Archive of SID

Journal of Structural and Construction Engineering, 8(2), 2021, pp. 44-55

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Zoning of suitable places for temporary accommodation after an earthquake in Karaj city using fuzzy logic theory

Azadeh Ghadimi Hamzehkolaei[1], Alireza Vafaeinezhad[2*], Gholamreza Ghodrati Amiri[3]

1- Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3- School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

ABSTRACT

One of the important issues after an earthquake occurrence is to transfer residents to temporary accommodations. These points are areas of the city that have a higher safety factor against earthquake reoccurrence and have good access to management and relief centers. Due to the critical condition in the area after the earthquake, with the transfer of the township to these areas, relief procedure can be achieved with the highest speed and minimum risk. The purpose of this study is to determine the suitable locations for the construction of temporary accommodation facilities for injured people after earthquake occurrence in Karaj. To this end, firstly, the main controlling parameters in selection of the appropriate places for temporary accommodation are determined, and are classified into two groups of the main criteria of compatibility and incompatibility. The total number of the sub-criteria are twelve. Due to the spatial nature of this problem, fuzzy logic system with multi-criteria decision-making method is used to determine the most suitable points. After fuzzification of the criteria, their participation weight is determined and then, they are prioritized using fuzzy hierarchical analysis method. In the next step, desirability map of the region is prepared for each of the criteria. Eventually, by combining the impact of the studied criteria, a descriptive map of the region relative to the points of interest for temporary accommodation is generated. Based on this map, seven points are selected as suitable points for the construction of a temporary accommodation camp, and by employing the analytical hierarchy procedure with Expert Choice software, the optimal point is chosen.

ARTICLE INFO

Receive Date: 16 November 2018
Revise Date: 17 April 2019
Accept Date: 23 April 2019

Keywords:
Optimal Temporary accommodation points
ArcGIS
Expert Choice
Fuzzy hierarchy analysis Karaj city

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/JSCE.2019.156425.1709

*Corresponding author: Alireza Vafaeinezhad
Email address: a_vafaei@sbu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

پهنه‌بندی نقاط مناسب برای اسکان موقت بعد از رخداد زلزله در شهر کرج با استفاده از تئوری منطق فازی

آزاده قدیمی حمزه‌کلایی[۱]، علیرضا وفایی‌نژاد[۲*]، غلامرضا قدرتی امیری[۳]

۱- دانشجوی دکترا، دانشکده‌ی محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲- استادیار، دانشکده‌ی مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳-استاد، دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده

یکی از اقدام‌های مهم بعد از رخداد زلزله، انتقال ساکنین به نقاط اسکان موقت می‌باشد. این نقاط، مناطقی از شهر هستند که از ضریب ایمنی بالاتری در برابر رخداد مجدد زلزله برخوردار بوده، دسترسی مناسبی به مراکز مدیریتی و امدادی دارند و با توجه به شرایط بحرانی منطقه بعد از رخداد زلزله‌ی اصلی، با انتقال سکنه‌ی شهر به این مناطق، عملیات امدادرسانی با بیش‌ترین سرعت و کم‌ترین خطر قابل انجام خواهد بود. هدف از مطالعه‌ی حاضر، تعیین نقاط مناسب برای احداث مکان‌هایی به‌منظور اسکان موقت آسیب‌دیدگان بعد از رخداد زلزله در شهر کرج است. برای این منظور، ابتدا معیارهای موثر در انتخاب محل‌های مناسب برای اسکان موقت، شناسایی و به دو گروه معیارهای اصلی سازگار و ناسازگار، و دوازده زیرمعیار تقسیم می‌گردند. باتوجه به ماهیت تعیین مکانی مساله و نیز با در نظر داشتن تعداد پارامترهای موثر در تصمیم‌گیری، از تلفیق سیستم پردازش اطلاعات مکانی و منطق فازی، به‌همراه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، جهت تعیین مناسب‌ترین نقاط استفاده می‌شود. بعد از فازی‌سازی معیارها، وزن دهی و اولویت بندی آن‌ها با کمک روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام، و نقشه‌ی مطلوبیت منطقه نسبت به هر کدام از معیارها تهیه می‌گردد. نهایتا با تلفیق تاثیر معیارهای مطالعه شده با یک‌دیگر، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه نسبت به نقاط مناسب برای اسکان موقت، ارائه می‌گردد. از روی این نقشه، ۷ نقطه به‌عنوان نقاط مناسب برای احداث کمپ اسکان موقت انتخاب و با انجام تحلیل سلسله مراتبی با کمک نرم‌افزار Expert Choice، بهینه‌ترین نقطه انتخاب می‌گردد.

کلمات کلیدی: نقاط بهینه‌ی اسکان موقت، نرم‌افزار ArcGIS، نرم افزار Expert Choice، تحلیل سلسله مراتبی فازی، شهر کرج

سابقه مقاله:					
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	شناسه دیجیتال:
۱۳۹۷/۰۸/۲۵	۱۳۹۸/۰۱/۲۸	۱۳۹۸/۰۲/۰۳	۱۳۹۸/۰۲/۰۳	۱۴۰۰/۰۲/۳۰	doi: 10.22065/JSCE.2019.156425.1709
					https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2019.156425.1709

*نویسنده مسئول: علیرضا وفایی نژاد

پست الکترونیکی: a_vafaei@sbu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

زلزله پدیده‌ای است که به‌طور ناگهانی و بدون پیش‌آگهی رخ می‌دهد و لذا در اکثر موارد، امکان مواجهه‌ی اصولی و سریع با آن، امری دشوار است. علت اصلی این قضیه آن‌است که مدت زمان رخداد این پدیده نسبتا کم می‌باشد و از نظر روانی، به‌خاطر ترس و دلهره‌ی موجود، نشان دادن یک عکس‌العمل سریع و مناسب دشوار جلوه می‌کند. در این میان، امدادرسانی هدف‌دار، سریع و به‌موقع به مناطق آسیب‌دیده، می‌تواند از بروز حوادث ناگواری که پس از رخداد زلزله به‌وقوع می‌پیوندند، جلوگیری کند. تحقیقات نشان می‌دهد که زمان، یک عامل بسیار مهم و حیاتی در کاهش تلفات پس از زلزله می‌باشد [۱]. بدیهی است که در صورت داشتن برنامه‌های مدون در خصوص نحوه‌ی اجرای عملیات امداد و نجات، میزان اتلاف زمان در حین امدادرسانی، به حداقل مقدار ممکن کاهش می‌یابد. این برنامه‌ریزی‌ها شامل موارد پیش‌گیرانه و تسهیل‌کننده‌ی شرایط بحرانی است که می‌تواند به مدیریت منطقی وضعیت بحران، کمک قابل توجهی نماید. در این خصوص مطالعات مختلفی توسط محققین انجام پذیرفته است که نتیجه‌ی این مطالعات، به‌صورت ارزیابی شرایط بحرانی در مناطق مطالعه‌شده و پیشنهاد راهکارهایی جهت مقابله با این شرایط، ارائه گردیده است.

