکز فروش که جزو هیچ یک از تورها نیست، تمام مکان هایی که می توان این مرکز را قرار داد مورد بررسی قرار می گیرد و مرکز فروش در بهترین مکان ممکن قرار می گیرد.بهترین جای ممکن جایی است که تضمین دهد که بیشترین افزایش در تابع هدف را به ما بدهد(سود کل)، یا اگر جایی موجود نیست ،مکانی را انتخاب می کند که کمترین کاهش در تابع هدف را نتیجه دهد.این حرکت در واقع معادل cheapest insertion در مساله ی فرووشنده ی دوره گرد است.

Add-2

برای دو مرکز فروش که جزو هیچ یک از تورها نیست، تمام مکان هایی که می توان این دو مرکز را قرار داد مورد بررسی قرار می گیرد و مراکز فروش در بهترین مکان ممکن قرار می گیرند.که توضیح آن در Add-1 آمد است. این حرکت در واقع معادل cheapest insertionبرای یک جفت مرکز فروش است.

Drop-1

برای یک مرکز فروش که در یک تور قرار دارد،آن را از تور حذف کرده و پیش نیاز و پس نیاز آن را به هم متصل می نماییم.

Drop-2

برای یک مرکز فروش که در یک تور قرار دارد،آن مرکز و پس نیاز آن را را از تور حذف کده و پیش نیاز آن را به پس نیازِ پس نیاز آن مرکز متصل می نماییم.

روش حل

ساختار همسایه و شرایط تابو

الگوریتم TS-RN از شرایط تابو برای مجبور کردن به جستجوی تمام مناطق مختلف فضای جواب استفاده می کند.در نتیجه هر وقت که جواب براساس ساختار معیار همسایگی به روز شود، شرایط تابو نیز با این ساختار تولید می شود

شرایط تابو بعد از دروه (k) برداشته می شود در این الگوریتم از طول دوره ی(k) تصادفی در بازه ی [7,24] و مستقل از اندازه ی مساله استفاده شده است

ساختار همسایگی	مدت زمان درست شرایط تابو در طول مدت زمان تابو
1-0 Move	مرکز فروشی که مکان در اثر 1-0 Move تغییر کرده است
1 – 1 Exchange	مرکز فروشی که مکانش تغییر کرده ولی نتوانست با 1 – 1 Exchange مجدداً جای آن تعویض شود
2 – 2 Exchange	مرکز فروشی که برای تغییر مکان در 2 – 2 Exchange نتوانست به وسیله ی move دوباره جای آن تویض شود.هر چند تعویض جای دوباره پس نیازهای آن به وسیله ی 2 – 2 Exchange آزاد است.
2-Opt	مرکز فروش هایی که شامل حرکت 2-Opt شده اند نمی توانند با همدر حرکت 2-Opt دیگر استفاده شوند.
Chain swap	مرکز فروش هایی که شامل حرکت Chain swap شده اند نمی توانند با هم در حرکت Chain swap دیگر استفاده شوند.
1-Split	مرکز فروش های انتخاب شده برای 1-Split نمی توانند برای یک 1-Split انتخاب شوند.
Inter-tour Exchange	مرکز فروش (های) سازنده ی نود آغازین حاصل از Exchange زنجیره(ها)، نمی توانند دوباره برای حرکت Inter-tour Exchange انتخاب شوند.
Add-1	مرکز فروش انتخاب شده نمی تواند جواب برداشته شود
Add-2	مرکز فروش انتخاب شده نمی تواند جواب برداشته شود
Drop-1	مرکز فروش برداشته شده نمی تواند دوباره به جواب اضافه شود
Drop-2	مرکز فروش برداشته شده نمی تواند دوباره به جواب اضافه شود

روش حل

انتخاب یک جواب همسایه به عنوان یک جواب فعلی برای مرحله ی بعد

معیار مناسب برای مقایسه ی جواب ها مقدار تابع هدف است

برای یافتن جواب فعلی برای مرحله ی بعد(S_{t+1}) ،باید جواب های همسایه ی جواب فعلی $N(S_t)$ را با استفاده از ۵ حرکت اول مسیریابی جستجو کرد و در صورتی که جواب مناسبی حاصل نشد از حرکات مسیریابی Inter-tour Exchange استفاد نمود.

اگر قرار باشد که حرکت Inter-tour Exchange انجام شود نیازی به بررسی تمام تور ها نیست بلکه کافی است فقط تورهای موجود در مجموعه ی نزدیکترین تورها به تور موجود،مورد توجه قرار بگیرد.

روش حل

انتخاب یک جواب همسایه به عنوان یک جواب فعلی برای مرحله ی بعد

برای یافتن جواب جدید باید مفاهیم زیر را دانست:

فاصله ی بین یک نود و یک تور:
این فاصله برابر با کمترین فاصله از گره N_1تا گره N_2 از تور T است که در آن N_1عضو تور T نیست.و آن را با $Dist((N_1,T)$ نشان می دهند.

