



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره‌ی ۶۱  
بهار ۱۳۹۷، صفحات ۶۲-۴۱

\*موسی عابدینی<sup>۱</sup>  
معصومه موسوی<sup>۲</sup>

## بررسی مهم‌ترین مخاطرات محیطی در حوضه آبخیز شهر ایذه با استفاده از مدل‌های WLC و TOPSIS

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۰۸

### چکیده

مخاطرات طبیعی نظیر: سیلاب، زلزله و زمین‌لغزش جزء مهم‌ترین مخاطرات محیطی و به عنوان خطر بالقوه جدی برای توسعه فیزیکی شهرها محسوب می‌شوند. با توجه به توسعه شهرنشینی و تراکم بالای ساختمانی در شهر، ریسک خسارت مالی و تلفات انسانی توسط سوانح طبیعی به طور چشم‌گیری بالا می‌رود. در این تحقیق به دلیل اهمیت مسائل ناشی از سیلاب، زمین‌لغزش و زلزله در توسعه فیزیکی شهر ایذه، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مختلف به عنوان فاکتورهای موثر در وقوع آن‌ها برای محدوده این شهر در محیط نرم‌افزارهای مرتبط تهیه شد. سپس اقدام به طبقه‌بندی و استانداردسازی لایه‌ها بر اساس عضویت در تابع فازی گردید. در مرحله بعد آزمون عملیاتی با دو مدل TOPSIS و WLC از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری (MCDM) جهت پهنه‌بندی مخاطرات مذکور و مقایسه خروجی‌های حاصل از این روش‌ها به عمل آمد. نتایج ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مخاطرات ناشی از زمین‌لغزش، سیل و زمین‌لرزه با مدل TOPSIS به ترتیب ۳۵ درصد، ۳۳ درصد، ۲۹ درصد و با مدل WLC، ۲۲ درصد، ۲۱ درصد، ۳۸ درصد از منطقه را در بر می‌گیرند. این سطوح به عنوان مناطق با خطر بالا و بسیار بالا شناخته شدند. نتایج مقایسه‌ی مدل‌ها نشان داد که مدل WLC در زمینه پهنه‌بندی زمین‌لغزش و سیلاب نسبت به مدل TOPSIS، پهنه‌هایی را نشان می‌دهد

E-mail: Abedini@uma.ac.ir

\*۱- گروه جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی. (نویسنده مسئول).

۲- دانش‌آموخته گروه جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی و دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز.

که به واقعیت نزدیک تر است. لذا مدل TOPSIS مناسب ترین مدل در ارتباط با پهنه بندی خطر زمین لرزه در محدوده مورد مطالعه تشخیص داده شد.

**کلید واژه ها:** مخاطرات هیدروژئومورفولوژیکی، حوضه شهری ایذه، مدل های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM).

#### مقدمه

امروزه بیش از نیمی از جمعیت کره زمین در شهرها زندگی می کنند. برای توسعه پایدار شهری یکی از مسائل بسیار مهم توجه به مخاطرات زمینی می باشد؛ که این مقوله نیازمند بررسی روند توسعه شهر و ساختار مورفولوژیکی آن می باشد. هر اندازه شهرها گسترش پیدا کنند برخورد آن ها با واحدهای گوناگون توپوگرافی و ژئومورفولوژی زیادتر می شود. واحدهای ژئومورفولوژیکی همیشه، با پویایی و دینامیسم محیط طبیعی در ارتباطند؛ هر گونه اقدام در راستای توسعه و عمران شهرها به نحوی با پویایی و دینامیسم مذکور، و در نتیجه با پدیده های ژئومورفولوژیکی تلاقی می کند (Rajai, 1994: 207). ژان باستیه بر این باور است که نقش آینده ی شهرها با انتخاب مکان های طبیعی در ارتباط است (Roostaei, and Jabbari, 2006: 15). برای توسعه پایدار شهری یکی از مسائل بسیار مهم اساسی توجه ویژه به مخاطرات ژئومورفولوژیکی می باشد. این مخاطرات همراه با ایجاد تغییرات در چشم اندازهای زمین، زمانی قابل ملاحظه خواهند بود که جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار دهند (Sarvati and Khezri, 2009:4). دانش ژئومورفولوژی مسأله تحلیل فضایی مخاطرات زمینی را مورد توجه قرار داده و به تبیین و ارزیابی پتانسیل مخاطره و میزان خطرپذیری انسان ساکن در این پهنه ها می پردازد (Sharifi Kia, et al, 2009: 106). فعالیت های تکتونیکی گسل های فعال و زلزله، حرکات توده ای (به ویژه زمین لغزش) و سیل مهم ترین مخاطرات هیدروژئومورفیک در کشورمان می باشند (Abedini, 2016: 54). در مناطق تکتونیکی فعال، ناپایداری دامنه ها به صورت انواع شکل های زمین خزش، جریانات واریزه ای، ریزش، گسیختگی های دامنه ای خزش و غیره، مشاهده می شود (Abedini, 2016: 46). شهر ایذه در یک دشت مسدود گرانبی شکل گرفته و در محیطی با مخاطرات طبیعی بالقوه در حال توسعه است؛ لذا به دلیل اهمیت موضوع، این تحقیق با بهره مندی از مدل های متناسب و متفاوت جدید، اقدام به بررسی و پهنه بندی مهم ترین مخاطرات این منطقه کرده ایم.

#### پیشینه پژوهش

در ارتباط با موضوع مورد مطالعه منابع خارجی و داخلی فراوانی به شیوه های متعدد در مناطق مختلفی صورت گرفته است. که به برخی از این منابع اشاره می شود. در تحقیقی (Ettinger et al, 2016) به بررسی آسیب پذیری ساختمان های شهر آریکوپای<sup>۳</sup> ونزوئلا در برابر مخاطرات هیدروژئومورفولوژی با استفاده از رگرسیون لجستیک پرداختند؛ نتایج

کارشان بیانگر این است که تجزیه و تحلیل مکاتبات چندگانه روابط قوی بین "فاصله به کانال‌ها و پل‌ها"، "نوع ساختمان سازه"، "برای ساخت و ساز اثرات" و آسیب در برابر خطر سیل مشاهده شده است. همچنین رگرسیون لجستیک نقش اساسی در کمیت سهم هر یک از پارامتر توضیحی نسبت به آسیب‌های بالقوه و تعیین پارامترهای دارد که حساسیت آسیب یک ساختمان را نشان می‌دهد. با توجه به احتمال رخ دادن ۹۰ درصدی سیل در این منطقه ساختمان‌ها در حدود ۶۷ درصد در برابر سیل آسیب خواهند دید و پیش‌بینی می‌شود چنانچه سیلابی روان شود شبیه سیل رخ داده در ۸ فوریه ۲۰۱۳ باشد (Torab & Dala, 2015) در کار تحقیقی خود به نقشه برداری مخاطرات هیدروژئومورفولوژیکی ناشی از امواج بزرگ دریا در سواحل شمال غرب مصر پرداختند. (Gyumin et al, 2014) به بررسی و مقایسه آسیب‌پذیری رودخانه‌ی هان<sup>۴</sup> در کره جنوبی با استفاده از مدل TOPSIS فازی<sup>۵</sup> و روش فازی عدم قطعیت پرداختند؛ به این نتیجه رسیدند که TOPSIS فازی مبتنی بر مجموعه‌ای سطح  $\alpha$  برش تولید اولویت‌بندی قوی تری از روش فازی عدم قطعیت می‌تواند داشته باشد. (Camarasa-Belmonte & SorianoGarcía, 2012) به ارزیابی و نقشه برداری خطر سیل در محیط‌های نیمه‌شهری با استفاده از نرم افزار هیدروژئومورفولوژی<sup>۶</sup> در منطقه والنسیا در شرق اسپانیا پرداختند. (Mont et al, 2011) در نتایج خود نشان دادند که مخاطرات طبیعی به‌عنوان یکی از عوامل مهم پیش روی برنامه‌ریزان شهری و محیطی می‌باشد که در مواردی تحت تأثیر عملکرد نادرست انسانی تشدید می‌شود. (Fotouhi & Kiani, 2014) در طی پژوهشی به بررسی و پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل سلسله مراتبی (AHP) در شهر نهاوند پرداختند؛ نتایج آن بیانگر این است که از وسعت ۸۶۱ هکتاری شهر نهاوند ۴۰/۲ درصد از محدوده دارای وضعیت با ریسک کم تا بسیار کم، ۳۱/۵ درصد دارای وضعیت با ریسک متوسط و ۲۸/۱ درصد از محدوده‌ی مورد مطالعه نیز در شرایط با ریسک بالا تا بسیار بالا قرار دارد. (Jalalian & Dadgar, 2015) در پژوهشی به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های روستایی در برابر زمین‌لرزه با استفاده از مدل AHP در بخش چورزق شهرستان طارم پرداختند و نتایج پژوهش‌شان نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از محدوده‌ی شهرستان طارم در پهنه با خطر بالا (۴۵/۷۱ درصد) و خطر بسیار بالا (۱۴/۷۱ درصد) قرار گرفته است. (Abedini & Ghasemiyan, 2014) در کار تحقیقی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهرستان بیجار با استفاده از روش سلسله مراتبی پرداختند، نتایج کارشان بیانگر این است که عامل شیب و کاربری اراضی بیش‌ترین تأثیر را در رخ دادن زمین لغزش در این منطقه دارند همچنین ۷۵/۴۸۹ درصد از مساحت منطقه در محدوده با خطر بسیار کم و ۶/۷۸۴ درصد در پهنه با خطر بسیار بالا قرار دارد. در پژوهشی (Mousavi et al 2015) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در حوضه شهری ایذه پرداختند نتایج تحقیق‌شان نشان داده که بر اساس مدل سلسله مراتبی و خطی وزنی به ترتیب ۱۰/۹۲ و ۱۶/۵۸ درصد در پهنه با خطر بسیار بالا قرار دارد. (Maleki and Azizi 2013) به بررسی تنگه‌های طبیعی در توسعه فیزیکی شهر پاوه پرداختند نتایج تحقیق آنان نشان داده که مناطقی از شهر توسعه فیزیکی‌اش در گذشته مناسب با عوارض

4- Han

5- Fuzzy TOPSIS

6- Hydrogeomorphology.

