مسئله مکان یابی حداکثر پوششMCLP با زمان های سفر فازی

چکیده

این مقاله، مسئله مکان یابی حداکثر پوشش فازی که در آن زمان سفر بین هر جفت گره به صورت متغیر فازی در نظر گرفته می شود را ارایه می کند. مدل بیشینه سازی ارزش مورد انتظار فازی برای این مسئله طراحی می شود. به علاوه، الگوریتم هیبرید شبیه سازی فازی و تبرید شبیه سازی شده برای حل FMCLP. استفاده می شود. برخی از نمونه های عددی ارایه شده، حل شده و برای نشان دادن عملکرد الگوریتم پیشنهادی تجزیه تحلیل می شود. نتایج نشان می دهد که SA پیشنهادی، راه حل هایی با مقادیر عینی بالاتر از 1.35 پایین تر از راه حل بهینه دارد. به علاوه، تبرید شبیه سازی شده در یافتن راه حل های بسیار قدرتمند است.

لغات کلیدی: مکان یابی تسهیلات، مسئله مکان یابی حداکثر پوشش، زمان های سفر فازی، تئوری اعتبار، شبیه سازی

1-مقدمه و توصیف مسئله

اصطلاح تحلیل مکان یابی اشاره به مدل سازی، فرمولاسیون و حل یک سری مسائلی دارد که به بهترین شکل به صورت مکان یابی تسهیلات در یک فضای معین دارد. اصطلاحات گزینش، موقعیت یابی و پهنه بندی نیز به عنوان مترادف مورد استفاده قرار می گیرند(رول و الیزلت 2005). کاربرد مسائل مکان یابی از ایستگاه های کشف گاز تا خروجی های فست فود تا لندفیل ها و نیرو گاه های برق است. یکی از مسائل مکان یابی سنتی که به خوبی از زمان ظهور خود مطالعه شده است، مسئله مکان یابی پوششی است. در مسئله مکان یابی پوششی، هدف اصلی جست و جوی راه حلی برای پوشش دادن زیر مجموعه ای از مشتریان است که یک یا چند هدف را در نظر می گیرند. مسئله مکان یابی پوششی اغلب به صورت مسئله پوشش مجموعه مکان یابی و مسئله مکان یابی پوشش حداکثر طبقه بندی می شود. در MCLP استاندارد، هدف فرد یافتن تعدادی از مراکز در یک شبکه است طوری که جمعیت پوشش دهی شده بیشینه سازی شود. یک جمعیت در صورتی پوشش دهی می شود که حداقل یک مرکز درون فاصله از پیش تعیین شده موقعیت یابی می شود. این فاصله از پیش تعیین شده موسوم به شعاع

پوشش است. انتخاب این فاصله نقش مهمی دارد و بر راه حل بهینه مسئله تا حد زیادی اثر دارد.MCLP از اهمیت زیاد کاربردی برای مکان یابی تسهیلات و مراکز خدمات نظیر مدارس، پارک ها، بیمارستان ها و واحد های اورژانس دارد. مسئله توسط چرچ و رول 1974 در شبکه معرفی شد و سپس دنباله ها و اکستنشن های مختلف به مسئله اصلی و اولیه ارایه شده است. به طور طبیعی MCLP زمانی در نظر گرفته می شود که منابع ناکافی یا بودجه برای پوشش دادن تقاضای همه گره ها وجود داشته باشد. از این روی، تصمیم گیرنده، منبع و بودجه تثبیت شده را برای پوشش تقاضا تا حد ممکن تعیین می کند.

عدم قطعیت در واقع فرا گیر است و این موجب می شود تا توصیف چندین پارامتر سخت یا غیر ممکن شود. برخی از نمونه های عدم قطعیت در مسائل دنیای واقعی شامل براورد تقاضای مشتری، زمان های سفر، نرخ تورم و غیره است. در این مقاله ما فرض می کنیم که اطلاعات دقیقی در خصوص زمان های سفر بر روی قوس های شبکه وجود ندارد. به علاوه، داده های کافی برای یافتن توزیع آماری وجود ندارد. از این روی ، تقاضا ها بر اساس دانش متخصصان براورد می شوند. برای مثال، کارشناسان می توانند ایده خود را به صورت 40 واحد در روز بیان کنند که بین 10 و 20 واحد در هر هفته است. متغیر های فازی در این نمونه ها برای حل این عدم قطعیت استفاده می شوند. زمان سفر، یک نمونه از متغیر هایی است که براورد ان ها با روش های سنتی نظیر روش های احتمال گرایانه سخت است. در بسیاری از این موارد، داده های کافی برای مطابقت با توزیع احتمال زمان سفر بین گره ها وجود ندارد و از این روی رویکرد احتمال گرایانه پر هزینه است. از سوی دیگر، بر اساس قضاوت کار شناس، می تواند به اسانی زمان های مسافرت را براورد کرد. از این روی از تئوری فازی برای مدل سازی و حل مسائل استفاده می کنیم.