نزدیکترین تور به یک گره :

نزدیکترین تور به گره N_1،توری است که N_1در آن نبوده و فاصله ی این تور تا N_1،در بین فاصله ی سایر تورها کمترین فاصله را داشته باشد یا به عبارتی کمترین مقدار $Dist(N_1,T)$ را داشته باشد.آن را با $T^*(N_1)$ نشان می دهند که N_1عضو T^* نیست.

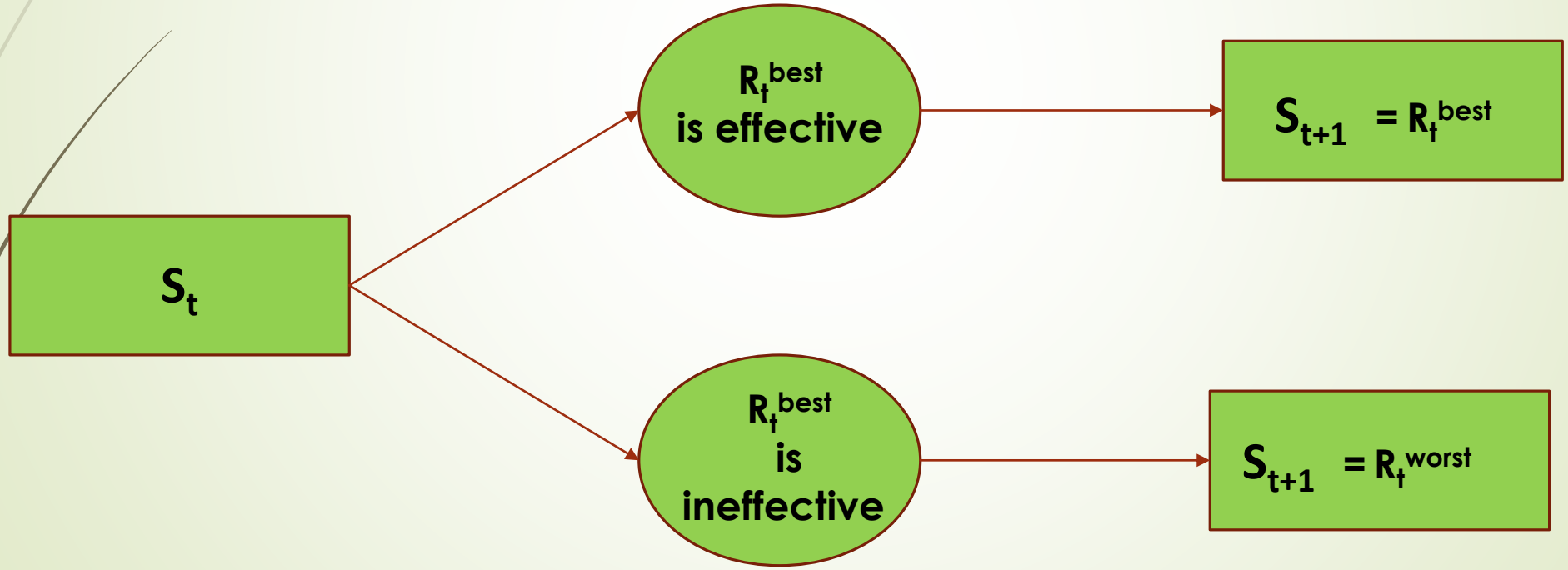
نزدیکترین تور به یک مجموعه از تورها:

مجموعه ای از تورها هستند که هر کدام به یکی از گره های تور T نزدیکترین هستند.که نزدیک ترین تور به تور T را با $\tau(T)$ نشان می دهند.به عنوان مثال فرض کنید تور T دارای سه گره N_1و N_2و N_3باشد.فرض کنید نزدیکترین تور به N_1،T' و نزدیکترین تور به N_2و N_3، T'' باشددر نتیجه مجموعه ی $\tau(T)$ برابر است با $\{T',T''\}$

روش حل

انتخاب یک جواب همسایه به عنوان یک جواب فعلی برای مرحله ی بعد

به منظور رعایت اصل تنوع در این مرحله، نه تنها باید بهترین جواب (R_t^{best}) را ثبت کنیم بلکه باید بدترین(R_t^{worst}) جواب را نیز ثبت نماییم



روش حل

به روز رسانی مقدار جریمه برای نوسان استراتژتیک

در ابتدا باید متغیرهای زیر را در نظر گرفت:

penaltyControlCount= برای تعدادی از تکرار های مشخص تعداد جواب های ناموجه ای که به عنوان بهترین جواب همسایه انتخاب می شوند و یا به عنوان جواب فعلی در مرحله ی بعد انتخاب می شوند

numInfeasible = تعداد جواب های ناموجهی که ملاقات شده است

numInfeasible > 0.6 * (penaltyControlCount) → **penaltyValue=penaltyValue + penaltyStepSize**

numInfeasible < 0.4 * (penaltyControlCount) → **penaltyValue=penaltyValue - penaltyStepSize**

