

## ارائه مدل مکان‌یابی سلسله‌مراتبی پوششی با حالت چنددوره‌ای در شرایط عدم قطعیت

سمانه بابایی مراد<sup>1</sup>، حسن باقری<sup>2</sup>، جواد بهنامیان<sup>3\*</sup>

- 1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
- 2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
- 3- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

پذیرش: 1397/10/4

دریافت: 1397/3/12

### چکیده

این پژوهش در زمینه مدل مکان‌یابی پوششی سلسله‌مراتبی با در نظر گرفتن رویکرد پویا و پارامترهای فازی (شعاع پوشش و مقدار تقاضا در دوره‌های مختلف به صورت فازی)، ارائه و بررسی می‌شود. هدف از این پژوهش، ارائه مدلی برای مکان‌یابی و تخصیص بیمارستان‌ها و ماشین‌های واسطه که شامل تخصیص بالگرد امداد و آمبولانس به نقاط تقاضا، به منظور استقرار و پوشش نقاط تقاضایی که در شعاع پوشش آن‌ها قرار دارند، است. در این پژوهش، احتمال مشغول بودن تسهیلات نیز در نظر گرفته شده است. جایگاه بیمارستان‌های فوق تخصصی، بیمارستان و کلینیک یک مرتبه مکان‌یابی می‌شود و در دوره‌های مختلف ثابت هستند. برای نزدیکی بیشتر به واقعیت از مفهوم فازی استفاده شده است. مکان تسهیلات خدماتی شامل آمبولانس‌ها و بالگرد در دوره‌های مختلف متغیر است و برای این جابجایی‌ها هزینه‌هایی نیز در نظر گرفته شده است. ماشین خدماتی، بیمارستان‌ها و کلینیک‌ها دارای محدودیت ظرفیت هستند. با توجه به اینکه هدف فقط صحت‌گذاری مدل است، از داده‌های عددی استفاده شده است. با استفاده از مثال عددی در مقیاس‌های کوچک از روش قطعی نرم‌افزار گمز و برای

مقیاس‌های بزرگ‌تر از الگوریتم فراابتکاری مصنوعی زنبوران<sup>1</sup> و رقابت استعماری<sup>2</sup> استفاده شده است. برای صحت‌گذاری مدل پیشنهادی آن را با مدل بشیری و همکاران مورد مقایسه قرار داده‌ایم که نتایج عددی نشان دهنده کارایی مطلوب روش حل پیشنهادی و مدل مسئله است.

واژگان کلیدی: مکان‌یابی سلسله‌مراتبی؛ مکان‌یابی پوششی؛ مکان‌یابی پویا؛ مکان‌یابی تسهیلات اورژانس؛ مکان‌یابی فازی.

### 1- مقدمه

حوادث به‌عنوان بخشی از واقعیت‌های گریزناپذیر محسوب می‌شوند که عمدتاً کنترل وقوع آن‌ها خارج از عهده بشر است، اما می‌توان با انجام تدابیری اثرات ناشی از وقوع این حوادث را کاهش داد و به حداقل ممکن رساند. اگرچه بروز حوادث امری اجتناب‌ناپذیر است و خسارات ناشی از آن‌ها از جهات گوناگون به‌ویژه از نظر مالی و احساسی قابل جبران نیست، ولی با اقدامات پیشگیرانه و برنامه‌ریزی‌های مناسب می‌توان به مقابله با این حوادث پرداخت و خسارت‌ها و خطرهای آن‌ها را به حداقل ممکن کاهش داد. یکی از چالش‌های پاسخگویی به این حوادث، دسترسی به محل حادثه و انتقال مجروحین یا بیماران به بیمارستان‌ها یا کلینیک‌ها در کمترین زمان ممکن است. درصد بالایی از مقالات ارائه‌شده در حوزه مکان‌یابی را می‌توان در سه دسته موضوعی دسته‌بندی کرد که عبارتند از: مکان‌یابی مناسب برای ایستگاه‌ها به‌منظور حداقل کردن فاصله ایستگاه‌ها و سایت‌های تقاضا برای افزایش کارایی زمان ارائه خدمت؛ حداقل کردن ایستگاه‌هایی که نقاط پوشش آن‌ها برهم منطبق هستند؛ تعیین معقول‌ترین تعداد ایستگاه با برقراری تعادل بین هزینه از دست دادن تقاضای برآورده نشده و هزینه ایجاد ایستگاه‌ها. یکی از مشهورترین مدل‌های مکان‌یابی که از اوایل علم مکان‌یابی مورد توجه بوده، مدل مکان‌یابی پوششی<sup>3</sup> است. مسئله پوشش به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: مسئله مکان‌یابی

---

1. Artificial Bee Colony  
2. Imperialist Competitive Algorithm  
3. Covering Location Problem

حداکثر پوششی<sup>1</sup> و مسئله مکان‌یابی پوششی کل بدون توجه به نوع مسئله. یک جمعیت زمانی پوشش داده‌شده تلقی می‌شود که در یک فاصله زمانی یا مکانی از پیش تعیین‌شده‌ای نسبت به یک یا چند تسهیل قرار گرفته باشد. مکان‌یابی پوششی جزئی برای اولین بار توسط چارچ و ریول [1، ص 437-452] بر روی مسئله شبکه معرفی شد. از آن زمان به بعد، کاربردها و توسعه‌های نظری متعددی روی مدل کلاسیک مکان‌یابی پوششی جزئی ارائه شده است. در این تحقیق، مدلی در چارچوب مکان‌یابی سلسله‌مراتبی پوششی با در نظر گرفتن رویکرد پویا و فازی (مقدار تقاضا در دوره‌های مختلف به صورت فازی) ارائه می‌شود که با توجه به مطالعه مدل‌های فازی، ایده‌آل‌ترین روش برای مدل پیشنهادی روش یاکر است و احتمال مشغول بودن تسهیلات در آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مدل به منظور مکان‌یابی بیمارستان‌ها و ماشین‌های خدماتی برای استقرار و پوشش نقاط تقاضا که در شعاع آن‌ها قرار دارند، ارائه شده است. در این مدل، جایگاه بیمارستان‌ها یکبار مکان‌یابی می‌شود و در دوره‌های مختلف ثابت هستند. مکان تسهیلات خدماتی تخصیص داده‌شده به نقاط تقاضا برای پوشش آن نقطه و نقاط تقاضایی که در شعاع پوشش این نقطه تقاضا (نقاط بالقوه برای استقرار ماشین‌های خدماتی) قرار دارند، به صورت پویا است و می‌تواند در دوره‌های مختلف جابجا شود. در این مدل، محدودیت ظرفیت نیز ارائه شده است. پژوهش حاضر دارای دو فرض است که شامل مکان‌یابی سلسله‌مراتبی برای مطابقت بیشتر با واقعیت از نظر مدل‌سازی پویایی محیط و در نظر گرفتن شرایط فازی است. روش پژوهش حاضر بر اساس تابع هدف، پژوهشی کاربردی-توسعه‌ای است. روش‌شناسی تحقیق به این صورت است که ابتدا مطالعه جامعی از مبانی نظری مسئله مکان‌یابی پوششی انجام شده و شکاف‌های موجود با در نظر گرفتن شرایط محیطی شناسایی شدند و متناسب با شکاف‌ها به تعریف مسئله پرداخته و مدلی ریاضی ارائه شد. با توجه به پیچیدگی مسئله، الگوریتم‌های فراابتکاری رقابت استعماری و زنبوران مصنوعی طراحی شدند. برای صحت‌گذاری مدل‌سازی ریاضی، مدل پیشنهادی به وسیله نرم‌افزار گمز، حل و نتایج آن با نتایج مدل پوشش تدریجی مقایسه شد. همچنین در ابعاد بزرگ‌تر،

---

1. Maximal Covering Location Problem

نتایج با الگوریتم شبیه‌سازی تبرید مقایسه شد که نشان دهنده کارایی بهتر الگوریتم رقابت استعماری بود. در انتها نیز نتیجه‌گیری و پیشنهاد‌های آتی آمده است.

## 2- پیشینه تحقیق

مکان‌یابی تسهیلات نقش عمده‌ای در زنجیره تأمین، به‌خصوص در تسهیلات تولیدی و خدماتی، دارد؛ به‌طوری‌که در دهه‌ی اخیر کانون توجه بسیاری از محققان شده است. به‌عنوان مقدمه‌ای جامع از مدل‌های مکان‌یابی می‌توان به مراجع ارزشمندی نظیر ریول و ایسلت [2، ص 19-1] اشاره کرد. مسئله مکان‌یابی تسهیلات گسسته به معنای یافتن زیرمجموعه بهینه در یک مجموعه از مکان‌های نامزد برای قرارگیری تسهیلات است. مسئله مکان‌یابی تسهیلات به‌طور گسترده‌ای در زمینه امکانات مراقبت‌های بهداشتی استفاده شده است [3، ص 123]. برای بررسی دقیق مبانی نظری درخصوص عدم‌قطعیت به مقالات متعددی مراجعه شده است. در فرآیندهای برنامه‌ریزی تصمیم‌گیری، عدم‌قطعیت یک عامل اصلی است که ممکن است اثر بخشی پیکربندی و هماهنگی را تحت تأثیر قرار دهد [4، ص 1-24] و در این حالت، بررسی رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی فازی که به‌صورت یکپارچه ضرایب فازی تابع هدف و محدودیت‌های فازی (ضرایب فزآوری و مقادیر سمت راست) را در نظر می‌گیرد، ضروری است. در این زمینه، تحقیقات بسیاری انجام شده که برخی از آن‌ها نظیر [5، ص 1022-1016] مروری بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی مطابق با مفاهیم فازی انجام شده هستند. نویسندگان، 15 نوع مدل ریاضی فازی را طبقه‌بندی کردند که ترکیبات ممکن از اجزای فازی را دربر دارد. مدل‌های قبلی در رابطه با مدل‌های مکان‌یابی هستند که به‌صورت پویا و فازی جداگانه این حوزه را مورد بررسی قرار داده‌اند. این پژوهش با در نظر گرفتن شعاع پوشش و مقدار تقاضا به‌صورت پویا و فازی دارای اهمیت بیشتری نسبت به مدل‌های ارائه‌شده قبلی است. به‌منظور مقایسه بهتر مطالعات پیشین و تحقیق حاضر، و تشخیص شکاف‌های موجود در این زمینه، ویژگی‌های موردنظر در سایر مطالعات با تحقیق حاضر در جدول (1) بررسی و مقایسه شده است.

