

بررسی و اولویت‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی استان خوزستان در برابر مخاطرات طبیعی

حجت‌اله صادقی* - عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایذه، ایران
یعقوب سیف - کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
اسکندر صیدایی - دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
مریم صالحی کاخکی - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی کارآفرینی فضای روستایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، ایران

پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۱۱

وصول: ۱۳۹۴/۶/۱

چکیده

مخاطرات محیطی همواره تهدیدی برای سکونتگاه‌های انسانی است. این تأثیرات در فضاهای روستایی و در مناطق مختلف کشور با توجه به نوع مخاطرات متفاوت است. سکونتگاه‌های روستایی با توجه به خصوصیات گوناگون نظیر موقعیت جغرافیایی روستاها، ساختار کالبدی - فضایی، نوع مخاطره‌پذیری، بیشترین بحران‌ها را در زمان بروز مخاطرات تجربه خواهند نمود. شناسایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی با در نظر گرفتن متغیرها و عوامل مؤثر از روش‌های پیشگیری، کاهش خسارات و مدیریت مخاطرات به شمار می‌رود. هدف پژوهش حاضر، اولویت‌بندی روستاهای استان خوزستان از منظر آسیب‌پذیری محیطی بر اساس متغیرهایی نظیر فاصله از حریم گسل‌های فعال زمین‌شناسی، مشخصات خاک، مشخصات سازندهای زمین‌شناسی، فاصله از دشت‌های سیلابی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده، فاصله از وقوع نقطه‌ای زمین‌لغزش و میزان شیب زمین با استفاده از منطق فازی در راستای توسعه پایدار، پیشگیری بحران و کاهش خسارات است. روش پژوهش بر مبنای ماهیت توصیفی - تحلیلی و بر اساس هدف کاربردی و قابل استفاده در منطقه مورد مطالعه است. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس منطق فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) طراحی و پیاده‌سازی شد. نتایج پژوهش نشان داد که استان خوزستان به پژوهش‌های بسیاری در زمینه اولویت‌بندی آسیب‌پذیری نیازمند است؛ از بررسی ۱۹۸۹ نقطه روستایی بر اساس سناریوهای مختلف از جمله سناریوی نسبتاً بدبینانه ۷۴۶ نقطه روستایی، سناریوی نسبتاً خوش‌بینانه ۳ نقطه روستایی، سناریوی متعادل یا تابع ترکیب خطی وزن‌دار حدود ۹۸ نقطه روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۵/۰ هستند. همچنین بر اساس سناریوی بدبینانه، تمامی سکونتگاه‌های روستایی منطقه دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۷۵/۰ و بر اساس سناریوی خوش‌بینانه، تمامی سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی صفر هستند.

واژگان کلیدی: اولویت‌بندی، آسیب‌پذیری محیطی، سکونتگاه‌های روستایی، منطق فازی، استان خوزستان.

مقدمه

سکونتگاه‌های روستایی تحت عنوان نظام به هم پیوسته، متشکل از اجزا و عناصری مرتبط با یکدیگر که از کنش متقابل نیروها و عوامل محیطی شکل گرفته است، دارای ساختار و کارکردهای معینی هستند که در تمامی ابعاد کالبدی - فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و... به توجه نیاز دارند. برخی از برنامه‌ریزی‌ها در راستای سکونتگاه‌های روستایی به پیش‌بینی و شناخت اولیه مسائل بستگی دارد. از جمله مسائل مهم در زمینه توسعه سکونتگاه‌های روستایی که برنامه‌ریزی و پیش‌بینی دقیق‌تر را می‌طلبد، مدیریت پایدار مخاطرات و بحران‌های محیطی است؛ فرایند توسعه عمرانی و مدرنیزه شدن جوامع با بحران‌های محیطی آنها رابطه‌ای مستقیم دارد؛ چراکه بحران به عنوان عامل اصلی تهدیدکننده برنامه‌های توسعه عمرانی کشورها، همواره تأثیر بازدارنده‌ای بر روند توسعه پایدار کشورها داشته و بخشی از منابع و امکانات کشورها را از مسیر تخصیص به برنامه‌های توسعه بازمی‌دارد (لويس^۱، ۲۰۰۳).

بر اساس شواهد، بیشتر کشورهای در حال توسعه به‌ویژه در سکونتگاه‌های روستایی، دارای ساختارهای فیزیکی با ریسک خیلی بالا هستند که عمدتاً در برابر مخاطرات، آسیب‌پذیر هستند (بلیکی^۲ و همکاران، ۲۰۰۵: ۹). اثرات ناشی از مخاطرات به طور مستقیم با سکونتگاه‌های برنامه‌ریزی نشده ارتباط دارد که در کنار مواردی نظیر عدم رعایت اصول مکان‌یابی صحیح، توسعه سکونتگاه‌ها در حوالی حریم گسل و سیلاب در موقع بروز حادثه طبیعی منجر به بروز تلفات جانی و خسارت مالی گسترده خواهد شد. امروزه سکونتگاه‌های روستایی به دلیل نارسایی زیرساخت‌های ضروری، از سطح آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطرات برخوردارند (یانگ^۳، ۲۰۰۷). بر این اساس، پیش‌بینی و آینده‌نگری همواره مورد توجه پژوهشگرانی که به پژوهش و تولید ابزارهایی برای استفاده از آنها در آینده می‌پردازند، بوده است (گرچی و ابوطالبی، ۱۳۸۸). این موضوع، در توسعه سکونتگاه‌های روستایی و کاهش میزان ریسک در مقابله با بحران‌های محیطی بسیار مؤثر است. لذا یکی از ابعاد در زمینه پایداری سکونتگاه‌های روستایی، شناخت آنان از جنبه مخاطرات طبیعی است. مخاطرات شامل مواردی نظیر زلزله، زمین‌لغزش و سیلاب است که بایستی در مکان‌یابی هر مرکز انسانی همواره مورد توجه قرار گیرد. این توجه، در واقع نشانگر آینده‌نگری و پیشگیری و به عبارت دیگر، کاهش خسارات در نتیجه عوامل محیطی است که مدیریت پایدار توسعه می‌تواند چنین موضوعی را اتخاذ و پیاده‌سازی نماید. در کشور ایران، این موضوع با توجه به وجود زیرساخت‌های ضعیف در ابعاد فیزیکی، اقتصادی، اطلاعاتی و... همواره مدیریت بحران در هنگام مخاطرات طبیعی با مسائل خاص مدیریتی قبل و بعد از وقوع حادثه روبه‌رو است. این موضوع، در سکونتگاه‌های روستایی با توجه به امکانات و نبود زیرساخت‌های استاندارد نسبت به مراکز شهری نمود بیشتری دارد.

با توجه به اهمیت مسائل زیرساختی توسعه سکونتگاه‌های انسانی در راستای استانداردسازی و پایدار نمودن این مکان‌ها در کشور، بایستی آسیب‌شناسی لازم در زمینه مخاطرات طبیعی انجام شود. در واقع، قبل از اتخاذ و انتخاب یک مکان جهت اسکان سکونتگاه جدید، بایستی میزان ریسک‌پذیری آن از این جنبه روشن شود. مخاطرات، بسیاری از سکونتگاه‌های روستایی را تهدید می‌نماید که می‌توان با دیدگاه یکپارچه و همسنگر،

1- Lewis

2- Blaikie

3- young

تمامی آنها را به صورت تلفیقی در نظر گرفت و مکان‌های روستایی را با توجه به خطرپذیریشان، تفکیک و اولویت‌بندی نمود. بر این اساس، با توجه به مسائل توسعه روستایی و همچنین ضرورت توجه به مسائل محیطی در قرن حاضر، این پژوهش و انجام آن در مناطق مختلف در راستای برنامه‌ریزی و جلوگیری از پیامدهای منفی بسیار مهم و مؤثر است. در واقع، چرایی اصلی پژوهش به این نکته مربوط می‌شود که بین توسعه سکونتگاه‌ها و مسائل محیطی به‌ویژه مدیریت مخاطرات، امروزه یک رابطه مستقیم وجود دارد و از آنجا که منطقه خوزستان دارای خصوصیات جغرافیایی و محیطی خاصی است، اهمیت این مطلب دوچندان می‌شود. لذا این منطقه با توجه به عوامل و مخاطرات مختلف محیطی و همچنین وضعیت توپوگرافی و سکونتگاهی آن، برای انجام این پژوهش انتخاب گردید. با توجه به آنچه ذکر شد، هدف پژوهش حاضر، بررسی و اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی استان خوزستان با استفاده از منطق فازی در محیط GIS است. از آنجا که بسیاری از داده‌های مربوط به زلزله و عوامل مربوط به آن، خصوصیات مکانی دارند، GIS به عنوان ابزار مناسب جهت اولویت‌بندی ریسک زلزله^۱ می‌تواند جهت ساماندهی و تحلیل یکپارچه اطلاعات و کمک به تصمیم‌گیری‌های مناسب در زمینه مدیریت بحران^۲ گام بردارد. همچنین، GIS قابلیت و توانمندی بالایی در تحلیل و پردازش، مدیریت، ذخیره‌سازی و نگهداری اطلاعات مکانی دارد و با به‌کارگیری این اطلاعات، قادر به ایجاد پایگاه داده مکانی^۳ یکپارچه از داده‌های توصیفی و مکانی^۴ است (سیف، ۱۳۹۳: ۳۱).

با بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه موضوع مورد بحث، می‌تواند چارچوب بهتر پژوهش حاضر را مشخص نماید. برای نمونه، پهنه‌بندی ریسک نسبی زلزله در استان فارس نشان داد که منطقه فارس به عنوان بخش چین‌خورده زاگرس، در پنج پهنه با خطر نسبی متفاوت شامل پهنه با خطر نسبی بسیار بالا، بالا، نسبتاً بالا، متوسط و نسبتاً کم تقسیم‌بندی می‌شود (ایمانی و هاتف، ۱۳۸۲)؛ همچنین، مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژی در محدوده سکونتگاه‌های روستایی توسط رجبی و بیاتی (۱۳۸۴) مورد بررسی قرار گرفته است؛ که آنها مواردی از خطرات در تعدادی از روستاها را به طور تفصیلی بررسی و ویژگی‌های عوامل مورفوزن منفی و مثبت مربوط به روستاهای منطقه را به تفکیک ارائه دادند. افزون بر این، هر بخش از روستاها بر اساس عوامل در نظر گرفته شده، وضعیت متفاوتی از نظر خطرپذیری داشت. در پژوهشی دیگر مختاری (۱۳۸۴) آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی واقع در مسیر یا مجاورت گسل شمالی میشو و شاخه‌های فرعی آن را بررسی نمود و نتایج نشان داد که مهم‌ترین خطر تهدیدکننده این روستاها، خطر فعالیت‌های احتمالی گسل و لرزش‌های حاصل از آن است. عوامل دیگری مانند شیب زیاد و خطر سیالی شدن مواد سازنده نشستگاه روستاها و بالاخره ناپایداری دامنه‌های مشرف به روستاها و خطر حرکات توده‌ای، آسیب‌پذیری این روستاها را تشدید می‌کند. رکن‌الدین افتخاری و همکاران (۱۳۸۸) نیز ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض ریسک سیلاب در GIS را کار کرده‌اند. آنها در پژوهش خود، علاوه بر مشخص کردن پهنه‌های مختلف از منظر خطر سیلاب، کاربرد مدل مورد استفاده را نیز در برنامه‌ریزی روستایی پیشنهاد کردند. حسن‌زاده و همکاران

1- Earthquake Risk

2- Crisis Management

3- Spatial Database

4- Attribute and Spatial Datas

(۱۳۹۰) تحلیل ریسک لرزه‌ای شهر کرمان با تأکید بر کاربرد GIS در ریز پهنه‌بندی مقدماتی درجه دو را انجام داده‌اند. در این پژوهش، میزان ریسک نواحی مختلف، مشخص و در نهایت میزان تشدید جنبش زمین در شهر کرمان و مناطق اطراف آن تعیین شد. آسیب‌پذیری عناصر کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در مناطق زلزله‌خیز قاینات و زیرکوه نیز توسط فال سلیمان و همکاران (۱۳۹۱) بررسی شد. آنها در نتایج کار خود مناطق مورد بررسی را از لحاظ پهنه‌های ریسک‌پذیری زلزله از وضعیت ضعیف مخاطره‌پذیری زلزله تا مخاطره‌پذیری زیاد مشخص کردند و روستاهای منطقه با توجه به موقعیت جغرافیایی در هرکدام از پهنه‌ها، میزان آسیب‌پذیری آنها تعیین شد. لیانگ و موهانتی^۱ (۱۹۹۸) نیز در منطقه ماهانداری اوراسیای هندوستان، با استفاده از GIS، اقدام به پهنه‌بندی مخاطرات با تأکید بر سیل نمودند. همچنین مونیرول و سادو^۲ (۲۰۰۰) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و کاربرد GIS ریسک سیل و مخاطرات را در کشور بنگلادش بررسی نمودند. کامک^۳ (۲۰۰۶) نیز با استفاده از آمار چند متغیره، مناطق مستعد زمین‌لغزش را شناسایی کرد. ویو و چن (۲۰۰۹) مناطق مستعد زمین‌لغزش را با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^۴ و با توجه به مناطقی که پیش‌تر زمین‌لغزش در آنها روی داده است، تعیین کردند. هرکدام از محققان به یک نوع مخاطره اشاره نموده و در نهایت نیز نتیجه خود را ارائه نموده‌اند. لذا از مجموعه این مخاطرات که در این مطالعات مورد تأکید بوده است، می‌توان جهت پارامترهای مورد بررسی در تحقیق حاضر استفاده نمود.

در تحقیقات ارائه‌شده، هر محقق یک جنبه از مخاطرات را مورد تأکید قرار داده و با یک روش خاص این موضوع را بررسی نموده است؛ به عبارت دیگر، هرکدام از مطالعات فقط یک بخش از مخاطرات را در راستای سکونتگاه‌های انسانی بررسی نموده و به طور یکپارچه و مجموعه‌ای از عوامل کمتر به این موضوع توجه شده است. در تحقیق حاضر سعی می‌شود که این عنصر نظام‌مند و تأثیرگذاری مجموعه‌ای از عوامل در بحث مخاطرات (سیل، زلزله، زمین‌لغزش، گسل و...) مورد لحاظ قرار گیرد و خلأ موجود در این زمینه را مرتفع سازد. در واقع این تحقیق، مجموعه‌ای عوامل را در نظر گرفته و متکی بر یک عامل نیست. افزون بر این، در زمینه منطقه مطالعه‌شده نیز کمتر به این موضوع تأکید شده است که این خود می‌تواند یک نوع خلأ مطالعاتی حداقل در سطح منطقه باشد.

با توجه به مطالب بیان‌شده، در پژوهش حاضر، جهت اولویت‌بندی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مربوط به آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در محیط GIS، از توابع مبتنی بر منطق فازی در مقابل بولین^۵ استفاده می‌شود که این مدل‌ها به طور وسیع در ارزیابی تصمیم‌گیری چند معیاره^۶ مورد استفاده قرار می‌گیرند. تصمیم‌گیری مکانی مهم و پیچیده، نظیر یافتن مناطق آسیب‌پذیر به اطلاعات و ابزارهایی مهم و هدفمند و همچنین به ساز و کارهایی جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مورد پذیرش تصمیم‌گیرندگان نیازمند است. رندال^۷ (۲۰۱۰) ارزیابی تصمیم‌گیری چند معیاره را این‌گونه تعریف می‌کند که عبارت است از مجموعه روش‌های پیشنهادی برای تفسیر متغیرهای اصلی جهت کمک به اشخاص یا گروه‌های تصمیم‌گیر.

1- Liang & Mohanty

2- Monirul & Sado

3- Komac

4- Analytic Hierarchy Process

5- Boolean Function

6- Multi Criteria Decision Evaluation

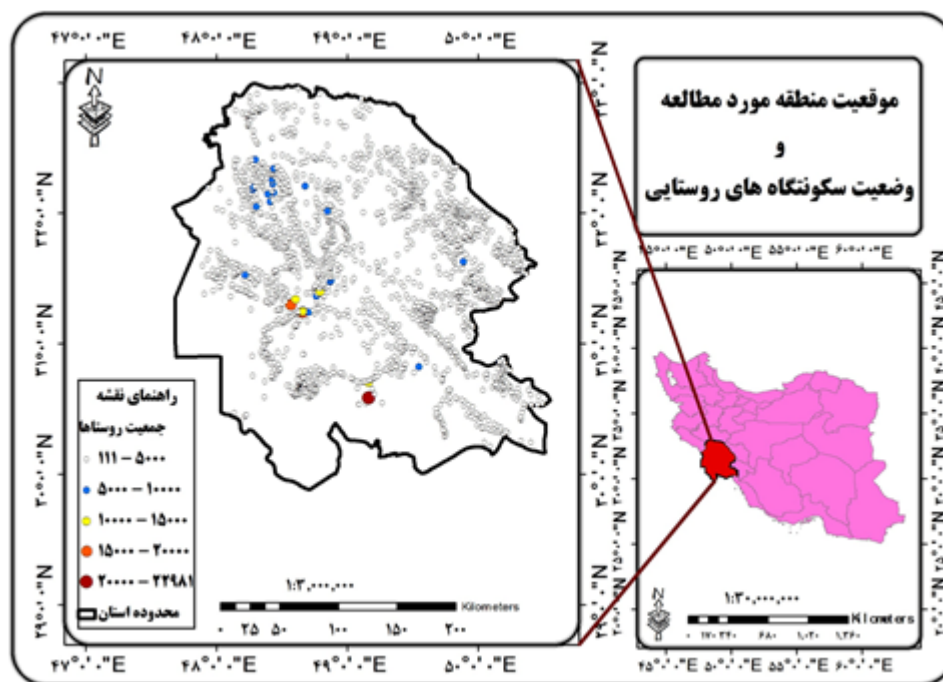
7- Randal

مقایسه تطبیقی این پژوهش‌ها با پژوهش‌های قبلی به طور کلی، در دیدگاه و همچنین جامعه‌نگری موضوع، مورد بحث است. در اکثر تحقیقات به صورت سیستماتیک بر پدیده مخاطرات توجه نشده است؛ به عبارت دیگر، میزان خطرپذیری هر مکان بر اساس یک عامل (به عنوان نمونه میزان خطر زلزله) به صورت مجزا بررسی شده است، در حالی که در این پژوهش، وضعیت خطرپذیری هر مکان به صورت ترکیبی از عوامل (زلزله، سیل، زمین‌لغزش و...) بررسی شده است. اگر در تحقیقات قبلی تنها به یک مخاطره تأکید شده است دلیلی بر این نیست که دیگر مخاطرات اهمیتی نداشته‌اند، بلکه آن مخاطره در اولویت بوده است. در منطقه مورد مطالعه، در این تحقیق، تمامی مخاطرات در این پژوهش به صورت مساوی فرض شده است و خطرپذیری هر مکان بر اساس ترکیبی از عوامل و در واقع به صورت سیستماتیک (چراکه هر مخاطره بر مخاطرات دیگر نیز تأثیر دارد) مورد تأکید بوده است. لذا علاوه بر اینکه به صورت سیستمی و ترکیبی از مجموعه عوامل تأثیرگذار در شناسایی وضعیت خطرپذیری هر مکان، استفاده شد، از توابع فازی در مقابل منطق بولین نیز بهره گرفته شد و استفاده از این روش، (OWA) در وضعیت هر مخاطره و سپس ترکیب آنها از طریق آن، نوعی نوآوری است. در واقع، اولویت‌بندی آسیب‌پذیری با به‌کارگیری سناریوهای خوش‌بینانه، متعادل، بدبینانه، نسبتاً خوش‌بینانه و نسبتاً بدبینانه در این تحقیق انجام گرفت. افزون بر این، خود منطقه مورد مطالعه نیز از نظر مطالعاتی تا کنون به روش کنونی و بر اساس عوامل مخاطراتی ذکرشده، مورد مطالعه قرار نگرفته است که این موضوع نیز می‌تواند از ضرورت‌ها و مقاصد اصلی این بررسی باشد.

مخاطرات بسیاری روستاهای استان خوزستان را تهدید می‌نماید که میزان آن در تمامی پهنه‌های استان متفاوت است. سکونتگاه‌های روستایی این منطقه با مخاطراتی نظیر زلزله‌خیزی با توجه به قرارگیری در پهنه‌های زون زاگرس و دشت خوزستان، ریسک سیلاب با توجه به دشتی و کوهستانی بودن منطقه و میزان بارندگی در برخی قسمت‌ها، زمین‌لغزش به‌ویژه در قسمت شمالی، تهدیدات طغیان رود کارون مواجه هستند. وجود این شرایط در منطقه سبب می‌شود که آسیب‌پذیری با توجه به متغیرهای مختلف به صورت ترکیبی و یکپارچه با استفاده از منطق فازی بررسی شود که علاوه بر مشخص نمودن میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی منطقه از منظر مخاطرات طبیعی می‌تواند به مدیریت پایدار محیطی و همچنین انتخاب مکان‌های جدید در راستای توسعه سکونتگاه‌های انسانی مؤثر باشد؛ لذا با توجه به اهمیت آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی منطقه خوزستان که یک بحث کالبدی و اساسی محسوب می‌شود و مسائل و مشکلاتی که امروزه در این منطقه و در ارتباط با بحث‌های محیطی وجود دارد، ضرورت تأکید و بررسی چنین موضوعی مهم است.