در برخی از مطالعات، ارزیابی خطرپذیری لرزه‌ای منطقه، به‌عنوان هدف اصلی جهت ارائه‌ی برنامه‌های پیش‌گیرانه و یا تمرکز بیش‌تر خدمات امدادی در بخش‌های پرخطر منطقه در نظر گرفته شده است [۲-۷]. هاشمی و آل‌شیخ [۲] روشی را برای ارزیابی لرزه‌ای مناطق مختلف شهری در شهر تهران ارائه دادند. آن‌ها فرض کردند که یک سناریوی آسیب محتمل از یک گسل حساس (نظیر گسل مشاء) می‌تواند باعث آسیب شود و در ادامه، با روابط کاهندگی مناسب، تاثیرات سناریوی مذکور را بر روی خطرپذیری منطقه ارزیابی کردند. سینها و همکاران [۳] با ارائه‌ی روشی باعنوان SMART (که مبتنی بر آنالیز چندمعیاره در فضای GIS است)، به ارزیابی خطرپذیری و آسیب‌پذیری منطقه‌ی دهلی در هندوستان پرداختند. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، شامل لایه‌های اطلاعاتی مختلفی بود که از آن جمله می‌توان به پهنه‌های لرزه‌ای منطقه (بر اساس آنالیزهای تحلیل خطر منطقه)، حداکثر شتاب محتمل یا PGA، مشخصات خاک، احتمال روان‌گرایی، مشخصات ژئوفیزیکی منطقه، کاربری زمین‌ها و میزان فعالیت گسل‌ها اشاره کرد. صدری‌کیا و همکاران [۴] روشی جدید جهت ارزیابی لرزه‌ای و پهنه‌بندی خطر زلزله در مناطق شهری ارائه دادند. تمرکز اصلی مطالعه‌ی آنها بر روی استفاده از داده‌های ناقص و محدود به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی بود و برای رفع مشکل ناقص بودن داده‌های ورودی، از تکنیک‌هایی هم‌چون تفکیک و طبقه‌بندی براساس مشخصه‌های متشابه، منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. آن‌ها به‌منظور بررسی کارآیی روش پیشنهادی، به ارزیابی لرزه‌ای شهر تبریز پرداخته و نتایج حاصل را به‌صورت توصیف‌هایی کیفی ارائه دادند. احمد و همکاران [۵] به ارزیابی لرزه‌ای مناطق مختلف کشور سوریه بادرنظرداشتن عواملی مثل گسلهای فعال و مشخصه‌های ژئولرزه‌ای پرداختند. قدیمی حمزه‌کلایی و همکاران [۶] با کمک سیستم پردازش اطلاعات مکانی و مبانی منطق فازی، به پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای در منطقه‌ی هفت شهر تهران پرداختند. نتیجه‌ی مطالعات آن‌ها به‌صورت نقشه‌ی خطرپذیری منطقه ارائه شده است که می‌تواند در برنامه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های این منطقه نیز مورد استفاده قرار گیرد. آرمس و همکاران [۸] به بررسی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای مناطق مختلف در بخارست پرداختند و درنهایت، شاخص جدیدی جهت تعیین آسیب‌پذیری مناطق ارائه دادند. آنالیزهای حساسیت و عدم قطعیت انجام شده بر روی این شاخص، حاکی از پایایی آن و قابلیت استفاده از آن در موارد مشابه بود. گفتنی است که تمرکز مهم مطالعه‌ی مذکور، بر روی آنالیز کیفی عواملی چون آموزش و آگاهی مردم در میزان آسیب‌پذیری واقعی مناطق با خطر لرزه‌ای بالا در حین وقوع یک زلزله، استوار شده بود.

دسته‌ی دیگر از تحقیقات، به ارزیابی منطقه جهت شناسایی مناسب‌ترین نقاط برای اهداف خاص پرداخته‌اند [۹-۱۴]. هو و همکاران [۱۰] با استفاده از مدل اصلاح شده‌ای از الگوریتم بهینه‌یابی اجتماع ذرات، مساله‌ی شناسایی و تخصیص محل‌های مناسب برای اسکان موقت را به‌صورت یک مساله‌ی بهینه‌یابی تعریف و حل کردند. اسماعیلیان و همکاران [۱۲] مساله‌ی شناسایی موقعیت مناسب برای ایستگاه‌های اورژانس را با کمک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره حل کردند. این مطالعه، در خصوص شهر تهران بود و دستاورد اصلی آن، ارائه‌ی نقاط مناسب برای احداث ایستگاه‌های اورژانس بود که برای این منظور، معیارهایی هم‌چون دوام یا ماندگاری، جمعیت، و قدمت سازه را مورد بررسی قرار دادند. ما و ژو [۱۴] روشی برای تخصیص زمین در مناطق شهری، با کمک منطق فازی، ارائه دادند. مهم‌ترین بخش مطالعه‌ی آنها، تلاش برای درنظرگیری عدم‌قطعیت‌های موجود در مساله‌ی تخصیص بود.

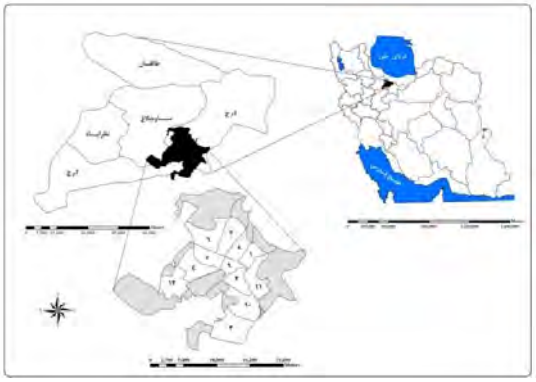
www.SID.ir

Archive of SID

استان‌های البرز و تهران، با توجه به تمرکز امکانات مختلف معیشتی، آموزشی و شغلی، جزو پرجمعیت‌ترین استان‌های کشور هستند. فعال شدن هر یک از گسل‌های موجود در این استان‌ها، می‌تواند منشاء بروز زمین‌لرزه‌هایی با شدت‌های مختلف گردد. فعالیت‌های اخیر برخی از گسل‌های این منطقه باعث زلزله‌های نسبتا شدیدی در منطقه شده‌است (نظیر زلزله‌ی ۵/۲ ریشتری آذرماه سال ۱۳۹۶). با توجه به ویژگی‌های دو استان تهران و البرز و وجود شهرهای پرجمعیت و نزدیک به هم، احتمال آسیب دیدن هم‌زمان آن‌ها در اثر رخداد یک زلزله، بالا است. از طرفی، با توجه به احتمال آسیب‌دیدگی استان‌های هم‌جوار (به دلیل نزدیکی به کانون‌های مذکور)، قاعدتا نباید انتظار امدادرسانی فوری از استان‌های هم‌جوار را داشت. بنابراین، تدوین یک برنامه‌ی جامع مدیریت بحران برای این مناطق ضروری می‌باشد. این برنامه شامل عوامل پیش‌گیرانه و کاهش‌دهنده‌ی زمان عکس‌العمل بعد از رخداد زلزله می‌باشد. در این راستا، درنظرگرفتن فضای بازِ کافی در بخش‌های مختلف شهری، جهت استفاده از آن‌ها به هنگام وقوع زلزله و هم‌چنین تاسیس پایگاه‌های مدیریت بحران در هر منطقه یا ناحیه‌ی شهری، از زیرساخت‌های اصلی مرتبط با اقدامات پیش‌گیرانه می‌باشد. تجربیات به‌دست آمده از گذشته نشان می‌دهد که عدم وجود ضوابط مناسب جهت اسکان موقت ساکنین در هنگام بحران، باعث هرج و مرج و رخداد موارد مختل‌کننده‌ای می‌شود که می‌تواند راندمان عملیات امداد و نجات را به‌شدت کاهش دهد و این امر، باعث افزایش آمار تلفات خواهد شد. در این مقاله، مکان‌های امن و مناسب جهت اسکان موقت ساکنین پس از وقوع زلزله در شهرکرج شناسایی می‌شود. به دلیل دخالت عوامل و پارامترهای متعدد در این مساله، مکان‌یابی این گونه اماکن دارای پیچیدگی‌های زیادی است. به‌منظور در نظرگیری این عوامل و عدم قطعیت‌های موثر در مساله، ابتدا معیارهای موثر در انتخاب محل‌های مناسب برای اسکان موقت، شناسایی و به دو گروه معیارهای اصلی سازگار و ناسازگار، و دوازده زیرمعیار تقسیم می‌گردند. سپس، با تلفیق سیستم پردازش اطلاعات مکانی و منطق فازی، و هم‌چنین با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه نسبت به هر کدام از معیارها تهیه می‌گردد. در ادامه، با تلفیق تاثیر معیارهای مطالعه شده با یکدیگر، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه نسبت به نقاط مناسب برای اسکان موقت، ارائه و از روی آن، ۷ نقطه به عنوان نقاط مناسب برای احداث کمپ اسکان موقت انتخاب می‌گردد. در پایان، با انجام تحلیل سلسله مراتبی با کمک نرم‌افزار Expert Choice، نقاط هفت‌گانه مذکور اولویت‌بندی شده و بهینه‌ترین نقطه جهت احداث کمپ اسکان موقت در شهر کرج، انتخاب می‌گردد.