در این مقاله، ما نسخه فازی از MCLP (FMCLP) را ارایه می دهیم که در آن زمان های مسافرت ارایه شده و الگوریتم هوشمند ترکیبی برای حل این مسئله پیشنهاد می شود. یک مدل بر اساس تئوری اعتبار ارایه شده و الکوریت هوشنند برای حل مسئله ارایه می شود الگوریتم هیبرید متشکل از شبیه سازی موجود در روش تابیدگی است.

بقیه این مقاله به صورت زیر سازمان دهی می شود: اولا، مرور منابع دقیق در خصوص مسائل پوششی و مسائل مربوطه ارایه می شود. سپس، متغیر های فازی و اصول تئوری اعتبار بحث می شود. الکوریتم راه حل پیشنهادی

در بخش 5 و مثال عددی در بخش 6 ارایه می شود. در نهایت چشم انداز برای تحقیقات اینده در بخش 7 ارایه می شود.

2- مرور منابع

در منابع، چندین روش برای حل MCLP (FMCLP) وجود دارد از جمله روش های دقیق، اکتشافی و فرا اکتشافی. اولین موج از مدل های مکان یابی منتشر شده قطعی می باشند و قادر به توجیه عدم قطعیت نمی باشند و از این روی در مسائل پوششی نظیر احتمال این که یک امبولانس ویزه ای که در زمان یا تقاضای فازی در شبکه مشغول است وجود داشته باشد.

منابع مربوط به مدل های پوششی بسیار متنوع می باشند و کاملا در این مقاله پوشش داده می شوند. از این روی، تنها تعداد کمی از مقالات بررسی می شوند. مقالات فنی و مربوط به مسئله پوشش وجود داشته است. رزنده 1998 به مطالعه عملکرد GRASP در حل مسئله پوششی پرداخت. کو و ونگ 2009 به بررسی مسئله پوشش حد اکثر هاب تخصیص پرداختند در این مطالعه، فرض بر این است که برای رسیدن به مقصد، باید از یک یا دو هاب در زمان محدود استفاده کرد. مسئله کو و ونگ 2009، مکان یابی P هاب می باشد طوری که جریان های سرویس شده بیشینه می شوند. روش پیشنهادی برای حل این مسئلهف رویکرد تکاملی مبتنی بر ارتباط مسیر است. دی ازی کورا، لورنا و ریبریو2009 به تحلیل نسخه احتمال کرایانه MCLP پرداختند که در آن یک سرور در هر مرکز وجود دارد. آن ها از ترکیبی از رویکرد های گراف پوششی و تولید ستون برای حل این مسئله استفاده کردند. اراز، سلیم و ازکاراهان 2007،، برنامه نویسی هدف فازی چند منظوره را برای مدل مکان یابی نقلیه اورژانسی مبتنی بر پوشش در نظر گرفتند. هدف اراز و همکاران 2007، بیشینه سازی جمعیت با پوشش پشتیبان و افزایش سطح خدمات با کاهش فاصله زمان کل از مکان ها در فاصله بیشتر از استاندارد فاصله از پیش تعیین شده است. برمن و کراس 2002، پوشش جزیی مشتریان را برای یک کلاس کلی از MCLP. در نظر گرفتند. همین مسئله توسط کارساکال 2004 در نظر گرفته شده است که در آن آن ها از استراحت لانگراژ برای حل مسئله استفاده کردند. برای حل مسئله پوششف موراسکی و چرچ 2009، مدلی را ارایه کردند که فرض می کند مراکز و تسهیلات تثبیت شده ثابت شده و قابلیت دسترسی گره های تقاضا بهبود می یابد. مدل آن ها موسوم به مسئله بهبود شبکه پوشش ماکزیمم است که به صورت مسئله برنامه نویسی خطی فرموله شده و یک مطالعه موردی در غنا بررسی می شود.

شاوندی و مهلوجی 2006 مدل تخصیص مکان فازی را برای سیستم های دارای ازدحام ارایه کرده و آن را تخصیص مکان پوشش ماکزیمم صف بندی فازی در نظر گرفتند. آن ها از الگوریتم ژنتیکی برای حل مسئله بهره بردند. بوتانویک، پترویچ و پترویچ 2009 مسائل مکان یابی پوشش ماکزیمم را در شبکه های با عدم قطعیت پیشنهاد کردند.

آن ها به مطالعه مسائل با اهمیت برابر گره های تقاضا، اوزان قطعی نسبی گره های تقاضا و دوره های زبانی برای اوزان تقاضا پرداختند. به علاوه، آن ها الگوریتم های مناسب برای حل این مدل ها پیشنهاد کردند. رول، ایزلت و داسکین 2008 به بررسی مقالاتی در خصوص مسائل پوشش دهی و نقش آن در مدل های مکان یابی پرداختند. مخاطبان می توانند برای بررسی مسائل پوشش دهی به این مقاله مراجعه می کنند.

جدول 1 مسائل مکان یابی پوششی ماکزیمم را نشان می دهد که در منابع مطالعه شده است. می توان گفت که بسیاری از منابع به موارد قطعی تخصیص داده شده است و اکتشافات و فرا اکتشافات به عنوان ابزاری برای حل این مسائل مطرح بوده اند.