معرفی منطقه مورد بررسی

بر اساس اطلاعات سرشماری سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران، استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۵ کیلومترمربع و جمعیت ۴۵۳۰۰۰۰ نفر دارای ۲۷ شهرستان، ۶۷ بخش، ۱۴۴ دهستان، ۷۷ شهر و ۱۹۸۹ روستا بوده و میزان روستانشینی در سطح استان هم حدود ۲۹ درصد است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). همچنین، این استان از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده طول‌های جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه الی ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۳ دقیقه الی ۳۲ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). محدوده مورد مطالعه استان خوزستان و کلیه نقاط روستایی ثبت‌شده بر اساس تقسیمات کشوری است. این نقاط روستایی در واقع کلیه روستاهای موجود در شهرستان‌های استان خوزستان است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و وضعیت سکونتگاه‌های روستایی

مواد و روش‌ها

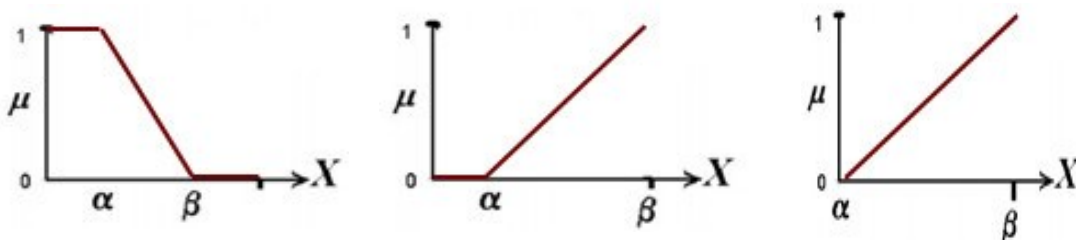
روش پژوهش بر مبنای ماهیت توصیفی - تحلیلی و بر اساس هدف کاربردی و قابل استفاده در منطقه مورد مطالعه است. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس منطق فازی در محیط GIS طراحی و پیاده‌سازی شده است. توضیح اینکه با بررسی ویژگی‌های منطقه مطالعاتی، داده‌های در دسترس، مطالعات پیشین، جهت ارزیابی و اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی از هفت متغیر فاصله از حریم گسل‌های فعال زمین‌شناسی، مشخصات خاک، مشخصات سازندهای زمین‌شناسی بر اساس دوران، فاصله از دشت‌های سیلابی، فاصله از مناطق حفاظت‌شده، فاصله از وقوع نقطه‌ای زمین‌لغزش و میزان شیب زمین استفاده شده است. در واقع، با توجه به پیشینه تحقیقاتی ارائه شده که هر کدام به صورت مجزا یک نوع مخاطره را تأکید نموده‌اند و مکان‌های سکونتگاهی را بر اساس این عوامل بررسی نموده‌اند، از این پارامترها استفاده شد؛ به عبارت دیگر، این هفت متغیر از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در بخش خطرات مکانی هستند که هم در تحقیقات قبلی به آنها تأکید شده و هم اینکه در منطقه مطالعه بیشتر مد نظر هستند. لذا بحث دیدگاه محلی این مخاطرات و موجودیت آنها نیز مورد توجه قرار گرفته است. داده‌های مربوط به گسل‌ها و سازندها از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و داده‌های مربوط به خاک، دشت‌های سیلابی، زمین‌لغزش از سازمان منابع طبیعی و آب‌خیزداری کشور و داده‌های مربوط به مناطق حفاظت‌شده از سازمان حفاظت محیط‌زیست دریافت شده‌اند. همچنین، آماده‌سازی داده‌ها، اعمال هرگونه تحلیل و پردازش بر روی این داده‌ها و تلفیق نقشه‌های نهایی در محیط GIS صورت گرفته است. مراحل انجام پژوهش حاضر به صورت جامع در شکل ۲ در قالب فلوچارت ارائه شده است.

به طور خلاصه، مراحل انجام پژوهش حاضر به این صورت است که ابتدا داده‌های اولیه شناسایی و سپس آماده‌سازی آنها انجام گرفت. در ادامه، نقشه هر یک از پارامترها تهیه گردید. در مرحله بعد، استانداردسازی داده‌های محیطی با به‌کارگیری توابع عضویت فازی صورت گرفت. وزن‌دهی داده‌های استاندارد شده محیطی با

به‌کارگیری روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، مرحله بعدی تحقیق محسوب می‌شود. در ادامه، ارزیابی و اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی با به‌کارگیری سناریوهای خوش‌بینانه، متعادل، بدبینانه، نسبتاً خوش‌بینانه و نسبتاً بدبینانه انجام شد. در پایان نیز، روستاهای منطقه از نظر آسیب‌پذیری بالای محیطی بر اساس هر سناریو در قالب نقشه‌های مختلف ارائه شد.

در پژوهش حاضر، جهت استانداردسازی متغیرهای آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی از چندین تابع عضویت فازی^۱ (۳-۱) استفاده شده است (شکل‌های ۳-۵):

الف. تابع عضویت فازی خطی صعودی ب. تابع عضویت فازی غیرخطی صعودی ج. تابع عضویت فازی غیرخطی نزولی



شکل ۳. تابع عضویت فازی خطی صعودی. شکل ۴. تابع عضویت فازی غیرخطی صعودی شکل. ۵. تابع عضویت فازی غیرخطی نزولی

$$\mu = \frac{(X - \alpha)}{(\beta - \alpha)} \times (X \geq \alpha) + (X < \alpha) \quad \text{رابطه (۳)} \quad \mu = \frac{(X - \alpha)}{(\beta - \alpha)} \times (X \geq \alpha) \quad \text{رابطه (۲)} \quad \mu = \frac{(X - \alpha)}{(\beta - \alpha)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

رابطه ۱. تابع عضویت فازی خطی صعودی؛ رابطه ۲. تابع عضویت فازی غیرخطی صعودی؛ رابطه ۳. تابع عضویت فازی غیرخطی نزولی

روش مورد استفاده در پژوهش، روش میانگین وزنی مرتب‌شده است. این روش، در بطن مفهوم نظریه مجموعه فازی گسترش یافته اما به‌کارگیری توابع مختلف روش مذکور تنها به مجموعه‌های فازی محدود نیست و به عنوان روش مرسوم است که می‌تواند در موقعیت‌های گوناگون و برای انواع مختلف داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد (جسک^۲، ۲۰۰۶: ۷۰۸). از آنجا که هدف پژوهش حاضر، رتبه‌بندی آسیب‌پذیری است. در نتیجه در این پژوهش، تابع AND در عمل نقش خوش‌بینانه و تابع OR نقش بدبینانه را داراست (جدول ۱).

جدول ۱. نمونه‌ای از نحوه محاسبه روش میانگین وزنی مرتب‌شده در حالت سناریوی متعادل یا تابع ترکیب خطی وزن‌دار بر

اساس دوره‌های زمین‌شناسی (جسک، ۲۰۰۶)

j	مقادیر معیارها (a _{ij})	وزن معیارها (W _j)	مقادیر مرتب‌شده معیارها (Z _j)	وزن معیارهای دوباره مرتب‌شده (U _j)	وزن‌های مرتب‌شده (V _j)	U _j × V _j	U _j × V _j × Z _j	$\frac{U_j \times V_j \times Z_j}{\sum_j U_j \times V_j}$
۱	۰/۱	۰/۰۷	۰/۸	۰/۱۳	۰/۲	۰/۰۲۶	۰/۰۲۱	۰/۱۰۴
۲	۰/۰	۰/۲۷	۰/۶	۰/۳۳	۰/۲	۰/۰۶۶	۰/۰۴۰	۰/۱۹۸
۳	۰/۶	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۰	۰/۲	۰/۰۴۰	۰/۰۱۲	۰/۰۶۰
۴	۰/۸	۰/۱۳	۰/۱	۰/۰۷	۰/۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷
۵	۰/۳	۰/۲۰	۰/۰	۰/۲۷	۰/۲	۰/۰۵۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Σ						۰/۲۰۰		۰/۳۶۹

نتایج

مقدار استاندارد شده هر یک از معیارها را که بر اساس محاسبات مختلف به دست آمده است در جدول های ۲ تا ۸ ارائه شده و نشان می دهد که حداکثر و حداقل آسیب پذیری هر معیار چگونه است. افزون بر این، تقسیم بندی هر معیار به طبقات مختلف، در وضعیت مخاطره پذیری و توزیع آن تأثیرگذار است که در این میان، برای نمونه، معیار خاک و سازندهای زمین شناسی از توزیع بیشتری برخوردار هستند و این در ارزیابی شرایط آسیب پذیری محیطی مؤثر است.

جدول ۲. استانداردسازی فاصله از حریم گسل های فعال زمین شناسی

معیار	میزان فاصله	مقدار استاندارد شده
فاصله از حریم گسل های فعال زمین شناسی	کمتر از ۵ کیلومتر	یک (حداکثر آسیب پذیری)
	بین ۵ الی ۱۰ کیلومتر	بین یک الی صفر
	بیش از ۱۰ کیلومتر	صفر (حداقل آسیب پذیری)

جدول ۳. استانداردسازی انواع خاک بر اساس مشخصات بافت و دانه بندی

معیار	میزان فاصله	مقدار استاندارد شده
انواع خاک بر اساس مشخصات بافت و دانه بندی	خاک های اریدیسول	صفر (حداقل آسیب پذیری)
	خاک های اینسپتیسول	۰/۲
	خاک های انتیسول و اینسپتیسول	۰/۴
	خاک های شنی، خاک مرطوب	۰/۶
	خاک های انتیسول، صخره ای و باتلاقی	۰/۸
	زمین های بدلد	یک (حداکثر آسیب پذیری)

جدول ۴. استانداردسازی انواع سازندهای زمین شناسی بر اساس دوران زمین شناسی

معیار	میزان فاصله	مقدار استاندارد شده
سازندهای زمین شناسی بر اساس دوران های زمین شناسی	سازندهای ماقبل دوران پالئوژوئیک	صفر (حداقل آسیب پذیری)
	سازندهای دوران پالئوژوئیک	۰/۲۵
	سازندهای دوران مزوزوئیک	۰/۵
	سازندهای دوران سنوزوئیک	۰/۷۵
	سازندهای زمین شناسی دوره کواترنری	یک (حداکثر آسیب پذیری)

جدول ۵. استانداردسازی فاصله از دشت های سیلابی

معیار	میزان فاصله	مقدار استاندارد شده
فاصله از دشت های سیلابی	کمتر از ۵۰۰ متر	یک (حداکثر آسیب پذیری)
	بین ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ متر	بین یک الی صفر
	بیش از ۱۰۰۰ متر	صفر (حداقل آسیب پذیری)

