

# مکانیابی برای اسکان موقت پس از وقوع زمین لرزه تحت شرایط عدم قطعیت با استفاده از منطق فازی کلاسیک و منطق فازی شهودی مطالعه موردی: منطقه دو شهرداری تهران

قاسم صفری اله خلیلی<sup>۱</sup>

محمد رضا ملک<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۲/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۸/۱۱

\*\*\*\*\*

## چکیده

زمین لرزه یکی از پرتکرارترین سوانح طبیعی در دنیا بوده که سالیانه منجر به خسارات مالی و جانی فراوانی می شود. یکی از مهمترین موارد مرتبط با کاهش بحران ناشی از زمین لرزه چه در مرحله برنامه ریزی و چه بعد از رخداد آن در مرحله امداد، یافت مکان های مناسب برای اسکان موقت مردم می باشد. مکانیابی بویژه در شرایط بحران همواره با عناصر عدم قطعیت و نایقینی همراه است. از این رو روش های قطعی و کلاسیک بدون دخالت عناصر نایقینی بطور معمول به نتایج قابل قبولی منتج نمی شوند. با وجود آنکه استفاده از روش های مبتنی بر منطق و نظریه مجموعه های فازی یک روش مناسب و متداول برای مدل سازی های نایقینی بوده، اما این مدل دارای کاستی هایی نیز هست. یکی از کاستی های آن تعیین تابع عضویت قطعی برای هر پارامتر مورد استفاده است. از طرف دیگر نظریه فازی متداول امکان توصیف متغیرهای زبانی ناشی از شک، دودلی و وجود قراین و شواهد مختلف و مزاحم را ندارد. مهم ترین مشکل برای استفاده از این روش زمانی نمود پیدا می کند که با کمبود داده مرتبط مواجه باشیم. ما در مقاله حاضر از نظریه فازی شهودی برای رفع مشکلات یاد شده بهره جسته ایم. روش و مدل پیشنهادی در منطقه دو تهران پیاده سازی شد. با توجه به نتایج اخذ شده می توان نتیجه گرفت روش پیشنهادی بویژه در شرایط عدم وجود داده مناسب، کافی و مرتبط و همچنین وجود متغیرهای مشکوک عملکرد بهتری نسبت به روش های متداول دارد.

واژه های کلیدی: منطق فازی، فازی شهودی، مدیریت بحران، اسکان موقت، مکانیابی.

\*\*\*\*\*

۱- کارشناسی ارشد سامانه اطلاعات مکانی، گروه GIS، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی qassem Safari\_eng@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه GIS، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی (نویسنده مسئول) mrmalek@kntu.ac.ir

۳- تأخیر در چاپ و انتشار مقاله، به دلیل تأخیر نویسندگان در ارائه نواقص مقاله می باشد.

## ۱- مقدمه

یکی از مشکلات موجود برای تعیین محل مناسب پناهگاه، کمبود فضای خالی در مرکز شهر و همچنین عدم توانایی انتقال سریع مصدومین و آسیب دیدگان به پناهگاه‌های امن به علت وخامت حادثه است (Tsai et al, 2008: 86-100). نقشه‌های اسکان موقت<sup>۱</sup> نشان دهنده مکان‌های مناسب برای انتقال افراد پس از وقوع بحران است. مشخصه‌های مورد استفاده برای تولید نقشه‌های اسکان موقت دارای ماهیت مکانی هستند. بنابراین استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی به عنوان ابزاری برای ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل و کمک به اخذ تصمیم برای مراحل مختلف مدیریت حوادث و بحران لازم و کارا بحساب می‌آیند (آقا محمدی، حسین، ۱۳۷۹). به این دلیل که داده‌های مورد استفاده همواره دارای نایقینی<sup>۲</sup> بوده، نحوه رفتار با این نایقینی‌ها و عدم اطمینان به عنوان یک مرحله مهم در امور تصمیم‌گیری و تحلیل‌های مکانی بسیار مؤثر خواهد بود. محققان بسیاری مانند Stoms و همکاران (۱۹۹۲)، Crosetto و همکاران (۲۰۰۰)، Fisher (۱۹۹۹) و Benz و همکاران (۲۰۰۴) به بحث عدم اطمینان در داده‌های مکانی پرداخته‌اند. Regan و همکاران (۲۰۰۲) عدم اطمینان را در دو دسته عدم اطمینان در حقایق تعیین شده و عدم اطمینان زبانی طبقه‌بندی می‌کنند. عدم اطمینان زبانی به عنوان یک ویژگی ذاتی برای سیستم‌های خبره<sup>۳</sup> به حساب می‌آید. راه‌حل غالب برای حل این نایقینی استفاده از منطق فازی<sup>۴</sup> است.

با ایجاد یک چارچوب و اختصاص اعداد عضویت به متغیرهای زبانی مانند خیلی کم، خوب، بدو نسبتاً خوب، مشکل عدم اطمینان را در سیستم‌های خبره مرتفع می‌کند (Zadeh, 1983: 199-227). استفاده از نظریه‌ی مجموعه فازی در مدل‌سازی برخی از عدم قطعیت‌ها موفقیت‌آمیز بوده است (Smith, 1993: 39). از این رو این نظریه در طی سالیان

اخیر در علوم مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. به هر حال منطق فازی عاری از عیب نیست، از این رو دو انتقادی که در استفاده از این منطق وجود دارد این است که برای استفاده از منطق فازی در مطالعات، به ازای هر مشخصه بایستی یک تابع عضویت قطعی تعیین شود و دیگر اینکه این نظریه تفاوتی میان گزاره‌هایی که هیچ دانشی در مورد آنها وجود ندارد و گزاره‌هایی که نظرات موافق و مخالف در مورد آنها یکسان است قائل نمی‌شود (Roy, 1999). یکی دیگر از مشکلات استفاده از این نظریه زمانی بروز پیدا می‌کند که با کمبود داده مواجه باشیم.

در مکانیابی اسکان موقت تقریباً تمام این مشکلات وجود دارد، به همین دلیل استفاده از این نظریه نمی‌تواند ما را به سمت پاسخ‌های قابل اعتماد سوق دهد. در صورتی که با این مسئله مواجه شویم منطق فازی نمی‌تواند بین این دو فرض تمایز قائل شود. از این رو منطق فازی شهودی<sup>۵</sup> بر این مشکل فائق می‌آید و در شرایط نایقینی و زمانی که با کمبود اطلاعات مواجه هستیم می‌تواند به خوبی عدم اطمینان را مدل‌سازی کند. استفاده از روش فازی شهودی در شرایط نایقینی کاربرد گسترده‌ای دارد.