ژئومورفولوژی و توپوگرافی نبوده و شهر در معرض خطر مخاطرات محیطی قرار دارد. در ارتباط با مخاطرات حوضه شهری ایذه مطالعات اندکی صورت گرفته است. (Mousavi et al (2013) در پژوهشی، به بررسی و پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز شهر ایذه با استفاده از مدل‌های تجربی فولر و جاستین و مدل سلسه مراتبی (AHP) پرداختند نتایج کارشان نشان می‌دهد که مقدار دبی برآورد شده در مدل فولر برای دوره بازگشت‌های ۵ تا ۲۰۰ به ترتیب عبارت است از: ۲۸۳/۵۸، ۲۴۴/۱۳، ۴۱۱/۳۷، ۴۶۶/۴۱، ۴۸۴/۱۳، ۵۳۹/۱۷، ۵۹۴/۲۱، ۶۴۹/۲۵ میلی‌متر و ارتفاع رواناب سالانه به‌دست آمده از مدل جاستین برابر با ۲/۹۱۶ می‌باشد.

نقشه حاصل از روش سلسله مراتبی نیز مناطق نواحی جنوب‌شرقی را به عنوان پهنه‌های آسیب پذیر در برابر سیل نشان می‌دهد. در تحقیقی دیگر (Mousavi et al (2013) به بررسی مخاطرات ژئومورفولوژیکی ناشی از توسعه‌فیزیکی حوضه شهری ایذه پرداختند نتایج حاصله نشان می‌دهد که نواحی غرب و جنوب‌غربی (الهک، نورآباد، راسوند) در توسعه آتی خود با خطر زلزله و سیلاب و آب گرفتگی، زمین‌لغزش، نواحی شمالی و جنوب‌شرق شهر به دلیل وجود تالاب‌ها با خطر طغیان دریاچه‌ها در مواقع پرآبی مواجه هستند. (Mousavi & Abedini (2013) پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبخیز شهری با استفاده از مدل WLC پرداختند. نتایج کارشان نشان می‌دهد که ۷۶ کیلومتر (۲۱ درصد) منطقه مورد مطالعه در معرض خطر بالای زمین‌لغزش قرار دارد.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش بر مبنای، بررسی منابع اسنادی، کارهای میدانی، روش‌های فازی، استفاده از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۷</sup> و ادیسی کلیمانجارو<sup>۸</sup>، انجام شده است. در پهنه‌بندی مخاطرات عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود که هر کدام با درجه‌ای دارای اهمیت متفاوتی هستند. استفاده از لایه‌های اطلاعاتی فراوان باعث پیچیدگی بیش از اندازه مدل، هزینه و زمان طولانی در تحلیل و پردازش مدل می‌گردد. بنابراین با توجه به این محدودیت‌ها و تجارب تحقیقات صورت گرفته پیشین فاکتورهایی که بیش‌ترین تأثیر را در رخداد مخاطرات مذکور در محدوده شهر ایذه و انطباق بیش‌تری با مدل TOPSIS و WLC داشته‌اند انتخاب شدند. برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، در محدوده‌ی مورد مطالعه از ۸ لایه اطلاعاتی شامل (ارتفاع، شیب، جهت شیب، سازندهای زمین‌شناسی، فاصله از گسل، کاربری اراضی، بارش و فاصله از آبراهه) استفاده شد. برای پهنه‌بندی خطرسیل نیز ۷ لایه‌ی اطلاعاتی نظیر بارش، فاصله از آبراهه، شکل حوضه، شیب، سازندزمین شناسی، پوشش گیاهی و جهت شیب به‌کار گرفته شدند. به علاوه برای پهنه‌بندی خطر زمین لرزه، ۵ لایه مشتمل بر معیارهای فاصله از خطوط گسل، طول گسل، ویژگی‌های برداشت شده از یک نقطه کانونی لرزه‌ای مانند بزرگای زمین لرزه، وضعیت ساختاری سازندهای زمین‌شناسی و عمق آب زیرزمینی می‌باشد استفاده شدند. برای تهیه لایه‌ها، ابتدا ۴ شیت نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ در محیط Arc Map10 زمین مرجع

7- GIS (Geographical Information System)

8- Idrisi Kilimanjaro

گردیدند. لایه ارتفاع توپوگرافی تحت عنوان مدل رقومی ارتفاعی<sup>۹</sup> منطقه با قدرت تفکیک<sup>۱۰</sup> (۳۰ \* ۳۰ متر) با فواصل ۵۰۰ متر طبقه‌بندی شد. لایه شیب، جهت شیب با استفاده از لایه‌ی مدل رقومی ارتفاعی محاسبه گردیدند. لایه‌های گسل و سازندهای زمین‌شناسی با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه شدند، هم‌چنین از طریق الحاقیه‌ی<sup>۱۱</sup> Arc hydro خطوط آبراهه‌ها از نقشه مدل رقومی ارتفاعی استخراج گردیدند. جهت تهیه نقشه هم‌باران ابتدا آمار داده‌های بارندگی پنج ایستگاه ایذه، پل شالو، سوسن، باغ‌ملک و بارانگرد تهیه شدند (سازمان آب و برق استان خوزستان، ۱۳۹۱) پس از ویرایش آن‌ها در محیط اکسل<sup>۱۲</sup> به محیط Arc GIS، وارد<sup>۱۳</sup> شدند و با استفاده از تابع محاسبه‌گر رستری<sup>۱۴</sup> نقشه هم‌باران تهیه شد. نقشه کاربری اراضی با استفاده تصاویر گوگل ارث<sup>۱۵</sup> تهیه و به روز رسانی شد و نقشه پوشش گیاهی با استفاده از نقشه پوشش گیاهی ۱:۵۰۰۰۰۰ شهرستان ایذه تهیه شد. برای تهیه نقشه سطح آب‌های زیرزمینی داده‌های پیزومتری دشت ایذه گردآوری شدند. بعد از ویرایش آن‌ها با استفاده از دستور Add XY Data به محیط Arc Map منتقل شدند، نقشه رستری عمق آب زیرزمینی از منوی Spatial Analyst Tools از طریق عمل درون‌یابی<sup>۱۶</sup> به روش معکوس وزنی فاصله<sup>۱۷</sup> تهیه شد. آمار زلزله‌های ۶۰ سال اخیر منطقه جهت تهیه نقشه فراوانی وقوع زمین‌لرزه‌ها تهیه و زلزله‌های بالای ۳ ریشتر را پس از ویرایش کردن به یک فایل برداری تبدیل نمودیم. سپس از طریق عمل درون‌یابی به روش معکوس وزنی فاصله نقشه بزرگای زمین‌لرزه بر حسب ریشتر تهیه شد. پس از آماده‌سازی کلیه لایه‌های مورد نیاز هر کدام از لایه‌ها به طور جداگانه طبقه‌بندی شد. جهت استاندارد سازی لایه‌ها تمامی آن‌ها به محیط نرم افزار ادریسی وارد شدند و به فرمت رستری<sup>۱۸</sup> تبدیل شدند. سپس با استفاده از گزینه فازی<sup>۱۹</sup> تمامی لایه‌های به کار گرفته شده با استفاده از تابع Sigmoidal function به ارزش ۰ تا ۱ فازی گردیدند. وزن نسبی لایه‌ها با استفاده از روش وزن‌دهی کرتیک محاسبه شد. تهیه و مدل‌سازی نهایی نقشه‌های خطر وقوع زمین‌لغزش، سیل و زمین‌لرزه با استفاده از مدل‌های؛ روش راه حل ایده‌آل (TOPSIS)<sup>۲۰</sup>، و ترکیب خطی وزنی (WLC)<sup>۲۱</sup> صورت گرفت. در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش، سیل و زمین‌لرزه هرکدام در ۵ طبقه با خطر بسیار کم، خطر کم، خطر متوسط، خطر بالا و خطر بسیار بالا تهیه گردید (اشکال ۲ تا ۵). برای تهیه لایه‌های مختلف در این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۹۰)، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۷) شرکت ملی نفت (۱۳۴۵)، نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی

9- Digital Elevation Model

10- Cell Size

11- Extension

12- Excel

13- Import

14- Raster Calculator

15- Google Earth

16- Interpolation

17- Inverse Distance Weighted(Idw)

18- Rastery

19- Fuzzy

20- Technique For Order Preference By Similarity To The Ideal Solution

21- Weighted Linear combination

۱:۵۰۰۰۰ شهرستان ایذه (۱۳۹۴)، داده‌های زمین لرزه‌های اخیر رخ داده در شهرستان ایذه از بولتن پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله استخراج شد ([www.iiess.ac.ir](http://www.iiess.ac.ir)). در ضمن از داده‌های سازمان آب و برق (۱۳۹۰) نیز استفاده گردید.