۲- معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

شهر کرج، یکی از کلان‌شهرهای ایران و هم‌چنین مرکز استان البرز و شهرستان کرج است. شهر کرج در حد فاصل عرض‌های شمالی (۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه) و (۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه و ۲۰ ثانیه) و بین طول (۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه و ۵۰ ثانیه) تا (۵۱ درجه و ۳ دقیقه‌ی شرقی)، با ارتفاع متوسط ۱۲۹۷ متر از سطح دریا، در فاصله‌ی ۴۸ کیلومتری از پایتخت واقع شده‌است. این شهر با مساحتی معادل ۱۷۵/۴ کیلومتر مربع و حریمی به وسعت ۱۷۸/۹ کیلومتر مربع در دامنه‌ی جنوبی رشته کوه البرز مرکزی قرار دارد. جمعیت این شهر، طبق آمار رسمی سرشماری سال ۱۳۹۰، ۱۹۶۷۵۰۰ نفر می‌باشد که از این حیث، سومین شهر پرجمعیت ایران به‌شمار می‌رود. کرج پس از تهران، بزرگ‌ترین شهر مهاجرپذیر ایران است. هم‌چنین جمعیت این شهر نسبت به سایر شهرهای بزرگ ایران، جوان‌تر است [۱۵]. شهر کرج دارای ۱۲ منطقه و ۳۴ ناحیه‌ی شهری است (شکل ۱).



(الف)

(ب)

شکل ۱: (الف) موقعیت شهر کرج در ایران [۱۶]، (ب) شهر کرج و همسایگی آن [۱۷].

www.SID.ir

Archive of SID

۳- نحوه‌ی مدل‌سازی

در این بخش، روش کلی مورد استفاده به‌منظور مکان‌یابی نقاط مستعد برای اسکان موقت تشریح می‌گردد. هدف اصلی این مقاله، تدوین نقشه‌ی مکان‌های مطلوب جهت احداث مراکز اسکان موقت در شهر کرج می‌باشد. برای این منظور، ابتدا اطلاعات مربوط به مشخصات اصلی منطقه استخراج و با کمک تحلیل سلسله مراتبی فازی و با نرم افزار ArcGIS، مناطق مطلوب و مناسب تعیین می‌گردند. در ادامه ی این بخش، جزئیات مدلسازی صورت گرفته مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

۳-۱- شناسایی معیارهای هدف سازگار و ناسازگار

در این مطالعه، ابتدا بر اساس مرور منابع و نظرات کارشناسان متخصص، دوازده معیار هدف به‌عنوان عوامل موثر در ارزیابی استعداد مناطق برای ساخت کمپ‌های اسکان موقت، شناسایی شدند. به‌طور کلی، این معیارها شامل مشخصات و ویژگی‌های بارز موجود در منطقه هستند که هر کدام نقشی مجزا (و در عین حال وابسته به سایر معیارها) در اولویت‌بندی مناطق دارند. این معیارها شامل مواردی چون فاصله از بلوک‌های جمعیتی، فاصله از درمانگاه‌ها و بیمارستان‌ها، فاصله از مراکز آتش نشانی، فاصله از گسل‌های موجود در منطقه و ... می‌باشند. لیستی از این معیارها در جدول ۱ ارائه شده است. گستردگی این معیارها به‌گونه‌ای‌است که برخی از آن‌ها تاثیر هم‌راستا و برخی تاثیر معکوس (درصورت مطالعه‌ی هم‌زمان) دارند. بنابراین، عدم‌قطعیت‌های موجود در مساله، می‌توانند به‌خوبی در مدل‌سازی‌ها لحاظ گردند. علاوه‌براین، در این مطالعه، از منطق‌فازی استفاده می‌گردد که خاستگاه اصلی آن، درنظرگرفتن عدم‌قطعیت‌های موجود در مساله با روی‌کردی تصادفی و منطبق بر موارد واقعی می‌باشد. تاثیر هر معیار هدف را می‌توان به‌صورت کیفی مشخص و آن‌را در کمی‌سازی استفاده کرد. لازم‌به‌توضیح است که اگر بین معیار هدف و مطلوب مساله رابطه‌ی مستقیم برقرار باشد، آن معیار به‌عنوان معیار اصلی سازگار در نظر گرفته می‌شود. با در نظر داشتن این تعریف، معیار اصلی ناسازگار معیاری خواهد بود که بین آن و مطلوب مساله، ارتباط معکوس برقرار باشد. به‌عنوان مثال، فاصله از گسل، جزو معیارهای سازگار است؛ چراکه هر چه فاصله از گسل بیشتر باشد، مطلوب مساله که یافتن نقطه‌ی مناسب برای ساخت کمپ اسکان موقت است، به‌صورت قابل قبولی محقق خواهد شد. این درحالی‌است‌که معیار فاصله از درمانگاه‌ها، جزو معیارهای ناسازگار است و هر چه میزان فاصله از درمانگاه برای منطقه‌ی تحت مطالعه کم‌تر باشد، آن منطقه از مطلوبیت بیش‌تری برخوردار خواهد بود. در جدول ۱، نوع معیارها از این نقطه‌نظر تعیین گردیده است.