با در نظر گرفتن مرور منابع می توان گفت که هیچ کاری در خصوص مسائل مکان یابی بیشینه با زمان های سفر فازی وجود ندارد. بر اساس این یافته و این حقیقت که عدم قطعیت در بسیاری از مسائل دنیای واقعی وجود دارد، ما پیشنهاد می کنیم تا از منطق فازی در مدل سازی مسئله استفاده شود. این مقاله به غنی تر شدن منابع کمک می کند. ما MCLP را در محیط فازی با برنامه نویسی بیشینه مقدار مورد انتظار مدل سازی می کنیم. به علاوه، مدل با استفاده ازتئوری اعتبار و تبرید شبیه سازی شده حل می شود. در نهایت رویکرد جدید برای اعتبار سنجی این مسئله پیشنهاد می شود.

3- متغیر فازی

اصطلاح متغیر فازی توسط کافمن 1975 ارایه شده و توسط زاده 1975 و مامیس بحث شد. تئوری احتمال توسط زاده 1978 ارایه شده و اصلاحات و اکستنشن های آن توسط دابیس و پراید در بسیاری از مقالات دنبال شده است. تغییر در تئوری احتمال موسوم به تئوری اعتبار می باشد و توسط دانشمندان در سرتاسر دنیا مطالعه شده است. چون نسخه فازی مسئله پوشش دهی در فضای اعتبار در این مقاله در نظر گرفته می شود، ما مروری بر مفاهیم و تعاریف زیر داریم

تعریف 1: فرض کنید که Θ یک مجموعه غیر خالی باشد و $P(\Theta)$ توان Θ, باشد که به ازای $A \in P(\Theta)$ است و از این روی یک عدد غیر منفی $Pos(A)$, موسوم به احتمال وجود دارد

$$Pos\{\varnothing\} = 0.$$
$$Pos\{\Theta\} = 1.$$
$$Pos\{U_k A_k\} = sup_k \; Pos\{A_k\}$$

سه گانه $(\Theta, P(\Theta), Pos)$ موسوم به فضای احتمال است و Pos شاخص احتمال است.

تعریف 2: یک متغیر فازی به صورت تابعی از فضای احتمال $(\Theta, P(\Theta), Pos)$ با خط واقعی R تعریف می شود.

فرض کنید که بخواهیم تفاوت بین متغیر فازی و متغیر تصادفی روشن کنیم. فرض کنید که یک سکه را می اندازیم می دانیم که احتمال هر طرف برابر با $(Pr(\theta_1) = Pr(\theta_2) = 0.5)$, است در این صورت، می توان متغیر تصادفی را به شکل زیر تعریف کرد

$$\psi(\theta) = \begin{cases} 0 & \text{if } \theta = \theta_1, \\ 1 & \text{if } \theta = \theta_2. \end{cases} \tag{1}$$

اگر مسئله از حیث فضای اعتبار تعریف شود و شاخص به جای احتمال موسوم به اعتبار باشد، متغیر فازی به صورت زیر بیان می شود

$$\xi(\theta) = \begin{cases} 0 & \text{if } \theta = \theta_1 \\ 1 & \text{if } \theta = \theta_2 \end{cases} \tag{2}$$

هر دو متغیر برای مجموعه ای از اعداد حقیقی از فضا با خواص معین استفاده می شود. لازم به ذکر است تئوری احتمال برای مطالعه رفتار متغیر های تصادفی استفاده می شود تئوری اعتبار برای مطالعه متغیر های فازی استفاده می شود.

تعریف 3: فرض کنید ξ یک متغیر فازی در فضای احتمال $(\Theta, P(\Theta), Pos)$. است. انگاه، تابع عضویت از شاخص احتمال Pos با معادله زیر گرفته شده است

$$\mu(x) = Pos\{\theta \in \Theta | \xi(\theta) = x\} x \in \mathcal{R}. \tag{3}$$

تعریف 4: فرض کنید $(\Theta, P(\Theta), Pos)$ فضای احتمال باشد و A در $P(\Theta)$. قرار داده شود. سپس شاخص لازم A به شکل زیر تعریف می شود

$$Nec\{A\} = 1 - Pos\{A^c\}.$$

تعریف 5: فرض کنید که ξ متغیر فازی در فضای احتمال $(\Theta, P(\Theta), Pos)$ باشد و سپس داریم

$$\xi_\alpha = \{\xi(\theta) | \theta \in \Theta,\ Pos\{\theta\} \geqslant \alpha\}. \tag{4}$$

که مجموعه سطح الفای ξ است.

تعریف 6: فرض کنید $(\Theta, P(\Theta), Pos)$ فضای احتمال باشد و A در $P(\Theta).$ در نظر گرفته می شود. سپس شاخص اعتبار A به صورت زی رتعریف می شود

$$Cr\{A\} = \tfrac{1}{2}(Pos\{A\} + Nec\{A\})$$

جدول 1: ماتریس مرور منابع

روش حل			نوع راه حل			نوع پارامتر			مقاله
			فرا اکتشافی	اکتشافی	دقیق	فازی	احتمالی	قطعی/	
Galvao, Espejo, and Boffey (2000)			√				√		LR
Aytug and Saydam (2002)				√				√	GA
Berman and Krass (2002)			√				√		LR
Espejo, Galvao, and Boffey (2003)			√				√		LR
Karasakal and Karasakal (2004)			√				√		LR
Barbas and Marin (2004)			√				√		DC
Younies and Wesolowski (2004)			√				√		N/A
Shavandi and Mahlooji (2006)				√				√	GA
Araz et al. (2007)					√	√			N/A
Curtin et al. (2007)			√			√			N/A
Berman and Huang (2008)			√					√	TS/LR
Plastria and Vanhaverbeke (2008)			√				√		IE
ReVelle et al. (2008)			√					√	HC
Batanovic et al. (2009)					√		√		N/A
Canbolat and Massow (2009)			√					√	SA
Murawski and Church (2009)			√			√			N/A
Qu & Weng (2009)			√					√	PR
Ratick, Osleeb, and Hozumi (2009)			√			√			N/A