0.4 * (penaltyControlCount) < numInfeasible < 0.6 * (penaltyControlCount) → **penaltyValue** بدون تغییر می ماند

روش حل

به روز رسانی مقدار جریمه برای نوسان استراتژتیک

به روز رسانی مقدار penaltyValue ، از طریق کم نمودن(اضافه نمودن) penaltyStepSize ازآن (به آن) انجام می شود. بعد penaltyStepSize ثابت نیست و براساس ۴ مورد زیر تغییر می کند:

۱)اگر مقدار penaltyValue مجبورباشدکه افزایش یابد در حالی که در کنترل قبل نیز افزایش یافته باشد penaltyStepSize دوبرابر شده و به مقدار penaltyValue افزوده می شود.

۲)اگر مقدار penaltyValue مجبورباشدکه افزایش یابد در حالی که در کنترل قبل نیز کاهش یافته باشد penaltyStepSize نصف شده و به مقدار penaltyValue افزوده می شود.

۳)اگر مقدار penaltyValue مجبورباشدکه کاهش یابد در حالی که در کنترل قبل نیز کاهش یافته باشد penaltyStepSize دوبرابر شده و از مقدار penaltyValue کم می شود.

۴)اگر مقدار penaltyValue مجبورباشدکه کاهش یابد در حالی که در کنترل قبل نیز افزایش یافته باشد penaltyStepSize نصف شده و از مقدار penaltyValue کم می شود.

روش حل

شرایط توقف

دو نوع شرایط توقف در الگوریتم **TS-RN** وجود دارد.الگوریتم به محض این که یکی از این دو محقق شود متوقف می شود:

۱)محدودیت حداکثر تعداد تکرار هایی که بهبود نمی دهند **(MaxNonimprovIter)** :

این شرط تعداد تکرارهای بعدی در طول مدت زمان الگوریتم که جواب بهبود نمی یابد محدود می کند.

۲)محدودیت زمان (**CPUtimeLimit**):

ماکزیمم زمان در دسترس بودن **CPU** را برای اجرای **TS** تعیین می کند.

روش حل

برخی از نکات مهم در طول اجرای الگوریتم:

در هر تکرار الگوریتم، برای محاسبه ی مقدار تابع هدف ،قیمت خرید هر واحد(W) که در تابع هدف موجود است را براساس بیشترین مقدار قیمت خرید مراکز فروش ملاقات شده تعیین می شود:

$$W= \max_{i:i \text{ is visited}} \{P_i\}$$

هر وقت که جواب فعلی را به S_{best} به روز کردیم باید از روش local post optimization (LPO) برای بهبود جواب استفاده شود. LPO بر طبق استراتژی بهبود با حرکات,1-1 Exchange, 1-0 Move, 2-Opt 2-2 Exchange و با انجام دوباره ی 2-Opt انجام می گیرد.این حرکات را ا آنجایی ادامه می دهیم که جواب بهبود یابد.

روش حل

خلاصه الگوریتم

```
Begin
    /* Initialization */
    Construct S_0 and compute Z_0.
    S^best := S_0, Z^best := Z_0 and Tabu_List_0 ← ∅
    t := 0
    Repeat
        /* Neighborhood search to produce the next solution on the trajectory */
        Generate Cand_N(S_t) as a subset of N(S_t)
        Compute the objective value of each neighboring solution R_t in Cand_N(S_t)
        by penalizing infeasibilities
        SelectionFlag := FALSE          While SelectionFlag is FALSE
            Determine the best neighboring solution R_t^best in Cand_N(S_t)
            If R_t^best is not in Tabu_List_t
            Or  If R_t^best is in Tabu_List_t but satisfies the aspiration criterion
                Then S_{t+1} := R_t^best, Z_{t+1} := Z(R_t^best), and SelectionFlag := TRUE
                Else Cand_N(S_t) := Cand_N(S_t) \ R_t^best
        EndWhile
        /* Update the incumbent if necessary */
        If Z(R_t^best) < Z^best AND R_t^best is feasible
        Then S^best := R_t^best and Z^best := Z(R_t^best)
        If Z^best is updated, then
        apply local post optimization (LPO) to further improve S^best and Z^best
        /* Update the tabu list to prevent cycling */
        Obtain Tabu_List_{t+1} by adding the attributes of the move from S_t to S_{t+1} to Tabu_List_t
        and deleting those attributes that have stayed in Tabu_List_{t+1} for the past κ iterations
        t := t + 1
        /* Checking for the stopping conditions */
    Until any of the termination conditions is satisfied.
    Return S^best as the best solution found and Z^best as its objective value.
End.
```

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

مثال های عددی مختلفی را با تولید اعداد تصادفی ایجاد می کنیم و مجموعه ترکیب های بهینه حرکات الگوریتم و عملکرد الگوریتم را برای مساله می یابیم و عملکرد آن را در مقایسه با حل کردن مساله های SMDVRPP-1 و SMDVRPP-2 با CPLEX 11.2 می بینیم