- معرفی مدل‌ها

الف- مدل TOPSIS

این روش در سال (۱۹۸۱) توسط هوانگ و یون ارائه شد. در این روش  $M$  گزینه به وسیله  $N$  شاخصه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، این فن بر این مفهوم بنا شده است که علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه از نقطه ایده‌آل مثبت، فاصله آن از نقطه ایده‌آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود (Nastaran, et al, 2010: 90). این روش چندین گام اساسی به شرح زیر دارد:

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم با توجه به تعداد معیارها، تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف ماتریس تصمیم به صورت (رابطه ۱) است. این ماتریس بر اساس  $n$  آلترناتیو و  $m$  شاخص است، که در آن  $X_{ij}$  عملکرد گزینه  $i$  ( $i: 1, 2, \dots, m$ ) در رابطه با معیار  $j$  ( $j: 1, 2, \dots, n$ ) می‌باشد.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۱)}$$

مرحله دوم: نرمالایزه کردن ماتریس: در این مرحله با استانداردسازی داده‌ها، دامنه مقادیر ( $X_{ij}$ ) را که در واحدهای اندازه‌گیری متفاوت (همچون واحد اندازه‌گیری رتبه‌ای، درصدی و متریک) وجود دارند به یک دامنه استاندارد در حد فاصل بین ۰ و ۱ تبدیل و مقادیر استاندارد شده داده‌ها ( $V_{ij}$ ) را به دست می‌آوریم. در چنین روندی لایه‌های نقشه استاندارد که قابل مقایسه و قابل ترکیب با هم هستند به دست می‌آید. در واقع ماتریس تصمیم‌گیری را بدون مقیاس می‌نمایم.

$$V =_{ij} \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۲)}$$

مرحله سوم: وزن‌ها ( $w_{ij}$ ) اختصاص یافته به هر صفت را تعیین می‌کنیم؛ مجموع وزن‌ها باید به گونه‌ای باشد، که تعیین بردار وزن معیار است. در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، برداری به صورت رابطه (۳) می‌باشد. به عبارت دیگر در این مرحله وزن‌ها ( $w_j$ ) اختصاص یافته به هر صفت را تعیین می‌کنیم. مجموع وزن‌ها باید به گونه‌ای باشد که  $0 \leq w_j \leq 1$  و  $\sum_j w_j = 1$  به دست آید.

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad \text{رابطه (۳)}$$

مرحله چهارم: با ضرب هر ارزش از لایه صفت استاندارد شده ( $V_{ij}$ ) در وزن متناظر بر آن ( $w_j$ )، لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی را ایجاد می‌نماییم؛ هر سلول از لایه‌ها، حاوی ارزش استاندارد شده وزنی ( $V_{ij}$ ) می‌باشند؛

مرحله پنجم: ارزش حداکثر ( $V_{+j}$ ) را در رابطه با هر یک از لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی، تعیین می‌کنیم (ارزش‌ها تعیین کننده نقطه ایده آل مثبت هستند)؛ یعنی

$$V_{+j} = (v_{\max 1}, v_{\max 2}, \dots, v_{\max n})$$

مرحله ششم: ارزش حداقل  $V_{-j}$  را برای هر لایه نقشه استاندارد شده وزنی، تعیین می‌کنیم (ارزش‌ها تعیین کننده نقطه ایده آل منفی هستند)؛ به صورتی که

$$V_{-j} = (v_{\min 1}, v_{\min 2}, \dots, v_{\min n})$$

مرحله هفتم: با استفاده از یک اندازه انفکاک، فاصله بین نقطه ایده آل و هر گزینه را محاسبه می‌کنیم، یک انفکاک را می‌توان با استفاده از متریک فاصله اقلیدسی (یا مستقیم الخط) محاسبه کرد؛

$$s_{i+} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_{+j})^2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

مرحله هشتم: با استفاده از همان اندازه انفکاک فاصله بین نقطه ایده آل منفی و هر گزینه را تعیین می‌کنیم؛

$$s_{i-} = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_{-j})^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

مرحله نهم: با استفاده از معادله (۶) نزدیکی نسبی به نقطه ایده آل  $C_{i+}$  را محاسبه می‌کنیم:

$$C_{i+} = \frac{s_{i-}}{s_{i+} + s_{i-}} \quad \text{رابطه (۶)}$$

به طوری که  $0 < C_{i+} < 1$  می‌باشد. بر این اساس، هر اندازه یک گزینه به نقطه ایده آل نزدیک‌تر باشد  $C_{i+}$  به سمت ۱ میل می‌کند.

مرحله دهم: گزینه‌ها را بر حسب یک ترتیب نزولی از  $C_i+$  رتبه‌بندی می‌کنیم؛ گزینه‌ای که با بالاترین ارزش از  $C_i+$  همراه باشد بهترین گزینه است.

برای محاسبه میزان انفکاک از نقطه حداکثر و حداقل در هر یک از معیارها نیز به ترتیب فرمول‌های ذیل (۷) و (۸) استفاده می‌شود:

$$\frac{x_{ij} - x_i^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} = f_{+j} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$\frac{x_{ij} - x_i^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} = 1 - f_{-j} \quad \text{رابطه (۸)}$$

در این روش وضعیت‌های مترتب بر مسائل تصمیم‌گیری فضایی که اغلب شامل وابستگی پیچیده در بین صفات هستند به طور ویژه صدق می‌کند (Malchovsky, 1999: 37-54).

-مدل ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)

یکی از روش‌های متداول در ارزیابی چند معیاری فازی می‌باشد که کاربرد وسیعی در محیط GIS پیدا کرده و یک روش تلفیقی خطی وزن‌دار است. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل‌گر مستقیماً بر مبنای «اهمیت نسبی» هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد (Karam, 2004: 120-137). روش ترکیب خطی وزنی مبتنی بر GIS شامل مراحل زیر می‌باشد: ۱- مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی (لایه‌های نقشه) و همچنین مجموعه‌ای از گزینه‌های ممکن را مشخص می‌نمایم. ۲- هر لایه نقشه معیار را به صورت استاندارد در می‌آوریم. ۳- تعیین وزن‌های معیار، بدین گونه که به طور مستقیم وزنی از اهمیت نسبی به نقشه معیار اختصاص می‌دهیم. ۴- لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی را ایجاد می‌کنیم (با ضرب لایه‌های نقشه استاندارد شده در وزن متناظر بر آن‌ها) به طور رسمی در قاعده تصمیم‌گیری برای ارزیابی هر گزینه از رابطه (۹) استفاده می‌شود.

$$AI = \sum J WJ X_{ij} \quad \text{رابطه (۹)}$$

که در آن  $X_{ij}$  معرف نمره گزینه  $i$  در ارتباط با صفت  $j$  و  $WJ$  مشتمل بر یک وزن استاندارد شده است، به گونه‌ای که  $\sum WJ = 1$ . وزن، اهمیت نسبی هر صفت را به نمایش می‌گذارد. با تعیین ارزش حداکثر  $i = AJ$  اولویت دارترین گزینه انتخاب می‌گردد. در رابطه (۱) به مانند معادل رگرسیون تناسب به صورت خطی تعیین می‌شود. در تحقیق حاضر عملیات WLC در محیط ادریسی کلیمانجارو با استفاده از تابع MCE<sup>۲۲</sup> انجام شد.

- ارجحیت مدل TOPSIS و WLC نسبت به سایر مدل‌ها

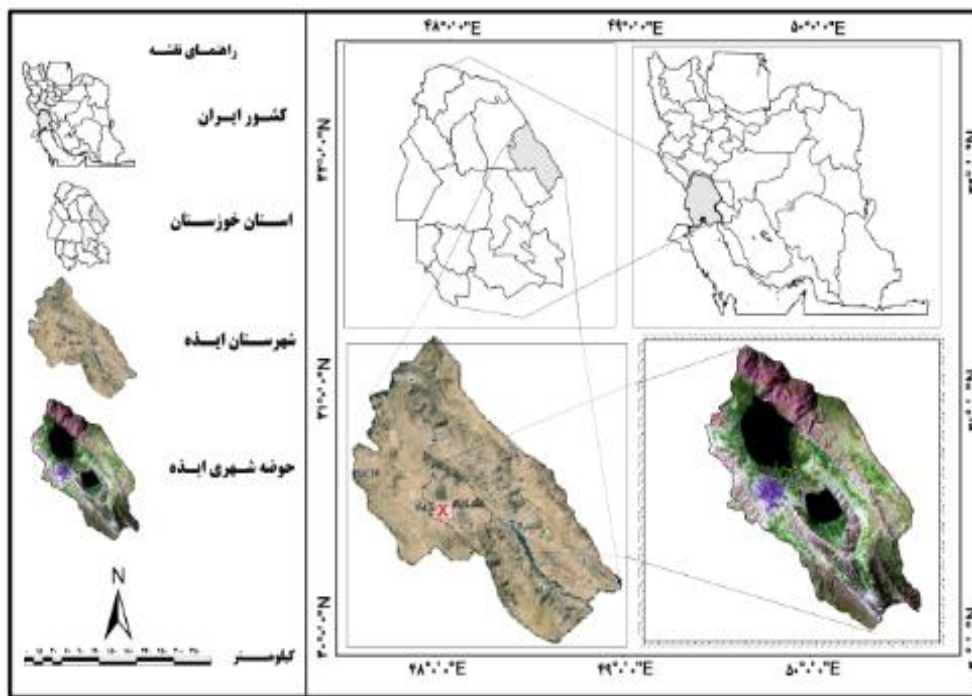
در این مدل رویکردها از مشکلات ملازم با فرض استقلال در میان صفت‌ها اجتناب می‌شود. یک گزینه به‌عنوان یک دسته‌ی تفکیک ناپذیر از صفات مورد توجه قرار می‌گیرد و بر همین اساس بی‌معنی خواهد بود که وابستگی‌ها را به صورت مجزا مورد بحث قرار داده و به ارزیابی ارزش‌ها و وابستگی‌ها به صورت ترجیحی پرداخته شود. این موضوع باعث می‌شود که روش‌شناسی مبتنی بر مدل TOPSIS به‌عنوان یک رویکرد جذاب در مسائل تصمیم‌گیری در آید (Malchovsky, 1999: 387). این حالت در وضعیت‌های مرتبط با مسائل تصمیم‌گیری فضایی که اغلب شامل وابستگی متقابل و پیچیده در بین صفات هستند به‌طور ویژه‌ای خصوصاً با نگرش سیستمی (کل‌نگری) در دانش جغرافیا در مورد مخاطرات و سایر مسایل صدق می‌کند. از دیگر امتیازات این روش:

- ۱- معیارهای کمی و کیفی را توأم در مبحث مکان یابی دخالت می‌دهد،
- ۲- خروجی آن می‌تواند ترتیب اولویت گزینه‌ها را مشخص و این اولویت را به صورت کمی بیان کند،
- ۳- دارا بودن استدلالی معتبر که به خوبی منطق انتخاب معیارها را تشریح می‌کند،
- ۴- محاسبه ارزش عددی برای بهترین و بدترین گزینه،
- ۵- دارا بودن فرآیند محاسباتی ساده‌ای که به راحتی در نرم افزارهایی نظیر GIS, Idrisi قابل برنامه‌نویسی و اجرا است.

در حقیقت TOPSIS یک روش کاربردی است که گزینه‌ها را با توجه به مقادیر داده‌های آن‌ها در هر معیار و وزن معیارها مورد مقایسه قرار می‌دهد. از سوی دیگر با توجه به شبیه‌سازی مقایسه‌ای که توسط زاناکسیس و همکارانش انجام شده است در میان هشت روش گروه مدل‌های جبرانی چند معیاری<sup>۳۳</sup> روش TOPSIS دارای کم‌ترین نقص در رتبه‌بندی گزینه‌ها (آلترناتیوها) می‌باشد. روش TOPSIS فازی در مقایسه با روش TOPSIS غیر فازی به دلیل استفاده از مجموعه‌های فازی سازگاری بیش‌تری با توضیحات زبانی و گاه مبهم انسانی دارد. روش WLC با توجه به سهولت استفاده‌ای که دارد در بعد گسترده‌ای از زمینه‌های مربوط به جهان واقعی به کار گرفته می‌شود. از مهم‌ترین مزیت‌های آن این است که تصمیم‌گیری به طور مستقیم بر حسب وزن صورت می‌گیرد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده‌ی حوضه شهر ایذه با وسعت ۳۴۸/۱۱ کیلومتر مربع در بین طول "۳۵' ۴۷° ۴۹° تا "۴۴' ۲' ۵۰° شرقی و عرض "۳۷' ۴۲' ۳۱° تا "۴۶' ۵۷' ۳۱° شمالی در شرق استان خوزستان و جنوب شهرستان ایذه واقع شده است (شکل ۱). دارای اقلیمی معتدل از نوع کوهستانی در نواحی شرق تا شمال شرقی و گرم و خشک تا مرطوب در نواحی مرکزی و جنوب شرقی است به لحاظ تقسیمات زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه در زون چین‌خورده‌ی زاگرس قرار دارد و حداکثر ارتفاع منطقه ۲۹۲۲ متر و حداقل آن ۸۰۲ متر از سطح دریا می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه ی شهر ایذه

## یافته ها و بحث

### - تعریف معیارها و تشکیل ماتریس معیارهای ارزیابی

اولین قدم در ارزیابی چند معیاری، تعریف معیارها و ایجاد ماتریس ارزیابی است. عناصر این ماتریس ارزش‌های مربوط به هر یک از گزینه‌ها، پیکسل‌ها یا مکان‌های پیشنهادی را بر اساس معیارهای مختلف نشان می‌دهند. سطرهای این ماتریس نشان‌گر آن دسته از پدیده‌های جغرافیایی و یا واحدهای مشاهده‌ای هستند که در رابطه با آن نیاز به داده وجود دارد سطرها به ترتیب به صورت  $m, \dots, i, \dots, 3, 2, 1$  شماره‌گذاری شده‌اند که در آن‌ها  $i$  نشان‌دهنده یکان واحد<sup>۲۴</sup> (پیکسل) و  $m$  نشان‌دهنده تعداد کلی واحدهای (پیکسل) مورد نظر می‌باشد. هر پدیده به واسطه داده‌های مکانی (مختصاتی) و داده‌های توصیفی، صفات و یا معیارها توصیف می‌شود. هر ویژگی و خاصیتی را که توصیف کننده ویژگی‌های یک مکان یا یک پدیده جغرافیایی است می‌توان به‌عنوان صفت تعریف کرد. بارزترین ویژگی مربوط به صفات در این است که ارزش و مقادیر مربوط به آن‌ها در فضای جغرافیایی تغییر می‌کند. بنابراین ممکن است صفات را تحت عنوان متغیرها عنوان کرد. هر ستونی از ماتریس جغرافیایی معرف یک صفت یا معیار<sup>۲۵</sup> است که تعداد آن می‌تواند از یک تا  $n$  را شامل شود (Mousavi, 2013: 145). در پژوهش حاضر در ارتباط با پهنه‌بندی خطرات زمین لغزش سیل و زمین لرزه ماتریس‌های مربوط به فاکتورهای مورد نیاز مؤثر در خطرات تنظیم شده است (جدول ۱ تا ۳).

جدول ۱- ماتریس معیارهای مورد استفاده در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

معیار پیکسل	بارش	فاصله از آبراهه	شکل	شیب	سازند های زمین شناسی	پوشش گیاهی	جهت شیب	امتیاز برای وقوع خطر سیل
پیکسل ۱	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	....	.....	.....	$x_{1n}$
پیکسل ۲	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{2n} \dots$
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
پیکسل m	$x_{m1}$	$x_{m2}$	$x_{m3}$	$x_{m4}$				$x_{mn} \dots$

جدول ۲- ماتریس معیارهای مورد استفاده در پهنه‌بندی خطر سیل

معیار پیکسل	طول گسل	فاصله از گسل	سازندهای زمین شناسی	عمق آب زیر زمینی	قدرت سطحی زمین (ریشتر)	امتیاز برای وقوع خطر زمین لرزه
پیکسل ۱	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	.....	$x_{1n}$
پیکسل ۲	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{2n} \dots$
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
پیکسل m	$x_{m1}$	$x_{m2}$	$x_{m3}$	$x_{m4}$		$x_{mn} \dots$

جدول ۳- ماتریس معیارهای مورد استفاده در پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه

معیار	ریش	فاصله از آبراهه	فاصله از گسل	شیب	سازند های زمین شناسی	کاربری اراضی	ارتفاع	جهت شیب	امینتاز برای وقوع خطر زمین لغزش
پیکسل									
پیکسل ۱	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	.....	.....	.....	.....	$x_{1n}$
پیکسل ۲	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{28}$	$x_{2n} \dots$
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
پیکسل m	$x_{m1}$	$x_{m2}$	$x_{m3}$	$x_{m4}$					$x_{mn} \dots$

- معیارهای ارزیابی و استاندارد سازی معیارها به روش فازی

در ارزیابی چند معیاری برای دستیابی به یک هدف معین باید سنجها یا شاخص‌هایی را تعریف و تعیین کرد که بر مبنای آنها بتوان به یک هدف معین دست یافت. این شاخص‌ها یا سنجها را معیار ارزیابی می‌نامند (Kuswandari, 2004). برای تحلیل و ارزیابی چند معیاری باید مقیاس اندازه‌گیری آنها را متناسب و همخوان کرد. برای همسان سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آنها به واحدهای قابل مقایسه از فرآیند استاندارد سازی معیارها استفاده می‌شود. در سیستم اطلاعات جغرافیایی برای استاندارد کردن معیارها چند رویکرد مختلف شامل: روش‌های قطعی<sup>۲۵</sup>، احتمالاتی<sup>۲۶</sup> و فازی وجود دارد که در این پژوهش برای استانداردسازی داده‌ها از روش فازی استفاده شده است. استاندارد سازی داده‌ها، کلیه مقادیر و ارزش‌های لایه‌های نقشه‌ای را به دامنه‌ی یکسانی مثلاً بین صفر تا یک تبدیل می‌کند در این دامنه، اگر  $\mu_A(x) = 1$  باشد در آن صورت یک عنصر  $x$  مشخصاً به  $A$  تعلق دارد. به همین ترتیب اگر  $\mu_A(x) = 0$  باشد در آن صورت عنصر  $x$  مشخصاً به  $A$  تعلق ندارد. درجه بالای ارزش عضویت یک عنصر به معنای نسبت بالای تعلق آن به مجموعه می‌باشد. در منطق فازی عضویت هر پیکسل نقشه در ارزیابی خطرات در مقیاس ۰ تا ۱ مشخص شد، بیش‌ترین ارزش یعنی عدد ۱ به حداکثر خطر و کم‌ترین ارزش صفر به حداقل خطر تعلق گرفت.