در صورتیکه تابع عضویت $\mu(u)$ از is به صورت فرد باشد، سپس یک احتمال یا اعتبار رویداد فازی به صورت $\{\xi \geqslant r\}$ در نظر گرفته می شود :

$$Pos\{\xi \geqslant r\} = \sup_{u \geqslant r} \mu(u), \tag{5}$$

$$Nec\{\xi \geqslant r\} = 1 - \sup_{u < r} \mu(u), \tag{6}$$

$$Cr\{\xi \geqslant r\} = \frac{1}{2}(Pos\{\xi \geqslant r\} + Nec\{\xi \geqslant r\}). \tag{7}$$

با در نظر گرفتن معادله 7، اعتبار یک رویداد فازی به صورت میانگین احتمال و لزوم تعریف می شود. شاخص اعتبار به صورت دو گانه است. یک رویداد فازی در صورتی با شکست مواجه می شود که احتمال ان 1 باشد و با این حال یک رویداد فازی در صورتی صادق است که اعتبار آن 1 باشد و در صورتی که اعتبار ان صفر باشد با شکست مواجه می شود. اکنون مثالی از متغیر فازی $\xi = (r_1, r_2, r_3, r_4).$ را مد نظر قرار می دهیم. از تعریف احتمال، لازمه و اعتبار، می توان ان را به دست اورد

$$Pos\{\xi \geqslant r\} = \begin{cases} 1 & \text{if } r \leqslant r_3 \\ \frac{r_4 - r}{r_4 - r_3} & \text{if } r_3 \leqslant r \leqslant r_4 \\ 0 & \text{if } r \geqslant r_4, \end{cases} \quad (8)$$

$$Nec\{\xi \geqslant r\} = \begin{cases} 1 & \text{if } r \leqslant r_1 \\ \frac{r_2 - r}{r_2 - r_1} & \text{if } r_1 \leqslant r \leqslant r_2 \\ 0 & \text{if } r \geqslant r_2, \end{cases} \quad (9)$$

$$Cr\{\xi \geqslant r\} = \begin{cases} 1 & \text{if } r \leqslant r_1 \\ \frac{2r_2 - r_1 - r}{2(r_2 - r_1)} & \text{if } r_1 \leqslant r \leqslant r_2 \\ \frac{1}{2} & \text{if } r_2 \leqslant r \leqslant r_3 \\ \frac{r_4 - r}{2(r_4 - r_3)} & \text{if } r_3 \leqslant r \leqslant r_4 \\ 0 & \text{if } r \geqslant r_4. \end{cases} \quad (10)$$

4- مسئله مکان یابی پوشش حداکثر فازی

فرض کنید که یک شبکه $G = (N, A)$ وجود دارد که در آن N-A به ترتیب نشان دهنده گره و قوس است. یک وزن مربوط به هر گره وجود دارد که نشان دهنده تقاضای ان است. زمان سفر بر روی قوس شبکه غیر قطعی است که به شکل متغیر فازی مد نظر قرار می گیرد. قبل از معرفی فرمول مسئله و روش راه حل، متغیر ها و پارامتر های تصمیم گیری به شکل زیر بیان می شوند

پارامتر های مسئله

h_j - تقاضای گره J

P - تعداد مراکز مکان یابی شده

t_{ij}-زمان مسافرت بین گره های I-J

R : شعاع پوشش

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

متغیر های تصمیم

$$X_j = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

$$Y_i = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

اکنون مسئله (MCLP) MCLP فازی را می توان به شکل زیر بیان کرد

$$Max\ E\left(\sum_j h_j X_j\right), \tag{11}$$

$$\sum_i a_{ij} Y_i - X_j \geqslant 0 \quad \forall j, \tag{12}$$

$$\sum_i Y_i = P, \tag{13}$$

$$X_j, Y_{ij} \in \{0, 1\}. \tag{14}$$

تابع هدف (11) بیان می دارد که مقدار کل تقاضای پوشش دهی شده بیشنه می شود. محدودیت 12 بیان می دارد که تقاضای گره J در صورتی پوشش داده می شود که حداقل یک مرکز مکان یابی شده با فاصله کم تر از شعاع پوشش دهی شده وجود داشته باشد. محدود کننده 13 بیان می دارد که تسهیلات P مکان یابی می شوند. در نهایت، محدود کننده 14،محدودیت دو دویی بر متغیر های تصمیمی وارد می کند.

