مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیستم، تابستان ۱۳۹۸
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲
صفحات: ۱۹۶ - ۱۶۷

سنجش فضایی ظرفیت تاب‌آوری زیرساختی جامعه روستایی شهرستان بجنورد با مدل FAHP و منطق فازی در محیط GIS

علی‌اکبر عنابستانی[1]*، مهدی جوانشیری[2]

چکیده

مخاطرات طبیعی به‌منزله پدیده‌های تکرارپذیر در غیاب سیستم‌های کاهشی می‌تواند تبدیل به فاجعه شود و پیامدهای مخربی در پی داشته باشد. برای کاهش اثر بلایای طبیعی رویکرد تاب‌آوری مبنایی برای کاهش اثرهای منفی در نظر گرفته‌شده است. هدف اصلی از تدوین پژوهش حاضر ارزیابی رابطه بین آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری زیرساختی جوامع روستایی (در شهرستان بجنورد) به‌منظور ارتقاء ظرفیت تاب‌آوری در نواحی روستایی است. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی و ماهیت آن کاربردی در نظام برنامه‌ریزی محلی و توسعه روستایی است. متغیرهای تحقیق پس از بررسی مبانی نظری و ادبیات حوزه سنجش آسیب‌پذیری و تاب‌آوری در ایران و سایر کشورها انتخاب گردیده است. بر این اساس، دو شاخص کلی سنجش آسیب‌پذیری و تاب‌آوری زیرساختی جوامع روستایی با استفاده از ۲۶ معیار در دو مدل FAHP و منطق فازی (عملگر Gamma با حد آستانه ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹) در محیط نرم‌افزار GIS انجام گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده برخورداری تقریباً ۵۶/۶۹ درصد مساحت شهرستان از شرایط آسیب‌پذیری محیطی زیاد و خیلی زیاد بوده است که تعداد ۴۷ روستای شهرستان در این پهنه‌ها قرارگرفته است؛ که بررسی شاخص تاب‌آوری زیرساختی مشخص‌کننده وجود رابطه معنادار و مستقیم بین وضعیت تاب‌آوری پایین نواحی روستایی و آسیب‌پذیری محیطی در پهنه‌های شرقی، جنوب و شمال شرق شهرستان بجنورد است. علاوه براین بر اساس خروجی FAHP، حدود ۳۱ درصد نقاط روستایی شهرستان و بر اساس خروجی منطق فازی، حدود ۵۳ درصد نقاط روستایی شهرستان در طبقه تاب‌آوری خیلی زیاد) قرارگرفته است. تحلیل تطابق نتایج خروجی FAHP و منطق فازی در GIS با ضریب کاپای ۰,۱۶۶ نشان داد که نتایج حاصل از دو مدل مذکور دارای درجه تطابق نسبتاً ضعیف ولی مستقیم است که با سنجش صحت مدل‌ها با استفاده از نقاط کنترل زمینی مشخص شد مدل منطق فازی با ضریب کاپای ۰/۷۷۲ نسبت به مدل FAHP با ضریب کاپای ۰/۵۵۰ دارای دقت بیشتری است. بنابراین، نیاز به تعادل محیطی و مشکلات توسعه در نظام برنامه‌ریزی محلی در ترویج و ارتقای مکان‌های امن و قابل زیست، کلید موفقیت در پرورش ظرفیت تاب‌آوری است.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری محیطی، تاب‌آوری زیرساختی، مدل منطق فازی، ضریب کاپا، شهرستان بجنورد.

[1]- استاد گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول) anabestani@um.ac.ir
[2]- دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه فردوسی مشهد me.javan65@gmail.com