25- Deterministic

26- Probabilistic

- روش وزن‌دهی CRITIC<sup>۳۷</sup>

این روش در سال (۱۹۸۲) توسط زلنی ارائه داده است (Gholami, 2011). مفروضاتی که در تعیین وزن هر معیار دخالت دارد به شرح زیر می‌باشد.

الف: اگر پهنه‌های مختلف در یک محدوده جغرافیایی به لحاظ یک معیار وضعیت مشابهی داشته باشد. آن معیار عاملی تعیین کننده در کلاس‌بندی و اولویت‌بندی پهنه‌ها تلقی نمی‌شود این وضعیت می‌تواند به پایین آمدن وزن آن معیار کمک کند حتی اگر معیار مورد نظر فی نفسه از اهمیت زیادی برخوردار باشد. به عنوان مثال اگر همه پهنه‌های واقع در یک محدوده جغرافیایی از شرایط همواری برخوردار باشند معیار شیب نمی‌تواند به عنوان عامل تمیز کننده مطرح باشد، در نتیجه وزن اختصاص یافته به شیب تنزل می‌یابد. ب: هر چه قدر همبستگی مثبت معیارها با هم بیش تر باشد به همان نسبت در نظر گرفتن تغییرات یک معیار به عنوان معرفی بر تغییرات معیار دیگر توجیه پذیر می‌شود. اگر عاملی یا معیاری انحراف بیش تری داشته باشد و جمع تضاد آن با معیارهای دیگر بیش تر باشد دایره میزان اطلاعات که در ذیل آن معیار نهفته شده است گسترده تر است و به پشتوانه دایره بازتر از میزان اطلاعات می‌تواند نقشی تعیین کننده تر در تمیز تفاوت‌ها داشته باشد. در روش کرتیک معیارهای مورد استفاده دارای پارامترهای آماری از جمله انحراف معیار هستند این پارامترها نمایانگر درجه تباین در مقادیر معیار مربوطه می‌باشند پس از محاسبه انحراف معیار عوامل و معیارهای مورد بررسی، ماتریس متفاوتی به ابعاد  $m \times m$  ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل شده می‌باشد (Ronald Eastman, 2003: 8). ج: تعیین ضرایب از طریق تقسیم هر ستون از حاصل ضرب تضاد و انحراف معیار بر مجموع ستون‌ها به دست می‌آید (Ziaian et al, 2011: 90). برای منطقه مورد تحقیق موارد مذکور در (جدول ۴) ارائه شد.

جدول ۴- مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در تحلیل مخاطرات

نام مخاطره	نام معیار	مجموعه تضاد	انحراف از معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
زمین لغزش	سازند	۶/۰۲۳	۱۲۹۶/۶۴	۳۸۶/۲۹۱۸	۰/۰۹۲۷
	شیب	۵/۸۱۲	۹۴۴/۷۵	۴۴۱/۳۹۷	۰/۱۰۵۹
	ارتفاع	۵/۶۴۱	۲۷۹/۱۱۲	۶۳۳/۳۴۸	۰/۱۵۲
	بارش	۶/۰۷۳۳	۹۹/۰۱۶	۶۰۱/۳۵۶	۰/۱۴۴
	فاصله از آبراهه	۶/۰۰۲	۹۹/۹۲۲	۵۹۹/۸۰۹۰	۰/۱۴۱۴
	کاربری اراضی	۵/۴۳۶	۶۸۴/۷۱	۳۸۹/۷۳۶	۰/۰۹۳۵
	جهت شیب	۶/۶۲۱	۷۱۵/۸۶	۵۷۴/۱۸۰۵	۰/۱۳۷۸
	فاصله از گسل	۶/۱۶۸	۸۷/۳۹۳	۵۳۹/۰۴۹۷	۰/۱۲۹۴

ادامه جدول ۴- مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات؛ و وزن نهایی معیارهای مطرح در تحلیل مخاطرات

نام مخاطره	نام معیار	مجموعه تضاد	انحراف از معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
سیل	بارش	۶/۴۱۲	۸۹/۰۸۸	۳۲۷/۵۷۶	۰/۱۷۸
	فاصله از آبراهه	۵/۸۷۹۰	۹۹/۴۰۵۹	۴۱۳/۵۸۴	۰/۱۸۰
	شکل	۶/۲۴۹	۳۱/۱۶۵	۱۹۴/۷۵۵	۰/۰۶۰
	شیب	۶/۷۸۹	۳۱/۱۴۸	۲۱۱/۴۷۲	۰/۰۶۵۳
	سازند	۶/۴۶۸۰	۷۳/۹۹۸۹	۴۷۸/۶۲۹	۰/۱۴۷
	کاربری	۶/۵۵۰	۸۷/۳۵۷	۵۷۲/۲۵۳	۰/۱۷۶
زمین لرزه	جهت شیب	۵/۹۸۷	۱۰۳/۰۸۲۶	۶۱۷/۱۷۶	۰/۱۹۰
	طول گسل	۳/۶۳۵	۱۰۴/۵۸۹۹	۳۸۰/۲۵۱۳	۰/۳۲۶۴
	فاصله از گسل	۳/۰۴۱۲	۱۰۳/۰۸۲۹	۲۴۵/۵۳۷۲	۰/۲۱۳۳
	سازند	۳/۰۳۶۷	۹۹/۵۹۰	۳۳۵/۳۳	۰/۲۸۷۸
	عمق آب زیرزمینی	۳/۸۶۱۵	۵۰/۳۷۵	۱۹۴/۵۲۲۶	۰/۱۶۶۹
	بزرگی زمین لرزه	۴/۱۴۷۰	۱/۵۰۳	۶/۲۳۵۸	۰/۰۰۵۳۵

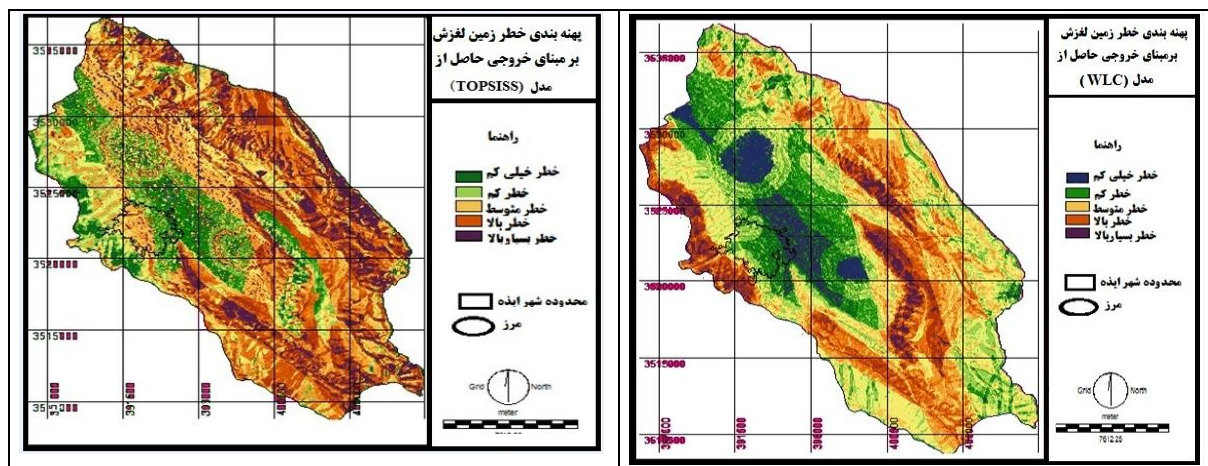
## - پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

در بررسی زمین‌لغزش عامل مربوط به ارتفاع بیش‌ترین وزن نسبی (۰/۱۵۲) و عامل کاربری ارضی کم‌ترین وزن (۰/۰۹۳۵) را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۴). در بین این فاکتورها عامل مربوط به ارتفاع و سازند بیش‌ترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش‌های رخ داده در منطقه داشته‌اند. در بین طبقات ارتفاعی بیش‌ترین رخداد لغزش‌ها در ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ به دلیل داشتن شیب تند (۱۵ تا ۲۵ درصد) و جهات مناسب بوده است. در طبقات مربوطه به سازندها؛ سازند آسماری بیش‌ترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه دارد این سازند به دلیل داشتن خاصیت نفوذپذیری؛ با جذب رطوبت حالت ارتجاعی یافته و سبب سرخوردن لایه‌های بالایی می‌شود. آبراهه‌ها با شستشوی خاک دامنه‌ها سبب از بین رفتن عامل نگه دارنده از پای دامنه‌ها شده و باعث تشدید شیب دامنه‌ها می‌شوند. عامل بارش در فصل زمستان و بهار که با شدت زیاد در منطقه ریزش می‌نماید یکی از عوامل مهم در ایجاد گسیختگی‌ها و لغزش در منطقه است؛ نفوذ آب باران به درون خلل و فرج سبب کاهش سیمان شدگی و ضریب چسبندگی مواد شده این امر موجب افزایش وزن مواد سازنده دامنه شده و در نتیجه تنش برشی را افزایش می‌دهد. بیش‌ترین لغزش‌ها به دلیل جذب رطوبت و زیر شویی دامنه‌ها در فاصله ۰ تا ۵۰ متری از آبراهه رخ داده؛ همچنین بیش‌ترین لغزش در فاصله ۱۰۰ تا ۵۰۰ متری از خطوط گسل بوده است. پس از محاسبه وزن نهایی لایه‌های طبقه‌بندی شده؛ این لایه‌ها به مدل‌ها وارد شدند. خروجی حاصل از این مدل‌ها نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌باشد (شکل‌های ۲ و ۳). نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد؛ که در مدل TOPSIS (شکل ۳) ۲۳/۳۵ کیلومتر مربع