جدول 1 مقایسه مدل پیشنهادی با مدل‌های موجود

| تسهیلات | سلسله‌مراتب     |         |          |   | فازی | پوشش پشتیبان |         | پویایی        |       | مرجع               |
|---------|-----------------|---------|----------|---|------|--------------|---------|---------------|-------|--------------------|
|         | چندسطحی چند نوع | چندسطحی | چندسطحی  |   |      | کلاسیک       | پشتیبان | جابجایی تسهیل | تخصیص |                    |
|         |                 |         | تک‌جریان | ح |      |              |         |               |       |                    |
|         | ✓               |         | ✓        |   | ✓    | ✓            |         | ✓             | ✓     | مدل پیشنهادی       |
|         | ✓               |         | ✓        |   |      |              | ✓       | ✓             | ✓     | [6, ص 151-376]     |
| ✓       |                 | ✓       | ✓        |   |      |              | ✓       | ✓             |       | [7, ص 1641-1653/7] |
| ✓       |                 |         | ✓        |   |      |              |         |               |       | [8, ص 814-826]     |
| ✓       |                 |         | ✓        |   |      |              | ✓       |               |       | [9, ص 1293-1303]   |
| ✓       |                 |         | ✓        |   |      |              |         |               |       | [10, ص 736-749]    |
|         | ✓               | ✓       |          | ✓ |      | ✓            |         |               |       | [11, ص 638-645]    |
|         | ✓               |         | ✓        |   | ✓    | ✓            |         |               |       | [12, ص 2310-2333]  |

### 3- مدل‌سازی

فرض کنید در یک منطقه مکان‌یابی بیمارستان تخصصی با سطوح خدمت‌دهی (اول، دوم، سوم و چهارم)، بیمارستان با سطوح خدمت‌دهی (اول، دوم و سوم)، کلینیک با سطوح خدمت‌دهی (اول و دوم)، بالگرد امداد و آمبولانس با سطح خدمت‌دهی (اول) و تخصیص نقاط تقاضا به این تسهیلات برای به دست آوردن حداکثر پوشش با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی از قبیل ترافیک، پرخطر بودن بخشی از محدوده، تعداد مختلف اپراتورهای بالگرد و آمبولانس طی شیفت‌های مختلف زمانی و ظرفیت تسهیلات و فازی بودن مقدار تقاضا با در نظر گرفتن احتمال مشغول بودن مدنظر است. با توجه به غیرخطی بودن محدودیت‌ها آن‌ها را خطی کرده و وارد مدل شده است.

#### 3-1- اجزای مدل

##### 3-1-1- زیروندها (اندیس‌ها)

$a$ : مجموعه نقاط نامزد برای قرارگیری آمبولانس؛  $b$ : مجموعه نقاط نامزد برای قرارگیری بیمارستان؛  $h$ : مجموعه نقاط نامزد برای قرارگیری بالگرد؛  $d$ : مجموعه نقاط نامزد برای قرارگیری کلینیک؛  $r$ : مجموعه نقاط نامزد برای قرارگیری بیمارستان فوق تخصصی؛ در توضیحات مسئله از E به نمایندگی از همه تسهیلات استفاده شده

است. همچنین  $i$ : مجموعه نقاط تقاضا،  $t$ : مجموعه دوره‌های زمانی،  $l$ : زیروند سطح خدمت و  $j$ : تعداد سری‌های مشغول بودن هر تسهیل هستند.

### 3-1-2- پارامترها

$M$  ظرفیت پذیرش آمبولانس؛  $\bar{d}_{iEt}^f$  حداکثر تقاضای  $i$  از تسهیل مکان  $E$  در دوره  $t$ ؛  $Z_{iEt}$  حداکثر شعاع پوشش داده شده نقطه تقاضای  $i$  توسط تسهیل مکان  $E$  در دوره  $t$ ؛  $p$  تعداد تسهیلات؛  $F_{taa}$  هزینه جابه‌جایی آمبولانس از سایت  $a$  به سایت  $a'$  از دوره  $t$ - $l$  به دوره  $t$ ؛  $F_{thh}$  هزینه جابه‌جایی بالگرد از سایت  $h$  به سایت  $h'$  از دوره  $t-l$  به دوره  $t$ ؛  $P_{Et}$  احتمال مشغول بودن تسهیل در دوره  $t$ .

### 3-1-3- متغیرها

$y_{Et}$  زمانی برابر یک است که تسهیلی در مکان  $E$  در دوره  $t$  قرار گیرد.  $X_{iEt}$  اگر مشتری  $i$  به تسهیل واقع در مکان  $E$  در دوره  $t$  تخصیص داده شود، برابر یک است.  $X'_{iEE'tl}$  اگر مشتری  $i$  به تسهیل واقع در مکان  $E$  با سطح سرویس  $l$  توسط تسهیل واسطی واقع در مکان  $E'$  در دوره  $t$  تخصیص داده شود، برابر یک است. متغیرهای دودویی کمکی خطی ساز:  $g_{taa}$  برابر با  $y_a \times y_{a(t-1)}$  است.  $g_{thh'}$  برابر با  $y_{ht} \times y_{h(t-1)}$  است.  $g_{iabt}$  برابر با  $x_{iat} \times x'_{iabt}$  است.  $g_{ihbt}$  برابر با  $x_{iht} \times x'_{ihbt}$  است.  $g_{iadt}$  برابر با  $x_{iadt} \times x'_{iadt}$  است.  $g_{ihdt}$  برابر با  $x_{idat} \times x'_{ihdt}$  است.  $g_{iart}$  برابر با  $x_{irt} \times x'_{ihrt}$  است.  $g_{ihrt}$  برابر با  $x_{irt} \times x'_{ihrt}$  است.  $S_{iabt}$  برابر با  $y_{at} \times y_{bl3}$  است.  $S_{iadtl2}$  برابر با  $y_{at} \times y_{al2}$  است.  $S_{iartl4}$  برابر با  $y_{at} \times y_{al4}$  است.  $S_{ihbtl3}$  برابر با  $y_{ht} \times y_{rl4}$  است.  $S_{ihdtl2}$  برابر با  $y_{ht} \times y_{al2}$  است.  $S_{ihrtl4}$  برابر با  $y_{ht} \times y_{rl4}$  است.  $t$  یک عدد فازی است که بیشترین انحراف محدودیت نام را نشان می‌دهد.

### 3-2- نحوه فازی کردن پارامترها

به دلیل فازی بودن مقدار تقاضا در تابع هدف و محدودیت‌ها از روش [14]، ص [1016-1022] استفاده شده که در آن، مدل کلی برای برنامه‌ریزی خطی فازی شامل ضرایب هدف فازی، ضرایب فنآوری فازی و ضرایب سمت راست فازی در محدودیت‌ها به شکل رابطه (1) است که عنصر فازی شامل  $\exists \mu_j \in f(R)$  که  $\mu_j \rightarrow [0,1], j \in N$  بوده، هزینه فازی تعریف شده و مطابق (2) است.

ارائه مدل مکان‌یابی سلسله‌مراتبی پوششی ... سمانه بابایی مراد و همکاران

$$\max Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

$$s.t : \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$$

$$x_j \geq 0 \quad i \in M \quad j \in N$$

$$\max Z = \sum_{j=1}^n (c_j + \frac{d_{cj} - d'_{cj}}{3}) x_j \quad (2)$$

$$s.t : \sum_{j=1}^n (a_{ij} + \frac{d_{aij} - d'_{aij}}{3}) x_j \leq (b_i + \frac{d_{bi} - d'_{bi}}{3}) + (t_i + \frac{d_{ti} - d'_{ti}}{3})(1 - \alpha)$$

$$x_j \geq 0 \quad i \in M \quad j \in N \quad \alpha \in [0,1]$$

برای حل رابطه (2)، روش‌های رتبه‌بندی اعداد فازی متفاوت را می‌توان برای تابع هدف و محدودیت‌ها، می‌توان از برای فازی کردن روش‌های رتبه‌بندی در محدودیت‌ها و روش آلفا-برش در تابع هدف استفاده کرد. در این مقاله برای اثرات تصویر روش شاخص اول از [15، ص 1435-1437] استفاده کرده‌ایم.

$$\max Z = \sum_{j=1}^n (c_j + \frac{d_{cj} - d'_{cj}}{3}) x_j \quad (3)$$

$$s.t : \sum_{j=1}^n (a_{ij} + \frac{d_{aij} - d'_{aij}}{3}) x_j \leq (b_i + \frac{d_{bi} - d'_{bi}}{3}) + (t_i + \frac{d_{ti} - d'_{ti}}{3})(1 - \alpha)$$

$$x_j \geq 0 \quad i \in M \quad j \in N \quad \alpha \in [0,1]$$

با استفاده از شاخص اول یاگر و با در نظر گرفتن اعداد فازی مثلثی، مسئله بالا به شکل مسئله برنامه‌ریزی خطی معادل آن تبدیل می‌شود. دو دلیل برای استفاده از عدد فازی مثلثی به جای ذوزنقه‌ای و زنگوله‌ای و... وجود دارد. دلیل اول این است که یک تابع عضویت مثلثی را می‌توان به‌عنوان شکل خاصی از یک تابع عضویت ذوزنقه‌ای در نظر گرفت و دلیل دوم، سادگی در محاسبه خروجی یک سیستم فازی است.