بطور مثال یمقانی و ملک (۲۰۱۵) در مطالعه‌ی خود از روش فازی شهودی در شرایط کمبود داده برای یافتن بهترین مسیر در شرایط نایقینی استفاده نموده‌اند. به هر حال محققان اندکی از روش فازی شهودی در تحقیقات خود بهره‌جسته‌اند و اغلب مطالعات در این زمینه با استفاده از روش فازی معمول و یا تلفیق این روش با فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی انجام شده است.

بطور مثال نوجوان و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه خود به مقایسه کارایی روش‌های بولین و منطق فازی در مکانیابی اسکان موقت پس از وقوع زمین لرزه در منطقه یک شهرداری تهران پرداخته‌اند. بطور مشابه Tsai و همکاران (۲۰۰۸) به منظور مدل‌سازی متغیرهای زبانی و نادقیق و همین‌طور در شرایط کمبود داده از روش فازی معمول در مکانیابی

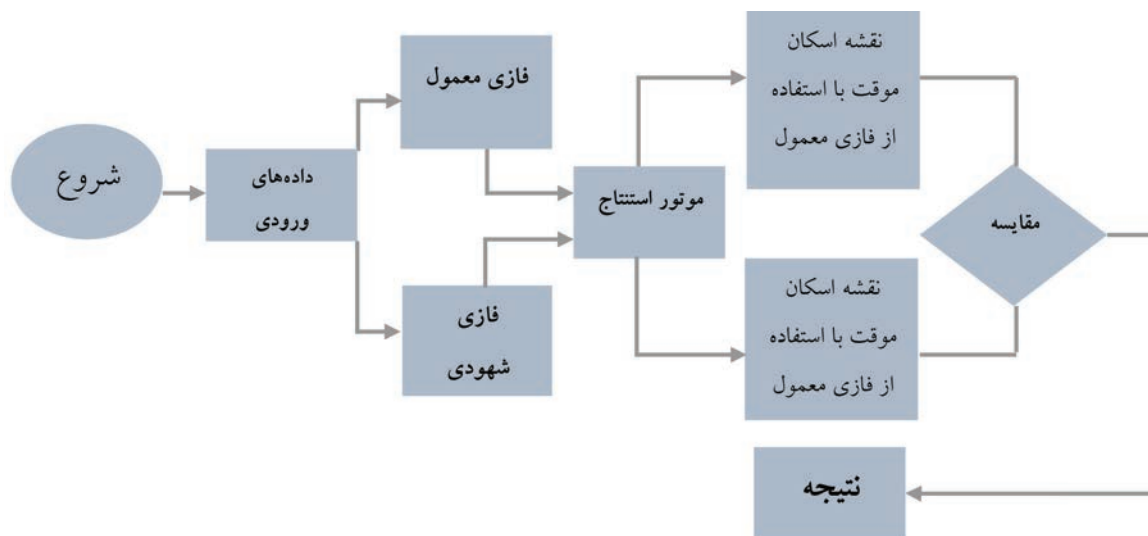
1- Temporary Housing

2- Uncertainty

3- Expert Systems

4- Fuzzy Logic

5- Intuitionistic Fuzzy Logic



#### نگاره ۱: مراحل اجرای روش

در بخش دوم از این مطالعه به معرفی تئوری‌های مجموعه فازی کلاسیک و فازی شهودی به عنوان روش تحقیق و ابزار مورد استفاده در این مطالعه پرداخته می‌شود، در بخش سوم ناحیه‌ی مورد مطالعه و داده‌های پژوهش معرفی می‌گردند و همچنین به معرفی روش مورد استفاده و بصری‌سازی نتایج پرداخته می‌شود، در بخش چهارم به بحث در خصوص نتایج و خروجی نقشه‌های اسکان موقت و مقایسه‌ی دو روش مورد استفاده پرداخته شده و در بخش آخر نتیجه‌گیری این مطالعه را خواهیم داشت.

در نگاره ۱ مراحل کلی انجام مطالعه نشان داده شده است که در ادامه به تفصیل شرح داده خواهد شد.

#### ۲- مبانی نظری

مطابق با منطق کلاسیک و یا منطق بولین<sup>۱</sup>، کل پدیده‌ها دارای ماهیت قطعی هستند. به این معنا که پدیده‌ها عضو یک مجموعه هستند و یا نیستند. این درحالی است که بیشتر پدیده‌های موجود در دنیای واقعی را نمی‌توان بصورت مطلق و تماماً در یک مجموعه گنجانند. از این رو استفاده از ریاضیات کلاسیک در برخورد با پدیده‌های طبیعی و نگرش مطلق به پدیده‌ها همواره بحث برانگیز و مورد انتقاد است. به

اسکان موقت استفاده کرده‌اند. دسته‌ی دیگری از تحقیقات از ترکیب روش‌های فازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۱</sup> استفاده نموده‌اند. پیام راد و وفایی‌نژاد (۲۰۱۵) در تحقیق خود پس از گزینش لایه‌های مرتبط و فرآیند وزن‌دهی به آنها، لایه‌ها با استفاده از روش فازی معمول فازی‌سازی شدند و فرآیند اولویت‌بندی برای اسکان موقت پس از وقوع زمین لرزه با استفاده از روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۲</sup>، تاپسیس<sup>۳</sup> و ویکور انجام گرفت و به مقایسه بین آنها پرداخته شد. کریمی کردآبادی و نجفی (۲۰۱۵) نیز به تعیین مناطق پر خطر و کم خطر در سطح کلان شهر تهران با استفاده از تلفیق روش‌های فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پرداخته‌اند.