مقدمه

در چند سال گذشته، جهان شاهد بلایای طبیعی پیش‌بینی‌نشده‌ای بوده است. اگرچه برخی از اقدامات پیشگیری‌کننده‌ای برای این منظور استفاده شد، واقعیت این است که نمی‌توان کاملاً از پیامدهای بلایا جلوگیری کرد زیرا برخی از این بلایا دارای اشکال بزرگ و پیش‌بینی‌ناپذیرند؛ بنابراین باید ظرفیت و توان ساکنین برای مقاومت و زندگی در کنار بلایا را بهبود بخشید. در مقابل این وضعیت، استراتژی‌های سازمان‌های بین‌المللی برای کاهش بلایا ایجاد تاب‌آوری جوامع را در برابر بلایای طبیعی در زمره اهداف خود قرار داده و آن را در چارچوب هیوگو برای سال-های ۲۰۰۵-۲۰۱۵ در نظر گرفته است (Zhou, 2010). به‌رغم تلاش‌های صورت گرفته برای کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری در برابر بلایا، متأسفانه میزان خسارات مالی و جانی همچنان رو به افزایش است. انجام تحقیقات متعدد حاکی از آن است که میزان خسارات به دلایل زیادی در حال افزایش است (Mileti, 1999). باید اذعان داشت که همه افراد به یک‌میزان تحت تأثیر خطرها قرار نمی‌گیرند. نابرابری‌های اقتصادی، عمدتاً نواحی فقیرتر و با امکانات کمتر را در معرض خطر قرار می‌دهد؛ اما با آماده‌سازی امکانات و اقدامات کاهش‌دهنده در برابر بلایا، می‌توان صدمات جانی را به حداقل رساند (Jardine and Hrudley, 1997). رویکرد جدید برای کاهش اثر بلایای طبیعی «تاب‌آوری» جوامع و سکونتگاه‌ها است. جامعه تاب‌آور جامعه‌ای است که هم‌زمان قادر به مقاومت در برابر پیامدهای بلایا باشد (جلوگیری از میزان معین آسیب و خسارت) و همچنین، بدون متحمل شدن خسارات ویرانگر، خرابی، کم شدن بهره‌وری، کیفیت زندگی و بدون کمک زیاد از طرف جوامع خارجی، قادر به پایداری در برابر حادثه‌ای طبیعی بسیار بزرگ باشد (رمضان زاده لسبوئی و همکاران، ۱۳۹۳ به نقل از: Miletti,1999).

برای تقویت تاب‌آوری، مولفه‌های تأثیرگذار فراوانی مانند ابعاد اقتصادی، فردی، سرمایه اجتماعی، زیرساخت‌ها، خدمات و ابعاد مدیریتی وجود دارد. در این میان نقش زیرساخت‌ها برای بهبود وضعیت تاب‌آوری بسیار مهم است زیرا زیرساخت‌ها شامل شبکه‌های ارتباطی، مکان استقرار مراکز خدمات درمانی، پاسگاه‌های نیروی انتظامی، مراکز آتش‌نشانی و مدیریت بحران در کنار شبکه ارتباط جمعی مانند تلفن، اینترنت و ... است؛ که تمام این زیرساخت‌ها و تأسیسات در مدیریت بحران و مدیریت ریسک بلایای طبیعی نقش بسیاری دارد. بطوریکه دسترسی مطلوب به زیرساخت‌ها، ظرفیت تاب‌آوری جوامع را بهبود می‌بخشد. از طرفی دیگر، فاصله و در مجاورت منبع مخاطرات قرار گرفتن نیز اولین عامل افزایش آسیب‌پذیری و کاهش تاب‌آوری در برابر بلایا است. در همین در این رابطه باید اشاره کرد که نواحی روستایی نیز از جمله مناطقی است که با توجه به مقاومت کم ساختمان‌ها، در صورت وقوع تغییرات زیست‌محیطی، بیشتر تحت تأثیر قرارگرفته و در معرض آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند؛ و از سوی دیگر جامعه روستایی کشور با وجود دارا بودن ارزش‌ها و قابلیت‌های فراوان به‌عنوان مهم‌ترین سرمایه ملی در زمینه‌هایی همانند تولیدات کشاورزی، تحت تأثیر بی‌مهری و سوء مدیریت در نظام برنامه‌ریزی چندین ساله کشور قرارگرفته‌اند (پاشانژاد سیلاب، ۱۳۹۶) و باوجود پیشرفت‌های چند دهه اخیر، هنوز کیفیت خدمات‌رسانی و ایجاد زیرساخت‌ها در نواحی روستایی مطلوب نبوده و سطح آسیب‌پذیری این جوامع زیاد است.

شهرستان بجنورد با دارا بودن ۱۴۶ نقطه روستایی که ۴۳/۳۶ درصد جمعیت کل شهرستان را در برمی‌گیرد، قسمت-های عمده این شهرستان از جمله مناطق کوهستانی کشور است که به خاطر دارا بودن، ویژگی‌های اکولوژیکی، لرزه-

خیزی و زمین شناختی و نیز شرایط توپوگرافی و اقلیمی خاص، در یک منطقه با خطر بالا و متوسط واقع شده و در معرض مخاطرات و سوانح طبیعی گوناگون مانند سیل، زمین‌لرزه، زمین لغزش، رانش زمین و ریزش کوه قرار دارد (بوزرجمهری و همکاران، ۱۳۹۵ به نقل از: بنیاد مسکن انقلاب اسلامی خراسان شمالی، ۱۳۸۵).