پارامتر ها و متغیرها:

$|IC| \sim \cup (0, 500)$

$|ID| \sim \cup (0, 500)$

$p_i \sim \cup (5, 7.5)$

$a_i \sim \cup (5, 15)$

$C_1 = 100$, $C_2 = 1$, $r = 15$

d_{ij} = فاصله ی بین مکان ها را فاصله ی اقلیدسی در نظر می گیریم

q = ظرفیت وسایل نقلیه برابربا یک مجموعه ی ۱۰تایی از محصولات در مراکز فروش درحداکثر تعداد محصولات:مثلاً

$q = 10 * \max_i \{a_i\} = 150$

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

برای همه حرکت ها با پارامترها و مقادیر اولیه ی زیر الگوریتم را آغاز می کنیم:

MaxNonimprovIter=2000

CPUtimeLimit= 15 min

penaltyControlCount= 100

penaltyStepSize=1

penaltyValue=0

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
(|IC|, |LT|)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.21	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.45	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.13	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.06	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.44	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.94	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.75	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.38	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.63	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.10	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.11	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.01	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.77	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.51	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.72	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.69	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.29	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.52	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.09	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.25	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.48	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.65	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.91	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.39	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.83	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.97	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	365.64	1458.02	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.25	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.92	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.90	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.23	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.75	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.08	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.11	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.13	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.64	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.73	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	509.76	8080.62	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.81	5607.99	10,800	0.00	9760.81	10,800	2648.84	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.00	516.72	3513.86	10075.18	1116.29	105.84	

حد پایین سود بهینه

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
(|$\mathcal{IC}$|, |$\mathcal{ID}$|)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.0	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.2	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.4	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.1	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.0	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.4	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.9	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.7	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.3	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.6	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.1	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.1	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.0	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.7	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.5	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.7	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.6	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.2	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.5	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.0	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.2	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.4	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.6	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.9	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.3	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.8	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.9	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	365.64	1458.0	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.2	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.9	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.9	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.2	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.7	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.0	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.1	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.1	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.6	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.7	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	509.76	8080.6	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.81	5607.99	10,800	0.00	9760.8	10,800	2648.84	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.00	516.72	3513.8	10075.18	1116.29	105.84	

حد بالای سود بهینه
که از CPLEX
به دست آمده

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
$(\|\mathcal{IC}\|, \|\mathcal{LT}_i\|)$	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.21	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.45	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.13	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.06	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.44	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.94	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.75	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.38	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.63	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.10	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.11	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.01	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.77	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.51	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.72	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.69	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.29	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.52	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.09	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.25	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.48	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.65	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.91	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.39	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.83	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.97	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	365.64	1458.02	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.25	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.92	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.90	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.23	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.75	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.08	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.11	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.13	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.64	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.73	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	509.76	8080.62	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.81	5607.99	10,800	0.00	9760.81	10,800	2648.84	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.0	516.72	3513.86	10075.18	1116.29	105.84	

زمان صرف شده

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
(|IC|, |ID|)	LB	UB	Time (s)	LB	UB	Time (s)	LB	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.21	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.45	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.13	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.06	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.44	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.94	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.75	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.38	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.63	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.10	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.11	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.01	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.77	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.51	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.72	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.69	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.29	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.52	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.09	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.25	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.48	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.65	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.91	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.39	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.83	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.97	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	365.64	1458.02	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.25	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.92	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.90	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.23	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.75	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.08	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.11	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.13	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.64	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.73	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	509.76	8080.62	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.81	5607.99	10,800	0.00	9760.81	10,800	2648.84	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.00	516.72	3513.86	10075.18	1116.29	105.84	

تعداد مراکز فروش ملاقات شده

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
(|IC|, |ID|)	LB	UB	Time (s)	LB	UB	Time (s)	LB	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.21	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.45	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.13	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.06	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.44	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.94	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.75	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.38	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.63	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.10	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.11	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.01	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.77	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.51	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.72	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.69	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.29	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.52	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.09	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.25	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.48	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.65	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.91	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.39	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.83	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.97	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	365.64	1458.02	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.25	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.92	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.90	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.23	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.75	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.08	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.11	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.13	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.64	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.73	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	509.76	8080.62	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.81	5607.99	10,800	0.00	9760.81	10,800	2648.84	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.00	516.72	3513.86	10075.18	1116.29	105.84	

زمان در دسترس برابر با ۱۰۸۰۰ ثانیه است

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
(|$\mathcal{IC}$|, |$\mathcal{ID}$|)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.21	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.45	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.13	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.06	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.44	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.94	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.75	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.38	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.63	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.10	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.11	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.01	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.77	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.51	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.72	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.69	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.29	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.52	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.09	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.25	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.48	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.65	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.91	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.39	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.83	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.97	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	365.64	1458.02	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.25	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.92	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.90	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.23	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.75	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.08	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.11	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.13	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.64	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.73	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	509.76	8080.62	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.81	5607.99	10,800	0.00	9760.81	10,800	2648.84	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.00	516.72	3513.86	10075.18	1116.29	105.84	