(۶۷۰/۷۰ درصد) از منطقه در معرض خطر بسیار بالا، ۹۹/۶۴ کیلومتر مربع (۲۸/۶۲ درصد) در پهنه خطر بالا، ۱۳۵/۶۴ کیلومتر مربع (۳۸/۹۶ درصد) خطر متوسط، ۶۶/۲۸ کیلومتر مربع (۱۹/۰۴ درصد) در پهنه با خطر کم و ۲۳/۲۲ کیلومتر مربع (۶/۶۷ درصد) در پهنه با خطر بسیار کم قرار داشته است. در حالی است که در مدل WLC (شکل ۲) ۱۰/۷۷ کیلومتر مربع (۳/۰۹ درصد) از منطقه در معرض خطر بسیار بالا، ۶۵/۳۶ کیلومتر مربع (۱۸/۷۷ درصد) در معرض خطر بالا، ۱۲۹/۳۸ کیلومتر مربع (۳۷/۱۶ درصد) در پهنه با خطر متوسط، ۱۱۲/۲۲ کیلومتر مربع (۳۲/۲۳ درصد) در پهنه خطر کم و ۳۰/۸۱ کیلومتر مربع (۸/۸۵ درصد) در محدوده خطر بسیار کم واقع شده است (جدول ۵).

جدول ۵- پهنه‌های در معرض خطر زمین لغزش

مدل خطی وزین (WLC)				مدل راه حل ایده آل (TOPSIS)			
درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	طبقات خطر	نام مخاطره	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	طبقات خطر	نام مخاطره
۸/۸۵	۳۰/۸۱	خطر خیلی کم	زمین لغزش	۶/۶۷	۲۳/۲۲	خطر خیلی کم	زمین لغزش
۳۲/۲۳	۱۱۲/۲۲	خطر کم		۱۹/۰۴	۶۶/۲۸	خطر کم	
۳۷/۱۶	۱۲۹/۳۸	خطر متوسط		۳۸/۹۶	۱۳۵/۶۴	خطر متوسط	
۱۸/۷۷	۶۵/۳۶	خطر بالا		۲۸/۶۲	۹۹/۶۴	خطر بالا	
۳/۰۹	۱۰/۷۷	خطر خیلی بالا		۶/۷۰	۲۳/۳۵	خطر خیلی بالا	

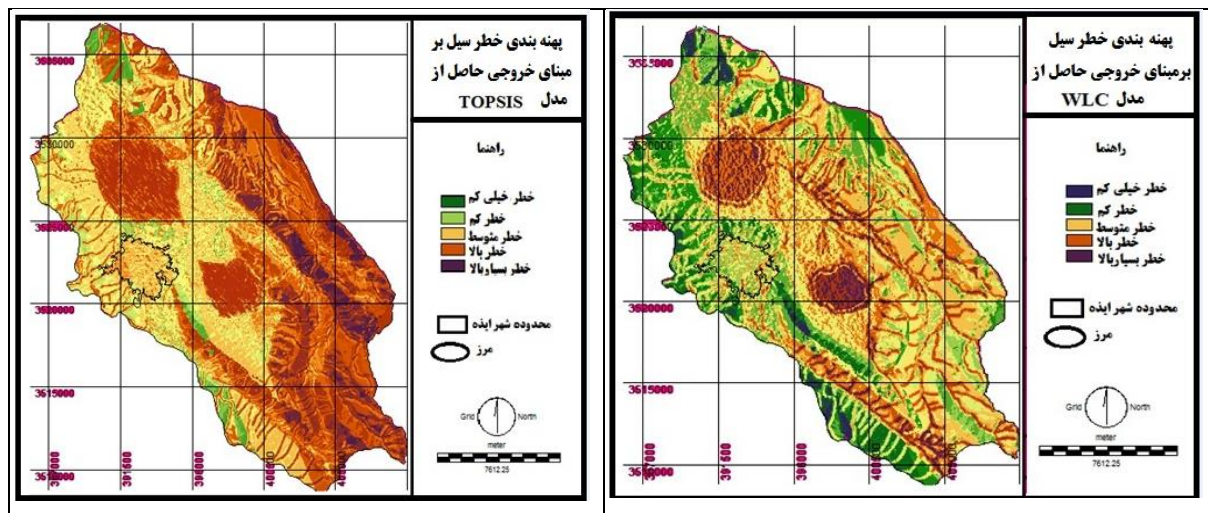


شکل ۲ و ۳: نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در محدوده شهر ایذه به روش (WLC) و (TOPSIS)

- پهنه‌بندی خطر سیل

در ارتباط با خطر سیل ۷ فاکتور مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که اساسی‌ترین عامل در سیل خیزی در این منطقه در وهله اول عامل بارش می‌باشد. بارش‌های ناگهانی رگباری در فصول زمستان و بهار سبب وقوع سیل در این منطقه می‌شود. میانگین بارش سالانه این منطقه بالای ۶۰۰ میلی‌متر می‌باشد در برخی از ماه‌های سال خصوصاً دی ماه ممکن است در طول یک روز میزان بارش به ۴۰۰ میلی‌متر هم برسد. وجود شیب‌های تند در

ارتفاعات کوهستانی بالا سبب هدایت روانابها به سمت دشت می شود. سازندهای پابده و گورپی با ترکیب سنگ شناسی خود نه تنها یک منبع مناسب، برای انباشت آبهای زیرزمینی در منطقه نیستند، بلکه از نظر هیدرودینامیکی موجب ممانعت از پخش جریان آب از سازندهای آب دار به دشت یا دیگر لایهها شده و موجبات عدم نفوذ آبهای زیرزمینی و سطحی منطقه را فراهم می سازند؛ و سبب افزایش رواناب در منطقه می شوند. شکل زیرحوضهها در محدوده خود تأثیر بسیار مهمی در سیل خیزی دارد اشکال زیرحوضهها در منطقه مورد مطالعه در قسمت جنوب شرق کشیده و در غرب یکی از حوضهها بادبزی شکل است که سیل خیزی آن نسبت به دو حوضه دیگر زیادتر است. از سوی دیگر این محدوده تقریباً یک حوضه بسته می باشد که تمامی جریان آبها به درون دو دریاچه (میانگران و بندان) هدایت می شود. در مواقعی که بارشهای شدید رخ می دهد در نتیجه دریاچهها طغیان می کنند و شهر از نواحی شمالی و جنوب شرقی مورد تهدید سیلاب قرار می گیرد. بررسیهای حاصل از نقشه پهنه بندی با مدل TOPSIS خطر سیل در این منطقه نشان می دهد.  $46/90$  کیلو متر مربع ( $13/47$  درصد) از منطقه در معرض خطر بسیار بالا،  $67/83$  کیلو متر مربع ( $19/48$  درصد) در پهنه خطر بالا،  $122/67$  کیلو متر مربع ( $35/23$  درصد) خطر متوسط،  $99/96$  کیلو متر مربع ( $28/71$  درصد) در پهنه با خطر کم و  $10/76$  کیلو متر مربع ( $3/09$  درصد) در پهنه با خطر بسیار کم قرار داشته است. عمده ترین نواحی در معرض خطر بالای سیل مربوط به دریاچهها و نواحی شرق و جنوب شرق می باشند. در حالی که در مدل WLC  $12/14$  کیلو متر مربع در معرض خطر بسیار بالا،  $63/49$  کیلو متر مربع در معرض خطر بالا،  $137/93$  کیلو متر مربع در پهنه با خطر متوسط،  $114/06$  کیلو متر مربع با خطر کم و  $20/50$  کیلو متر مربع در پهنه با خطر بسیار کم قرار دارد. پهنه های با خطر بالای سیل مربوط به نواحی دریاچهها می باشد (شکل ۴ و ۵).



شکل ۴ و ۵: نقشه پهنه بندی خطر سیل در محدوده شهر ایذه به روش (TOPSIS و WLC)

تجزیه و تحلیل نقشه های پهنه بندی مخاطره سیل نشان می دهد که در روش TOPSIS پهنه های بیش تری از منطقه در معرض خطر سیلاب ( $32/95$  درصد) بالا و بسیار بالا قرار دارد در حالی که در مدل WLC پهنه در معرض خطر بالا و بسیار بالای سیل در حدود  $21/68$  درصد است (جدول ۶).