حل نمونه های زیادی از مسئله مکان یابی پوششی ماکزیمم با درصد پوشش بالا با روش های دقیق سخت است((ReVelle, Scholssberg, & Williams, 2008). روش های دقیق قادر به بررسی راه حل های بهینه باری همه نمونه های MCLP در یک زمان منطقی نمی باشند. از این روی با استفاده از روش های اکتشافی و فرا اکتشافی برای حل MCLP می توانیم به یک عمل منطقی دست یابیم. روش های دقیقی نظیر برنچ و باند وجود

دارند که به دنبال فضای راه حل نمی باشند. علی رغم این، به دلیل افزایش زیاد در تعداد راه حل های ممکن MCLP، حتی این روش ها برای حل نمونه های بزرگ تر کافی نمی باشند.

5- الگوریتم راه حل پیشنهادی

اگرچه روش های دقیق قادر به حل MCLPs های با اندازه متوسط و کوچک می باشند، ازمایشات نشان می دهند که زمان اجرا برای حل نمونه های MCLPs با اندازه بالون بزرگ تر از 24 ساعت لازم است. این نشان می دهد که روش های دقیق قادر به حل مسائل دنیای واقعی MCLPs نمی باشند و می توان از روش های اکتشافی استفاده کرد. در این بخش، ما رویکرد تبرید شبیه سازی شده را برای حل MCLPs ارایه می دهیم. ما نشان می دهیم که این روش بر روی نسخه مسئله پیشنهادی چگئونه کار می کند. سپس شبیه سازی فازی در تبرید شبیه سازی شده برای حل نسخه فازی MCLPs قرار داده می شود.

5-1 ساختار کلی روش حل

در این مقاله، تبرید شبیه سازی شده برای حل FMCLP.استفاده شد. شبیه سازی در SA برای براورد مقدار مورد انتظار تقاضای پوشش دهی شده قرار داده می شود. به علاوه، SA برای جست و جوی موثر فضای راه حل استفاده می شود. Arostegui, Kadipasaoglu, and Khumawala (2006) اقدام به ارزیابی استفاده از روش های اکتشافی مختلف در مسائل مکان یابی کردند. پی برده شد که اگرچه TS بهترین عملکرد را دارد، SA عملکرد خوبی برای بسیاری از مسائل مکان یابی دارد. در این مقاله Sa نشان می دهد که نتایج حل FMCLP مطلوب است.

5-2 ارزیابی تناسب و شبیه سازی مقدار مورد انتظار یک راه حل

معادله 12 نشان می دهد که مقدار x با مقدار y تعیین می شود. چون مقدار y بستگی به زمان مسافرت بین گره تقاضا و مرکز دارد، می توان مشاهده کرد که x متغیر فازی می باشد. از این روی برای تعیین مقدار مورد انتظار 11، می توان از شبیه سازی فازی استفاده کرد. برای حل مدل برنامه نویسی فازی نظیر مدل ماف به شکل زیر تعیین می شود:، $U : x \to E[f(x,\xi), g_j(x) j = 1, 2, ..., m]$. لیو 2008 الگوریتمی را برای براورد مقدار مورد انتظار اریه کرد که در شکل 1 نشان داده شده است.

الگوریتم حل FMCLP در شکل 2 تشان داده شده است.

5-3 تبرید شبیه سازی شده

5-3-1 چارچوب کلی

فرا اکتشافات اغلب به دو گروه مجزا تقسیم می شوند: روش های جست و جوی محلی و مبتنی بر جمعیت. تبرید شبیه سازی شده یک روش جست و جو برای جست و جوی تصادفی فضا بوده و از به دام افتادن در مینیمای محلی جلوگیری می کند.SA از مینیمای محلی با پذیرش بدترین راه حل با احتمال کاهش جلوگیری می کند. این برای مسائل بهینه سازی ترکیبی مختلف و نیز مسائل دنیای واقعی استفاده شده است. مسیر یابی نقلیه و مکان یابی و زمان بندی ها مسائلی می باشند که در آن ها sa دارای قابلیت است. SA توسط Metropolis, Rosenbluth, Rosenbluth, Teller, and Teller (1953) ارایه شد.

یک مقایسه بین SA و فرایند تبرید در صنعت متالورژی وجود دارد. SA از فرایند تبرید که از راه حل اولیه تبعیت می کند تقلید می کند. در هر تکرار از SA الگوریتم به دنبال راه حل جدیدی در هم جوار یک راه حل فعلی است. سپس تناسب راه حل جدید با راه حل فعلی برای تعیین پیشرفت مقایسه می شود. در صورتی که پیشرفت حاصل شد، راه حل جدید به یک راه حل فعلی تبدیل می شود. در صورتی که راه حل تناسب بد تر باشد به صورت راه حل فعلی تعیین می شود که احتمال ان با استفاده از تابع بولتنزمن $\text{Exp.}\ (-\Delta/kT)$ است که K ثابت از قبل تعیین شده است و T دمای فعلی است. شانس پذیرش به بدترین شرایط برای اجتماب از محدود کردن حرکات به حرکاتی که منجر به راه حل بهینه می شوند تبدیل می شود. این مکانیسم از همگرایی اجتناب می کند.