جدول ۶. استانداردسازی فاصله از مناطق حفاظت شده

معیار	میزان فاصله	مقدار استاندارد شده
فاصله از مناطق حفاظت شده	کمتر از ۱۵۰۰ متر	یک (حداکثر آسیب پذیری)
	بین ۱۵۰۰ الی ۲۰۰۰ متر	بین یک الی صفر
	بیش از ۲۰۰۰ متر	صفر (حداقل آسیب پذیری)

جدول ۷. استانداردسازی فاصله از وقوع نقطه‌ای زمین‌لغزش

مقدار استاندارد شده	میزان فاصله	معیار
یک (حداکثر آسیب‌پذیری)	کمتر از ۵۰۰ متر	فاصله از وقوع نقطه‌ای زمین‌لغزش
بین یک الی صفر	بین ۵۰۰ الی ۱۵۰۰ متر	
صفر (حداقل آسیب‌پذیری)	بیش از ۱۵۰۰ متر	
صفر (حداقل آسیب‌پذیری)	کمتر از ۷ درجه	میزان شیب زمین
بین صفر الی یک	بیش از ۷ درجه	

جدول ۸. استانداردسازی میزان شیب زمین

مقدار استاندارد شده	میزان فاصله	معیار
صفر (حداقل آسیب‌پذیری)	کمتر از ۷ درجه	میزان شیب زمین
بین صفر الی یک	بیش از ۷ درجه	

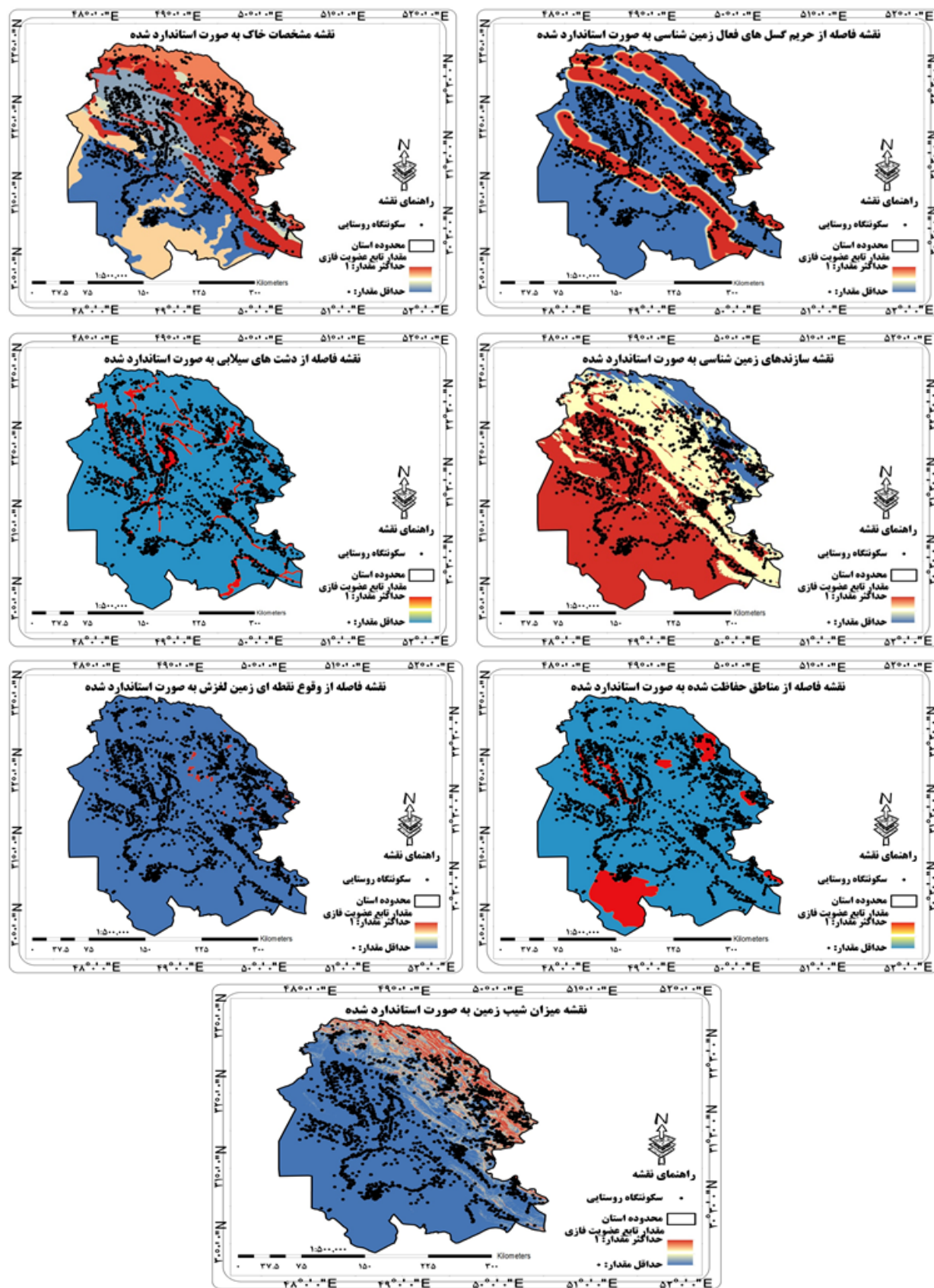
بر اساس نقشه، فاصله از حریم گسل بیشتر منطقه از حداکثر آسیب‌پذیری برخوردار است. فقط چند پهنه در قسمت شمالی آن در وضعیت حداکثری قرار دارد. بهترین شرایط خاک در پهنه جنوبی آن قرار دارد که خاک‌های آریدیسول را شامل می‌شود و پهنه‌های زاگرسی آن تقریباً دارای وضعیت نامناسب‌تری هستند. از نظر سازندهای زمین‌شناسی نیز، پهنه جنوبی منطقه دارای وضعیت و ریسک حداکثر و پهنه شمالی شرایط مناسب‌تری دارد. از نظر معیار دشت‌های سیلابی، شرایط خوبی در منطقه حاکم است و قسمتی از منطقه دارای شرایط حداقل است. از نظر نقشه فاصله از مناطق حفاظت‌شده نیز چنین مطلبی صادق است. پهنه‌های زمین‌لغزشی در منطقه نیز بسیار کم بوده و نقاطی کمی وجود دارد. از نظر شیب نیز حداکثر شیب در قسمت شمالی (زاگرس) است، به طور کلی، قسمت اعظم منطقه از شیب مناسبی با توجه به دشتی و جلگه‌ای بودن برخوردار است. بر این اساس، به طور کلی، بایستی این‌گونه بیان نمود که به نظر می‌رسد پهنه شمالی منطقه دارای شرایط حداکثر و نامناسب‌تری در زمینه مسائل محیطی با توجه به شاخص‌های مطالعه‌شده باشد و برعکس قسمت‌های جنوبی آن شرایط بهتری را دارا باشند. هرچند در زمینه هر یک از شاخص‌ها تفاوت‌های وجود دارد (شکل ۶).

نتیجه وزن‌دهی معیارهای آسیب‌پذیری محیطی

نتایج وزن‌دهی نقشه‌ها نشان می‌دهد که معیار فاصله از حریم گسل‌های فعال زمین‌شناسی بیشترین تأثیر و معیار فاصله از مناطق حفاظت‌شده کمترین تأثیر را در آسیب‌پذیری محیطی دارا است (جدول ۹). بیشترین وزن مربوط به معیار فاصله از حریم گسل‌های فعال زمین‌شناسی با ۳۱/۲ درصد و سپس فاصله از وقوع نقطه‌ای زمین‌لغزش با ۲۵/۹ درصد است. کمترین وزن نیز مربوط به میزان شیب زمین با ۵/۷ و فاصله از مناطق حفاظت‌شده با ۴/۳ درصد است (جدول ۱۰). بر این اساس، به نظر می‌رسد که ساختارهای زمین‌شناسی بیشترین تأثیر را در این زمینه دارند. منطقه خوزستان نیز با توجه دو ساختار دشتی و کوهستانی در این زمینه دارای خصوصیات خاصی است. به‌ویژه منطقه شمالی آن که همواره در معرض زلزله‌های مختلف بوده است.

اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی با به‌کارگیری سناریوی خوش‌بینانه یا تابع حداقل فازی

اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی در سطح استان خوزستان مبتنی بر سناریوی خوش‌بینانه مشخص شد (شکل ۷). بر اساس این سناریو، این واقعیت قابل‌اثبات است که تمامی سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی صفر هستند. به عبارت دیگر، میزان استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی هیچ‌کدام از سکونتگاه‌های روستایی بیش از مقدار استاندارد شده صفر نیست (جدول ۱۱).



با توجه به جدول ۱۱ و بر اساس سناریوی خوش‌بینانه، تمامی سکونتگاه‌های روستایی منطقه دارای وضعیت آسیب‌پذیری صفر هستند. در واقع، از مجموع ۱۹۸۹ نقطه روستایی بررسی‌شده، هیچ‌کدام از آنها در معرض خطر نیستند؛ چراکه بیشترین نگاه مثبت به بررسی شاخص‌ها انجام گرفته و خصوصیات مختلف منطقه به صورت خوش‌بینانه به آن تأکید شده است (جدول ۱۲).

اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی با به‌کارگیری سناریوی متعادل یا تابع ترکیب خطی وزن‌دار

بر اساس سناریو متعادل (تابع ترکیب خطی وزن‌دار)، این واقعیت قابل اثبات است که تقریب تعداد محدودی از سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی (حدود ۹۸ سکونتگاه روستایی یا حدود ۴/۹ درصد کل سکونتگاه‌های روستایی) دارای میزان استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۵ است. بر این اساس بایستی در این زمینه کمی دقیق‌تر به روستاها نگاه شود؛ چراکه ۲۷۴۳ نفر جمعیت و به عبارت دیگر ۵ نقطه روستایی در آسیب‌پذیری بیشتر از ۰/۷ و ۱۷ نقطه روستایی دیگر در آسیب‌پذیری بین ۰/۶ تا ۰/۷ قرار می‌گیرند. افزون بر این، ۷۶ روستا نیز در آسیب‌پذیری بین ۰/۵ تا ۰/۶ قرار گرفته‌اند (جدول ۱۳ و شکل ۸). لذا با توجه به سناریو متعادل، کمی شرایط آسیب‌پذیری نامناسب‌تر شده و بایستی برنامه و تأکید بیشتری در این زمینه انجام شود.