جدول ۱: معیارهای هدف به‌همراه شکل و نوع تابع عضویت فازی

معیاراصلی	زیر معیارها	شکل تابع عضویت فازی	نوع تابع عضویت
معیارهای سازگار	فاصله از گسل	خطی افزاینده	Sigmoidal
	فاصله از خطوط انتقال گاز	خطی افزاینده	Sigmoidal
	فاصله از جایگاه سوخت	خطی افزاینده	Sigmoidal
	فاصله از بافت‌های فرسوده شهری	خطی افزاینده	Sigmoidal
معیارهای ناسازگار	فاصله از بلوک‌های جمعیتی	خطی کاهنده	Sigmoidal
	فاصله از درمانگاه‌ها	خطی کاهنده	Sigmoidal
	فاصله از مراکز انتظامی	خطی کاهنده	Sigmoidal
	فاصله از مراکز آتش‌نشانی	خطی کاهنده	Sigmoidal
	فاصله از راه‌ها	خطی کاهنده	Sigmoidal
	فاصله از بیمارستان	خطی کاهنده	Sigmoidal
	فاصله از پارک‌ها و فضاهای باز	خطی کاهنده	Sigmoidal
	فاصله از شبکه‌های معابر	خطی کاهنده	Sigmoidal

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲- استانداردسازی معیارها

نظر به‌این‌که معیارهای مورد استفاده در مساله یک جنس نیستند، لذا لازم است قبل از هرگونه آنالیزی، آن‌ها را استاندارد یا هم‌واحد نمود. در این مقاله، برای هم‌واحد نمودن معیارهای کمی، از استانداردسازی فازی استفاده می‌شود. استانداردسازی فازی در دامنه‌ی عددی ۱-۰ انجام می‌شود. به‌این معنا که عدد صفر کم‌ترین شایستگی و عدد یک بیشترین شایستگی را در دست‌یابی به مطلوب مساله نشان می‌دهد. برای این منظور، با استفاده از مجموعه توابع فازی و با کمک نرم‌افزار IDRISI، زیرمعیارهای دخیل در مساله، فازی‌سازی می‌شوند. در این مقاله، از مجموعه توابع Sigmoidal برای فازی‌سازی استفاده شده است. در این توابع، چنان‌چه ارزش‌های زیرمعیار مورد مطالعه به شکل یکنواخت افزایش یا کاهش یابد، تنها دو نقطهی کنترل در مجموعه‌ی فازی تعریف می‌شود؛ چرا که تابع به‌صورت کاملا صعودی و یا کاملا نزولی خواهد بود و از فرمت کلی $1/(1+e^{-t})\pm$ پیروی می‌کند. جزییات مربوط به شکل و نوع تابع عضویت استفاده شده برای هر کدام از معیارهای تعریف شده در این مقاله، در جدول ۱ مطرح شده است.

۳-۳- طراحی پرسش‌نامه‌ی کارشناسی به‌منظور وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای هدف

در این پژوهش، تعداد ۲۶ پرسش‌نامه طراحی گردید که سوالات آن مربوط به مقایسه‌ی بین زیرمعیارهای مختلف بود. مواردی نظیر رتبه‌بندی تاثیر زیرمعیارهای مختلف در تامین مطلوب مساله، جزو اصلی‌ترین سوالات مطرح شده در این پرسش‌نامه بود. گفتنی است که پاسخ متخصصان، به‌صورت گزینه‌های مکمل دریافت و ثبت گردید که این امر به‌نوبه‌ی خود، می‌تواند کنترلی بر میزان پایایی پاسخ‌ها باشد. به‌عنوان نمونه، اگر از نظر یک متخصص، «فاصله‌ی کم‌تر بیمارستان تا نقطه‌ی مناسب برای اسکان موقت»، امتیاز بالایی را برخوردار باشد، بدیهی است که مناطقی که فاصله‌ی زیادی از بیمارستان‌ها دارند، در رده‌ی مناطقی با امتیاز کم قرار می‌گیرند. هم‌چنین، سوالات مقایسه‌ای تطبیقی جهت مقایسه‌ی دوبه‌دوی معیارها (نظیر این‌که تاثیر معیار فاصله از بیمارستان در مطلوبیت منطقه بیشتر است یا فاصله از گسل)، باعث می‌شود تا اعتبار و پایایی پاسخ‌های کارشناسان، مورد کن‌کاش قرار گیرد. نهایتا، پس از انجام آزمون اعتبارروایی و پایایی، ۱۳ پرسش‌نامه تکمیل‌شده‌ی معتبر انتخاب، و در ادامه‌ی تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۴- وزن‌دهی زیرمعیارها با استفاده از روش F.AHP

در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (F.AHP)، پس از تهیه‌ی نمودار سلسله‌مراتبی، از تصمیم‌گیرنده (یا تصمیم‌گیرنده‌ها) خواسته می‌شود تا عناصر هر سطح را نسبت به هم مقایسه کنند و اهمیت نسبی عناصر را با استفاده از اعداد فازی بیان کنند. این مقایسه، می‌تواند در تولید قواعد فازی و استنتاجی موثر واقع شود. مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی Chang به شرح زیر است:

مرحله‌ی ۱: رسم نمودار سلسله مراتبی
مرحله‌ی ۲: تعریف اعداد فازی به‌منظور انجام مقایسه‌های زوجی
مرحله‌ی ۳: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به‌کارگیری اعداد فازی
مرحله‌ی ۴: محاسبه‌ی اعداد فازی مثلثی برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه‌ی زوجی
مرحله‌ی ۵: محاسبه‌ی درجه‌ی بزرگی Siها نسبت به هم‌دیگر
مرحله‌ی ۶: محاسبه‌ی وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی
مرحله‌ی ۷: محاسبه‌ی بردار وزن نهایی

۳-۵- تلفیق زیرمعیارهای شناسایی شده برای دستیابی به معیارها

روش‌های ترکیب خطی وزن‌دار، متداول‌ترین روش مورد استفاده در تصمیم‌گیری چند معیاری است که می‌تواند به درنظرگیری عدم‌قطعیت‌های موجود در مساله‌ی موردمطالعه، به‌طور قابل‌توجهی کمک کند. از این فنون تحت عنوان وزن‌دهی جمعی ساده یا روش مبتنی بر نمره‌دهی (امتیازبندی) نیز یاد می‌شود. این روش‌ها بر پایه‌ی میانگین وزنی استوار هستند. تصمیم‌گیر به‌طور مستقیم وزن‌هایی از

www.SID.ir

Archive of SID

اهمیت نسبی را به هر شاخص اختصاص می‌دهد. سپس وزن اختصاص یافته به هر شاخص در نمره‌ی مقیاس‌بندی‌شده‌ی آن شاخص ضرب شده و با جمع حاصل‌ضرب‌های مذکور، امتیاز یا نمره کل در رابطه با هر گزینه به‌دست می‌آید. بعد از محاسبه‌ی امتیاز کل برای تمام گزینه‌ها، گزینه‌ای که دارای بالاترین امتیاز است، انتخاب می‌گردد. به‌طورکلی، روش ترکیب وزنی خطی (WLC) مبتنی بر GIS شامل مراحل زیر است:

الف- ترکیب وزنی زیرشاخص‌های استانداردشده برای دست‌یابی به نقشه‌ی شاخص‌ها: به‌این منظور، زیرشاخص‌های استاندارد شده بر اساس وزن و اهمیت‌شان با یک‌دیگر جمع شده و زیر معیارها به‌دست می‌آیند.

ب- ترکیب وزنی شاخص‌های به‌دست‌آمده از زیرشاخص‌های اصلی به‌منظور تهیه‌ی نقشه‌ی معیارهای اصلی: پس از تهیه‌ی نقشه‌ی شاخص‌ها ، لایه‌های مختلف با توجه به وزن‌شان، با یک‌دیگر تلفیق شده و معیارهای اصلی محاسبه می‌شوند.

ج- ترکیب وزنی معیارهای نهایی به‌منظور رسیدن به مکان‌های مناسب: نقشه‌ی نهایی این مطالعه که نشان‌دهنده پهنه‌بندی منطقه‌ی مورد مطالعه به‌منظور اسکان موقت می‌باشد، از ترکیب وزنی معیارهای اصلی بدست می‌آید.