3-3- مدل ریاضی

مدل پیشنهادی به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}
 \text{Maximize : } & \left( \sum_{i \in I} \sum_{a \in A} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M (1-p_{at}) p_{at}^{j-1} \left( d_{iat} + \frac{d d_{iat} - d' d_{iat}}{3} \right) X_{iat} + \right. \\
 & \sum_{i \in I} \sum_{h \in H} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M (1-p_{ht}) p_{ht}^{j-1} \left( d_{iht} + \frac{d d_{iht} - d' d_{iht}}{3} \right) X_{iht} + \\
 & \sum_{b \in B} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \alpha_{l3}^* (1-p_{bt}) p_{bt}^{j-1} \left( d_{ibtl} + \frac{d d_{ibtl} - d' d_{ibtl}}{3} \right) X_{ibtl} + \\
 & \sum_{r \in R} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \alpha_{l4}^* (1-p_{rt}) p_{rt}^{j-1} \left( d_{irtl} + \frac{d d_{irtl} - d' d_{irtl}}{3} \right) X_{irtl} + \\
 & \sum_{r \in R} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \sum_{a \in A} \alpha_{l4}^* (1-p_{rat}) p_{rat}^{j-1} \left( d_{iartl} + \frac{d d_{iartl} - d' d_{iartl}}{3} \right) X'_{iartl} + \\
 & \sum_{r \in R} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \sum_{h \in H} \alpha_{l4}^* (1-p_{rht}) p_{rht}^{j-1} \left( d_{ihrtl} + \frac{d d_{ihrtl} - d' d_{ihrtl}}{3} \right) X'_{ihrtl} + \\
 & \sum_{b \in B} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \sum_{a \in A} \alpha_{l3}^* (1-p_{bat}) p_{bat}^{j-1} \left( d_{iabtl} + \frac{d d_{iabtl} - d' d_{iabtl}}{3} \right) X'_{iabtl} + \\
 & \sum_{b \in B} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \sum_{h \in H} \alpha_{l3}^* (1-p_{bht}) p_{bht}^{j-1} \left( d_{ihbtl} + \frac{d d_{ihbtl} - d' d_{ihbtl}}{3} \right) X'_{ihbtl} + \\
 & \sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \sum_{a \in A} \alpha_{l2}^* (1-p_{dat}) p_{dat}^{j-1} \left( d_{iadtl} + \frac{d d_{iadtl} - d' d_{iadtl}}{3} \right) X'_{iadtl} + \quad (4) \\
 & \sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \sum_{h \in H} \alpha_{l2}^* (1-p_{dht}) p_{dht}^{j-1} \left( d_{ihdtl} + \frac{d d_{ihdtl} - d' d_{ihdtl}}{3} \right) X'_{ihdtl} + \\
 & \sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} \sum_{j=1}^M \alpha_{l2}^* (1-p_{dt}) p_{dt}^{j-1} \left( d_{idtl} + \frac{d d_{idtl} - d' d_{idtl}}{3} \right) X_{idtl} - \\
 & \left( \sum_{t \in T} \sum_{a \in A} \sum_{a' \in A} F_{aa'}^t, y_a^{t-1} y_{a'}^t + \sum_{t \in T} \sum_{h \in H} \sum_{h' \in H} F_{hh'}^t, y_h^{t-1} y_{h'}^t \right) \\
 & \forall a \in A, b \in B, h \in H, t \in T, l \in L, d \in D, r \in R
 \end{aligned}$$



ارائه مدل مکان‌یابی سلسله‌مراتبی پوششی ... سمانه بابایی مراد و همکاران

$$s.t : \sum_{a \in A} y_a^t \leq P_1^t \quad \forall t \in T \quad (5)$$

$$\sum_{h \in H} y_h^t \leq P_2^t \quad \forall t \in T \quad (6)$$

$$\sum_{b \in B} y_b^{l3} \leq P_3 \quad \forall t \in T \quad (7)$$

$$\sum_{r \in r} y_r^{l4} \leq P_4 \quad \forall t \in T \quad (8)$$

$$\sum_{d \in D} y_d^{l2} \leq P_5 \quad \forall t \in T \quad (9)$$

$$\sum_{i \in I} (d_{iat} + \frac{d d_{iat} - d' d_{iat}}{3}) X_{iat} - (t_1 + \frac{d t_1 - d' t_1}{3})(1-\alpha) \leq M_1 y_a^t \quad (10)$$

$\forall a \in A, t \in T$

$$\sum_{i \in I} (d_{iht} + \frac{d d_{iht} - d' d_{iht}}{3}) X_{iht} - (t_2 + \frac{d t_2 - d' t_2}{3})(1-\alpha) \leq M_2 y_a^t \quad (11)$$

$\forall h \in H, t \in T$

$$\sum_{l=1}^2 \sum_{t \in T} (d_{ibtl} + \frac{d d_{ibtl} - d' d_{ibtl}}{3}) X_{ibtl} + \sum_{l=1}^3 \sum_{t \in T} (d_{ibtl} + \frac{d d_{ibtl} - d' d_{ibtl}}{3}) + g'_{ibtl} (d''_{ibtl} + \frac{d d_{ibtl} - d' d_{ibtl}}{3}) + \sum_{l=1}^3 \sum_{t \in T} (d_{ibtl} + \frac{d d_{ibtl} - d' d_{ibtl}}{3}) g'_{ihbl} (d''_{ihbl} + \frac{d d_{ihbl} - d' d_{ihbl}}{3}) - (t_3 + \frac{d t_3 - d' t_3}{3})(1-\alpha) \leq M_3 y_b^{l3} \quad (12)$$

$\forall a \in A, b \in B, h \in H, t \in T, l \in L$

$$\sum_{l=1}^4 (d_{intl} + \frac{dd_{intl} - d'_{intl}}{3}) X_{intl} + \sum_{l=1}^4 (d_{intl} + \frac{dd_{intl} - d'_{intl}}{3}) g'_{icntl} + (d''_{icntl} + \frac{d_{dicntl} - d'_{dicntl}}{3}) + (d_{intl} + \frac{dd_{intl} - d'_{intl}}{3}) g'_{ihntl} (d''_{ihntl} + \frac{d_{dihntl} - d'_{dihntl}}{3}) - (t_4 + \frac{d_{t_4} - d'_{t_4}}{3})(1-\alpha) \leq M_4 y_r^l \quad (13)$$

$\forall a \in A, r \in R, h \in H, t \in T, l \in L$

$$\sum_{l=1}^2 (d_{idtl} + \frac{dd_{idtl} - d'_{idtl}}{3}) X_{idtl} + \sum_{l=1}^2 (d_{idtl} + \frac{dd_{idtl} - d'_{idtl}}{3}) + g'_{iadtl} (d''_{iadtl} + \frac{d_{diadtl} - d'_{diadtl}}{3}) + \sum_{l=1}^2 (d_{idtl} + \frac{dd_{idtl} - d'_{idtl}}{3}) g'_{ihdtl} (d''_{ihdtl} + \frac{d_{dihdtl} - d'_{dihdtl}}{3}) - (t_5 + \frac{d_{t_5} - d'_{t_5}}{3})(1-\alpha) \leq M_5 y_d^l \quad (14)$$

$\forall a \in A, d \in D, h \in H, t \in T$

$$X_{iat} \leq y_a^t \quad \forall a \in A, i \in I, t \in T \quad (15)$$

$$X_{iht} \leq y_h^t \quad \forall h \in H, i \in I, t \in T \quad (16)$$

$$X_{ibt3} \leq y_b^{l3} \quad \forall b \in B, i \in I, t \in T, l \in L3 \quad (17)$$

$$X_{irt4} \leq y_r^{l4} \quad \forall r \in R, i \in I, t \in T, l \in L4 \quad (18)$$

$$X_{idt2} \leq y_d^{l2} \quad \forall d \in D, i \in I, t \in T, l \in L2 \quad (19)$$

$$X'_{iabt3} \leq s_{abt3} \quad \forall b \in B, i \in I, t \in T, l \in L3, a \in A \quad (20)$$

$$X'_{ihbt3} \leq s_{hbt3} \quad \forall b \in B, i \in I, t \in T, l \in L3, h \in H \quad (21)$$

$$X'_{iart4} \leq s_{art4} \quad \forall a \in A, r \in R, i \in I, t \in T, l \in L4 \quad (22)$$

$$X'_{ihrtl4} \leq s_{hrtl4} \quad \forall h \in H, r \in R, i \in I, t \in T, l4 \in L \quad (23)$$

$$X'_{iadtl2} \leq s_{adtl2} \quad \forall a \in A, d \in D, i \in I, t \in T, l2 \in L \quad (24)$$

$$X'_{ihdtl2} \leq s_{hdtl2} \quad \forall h \in H, d \in D, i \in I, t \in T, l2 \in L \quad (25)$$

$$\begin{aligned} & \sum_a X_{iat} + \sum_h X_{iht} + \sum_{l3b} X_{ibtl3} + \sum_{l2d} X_{idtl2} + \sum_{l4r} X_{irtl4} + \sum_{l3ab} X'_{iabtl3} \\ & + \sum_{l3hb} X'_{ihbtl3} + \sum_{l2ad} X'_{iadtl2} + \sum_{l2hd} X'_{ihdtl2} + \sum_{l2ad} X'_{iadtl2} \\ & + \sum_{l4ar} X'_{iartl4} + \sum_{l4hr} X'_{ihrtl4} \leq 1 \quad \forall a \in A, b \in B, h \in H, t \in T, l \in L, d \in D, r \in R \end{aligned} \quad (26)$$

