

# شناسایی مکان‌های مناسب به منظور دفن پسماندهای مناطق اسکان موقت پس از بحران زمین لرزه با استفاده از روش بهینه سازی توده ذرات

محمد بیات<sup>۱</sup>، حسن هویدی<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد سازه - دانشکده فنی و مهندسی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی  
moh.bayat.eng@iauctb.ac.ir

<sup>۲</sup> استادیار دانشکده محیط زیست - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران  
hoveidi@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۸، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۹)

## چکیده

یکی از مهمترین مسائل مطرح پس از وقوع بحران زمین لرزه، یافتن مکانهای مناسب دفن پسماند های مناطق اسکان موقت می باشد. این مکانها عمدتاً موقت بوده و پس از اسکان دائم آسیب دیدگان زمین لرزه به مکان دیگر منتقل می شوند. نکته مهم آن است که اماکن دفن پسماند باید بگونه ای انتخاب شوند که از ایجاد و شیوع بیماری های ناشی از دفن نامناسب پسماند و همچنین آسیبهای زیست محیطی در زمان اسکان موقت جلوگیری شود. لذا بهینه سازی فرایند یافتن مکانهای مناسب ضروری می نماید. هدف این مقاله در گام اول یافتن مکانهای مستعد برای اسکان موقت آسیب دیدگان پس از زمین لرزه و در گام دوم بهینه یابی مکانهای مناسب برای دفن پسماند می باشد. نوآوری اصلی این مقاله بکارگیری الگوریتم بهینه سازی توده ذرات (PSO) در معرفی مکانهای موقت دفن پسماند است. در این راستا ابتدا مکانهای مناسب برای اسکان موقت با تعیین معیارهای مربوطه، وزندهی آنها توسط روش میانگین وزنی مرتب شده فازی (Fuzzy-OWA) و ترکیب لایه ها با استفاده از روش همپوشانی وزندار انجام شد. سپس مکانهای بهینه دفن پسماند با اعمال روش PSO بر روی نتایج اولیه حاصل از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مشخص گردید. سناریوی مورد نظر با در نظر گرفتن فعال شدن گسلهای شمال تهران، گسل مشا و گسل ری و زلزله ۶ ریشتر مکانهای مستعد اسکان موقت و دفن پسماند را در شهر تهران پس از زمین لرزه نشان می دهد. نتایج حاصل حاکی از آن است که بخشهایی از جنوب، جنوب غربی و غرب تهران برای اسکان موقت مستعد بوده و بخشهایی از مناطق شرقی و بخشی از مناطق شمال غربی تهران برای دفن موقت پسماند مناسب می باشد.

**واژگان کلیدی:** اسکان موقت، زمین لرزه، دفن پسماند، بهینه سازی توده ذرات میانگین وزنی مرتب شده فازی

\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

کشور ما با توجه به قرار گرفتن در کمربند کوه زایی آلپ - هیمالیا و برخورداری از اقلیم متغیر و ناپایداری های موقت و مقطعی که در عین حال مخرب نیز هستند، در طول تاریخ بلایای طبیعی به خصوص سیل و زلزله را در بیشتر شهرها تجربه کرده است [۱].

زلزله جز مخاطرات طبیعی جدی محسوب می شود که بر روی جامعه انسانی در کل کره زمین اثرگذار است و به دلیل اینکه قابل پیش بینی نیست و انرژی آن ممکن است در هر لحظه آزاد شود بسیار خطرناک بوده و در طبقه بندی کاتاستروف قرار می گیرد. دفن پسماند پس از وقوع زمین لرزه ای مخرب یکی از مهمترین مشکلات زیست محیطی، بهداشتی و انسانی در فرایند پاسخگویی به بحران می باشد [۲]. با توجه به اینکه پس از تخلیه افراد از مناطق مسکونی، افراد بحران زده عموماً در محل‌های اسکان موقت زندگی می کنند، لذا به منظور دفن زباله ها باید مکان/مکانهای متفاوت تری نسبت به حالت قبل از بحران وجود داشته باشد. با توجه به موقت بودن این مکانها و همچنین اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از مکانیابی نامناسب این اماکن، معرفی مکان بهینه ضروری می نماید. هدف این مقاله در گام اول یافتن مکانهای مستعد برای اسکان موقت آسیب دیدگان پس از زمین لرزه و در گام دوم بهینه یابی مکانهای مناسب برای دفن پسماند می باشد. نوآوری اصلی این مقاله بکارگیری الگوریتم بهینه سازی توده ذرات<sup>۱</sup> در معرفی مکانهای موقت دفن پسماند است.

مبحث یافتن مکانهای مناسب اسکان موقت در تحقیقات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. سعادت سرشت و همکاران (۱۳۸۶) در زمینه ی اسکان موقت تحقیقی انجام داده و از روش بهینه سازی تکاملی چندگانه<sup>۲</sup> جهت بهینه سازی اسکان موقت استفاده کرده اند. در این روش گروه بندی بلوک های ساختمانی مربوط به هر مکان امن با استفاده از بهینه سازی تکاملی چندگانه مقید مبتنی بر مفهوم جبهه پرتو<sup>۳</sup> صورت گرفت [۳]. گیوه چی و همکاران (۱۳۹۱) مکان یابی اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۴</sup> و فرآیند تحلیل سلسله

مراتبی<sup>۵</sup> را در منطقه ۶ شهرداری شیراز با توجه به استعداد لرزه خیزی بالا به عنوان الگوی تهیه پایگاه داده مکانی به منظور مکان یابی محل های استقرار موقت جمعیت های آسیب زده ناشی از زلزله احتمالی، انتخاب و مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد معیارهای دسترسی و خصوصیات مکانی موجود در بین سایر لایه ها و استانداردهای مکان یابی مناطق مناسب جهت اسکان موقت آسیب دیدگان از اهمیت بیشتری برخوردار است [۴]. ایلاقی حسینی و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از سیستم استنتاج فازی مکانهای مناسب اسکان موقت پس از وقوع زمین لرزه در شهر کرمان را تعیین نمودند. نتیجه این تحقیق نشان می دهد که کارایی این روش با افزایش تعداد معیارهای موثر مسئله کاهش می یابد [۵]. Kilci و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعات خود یک روش مبتنی بر برنامه نویسی خطی مختلط برای انتخاب محل سکونت موقت پناهگاه پیشنهاد دادند. نتیجه حاصل نشان می دهد که با توجه به وجود معیارهای متنوع بکارگیری روشهای مدلسازی عدم قطعیت می تواند کارا تر عمل نماید [۶].