الگوریتم از 15 min مجاز برای استفاده از CPU فقط از 9.5min، استفاده کرد

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
(|ℐC|, |ℐD|)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	*UB*	Time (s)	*LB*	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.21	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.45	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.13	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.06	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.44	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.94	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.75	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.38	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.63	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.10	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.11	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.01	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.77	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.51	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.72	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.69	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.29	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.52	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.09	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.25	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.48	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.65	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.91	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.39	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.83	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.97	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	[illegible]	1458.02	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.25	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.92	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.90	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.23	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.75	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.08	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.11	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.13	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.64	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.73	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	[illegible]	8080.62	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.81	5607.99	10,800	0.00	9760.81	10,800	2648.84	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.00	[illegible]	3513.86	10075.18	1116.29	105.84	

CPLEX
نتوانست جواب موجهی را برای آنها بیابد

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
(|C|, |D|)	LB	UB	Time (s)	LB	UB	Time (s)	LB	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.21	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.45	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.13	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.06	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.44	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.94	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.75	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.38	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.63	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.10	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.11	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.01	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.77	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.51	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.72	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.69	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.29	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.52	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.09	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.25	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.48	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.65	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.91	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.39	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.83	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.97	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	365.64	1458.02	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.25	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.92	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.90	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.23	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.75	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.08	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.11	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.13	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.64	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.73	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	509.76	8080.62	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.81	5607.99	10,800	0.00	9760.81	10,800	2648.84	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.00	516.72	3513.86	10075.18	1116.29	105.84	

CPLEX
فقط برای سه مورد اول،جواب دقیق را به دست آورده

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	SMDVRPP-1			SMDVRPP-2			TS-RN		
(|IC|, |ID|)	LB	UB	Time (s)	LB	UB	Time (s)	LB	Time (s)	NoD
(1,10)	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.16	0.00	0.41	0
(1,20)	392.21	392.21	35.96	392.21	392.21	44.90	392.21	2.84	11
(1,30)	933.32	1120.55	10,800	933.32	1111.45	10,800	933.32	9.05	24
(1,40)	191.45	671.09	10,800	173.80	521.13	10,800	249.02	22.10	14
(1,50)	401.87	1028.37	10,800	401.87	871.06	10,800	418.20	20.12	13
(1,60)	492.12	1418.30	10,800	669.09	1092.44	10,800	696.10	29.11	28
(1,70)	894.31	1499.35	10,800	912.86	1639.94	10,800	990.88	70.90	41
(1,80)	247.17	1926.83	10,800	579.09	1838.75	10,800	788.38	108.77	45
(1,90)	1023.83	3132.70	10,800	1091.69	3100.38	10,800	1755.59	127.23	68
(1,100)	992.70	3333.43	10,800	770.94	3190.63	10,800	1640.22	243.19	53
(2,20)	514.10	514.10	483.80	514.10	514.10	3362.27	514.10	4.39	13
(2,30)	1144.81	1780.19	10,800	1218.05	1651.11	10,800	1273.97	15.91	28
(2,40)	213.21	983.54	10,800	341.12	1097.01	10,800	319.07	16.62	23
(2,50)	685.15	1553.38	10,800	567.63	1863.77	10,800	685.83	18.19	27
(2,60)	703.19	2329.26	10,800	540.53	2547.51	10,800	712.60	28.39	22
(2,70)	543.98	2931.15	10,800	558.35	3236.72	10,800	1150.25	88.76	42
(2,80)	552.73	3213.58	10,800	374.31	3675.69	10,800	1278.65	148.64	54
(2,90)	370.83	3723.13	10,800	55.10	3559.29	10,800	1101.60	317.73	46
(2,100)	991.78	5246.33	10,800	461.91	5927.52	10,800	2419.65	328.85	55
(3,30)	878.82	1487.87	10,800	873.97	1578.09	10,800	893.68	8.56	21
(3,40)	227.65	1089.90	10,800	246.38	1266.25	10,800	306.37	22.67	14
(3,50)	71.82	1981.86	10,800	233.43	2750.48	10,800	571.61	27.91	26
(3,60)	558.60	2464.03	10,800	681.50	3150.65	10,800	1059.25	41.86	34
(3,70)	401.99	2767.86	10,800	472.12	4109.91	10,800	1156.12	66.98	47
(3,80)	215.43	3353.49	10,800	50.04	5070.39	10,800	1287.61	111.59	54
(3,90)	10.35	4030.02	10,800	0.00	5537.83	10,800	1414.18	199.55	44
(3,100)	208.61	4850.18	10,800	0.00	6866.97	10,800	1860.78	575.69	61
(4,40)	323.98	1255.86	10,800	365.64	1458.02	10,800	396.94	10.60	13
(4,50)	760.85	2285.34	10,800	983.75	2962.25	10,800	1134.32	21.25	34
(4,60)	416.35	2059.81	10,800	409.16	3506.92	10,800	925.07	104.21	45
(4,70)	286.27	3045.65	10,800	86.00	4493.90	10,800	807.19	46.21	27
(4,80)	773.42	3825.19	10,800	1048.77	5806.23	10,800	1760.31	66.94	56
(4,90)	573.70	4740.23	10,800	590.96	7055.75	10,800	1965.16	256.70	58
(4,100)	111.99	4904.26	10,800	999.24	8708.08	10,800	2084.36	496.79	73
(5,50)	354.54	2009.46	10,800	329.49	3322.11	10,800	751.93	39.40	28
(5,60)	1015.01	2784.92	10,800	717.74	4747.13	10,800	1214.53	59.92	40
(5,70)	359.00	3554.14	10,800	553.51	6003.64	10,800	1571.32	94.03	40
(5,80)	827.55	3790.32	10,800	961.37	6487.73	10,800	1758.26	67.90	57
(5,90)	257.83	4528.78	10,800	[illegible]	8080.62	10,800	1764.24	163.87	50
(5,100)	284.8[illegible]	5607.99	10,800	0.00	9760.81	10,800	[illegible]648.8[illegible]	149.62	80
Average	505.18	2580.37	10003.00	516.72	3513.86	10075.18	1116.29	105.84	