$$X_{iat} \leq z_{iat} * y_a^t \quad \forall a \in A, i \in I, t \in T \quad (27)$$

$$X_{iht} \leq z_{iht} * y_h^t \quad \forall h \in H, i \in I, t \in T \quad (28)$$

$$X_{ibtl3} \leq z_{ibtl3} * y_b^{l3} \quad \forall b \in B, i \in I, t \in T, l \in L3 \quad (29)$$

$$X_{idtl2} \leq z_{idtl2} * y_d^{l2} \quad \forall d \in D, i \in I, t \in T, l \in L2 \quad (30)$$

$$X_{irtl4} \leq z_{irtl4} * y_r^{l4} \quad \forall r \in R, i \in I, t \in T, l \in L4 \quad (31)$$

$$X'_{iabtl3} \leq z_{iat} * z_{ibtl3} * s_{abtl3} \quad \forall b \in B, i \in I, t \in T, l \in L3, a \in A \quad (32)$$

$$X'_{ihbtl3} \leq z_{iht} * z_{ibtl3} * s_{hbtl3} \quad \forall b \in B, i \in I, t \in T, l \in L3, h \in H \quad (33)$$

$$X'_{iadtl2} \leq z_{iat} * z_{idtl2} * s_{adtl2} \quad \forall d \in D, i \in I, t \in T, l \in L2, a \in A \quad (34)$$

$$X'_{ihdtl2} \leq z_{iht} * z_{idtl2} * s_{hdlt2} \quad \forall d \in D, i \in I, t \in T, l \in L2, h \in H \quad (35)$$

$$X'_{iartl4} \leq z_{iat} * z_{irtl4} * s_{artl4} \quad \forall r \in R, i \in I, t \in T, l \in L4, a \in A \quad (36)$$

$$X'_{ihrtl4} \leq z_{iht} * z_{irtl4} * s_{hrtl4} \quad \forall r \in R, i \in I, t \in T, l \in L4, h \in H \quad (37)$$

$$2 * g_{aa}^t \leq y_a^{t-1} + y_{a'}^t \quad \forall a, a' \in A, t \in T \quad (38)$$

$$g_{aa}^t + 1 \geq y_a^{t-1} + y_{a'}^t \quad \forall a, a' \in A, t \in T \quad (39)$$

$$2 * g_{hh}^t \leq y_h^{t-1} + y_{h'}^t \quad \forall h, h' \in H, t \in T \quad (40)$$

$$g_{hh}^t + 1 \geq y_h^{t-1} + y_{h'}^t \quad \forall h, h' \in H, t \in T \quad (41)$$

$$2 * S_{abl3} \leq y_a^t + y_b^{l3} \quad \forall a \in A, t \in T, l \in L3, b \in B \quad (42)$$

$$S_{abl3} + 1 \geq y_a^t + y_b^{l3} \quad \forall a \in A, t \in T, l \in L3, b \in B \quad (43)$$

$$2 * S_{hbt3} \leq y_h^t + y_b^{l3} \quad \forall h \in H, t \in T, l \in L3, b \in B \quad (44)$$

$$S_{hbt3} + 1 \geq y_h^t + y_b^{l3} \quad \forall h \in H, t \in T, l \in L3, b \in B \quad (45)$$

$$2 * S_{adt|2} \leq y_a^t + y_d^{l2} \quad \forall a \in A, t \in T, l \in L2, d \in D \quad (46)$$

$$2 * S_{hdt|2} \leq y_h^t + y_d^{l2} \quad \forall h \in H, t \in T, l \in L2, d \in D \quad (47)$$

$$S_{hdt|2} + 1 \geq y_h^t + y_d^{l2} \quad \forall h \in H, t \in T, l \in L2, d \in D \quad (48)$$

$$2 * S_{art|4} \leq y_a^t + y_r^{l4} \quad \forall a \in A, t \in T, l \in L4, r \in R \quad (49)$$

$$S_{art|4} + 1 \geq y_a^t + y_r^{l4} \quad \forall a \in A, t \in T, l \in L4, r \in R \quad (50)$$

$$2 * S_{hrt|4} \leq y_h^t + y_r^{l4} \quad \forall h \in H, t \in T, l \in L4, r \in R \quad (51)$$

$$S_{hrt|4} + 1 \geq y_h^t + y_r^{l4} \quad \forall h \in H, t \in T, l \in L4, r \in R \quad (52)$$

$$2 * g'_{iabt} \leq x_{iat} + x'_{iabt} \quad \forall a \in A, t \in T, i \in I, b \in B \quad (53)$$

$$g'_{iabt} + 1 \geq x_{iat} + x'_{iabt} \quad \forall a \in A, t \in T, i \in I, b \in B \quad (54)$$

$$2 * g'_{ihbt} \leq x_{iht} + x'_{ihbt} \quad \forall h \in H, t \in T, i \in I, b \in B \quad (55)$$

$$g'_{ihbt} + 1 \geq x_{iht} + x'_{ihbt} \quad \forall h \in H, t \in T, i \in I, b \in B \quad (56)$$

$$2 * g'_{iadt} \leq x_{iat} + x'_{iadt} \quad \forall a \in A, t \in T, i \in I, d \in D \quad (57)$$

$$g'_{iadt} + 1 \geq x_{iat} + x'_{iadt} \quad \forall a \in A, t \in T, i \in I, d \in D \quad (58)$$

$$2 * g'_{ihdt} \leq x_{iht} + x'_{ihdt} \quad \forall h \in H, t \in T, i \in I, d \in D \quad (59)$$

$$g'_{ihdt} + 1 \geq x_{iht} + x'_{ihdt} \quad \forall h \in H, t \in T, i \in I, d \in D \quad (60)$$

$$2 * g'_{iart} \leq x_{iat} + x'_{iart} \quad \forall a \in A, t \in T, i \in I, r \in R \quad (61)$$

$$g'_{iart} + 1 \geq x_{iat} + x'_{iart} \quad \forall a \in A, t \in T, i \in I, r \in R \quad (62)$$

$$2 * g'_{ihrt} \leq x_{iht} + x'_{ihrt} \quad \forall h \in H, t \in T, i \in I, r \in R \quad (63)$$

$$g'_{ihrt} + 1 \geq x_{iht} + x'_{ihrt} \quad \forall h \in H, t \in T, i \in I, r \in R \quad (64)$$

$$\begin{aligned} &g_{hh't}, g_{aa't}, S_{abtl}, S_{hbtl}, S_{adtl}, S_{hdl}, S_{artl}, S_{hrtl}, \\ &g'_{ihrt}, g'_{iart}, g'_{ihdt}, g'_{iadt}, g'_{ihbt}, g'_{iabt} \in \{0, 1\} \quad (65) \\ &\forall a, a' \in A, h, h' \in H, t \in T, i \in I, d \in D, r \in R, l \in L \end{aligned}$$

با توجه به توضیحات قسمت فازی که به‌طور کامل نحوه فازی کردن پارامترها در آن توضیح داده شد، در این پژوهش دو پارامتر مقدار تقاضا و شعاع پوشش به‌صورت فازی در نظر گرفته شده که متناسب با هدف انجام پژوهش به دنبال حداکثر کردن پوشش مشتریان است. با توجه به این‌که از تسهیلات واسطه مانند بالگرد امداد و آمبولانس استفاده شده و مکان آن‌ها در دوره‌های مختلف متناسب با میزان تقاضا و شعاع پوشش تغییر می‌کند، برای کارایی بیشتر مدل پیشنهادی هزینه جابجایی در دوره‌های مختلف برای تسهیلات واسطه در نظر گرفته شده است. همچنین از آنجایی‌که تابع هدف از نوع بیشینه است، با منفی قرار دادن ضریب هزینه، تابع هدف به دنبال بیشینه‌کردن پوشش مشتریان و کاهش هزینه جابجایی این تسهیلات است؛ پس تابع هدف مدل از دو بخش حداکثر کردن پوشش مشتریان

با سطح خدمت متفاوت در زمان‌های مختلف با تسهیلات متفاوت و کم کردن هزینه جابجایی آمبولانس‌ها و بالگرد امداد در صورت فازی بودن مقدار تقاضا تشکیل شده است. محدودیت تعداد تسهیلات در روابط (5) تا (9) بیان شده است. به عبارت دیگر، این روابط نشان دهنده تعداد تسهیلات است؛ البته تعداد تسهیلات واسطه در دوره‌های مختلف متفاوت است، ولی تعداد بیمارستان‌ها و کلینیک‌ها ثابت هستند. محدودیت ظرفیت تسهیلات در روابط (10) تا (14) نشان داده شده است؛ یعنی باتوجه به واقعیت موجود که ظرفیت تسهیلات محدود است، به منظور انطباق بیشتر برای تسهیلات، ظرفیت در نظر گرفته شده است. محدودیت‌های (15) تا (25) این موضوع را مشخص می‌سازد که زمانی یک نقطه تقاضا به یک نقطه بالقوه تخصیص داده می‌شود که در آن نقطه تسهیلی ایجاد شده باشد. به عبارت دیگر، در صورت وجود تسهیل در یک نقطه تقاضای آن نقطه برآورده می‌شود؛ در غیر این صورت، تقاضای آن نقطه بدون پوشش باقی می‌ماند. محدودیت (26) نشان می‌دهد هر نقطه تقاضا حداکثر به یک تسهیل تخصیص داده می‌شود. محدودیت (27) تا (37) نشان می‌دهند که زمانی نقطه‌ای توسط تسهیلی پوشش داده شده در نظر گرفته می‌شود که در شعاع پوشش آن تسهیل قرار گرفته باشد؛ یعنی با توجه به وجود شعاع پوشش توسط هر تسهیل، زمانی تقاضایی توسط تسهیلی پاسخ داده می‌شود که در شعاع پوشش تسهیل قرار داشته باشد. در غیر این صورت، آن نقطه تقاضا بدون پوشش باقی می‌ماند. محدودیت (38) تا (64) محدودیت‌های خطی ساز هستند. با توجه به غیرخطی بودن متغیرها، برای فازی کردن و نیز حل با استفاده از نرم‌افزار گمز نیاز به خطی کردن متغیرها وجود داشت؛ بنابراین با استفاده از محدودیت‌های خطی ساز آن‌ها به محدودیت‌های خطی تبدیل شده‌اند و محدودیت (65) متغیرهای دودویی را مشخص می‌کند.