Celik (۲۰۱۷)، یک ابزار تصمیم گیری پیشگیرانه با تلفیق روش تصمیم گیری آزمایش های ارزیابی (DEMATEL) و مجموعه های فازی نوع ۲، برای تعیین مکانهای اسکان موقت در پیشنهاد نمودند [۷]. همچنین در حوزه دفن پسماند قبل و بعد از زمین لرزه نیز تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. وفادوست و مکانیکی (۱۳۹۵)، برای شهرستان گناباد با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای<sup>۶</sup> وزن دهی شده و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی محل های مناسب دفن پسماند نقاط شهری مشخص نموده اند [۸]. Faleschin و همکاران (۲۰۱۷)، چگونگی مدیریت زباله در شهر Venzone, Friuli-Venezia Giulia (شمال شرقی ایتالیا) را پس از یک زلزله شدید بررسی نمودند [۹]. Tabata و همکاران (۲۰۱۹)، مدیریت زباله های پس از زمین لرزه را بررسی نمودند. نکته قابل توجه آن است که تاکنون هیچ تحقیقی که مکانهای مناسب دفن پسماند را پس از وقوع زمین لرزه جانمایی کند، وجود ندارد [۱۰].

<sup>۵</sup> Analytical Hierarchy process (AHP)

<sup>۶</sup> Decision Making Trial And Evaluation

<sup>۷</sup> ANP

<sup>۱</sup> Particle Swarm Optimization

<sup>۲</sup> NSGA-II

<sup>۳</sup> Paroto Front

<sup>۴</sup> GIS

آمادگی قبل از بروز سانحه نیز مرتبط می باشد. با توجه به اینکه آسیب دیدگان تمایل به اسکان در محلی نزدیک به اموال و املاک خود دارند در نتیجه، اسکان آسیب دیدگان باید با حداقل جابجایی و متناسب با ظرفیت مکان های امن صورت گیرد. برقراری این دو شرط جهت اسکان موقت از طریق بهینه سازی امکان پذیر می باشد [۴].

### ۳- روش تحقیق پیشنهادی

در این فصل ابتدا شمای کلی از روش تحقیق پیشنهادی ارائه می گردد (شکل ۱) و سپس مراحل آن تشریح می شود.



شکل ۱- فلوچارت روش تحقیق پیشنهادی

### ۳-۱- تعیین مکانهای مناسب اسکان موقت

در این مقاله به منظور تعیین مکانهای مناسب اسکان موقت پس از وقوع بحران زمین لرزه از روش میانگین وزندار مرتب شده فازی استفاده می شود. در این راستا ابتدا معیارهای موثر شناسایی می شوند و سپس فرایند وزندهی انجام می شود. نهایتاً با استفاده از روش همپوشانی وزندار مکانهای مناسب معرفی می گردد.

در این راستا ابتدا مکانهای مناسب برای اسکان موقت با تعیین معیارهای مربوطه، وزندهی آنها توسط روش میانگین وزنی مرتب شده فازی<sup>۱</sup> و ترکیب لایه ها با استفاده از روش همپوشانی وزندار انجام شد. سپس مکانهای بهینه دفن پسماند با اعمال روش بهینه سازی ازدحام ذرات<sup>۲</sup> بر روی نتایج اولیه حاصل از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۳</sup> مشخص گردید.

### ۲- مبانی نظری

#### ۲-۱- مدیریت بحران

بحران حادثه ای است که به طور طبیعی یا توسط بشر به طور ناگهانی یا فزاینده به وجود می آید و سختی و مشقتی را به جامعه انسانی وارد می کند و جهت حل آن نیاز به اقدامات اساسی و فوق العاده می باشد [۱۱]. مدیریت بحران فرآیند برنامه ریزی و اجرا توسط نهادهای دولتی و غیردولتی جهت پیشگیری و کاهش آثار فاجعه و ایجاد آمادگی لازم جهت مقابله حین وقوع فاجعه و بازسازی بعد از فاجعه می باشد.

مدیریت بحران را به این صورت نیز می توان تعریف نمود: علمی کاربردی می باشد که به وسیله مشاهده سیستماتیک بحران ها، تجزیه و تحلیل آن ها در پی یافتن ابزارهایی است که به وسیله ی آن ها بتوان از بروز بحران پیشگیری کرد و یا در صورت وقوع آن برای کاهش آثار آن، آمادگی لازم، امدادسانی سریع و بهبودی اوضاع اقدام شود [۱۲].

#### ۲-۲- اسکان موقت

اسکان یکی از نیازهای اولیه انسان می باشد. بنابراین پس از هر سانحه با خسارات و صدماتی که به زیستگاه های دائمی وارد می شود و از آنجا که ساخت مسکن برای آوارگان نیاز به صرف وقت و هزینه ی زیاد دارد، بحث اسکان موقت مطرح شده و اهمیت می یابد. می توان گام نخست در ارتباط با اسکان موقت را ایجاد سرپناه دانست، که از آن می توان تحت نام اسکان اضطراری نام برد [۴].