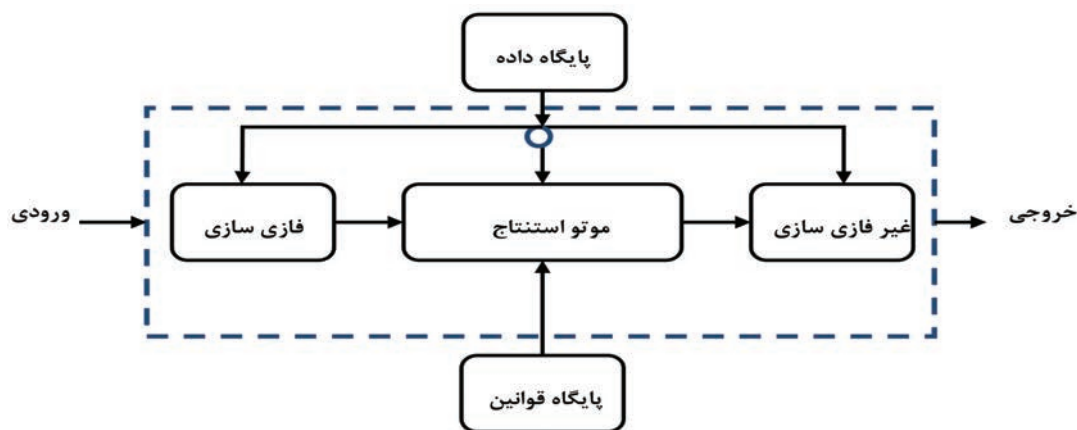
در مقاله حاضر روشی برای تهیه نقشه پهنه‌بندی اسکان موقت در شرایط عدم اطمینان از داده‌ها مبتنی بر نظریه فازی شهودی توسعه داده شده است. دسترسی تصمیم‌گیران و تیم‌های امداد و نجات به چنین نقشه‌هایی در مراحل مختلف مدیریت بحران، موجب بهبود در امر تصمیم‌گیری و انتقال مصدومین به اماکن کم خطر و امن می‌شود. نتیجه مدل‌سازی در منطقه دو شهرداری تهران، روی پهنه‌بندی اسکان موقت بعد از زمین‌لرزه آزمایش شد.

1- Multi Criteria Decision Making

2-AHP

3- Topsis

4-Boolean



نگاره ۲: اجزای یک نظام خبره

یک مجموعه فازی شهودی مجموعه‌ای است شامل تابع عضویت و تابع عدم عضویت  $(\mu_A, \nu_A)$ ، که مجموع آنها کمتر از عدد یک است (Dubois et al, 2005: 485-491). در صورتی که حاصل عبارت  $\nu_A(x) + \mu_A(x)$  برابر با یک شود حالت خاصی اتفاق می‌افتد که مجموعه فازی شهودی به مجموعه فازی معمولی تبدیل می‌شود (Gau&Buehrer, 1993: 610-614).  
 درجه عدم قطعیت برای عضو  $X$  در مجموعه فازی شهودی مطابق با رابطه (۳) است (Atanassov, 1986: 87-96)  

$$\pi_x = 1 - (\mu_x + \nu_x) ; \pi_x: X \rightarrow [0,1] \quad (3)$$
  
 از این رو نتیجه می‌شود که مجموعه فازی معمولی حالت خاصی از مجموعه فازی شهودی است که در آن درجه عدم قطعیت برابر صفر است. بین دو مجموعه فازی  $A$  و  $B$  روابط متعددی برقرار است که در اینجا، مطابق با رابطه (۴)، به ذکر روابط اجتماع<sup>۱</sup>، اشتراک<sup>۲</sup>، اجتماع تعمیم یافته<sup>۳</sup>، اشتراک تعمیم یافته<sup>۴</sup>، زیرمجموعه<sup>۵</sup>، تساوی<sup>۶</sup> و متمم<sup>۷</sup> مجموعه فازی شهودی پرداخته می‌شود (Atanassov, 1986: 78-96).

هرحال نظریه مجموعه فازی اولین بار در سال ۱۹۶۵ میلادی توسط لطفی‌زاده (۱۹۸۳) معرفی گردید. در این نظریه، یک پدیده با یک عدد عضویتی در یک مجموعه قرار می‌گیرد که این عدد بین صفر و یک متغیر است (www.wikipedia.org).  
 این نظریه در ابتدا با مخالفت‌های وسیعی بخصوص از طرف جامعه‌ی علوم ریاضی مواجه شد اما به تدریج و با بکارگیری توسط محققان ژاپنی، استفاده از این نظریه رواج پیدا کرد. نظریه فازی شهودی اولین بار توسط Atanassov (۱۹۸۶) معرفی گردید. این نظریه به عنوان تعمیم یافته‌ی نظریه فازی معرفی شد و به عبارتی نقص‌های نام برده شده‌ی نظریه فازی معمول را برطرف می‌سازد. در ادامه به ذکر روابط این نظریه پرداخته خواهد شد.  
 اگر  $X$  یک مجموعه ثابت ناتهی باشد، مجموعه فازی شهودی  $A$  در مجموعه مرجع  $X$ ، به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود (Atanassov, K. T, 1986: 87-96):

$$A := \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle / x \in X \} \quad (1)$$

که در آن تابع  $\mu_A: [0,1] \rightarrow X$  و  $\nu_A: [0,1] \rightarrow X$  به ترتیب درجه عضویت و درجه عدم عضویت عنصر  $X$  را تعیین می‌کنند. به ازای هر  $x \in X$  برای  $\mu_A$  و  $\nu_A$  مطابق با رابطه (۲) داریم:

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad (2)$$

1- Union  
 2- Intersection  
 3- Generalized Union  
 4- Generalized Intersection  
 5- Subset  
 6- Equality  
 7- Complement

برای انجام این مطالعه شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه به منظور اجتناب و جلوگیری از در معرض قرار گرفتن پس‌لرزه‌های احتمالی و همچنین شاخص‌های مرتبط با امنیت پناهگاه‌ها از نظر تسهیل و تسریع در انتقال پناه‌جویان و آسیب‌دیدگان به پناهگاه‌ها باید در نظر گرفته شوند.

در این مطالعه سعی شده است که با توجه به مقدرات و میزان دسترسی، از حداکثر داده‌های موجود استفاده شود. لذا لازم به ذکر است که داده‌های مورد استفاده در هر دو روش یکسان می‌باشند. در ادامه به تفصیل به ذکر داده‌های مورد استفاده در این مطالعه پرداخته خواهد شد.