توان لرزه‌خیزی بالای منطقه، سیل خیزی رودخانه‌های دائمی و طغیانی بودن شبکه‌های آبراهه فصلی از یکسو و از سوی دیگر قرارگیری در محیط‌های حاشیه‌ای و دور افتاده، سکونت گزینی در مکان‌های در معرض خطر سوانح طبیعی، ناپایداری طبیعی تعدادی از نقاط روستایی حوزه‌های مورد مطالعه و با عنایت به این مطلب که اکثر ساختمان‌های موجود در منطقه مورد مطالعه بر اساس طرح‌های انجام شده توسط بنیاد مسکن خراسان شمالی عمدتاً از خشت و گل می‌باشند و مقاومت کمی در برابر سوانح طبیعی دارند؛ این وضعیت تاکنون موجب خسارات جانی و مالی فراوانی به مناطق روستایی استان به ویژه مجموعه‌های روستایی مورد مطالعه شده است (اسماعیلی، ۱۳۹۲). وقوع این گونه حوادث طبیعی در منطقه، ضرورت برنامه‌ریزی (مدیریت بحران) بعد از حادثه و وجود تفکر تاب‌آور در برنامه‌ریزی مخاطرات محیطی و بالابردن سطح تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی منطقه مورد مطالعه را بیشتر کرده است تا در نتیجه آن بازگشت سریع به زندگی عادی را برای انسان‌های آسیب دیده را فراهم کند؛ و بتوان رویه‌ها و راهکارهای مقابله با وقوع مخاطره را از پیش در نواحی روستایی ایجاد کرد به‌طوری‌که فائو یکپارچگی فعالیت‌ها به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری جوامع را از اولویت‌های اصلی نظام برنامه‌ریزی و مدیریت در توسعه می‌داند. بنابراین، هدف اصلی در پژوهش حاضر بررسی رابطه آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری جوامع روستایی شهرستان بجنورد است. لذا، پرسش بنیادین تحقیق حاضر بر این اصل استوار است که پهنه‌های آسیب‌پذیر و پتانسیل وقوع مخاطرات محیطی در محدوده مورد مطالعه کدام نواحی می‌باشد؟ و رابطه آن باقابلیت یا ظرفیت تاب‌آوری زیرساختی جوامع روستایی به چه صورت می‌باشد؟

ادبیات نظری تحقیق

ازجمله مفاهیم و تدابیری که اخیراً درزمینه‌ی به حداقل رساندن خطرات در سکونتگاه‌های انسانی از جمله روستاها موردنظر قرارگرفته است، رویکرد تاب‌آوری می‌باشد. اصطلاح تاب‌آوری این مفهوم برای اولین بار توسط هالینگ در سال ۱۹۷۳ درزمینه‌ی اکولوژی ارائه شد. وی تاب‌آوری را معیاری برای سنجش میزان توانایی سیستم‌ها در جذب تغییرات در متغیر وضعیت، متغیرهای متحرک و مشخصه‌ها و حفظ پایداری سیستم دانسته است (De Florio, 2015). مفاهیم تاب‌آوری و آسیب‌پذیری و همچنین مفاهیم مرتبط نظیر انطباق و تحول، شالوده اساسی در قالب‌بندی روش‌های مختلف در تجزیه‌وتحلیل تغییرات اکولوژیکی- اجتماعی هستند و به چالش‌های اساسی در پایداری سیستم‌ها بدل گشته‌اند (Wang et al., 2008 & Miller et al., 2010). به همین ترتیب امروزه مفهوم تاب‌آوری در علوم محیطی و پایداری زیست‌محیطی در حوزه پژوهش‌های جامعه علمی و کاربرد آن در الگوی نظری طرح‌های توسعه در ابعاد مختلف در زمینه‌هایی همانند مقابله با چالش‌های تغییرات آب و هوایی، بحران‌های مالی و تهدیدات امنیتی در کشورهای توسعه نیافته طنین‌انداز شده است (Rigg & Oven, 2015).