اسکان آسیب دیدگان یکی از مراحل پاسخگویی بحران است. برنامه ریزی، جهت اسکان آسیب دیدگان با مرحله

<sup>۱</sup> Fuzzy-OWA

<sup>۲</sup> PSO

<sup>۳</sup> AHP

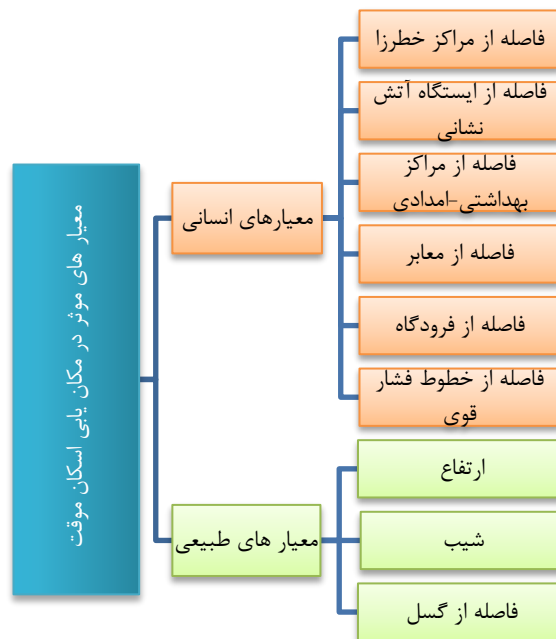
<sup>۴</sup> Temporary Settlement

### ۳-۱-۱- تعیین شاخص‌های موثر در مکان‌یابی اسکان موقت

به منظور تعیین شاخص‌های موثر در مکان‌یابی اسکان موقت با بررسی تحقیقات مرتبط و مصاحبه با کارشناسان خبره کاربری‌های مناسب اسکان موقت مشخص شد که در جدول ۱ نشان داده شده است [۴-۵ و ۷].

ارضای بایر و متروک	فضاها و سازه‌های شهری
فضاهای سبز	
سالن‌های ورزشی	
فضاهای باز و پارکها	زمین‌های بدون استفاده
مراعات محدود به شهر	
ارضای مخروبه	

با توجه به اینکه مکان‌های اسکان موقت از میان این مناطق انتخاب می‌شوند باید معیارهایی که با استفاده از آن‌ها مکان بهینه اسکان موقت انتخاب می‌گردد تعیین گردد. بررسی تحقیقات مرتبط و مطالعات میدانی معیارهای انسانی و طبیعی را مطابق شکل ۲ نشان می‌دهد.



شکل ۲- معیارهای موثر در مکان‌یابی اسکان موقت

### ۳-۱-۲- میانگین‌گیری وزنی مرتب شده<sup>۱</sup>

در یک مساله تصمیم‌گیری، افراد ریسک‌پذیر بر روی خواص خوب یک گزینه و افراد ریسک‌گریز بر روی خواص

بد یک گزینه تاکید می‌کنند و آنرا ملاک انتخاب خود قرار می‌دهند. روش OWA قادر است تا میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی افراد را محاسبه و آنرا در انتخاب گزینه نهایی وارد نماید [۱۳].

روش OWA برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ توسط یاگر<sup>۲</sup> برای توصیف یک رده از روش‌های MCDA<sup>۳</sup> ارائه شد [۱۴]. توانایی روش OWA در این است که منجر به درجه-بندی پیوسته سناریوهای بین عملگر اشتراک (ریسک‌ناپذیر) و عملگر اجتماع (ریسک‌پذیری) می‌شود [۱۵].

تصمیم‌گیری‌های مکانی باید منجر به انتخاب یک (یا چند) گزینه مکانی بشوند. هر کدام از این گزینه‌ها (i=1, 2, ..., m)، با یک دسته مقادیر استانداردسازی شده (aij) توصیف می‌شوند (for j=1, 2, ..., n) [aij ∈ [0,1]]. مسئله ارزیابی چندمعیاره همچنین شامل مجموعه‌ای اولویت به عنوان وزن‌های معیار می‌شود: wj ∈ [0,1] برای j=1, 2, ..., n. با داشتن لایه‌های نقشه و وزن‌های معیار، عملگر ترکیبی OWA به محل سلول i مجموعه‌ای از وزن‌های ترتیبی v= v1, v2, ..., vn اختصاص می‌دهد به طوری که برای هر j=1, 2, ..., n، vj ∈ [0,1] و ∑<sub>j=1</sub><sup>n</sup> vj = 1. عملگر ترکیبی OWA به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود [۱۶]:

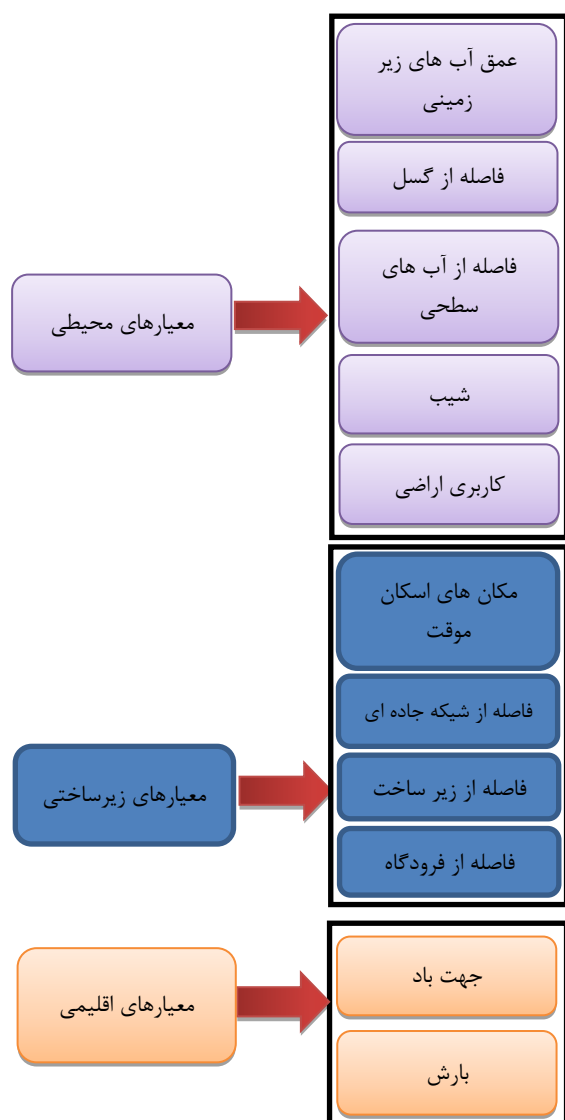
$$OWA = \sum_{j=1}^n \left( \frac{u_j v_j}{\sum_{j=1}^n u_j v_j} \right) z_{ij} \quad (1)$$

که در آن  $Z_i = z_{i1} \geq z_{i2} \geq \dots \geq z_{in}$ ، با مرتب کردن مقادیر توصیفی  $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$  به دست می‌آید و  $z_{ij}$  همان وزن معیار است که براساس ترتیب  $z_{ij}$  ها مرتب سازی شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در این روش از دو نوع وزن استفاده می‌شود: وزن‌های معیار و وزن‌های ترتیبی. وزن‌های معیار نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر کدام از معیارهای ارزیابی هستند (لایه‌ها و نقشه‌ها) اما وزن‌های ترتیبی براساس موقعیت مکانی سلول‌های لایه‌ها و نقشه‌ها اختصاص‌دهی می‌شوند. بنابراین در یک نقشه همه سلول‌ها دارای یک وزن معیار مشترک هستند اما وزن ترتیبی آنها متفاوت خواهد بود [۱۵].