#### 4- الگوریتم‌های پیشنهادی

##### 4-1- شیوه تولید جواب اولیه

تعداد نقاط بالقوه برای ایجاد تسهیلات از نوع آمبولانس در هر دوره برابر  $a$  بوده و همچنین تعداد نقاط بالقوه برای ایجاد تسهیلات از نوع بالگرد برابر  $h$  است. تعداد نقاط بالقوه برای ایجاد تسهیلات از نوع بیمارستان در هر دوره برابر  $b$ ، تعداد نقاط بالقوه

برای ایجاد تسهیلات از نوع بیمارستان فوق تخصصی در هر دوره برابر  $r$  و نیز تعداد نقاط بالقوه برای ایجاد تسهیلات از نوع کلینیک در هر دوره برابر  $d$  است. طبق رابطه (66)، برای مکان‌یابی همه تسهیلات اعداد ماتریس مربوطه را به صورت نزولی مرتب کرده و متناسب با تعداد تسهیلات موجود مکان‌یابی را انجام داده‌ایم. برای  $a=3$  و  $h=2$ ،  $b=2$ ،  $r=1$ ،  $d=2$  به صورت ماتریس رابطه (67) دست آمده است.

$$\left[ \begin{array}{c|c|c|c|c} \text{Ambulance} & \text{Helikopter} & \text{Hospital} & \text{Hi-Hospital} & \text{Klinik} \\ \hline a & h & b & r & d \\ \hline 1 \ 0 \ 9 & 0 \ 8 \ 8 & 0 \ 2 \ 1 & 0 \ 3 \ 3 & 0 \ 3 \ 3 \\ \hline \end{array} \right] \quad (66)$$

$$\left[ \begin{array}{c|c|c|c|c} \text{Ambulance} & \text{Helikopter} & \text{Hospital} & \text{Hi-Hospital} & \text{Klinik} \\ \hline a & h & b & r & d \\ \hline 0 \ 1 \ 1 & 0 \ 1 & 0 \ 1 & 0 \ 1 & 1 \ 0 \ 0 \ 1 \\ \hline \end{array} \right] \quad (67)$$

#### 2-4- الگوریتم رقابت استعماری

##### 1-2-4- شکل‌دهی امپراتوری اولیه

در اینجا به تشکیل یک آرایه (که در اینجا آرایه را یک کشور می‌نامیم) می‌پردازیم.

$$\text{Country} = [p_1, p_2, \dots, p_{Nvar}] \quad (68)$$

هرکدام از این متغیرها ( $p_1, p_2, \dots$ ) بسته به بافت فرهنگی و اجتماعی یک کشور می‌تواند عناصری مانند زبان، مذهب، سیاست‌های اقتصادی باشد. برای شروع کار، ما ابتدا یک سری کشور  $N_{Country}$  تعریف می‌کنیم و آن را از میان تعدادی از بهترین‌ها به عنوان امپریالیسم  $N_{imp}$  که دارای کمترین میزان تابع هزینه نیز هستند، انتخاب می‌کنیم. هرچه که در این میان باقی می‌ماند به عنوان مستعمره در نظر گرفته می‌شود که با  $N_{Col}$  نشان داده می‌شود. سپس با توجه به قدرت هرکدام از امپریالیسم‌ها



ارائه مدل مکان‌یابی سلسله‌مراتبی پوششی ... \_\_\_\_\_ سمانه بابایی مراد و همکاران

کشورهایی به آن‌ها تخصیص داده می‌شود. هزینه یک کشور از موارد بسیار مهم در این الگوریتم است که از تابع (69) برای آن استفاده می‌شود:

$$\text{cost}_i = f(\text{country}_i) = f(p_1, p_2, p_3, \dots, p_{N_{\text{var}}}) \quad (69)$$

همان‌طور که گفته شد، به منظور تخصیص کشورهای باقیمانده به کشورهای امپریالیسم، بایستی با توجه به میزان قدرت کشورها، هزینه نرمال شده هر یک بصورت زیر محاسبه گردد.

$$C_n = \max_i \{c_i\} - c_n \quad (70)$$

که در اینجا،  $C_n$  هزینه نرمالیزه امپریالیسم  $\ln$  و  $\max\{c_i\}$  بیشترین هزینه میان امپریالیست‌ها است. هرچه هزینه‌های یک امپریالیسم بیشتر باشد، یعنی ضعیف‌تر باشد، هزینه نرمالیزه کمتر خواهد بود؛ بنابراین، قدرت امپریالیسم جهت تخصیص کشورهای مستعمره از فرمول (71) به دست می‌آید:

$$p_n = \left| c_n / \sum_{i=1}^{N_{\text{imp}}} c_i \right| \quad (71)$$

#### 4-2-2-سیاست جذب<sup>1</sup>، حرکت کشور مستعمره به سمت استعمارگر

کشورهای استعمارگر برای نفوذ بیشتر در کشورهای مستعمره روش‌های بسیار برگزیدند. در راستای این سیاست، کشور مستعمره<sup>2</sup>، به اندازه  $X$  واحد در جهت خط واصل مستعمره به استعمارگر<sup>3</sup>، حرکت کرده و به موقعیت جدید<sup>4</sup>، کشانده می‌شود.  $X$  عددی تصادفی با توزیع یکنواخت (یا هر توزیع مناسب دیگر) است. اگر فاصله میان استعمارگر و مستعمره با  $d$  نشان داده شود، معمولاً برای  $d$  داریم:

---

1. Assimilation  
2. Colony  
3. Imperialist  
4. New Position Of Colony

$$X \in U(0, \beta \times d) \quad (72)$$

که در آن  $\beta$  عددی بزرگ‌تر از یک و نزدیک به 2 است. یک انتخاب مناسب می‌تواند  $\beta = 2$  باشد. وجود ضریب  $\beta \geq 1$  باعث می‌شود تا کشور مستعمره در حین حرکت به سمت کشور استعمارگر، از جهت‌های مختلف به آن نزدیک شود. البته این حقیقت تاریخی در سیاست جذب وجود داشته که همیشه این روند مطابق میل کشورهای امپریالیسم نبوده و درصدی زاویه انحراف نیز وجود داشته است؛ بنابراین، زاویه انحراف نیز مطابق شکل زیر در نظر گرفته می‌شود.  $\Theta$  نیز مانند  $X$  کاملاً تصادفی انتخاب می‌شود که معمولاً  $\Theta$  بازه  $[-\lambda, \lambda]$  را شامل می‌شود.  $\lambda$  در پیاده‌سازی زاویه‌ای نزدیک به 45 درجه را در نظر می‌گیرد.

#### 4-2-3- انقلاب<sup>1</sup>

از آنجایی که این الگوریتم از پدیده استعمار در تاریخ بشر الهام گرفته شده، در برخی موارد با سر زدن به حادثه‌های تاریخی بسیار کمک‌کننده خواهد بود. در این الگوریتم، انقلاب با جابجا کردن کشور مستعمره به یک موقعیت تصادفی جدید مدل‌سازی می‌شود. در واقع، انقلاب باعث می‌شود که کشور مستعمره از باقی ماندن در دره محلی بهینه درآید. در بعضی موارد، این حرکت به سمت یک دره بهینه بهتر خواهد بود.

#### 4-2-4- جابجایی قدرت بین استعمارگر و مستعمره

خوشبختانه بر اثر اعمال برخی سیاست‌ها کشورهای استعمارگر، کشورهای مستعمره به‌نوعی خودباوری رسیدند. در اینجا در حرکت مستعمره به سمت استعمارگر، گاهی پیش می‌آید که کشور مستعمره به موقعیت برتری نسبت به استعمارگر خود برسد. یعنی هزینه کمتری نسبت به استعمارگر خود خواهد داشت. حالا کشور استعمارگر جدید شروع به اعمال سیاست‌های جذب نسبت به مستعمره‌های خود می‌کند.