در ادامه، نتایج مربوط به وزن‌دهی و اولویت‌بندی زیرمعیارهای گروه سازگار حاکی از آن‌است که بیش‌ترین وزن، مربوط به زیرمعیار «فاصله از گسل» و هم‌چنین کم‌ترین وزن مربوط به زیرمعیار «فاصله از بافت‌های فرسوده شهری» است (جدول شماره۲).

جدول ۲: ماتریس مقایسه بین زیرمعیارهای گروه معیار سازگار

زیرمعیار	فاصله از گسل	خطوط گاز	جایگاه سوخت	بافت فرسوده	وزن
فاصله از گسل	(۱و۱و۱)	(۲و۱/۵و۱)	(۲/۵و۲و۱/۵)	(۲/۵و۲و۱/۵)	۰/۳۴
خطوط گاز		(۱و۱و۱)	(۳و۲/۵و۲)	(۲و۱و۰/۶۶۷)	۰/۲۸
جایگاه سوخت			(۱و۱و۱)	(۱و۰/۶۶۷و۰/۵)	۰/۲
بافت فرسوده				(۱و۱و۱)	۰/۱۸

نتایج مربوط به وزن‌دهی و اولویت‌بندی زیرمعیارهای گروه معیار ناسازگار نشان داد که بیش‌ترین وزن مربوط به زیرمعیار «فاصله از مراکز جمعیتی» و کم‌ترین وزن مربوط به زیرمعیار «فاصله از معابر شهری» است (جدول ۳).

جدول ۳: ماتریس مقایسه بین زیرمعیارهای گروه معیار ناسازگار

زیرمعیار	جمعیت	درمانگاه	انتظامی	آتش‌نشانی	راه	بیمارستان	فضای سبز	معابر	وزن نهایی
جمعیت	(۱و۱و۱)	(۳و۲/۵و۲)	(۲و۱/۵و۱)	(۱/۵و۲/۵و۲)	(۲و۱و۰/۶۶۷)	(۱و۰/۵و۰/۶۶۷)	(۱/۵و۲/۵و۱)	(۳و۲/۵و۲)	۰/۲۵
درمانگاه		(۱و۱و۱)	(۱/۵و۲/۵و۲)	(۲و۱و۰/۶۶۷)	(۱و۰/۵و۰/۶۶۷)	(۱/۵و۲/۵و۱)	(۲و۲/۵و۲)	(۲و۱/۵و۱)	۰/۱۹
انتظامی			(۱و۱و۱)	(۱و۰/۵و۰/۶۶۷)	(۱/۵و۲/۵و۲)	(۲و۲/۵و۲)	(۱و۱/۵و۱)	(۱/۵و۲/۵و۲)	۰/۱۵
آتش‌نشانی				(۱و۱و۱)	(۲و۲/۵و۳)	(۱و۱/۵و۲)	(۱/۵و۲/۵و۲)	(۱و۰/۵و۰/۶۶۷)	۰/۱۲
راه					(۱و۱و۱)	(۱/۵و۲/۵و۱)	(۰/۵و۰/۶۶۷و۱)	(۲و۲/۵و۳)	۰/۱
بیمارستان						(۱و۱و۱)	(۲و۲/۵و۳)	(۱/۵و۲/۵و۲)	۰/۰۸
فضای سبز							(۱و۱و۱)	(۲و۲/۵و۳)	۰/۰۶
معابر								(۱و۱و۱)	۰/۰۵

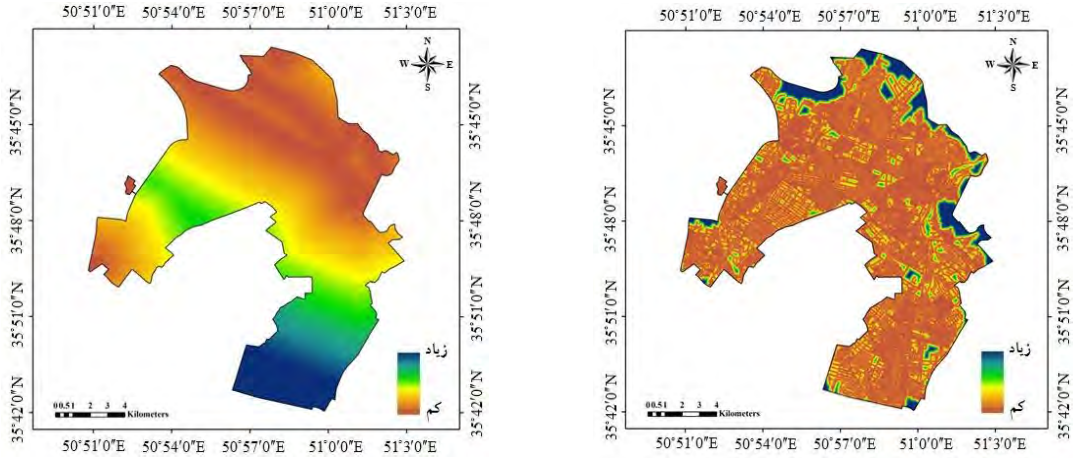
۶-۳- اولویت‌بندی پهنه‌ها

در منطق‌های کلاسیک، وزن‌دهیِ هر یک از لایه‌های اطلاعاتی، به‌صورت قطعی انجام می‌گیرد که در آن، مقدار مطلوبیت و هم‌چنین عدم‌مطلوبیت کامل، در دامنه‌ی [۱و۰] تعریف می‌شود. درصورتی‌که در منطق فازی، درجه‌ی مطلوبیت هر متغیر دارای بی‌نهایت مقدار در دامنه‌ی [۱و۰] است. در روش‌های مطرح در منطق فازی، وزن‌دهی به لایه‌ها، بیش‌تر مبتنی بر دانش تجربی و قضاوت مهندسی-

www.SID.ir

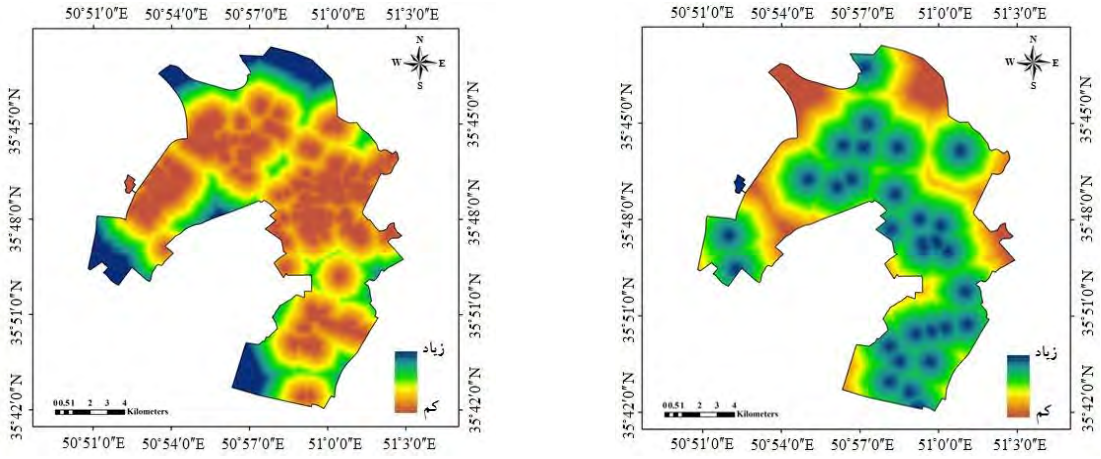
Archive of SID

کارشناسی است. مطالعه‌ی حاضر، بر اساس منطق فازی صورت گرفته است و در شکل‌های ۲ تا ۷، نقشه‌های فازی منطقه از حیث زیرمعیارهای مشخص‌شده در فرمت مناسب با قابلیت معرفی به نرم‌افزار، نشان داده شده‌اند.