متوسط مقادیر
LB

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	Best	SMDVRPP-1	SMDVRPP-2	TS-RN	Best	SMDVRPP-1	SMDVRPP-2
(|IC|, |ID|)	LB	PD^{LB} (%)	PD^{LB} (%)	PD^{LB}(%)	UB	PD^{UB} (%)	PD^{UB} (%)
(1,10)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(1,20)	392.21	0.00	0.00	0.00	392.21	0.00	0.00
(1,30)	933.32	0.00	0.00	0.00	1111.45	0.82	0.00
(1,40)	249.02	23.12	30.20	0.00	521.13	28.78	0.00
(1,50)	418.20	3.91	3.91	0.00	871.06	18.06	0.00
(1,60)	696.10	29.30	3.88	0.00	1092.44	29.83	0.00
(1,70)	990.88	9.75	7.87	0.00	1499.35	0.00	9.38
(1,80)	788.38	68.65	26.55	0.00	1838.75	4.79	0.00
(1,90)	1755.59	41.68	37.82	0.00	3100.38	1.04	0.00
(1,100)	1640.22	39.48	53.00	0.00	3190.63	4.48	0.00
(2,20)	514.10	0.00	0.00	0.00	514.10	0.00	0.00
(2,30)	1273.97	10.14	4.30	0.00	1651.11	7.82	0.00
(2,40)	341.12	37.50	0.00	6.46	983.54	0.00	11.54
(2,50)	685.83	0.10	17.27	0.00	1553.38	0.00	19.9
(2,60)	712.60	1.32	24.15	0.00	2329.26	0.00	9.7
(2,70)	1150.25	52.71	51.46	0.00	2931.15	0.00	10.
(2,80)	1278.65	56.77	70.73	0.00	3213.58	0.00	14.
(2,90)	1101.60	66.34	95.00	0.00	3559.29	4.60	0.
(2,100)	2419.65	59.01	80.91	0.00	5246.33	0.00	12.
(3,30)	893.68	1.66	2.21	0.00	1487.87	0.00	6.0
(3,40)	306.37	25.69	19.58	0.00	1089.90	0.00	16.18
(3,50)	571.61	87.44	59.16	0.00	1981.86	0.00	38.78
(3,60)	1059.25	47.26	35.66	0.00	2464.03	0.00	27.87
(3,70)	1156.12	65.23	59.16	0.00	2767.86	0.00	48.49
(3,80)	1287.61	83.27	96.11	0.00	3353.49	0.00	51.20
(3,90)	1414.18	99.27	100.00	0.00	4030.02	0.00	37.41
(3,100)	1860.78	88.79	100.00	0.00	4850.18	0.00	41.58
(4,40)	396.94	18.38	7.88	0.00	1255.86	0.00	16.10
(4,50)	1134.32	32.92	13.27	0.00	2285.34	0.00	29.62
(4,60)	925.07	54.99	55.77	0.00	2059.81	0.00	70.25
(4,70)	807.19	64.53	89.35	0.00	3045.65	0.00	47.55
(4,80)	1760.31	56.06	40.42	0.00	3825.19	0.00	51.79
(4,90)	1965.16	70.81	69.93	0.00	4740.23	0.00	48.85
(4,100)	2084.36	94.63	52.06	0.00	4904.26	0.00	77.56
(5,50)	751.93	52.85	56.18	0.00	2009.46	0.00	65.32
(5,60)	1214.53	16.43	40.90	0.00	2784.92	0.00	70.46
(5,70)	1571.32	77.15	64.77	0.00	3554.14	0.00	68.92
(5,80)	1758.26	52.93	45.32	0.00	3790.32	0.00	71.17
(5,90)	1764.24	85.39	71.11	0.00	4528.78	0.00	78.43
(5,100)	2648.84	89.25	100.00	0.00	5607.99	0.00	74.05
Average		44.12	42.15	0.16		2.51	28.14