---

1. Revolution

#### 4-2-5- رقابت استعماری

رقابت استعماری، در واقع همان رقابتی است که کشورهای امپریالیسم برای به دست آوردن نفوذ بیشتر و همچنین قدرت بیشتر در جهت بقای سلطنت خود انجام می‌دهند. قدرت یک امپراتوری به صورت قدرت کشور استعمارگر، به اضافه درصدی از کل قدرت آن تعریف می‌شود. فرمول (73)، قدرت کشور استعمارگر به اضافه درصدی از قدرت کل مستعمرات آن برابر با هزینه کل امپراتوری n ام است.

$$T.C_n = \text{Cost}(\text{imperialist}_n) + \xi \text{Mean}\{\text{cost}(\text{colonies of empire}_n)\} \quad (73)$$

در اینجا،  $T.C_n$  هزینه کل امپراتوری n ام،  $\xi$  یک عدد مثبت بین صفر و یک است و نزدیک به صفر است. معمولاً در پیاده‌سازی‌ها  $\xi = 0.05$  جواب مطلوب دریافت شده است. کشورهای استعمارگر که قدرت خود را از دست می‌دهند، به تدریج مستعمره‌های خود را از دست داده، و کشورهای استعمارگر قدرت دیگر آن کشورهای مستعمره ضعیف شده را زیر نفوذ خود می‌گیرند. ادامه این روند باعث سقوط امپراتوری ضعیف شده، خواهد شد. فرمول (74) رابطه بین  $T.C_n$  و  $N.T.C_n$  است.

$$N.T.C_n = \max_i \{T.C_i\} - T.C_n \quad (74)$$

$N.T.C_n$  هزینه نرمالیزه شدن آن امپراتوری است. در این رابطه هر چه  $T.C_n$  کمتر باشد،  $N.T.C_n$  بیشتری خواهیم داشت. با این حساب قدرت تصاحب مستعمره رقابت، توسط هر امپراتوری، به صورت زیر مصاحبه می‌شود:

$$P_{P_n} = \left| \frac{N.T.C_n}{\sum_{i=1}^{N_{imp}} N.T.C_i} \right| \quad (75)$$

## 4-2-6- پیاده‌سازی

ابتدا به ایجاد پاسخ پیشنهادی برای مکان‌یابی تسهیل پرداخته شده است. هر پاسخ، آرایه‌ای است که تعداد درایه‌های آن برابر با تعداد تسهیلات مورد درخواست برای مکان‌یابی است. مطابق با الگوریتم رقابت استعماری، هر پاسخ را یک کشور می‌نامیم. سپس به مفهوم نماینده برای حرکت یک کشور مستعمره (پاسخ ضعیف‌تر) به سمت استعمارگر متناظرش (پاسخ قوی‌تر) مطابق با رابطه (67) پرداخته شده است. تولید پاسخ جدید متناظر با مرحله حرکت مستعمره به سمت استعمارگر است. چالش اساسی در پیاده‌سازی حرکت مستعمره به سمت استعمارگر، تعریف زاویه انحراف یعنی  $\theta$  و اندازه حرکت یعنی  $X$  است. برای معرفی روش تولید پاسخ جدید، دو آرایه با طول یکسان در نظر گرفته شده است؛ یکی با عنوان  $S_1$  که یک مستعمره و  $S_2$  استعمارگر متناظر آن. منظور از تولید پاسخ جدید، در حقیقت، حرکت  $S_1$  به سمت  $S_2$  و در نتیجه، تغییر مشخصات پاسخ  $S_1$  است. نمایندگان، این دو پاسخ  $Pres_{S_1}$  و  $Pres_{S_2}$  نامیده شدند. تسهیل واقع‌شده در آخرین خانه  $Pres_{S_1}$  با  $last\_host$  و تسهیل واقع‌شده در اولین خانه  $Pres_{S_2}$  با  $first\_host$  نام‌گذاری می‌شود. در پاسخ،  $S_1$  تسهیل را که برای اجرا روی  $last\_host$  انتخاب شده‌اند، در نظر می‌گیریم. از این مجموعه، تسهیلات به تعداد  $x$  (پارامتر شبیه‌سازی) واحد را به‌طور تصادفی انتخاب کرده و برای اجرا به  $first\_host$  منتسب می‌کنیم. این گام را به تعداد  $\theta$  بار تکرار می‌کنیم. پارامترهای  $x$  و  $\theta$  در واقع کنترل‌کننده حرکت پاسخ مستعمره به سوی استعمارگر هستند که مناسب‌ترین مقدار برای هریک از آن‌ها طی آزمایش‌های شبیه‌سازی مقدماتی تعیین می‌شود. قدرت پاسخ‌ها در هر بار تکرار الگوریتم، محاسبه شده و بر همین اساس، رقابت بین استعمارگران شکل می‌گیرد تا در نهایت با توجه به یکی از شروط پایانی، الگوریتم خاتمه یافته و جواب نهایی گزارش شود.

## 4-3- الگوریتم مصنوعی زنبوران

الگوریتم زنبورها متعلق به دسته‌ای از فراابتکاری‌ها به نام الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت هستند که از طبیعت الهام گرفته شده‌اند. ویژگی مشترک این‌گونه الگوریتم‌ها در به دست

آوردن مجموعه‌ای از جواب‌ها در هر تکرار است. عمده تفاوت بین الگوریتم مصنوعی زنبورها و دیگر الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت در ارتباط بین کاوشگرها بوده که در الگوریتم مصنوعی زنبوران مستقیم بوده، در صورتی که در سایر الگوریتم‌ها به صورت غیرمستقیم است. گام‌های الگوریتم مصنوعی زنبوران به این صورت است: 1- تولید پاسخ‌های تصادفی اولیه و ارزیابی آن‌ها؛ 2- حرکت زنبورهای استخدام‌شده؛ 3- ارسال زنبورهای جستجوگر؛ در این مرحله زنبورهای جستجوگر بر اساس شایستگی هر بسته غذایی به صورت احتمالی به آن‌ها تخصیص داده می‌شود که در واقع در اینجا منظور از شایستگی هر بسته غذایی، برانزندی مقدار تابع در آن نقطه است. با استفاده از محاسبه احتمالات، برای هر زره با استفاده از چرخ گردان سایت‌ها را به طور احتمالی انتخاب (پاسخ مبدأ) کرده و پس از تولید پاسخ جدید دوباره مورد مقایسه قرار داده‌ایم؛ 4- اگر سایتی وجود دارد که تعداد دفعات عدم پیشرفت آن به 1 (پارامتر حد) رسیده باشد، آن سایت را با یک پاسخ تصادفی جایگزین کرده و شمارنده مربوط به آن را برابر صفر قرار می‌دهیم؛ 5- در صورت برآورده نشدن شرایط خاتمه به مرحله 2 برمی‌گردیم و در غیر این صورت، فرآیند پایان می‌یابد.

در این الگوریتم، حرکت زنبورهای استخدام‌شده طبق رابطه (76) صورت می‌گیرد که در آن اگر  $V_i$  بهتر از  $X_i$  باشد، آنگاه  $X_i = V_i$  و اگر بدتر باشد، همان  $X_i$  را نگه داشته و یک واحد به شمارنده زره نام اضافه می‌شود.

$$V_i = X_i + \Phi_i (X_i - X_k) \quad k \in \{1, 2, 3, \dots, n_{pop}\}, \quad \Phi_i \approx U(-a, +a) \quad (76)$$

بر اساس شایستگی زنبورهای جستجوگر، هر بسته غذایی به صورت احتمالی به آن‌ها تخصیص داده می‌شود که شایستگی هر بسته غذایی همان برانزندی مقدار تابع در آن نقطه یافت شده است. شایستگی برای هر نقطه به صورت رابطه (77) به دست

$$\text{می‌آید که در آن } f(X_i), \text{ مقدار تابع هزینه پاسخ } X_i \text{ و } p_i = \frac{F(X_i)}{\sum_{i=1}^{n_{pop}} F(X_i)} \text{ است.}$$

$$F(x_i) = \begin{cases} \frac{1}{1+f(x_i)} & f(x_i) \geq 0 \\ 1+abs(f(x_i)) & f(x_i) \leq 0 \end{cases} \quad (77)$$

در جستجوگرها از NormFit برای تعیین منبع غذایی که می‌خواهند کار کنند، استفاده می‌شود. ماتریس NormFit برای محاسبه تناسب طبیعی یک راهحل استفاده می‌شود.

$$\text{Normfit} = \text{Objemp} / \sum \text{Objemp } O$$

$b_{jemp}$  نشان‌دهنده ارزش عینی هر راهحل متعلق به زنبورهای مشغول به کار است. بدیهی است عناصر NormFit بین  $[0, 1]$  قرار دارند. حالا از عمل انتخاب رولت ویل (چرخه رولت) استفاده می‌شود. که در آن احتیاج به محاسبه احتمال جمعی  $q_h$  برای هر جستجوگر داریم.

$$q_h = \sum_{i=1}^h \text{NormFit}_i \quad (78)$$

سپس عدد تصادفی  $g$  در محدوده  $[0, 1]$  ایجاد می‌شود. اگر  $q_{h-1} \leq g \leq q_h$  باشد،  $h$ امین جستجوگر انتخاب می‌شود. این روند تا زمانی که جستجوگر راهحل خود را پیدا کند، تکرار می‌شود. هر جستجوگر برای انتخاب یک راهحل این کار را می‌کند. ممکن است یک راهحل را چندین جستجوگر انتخاب کنند. با انجام این فرآیند انتخاب، هر جستجوگر لزوماً بهترین راهحل را انتخاب نمی‌کند. پس از تعیین متغیرهای محل، متغیرهای تخصیص به راحتی محاسبه می‌شوند. در حقیقت، اصطلاح محدوده به علت متغیرهای مکان است که با تغییرات آن‌ها، متغیرهای تخصیص به میزان بیشتری تغییر می‌کنند. یک پارامتر به نام Limit به‌عنوان یک ورودی عمل می‌کند و مانع از راه‌اندازی در چرخه‌های بیش از مقدار محدود می‌شود. برای این منظور یک متغیر با نام Bas با هر زنبور استفاده می‌شود و مقدار سن یک راهحل را از لحاظ چرخه نشان می‌دهد. یعنی  $\text{Bas}(i) = k$  به این معنی است که  $i$ امین زنبور منبع تغذیه  $k$  را جستجو کرده است. اگر مقدار  $\text{Bas}(i)$  بیش از حد مجاز باشد، زنبور را رها می‌کنیم و یک راهحل جدید جایگزین آن می‌کنیم.