<sup>۲</sup> Yager

<sup>۳</sup> Multiple Criteria Decision Analysis

<sup>۱</sup> OWA



شکل ۳- معیار های موثر در مکان یابی بهینه دفن پسماند

### ۳-۲-۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع ترین روش های تحلیل تصمیم گیری چندمعیاره است [۱۹]. زیرا امکان فرموله کردن مسائل پیچیده طبیعی را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مساله دارد [۱۹]. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیشترین وزن به لایه ای تعلق می گیرد که بیشترین تاثیر را در تعیین هدف دارد. به عبارت دیگر معیار وزن دهی به هر واحد اطلاعاتی نیز براساس بیشترین نقشی است که آن عامل در داخل لایه ایفاء می کند [۲۰]. با توجه به تحقیقاتی که توسط

عملگر تجمیعی OWA بر مجموعه وزن ها تاکید دارد. به خاطر اینکه اکثر تصمیم سازی های بر مبنای GIS به مجموعه ای از وزن ها برای مرتبط سازی با معیارها نیاز دارد اما مسئله نادیده گرفته می شد، یاگر یک رویکرد با عنوان اصلاح وزن معیار جهت ایجاد وزن نسبی برای گنجاندن وزن معیار به عملگر OWA به صورت رابطه (۲) پیشنهاد داد [۱۶-۱۷].

$$V_j = \left( \left( \frac{\sum_{i=1}^j u_i}{\sum_{i=1}^n u_i} \right)^\alpha \right) - \left( \frac{\sum_{i=1}^{j-1} u_i}{\sum_{i=1}^n u_i} \right)^\alpha \quad (2)$$

که در آن  $u_i$  وزن معیار لازم براساس مقدار مشخص شده معیار  $Z_{ij}$  می باشد. وزن معیار  $w_j$  به معیار  $Z_{ij}$  در همه ی موقعیت ها برای نشان دادن اهمیت نسبی معیار طبق ارنست<sup>۱</sup> خروجی (درجه ریسک پذیری) تصمیم گیرنده ارجاع داده می شود. این وزن بازتاب دهنده مقادیر و علائق یک تصمیم است [۱۷].

درجه ارنست یا ریسک پذیری موقعیت عملگر OWA را در بین AND (مینیمم) و OR (ماکزیمم) نشان می دهد. این درجه بیانگر میزان تاکید تصمیم گیر بر روی مقادیر بهتر و یا بدتر یک مجموعه از شاخص ها و یا همان ریسک پذیری یا ریسک گریزی تصمیم گیر است. درجه ارنست به صورت رابطه (۳) محاسبه می شود [۱۸]:

$$ORness = \sum_{i=1}^n \left( \frac{n-i}{n-1} \right) \lambda k, 0 \leq ORness \leq 1 \quad (3)$$

هر چقدر مقدار ارنست بیشتر باشد میزان ریسک پذیری تصمیم گیر بیشتر خواهد بود و هر چقدر مقدار ارنست کمتر باشد میزان ریسک گریزی تصمیم گیر بیشتر خواهد بود.

### ۳-۲- مکان های بهینه دفن پسماند

با وجود اینکه در مکان یابی سکوهای اسکان موقت عوامل گوناگونی تاثیر گذار می باشند اما با توجه به محدودیت های موجود، تعدادی از این عوامل برای این پروژه انتخاب شد که در ادامه بیان می شود (شکل ۳). از جمله این محدودیت ها در دسترس نبودن داده های دقیق و صحیح می باشد [۲-۹].

<sup>۱</sup> Orness

وارگاس و ساعتی<sup>۱</sup> انجام گرفت یک دامنه برای مقایسه معیارها پیشنهاد شد که شامل مقادیر عددی ۱ تا ۹ می-شود [۲۱]. هر کدام از این اعداد نشان دهنده درجه اهمیت هستند به طوری که مقدار ۱ نشان‌دهنده اهمیت برابر و مقدار ۹ نشان‌دهنده اهمیت فوق‌العاده قوی یک شاخص نسبت به شاخص دیگر است (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر اهمیت برای مقایسات زوجی [۱۹].

فواصل	اهمیت بین قوی	اهمیت فوق‌العاده قوی	اهمیت خیلی قوی	اهمیت قوی	اهمیت متوسط	اهمیت برابر	نسبت به یکدیگر	اهمیت پارامترها
۲-۴-۶-۸	۹	۷	۵	۳	۱	مقدار عددی		

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی به معیارها شامل چهار مرحله است [۲۲]:

۱- ایجاد ساختار سلسله مراتبی: این مرحله مهمترین مرحله فرآیند سلسله مراتبی می‌باشد زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، می‌توان آنها را به شکل ساده که با ذهن و طبیعت انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل نمود. ساختار سلسله مراتب یک نمایش گرافیکی از مسئله پیچیده واقعی می‌باشد که در راس آن هدف کلی مساله و در سطوح بعدی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها قرار دارند.

۲- مقایسات زوجی: اساس این مدل، بر مبنای مدل وزن‌دهی زوجی هر یک از متغیرها با یکدیگر می‌باشد. در این مرحله یک ماتریس مقایسه زوجی  $(n \times n)$  برای شاخص‌ها تشکیل می‌شود (رابطه ۴):

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4)$$

در ماتریس مقایسات زوجی سطر  $i$  ام با ستون  $j$  ام مقایسه می‌شود. بنابراین مقادیر قطر اصلی برابر یک و هر مقدار زیر قطر اصلی، معکوس مقدار بالای قطر است.