به غیر از یک مورد،عملکرد الگوریتم در سایر موارد بهتر است

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

Instance	Best	SMDVRPP-1	SMDVRPP-2	TS-RN	Best	SMDVRPP-1	SMDVRPP-2
($\|\mathcal{IC}\|, \|\mathcal{ITD}\|$)	LB	PD^{LB} (%)	PD^{LB} (%)	PD^{LB}(%)	UB	PD^{UB} (%)	PD^{UB} (%)
(1,10)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(1,20)	392.21	0.00	0.00	0.00	392.21	0.00	0.00
(1,30)	933.32	0.00	0.00	0.00	1111.45	0.82	0.00
(1,40)	249.02	23.12	30.20	0.00	521.13	28.78	0.00
(1,50)	418.20	3.91	3.91	0.00	871.06	18.06	0.00
(1,60)	696.10	29.30	3.88	0.00	1092.44	29.83	0.00
(1,70)	990.88	9.75	7.87	0.00	1499.35	0.00	9.38
(1,80)	788.38	68.65	26.55	0.00	1838.75	4.79	0.00
(1,90)	1755.59	41.68	37.82	0.00	3100.38	1.04	0.00
(1,100)	1640.22	39.48	53.00	0.00	3190.63	4.48	0.00
(2,20)	514.10	0.00	0.00	0.00	514.10	0.00	0.00
(2,30)	1273.97	10.14	4.39	0.00	1651.11	7.82	0.00
(2,40)	341.12	37.50	0.00	6.46	983.54	0.00	11.54
(2,50)	685.83	0.10	17.23	0.00	1553.38	0.00	19.9
(2,60)	712.60	1.32	24.15	0.00	2329.26	0.00	9.
(2,70)	1150.25	52.71	51.46	0.00	2931.15	0.00	10
(2,80)	1278.65	56.77	70.73	0.00	3213.58	0.00	1
(2,90)	1101.60	66.34	95.00	0.00	3559.29	4.60	
(2,100)	2419.65	59.01	80.91	0.00	5246.33	0.00	1
(3,30)	893.68	1.66	2.21	0.00	1487.87	0.00	
(3,40)	306.37	25.69	19.58	0.00	1089.90	0.00	16
(3,50)	571.61	87.44	59.16	0.00	1981.86	0.00	38.
(3,60)	1059.25	47.26	35.66	0.00	2464.03	0.00	27.8
(3,70)	1156.12	65.23	59.16	0.00	2767.86	0.00	48.49
(3,80)	1287.61	83.27	96.11	0.00	3353.49	0.00	51.20
(3,90)	1414.18	99.27	100.00	0.00	4030.02	0.00	37.41
(3,100)	1860.78	88.79	100.00	0.00	4850.18	0.00	41.58
(4,40)	396.94	18.38	7.88	0.00	1255.86	0.00	16.10
(4,50)	1134.32	32.92	13.27	0.00	2285.34	0.00	29.62
(4,60)	925.07	54.99	55.77	0.00	2059.81	0.00	70.25
(4,70)	807.19	64.53	89.35	0.00	3045.65	0.00	47.55
(4,80)	1760.31	56.06	40.42	0.00	3825.19	0.00	51.79
(4,90)	1965.16	70.81	69.93	0.00	4740.23	0.00	48.85
(4,100)	2084.36	94.63	52.06	0.00	4904.26	0.00	77.56
(5,50)	751.93	52.85	56.18	0.00	2009.46	0.00	65.32
(5,60)	1214.53	16.43	40.90	0.00	2784.92	0.00	70.46
(5,70)	1571.32	77.15	64.77	0.00	3554.14	0.00	68.92
(5,80)	1758.26	52.93	45.32	0.00	3790.32	0.00	71.17
(5,90)	1764.24	85.39	71.11	0.00	4528.78	0.00	78.43
(5,100)	2648.84	89.35	100.00		5607.99		
Average		44.12	42.15	0.16		2.51	28.14

مقدار متوسط انحراف

نتایج عددی و کاربردی به دست آمده

r	Average revenue	Average profit	Average acquisition price	Average no. dealers visited	Average no. vehicles used
15	6007.13	1116.29	6.25	37.73	2.80
18	9865.20	2659.38	7.02	52.58	3.85
21	12848.50	4530.20	7.24	59.30	4.45
24	15100.80	6428.89	7.29	61.25	4.63
27	17333.33	8414.25	7.34	62.78	4.70
30	19393.50	10393.72	7.38	63.40	4.75