در حوزه پژوهش‌های علمی، مفهوم تاب‌آوری از دهه ۱۹۶۰ به‌عنوان یک توده حیاتی ظهور کرد. به‌طوری‌که در ادامه به‌عنوان پارادایم اصلی در رشته‌هایی همچون اکولوژی و احتمالاً گزینه‌ای برای پایداری به‌عنوان هدف غایی از توسعه جایگزین گردید (Béné et al., 2014; Wilson, 2012). چرا که سیستم‌های انسانی به‌طور ویژه و سیستم‌های اجتماعی وابسته به محیط طبیعی در آسیب‌پذیری جوامع انسانی در برابر مخاطرات محیطی نقش برجسته‌ای را در تمرکز به ایده آسیب‌پذیری اجتماعی ایفا می‌کند (Bergstrand, Mayer, Brumback, & Zhang, 2015). درواقع، با موردتوجه قرار گرفتن رویکردهای نظری همانند ارتباط سیستم‌های طبیعی-انسانی و یا اکولوژیکی-اجتماعی تحت لوای پارادایم پایداری، مفاهیمی چون آسیب‌پذیری، تاب‌آوری، در معرض خطر بودن، ظرفیت سازگاری در کانون رویکرد توسعه پایدار قرار گرفتند.

ریشه مفهوم آسیب‌پذیری را می‌توان در مفهوم و تئوری سیستم‌های اکولوژیکی-اجتماعی جست‌وجو کرد که به‌عنوان رویکردی منسجم در فهم پویایی‌هایی موجود در اکوسیستم‌ها و جوامعی که به‌طور پیچیده در ارتباط با یکدیگر هستند. با توجه به تعریف ارائه شده توسط ترنر در سال ۲۰۰۳، مفهوم آسیب‌پذیری احتمال وجود یک سیستم به‌هم‌پیوسته طبیعی- انسانی را بیان می‌دارد جایی که خسارات قابل‌توجهی بر هر دو سیستم محتمل و آن به‌عنوان نتیجه‌ای از در معرض قرارگیری به یک فشار (تغییر یا شوک) که محیط و جامعه پیرامون خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین هدف اولیه از سنجش آسیب‌پذیری شناسایی مردم و مکان‌هایی است که در معرض خطر هستند، علاوه براین شناسایی فعالیت‌هایی است که موجب کاهش آسیب‌پذیری می‌شوند (Stephen & Downing, 2001).

آسیب‌پذیری از منظر جغرافیای انسانی و اکولوژی انسانی بیشتر در برابر تغییرات زیست‌محیطی تعمیم یافته است (Manyena, 2014). در رویکرد سیستم‌های اکولوژیکی- اجتماعی هنگام مطالعه یک سیستم از منظر آسیب‌پذیری، ظرفیت سازگاری یا به عبارتی تاب‌آوری آن نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تاب‌آوری از سه جهت برای مباحث آسیب‌پذیری حائز اهمیت می‌باشد: نخست، تفکر تاب‌آوری داشتن در کل رویکردهای مخاطرات محیطی، روندی را مطالعات مخاطرات طبیعی و ارزیابی تاریخی آن فراهم آورده است. ازاین‌رو، چنین تفکری در سیستم‌های به‌هم‌پیوسته محیطی- انسانی رویکردی جامع در تحلیل آسیب‌پذیری خواهد داشت. ثانیاً، وجود تفکر تاب‌آوری بر توانایی یک سیستم برای مقابله با مخاطرات محیطی تأکید دارد؛ و درنهایت، ازآنجایی‌که آن با پویایی‌های مقابله با مخاطرات درگیر است بنابراین به دنبال جست‌وجو و کمک به گزینه‌های سیاسی برای مقابله با عدم قطعیت‌ها و تغییرات است (Berkes, 2007).

تاب‌آوری در ریشه‌های اولیه آن در اکولوژی در دو مسیر کلی مورداستفاده قرارگرفته است: اولی، تمرکز بر بهبودی یا بازگشت زمان به دنبال یک اختلال و دیگری تمرکز بر چگونگی شدت وقوع اختلال و ظرفیت پایداری آن بدون تغییرات کارکردی است (Miller et al., 2010).

با عنایت بر تعاریف ذکرشده در رابطه با مفهوم تاب‌آوری، بنابراین هنگامی واژه تاب‌آوری مورد توجه قرار می‌گیرد که قبل از آن مخاطره یا تهدیدی در برابر سیستم مورد مطالعه وجود داشته باشد. شایان‌ذکر است که این تفکر غالب در رویکرد سنتی مفهوم تاب‌آوری است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰). لذا هنگام مطالعه یک سیستم از منظر ضرورت‌های

ایجاد تاب‌آوری آن مهم‌ترین و اصلی‌ترین مفهومی که باید مورد ملاحظه قرار گیرد مفهوم آسیب‌پذیری است. به‌طوری‌که مفاهیم آسیب‌پذیری و تاب‌آوری با مفروض دانستن روابط غیرخطی بین این دو مفهوم در قالب یک طیفی که آسیب‌پذیری در یک‌سوی بردار و تاب‌آوری در جهت مقابل آن قرار می‌گیرد (Wilson, 2012).