۳- تهیه ماتریس نرمالیزه و محاسبه بردار وزن: در این مرحله ابتدا مقادیر هر یک از ستون‌های ماتریس مقایسه زوجی با هم جمع شده و سپس مقدار هر عنصر در ماتریس مقایسه زوجی به جمع ستون خودش تقسیم می-گردد (رابطه ۵).

$$Aw = \begin{pmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{pmatrix} \quad (5)$$

سپس میانگین عناصر در هر سطر از ماتریس نرمالیزه را محاسبه نموده که در نتیجه آن بردار وزن پارامترها ایجاد می‌شود (رابطه ۶):

$$c = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{pmatrix} \quad (6)$$

۴- محاسبه سازگاری و ناسازگاری وزن مقادیر: برای محاسبه نرخ سازگاری ابتدا باید ماتریس مقایسه زوجی  $(A)$  را در بردار وزن  $(C)$  ضرب کرده تا تخمین مناسبی از  $\lambda_{max}$  بدست آید (رابطه ۷):

<sup>۲</sup> Saaty and Vargas

در این رابطه  $n$  تعداد معیاره یا ابعاد ماتریس  $A$  و  $\lambda_{max}$  بزرگترین مقدار ویژه ماتریس  $A$  می‌باشد. سپس نرخ سازگاری به صورت رابطه (۹) تعیین می‌گردد:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

اگر نرخ ناسازگاری کوچک‌تر یا مساوی ۰,۱ باشد سازگاری سیستم قابل قبول است و اگر بیشتر از ۰,۱ باشد بهتر است تصمیم‌گیرنده در قضاوت‌های خود تجدید نظر کند [۲۳]. شاخص ناسازگاری تصادفی (RI) بسته به مقدار  $n$  مقادیر مختلفی دارد (جدول ۳).

جدول ۳- مقادیر ناسازگاری تصادفی [۱۴]

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
IR	۰	۰	۰,۵۸	۰,۹۰	۱,۱۲	۱,۲۴	۱,۳۲	۱,۴۱	۱,۴۵	۱,۴۹	۱,۵۱	۱,۴۸	۱,۵۶	۱,۵۷	۱,۵۹

کردن (و یا بهینه کردن) مقدار آن را داریم، پخش شده اند. هر ذره مقدار تابع هدف را در موقعیتی از فضا که در آن قرار گرفته است حساب می‌کنند. سپس اطلاعات یک یا چند ذره از بهترین ذرات موجود در جمع ترکیب می‌کنند و جهتی را برای حرکت انتخاب می‌کنند. همه ذرات جهتی برای حرکت انتخاب می‌نمایند و بعد از انجام حرکت، یک مرحله از الگوریتم پایان می‌یابد. این مراحل تا به دست آمدن جواب مورد نظر تکرار می‌شود. در واقع انبوه ذرات که مقدار کمینه یک تابع را جستجو می‌کنند، شبیه دسته‌ای از پرندگان عمل می‌کنند که به دنبال غذا می‌گردند [۲۵]. در هر یک از مراحل تکرار الگوریتم، ذره به سمت موقعیت بهتر جابجا می‌شود. موقعیت بعدی برای هر ذره با توجه به دو مقدار بهترین موقعیتی که ذره تا کنون داشته است<sup>۳</sup> و بهترین موقعیتی که تا به حال توسط کل آن ذره های اجتماع به دست آمده است و بهترین pbest در کل گروه است<sup>۴</sup> به دست می‌آید این فرآیند تا زمانی که نتیجه مطلوب حاصل گردد (یعنی مثلاً سرعت پرندگان به سمت صفر میل کند) و یا اینکه به حداکثر تعداد تکرار در نظر گرفته شده برای الگوریتم PSO برسیم، تکرار می‌شود [۲۵].

با توجه به مقادیر pbest و gbest، هر ذره از روابط ۱۰ و ۱۱ به منظور تعیین موقعیت بعدی استفاده می‌نماید:

$$A \times C = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (7)$$

سپس به منظور اندازه‌گیری نرخ سازگاری (CR) در ابتدا شاهد سازگاری (CI) به صورت رابطه (۸) محاسبه می‌گردد:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

### ۳-۲-۲- الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات

در سال ۱۹۹۵ جیمز کندی<sup>۱</sup> و راسل ابرهارت<sup>۲</sup> الگوریتم بهینه سازی اجتماع پرندگان را به منظور بهینه سازی توابع غیر خطی پیوسته ارائه نمودند. آن‌ها در ابتدا قصد داشتند که با استفاده از مدل های اجتماعی، نوعی از هوش محاسباتی را به وجود آورند که به توانایی های فردی ویژه نیازمند نباشند. اولین شبیه سازی آن‌ها در سال ۱۹۹۵ انجام شد، این شبیه سازی آن‌ها را به سمت شبیه سازی رفتار پرندگان جهت یافتن دانه سوق داد [۲۴]. این الگوریتم از یک طرف به حیات مصنوعی خصوصاً تئوری های گروهی و از جهت دیگر به الگوریتم های پردازش تکاملی و الگوریتم ژنتیکی مرتبط می‌باشد [۲۴].

الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات در حوزه ی هوش جمعی بوده، که یکی از مهمترین الگوریتم ها در این حوزه می‌باشد. نام های دیگر این الگوریتم، عبارتند از: الگوریتم پرندگان و الگوریتم ازدحام ذرات است. PSO، یافتن چگونگی طرح حل مساله، درون ذرات PSO یکی از اعمال کلیدی می‌باشد، که به صورت صحیح کارایی و امکان اجرای آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۲۵].