افزایش r

با افزایش r اعداد تمام ستون ها روند صعودی دارند

ارائه پیشنهادهایی برای توسعه مسئله

۱)تمرکز بر روی مساله ی مکان یابی – مسیریابی که بتوان به طور همزمان مسیر وسایل نقلیه و مکان مراکز جمع آوری را تعیین کرد

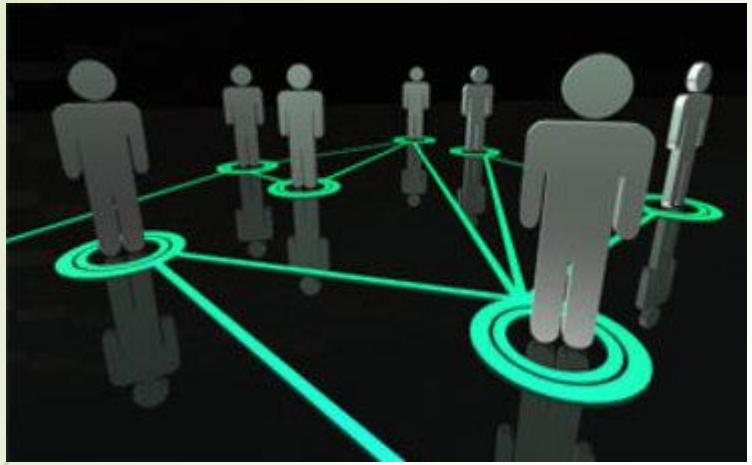
۲)در نظر گرفتن مساله ی مسیریابی – مکان یابی با دادن قیمت خرید وابسته به کیفیت کالای جمع آوری شده

۳) دویا چند شرکت در بازار باشند و بخواهند بر روی جمع آوری محصولات با هم رقابت کنند(competitive).در نتیجه سیاست قیمت گذاری تبعیض آمیز(price discrimination) را می توانند به کار ببرند

۴) نوع محصولات در اینجا همگون (homogeneous) است می توان آن را به صورت غیر همگون (heterogeneous) در نظر گرفت.درنتیجه قیمت های فروش می تواند متفاوت باشد

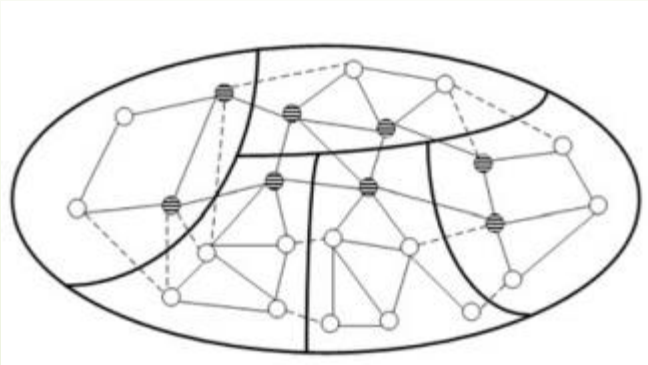
۵) اگر تعداد محصولات را غیر همگون (heterogeneous) فرض کنیم می توان حالتی را در نظر گرفت که برخی از دپوها فقط محصولات خاصی را جمع آوری کنند و بعد برای آن مساله ی مکان یابی – مسیریابی راحل کنیم

ارائه پیشنهادهایی برای توسعه مسئله



۶) می توان حالتی را در نظر گرفت که یک یا دو شرکت در بازار در حال جمع آوری کالاها هستند(Leader) و حال شرکت دیگری قصد ورود به این بازار را دارد(Follower) تا بتواند برای خود سود کسب کند

۷) در این مقاله فقط حالت جمع آوری کالا در نظر گرفته شده است(در صورت تصمیم به خرید از یک مرکز تمام کالاهای آن را می خرد) در حالی که می توانیم با تعریف تعدادی نقاط محور(hub) کار بررسی و یا جداسازی کالاها را نیز در نظر گرفت.همراه آن نیز کل بازار را تبدیل به مناطق مختلف نموده (partitioning)و در هر منطقه نیز یک قیمت خاص را پیشنهاد نمود که در واقع همان سیاست قیمت گذاری منطقه ای (zone pricing)است. و بعد برای آن مساله ی مکان یابی – مسیریابی راحل کرد



ارائه پیشنهادهایی برای توسعه مسئله

۸) اگر با در نظر گرفتن هاب ها و قیمت گذاری منطقه ای ، چند نوع محصول را در نظر بگیریم. و بعد برای آن مساله ی مکان یابی – مسیریابی راحل کنیم حالتی جالب خواهد بود

منابع

1. Aras, N., D. Aksen, and M. Tuğrul Tekin, *Selective multi-depot vehicle routing problem with pricing*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2011. 19(5): p. 866-884.

نکات مثبت مقاله

- در نظر گرفتن قیمت گذاری و همچنین در نظر گرفتن سیاست قیمت گذاری یکنواخت
- در نظر گرفتن مقیاس جالبی برای محاسبه ی درصد انحراف
- گزینشی بودن مدل این مقاله

با تشکر از توجه شما