هرچقدر ظرفیت تاب‌آوری در جامعه یا سیستمی بالاتر باشد به همان اندازه، از شرایط آسیب‌پذیری در امان مانده و قابلیت سازگاری در شرایط بحرانی و هنگام وقوع مخاطره را خواهد داشت (Béné et al., 2014)، بنابراین تاب‌آوری روستایی دربردارنده شرایطی است که در آن ظرفیت یک منطقه روستایی در سازگاری به تغییر شرایط خارجی نظیر راهی برای استاندارد رضایت از زندگی را حفظ کند. همچنین آن شامل ظرفیتی برای بازیابی از سوء مدیریت و اشتباهات حکومتی است (Heijman, Hagelaar, & Heide, 2007).

پژوهش‌های صورت گرفته درزمینهٔ آسیب‌پذیری و تاب‌آوری به‌طور عام طیف وسیعی از رویکردها و حوزه‌های مختلف علمی را در برمی‌گیرد. بررسی مطالعات مرتبط با تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی نشان می‌دهد که ضرورت اصطلاحاتی مانند تاب‌آوری و آسیب‌ناپذیری یکی از بحث‌برانگیزترین موارد است.

مکان تاب‌آور شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های کالبدی و جوامع انسانی است. سیستم‌های کالبدی مؤلفه‌های ساخته‌شده و طبیعی سکونتگاه‌های انسانی است که شامل جاده‌ها، ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، ارتباطات و تأسیسات تأمین انرژی، مسیرهای آب، خاک، توپوگرافی، جغرافیا و سیستم‌های طبیعی است. در هنگام حوادث، سیستم‌های کالبدی باید باقی بمانند و در شرایط سخت نیز به عملکرد خود ادامه دهند. در این زمینه برخی از کشورها از توسعه زیرساخت‌ها در نقش ابزاری برای بهبود تاب‌آوری در برابر مخاطرات استفاده کرده‌اند. برای نمونه، سیاست‌های فعلی مدیریت ریسک سیلاب در هلند به این شیوه است که برای جلوگیری از سیل درزمینهٔ رودخانه راین، آب‌بندها یا سدهای خاکی در نظر گرفته است که در این سیاست استراتژی و سیستمی تاب آور است (Vis et al, 2003). مکان‌های جغرافیایی هم بدون سیستم‌های کالبدی تاب‌آور در برابر حوادث بسیار آسیب‌پذیر خواهد بود.

مفاهیم آسیب‌پذیری و تاب‌آوری، چارچوب‌ها و مدل‌های مفهومی ارزشمندی را برای شناخت چگونگی مقابله جوامع و سیستم‌های انسانی در برابر تغییرات زیست‌محیطی و اجتماعی فراهم آوردند (Adger, 2006). گیلارد[1] (۲۰۰۷) به این نتیجه رسید که جوامع سنتی در مواجه با بلایای طبیعی با استفاده از چهار بعد ماهیت خطر، میزان تاب‌آوری، ساختار فرهنگی و سیاست‌های مدیران می‌توانستند در مواجهه با بلایا مقاومت نشان دهند. کاتر و همکاران[2] در سال ۲۰۱۰ پژوهشی را با عنوان مدل مکان محور[3] برای درک تاب‌آوری جوامع محلی در برابر بلایای طبیعی انجام دادند. این مطالعه چهارچوب جدیدی از جایگاه تاب‌آوری برای ارتقاء روش ارزیابی تاب‌آوری در مقابل بلایا در سطح محلی و منطقه‌ای ارائه می‌دهد و مجموعه‌ای از متغیرها در این مطالعه برای اولین گام در تحقق هدف، مدنظر گرفته‌اند. کانتا

1-Gaillard
2- Cutter
3- Disaster Resilience of Place Model (DROP)

کفله[۱] پژوهشی را در سال ۲۰۱۱ با عنوان اندازه‌گیری تاب‌آوری اجتماعات در برابر بلایای طبیعی بین ساکنین سواحل کشور اندونزی انجام داده است. در این پژوهش عناصر اصلی تاب‌آوری از دیدگاه کفله شامل موارد زیر است: دخالت دادن زنان، کودکان و گروه‌های آسیب‌پذیر در فرآیند تهیه برنامه‌های کاهشی؛ ادغام برنامه‌های جامع و برنامه محلی؛ آگاهی جامعه در مورد خطرهای جدی و خطرهای تهدیدکننده در آینده (Kafle, 2011).