موجوداتی در الگوریتم PSO وجود دارند که ذره نامیده می‌شوند و در فضای جستجوی تابعی که قصد کمینه

<sup>۳</sup> pbest  
<sup>۴</sup> gbest

<sup>۱</sup> James Kennedy  
<sup>۲</sup> Russell C. Eberhart

$$X^{gbest}[t] = \operatorname{argminf}(x^{i,best}[t]), i=1, \dots, n \quad (14)$$

$$f^{gbest}[t] = f(x^{gbest}[t]) = \min f^{i,best}[t], i=1, \dots, n \quad (15)$$

#### ۴- پیاده سازی و یافته های تحقیق

##### ۴-۱- داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

در این مطالعه برای بررسی تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM5، ETM+ و OLI به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶ که از سایت زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دانلود شده‌اند، استفاده شده است. تمام تصاویر مورد استفاده در سیستم مختصات WGS84 و سیستم تصویر UTM زون ۳۹ با خطای RMSE کمتر از ۰٫۵ پیکسل قرار گرفتند. (جدول ۳) و برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تولید لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه از نرم‌افزارهای ENVI4.8، Arc GIS10.3 و Expert Choice متناسب با قابلیت هر یک از آن‌ها در هر مرحله استفاده گردید.

##### ۴-۲- مکانیابی مناطق مناسب اسکان موقت

با بهره‌گیری از نظر کارشناسان متخصص و با استفاده از روش Fuzzy-OWA در سطوح مختلف محاسبه و نتایج آن به صورت جدول (۴) نشان داده شده است.

##### ۴-۳- مکانیابی مناطق مناسب دفن پسماند

با توجه به اینکه مناطق بهینه دفن پسماند طی دو مرحله شناسایی شدند، ابتدا وزنهای روش سلسله مراتبی مطابق جدول ۵ ارائه می‌گردد.

$$V_j^i[t+1] = wv_j^i[t] + c_1 r_1 (x_j^{i,best}[t] - x_j^i[t]) + c_2 r_2 (x_j^{gbest}[t] - x_j^i[t]) \quad (10)$$

$$x_j^i[t+1] = x_j^i[t] + v_j^i[t+1] \quad (11)$$

ثابت های  $c_1, c_2$  در روابط بالا، پارامترهای یادگیری (میزان تاثیر) را برای gbest و pbest تعیین می کنند و معمولا برابر با ۲ انتخاب می گردند.  $r_1, r_2$  اعدادی تصادفی در محدوده [۰,۱] می باشند.  $x_{ij}(t)$  موقعیت کنونی،  $v_{ij}(t)$  سرعت حرکت ذره ها در آن مرحله است.  $w$  لختی حرکت ذرات را کنترل می کند. در ابتدای اجرای الگوریتم با سرعت بیشتر و پس از مدتی که به پاسخ نزدیک تر شد، به کندی کاهش می یابد. توابع استفاده شده برای این منظور معمولا باعث کاهشی خطی بعد از هر بار تکرار می شوند [۲۵].

الگوریتم PSO چیزی بیش از یک مجموعه ذرات است. هیچ کدام از ذرات توان حل هیچ مساله ای را ندارد، بلکه زمانی می توان مساله را حل نمود که آن ها با یکدیگر در ارتباط و تعامل باشند. در واقع برای انبوه ذرات، حل مساله، یک مفهوم اجتماعی می باشد که از رفتار تک تک ذرات و تعامل میان آن ها به وجود می آید. مناسب ترین موقعیتی که به وسیله همه ذرات پیدا شده است به صورت  $x^{gbest}$  نمایش داده می شود که با مقایسه مقادیر  $f^{i,best}$  به ازای همه ذرات و از میان  $x^{i,best}$  آنها انتخاب می گردد. مقدار تابع هدف در  $x^{gbest}$  به صورت  $f^{gbest}$  نشان داده می شود. چنانچه تعداد ذرات موجود در جمعیت  $n$  باشد، در این صورت می توان روابط ۱۲ تا ۱۵ را نوشت [۲۵].

$$x^{i,best}[t] = \operatorname{argminf}(x^i[t]) = \operatorname{argmin}\{f(x^i[t]), f(x^{i,best}[t-1])\}, (r \leq t) \quad (12)$$

$$f^{i,best}[t] = f(x^{i,best}[t]) = \min\{f^i[t], f^{i,best}[t-1]\}, (r \leq t) \quad (13)$$

جدول ۴- معیارها و وزندهی و ترکیب لایه ها توسط Fuzzy-OWA

کمیت سنج					نام معیار	
$\alpha=0$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.5$	$\alpha=1$	$\alpha=2$		
۰/۱۹	۰/۲	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۵	فاصله از مراکز خطرزا	معیار های طبیعی
۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۰	فاصله از ایستگاه آتش نشانی	
۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۹	فاصله از مراکز بهداشتی-امدادی	
۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۴	فاصله از معابر	
۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۰	فاصله از فرودگاه	
۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	فاصله از خطوط فشار قوی	
۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۸	ارتفاع	معیارهای انسانی
۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۰	۰/۳۶	۰/۳۵	شیب	
۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۷	فاصله از گسل	

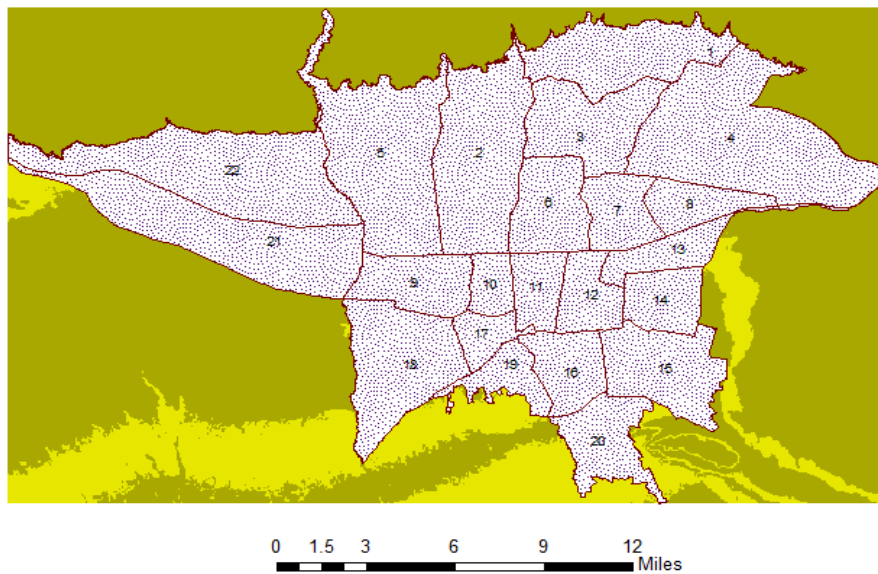


جدول ۵- وزن معیارها اصلی، معیارها و زیرمعیارها استفاده شده برای مکانیابی دفن پسماند