در بخش های زیر، SA پیشنهادی به طور مفصل بحث می شود از جمله مدل سازی راه حل، تولید همسایه، ارزیابی تناسب و تنظیم پارامتر های SA.

5.3.2 طرح کد گذاری و تولید راه حل اولیه

یک طرح کد گذاری موثر اثر معنی داری بر عملکرد SA دارد. احتمال کد گذاری راه حل های مسئله ما، استفاده از مدل سازی دو دویی برای نشان دادن تثبیت مکان ها در گره های کاندید است. روش های کد کذاری و رمز گشایی یک راه حل کاندید با استفاده از آن ها به عنوان مثال تشریح می شوند. مسئله با شش گره کاندید را در نظر بگیرید که در ان دو مرکز نکان یابی نشده است. یک راه حل ممکن می تواند به صورت [1 0 0 0 1 0] باشد

و این نشان می دهد که دو مرکز در اولین و 5 امین گره مکان یابی شده است. لازم به ذکر است با استفاده از بردار راه حل، ماتریس زمان مسافرت و شعاع پوشش، می توان مجموعه ای از گره های پوشش دهی شده را یافت.

5-3-3 طرح خنک سازی و معیار های توقف

به طور کلی، طرح های خنک سازی به صورت خطی، نمایی و سهمی استفاده می شوند. احتمال پذیرش بد ترین راه حل در SA به شدت بستگی به زمان خنک کنندکی دارد. از این روی شیوه به روز رسانی دما نقش مهمی در کیفیت راه حل ها در تبرید شبیه سازی شده ایفا می کند/

در این مقاله، ما از روش پیشنهادی کراما و ساشین 2003 استفاده کردیم. ما دمای اولیه را تنظیم می کنیم طوری که در طی اولین مرحله L در الگوریتم، احتمال پذیرش از پیش تعیین شده برای حرکت ها منجر به بدترین راه حل ها می شود. این احتمال باید نسبتا بالا باشد و به صورت ایکس در نظر گرفته می شود. مقدار X باید برابر با 0.8 باشد و الگوریتم برای 100 مرحله بدون رد حرکات تعیین می شود. افزایش متوسط تابع هدف در این مرحله با دلتا محاسبه می شود. در نهایت، T_0 برابر با $T_0 = \frac{-\Delta}{\ln \chi}$ است که در آن ln لگاریتم است. به علاوه، فاکتور مقیاس برابر با 0.95 است. در این مقاله، الگوریتم زمانی متوقف می شود که دمای جاری به T0 برسد/

5-3-4 ساختار همسایه

برای جست و جوی راه حل های بهتر، ما $N(X)$ را به صورت مجموعه ای از راه حل های x در نظر می گیریم. در هر تکرار، راه حل بعدی y از $N(X)$ تولید می شود. این حرکات تضمین کننده امکان سنجی همسایه های تولید شده با تثبیت تعدادی از مراکز مکان یابی شده است. حرکت بعدی زمانی انجام می شود که مقادیر دو عنصر در راه حل جایکزین شود. در مسئله ما، تعداد مراکز باز باید تثبیت شود. از این روی این حرکت ها جایگزین های دو عنصر با مقادیر مختلف وجود دارند. برای نشان دادن عملکرد طرح کد گذاری، مثال شکل 3 را در نظر می گیریم.

مرحله 1: $e = 0.$

مرحله 2: تولید تصادفی θ_k از فضای اعتبار (Θ, P, Cr) تولید می شود و داریم $\nu_k = (2Cr\{\theta_k\}) \wedge 1$ و $\xi_k = \xi(\theta_k), k = 1,2,\ldots,N$. به طور معادل ، به طور تصادفی ξ_k ایجاد کنیم و $\nu_k = \mu(\xi_k)$ به ازای $k = 1, 2, \ldots, N,$ است که در آن μ یک تابع عضویت از ξ است.

مرحله 3: دو عدد $a = f(x,\xi_1) \wedge f(x,\xi_2) \wedge ... \wedge f(x,\xi_N)$ و $b = f(x,\xi_1) \vee f(x,\xi_2) \vee ... \vee f(x,\xi_N)$ را در نظر می گیریم.

مرحله 4: تولید تصادفی r از $[a, b]$

مرحله 5: در صورتی که $r \geq 0$ ، سپس $e \leftarrow e - Cr\{f(x,\xi \geq r)\}$

مرحله 6: اگر $r < 0$ باشد داریم $e \leftarrow e - Cr\{f(x,\xi : r)\}$

مرحله 7: کرار مراحل جهار تا شش برای n بار

مرحله 8: $U_1(x) = a \vee 0 + b \wedge 0 + e.(b - a)/N$

شکل 1: شبیه سازی مبتنی بر تئوری اعتبار

```
% Get the values of T0: Initial temperature; α: The scale factor, MaxItr: Number of iterations
t=T0
x=initialize a solution
xbest=x
fbest=inf
while(stopping criteria is not met)
        for Itr=1:MaxItr
                s=Local Search(x)
                f(s)=Simulate(x)
                if(f(s)>f(x))
                        x=s
                        fbest=f(x)
                        xbest=x
                else
                        if(random<=exp(-(f(x)-f(s))/t)
                        x=s
                end if
                t=αT0
        end for
end while
```

شکل 2: تبرید شبیه سازی

در این جا نشان داده شده است که مرکز موجود در گره 3 بسته شده و مرکز در گره 6 باز شده است. شافل مربوط به گرفتن یک راه حل از موقعیت تصادفی است. شکل 3 عملکرد شافل ار در راه حل نمونه نشان می دهدو در نهایت، در یک حرکت سفارش مجدد، عناصر بیت های متوالی I در شکل 3 نشان داده شده است. لازم به ذکر است

که حرکات برای تشدید جست و جو استفاده می شود و از این روی برای تنوع بخشی به جست و جو، می توان از بر یا شافل استفاده کرد.