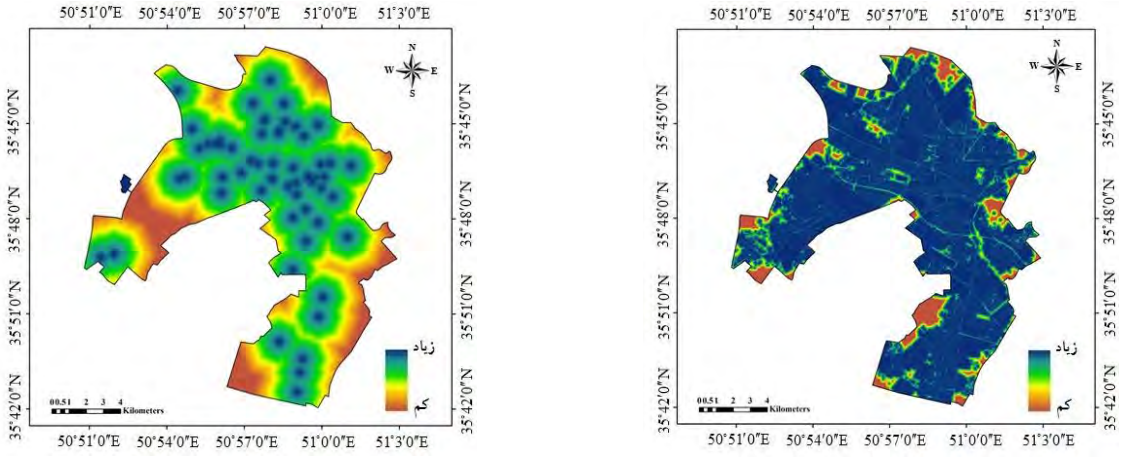
(ب) (الف)

شکل ۲: (الف) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله از خطوط انتقال گاز، (ب) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله از گسل.



(ب) (الف)

شکل ۳: (الف) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله از جایگاه سوخت، (ب)نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله ازبافت فرسوده.

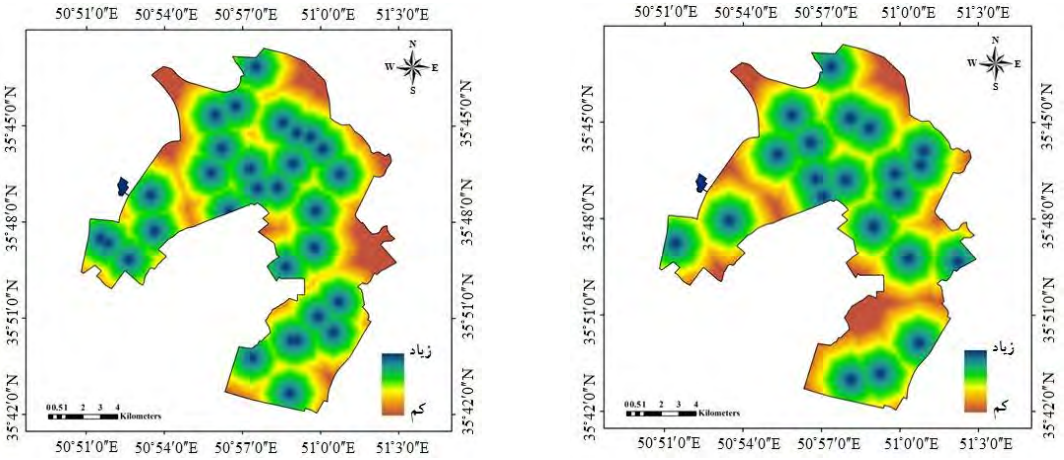


(ب) (الف)

شکل ۴: (الف) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله ازبلوک‌های جمعیتی ، (ب) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله ازدرمانگاه‌ها.

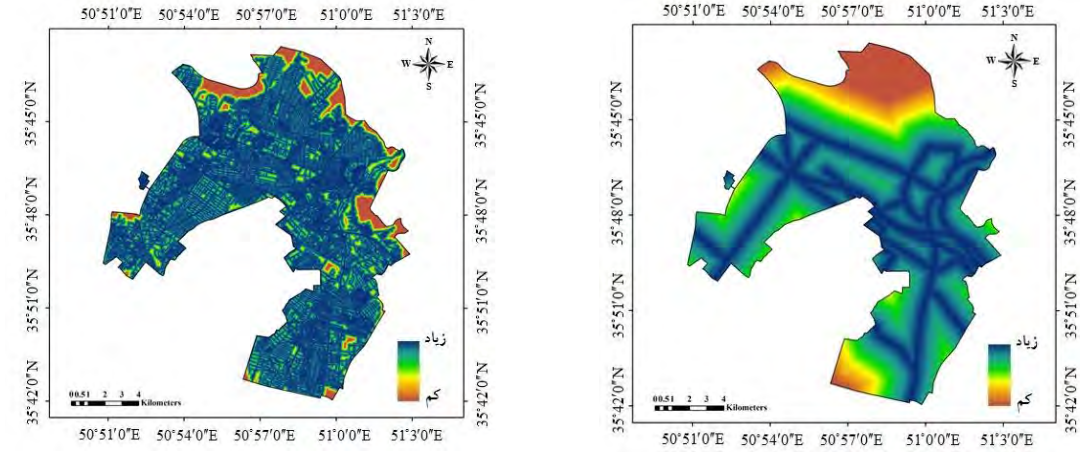
www.SID.ir

Archive of SID



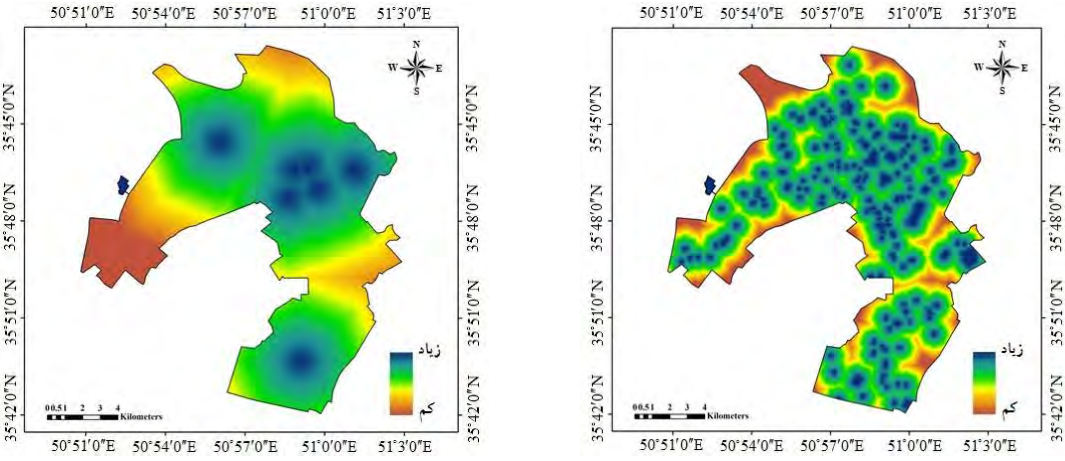
(ب) (الف)

شکل ۵: (الف) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله ازآتش نشانی، (ب) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله ازمراکزانتظامی.