جدول ۹. توسعه ماتریس مقایسه زوجی جهت وزن‌دهی معیارهای مورد استفاده جهت اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی

وزن	معیار	معیار ششم	معیار پنجم	معیار چهارم	معیار سوم	معیار دوم	معیار اول	معیار
۰/۰۷۹	۲	۰/۲۵	۰/۵	۰/۳۳	۲	۰/۵	۱	معیار اول
۰/۱۰۴	۳	۰/۲۵	۰/۵	۰/۳۳	۲	۱	۲	معیار دوم
۰/۰۵۷	۲	۰/۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۱	۰/۵	۰/۵	معیار سوم
۰/۲۵۹	۵	۱	۲	۱	۴	۳	۳	معیار چهارم
۰/۱۴۶	۳	۰/۳۳	۱	۰/۵	۳	۲	۲	معیار پنجم
۰/۳۱۲	۵	۱	۳	۱	۵	۴	۴	معیار ششم
۰/۰۴۳	۱	۰/۲	۰/۳۳	۰/۲	۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	معیار هفتم

معیار اول: نقشه استاندارد شده سازندهای زمین‌شناسی. معیار دوم: نقشه استاندارد شده مشخصات خاک. معیار سوم: نقشه استاندارد شده میزان شیب زمین. معیار چهارم: نقشه استاندارد شده فاصله از وقوع نقطه‌ای زمین‌لغزش‌ها. معیار پنجم: نقشه استاندارد شده فاصله از دشت‌های سیلابی. معیار ششم: نقشه استاندارد شده فاصله از حریم گسل‌های زمین‌شناسی. معیار هفتم: نقشه استاندارد شده فاصله از مناطق حفاظت‌شده.

جدول ۱۰. میزان وزن معیارهای مورد استفاده جهت اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی

میزان وزن	متغیر
۳۱/۲ درصد	معیار فاصله از حریم گسل‌های فعال زمین‌شناسی
۲۵/۹ درصد	معیار فاصله از وقوع نقطه‌ای زمین‌لغزش
۱۴/۶ درصد	معیار فاصله از دشت‌های سیلابی
۱۰/۴ درصد	معیار مشخصات خاک
۷/۹ درصد	معیار سازندهای زمین‌شناسی
۵/۷ درصد	معیار میزان شیب زمین
۴/۳ درصد	معیار فاصله از مناطق حفاظت‌شده

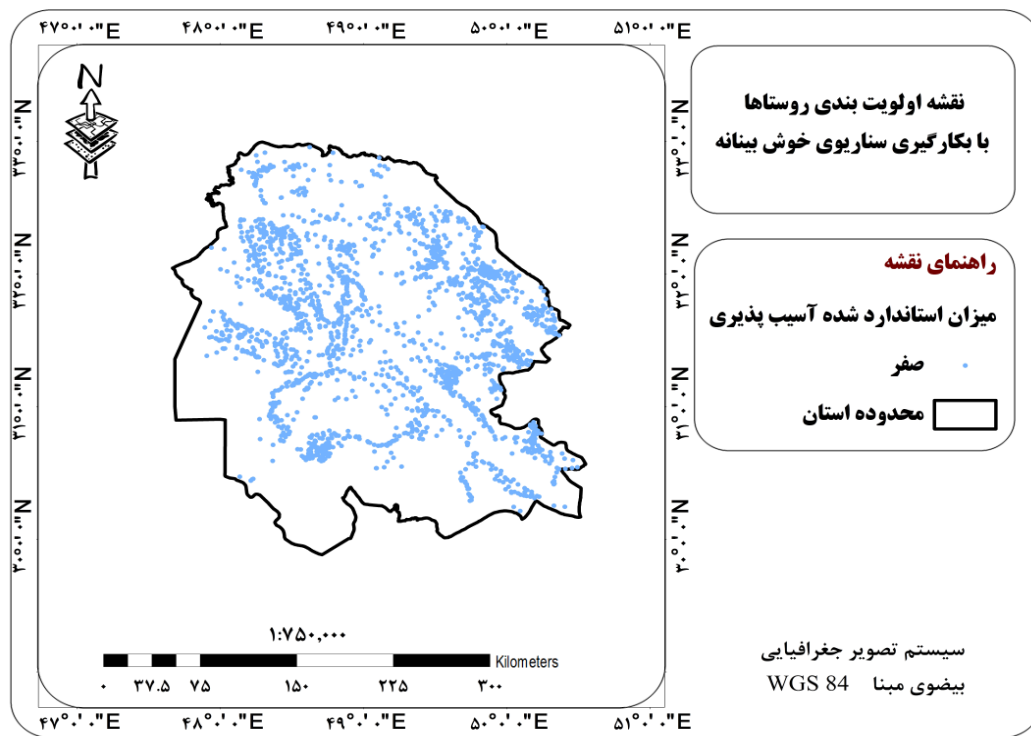
جدول ۱۱. وزن‌های مرتب‌شده متغیرهای آسیب‌پذیری محیطی مطابق سناریوی خوش‌بینانه یا تابع حداقل فازی

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

جدول ۱۲. نمایش تعداد و مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی

مطابق سناریوی خوش بینانه یا تابع حداقل فازی

تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی صفر	۱۹۸۹ سکنه روستایی (۱۰۰ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی صفر	۱۲۲۳۹۸۲ نفر

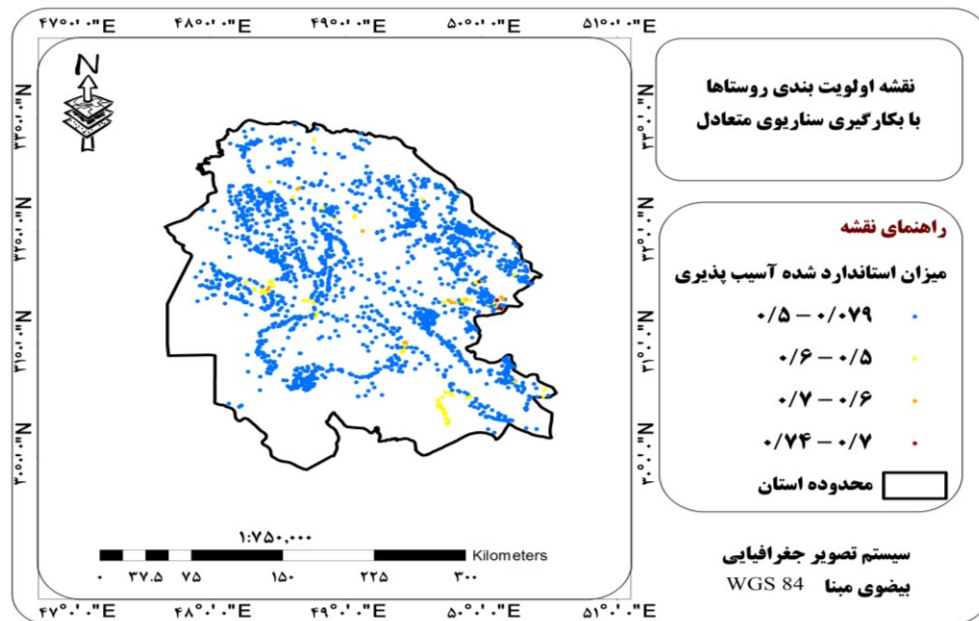


شکل ۷. اولویت بندی آسیب پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی با به کارگیری سناریوی خوش بینانه یا تابع حداقل فازی در سطح استان خوزستان

جدول ۱۳. نمایش تعداد و مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی

مطابق سناریوی متعادل یا تابع ترکیب خطی وزن دار

تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی کمتر از ۰/۵	۱۸۹۱ سکنه روستایی (۹۵/۱ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی کمتر از ۰/۵	۱۱۴۸۹۲۶ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی بین ۰/۵ الی ۰/۶	۷۶ سکنه روستایی (۳/۸ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی بین ۰/۵ الی ۰/۶	۶۴۰۰۸ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی بین ۰/۶ الی ۰/۷	۱۷ سکنه روستایی (۰/۸۵ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی بین ۰/۶ الی ۰/۷	۸۳۰۵ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی بیش از ۰/۷	۵ سکنه روستایی (۰/۲۵ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب پذیری محیطی بیش از ۰/۷	۲۷۴۳ نفر



شکل ۸. اولویت‌بندی سکونتگاه‌های روستایی آسیب‌پذیری محیطی با به‌کارگیری سناریوی متعادل یا تابع ترکیب خطی وزن‌دار در سطح استان خوزستان

اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی با به‌کارگیری سناریوی بدبینانه یا تابع حداکثر فازی

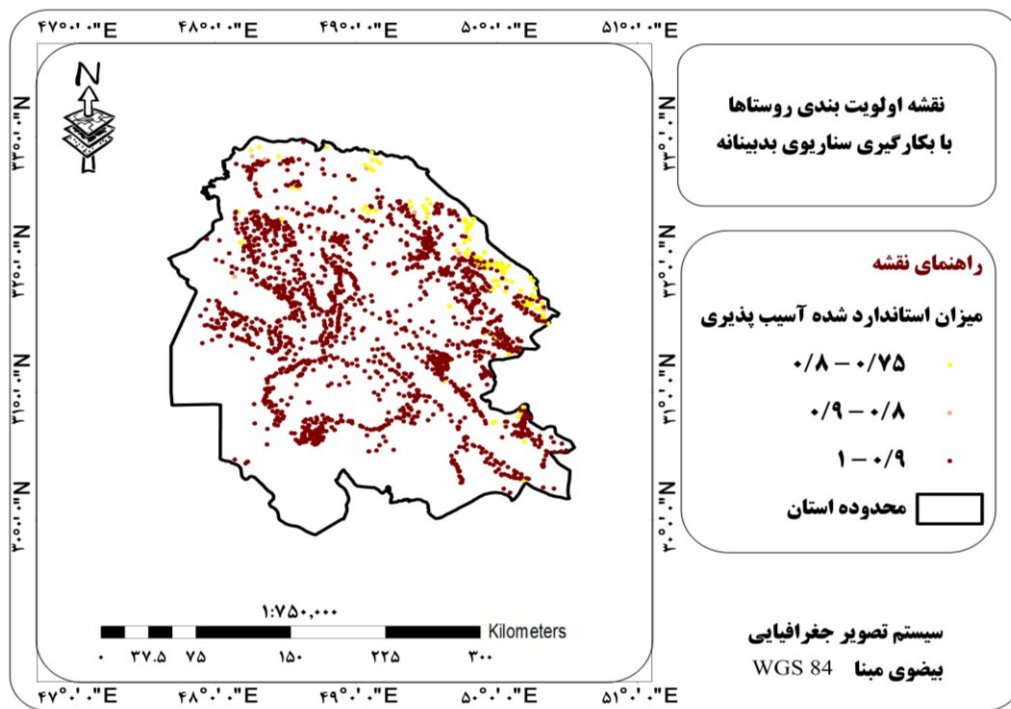
بر اساس سناریوی بدبینانه (تابع OR)، این واقعیت مشخص است که تمامی سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از $0/75$ است. همچنین، حدود 1844 سکونتگاه روستایی یا حدود $92/7$ درصد کل سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از $0/9$ است. همچنین کمتر از $6/7$ درصد نیز در آسیب‌پذیری کمتر از $0/8$ قرار می‌گیرند (جدول‌های ۱۴ و ۱۵). بر این اساس بایستی این‌گونه بیان نمود که بایستی به روستاها با توجه به شرایط موجود توجه شود و نقاط آسیب‌پذیر را مدیریت نمود. این روستاها در همه پهنه‌های منطقه پراکنده شده‌اند اما بیشتر آنها در مرکز و جنوب استقرار دارند که بر این اساس، شاخص‌های زمین‌شناسی و دیگر موارد در این زمینه مؤثر هستند (شکل ۹).