وزن سطح ۱	وزن سطح ۲	زیر معیار سطح ۲	زیر معیار سطح ۱	نام معیار
۰,۰۸	۰,۰۵۸	۱۵>	عمق آب های زیر زمینی	
	۰,۱۳۶	۳۰-۱۵		
	۰,۲۷۲	۴۵-۳۰		
	۰,۵۳۴	۴۵<		
۰,۱	۰,۰۷۵	۲۰۰>	فاصله از گسل	
	۰,۳۳۳	۵۰۰-۲۰۰		
	۰,۵۹۲	۵۰۰<		
۰,۱۱	۰,۱۷۰	۶>	شیب	محیطی
	۰,۶۴۱	۱۲-۶		
	۰,۲۶۰	۱۶-۱۲		
	۰,۰۷۱	۲۰-۱۶		
	۰,۰۳۹	۲۰<		
۰,۰۹	۰,۴۶۷	بایر	کاربری اراضی	
	۰,۲۸۰	مرتج		
	۰,۱۴۵	کشاورزی		
	۰,۰۷	باغ		
	۰,۰۳۸	آب و ساخته شده		
۰,۱۸	۰,۰۵۲	۸۰۰۰>	فاصله از مکان های اسکان موقت (متر)	
	۰,۲۹۱	۱۵۰۰۰-۸۰۰۰		
	۰,۵۳۹	۲۵۰۰۰-۱۵۰۰۰		
	۰,۱۱۸	۲۵۰۰۰<		
۰,۱۱	۰,۰۴۲	۵۰۰>	فاصله از شبکه جاده ای	زیرساختی
	۰,۰۶۷	۲۰۰۰-۵۰۰		
	۰,۱۲۲	۵۰۰۰-۲۰۰۰		
	۰,۴۹۴	۸۰۰۰-۵۰۰۰		
	۰,۲۷۵	۱۰۰۰۰-۸۰۰۰		
۰,۱	۰,۰۵۸	۲۵۰>	فاصله از زیر ساخت ها (متر)	
	۰,۱۵۶	۵۰۰-۲۵۰		
	۰,۲۵۴	۱۰۰۰-۵۰۰		
	۰,۵۳۲	۱۰۰۰<		
۰,۰۵	۰,۰۴۸	۳۰۰۰>	فاصله از فرودگاه (متر)	
	۰,۱۱۶	۵۰۰۰-۳۰۰۰		
	۰,۲۶۲	۸۰۰۰-۵۰۰۰		
	۰,۵۷۴	۸۰۰۰<		
۰,۰۸	۰,۴۴۸	شرق و جنوب شرقی	جهت باد	اقلیمی
	۰,۲۴۱	شمال شرقی		
	۰,۱۴۷	جنوب		
	۰,۰۸۸	شمال		
	۰,۰۴۸	شمال غربی و جنوب غربی		
	۰,۰۲۸	غرب و مناطق هموار		
۰,۱	۰,۴۶۴	۱۵۰<	بارش	
	۰,۳۸۸	۳۰۰-۱۵۰		
	۰,۱۴۸	۳۰۰<		

ضرایب  $c_1$  و  $c_2$  به ترتیب  $1/9$  و  $2/1$  در نظر گرفته شد. نتایج نهایی پیاده سازی در شکل ۵ نشان داده شده است:

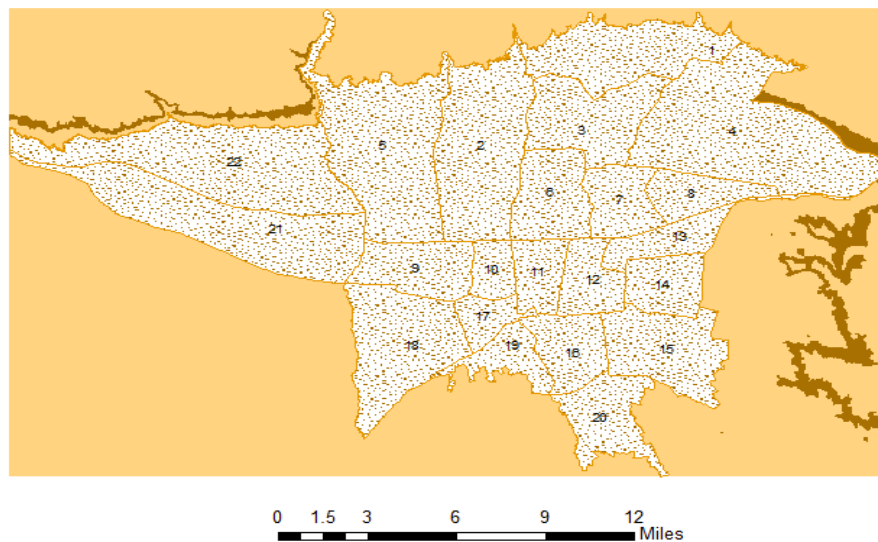
پس از وزندهی معیارها و زیر معیارها با استفاده از روش WLC لایه‌ها ترکیب شده و سپس روش بهینه سازی توده ذرات اعمال می‌گردد. تعداد ذرات ۲۰ و






#### Legend

-  Tehran districts
-  Unsuitable area
-  Suitable area

شکل ۴- مناطق مستعد اسکان موقت پس از زمین لرزه



#### Legend

-  Tehran districts
-  Unsuitable area
-  Suitable area

شکل ۵- مناطق بهینه دفن پسماند مناطق اسکان موقت پس از زمین لرزه

## ۵- نتیجه گیری

توجه به اصول حفظ محیط زیست و همچنین جلوگیری از شیوع بیماریهای ناشی از دفن موقت پسماندها می باشد. در نتیجه مکانهای مناسب دفن پسماند با توجه به روند گسترش شهری انتخاب گردید. سناریوی مورد نظر با در نظر گرفتن فعال شدن گسلهای شمال تهران، گسل مشا و گسل ری و زلزله ۶ ریشتر مکانهای مستعد اسکان موقت و دفن پسماند را در شهر تهران پس از زمین لرزه نشان می دهد. نتایج حاصل حاکی از آن است که بخشهایی از جنوب، جنوب غربی و غرب تهران برای اسکان موقت مستعد بوده و بخشهایی از مناطق شرقی و بخشی از مناطق شمال غربی تهران برای دفن موقت پسماند مناسب می باشد.