### ۳-۱- روش پیشنهادی

در این مطالعه از لایه‌های گسل، بیمارستان، مراکز اورژانسی، درمانی و ایستگاه‌های آتش‌نشانی، فضای سبز و پارک‌ها و جاده استفاده شده است. با توجه به نگاره ۱ که در آن فلوچارت اجرای پژوهش نمایش داده شده است، در ابتدا پس از آماده‌سازی نقشه‌ها، تابع فاصله برای آنها محاسبه می‌شود.

پس از تعیین توابع فاصله برای هر لایه، توابع عضویت<sup>۱</sup> و عدم عضویت<sup>۲</sup> برای هر دو روش فازی معمول و فازی شهودی مشخص می‌شوند. با تعیین تابع عضویت مشخص می‌شود که هر پیکسل<sup>۳</sup> پس از اعمال تابع عضویت تا چه اندازه به هدف و معیار مورد نظر تعلق دارد که این عدد تعلق بین عدد صفر تا یک متغیر است. تابع عضویت مورد استفاده در تعیین نقشه پهنه‌بندی به هدف مطالعه و نوع لایه بستگی دارد. در این مطالعه نزدیکی به مراکز درمانی، دسترسی به راه‌ها، نزدیکی به پارک‌ها و فضای سبز و دوری از گسل برای ما حائز اهمیت هستند. از این رو برای عواملی که نزدیکی به آنها برای ما اهمیت

$$A \cup B := \{ \langle x, \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \min(v_A(x), v_B(x)) \rangle \mid x \in X \}; \quad (1)$$

$$A \cap B := \{ \langle x, \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \max(v_A(x), v_B(x)) \rangle \mid x \in X \};$$

$$\cup A_i := \{ \langle x, \max(\mu_i), \min(v_i) \rangle \mid x \in X \} \quad i \in I;$$

$$\cap A_i := \{ \langle x, \min(\mu_i), \max(v_i) \rangle \mid x \in X \} \quad i \in I;$$

$$A \subseteq B \text{ iff } (\forall x \in X) (\mu_A(x) \leq \mu_B(x) \text{ and } v_A(x) \geq v_B(x));$$

$$A = B \text{ iff } (\forall x \in X) (\mu_A(x) = \mu_B(x) \text{ and } v_A(x) = v_B(x));$$

$$A^c := \{ \langle x, v_A(x), \mu_A(x) \rangle \mid x \in X \};$$

برای ساختن یک مدل کیفی از دانش بشری نیاز به یک نظام استنتاج قاعده مبنا است که سیستم خبره نامیده می‌شود (De Cock et al, 2005: 73-85). با توجه به نگاره ۲ این نظام از بخش‌های مختلفی تشکیل شده که به توضیح آن پرداخته می‌شود. در قسمت پایگاه دانش، داده‌ها و مجموعه‌ای از قواعد که بر اساس دانش کارشناسی و بصورت اما - اگر و در قالب جملات منطقی نوشته شده‌اند ذخیره می‌شود (Zimmermann, 2010: 317-332). ورودی این نظام یک‌سری اعداد هستند که این اعداد در قسمت موتور استنتاج که مجموعه‌ای از قواعد استنتاج فازی است، فازی‌سازی می‌شوند. در مرحله بعد، غیر فازی‌سازی به منظور نگاشت مجموعه فازی به یک نقطه‌ی قطعی انجام می‌گردد. به عبارت دیگر برای ادراک انسانی، خروجی‌ها برای استفاده کاربران و سهولت استفاده، باید زبانی باشند (Eshragh & Mamdani, 1979: 501-519).

### ۳- مواد، مدل‌سازی و روش

در این مطالعه به مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از دو روش فازی معمولی و فازی شهودی پرداخته می‌شود.

1- Membership function  
 2- Non- membership function  
 3- Pixel

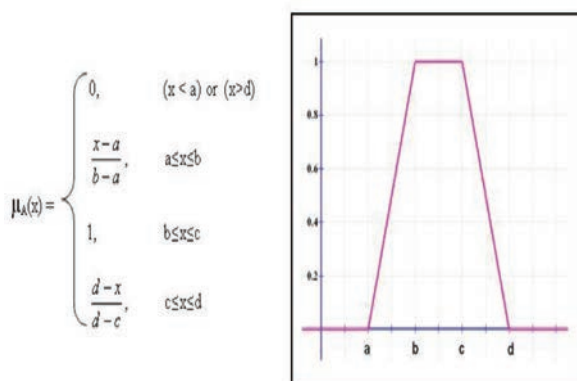


استفاده برای تعریف تابع عضویت ابتدا به حالت رستری<sup>۲</sup> در می‌آیند و سپس برای آنها تابع عضویت تعریف می‌شود.



نگاره ۳: ناحیه مطالعاتی

در این مطالعه از تابع دوزنقه‌ای<sup>۳</sup> برای تعیین تابع عضویت لایه‌ها استفاده شده است که شمای کلی این توابع بصورت نگاره ۴ است.



نگاره ۴: تابع عضویت دوزنقه‌ای

درد از تابع عضویت نزدیک روی نقشه‌های نظیر و برای عواملی که دوری از آنها مدنظر می‌باشد، تابع عضویت دور آنها برای تهیه نقشه پهنه‌بندی اسکان موقت استفاده می‌شود. بطور مثال، مناطق نزدیک به گسل برای اسکان موقت پس از وقوع زمین‌لرزه مناسب نیستند. از این رو در تعیین تابع عضویت برای این لایه، به مناطقی که در نزدیکی گسل قرار دارند عدد عضویت کم اختصاص داده می‌شود و با فاصله از گسل مقدار این عدد عضویت افزایش پیدا می‌کند. به هر حال، در مرحله‌ی بعد به منظور اعمال قوانین تعریف شده در پایگاه دانش بر روی توابع عضویت، از روش استنتاج فازی ممدانی<sup>۱</sup> در هر دو روش فازی معمول و فازی شهودی استفاده می‌شود. در ادامه توابع عضویت و عدم عضویت با استفاده از دو روش فازی و فازی شهودی مشخص می‌شوند و نقشه پهنه‌بندی اسکان موقت با استفاده از این دو روش حاصل می‌گردند.