جدول ۱۴. وزن‌های مرتب‌شده متغیرهای آسیب‌پذیری محیطی مطابق سناریوی بدبینانه یا تابع حداکثر فازی

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۱۵. نمایش تعداد و مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی مطابق سناریوی بدبینانه یا تابع حداکثر فازی

تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی کمتر از $0/8$	۱۳۳ سکنه روستایی (۶/۷ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی کمتر از $0/8$	۲۶۷۲۱ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بین $0/8$ الی $0/9$	۱۲ سکنه روستایی (۰/۶ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بین $0/8$ الی $0/9$	۴۳۹۴ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از $0/9$	۱۸۴۴ سکنه روستایی (۹۲/۷ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از $0/9$	۱۱۸۲۸۶۷ نفر



شکل ۹. اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی با به‌کارگیری سناریوی بدبینانه یا تابع حداکثر فازی در سطح استان خوزستان

اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی با به‌کارگیری سناریوی نسبتاً خوش‌بینانه

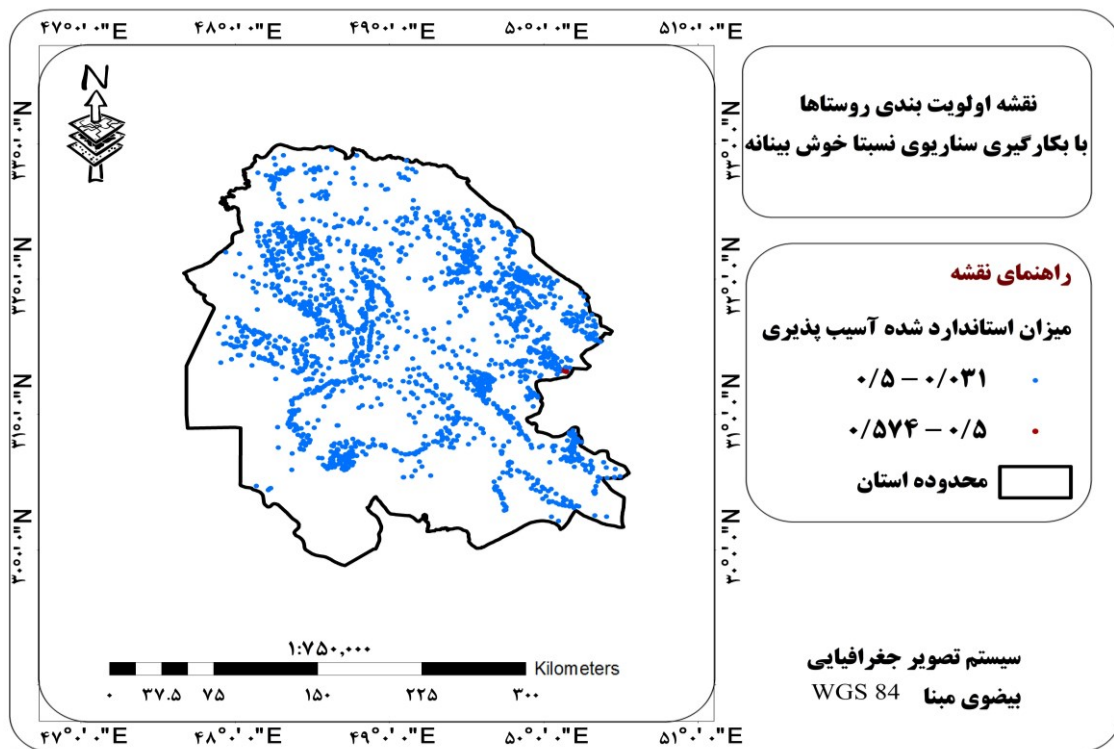
اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی در سطح استان خوزستان با به‌کارگیری سناریوی نسبتاً خوش‌بینانه، این مطلب را مشخص می‌نماید که تقریباً تعداد محدودی از سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی (حدود ۳ سکونتگاه روستایی یا حدود ۰/۱ درصد کل سکونتگاه‌های روستایی) دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۵ هستند. حداکثر آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی بر اساس این سناریو، بیش از ۰/۵ است و آن‌هم ۳ نقطه روستایی را شامل می‌شود. در حالی که بیش از ۹۹/۹ درصد در آسیب‌پذیری کمتر از این مقدار قرار دارند. با توجه به این نتیجه بایستی بیان کرد که تعداد نقاط روستایی در خطر بسیار کم بوده و زمینه برای توسعه مسائل زیست‌محیطی مهیا است (جدول‌های ۱۶ و ۱۷، شکل ۱۰).

جدول ۱۶. وزن‌های مرتب‌شده متغیرهای آسیب‌پذیری محیطی مطابق سناریوی نسبتاً خوش‌بینانه

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۳

جدول ۱۷. نمایش تعداد و مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی

مطابق سناریوی نسبتاً خوش‌بینانه	
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی کمتر از ۰/۵	۱۹۸۶ سکنه روستایی (۹۹/۹ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی کمتر از ۰/۵	۱۲۲۲۷۱۳ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۵	۳ سکنه روستایی (۰/۱ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۵	۱۲۶۹ نفر



شکل ۱۰. اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی با به کارگیری سناریوی نسبتاً خوش‌بینانه در سطح استان خوزستان

اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی با به کارگیری سناریوی نسبتاً بدبینانه

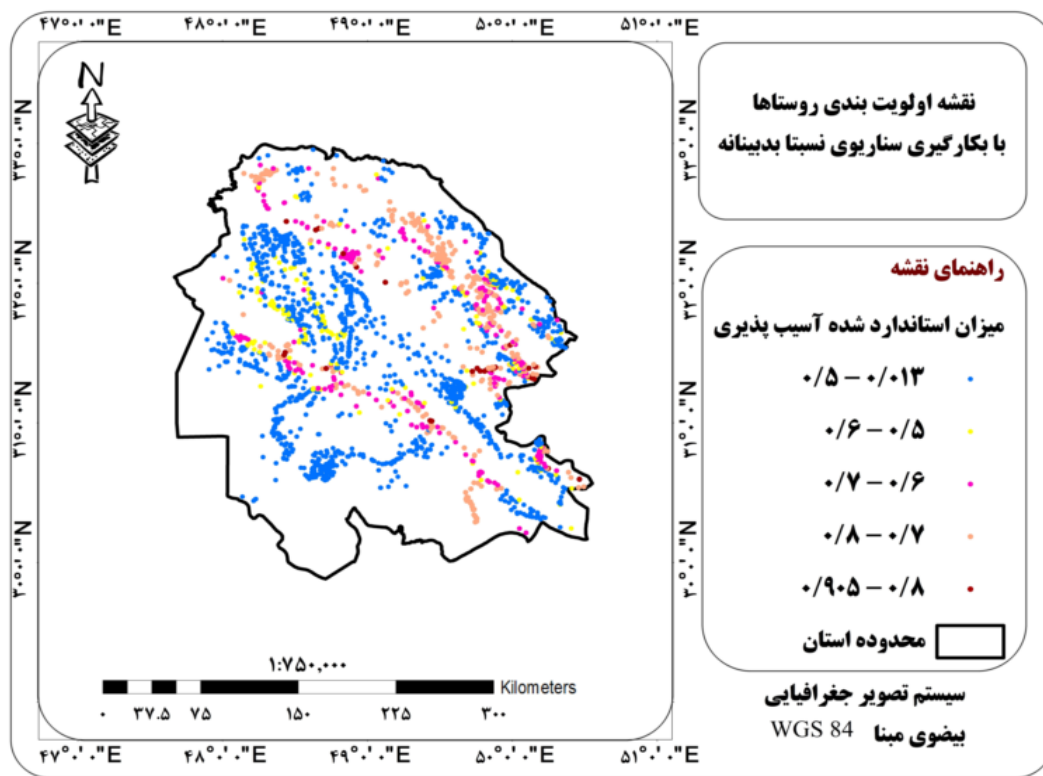
شکل ۱۱ اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی در سطح استان خوزستان با به کارگیری سناریوی نسبتاً بدبینانه (این روش به صورت حالتی شبیه حدّ واسط بین سناریوی متعادل یا تابع ترکیب خطی وزن دار و سناریوی بدبینانه یا تابع OR فازی عمل می‌نماید) بر اساس وزن‌های اولویت‌بندی‌شده متغیرها مطابق جدول ۱۸ را به روشنی نمایش می‌دهد و بر اساس سناریوی حاضر، این واقعیت قابل اثبات است که تمامی سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی (حدود ۷۴۶ سکونتگاه روستایی یا حدود ۳۷/۵ درصد کلّ سکونتگاه‌های روستایی) دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۵ هستند. همچنین، حدود ۲۸ سکونتگاه روستایی یا حدود ۱/۴ درصد کلّ سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری بیش از ۰/۸ است. بر اساس نتایج اشاره‌شده، بیش از ۳۸ درصد نقاط روستایی بالای ۰/۵ درصد دارای آسیب‌پذیری هستند و مابقی پایین‌تر از این مقدار هستند (جدول ۱۹). با توجه به نگاه بدبینانه، پهنه‌های باریکی از روستاها در قسمت شمالی و جنوبی و حتی مرکزی در این سناریو قرار می‌گیرند که نشان می‌دهد در هر کدام از این پهنه‌ها یک یا مجموعه‌ای از شاخص‌های بررسی شده تأثیرگذار بوده و سبب شده‌اند که نقاط روستایی در معرض آسیب‌پذیری قرار گیرند. بر این اساس بایستی توجه دقیق‌تر به این روستاها شود.