6- مثال های عددی

6-1 مثال های ازمایشی

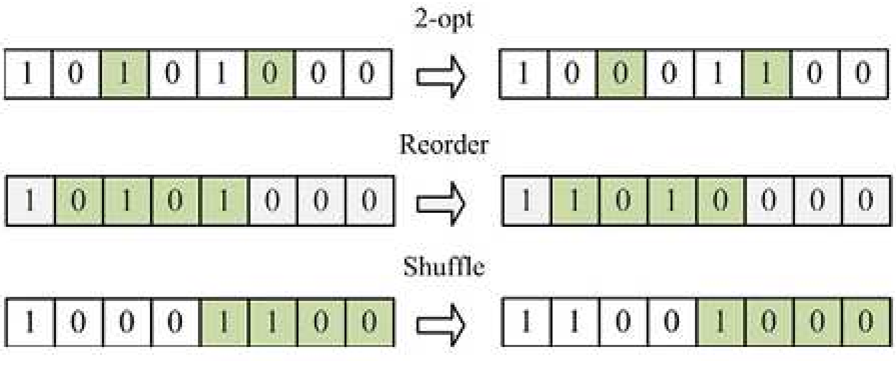
برای ایجاد مسائل ازمایشی، ما از روش زیر استفاده می کنیم. موقعیت های گره ها در مسائل ازمایشی به طور تصادفی با توزیع یکنواخت بین 0 و 30 برای مختصات ایکس و ایگرک تولید می شود. فاصله بین گره ها به صورت فواصل اقلیدسی در نظر گرفته می شود. جمعیت های موجود در گره ها به طور تصادفی با توزیع یکنواخت بین [0, 100] تولید می شود. این روش برای تولید مجموعه ای از مسائل با 50، 100, 200, 500 و 900 گره استفاده می شود. به علاوه، زمان های مسافرت تابعی از فاصله بین گره ها می باشند.

پارامتر های اول، دوم و سوم این متغیر های فازی برابر با فاصله بین دو گره با نویز هستند. این نویز ها به ترتیب برای a-b-c برابر با 10-30 و 50 می باشند. نا برابری مثلث لزوما برای مسئله ما به دلیل نویز های تصادفی افزوده شده به زمان های مسافرت صادق نیست.

6-2 خصوصیات کامپیوتر

هر دو شبیه سازی فازی و تبرید شبیه سازی شده با متلب 2009 الف برنامه نویسی شده و بر روی سیستم کامپیوتری با سطح بالا ران شدند. به علاوه، LINGO 8 برای حل نسخه ساده مسئله بر روی کامپیوتر با خصوصیات یکسان استفاده شد.

جدول 1: ساختار های جست و جوی همسایه



6-3 نتایج، اعتبار سنجی و بحث ها

برای اعتبار سنجی نتایج، ما دو تحلیل را پیاده سازی کردیم. اولا با یک نسخه ساده از مسئلع، مسئله را با ترکیبی از پارامتر های sa حل کردیم. جدول 2، سطوح مختلف sa را در این مرحله نشان می دهد. با 12 ترکیب، مسئله 10 بار حل شد و بهترین، متوسط و بدترین تناسب در جدول 3 گزارش شده است. نتایج نشان می دهد که DA پیشنهادی عملکرد بهتری داشته و با استفاده از ران های بیشتر در هر دما بدست می اید و از این روی با استفاده از نوع زمان بندی این نتایج مورد انتظار است حتی اجرای الکوریتمی است که ما از آن ها برای اعتبار سنجی الگوریتم پیشنهادی استفاده می کنیم.

سپس برای ارزیابی عملکرد SA از بعد دیگر، نسخه ای از مسئله با LINGO 8 کد گذاری شد و همین مسئله با SA پیشنهادی حل شد. جدول 4 نشان می دهد که اگرچه SA پیشنهادی قادر به یافتن روش های بهینه در نمونه های بزرک تر وجود دارد، فواصل ناچیزی در مقایسه با راه حل های بهینه دیده می شود. به علاوه زمان اجرای SA بسیار کوچک است. از این روی SA بسیار زمان اجرای کوچک تری دارد. و در مواردی می توان از ان استفاده کرد که راه حل های دقیقی وجود داشته باشد. لازم به ذکر است که در همه موارد در جدول 4، شعاع پوشش برابر با 6 است.