### ۲-۳- محدوده مورد مطالعه

تهران با حدود ۱۲ میلیون نفر جمعیت و قرار داشتن گسل‌های متعدد در این استان باعث شده است که در برابر بحران‌های طبیعی بخصوص زمین لرزه متزلزل باشد. وجود گسل‌های متعدد مانند طالقان، ایوانکی و گرمسار اثباتی بر این مدعاست و انتظار می‌رود که هر ده سال یک بار زمین‌لرزه‌ای در این استان رخ دهد (AshtariJafari, 2010: 14-18). در این مطالعه، منطقه ۲ تهران به عنوان ناحیه مطالعاتی انتخاب شده است. این منطقه دارای مساحت ۴۷۶۳۴۵۶۵/۱۱۷ هکتار و جمعیتی بالغ بر ۶۳۲۷۱۷ نفر است. یکی دیگر از ویژگی‌های این منطقه عبور گسل از قسمت شمالی آن است (نگاره ۳).

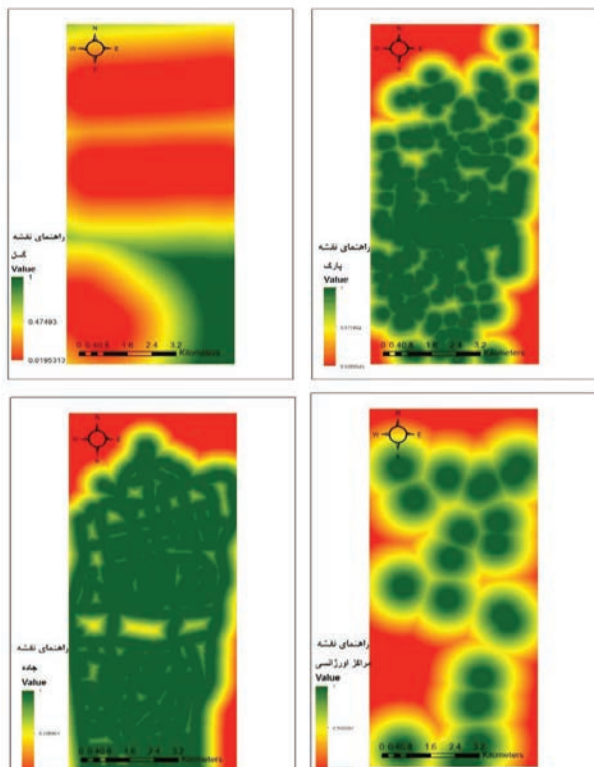
### ۳-۳- آماده‌سازی لایه‌ها

پس از انتخاب شاخص‌های تعیین کننده مکان‌های مناسب برای اسکان موقت پس از وقوع زمین‌لرزه، لایه‌های مورد

2- Raster  
3- Trapezoidal

1- Mamdani Fuzzy Inference System

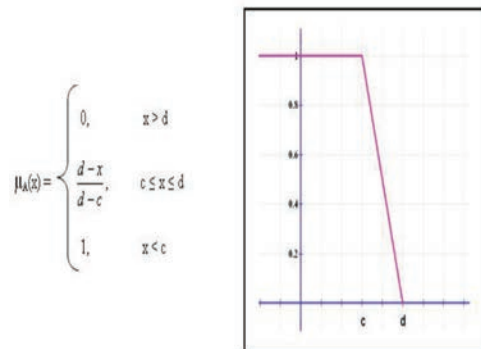
برای تعیین نقشه اسکان موقت در ابتدا عدد عضویت هر بخش از ناحیه به لایه‌ی مورد نظر با استفاده از توابع عضویت نام برده شده تعیین می‌گردد. بطور مثال نواحی از منطقه که در نزدیکی گسل قرار دارند برای اسکان موقت مناسب نیستند از این رو عدد عضویتی که به این مناطق تعلق می‌گیرد صفر هستند و به تدریج هرچه قدر از گسل دور شویم این مقدار به عدد یک نزدیکتر می‌شود. بدین صورت لایه‌ها با استفاده از توابع عضویت نام برده شده فازی سازی شدند (نگاره‌های ۷ و ۸).



نگاره ۷: توابع عضویت لایه‌ها با استفاده از روش فازی معمول

این نکته لازم به ذکر است که نوع توابع عضویت مورد استفاده در هر دو روش فازی معمول و فازی شهودی یکسان انتخاب شده‌اند. با توجه به نگاره‌های ۷ و ۸، نواحی سبز رنگ مناطق مناسب برای اسکان موقت هستند. مناطق قرمز رنگ بیانگر محدوده‌های پرخطر بوده و برای اسکان موقت پس از وقوع زلزله مناسب نیستند. همچنین با مقایسه این دو

دو نوع خاص از توابع عضویت دوزنقه‌ای به نام‌های R-Functions و L-Functions وجود دارند که مقادیر بازه‌ها برای آنها متفاوت می‌باشد. این دو تابع خاص در نگاره‌های ۵ و ۶ نشان داده شدند.

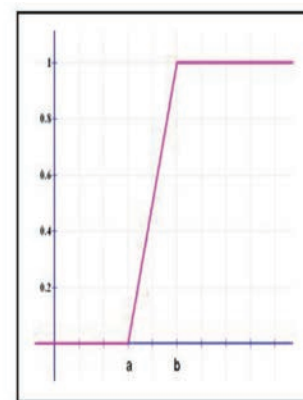


نگاره ۵: R-Functions

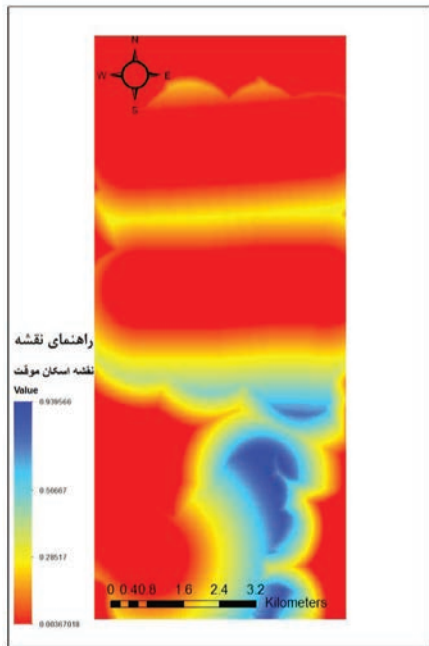
در این توابع مقادیر a و b در تابع عضویت دوزنقه‌ای برابر با بی‌نهایت هستند. به این معنی که این نوع توابع به مقادیر کمتر از حدآستانه (c) عدد عضویت یک را اختصاص می‌دهد.