جدول ۱۸. وزن‌های دوباره مرتب‌شده متغیرهای آسیب‌پذیری محیطی مطابق سناریوی نسبتاً بدبینانه

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
۰/۳	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵

جدول ۱۹. نمایش تعداد و مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی مطابق سناریوی نسبتاً بدبینانه

تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی کمتر از ۰/۵	۱۲۴۳ سکنه روستایی (۶۲/۵ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی کمتر از ۰/۵	۷۹۳۲۲۹ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بین ۰/۵ الی ۰/۶	۱۸۳ سکنه روستایی (۹/۲ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بین ۰/۵ الی ۰/۶	۱۲۲۸۰۹ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بین ۰/۶ الی ۰/۷	۲۱۷ سکنه روستایی (۱۰/۹ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بین ۰/۶ الی ۰/۷	۱۴۱۳۵۲ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بین ۰/۷ الی ۰/۸	۳۱۸ سکنه روستایی (۱۶ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بین ۰/۷ الی ۰/۸	۱۴۷۱۷۵ نفر
تعداد سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۸	۲۸ سکنه روستایی (۱/۴ درصد)
مجموع جمعیت سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۸	۱۹۴۱۷ نفر



شکل ۱۱. اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی با به‌کارگیری سناریوی نسبتاً بدبینانه در سطح استان خوزستان

بحث

نتایج نشان داد که بر اساس سناریوهای مختلف، نقاط روستایی در منطقه، دارای آسیب‌پذیری متفاوتی هستند. این آسیب‌پذیری‌ها بستگی به نوع دیدگاه حاکم مدیریتی و همچنین میزان دغدغه موجود در این زمینه است. افزون بر این، هر یک از شاخص‌ها و یا مجموعه‌ای از آنها در هر پهنه از منطقه و در وضعیت

آسیب‌پذیری و میزان آن مؤثر هستند. نتایج تحقیق حاضر نیز بر اساس سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که پهنه‌های مختلف منطقه از جمله منطقه شمالی که زاگرس است، دارای آسیب‌پذیری متفاوتی است و روستاها در تقسیمات مختلف آسیب‌پذیری، بر اساس سناریوهای مختلف قرار می‌گیرند. نتیجه این بخش از پژوهش تا حدودی با تحقیق رجیبی و بیاتی (۱۳۸۴) سازگاری دارد؛ چراکه آنها عوامل مؤثر چه به صورت مثبت و منفی مربوط به روستاها را در زمینه مخاطرات ارائه و روستاها را بر اساس عوامل مختلف تقسیم‌بندی نمودند و روستاها، بر اساس هر عامل، وضعیت متفاوتی داشته‌اند. در تحقیق حاضر نیز روستاها بر اساس ترکیب مخاطرات مختلف و از طریق سناریوهای متفاوت ارزیابی و وضعیت آنها مشخص گردید که هر کدام از روستاها می‌تواند در هر سناریو وضعیت متفاوتی را داشته باشد.

بررسی مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژی در محدوده سکونتگاه‌های روستایی را بررسی نموده‌اند. در این بررسی، مواردی از خطرات در تعدادی از روستاها به طور تفصیلی بررسی و در پایان ویژگی‌های عوامل مورفوژن منفی و مثبت مربوط به روستاهای منطقه به تفکیک ارائه شده است.

در این دو تحقیق، مناطق تحت بررسی و میزان مخاطره‌پذیری آنها در چند طبقه ارائه و همچنین موارد تأثیرگذار در این زمینه نیز ارائه شد. در تحقیق حاضر نیز، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری محیطی برای روستاها ارائه و معیارهای ۷ گانه نیز بررسی و اولویت‌بندی شدند. در واقع تأثیرگذاری معیارهای مختلف در زمینه میزان آسیب‌پذیری مشخص و تأیید گردید.

در این پژوهش، یکی از شاخص‌های تأثیرگذار در زمینه آسیب‌پذیری روستاها، فاصله از گسل است که با ۳۱/۲ درصد نیز از نظر اولویت، به عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در زمینه آسیب‌پذیری روستاها شناخته شد. نتایج مختاری (۱۳۸۴) در مورد آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی از فعالیت گسل حکایت دارد که مهم‌ترین خطر تهدیدکننده روستاهای واقع در مسیر یا مجاورت گسل و شاخه‌های فرعی آن، خطر فعالیت‌های احتمالی گسل و لرزش‌های حاصل از آن است. عوامل دیگری مانند شیب زیاد و خطر سیالی شدن مواد سازنده نشستگاه روستاها از دیگر این عوامل هستند. همچنین تحقیق رکن‌الدین افتخاری و همکاران (۱۳۸۸) نیز در زمینه ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض ریسک سیلاب نشان داد که سیلاب نقش مهمی در ایجاد خطر برای روستاها دارد و آنها را در چند پهنه تقسیم‌بندی نموده‌اند. پژوهش حاضر نیز، سیلاب را به عنوان یکی از شاخص‌های تأثیرگذار بررسی کرده و روستاهای منطقه از این نظر نیز تا حدودی آسیب‌پذیر هستند. همچنین مونیرول و سادو (۲۰۰۰) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و کاربرد GIS ریسک سیل و مخاطرات را در کشور بنگلادش بررسی نمودند که نتایج آنها نیز همین مطلب را تأیید می‌کند.

کامک (۲۰۰۶) با استفاده از آمار چند متغیره، مناطق مستعد زمین‌لغزش را شناسایی کرد. همچنین ویو و چن (۲۰۰۹) مناطق مستعد زمین‌لغزش را با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و با توجه به مناطقی که پیش‌تر زمین‌لغزش در آنها روی داده است، تعیین کردند. این پژوهش نیز، زمین‌لغزش را به عنوان یک معیار مهم برای آسیب‌پذیری روستاها در نظر گرفته و مورد بررسی قرار داده است. نتایج در منطقه نیز نشان داد که روستاها از نظر زمین‌لغزش در پهنه‌های مختلف خطر آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند و مکان‌هایی که زمین‌لغزش بیشتری وجود دارد، به همان نسبت نیز میزان آسیب افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، مناطقی که دارای شیب و سازندهای خاصی از نظر پتانسیل زمین‌لغزش هستند در این زمینه تأثیرگذار بوده‌اند.

افزون بر این، نتیجه این پژوهش، نشان داد که بر اساس سناریوهای مختلف، آسیب‌پذیری روستاها متفاوت است. از سوی دیگر، این نکته را می‌تواند برداشت کرد که هر مجموعه‌ای از روستاها در هر کدام از سناریوها در

یک پهنه قرار می‌گیرند که دارای آسیب‌پذیری هستند. نتیجه این بخش، با نتایج لیانگ و موهانتی (۱۹۹۸) در منطقه ماهانداری اوراسیای هندوستان که به پهنه‌بندی مخاطرات پرداخته‌اند مطابقت دارد و شاخص‌های بررسی شده را در زمینه میزان آسیب‌پذیری، مؤثر دانسته‌اند و منطقه مورد مطالعه را در چند پهنه تقسیم‌بندی نموده‌اند.

به طور کلی، نقاط روستایی در منطقه مورد مطالعه بر اساس سناریوهای مختلف که بررسی شده‌اند در پهنه‌های گوناگون قرار می‌گیرند که با توجه به نتایج به دست آمده و پژوهش‌های مشابه، بایستی این‌گونه تحلیل نهایی را ارائه کرد که شاخص‌های گوناگون سازندها، گسل‌ها، زمین‌لغزش‌ها و... هرکدام به نوبه خود در میزان آسیب‌پذیری و پهنه‌بندی‌ها تأثیرگذار هستند. حال مکان‌هایی که این شاخص‌ها ضریب خطرات بیشتری در مجموع داشته باشند بر اساس هر یک از سناریوها، وضعیت نامناسب‌تری دارند و برعکس. روستاهای منطقه خوزستان بر اساس خوش‌بینانه‌ترین وضعیت، دارای حداقل روستاهای آسیب‌پذیر و بر اساس بدبینانه‌ترین وضعیت نیز دارای حداکثر روستاهای در معرض آسیب‌پذیری بالا هستند. علاوه بر این، بر اساس وضعیت میانه یا متعادل نیز از نظر آسیب‌پذیری، نقاط روستایی در یک وضعیت دوگانه به صورت مساوی قرار دارند، به گونه‌ای که نصف نقاط روستایی دارای حداقل آسیب‌پذیری و نصف دیگر دارای حداکثر آسیب‌پذیری هستند. با این شرایط، به طور کلی آسیب‌پذیری نقاط روستایی در منطقه خوزستان در چند پهنه قرار می‌گیرند که بایستی در راستای کاهش آسیب‌پذیری آنها، برنامه‌های مناسب را از خوش‌بینانه‌ترین تا بدبینانه‌ترین وضعیت ممکن به کار گرفت.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، سعی شد توابعی جهت اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی با استفاده از منطق فازی در محیط GIS ارائه شود؛ لذا در ابتدا بیان مسئله بیان و پیشینه پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه، چندین تابع و سناریوی فازی جهت اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی برای تلفیق متغیرهای مناسب به کار گرفته شد. با بررسی‌های انجام‌گرفته مشخص شد، استان خوزستان به پژوهش‌های بسیاری در زمینه اولویت‌بندی آسیب‌پذیری نیازمند است؛ بدین منظور، داده‌های پایه مورد نیاز شناسایی و آماده‌سازی شد و نقشه‌های مربوط به اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی حاصل از چندین تابع و سناریوی فازی به کار گرفته شده و در نهایت، میزان آسیب‌پذیری انسانی سکونتگاه‌های روستایی در معرض آسیب‌پذیری بالای محیطی به دست آمد. بر این اساس هفت معیار به عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در روند آسیب‌پذیری محیطی در منطقه با توجه به شرایط جغرافیایی آن شناسایی شد. این معیارها هرکدام به نوبه خود و بر اساس میزان تأثیرگذاری‌شان، در وضعیت پایداری و ناپایداری محیطی نقاط روستایی مؤثر است.

جهت اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی، بر اساس ماتریس مقایسه زوجی، معیار فاصله از گسل‌ها با وزن نهایی ۰/۳۱۲، فاصله از زمین‌لغزش‌ها ۰/۲۵۹، فاصله از دشت‌های سیلابی ۰/۱۴۶، مشخصات خاک ۰/۱۰۴، سازندهای زمین‌شناسی ۰/۰۷۹ و فاصله از مناطق حفاظت‌شده با ۰/۰۴۳، به ترتیب بیشترین تا کمترین اهمیت را دارا هستند. از دلایل اصلی اینکه معیار فاصله از گسل و زمین‌لغزش بیشترین وزن نهایی را کسب نموده‌اند می‌توان به این نکته اشاره نمود که منطقه مطالعه‌شده به‌ویژه در بخش شمالی آن دارای گسل‌ها زیادی است که همین امر در این زمینه مؤثر بوده است. افزون بر این، گسل خود مرکز

بسیاری از مخاطرات از جمله زلزله و همچنین زمین‌لغزش در طول زمان، بر اساس جابه‌جایی، تغییر خاک و... است.