به علاوه، ما نشان می دهیم که کارکرد الکوریتم با پارامتر های SAتا چه حد است. نتایج مثال عددی در جدول 5 با شرایط مختلف مقایسه شده است. برای مقایسه این نتایج شاخص موسوم به نسبت خطا استفاده می شود که با سه ستون اخر جدول 5 متناظر است

نسبت خطا: تناسب- تناسب */تناسب* ضرب در 100 درصد

جدول 2: شرایط حل مسئله با تبرید شبیه سازی شده

جدول 3: نتایج تناسب در 10 دور

جدول 4: مقایسه راه حل های بدست امده از راه حل دقیق و تبرید شبیه سازی شده

# of Nodes	P^*	LINGO		Simulated annealing				Gap (%)	Gap (%)	Gap (%)
		Optimal solution	Time (s)	Worst fitness	Average fitness	Best fitness	Time (s)			
50	1	417.5	<1	417.5	417.5	417.5	1	0.00	0.00	0.00
50	2	826.7	<1	826.7	826.7	826.7	1	0.00	0.00	0.00
100	2	1777.5	<1	1777.5	1777.5	1777.5	2	0.00	0.00	0.00
100	5	3298.9	<1	3298.9	3298.9	3298.9	2	0.00	0.00	0.00
200	3	5710.3	1	5710.3	5710.3	5710.3	5	0.00	0.00	0.00
200	8	10,325.7	1	10325.7	10325.7	10325.7	5	0.00	0.00	0.00
500	10	24,717.9	30	24498.7	24536.1	24717.9	69	0.89	0.74	0.00
500	15	25,068.7	104	25068.7	25068.7	25068.7	71	0.00	0.00	0.00
900	10	44,793.4	299	44190.1	44413.7	44685.1	263	1.35	0.85	0.24
900	15	45,003.2	207	45003.2	45003.2	45003.2	251	0.00	0.00	0.00
								Worst	Average	Best

جدول 5: مقایسه راه حل های استفاده از نسخه فازی با شرایط مختلف

CS	NIT	NTB	Fitness			Error ratio (%)		
			Best	Average	Worst	Best	Average	Worst
Linear	20	100	0.7362	0.7362	0.7362	0.57	0.57	0.57
Linear	20	200	0.7398	0.7381	0.7362	0.08	0.31	0.57
Linear	50	100	0.7404	0.7401	0.7401	0.00	0.04	0.04
Linear	50	200	0.7404	0.7399	0.7395	0.00	0.07	0.12
Exponential	20	100	0.7391	0.7389	0.7388	0.18	0.20	0.22
Exponential	20	200	0.7398	0.7391	0.7377	0.08	0.18	0.36
Exponential	50	100	0.7398	0.7395	0.7362	0.08	0.12	0.57
Exponential	50	200	0.7398	0.7398	0.7398	0.08	0.08	0.08

تناسب Fitness* موسوم به بهترین تناسب یافت شده در میان اجرا های مختلف است. نشان داده شده است که ER مازاد بر 0.57 درصد با استفاده از شرایط مختلف راه حل است. از این روی این الگوریتم پایدار بوده و رویکرد پیشنهادی برای حل مسئله مهم است.

7-نتیجه گیری و زمینه های تحقیقاتی اینده

مکان یابی تسهیلات در شبکه ها برای پوشش دادن تقاضا به طور کلی یا جزیی یک مسئله چالش بر انگیز برای سال های مختلف است. این مقاله، مسئله مکان یابی حداکثر پوشش فازی که در آن زمان سفر بین هر جفت گره به صورت متغیر فازی در نظر گرفته می شود را ارایه می کند. مدل بیشینه سازی ارزش مورد انتظار فازی برای این مسئله طراحی شد. به علاوه، الگوریتم هیبرید شبیه سازی فازی و تبرید شبیه سازی شده برای حل FMCLP. استفاده می شود. برخی از نمونه های عددی ارایه شده، حل شده و برای نشان دادن عملکرد الگوریتم پیشنهادی تجزیه تحلیل شد. نتایج نشان می دهد که SA پیشنهادی، راه حل هایی با مقادیر عینی بالاتر از 1.35 پایین تر از راه حل بهینه دارد. به علاوه، تبرید شبیه سازی شده در یافتن راه حل های بسیار قدرتمند است. ما بر این باور هستیم که مدل ما به سمت مدل سازی و حل مسئله مکان یابی پوشش دهی در محیط های فازی و عدم قطعی استفاده می شود. این مقاله به غنی سازی منابع در جهات زیر می پردازد الف: شانس فازی محدود ننده مدل برنامه نویسی مسئله است ب: تبرید شبیه سازی شده برای حل مسئله پیشنهاد می شود ج: پیشنهاد رویکرد ارزیابی برای مسئله. می توان همین مسئله را برای مسائل مکان یابی دیگر نظیر میانه یا مرکز P در نظر گرفت. به علاوهف امکان استفاده از روش های راه حل دیگر نظیر الکوریتم ژنتیکی با استفاده از روش های حل برای حل مدل مشابه وجود دارد. در نهایت، مسئله را می توان در محیطی در نظر گرفت که در ان متغیر های فازی و تصادفی هم زمان وجود دارند. برای مثال، تقاضا ها باید متغیر های تصادفی باشند.