در نوع دیگر از این توابع که به L-Functions معروف هستند، مقادیر c و d آنها در تابع عضویت دوزنقه‌ای بی‌نهایت هستند. به عبارت دیگر این توابع به مقادیر بیشتر از حدآستانه (b) عدد عضویت یک را اختصاص می‌دهد. شکل این نوع از توابع در نگاره ۶ نشان داده شده است.

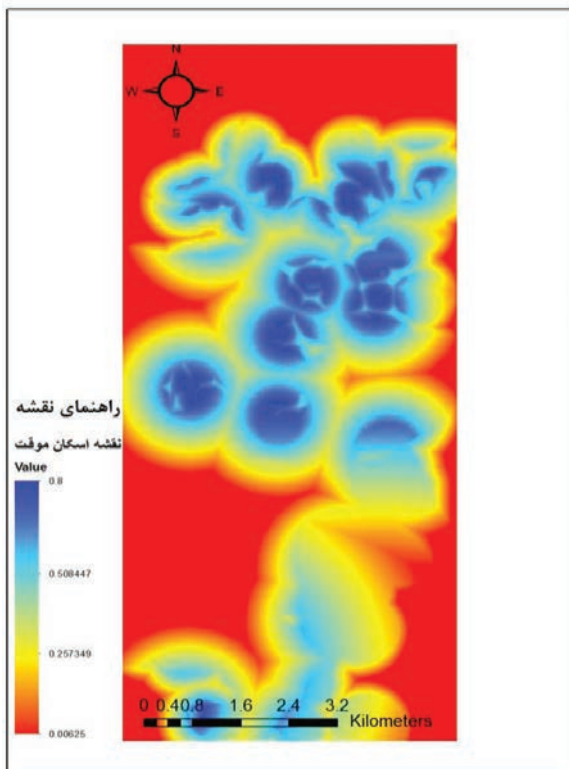
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{cases}$$



نگاره ۶: L-Functions

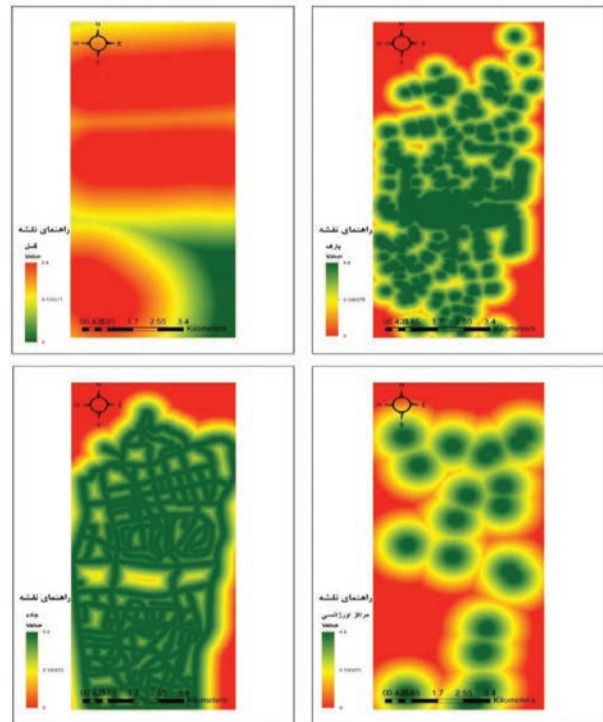


نگاره ۹: نقشه اسکان موقت با استفاده از روش فازی شهودی



نگاره ۱۰: نقشه اسکان موقت با استفاده از روش فازی معمول

نگاره می‌توان نتیجه گرفت که توابع عضویت بدست آمده با استفاده از دو روش دارای تفاوت‌هایی هستند. تفاوت آنها در مقدار عدد عضویتی است که در فواصل مختلف از لایه مورد نظر به پیکسل‌های اطراف آن لایه اختصاص می‌یابد.

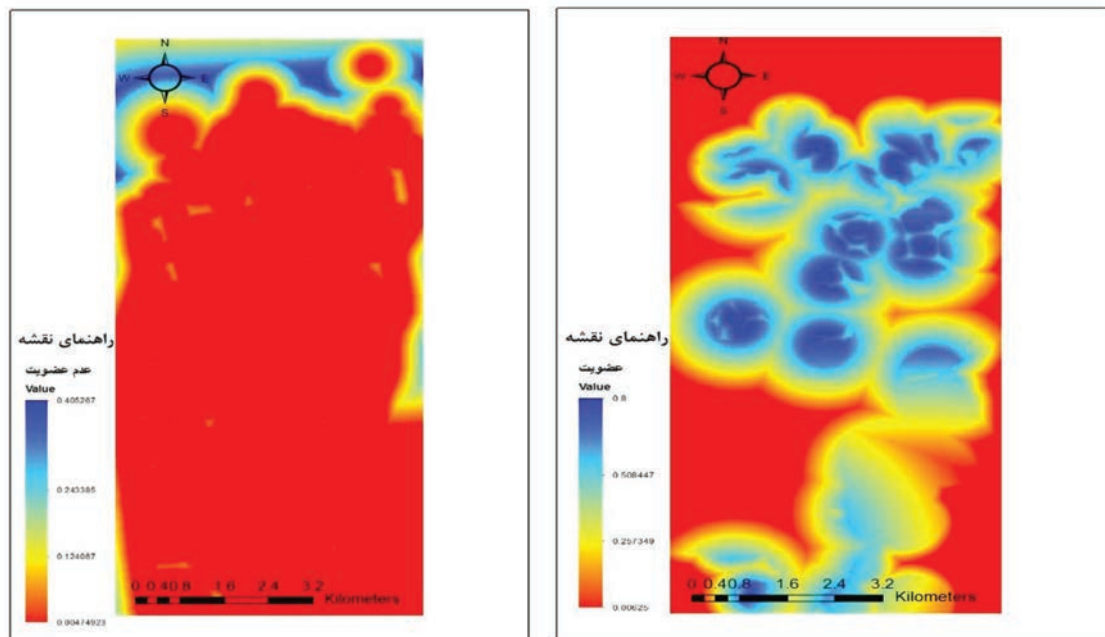


نگاره ۸: توابع عضویت لایه‌ها با استفاده از روش فازی شهودی

### ۳-۴- پیاده‌سازی

به هر حال پس از تعریف تابع عضویت و عدم عضویت برای هر یک از لایه‌های مورد استفاده در دو روش، نقشه‌های اسکان موقت با استفاده از روش‌های فازی معمول و فازی شهودی بدست آمدند. (نگاره‌های ۹ و ۱۰). ذکر این نکته ضروری است که پایگاه دانش و قوانین اعمال شده در هر دو روش یکسان هستند. با توجه به نگاره‌های ۹ و ۱۰ که به ترتیب نقشه‌ی اسکان موقت با روش فازی شهودی و فازی معمول هستند، مناطقی که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند مکان‌های مناسب برای اسکان موقت تشخیص داده شدند. اما مقادیر عضویتی که این دو روش به مکان‌های مناسب برای اسکان موقت داده‌اند متفاوت است.