با توجه به وجود گسلهای مختلف در شهر تهران زمین لرزه یکی از مخاطرات مهم به شمار می آید. در این شرایط قطعاً برنامه ریزی های مناسب در راستای چگونگی پاسخ صحیح به چنین بحران احتمالی موثر می باشد. عموماً پس از وقوع زمین لرزه ای مخرب، اولین گام اسکان موقت آسیب دیدگان و پس از آن دفن پسماندهای این سکونتگاههاست که با توجه به جمعیت تهران عموماً می تواند معضل بزرگی را در مدیریت روزها و هفته های اولیه پس از بحران ایجاد کند. بنابراین هدف از این تحقیق انتخاب مکان بهینه دفن پسماند مناطق اسکان موقت با

## مراجع

- [1] Abdollahi, M. (2005). "Crisis Management in Urban Areas", Municipalities Publications, Tehran, (in Persian).
- [2] Brown, C. Milke, M. Seville, E. (2011). "Disaster waste management: A review article. Waste Management".
- [3] Saadat seresht, M. Ahmadiani, S. Mansourian, A. (2007). "A fast algorithm for optimal routing in temporary accommodation". Geomatics conference, Teharn, Iran (in Persian).
- [4] Givechi, S. Attari, M. Rashidi, E. Hesari, A. Nasabi, N. (2012). "Locating temporary post-earthquake settlement using GIS and AHP technique, case study: Sixth Shiraz area". Journal of Urban and Regional Studies and Research. pp101-118, (in Persian).
- [5] Ilaghi hosseini, M. Mohammadi Soleimani, M. Kamyab moghadass, R. (2014). "Locating optimal spaces for temporary and emergency settlement of urban population after an earthquake crisis using geographical information system (GIS) and Fuzzy model Case study of Kerman city". 5th National Conference on Earthquake and Structures, Tehran, Iran, (in Persian).
- [6] Kilci, F. Kara, BY. Bozkaya, B. (2015). "Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. European Journal of Operational Research";243(1):323-32.
- [7] Celik, E. (2017) "A cause and effect relationship model for location of temporary shelters in disaster operations management. International journal of disaster risk reduction";22:257-68.
- [8] Vafadoost, N. Mekaniki, J. (2016). "Locating landfill in urban areas by network analysis (ANP) Case study: Gonabad city", (in Persian).
- [9] Faleschini, F. Zanini, M. Hofer, L. Zampieri, P. Pellegrino, C. (2017). " Sustainable management of demolition waste in post-quake recovery processes: The Italian experience". International journal of disaster risk reduction;24:172-82.
- [10] Tabata, T. Onishi, A. Saeki, T. Tsai, P. (2019). " Earthquake disaster waste management reviews: Prediction, treatment, recycling, and prevention". International Journal of Disaster Risk Reduction.:101119
- [11] Naghdi, M. Saadat Seresht, M. Naghdi, K. (2010). "Performance evaluation and parameterization of the algorithm of birds in optimizing the spatial allocation problem, Case study: Temporary accomodation after earthquake". Geomatics conference (in Persian).
- [12] Rzavi dehkordi, M. Zamani, F. Meshkin moghadam, P, Akhoondipour, F. (2018). "Problems and Crisis Management in Smart Cities". 8th International Conference on Sustainable Development, Urban Development and Reconstruction, Tehran, Iran (in Persian).
- [13] Mirghafoori, H. (2014). "Multi-criteria decision-making methods" Jahad-daneshgahi Publications, Tehran, Iran, (in Persian).
- [14] Yager, R, R. (1988). "On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking" IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics, vol. 18, pp. 183-190.
- [15] Gorsevski, P, V. Donevska, K, R. Mitrovski, C, D. and Frizado, J, P. (2012). "Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: a case study using ordered weighted average," Waste management, vol. 32, pp. 287-296.

- [16] Malczewski, J. (2006). "Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 8, pp. 270-277.
- [17] Jelokhani-Niaraki, M and Malczewski, J. (2015). "A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study," *Land Use Policy*, vol. 42, pp. 492-508.
- [18] Miyanabadi, H. and Afsha, A. (2008) "Using ordered weighted average (OWA) method in decision-making and risk management," the first conference on strategic project management, sharif university, (in Persian).
- [19] Saaty, T, L. (1980). "The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority," Resource Allocation. RWS Publications, USA.
- [20] Malczewski, J. (1999). "GIS and multicriteria decision analysis: John Wiley & Sons".
- [21] Saaty, T, L. and Vargas, L, G. (1991), "Prediction, projection and forecasting," Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- [22] Cay, T. and Uyan, M. (2013), "Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the Analytic Hierarchy Process (AHP)," *Land Use Policy*, vol. 30, pp. 541-548.
- [23] Khan, D. and Samadder, S, R. (2015). "A simplified multi-criteria evaluation model for landfill site ranking and selection based on AHP and GIS, " *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, vol. 23, pp. 267-278.
- [24] Leung , A, Y, T. and Haijun Zhang. (2009). "Particle swarm optimization of tuned mass dampers", *Engineering Structures* Volume 31, Issue 3, March 2009, Pages 715-728 , <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2008.11.017>
- [25] Shi, X, H. Liang, Y, C. Lee, H, P. Lu, C. and Wang, Q, X. (2007). "Particle swarm optimization-based algorithms for TSP and generalized TSP", *Information Processing Letters*(103)(5): 169-176, <https://doi.org/10.1016/j.ipl.2007.03.010>