جدول ۶- پهنه‌های در معرض خطر سیل

مدل خطی وزین (WLC)				مدل راه حل ایده آل (TOPSIS)			
درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	طبقات خطر	نام مخاطره	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	طبقات خطر	نام مخاطره
۵/۸۹	۲۰/۵۰	خطر خیلی کم	زیل	۳/۰۹	۱۰/۷۶	خطر خیلی کم	زیل
۳۲/۷۶	۱۱۴/۰۶	خطر کم		۲۸/۷۱	۹۹/۹۶	خطر کم	
۳۹/۶۲	۱۳۷/۹۳	خطر متوسط		۳۵/۲۳	۱۲۲/۶۷	خطر متوسط	
۱۸/۲۳	۶۳/۴۹	خطر بالا		۱۹/۴۸	۶۷/۸۳	خطر بالا	
۳/۴۸	۱۲/۱۴	خطر خیلی بالا		۱۳/۴۷	۴۶/۹۰	خطر خیلی بالا	

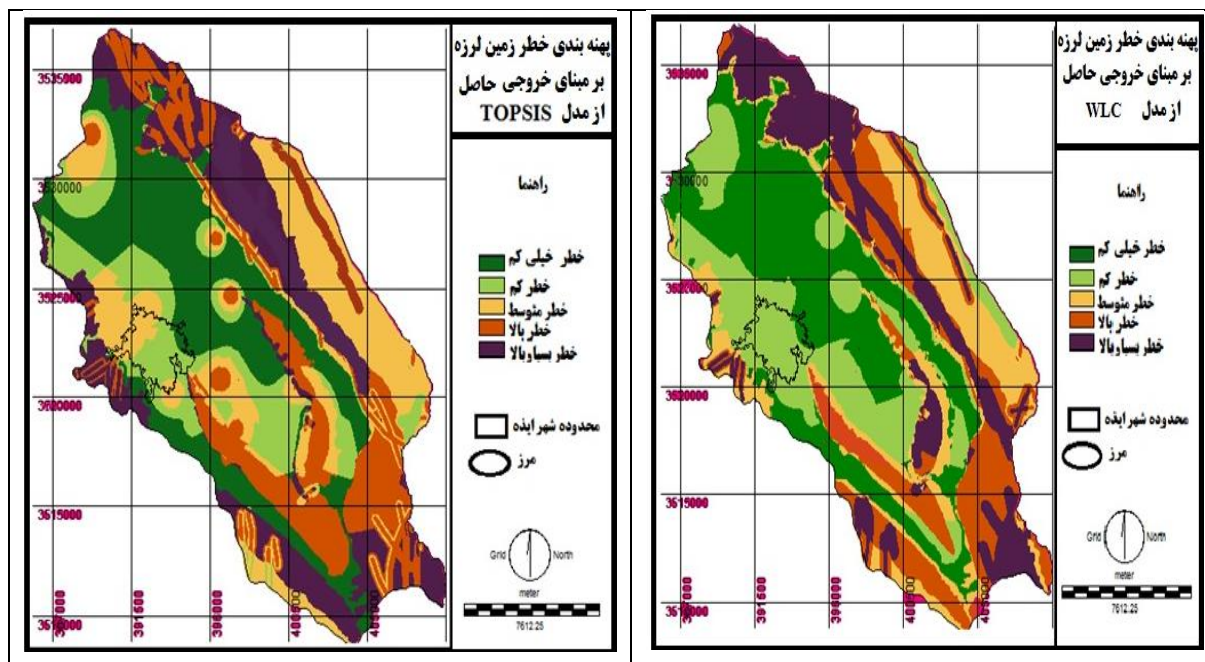
- پهنه‌بندی خطرزمین لرزه

وجود چندین گسل فعال طولانی در منطقه دال بر این است که قسمت‌های زیادی از این منطقه در معرض خطر زمین لرزه می‌باشند. از میان فاکتورهای به کار برده شده در جهت پهنه‌بندی خطر زمین لرزه عامل طول گسل بیشترین اهمیت را دارا می‌باشد. زیرا زلزله‌های شدیداً در طول گسل‌های سراسری بزرگ رخ می‌دهند. سازندهای منطقه به لحاظ مقاومت در برابر زمین لرزه به دو صورت عمل می‌کنند. سازندهای شیلی گورپی، پابده و کژدمی، حالت پلاستیکی دارند و در هنگام زمین لرزه به عنوان یک عامل کاهنده در سرعت و قدرت زمین لرزه عمل می‌کنند. ولی سازندهای آهکی فهلیان، ایلام سروک و آسماری با توجه به جنس سخت خود حالتی شکننده در هنگام وارد آمدن فشار دارند که در هنگام وقوع زمین لرزه می‌توانند ریزش نمایند. بنابراین مناطقی که بر روی این سازنده قرار دارند در هنگام زمین لرزه در معرض خطر بیشتری قرار دارند. هرچند بالا بردن میزان توان ارتجاعی سازه‌ها، مقاومت مصالح برای پایداری ساخت و سازه‌ها و طراحی منظر زیبا در شهر سازی بسیار ضروری است، اما کافی نیست (Zhao, 2010). نقشه زمین لرزه خروجی حاصل از مدل TOPSIS پهنه‌های مخاطره‌آمیزی تری را نسبت به مدل WLC نشان می‌دهد. در (شکل ۶) عمده‌ترین پراکندگی آن در نواحی شمال و غرب منطقه می‌باشد. شاید اصلی‌ترین عامل در این پراکندگی به دلیل وجود گسل‌های امتداد لغز در تاقدیس پیون در شمال منطقه و وجود چند گسل در آهک آسماری در غرب منطقه است که همراهی این دو عامل و جود گسل بزرگ و سازند سخت آهکی، سبب شده که این پهنه‌ها به عنوان خطرناک‌ترین مناطق شناخته شوند. بر طبق یافته‌های حاصل از نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لرزه به روش TOPSIS، ۲۸/۸۱ درصد در معرض خطر بالا و بسیار بالا و بیش از نیمی از منطقه (۵۶/۰۸ درصد) در معرض خطر کم تا بسیار کم زمین لرزه قرار دارد. در حالی که در مدل WLC در حدود ۳۷/۹۵ درصد از منطقه در معرض خطر بالا تا بسیار بالای زمین لرزه قرار دارد (جدول ۷). که بیش‌تر شامل نواحی شمالی و جنوبی شرقی و غرب حوضه است. از مقایسه نقشه‌های خروجی حاصل از این مدل‌های می‌توان به این نتیجه دست یافت که نواحی شمالی، جنوب شرقی

و غرب محدوده مورد مطالعه مناطق با خطر بالا در مواجهه با خطر زمین لرزه هستند که عمده‌ترین دلایل آن وجود گسل‌های با طول بیش از ۱۰ کیلومتر، گسل‌های امتداد لغز در تاقدیس پیون در شمال منطقه و وجود چند گسل در ارتفاعات آهکی در غرب منطقه، وجود راندگی‌های گسلی در مناطق جنوب شرقی حوضه و سازندهای شکننده آهکی است.

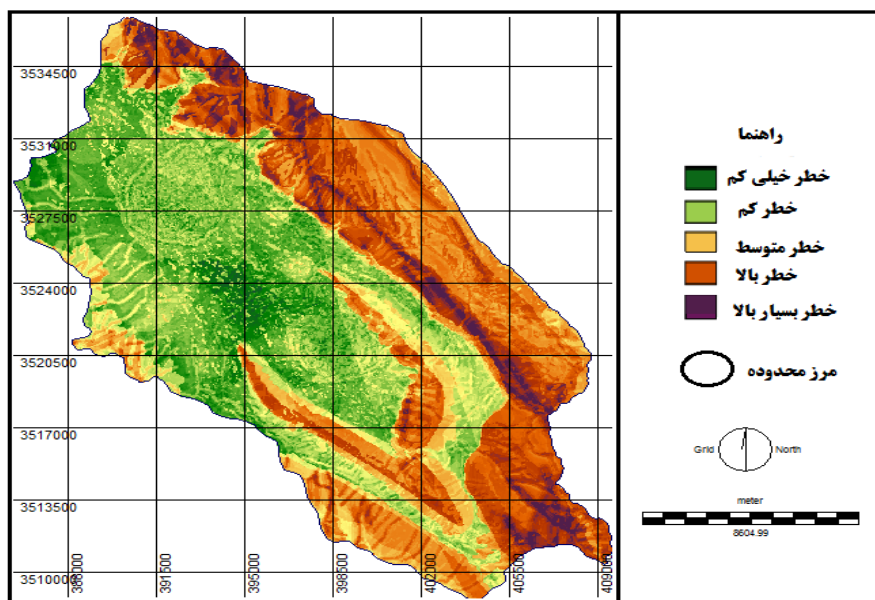
جدول ۷- پهنه‌های در معرض خطر زمین لرزه

مدل خطی وزین (WLC)				مدل راه حل ایده آل (TOPSIS)			
درصد	مساحت (کیلومترمربع)	طبقات خطر	نام مخاطره	درصد	مساحت (کیلومترمربع)	طبقات خطر	نام مخاطره
۳۴/۸۸	۱۲۱/۴۳	خطر خیلی کم	زمین لرزه	۳۹/۰۸	۱۳۶/۰۵	خطر خیلی کم	زمین لرزه
۸/۸۲	۳۰/۷۰	خطر کم		۱۷/۷۲	۶۱/۶۹	خطر کم	
۱۸/۲۹	۶۳/۶۷	خطر متوسط		۱۴/۳۸	۵۰/۰۶	خطر متوسط	
۲۱/۳۷	۷۴/۴۰	خطر بالا		۲۱/۵۸	۷۵/۱۴	خطر بالا	
۱۶/۵۸	۵۷/۷۳	خطر خیلی بالا		۷/۲۳	۲۵/۱۹	خطر خیلی بالا	



شکل ۶ و ۷: نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لرزه در محدوده شهر ایذه به روش (WLC و TOPSIS)

پس از به دست آوردن نقشه‌های هریک از مخاطرات مذکور به صورت انفرادی آن‌ها را با هم تلفیق نموده تا نقشه نهایی پهنه‌بندی مخاطرات در محدوده مورد مطالعه به دست آید.