## 5- نتایج عددی

در این مقاله، از مدل پوشش تدریجی سلسله‌مراتبی برای بررسی صحت جواب‌های به‌دست‌آمده استفاده می‌شود [10، ص 736-749]. برای شبیه کردن دو مدل به یکدیگر، مفروضات زیر در نظر گرفته شده است: ظرفیت‌ها عدد بزرگی فرض شده است؛ سطح‌های پوشش (فاصله نقاط از یکدیگر و شعاع‌های پوشش) برای تسهیلات مختلف یکسان در نظر گرفته شده است؛ از یک نوع تسهیل در مدل پیشنهادی استفاده شده است؛ تعداد دوره‌ها برابر با یک قرار گرفته است و مدل پیشنهادی به مدل استاتیک تبدیل شده است. در جدول (2)، مقایسه بین جواب‌های به‌دست‌آمده از دو روش آورده شده است. همان‌طور که در مفروضات نیز عنوان شده بود، تفاوت در مقادیر تابع هدف‌های دو مدل به این علت است که در مدل پیشنهادی میزان پوشش بیشتری صورت می‌گیرد، دلیل این امر شعاع پوشش نیست؛ زیرا شعاع‌های پوشش برای تسهیلات یکسان است. تفاوت در جواب‌ها به علت آن است که در مدل پیشنهادی پارامترها به صورت فازی در نظر گرفته شده‌اند. همچنین دلیل دوم که بسیار مهم‌تر است، احتمال مشغول بودن تسهیلات در دوره‌های زمانی مختلف است که موجب برتری و دقت مدل پیشنهادی شده و به‌طور محسوسی تابع هدف و عملکرد آن را افزایش داده است.

جدول 2 مقایسه عددی مدل پیشنهادی و مدل پوشش تدریجی سلسله‌مراتبی با نرم‌افزار گمز

| مدل بشیری و همکاران |                  |                     |               |               |                   |                |                      |          |
|---------------------|------------------|---------------------|---------------|---------------|-------------------|----------------|----------------------|----------|
| مثال                | تعداد نقاط تقاضا | مجموع تعداد تسهیلات | سطوح خدمت‌دهی | مکان آمبولانس | مکان بالگرد امداد | مکان بیمارستان | مکان بیمارستان تخصصی | تابع هدف |
|                     |                  | 3                   | 1             | ۱.2           | 2                 | -              | -                    | ۷.4      |
| 1                   | 4                | 3                   | 2             | 1             | -                 | ۱.4            | -                    | 13.7     |
| 2                   |                  | 4                   | 3             | 1             | 1                 | 4              | 2                    | 14.۴.2   |
| 3                   |                  | 4                   | 1             | ۱.2           | ۳.6               | -              | -                    | 10.7     |
| 4                   | 6                | 4                   | 2             | ۱.2           | -                 | ۴.5            | -                    | 15.6     |
| 5                   |                  | 5                   | 3             | 1             | -                 | -              | ۳.۴.۶.3              | 21.3     |
| 6                   |                  | 6                   | 1             | ۱.۳.۲.5       | ۱.8               | -              | -                    | 14.2     |
| 7                   | 9                | 7                   | 2             | ۴.9           | -                 | ۹.۶.۲.۳.4      | -                    | 20.8     |
| 8                   |                  | 7                   | 3             | 1             | -                 | 5              | ۱.۳.۵.۶.7            | 31.7     |
| 9                   |                  | 8                   | 3             | 1             | -                 | 5              | ۱.۲.۳.۴.۵.7          | 33       |
| 10                  |                  |                     |               |               |                   |                |                      |          |

ادامه جدول 2

| مدل پیشنهادی |                  |                     |               |               |                   |             |                |                      |          |
|--------------|------------------|---------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|----------------|----------------------|----------|
| مثال         | تعداد نقاط تقاضا | مجموع تعداد تسهیلات | سطوح خدمت‌دهی | مکان آمبولانس | مکان بالگرد امداد | مکان کلینیک | مکان بیمارستان | مکان بیمارستان تخصصی | تابع هدف |
| 1            | 4                | 3                   | 1             | ۱.2           | 2                 | -           | -              | -                    | ۷.4      |
|              |                  | 3                   | 2             | 1             | -                 | 3           | ۱.4            | -                    | 13.7     |
|              |                  | 4                   | 3             | 1             | 1                 | 5           | 4              | 2                    | 14.۴2    |
| 4            | 6                | 4                   | 1             | ۱.2           | ۳.6               | -           | -              | -                    | 10.7     |
|              |                  | 4                   | 2             | ۱.2           | -                 | 2           | ۴.5            | -                    | 16.15    |
|              |                  | 5                   | 3             | 1             | -                 | ۲.4         | -              | ۳.۴۶.3               | 21.3     |
| 7            | 9                | 6                   | 1             | ۱.۳.۲.5       | ۱.8               | 1           | -              | -                    | 15.5     |
|              |                  | 7                   | 2             | ۴.9           | -                 | -           | ۹.۶.۲.۳.4      | -                    | 21.7     |
|              |                  | 7                   | 3             | 1             | -                 | -           | 5              | ۱.۳.۵.۶.7            | ۸.32     |
| 10           | 8                | 8                   | 3             | 1             | -                 | 2           | 5              | ۱.۲.۳.۴.۵.7          | 34       |

مقایسه کد شبیه‌سازی تبرید پوشش تدریجی و مدل پیشنهادی در جداول 3 و 4 آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود زمانهای اجرا (که برحسب ثانیه گزارش شده است) در مسئله پوشش تدریجی در همه مثال‌ها از روش فراابتکاری رقابت استعماری و الگوریتم مصنوعی زنبوران مدل، بیشتر است و دلیل این امر محدودیت‌ها و پیچیدگی مدل است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود تا مثال 20 در الگوریتم رقابت استعماری که نقاط تقاضا برابر با 75 است و تا مثال 25 در الگوریتم مصنوعی زنبوران تابع هدف که نقاط تقاضا برابر 30 است، مقدار تابع هدف یکسان است که این امر حاکی از صحت الگوریتم است. برای نزدیک کردن مدل این تحقیق به مسئله پوشش تدریجی، مفروضات زیر در نظر گرفته شده است: دوره زمانی، یک در نظر گرفته شده است. نوع تسهیلات یکسان است. هزینه جابجایی و بدون پوشش ماندن (عدم پوشش پشتیبان) صفر است. سطح خدمت‌دهی، یکسان و برابر با یک است. از تسهیلات واسطه استفاده نمی‌شود. نتایج به‌دست‌آمده از منظر زمان حل و تابع هدف در مدل پیشنهادی برتری دارد و نیز در مقایسه جواب‌ها و زمان حل دو الگوریتم ارائه‌شده برای مدل پیشنهادی، الگوریتم رقابت استعماری دارای جواب‌های بهتری است.



ارائه مدل مکان‌یابی سلسله‌مراتبی پوششی ... \_\_\_\_\_ سمانه بابایی مراد و همکاران

جدول 3 مقایسه حل مسئله پوشش تدریجی و حل الگوریتم رقابت استعماری مسئله مدل پیشنهادی

| مثال | تعداد نقاط تقاضا | تعداد تسهیلات | حل مسئله پیشنهادی با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری |                          |         | حل مسئله پوشش تدریجی با استفاده از شبیه‌سازی تدرید |                      |          |
|------|------------------|---------------|---|--------------------------|---------|--|----------------------|----------|
|      |                  |               | مکان قرارگیری تسهیلات                                   | تابع هدف                 | زمان    | مکان قرارگیری تسهیلات                              | تابع هدف             | زمان     |
| 1    | 10               | 1             | 10  | 6/0406                   | 3/591   | 10   | 6/0406               | 2/431    |
|      |                  |               | ۱۰  | 8/5493                   | 4/682   | ۱۰   | 8/5493               | 2/961    |
|      |                  |               | ۱۰  | 9/3206                   | 4/686   | ۱۰   | 9/3206               | 3/231    |
| 4    | 20               | 1             | 20  | 12/7725                  | 14/60   | 20   | 12/7725              | 10/521   |
|      |                  |               | 16.17   | 17/6867                  | 13/54   | 16.17  | 17/6867              | 9/751    |
|      |                  |               | 18.19.20  | 19/7037                  | 13/55   | 18.19.20   | 19/7037              | 10/000   |
|      |                  |               | ۱۵.17.18.20   | ۱۵.17.18.20              | 105/883 | 20   | ۱۵.17.18.20          | 98/961   |
| 8    | 30               | 1             | 29  | 10/678                   | 104/764 | 29   | 10/678               | 98/342   |
|      |                  |               | ۲۴  | 17/455                   | 105/333 | ۲۴   | 17/455               | 97/113   |
|      |                  |               | ۱۳.۲۴   | 23/256                   | 105/883 | ۱۳.۲۴  | 23/256               | 98/218   |
|      |                  |               | ۲.10.12.13.28   | ۲.10.12.13.28            | 103/591 | 25   | ۲.10.12.13.28        | 95/143   |
| 12   | 50               | 1             | 17  | 31/7445                  | 205/04  | 17   | 31/7445              | 200/162  |
|      |                  |               | 17.29   | 43/2406                  | 202/74  | 17.29  | 43/2406              | 187/170  |
|      |                  |               | 10.16.33  | 46/0524                  | 205/36  | 10.16.33   | 46/0524              | 199/739  |
|      |                  |               | ۵.10.12.24.45   | 48/8226                  | 201/99  | ۵.10.12.24.45                                      | 48/8226              | 197/217  |
| 16   | 75               | 1             | 33  | 43/2906                  | 744/46  | 33   | 43/2906              | 650/243  |
|      |                  |               | ۹.60  | 60/7029                  | 692/65  | 18.29  | 60/7029              | 643/523  |
|      |                  |               | ۹.45.60   | 67/3876                  | 676/49  | 18.30.68   | 67/3876              | 641/931  |
|      |                  |               | ۱۵.27.71.73   | 72/1785                  | 690/57  | ۱۵.۷.۹.17  | 72/1785              | 630/860  |
| 21   | 100              | 1             | 13.25.35.45.52.70.73                                    | 13.25.35.45.52.70.73     | 696/00  | 75   | 13.25.35.45.52.70.73 | 636/931  |
|      |                  |               | 18  | 58/7191                  | 4365/45 | 18   | 58/7191              | 3950/921 |
|      |                  |               | 18.29.78  | 90/6654                  | 3505/54 | 18.29.78   | 90/6654              | 3001/231 |
|      |                  |               | ۱۶.10.20.97   | 95/6889                  | 2505/06 | ۱۴۵.68.77.85                                       | 95/6889              | 1995/051 |
| 24   | 25               | 8             | 18.50.65.67.71.87.90                                    | 18.50.65.67.71.87.90     | 99/8675 | ۲.۳.۴.۵.۷.۴۵.52.57                                 | 1650/971             |          |
|      |                  |               | ۵.۸.20.21.65.74.87.90.98                                | ۵.۸.20.21.65.74.87.90.98 | 100     | 1572/83  | 100                  | 1421/721 |