(ب) (الف)

شکل ۶: (الف) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله ازراه اصلی ، (ب) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله ازمعابر.

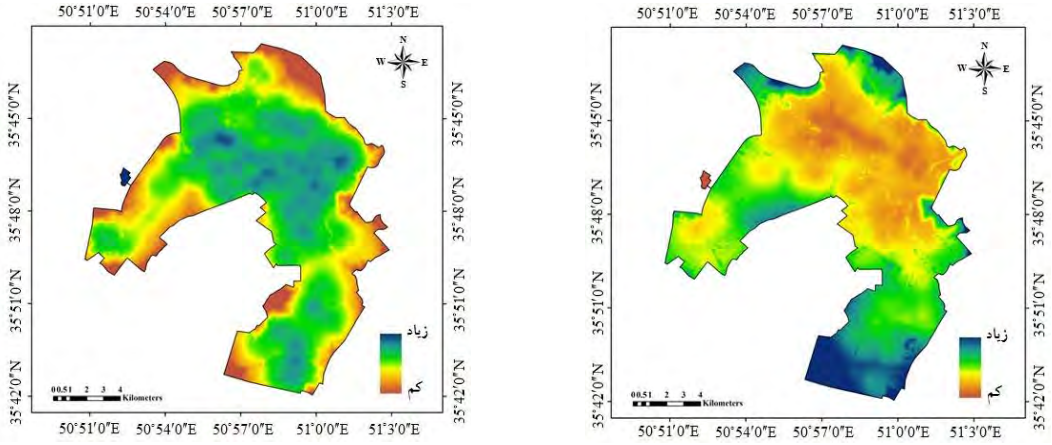


(ب) (الف)

شکل ۷: (الف) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله از فضای باز ، (ب) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به فاصله از بیمارستان.

www.SID.ir

Archive of SID



(ب) (الف)

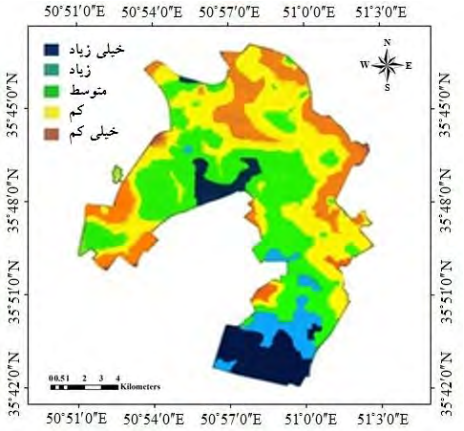
شکل ۸: (الف) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به معیار سازگاری، (ب) نقشه‌ی فازی منطقه نسبت به معیار ناسازگاری.

پس از استانداردسازی و وزن‌دهی زیرمعیارهای گروه معیار سازگار بر اساس وزن‌های به‌دست‌آمده از روش F.AHP زیرمعیارهای مربوطه با یک‌دیگر تلفیق شده و وضعیت منطقه از نظر معیار سازگاری مشخص شد (شکل ۸-الف) .بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، با فاصله گرفتن از مرکز منطقه و نزدیک شدن به حاشیه‌ها بر مطلوبیت این معیار افزوده می‌شود. هم‌چنین عملیات مشابهی برای زیرمعیارهای گروه معیار ناسازگار انجام و وضعیت منطقه از نظر این معیار مشخص شد (شکل۸-ب). مشاهده می‌شود که در این حالت، برخلاف حالت مربوط به معیارهای سازگاری، با فاصله گرفتن از مرکز منطقه و نزدیک‌شدن به حاشیه‌ها از مطلوبیت این معیار کاسته می‌شود.

پس از تهیه‌ی نقشه‌های فازی معیارهای سازگاری و ناسازگاری و تلفیق این معیارها، نقشه‌ی پهنه‌بندی منطقه نسبت به هدف این مطالعه -که همان پهنه‌بندی اسکان موقت می‌باشد-، تهیه می‌شود. در شکل ۹ مطلوبیت منطقه نسبت به نقاط مناسب برای ساخت کمپ اسکان موقت در شهر کرج نشان داده شده‌است. در این نقشه، مطلوبیت منطقه با توجه به میزان آسیب‌پذیری محتمل، به پنج طبقه‌ی زیر تقسیم شده است:

الف) طبقه با مطلوبیت خیلی‌کم، که در آن میزان آسیب‌پذیری بالاتر از ۸۰٪ است؛
ب) طبقه با مطلوبیت کم، که در آن میزان آسیب‌پذیری بین ۶۰٪ تا ۸۰٪ می‌باشد؛
ج) طبقه با مطلوبیت متوسط، که در آن میزان آسیب‌پذیری بین ۴۰٪ تا ۶۰٪ می‌باشد؛
د) طبقه با مطلوبیت زیاد، که در آن میزان آسیب‌پذیری بین ۲۰٪ تا ۴۰٪ می‌باشد؛ و
هـ) طبقه با مطلوبیت خیلی‌زیاد، که در آن میزان آسیب‌پذیری کم‌تر از ۲۰٪ می‌باشد.

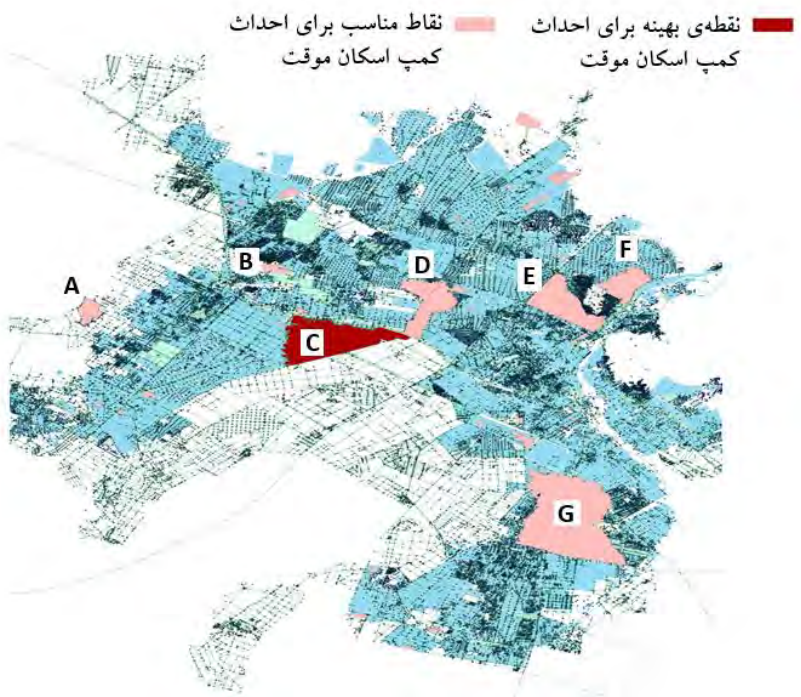
لازم‌به‌توضیح است که میزان آسیب‌پذیری با توجه به تلفیق تمامی معیارهای موثر در خطرپذیری لرزه‌ای تعیین گردیده‌است.