نگاره ۱۱: شکل سمت راست نقشه آسیب پذیری بلوک‌های آماری با استفاده از روش فازی شهودی برای درجات عضویت- و شکل سمت چپ نقشه آسیب پذیری بلوک‌های آماری با استفاده از روش فازی شهودی برای درجات عدم عضویت

درجات عضویت و عدم عضویت مکمل یکدیگر نیستند. به عبارت دیگر در هر پیکسل از نقشه بدست آمده با استفاده از روش فازی شهودی، مجموع درجات عضویت و عدم عضویت برابر با عدد یک نمی‌باشد و این بدان معنی است که مکانی وجود ندارد که کاملاً مناسب و یا کاملاً نامناسب برای اسکان موقت باشد. از این رو این واقعیت ابزار قوی برای تفسیر و البته تصمیم‌گیری در مورد ناحیه‌ی مورد نظر در اختیار ما قرار می‌دهد که نمونه‌ای از آن در نگاره ۱۲ نشان داده شده است و بعداً به تفصیل به آن خواهیم پرداخت.

با توجه به نگاره ۱۲ برای نتایج حاصل از فازی شهودی برای درجات عضویت و عدم عضویت پنج حالت رخ داده است که در ادامه دلیل رخداد هر حالت به تفصیل شرح داده خواهد شد.

- حالت اول که درجه عضویت و عدم عضویت بصورت بیشینه<sup>۱</sup> یا کمینه<sup>۲</sup> باشند. به عبارت دیگر این حالت زمانی رخ

بطور مثال در نقشه بدست آمده با استفاده از روش فازی، به آن نواحی مقدار عضویت یک را اختصاص می‌دهد. در حالی که در نقشه بدست آمده با استفاده از منطق فازی شهودی عدم قطعیت نیز در نظر گرفته شده است. همینطور با توجه به نگاره‌ها به آسانی قابل مشاهده است که نتایج حاصل از این دو روش یکسان نیستند. همانطور که ذکر شد دلیل اصلی این تفاوت اعمال عدم قطعیت موجود در داده‌ها بر روی خروجی با استفاده از منطق فازی شهودی است، در حالی که عدم اعمال عدم قطعیت داده‌ها بر روی خروجی توسط روش فازی، یکی از نقص‌های این روش به حساب می‌آید.

#### ۴- بحث و نتایج

همانطور که قبلاً گفته شد، بین نتایج دو روش فازی معمول و فازی شهودی تفاوت وجود دارد و منشاء این تفاوت عدم قطعیت و خطای موجود در داده‌ها است. با توجه به نگاره ۱۱، نتایج حاصل از فازی شهودی برای

1- Maximum  
 2- Minimum

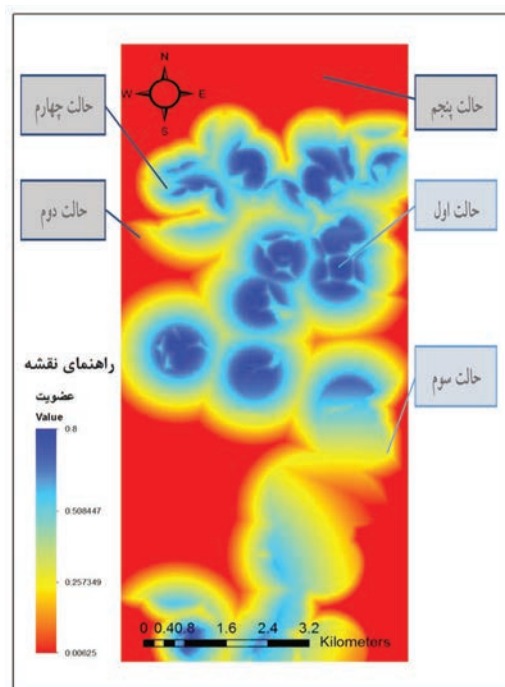
نیاز به اطلاعات تکمیلی در مورد ناحیه‌ی مطالعاتی است.

- حالت سوم که درجه عضویت و عدم عضویت هر دو برابر ۰/۵ باشند. در این صورت دو حالت حاصل می‌شود. حالت اول اینکه متغیر مورد نظر با درجه عضویت ۰/۵ در آن ناحیه قرار دارد و یا درجه عضویت ۰/۵ در آن ناحیه قرار ندارد.
- در حالت چهارم درجه عضویت بالا و درجه عدم عضویت پایین است. در این حالت می‌توان به نتایج اعتماد نمود و در امر تصمیم‌گیری از آن استفاده کرد.
- حالت پنجم، حالتی است که درجه عضویت پایین و درجه عدم عضویت بالاست. در این صورت می‌توان این نتیجه را گرفت که نتایج طبقه‌بندی مربوط به آن ناحیه قابل اعتماد نیست.

#### ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

منطق فازی شهودی در مقایسه با منطق فازی معمول در شرایطی که با عدم قطعیت و کمبود داده مواجه هستیم کارآمدتر است، به این علت که قادر است متغیرهایی زبانی که با شک و تردید همراه هستند را اعمال کند. در مطالعه‌ی انجام شده منطقه ۲ شهرداری تهران به عنوان مورد مطالعاتی انتخاب شد و نقشه‌ی اسکان موقت پس از زمین‌لرزه با استفاده از دو روش فازی و فازی شهودی بدست آمد. با مقایسه نقشه‌های بدست آمده مشاهده شد که تفاوت‌هایی بین نقشه‌های خروجی فازی و فازی شهودی وجود دارد. برخلاف منطق فازی که نقشه‌های خروجی برای توابع عضویت و عدم عضویت مکمل یکدیگر هستند، نقشه‌های خروجی برای توابع عضویت و عدم عضویت در روش فازی شهودی مکمل یکدیگر نیستند. لذا از این ویژگی برای تجزیه و تحلیل نقشه‌ی خروجی در حالت‌های مختلف استفاده شد. نکته‌ای که در این منطقه مطالعاتی مشهود است اینکه در بسیاری از نواحی با کمبود داده مواجه هستیم و یا به عبارتی در نقشه‌های خروجی نواحی بسیاری با درجه عضویت و عدم عضویت پایین وجود دارند. لذا انجام مجدد این مطالعه با استفاده از داده‌ها کامل‌تر و دقیق‌تر پیشنهاد می‌شود. هنگامی که بازبینی مجدد بر روی داده‌های اولیه انجام

می‌دهد که روش مورد نظر ناحیه‌ای را برای اسکان موقت پس از وقوع زمین‌لرزه کاملاً مناسب و یا کاملاً نامناسب تشخیص داده باشد. اگر درجه عضویت بیشینه و درجه عدم عضویت کمینه باشد، در این صورت آن ناحیه کاملاً برای اسکان موقت مناسب است و برعکس، اگر برای یک ناحیه درجه عدم عضویت بیشینه و درجه عضویت کمینه باشد، ناحیه مورد نظر به‌طور قطع برای اسکان موقت مناسب نیست. در این صورت نتایج قطعی حاصل خواهد شد و می‌توان از داده‌های موجود در آن ناحیه استفاده نمود.



#### نگاره ۱۲: حالت‌های متفاوت مجموع درجات عضویت و عدم عضویت رخ داده در منطقه مورد مطالعه

- در حالت دوم، درجه عضویت و عدم عضویت پایین باشند. این حالت در مناطقی رخ می‌دهد که در آن اطلاعات کافی وجود ندارد، در این صورت برای تصمیم‌گیری در این نواحی نیاز به داده‌های بیشتر است. در حالت ذکر شده این نتیجه را می‌توان حاصل نمود که به اندازه ۵۰ درصد اطلاعات مربوطه در آن ناحیه موجود است و برای امر تصمیم‌گیری

ready information. ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing, 58(3), 239-258.

9-Crosetto, M., Tarantola, S., & Saltelli, A. (2000). Sensitivity and uncertainty analysis in spatial modelling based on GIS. Agriculture, ecosystems & environment, 81(1), 71-79.

10- De Cock, M., Cornelis, C., & Kerre, E. E. (2005). Elicitation of fuzzy association rules from positive and negative examples. Fuzzy Sets and Systems, 149(1), 73-85.

11- Dubois, D., Gottwald, S., Hajek, P., Kacprzyk, J., & Prade, H. (2005). Terminological difficulties in fuzzy set theory—The case of “Intuitionistic Fuzzy Sets”. Fuzzy Sets and Systems, 156(3), 485-491.

12- Eshragh, F., & Mamdani, E. H. (1979). A general approach to linguistic approximation. International Journal of Man-Machine Studies, 11(4), 501-519.

13- Fisher, P. F. (1999). Models of uncertainty in spatial data. Geographical information systems, 1, 191-205.

14- Gau, W. L., & Buehrer, D. J. (1993). Vague sets. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 23(2), 610-614. 22- Zimmermann, H. J. (2010). Fuzzy set theory. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2(3), 317-332.

15- [https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy\\_logic](https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic).

16- Regan, H. M., Colyvan, M., & Burgman, M. A. (2002). A taxonomy and treatment of uncertainty for ecology and conservation biology. Ecological applications, 12(2), 618-628.

17- Roy, A. J. (1999). A comparison of rough sets, fuzzy sets and non-monotonic logic. University of Keele. Staffordshire.

18- Smith, E. T. (1993). Why the Japanese are going in for this ‘fuzzy logic’. Business Week, 39.

19- Stoms, D. M., Davis, F. W., & Cogan, C. B. (1992). Sensitivity of wildlife habitat models to uncertainties in GIS data. Photogrammetric engineering and remote sensing, 58(6), 843-850.

20- Tsai, C. H., Chen, C. W., Chiang, W. L., & Lin, M. L. (2008). Application of geographic information system to the allocation of disaster shelters via fuzzy models. Engineering Computations, 25(1), 86-100.

21- Zadeh, L. A. (1983). The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems. Fuzzy sets and systems, 11(1-3), 199-227.

گرفت مشاهده شد که در نواحی که با کمبود داده مواجه بودیم، روش فازی شهودی آن مناطق را برای اسکان موقت مناسب در نظر نگرفت در صورتی که نقشه خروجی حاصل از روش فازی معمول آن مناطق را کاملاً مناسب برای اسکان موقت در نظر گرفت که در اساس نمی‌توان به آن اطمینان داشت.

## منابع و مآخذ

۱- آقا محمدی، حسین (۱۳۷۹). طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم اطلاعات مکانی، برای کاهش اثرات بحران زلزله، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

۲- پیام راد، و فائز نژاد. (۲۰۱۵). کمک به مدیریت بحران زلزله با مکان‌یابی مراکز اسکان موقت با استفاده از یک سیستم حامی تصمیم‌گیری GIS مینا (مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری اصفهان). نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، ۲۵(۲)، ۲۳۱-۲۴۶.

۳- سبزعلی یمقانی، & ملک. (۲۰۱۵). توسعه یک الگوریتم بهترین مسیر در شرایط نایقینی و کمبود داده مبتنی بر نظریه فازی شهودی. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، ۱۵(۱)، ۲۰۳-۲۱۳.

۴- کریمی کردآبادی، م.، & نجفی، ا. (۲۰۱۵). ارزیابی خطر زلزله با استفاده مدل ترکیبی AHP-FUZZY در امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران). فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۶(۲۰)، ۱۷-۳۴.

۵- نوجوان، امیدوار، صالحی؛ مهدی، بابک، اسماعیل؛ مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از الگوریتم‌های فازی؛ مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری تهران.

6- AshtariJafari, M. (2010). Statistical prediction of the next great earthquake around Tehran, Iran. Journal of Geodynamics, 49, 14-18.

7- Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy sets and Systems, 20(1), 87-96.

8- Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., & Heynen, M. (2004). Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-