جدول 4 مقایسه حل مسئله پوشش تدریجی و حل الگوریتم مصنوعی زنبوران مسئله مدل پیشنهادی

| حل مسئله پوشش تدریجی با استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید |          |                       | حل مسئله پیشنهادی با استفاده از الگوریتم مصنوعی زنبوران |          |                          | تعداد تسهیلات | تعداد نقاط تقاضا | مثال |
|---|----------|-----------------------|---|----------|--------------------------|---------------|------------------|------|
| زمان  | تابع هدف | مکان قرارگیری تسهیلات | زمان  | تابع هدف | مکان قرارگیری تسهیلات    |               |                  |      |
| 3/221   | 6/0406   | 10                    | 3/591   | 6/0406   | 10                       | 1             | 10               | 1    |
| 3/421   | 8/5493   | ۱.10                  | 4/682   | 8/5493   | ۱.10                     | 2             |                  | 2    |
| 3/424   | 9/3206   | ۱.۲.10                | 4/686   | 9/3206   | ۱.۲.10                   | 3             |                  | 3    |
| 13/131  | 12/7725  | 20                    | 14/60   | 12/7725  | 20                       | 1             | 20               | 4    |
| 12/891  | 17/6867  | 16.17                 | 13/54   | 17/6867  | 16.17                    | 2             |                  | 5    |
| 13/201  | 19/7037  | 18.19.20              | 13/55   | 19/7037  | 18.19.20                 | 3             |                  | 6    |
| 104/131   | 20       | ۱.۵.17.18.20          | 105/883   | 20       | ۱.۵.17.18.20             | 5             |                  | 7    |
| 103/242   | 10/678   | 29                    | 104/764   | 10/678   | 29                       | 1             | 30               | 8    |
| 104/113   | 17/455   | ۱.24                  | 105/333   | 17/455   | ۱.24                     | 2             |                  | 9    |
| 105/249   | 23/256   | ۱.13.24               | 105/883   | 23/256   | ۱.13.24                  | 3             |                  | 10   |
| 101/343   | 25       | ۲.10.12.13.28         | 103/591   | 25       | ۲.10.12.13.28            | 5             |                  | 11   |
| 204/972   | 32/971   | 17                    | 205/04  | 31/7445  | 17                       | 1             | 50               | 12   |
| 201/234   | 45/941   | 17.29                 | 202/74  | 43/2406  | 17.29                    | 2             |                  | 13   |
| 204/521   | 47/921   | 10.16.33              | 205/36  | 46/0524  | 10.16.33                 | 3             |                  | 14   |
| 200/712   | 49/231   | ۵.10.12.24.45         | 201/99  | 48/8226  | ۵.10.12.24.45            | 5             |                  | 15   |
| 742/123   | 34/984   | 29                    | 744/46  | 43/2906  | 33                       | 1             | 75               | 16   |
| 690/913   | 61/299   | 18.29                 | 692/65  | 60/7029  | ۹.60                     | 2             |                  | 17   |
| 675/321   | 67/341   | 18.30.68              | 676/49  | 67/3876  | ۹.45.60                  | 3             |                  | 18   |
| 687/154   | 73/156   | ۱.۵.۷.۹.17            | 690/57  | 72/1785  | ۱.۵.27.71.73             | 5             |                  | 19   |
| 694/231   | 76/325   | ۱.۲.۳.۵.۶.۹.16.17     | 696/00  | 75       | 13.25.35.45.52.70.73     | 8             |                  | 20   |
| 4362/221  | 59/282   | 18                    | 4365/45   | 58/7191  | 18                       | 1             | 100              | 21   |
| 3501/211  | 99/490   | 18.29.78              | 3505/54   | 90/6654  | 18.29.78                 | 3             |                  | 22   |
| 2502/033  | 96/754   | ۱.45.68.77.85         | 2505/06   | 95/6889  | ۱.۶.10.20.97             | 5             |                  | 23   |
| 1668/299  | 99/999   | ۲.۳.۴.۵.۷.45.52.57    | 1668/58   | 99/8675  | 18.50.65.67.71.87.90     | 8             |                  | 24   |
| 1561/333  | 103/354  | ۲.۳.۴.۵.۷.11.45.57.65 | 1572/83   | 100      | ۵.۸.۲0.21.65.74.87.90.98 | 9             |                  | 25   |

## 6- نتیجه‌گیری

در مدل ارائه‌شده در این تحقیق، میزان پوشش یک نقطه تقاضا وابسته به مقدار تقاضا و تعداد تسهیلاتی که این نقطه تحت شعاع پوشش آن‌ها قرار دارد، در نظر گرفته شد. همچنین در این مدل، شعاع پوشش به صورت پویا و مقدار تقاضا برای مطابقت بیشتر با واقعیت به صورت پویا و فازی با در نظر گرفتن احتمال مشغول بودن و محدودیت ظرفیت بوده و تعداد ماشین‌های واسطه در هر دوره به صورت متغیر است. مدل ارائه‌شده بیشتر در مواقع اضطراری (مدیریت بحران) برای مکان‌یابی ایستگاه‌های خدمات اورژانسی و آتش‌نشانی کاربرد دارد. برای حل مدل از دو الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم مصنوعی زنبوران استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که الگوریتم رقابت استعماری ارائه‌شده برای حل مدل، جواب بهتری از لحاظ کیفیت جواب‌ها و زمان حل ارائه داده و نیز کیفیت جواب‌ها در شرایط فازی بهتر است. برای انجام پژوهش کاربردی برای کارهای آتی می‌توان موارد زیر را نام برد: در نظر گرفتن شعاع تسهیلات و تقاضا به صورت احتمالی در دوره‌های مختلف زمانی چراکه در مدیریت بحران تقاضا و زمان تقاضا مشخص نیست و همچنین در نظر گرفتن مسیرهای حرکت برای تسهیلات و استفاده از مسئله مکان‌یابی و مسیریابی.

## 7- منابع

- [1] Rahman, SD, Smith, K, Use of location-allocation models in health service development planning in developing nations. *European Journal of Operational Research*, (2000), 123 (3), 437-452
- [2] ReVelle, C.S., Eiselt, H.A., Location analysis: a synthesis and survey, *European Journal of Operational Research*, (2005), 165 (1), 1-19.
- [3] Rahman, S., Smith, D. K., Use of location-allocation models in health service developmen planning in developing nations. *European Journal of Operational Research*, (2000), 123 (3), 43.
- [4] Amiri, M., Taghavi fard, M.T., Aghaei, M., provide fuzzy optimization model for sustainable design of data urban wastewater collection and transfer network for agricultural use in uncertain condition, *New Researchin decision making in*

- Iran, (2016), 1-24.
- [5] Cadenas, J.M., Verdegay, J.L., Using fuzzy numbers in linear programming, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part B—Cybernetics, (1997), 27, 1016–1022.
- [6] Y. Garmeyi, M. Bashiri, Modeling and Solving the Dynamic Gradual Covering Location Problem, Iranian Journal of Industrial Engineering and Management, (2015), 151, 376-389.
- [7] Gendreau, M., Laporte, G., Semet, F., A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real time ambulance relocation, Parallel Computing, (2001), 27 1641-1653.7.
- [8] Rajagopalan, H.K., Saydam, C., Xiao, J., A multi-period set covering location model for dynamic redeployment of ambulances, Computers & Operations Research, (2008), 35, 814–826 ,8.
- [9] Schmid, V., Doerner, K.F., Ambulance location and relocation problems with time-dependent travel times, European Journal of Operational Research, (2010), 207, 1293–1303.
- [10] Erdemir, E. T., Batta, R., Spielman, S., Rogerson, P. A., Blatt, A., & Flanigan, M., Joint ground and air emergency medical services coverage models: A greedyheuristic solution approach. European Journal of Operational Research, (2010), 207, 736–749.
- [11] Jung, M.L., Young, H.L., Tabu based heuristics for the generalized hierarchical covering location problem. Computers & Industrial Engineering, (2010), 58, 638–645.
- [12] Guvenc, S., Haldun, S., A review of hierarchical facility location models. Computers & Operations Research, (2007), 34, 2310 – 2331.
- [13] Baykasoglu, A, Göçken, T, A review and classification of fuzzy mathematical programs. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, (2008), 19, 205–229.
- [14] [14]. Cadenas, J.M, Verdegay, J.L, “Using fuzzy numbers in linear programming, IEEE Transactions on Systems”, Man and Cybernetics Part B—Cybernetics, (1997), 27, 1016–1022.

ارائه مدل مکان‌یابی سلسله‌مراتبی پوششی ... \_\_\_\_\_ سمانه بابایی مراد و همکاران

- [15] Yager, R, "Ranking fuzzy subsets over the unit interval, in: Proceedings of 17th IEEE International Conference on Decision and Control", San Diego, CA, (1979), 54, 1435–1437.