سکونتگاه‌های روستایی منطقه از نظر هر کدام از معیارها مورد بررسی قرار گرفته و هر معیار از نظر میزان آسیب‌پذیری برای منطقه و نقاط روستایی مشخص گردید. برای معیار فاصله از گسل‌ها، فاصله بیش از ۱۰ کیلومتر دارای حداقل آسیب‌پذیری و فاصله کمتر از ۵ کیلومتر دارای حداکثر آسیب‌پذیری برای روستاهای منطقه است. همچنین برای معیار خاک، روستاهای با خاک‌های اریدیسول حداقل آسیب‌پذیری و زمین‌های بدلند، حداکثر آسیب‌پذیری، از نظر سازند زمین‌شناسی، حداقل آسیب‌پذیری برای نقاط روستایی سازندهای ماقبل دوران پالئوژوئیک و حداکثر آسیب‌پذیری برای سازندهای زمین‌شناسی دوره کواترنری، از نظر فاصله از دشت‌های سیلابی، حداقل آسیب‌پذیری برای روستاهای با فاصله بیش از ۱۰۰۰ متر و حداکثر آسیب‌پذیری برای فاصله کمتر از ۵۰۰ متر و بر اساس فاصله از مناطق حفاظت‌شده، نقاط روستایی در فاصله بیش از ۲۰۰۰ متر، حداقل آسیب‌پذیری و کمتر از ۱۵۰۰ متر از حداکثر آسیب‌پذیری برخوردار هستند. توزیع فواصل می‌تواند در وضعیت آسیب‌پذیری محیطی منطقه تأثیر داشته باشد که دو معیار سازندهای زمین‌شناسی و انواع خاک از تنوع و تعداد طبقات بیشتری برخوردار هستند.

با به‌کارگیری سناریوی نسبتاً بدبینانه این واقعیت قابل اثبات است که از تمامی سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی (حدود ۷۴۶ سکونتگاه روستایی یا حدود ۳۷/۵ درصد کل سکونتگاه‌های روستایی) دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۵ هستند. همچنین، حدود ۲۸ سکونتگاه روستایی یا حدود ۱/۴ درصد کل سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری بیش از ۰/۸ است. همچنین بر اساس سناریوی نسبتاً خوش‌بینانه تقریباً تعداد محدودی از سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی (حدود سه سکونتگاه روستایی یا حدود ۰/۱ درصد کل سکونتگاه‌های روستایی) دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۵ هستند. بر این اساس، با مقایسه دو سناریو نسبتاً بدبینانه و نسبتاً خوش‌بینانه این واقعیت مشخص می‌گردد که در بدترین وضعیت یک‌سوم روستاها در وضعیت بدی از نظر آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند و در بهترین شرایط نیز تقریباً تمامی سکونتگاه‌ها در وضعیت مطلوبی قرار دارند. این وضعیت، گویای آن است که ترکیب عوامل مختلف در راستای آسیب‌پذیری محیطی بر اساس سناریوهای مختلف، می‌تواند بهترین و بدترین شرایط را مشخص نماید که در برنامه‌ریزی‌ها مفید خواهد بود؛ لذا ترکیب عوامل مختلف و رویکرد سیستمی به بحث آسیب‌پذیری، از جمله دلایل این وضعیت خواهد بود که چنین شرایطی را رقم می‌زند تا هر سکونتگاه بر اساس هر سناریو بتواند یک وضعیت متفاوت را داشته باشد.

علاوه بر این، با به‌کارگیری سناریوی بدبینانه، تمامی سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۷۵ است. همچنین، حدود ۱۸۴۴ سکونتگاه روستایی یا حدود ۹۲/۷ درصد کل سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۹ است. همچنین بر اساس سناریوی خوش‌بینانه تمامی سکونتگاه‌های روستایی دارای مقدار استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی صفر هستند. نتایج سناریوی متعادل یا تابع ترکیب خطی وزن‌دار نیز نشان داد که تقریباً تعداد محدودی از سکونتگاه‌های روستایی منطقه مطالعاتی (حدود ۹۸ سکونتگاه روستایی یا حدود ۴/۹ درصد کل سکونتگاه‌های روستایی) دارای میزان استاندارد شده آسیب‌پذیری محیطی بیش از ۰/۵ است. بر این اساس با توجه به سناریوهای خوش‌بینانه و بدبینانه، حداقل و حداکثر آسیب‌پذیری برای

سکونتگاه‌های روستایی وجود دارد. دلیل اصلی این موضوع این است که با ترکیب عوامل مورد بررسی، بهترین و بدترین شرایط ممکن با توجه به تغییرات عوامل برای هر یک از سکونتگاه‌های شکل می‌گیرد؛ بنابراین سکونتگاه‌های روستایی در استان خوزستان دارای شرایط متفاوتی هستند که می‌توان بر اساس هر یک از سناریوها یک برنامه جامع برای پایداری آنها انجام داد.

بررسی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که پژوهش حاضر توانسته است به نحو مطلوبی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی در سراسر منطقه مطالعاتی را اولویت‌بندی نماید. از نتایج و دستاوردهای پژوهش حاضر می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

✓ ارائه چندین تابع و سناریوی فازی آسیب‌پذیری محیطی سکونتگاه‌های روستایی سراسر منطقه مطالعاتی با به‌کارگیری متغیرهای مناسب.

✓ طراحی چندین تابع و سناریوی فازی جهت اولویت‌بندی آسیب‌پذیری محیطی.

✓ کمک و پشتیبانی از برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان در زمینه برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و اختصاص تسهیلات مناسب جهت مقاوم‌سازی انواع مختلف سکنة روستایی کم‌دوام و افزایش و بهبود کیفیت متغیرهای مناسب اجتماعی - اقتصادی و بهداشتی - خدماتی.

✓ ارائه نتایج مناسب و کمک‌کننده به مدیران و کارشناسان در راستای مدیریت بهینه و جلوگیری از انواع بحران‌های مختلف با توجه به وضعیت نواحی مختلف استان.

بر این اساس، در راستای نتایج تحقیق می‌توان چند پیشنهاد را ارائه نمود. ۱- استفاده از نتایج سناریوهای ذکرشده در بهترین و بدترین شرایط ممکن در بحث مدیریت و برنامه‌ریزی مخاطرات محیطی در سطح استان؛ ۲- اتخاذ برنامه مناسب جهت سکونتگاه‌های روستایی پرخطر؛ ۳- تقسیم استان به نواحی مختلف از نظر آسیب‌پذیری و سپس ارائه تصمیمات و حمایت‌های مختلف در این زمینه؛ ۴- انجام تحقیقات گسترده‌تر با روش‌های مختلف در راستای مقایسه و اطمینان نتایج مختلف تحقیقاتی در راستای برنامه‌ریزی پایداری؛ ۵- به طور کلی استفاده از نتایج تحقیق توسط مدیران و ارگان‌های مرتبط در این زمینه.

منابع

- ایمانی، علی؛ نادرپناه، هاتف (۱۳۸۲) پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در استان فارس، همایش ملی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، صص. ۹-۱.
- حسن‌زاده، رضا؛ عباس‌نژاد، احمد؛ علوی، اکبر؛ شریفی، ابراهیم (۱۳۹۰) تحلیل خطر لرزه‌ای شهر کرمان با تأکید بر کاربرد GIS در ریز پهنه‌بندی مقدماتی درجه ۲، مجله علوم زمین، ۲۱ (۸۱)، صص. ۳۰-۲۳.
- رجبی، معصومه؛ بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۴) بررسی مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژی در محدوده سکونتگاه‌های روستایی (مطالعه موردی: بخش آذرشهر)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۴ (۱۹)، صص. ۷۹-۱۰۸.
- رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ صادقلو، طاهره؛ احمدآبادی، علی؛ سجاسی قیداری، حمدالله (۱۳۸۸) ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-Geo RAS در محیط GIS، مجله توسعه روستایی، ۱ (۱)، صص. ۱۵۶-۱۸۲.
- سیف، یعقوب (۱۳۹۳) مدل‌سازی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله با استفاده از منطق فازی در GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، استاد راهنما: علیرضا شکیبا، دانشگاه شهید بهشتی.

فال سلیمان، محمود؛ حجت‌پور، محمد؛ جمشیدی، کمال (۱۳۹۱) آسیب‌پذیری عناصر کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در مناطق زلزله‌خیز (نمونه شهرستان‌های قاینات و زیرکوه)، **مجله آمایش جغرافیایی فضا**، ۲ (۶)، صص. ۷۵-۹۷.

گرچی مهربانی، یوسف؛ ابوطالبی، الناز (۱۳۸۸) مصالح هوشمند و نقش آن در معماری، **مجله مسکن و محیط روستا**، ۱ (۱)، صص. ۶۶-۸۱.

مختاری، داود (۱۳۸۴) آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی از فعالیت گسل و ضرورت جابجایی آنها (نمونه موردی: روستاهای واقع در امتداد گسل شمالی میشو)، **مجله پژوهش‌های جغرافیایی**، ۱ (۵۱)، صص. ۷۱-۸۶.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۰) **سرشماری نفوس و مسکن**، نشر مرکز آمار ایران، تهران.

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B. (2005) **At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters**, Taylor & Francis e-Library, USA.

Jacek, M. (2006) **GIS-based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature**, Taylor & Francis, USA.

Jacek, M. (2006) Integrating Multicriteria Analysis and Geographic Information Systems: The Ordered Weighted Averaging (OWA) Approach, **Environmental Technology and Management**, 1 (6), pp.45-54.

Komac, M. (2006) A landslide Susceptibility Model Using the Analytical Hierarchy Process Method and Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia, **Geomorphology**, 74 (4), pp.17-28.

Lewis, J. (2003) Housing Construction in Earthquake Prone Places: Perspectives, Priorities and Projections for Development, **The Australian Journal of Emergency Management**, 2 (18), pp.35-44.

Liang, S., Mohanty, C. (1998) Optimization of GIS-Based Flood Hazard Zoning (A Case Study at the Mahanady Command Area in Cuttack District, Orrisa, India), **Chinese Soil and Water Conservation**, 1 (28), pp.11-20.

Monirul, D., Sado, K. (2000) Development of Flood Hazard Maps Bangladesh Using NOAA-AVHRR Images with GIS, **Hydrological Sciences**, 45 (3), pp.337-355.

Randal, G., Rodolphe, D., Joan, E., Brian, G. (2011) GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis, **Geography Compass**, 2 (8), pp. 412-432.

Wu, C., Chen, S. (2009) Determining Landslide Susceptibility in Central Taiwan from Rainfall and Six Site Factors Using the Analytical Hierarchy Process Method, **Geomorphology**, 3 (85), pp.22-33.

Young, C. (2007) Housing Microfinance: Designing a Product for the Rural Poor, **Centre for Microfinance Working Paper Series**, 2 (19), pp. 45-57.