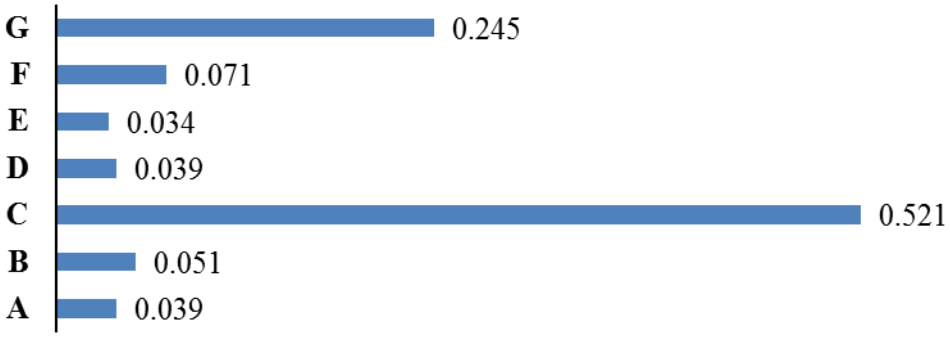
شکل ۹: نقشه‌ی مطلوبیت منطقه نسبت به هدف (پهنه‌بندی اسکان موقت).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰: نقاط منتخب برای احداث کمپ اسکان موقت .



شکل ۱۱: میزان مناسب بودن هر کدام از نقاط هفت‌گانه‌ی منتخب برای ساخت کمپ اسکان موقت.

برای انتخاب بهترین (بهینه‌ترین) مکان به‌منظور ساخت کمپ اسکان موقت، ابتدا با در نظر داشتن شکل ۹، ۷ نقطه‌ی مناسب به‌عنوان بلوک‌های مناسب، انتخاب می‌شود. نقاط هفت‌گانه‌ی منتخب در شکل ۱۰ با حروف A تا G نشان داده شده است. در انتخاب این نقاط، به مرکزیت منطقه نیز توجه شده‌است. سپس، با استفاده‌ی مجدد از نرم‌افزار Expert Choice و در نظر گرفتن پارامترهای موجود در هر بلوک، وزنِ بیان‌گر مناسب بودن هر کدام از بلوک‌ها، تعیین می‌گردد. نتایج به‌دست آمده در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همانطوری‌که ملاحظه می‌شود، نقطه‌ی (بلوک) C دارای بیش‌ترین وزن است و لذا این نقطه می‌تواند بهینه‌ترین نقطه برای احداث کمپ اسکان موقت بعد از رخ‌داد زلزله در شهر کرج باشد. بر اساس بررسی محلی، این نقطه منطبق بر «باغ سیب مهرشهر» می‌باشد. این محل، باتوجه به قرارگرفتن در نزدیکی فاز ۴ مهرشهر و منطقه‌ی حسین آباد آق‌تپه (که تراکم جمعیتی بالایی دارد) و هم‌چنین نزدیکی به معابر، ظرفیت و امکانات مناسب جهت احداث مرکز اسکان موقت بعد از زلزله را دارا می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴- نتیجه‌گیری

دراین مقاله به جانمایی نقاط مستعد برای احداث کمپ اسکان موقت بعد از رخداد زلزله در شهر کرج پرداخته شد. برای تعیین اولویت و وزن‌دهی آن‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. پس از وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها، نقشه‌ی مطلوبیت منطقه برای هر یک از معیارها و زیرمعیارها تهیه گردید. با جمع‌آوری و تولید لایه‌های اطلاعاتی پایه و تلفیق آن‌ها، نقشه‌ی مطلوبیت معیارهای سازگار و ناسازگار و در نهایت نقشه‌ی مطلوبیت منطقه نسبت به هدف (که همان یافتن نقاط اسکان موقت است) تهیه شد. سپس، ۷ گزینه‌ی مناسب برای احداث کمپ اسکان موقت مشخص گردید. بر اساس وزن‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Expert Choice، از میان گزینه‌های منتخب، محل بهینه جهت ساخت کمپ اسکان موقت تعیین گردید. مطالعات میدانی حاکی از آن‌است که محل بهینه‌ی تعیین شده، «باغ سیب مهرشهر» می‌باشد. این محل باتوجه به قرارگرفتن در نزدیکی فاز ۴ مهرشهر و منطقه‌ی حسین‌آباد آق‌تپه که تراکم جمعیتی بالایی دارد و هم‌چنین نزدیکی به معابر، ظرفیت و امکانات مناسب جهت احداث کمپ اسکان موقت را دارا می‌باشد.

مراجع

[1] Zangiabadei, A., Mohamadei, G., Safaei, H., Gaedrahmati, S. (2008). Vulnerability indicators assessment of urban housing against the earthquake hazard; case study: Isfahan housing. Geography and Development Iranian Journal, 6 (12), 61-79. (in Persian)

[2] Hashemi, M., Alesheikh, A.A. (2011). A GIS-based earthquake damage assessment and settlement methodology. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 31, 1607-1617.

[3] Sinha, N., Priyanka, N., Joshi, P.K. (2016). Using Spatial Multi-Criteria Analysis and Ranking Tool (SMART) in earthquake risk assessment: a case study of Delhi region, India. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7 (2), 680-701.

[4] Sadrykia, M., Delavar, M.R., Zare, M. (2017). A GIS-based Fuzzy decision making model for seismic vulnerability assessment in areas with incomplete data. International Journal of Geo-Information, 6 (119), DOI: 10.3390/ijgi6040119.

[5] Ahmad, R.A., Singh, R. P., Adris, A. (2017). Seismic hazard assessment of Syria using seismicity, DEM, slope, active faults and GIS. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 6, 59-70.

[6] Ghadimi Hamzehkolaei, A., Ghodrati Amiri, G., Gharagozlu, A., Vafaeinezhad, A., Zare Hosseinzadeh, A. (2018). Seismic zoning of urban areas considering the effect of physical conditions using Fuzzy logic theory: case study of Tehran's 7th region. Journal of Structural and Construction Engineering, 5 (special 3), 5-15. (in Persian)

[7] Deligiannakis, G., Papanikolaou, I.D., Roberts, G. (2018). Fault specific GIS based seismic hazard maps for the Attica region, Greece. Geomorphology, 306, 264-282.

[8] Armas, I., Ionescu, R., Gavris, A., Toma-Danila, D. (2016). Identifying seismic vulnerability hotspots in Bucharest. Applied Geography, 77, 49-63.

[9] Pourahmad, A., Habibi, K., Zahraei, S., Nazari Adli, S. (2007). Utilizing Fuzzy algorithm and GIS to locate the urban equipment. Journal of Environmental Studies, 33 (42), 31-42. (in Persian)

[10] Hu, F., Xu, W., Li, X. (2012) A modified particle swarm optimization algorithm for optimal allocation of earthquake emergency shelters. International Journal of Geographical Information Science, 26 (9), 1643-1666, DOI: 10.1080/13658816.2011.643802.

[11] Stewart, T.J., Janssen, R. (2014). A multiobjective GIS-based land use planning algorithm. Computers Environment and Urban Systems, 46, 25-34.

[12] Esmaelian, M., Tavana, M., Arteaga, F.J.S., Mohammadi, S. (2015). A multicriteria spatial decision support system for solving emergency service station location problems. International Journal of Geographical Information Science, 29 (7), 1187-1213.

[13] Kaveh, A., Ghobadi, M. (2017). A multistage algorithm for blood banking supply chain allocation problem. International Journal of Civil Engineering, 15 (1), 103-112.

[14] Ma, C., Zhou, M. (2018). A GIS-based interval Fuzzy linear programming for optimal land resource allocation at a city scale. Social Indicators Research, 135 (1), 143-166. [15] Iranian Statistics Center, General Results of Population and Housing Census (2006), (in Persian).

[16] Organization of Housing and Urban Development of Alborz Province, Detailed Maps of Karaj Township (2006), (in Persian).

[17] Google Map, 2018.

www.SID.ir