شکل ۸: نقشه نهایی پهنه‌بندی مخاطرات هیدروژئومورفولوژیکی در محدوده حوضه شهری ایذه

برطبق نقشه نهایی به دست آمده (شکل ۸) مناطق شرق، جنوب شرق و شمال شرق حوضه و بخشی از نواحی جنوب غربی دارای بیشترین پتانسیل خطر هستند. مهم‌ترین دلایل پرخطر بودن نواحی شرقی نسبت به نواحی غربی این است که عمدتاً این مناطق دارای شیب‌های تندتر، گسل‌های فراوان و طولانی‌تر، ارتفاع بیش‌تر، میزان بارندگی بیش‌تر، تنوع بیش‌تر در سازندهای زمین شناسی و گسترش بیش‌تر شبکه‌های آبراه‌ای می‌باشد که در مجموع در کنار ریز فاکتورهای دیگر سبب شده که این پهنه‌ها دارای پتانسیل خطر بیش‌تری باشند.

### نتیجه‌گیری

محدوده‌ی شهر ایذه به لحاظ مخاطرات طبیعی، یک محدوده مخاطره آمیز می‌باشد. در این تحقیق به بررسی و تحلیل سه مخاطره ژئومورفولوژیکی مهم منطقه؛ زمین لغزش، سیل و زمین لرزه با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاری فازی پرداختیم. در بین عوامل مؤثر در زمین لغزش‌های منطقه عوامل ارتفاع و سازندهای زمین شناسی به عنوان مهم‌ترین فاکتور در ایجاد لغزش‌ها شناخته شد. مهم‌ترین عامل سیل خیزی بارش‌های رگباری و شدید در این منطقه و نبود زهکشی مناسب منطقه به لحاظ هدایت رواناب‌ها می‌باشد. در بررسی لرزه‌خیزی منطقه مهم‌ترین عامل در لرزه خیزی گسل‌های فعال و طولانی می‌باشد که احتمال رخداد زمین لرزه‌ها با مقیاس بزرگ برای آن بیش‌تر قابل پیش‌بینی است. با توجه به نتایج حاصله از مدل‌های چند معیاره، مخاطرات ناشی از عامل زمین لغزش، سیل و زمین لرزه با مدل

TOPSIS به ترتیب ۳۵ درصد، ۳۳ درصد، ۲۹ درصد، با مدل WLC، ۲۲ درصد، ۲۱ درصد، ۳۸ درصد از منطقه مورد تحقیق را در بر می گیرند. هم چنان که در نقشه پهنه بندی مشخص شده، این سطوح به عنوان مناطق با خطر بالا و بسیار بالا شناخته شدند. نتایج مقایسه‌ی مدل‌ها نشان داد که مدل WLC در زمینه پهنه بندی زمین لغزش و سیلاب نسبت به مدل TOPSIS پهنه‌هایی را نشان می دهد که به واقعیت زمینی نزدیک تر است. به علاوه مدل TOPSIS مناسب ترین مدل در ارتباط با پهنه بندی خطر زمین لرزه می باشند. در نقشه نهایی به دست آمده از تلفیق دو مدل می توان گفت که گسترش شهر ایزده به سمت نواحی شرقی و جنوبی شرقی و شمالی شرقی با تنگنا مواجه می باشد. لذا در گسترش آتی شهر نواحی مرکزی مکان بهینه می باشد.

## References

- Abedini, M., Ghasemiyan, B., (2014), "Landslide hazard zonation in Bijar city by analytical hierarchy process (AHP)", *Journal of Geography and Planning*, 52: 205-228. [In Persian].
- Abedini, M., (2016), "*Tectonic geomorphology*", Compilation, Volume II, Ardebil: University of Mohaghegh Ardebili press. [In Persian].
- Abedini, M., (2017), "*Fundamental of land subsidence*", Ardebili: University of Mohaghegh Ardebili press. 230 page. [In Persian].
- Camarasa-Belmonte, A. M., Soriano-García, J., (2012), "Flood risk assessment and mapping in peri-urban Mediterranean environments using hydro-geomorphology", Application to ephemeral streams in the Valencia region (eastern Spain), *Landscape and Urban Planning*, 104 (2): 189-200.
- Ettinger, S., Mounaud, L., Magill, C., Yao-Lafourcade, A. F., Thouret, J. C., Manville, V., Uchuchoque, J. A. L., (2015), "Building vulnerability to hydro-geomorphic hazards: Estimating damage probability from qualitative vulnerability assessment using logistic regression", *Journal of Hydrology*, 541: 563-581.
- Fotouhi, S., Kiani, S., (2014), "Micro-zoning of city flood risk using a hierarchical analysis process model (Case study: Nahavand city)", *Environmental Journal*, 29: 133-152.
- Gholami A., (2011), "Application of MCDM techniques in designing and prioritizing appropriate options for recycling and landfill of urban wastes", MS, thesis, faculty of Humanities, Mohaghegh Ardebili University. [In Persian].
- Gyumin. L., Kyung Soo, J., Eun Sung, Ch., (2014), "Robust spatial flood vulnerability assessment for Han River using fuzzy TOPSIS with  $\alpha$ -cut level set", *Expert Systems with Applications*, 41 (2, 1): 644-654.
- Geological organization of Iran, (2008), Geological Map of Dehdez zone, 1: 100000. [In Persian].
- Jalalian, H., Dadgar, H., (2015), "The zoning of vulnerability of rural settlements against earthquake with AHP model in GIS environment, case study of Chorzag district of Tarom city", *Journal of Geography and Environmental planning*, 59: 29-42. [In Persian].
- Khuzestan Province Natural Resources Administration, (2014), Green cover and land use Map of 1: 50000 Izeh City. [In Persian].
- Khuzestan Water and Power resource Organization (2011), "Rainfall data" Izeh City.
- Kuswandari, R., (2004), "*Assessment of different methods for measuring the sustainability of forest Management*", International Instituting for Geo Information science and Earth observation, Enscheda: Netherlands.
- Karam, A., (2004), "User of the linear composition model (WLC) in the zoning of landslide potential (case study of Sarkhon area in Chaharmahal Bakhtiari)", *Geography and Development*, 20: 120-137. [In Persian].
- Malchovsky, J., (1999), "*Geographic information system and multi-criteria decision analysis*", Translated by: Peshizgar, A., Ghafari G., (1390), university of Tehran press. [In Persian].
- Maleki, A., Azizi, B., (2013), "Natural disadvantages of physical development of Paveh City with Emphasize on the Complications of Geomorphology", *Quarterly Journal Of environmental based territorial planning*, 27: 37-54. [In Persian].
- Mont, B. E. (2011), An evolving tradition in applied geography, *Journal of environmental hazard, applied geography*, (31): 1-8.

- Mousavi, M., (2013), "Spatial analysis of geomorphologic hazards in the physical development of the watershed of Izeh city using multi-criteria models (MCDM)", Master's thesis, Ardebil, Faculty of Humanities, Mohaghegh Ardebil University. [In Persian].
- Mousavi, M., Abedini, M., Esmaili, A., (2015), "Evaluation of the earthquake hazard in the Izeh urban area using multi-criteria WLC and AHP models in the GIS environment", *Crisis Management*, 4: 91-101. [In Persian].
- Mousavi, M., Abedini, M., Abbasi, H., Mousavi, S., (2013), "*Application of GIS in the zoning of environmental hazards in cities*", Second conference on environmental protection and planning, August 2013. [In Persian].
- Mousavi, M., Abedini, M., (2013), "*Landslide hazard zonation in the watershed of Izeh city using WLC*", *Second international environmental conference*, Tehran, 7-8 November 2013.
- Mousavi, M., Abedini, M., Esmaili Uri, A., (2013), "*Analysis and zoning of flood risk in Izeh watershed basin using empirical and hierarchical models*", Second International Conference on Environmental Risks, Tehran, 7-8 November 2013.
- Nastaran M., Abolhasani F., Izadi, M., (2010), "The application of TOPSIS technique in analyzing and prioritizing sustainable development of urban areas (Case study: Urban areas, Isfahan)", *Journal of Geography and Environmental Planning*, 21: 108-90. [In Persian].
- Rajai, A. H., (1994), "*Application of geomorphology in land management and environmental management*", Gomas press. [In Persian].
- Ronald Eastman, J., (2003), "IDRISI Kilimanjaro guide to GIS and image processing", Clark Lab, Clark University in Worcester city of USA.
- Roostaei, Sh., Jabbari A., (2006), "*Geomorphology of urban areas*", Tehran, Samt. [In Persian].
- Sarvati, M. R., Khezri, S., (2009), "Review of the physical problems' of physical development in Sanandaj", *Physical Geography Research*, 67: 12-25 of African Earth Sciences, 112: 353-357. [In Persian].
- Sharifi Kia, M., Motamedi, M., Siavash, Sh., (2010), "Spatial analysis of geomorphological hazards Caused by the Physical Development of Mahanshan Town", *Applied Geosciences Research*, 16: 105-126. [In Persian].
- Torab, M., Dalal, N., (2015), "Natural hazards mapping of mega sea waves on the NW coast of Egypt". *Journal of African Earth Sciences*, 112: 353-357.
- www.iiees.ac.ir
- Zhao, P., (2010), "Sustainable urban expansion and transportation in growing megacity: Consequences of urban sprawl for mobility on the urban fringe of Beijing", *Habitat International*, 34 (2): 34-48.
- Ziaian, P., Soleimani Moghadam, H., Barzegar, P., (2011), "Determination of the optimal expansion of Mashhad city using multi-factor RS, GIS," *Geography*, 30: 110-90. [In Persian].