به‌طور ویژه در حوزه سنجش تاب‌آوری و آسیب‌پذیری جوامع روستایی و ارتباط این دو مفهوم از منظر پایداری سیستم‌های به‌هم‌پیوسته طبیعی-انسانی مطالعات ارزشمندی صورت گرفته است. آسیب‌پذیری و تاب‌آوری جوامع روستایی در برابر تغییرات جهانی به‌صورت مطالعه تجربی در جزایر سالامون توسط (Schwarz et al., 2011) انجام گرفت. ارزیابی تاب‌آوری جوامع در برابر بلایای مرتبط با آب‌وهوا در کشور هند توسط جورین[۲] و همکاران (۲۰۱۲)، تاب‌آوری جوامع روستایی در کشور استرالیا در تحقیق مک‌مانوس[۳] و همکاران (۲۰۱۲) با تمرکز بر نقش کشاورزی در اقتصاد محلی، ارزیابی ارتباط آسیب‌پذیری اجتماعی و تاب‌آوری جوامع در برابر مخاطرات محیطی به‌طور ویژه در پژوهش صورت گرفته توسط برگستراند[۴] و همکاران (۲۰۱۵) مورد توجه قرار گرفت. از نگاهی متفاوت به مسئله تاب‌آوری جوامع روستایی می‌توان به پژوهش صورت گرفته توسط بردا-رودیگز و ویکاری[۵] (۲۰۱۴) که در آن بر نقش تعاون روستایی در تاب‌آوری جامعه روستایی در کشور مالاوی تأکید شده است و همچنین به ایجاد تاب‌آوری لیبرال در رابطه با رشد اقتصادی نواحی روستایی و ارتباط آن با بازار در نواحی روستایی آسیا در تحقیق انجام‌شده توسط ریگ و اوون[۶] (۲۰۱۵) اشاره کرد.

مارتینلی[۷] و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود با عنوان بررسی تاب‌آوری اقتصادی اجتماعات محلی متأثر از بلایای طبیعی: مطالعه موردی منطقه خلیج سان فرانسیسکو با استفاده از مدل رشد ساختاری[۸] (SGM) نشان دادند که مهمترین عامل برای ارتقای تاب‌آوری اقتصادی سرمایه‌گذاری روی صنایع فردی در منطقه است. دوغلو[۹] و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان چگونه بازماندگان زلزله سال ۲۰۱۱ در وان ترکیه تاب‌آوری اجتماعی را درک کرده‌اند؟ با روش تحقیق کیفی، نشان دادند که تاب‌آوری به عنوان ارائه توزیع منصفانه خدمات به موقع و حکمروایی خوب، منابع مالی، همچنین به آگاهی، آمادگی و همبستگی اجتماعی قبل از زلزله کمک فراوانی می‌کند.

در میان پژوهش‌های صورت گرفته در داخل کشور رفیعیان و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان تبیین مفهومی تاب‌آوری و شاخص‌سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع‌محور[۱۰] (CBDM)؛ شاخص‌های مؤثر در افزایش تاب‌آوری در برابر سوانح را در چهار بعد اجتماعی، اقتصادی، نهادی و محیطی- کالبدی طبقه‌بندی نموده‌اند. بدری

1- Shesh Kanta Kafle
2- Joerin
3- McManus
4- Bergstrand
5- Borda-Rodriguez & Vicari
6- Rigg & Oven
7- Martinelli
8- Structural Growth Model
9- Dogulu
10- Community Based Disaster Management

و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی نقش مدیریت محلی در ارتقای تاب‌آوری مکانی در برابر بلایای سیلاب دو حوضه‌ی چشمه کیله‌ی شهرستان تنکابن و سردآبرود کلاردشت، به این نتیجه رسیده که جامعه‌ی مورد مطالعه در ۳ اصل سازمان‌دهی و هماهنگی، مدیریت و محافظت از زیربناها و قوانین ساخت‌وساز و کاربری زمین مناسب و در ۷ اصل باقی‌مانده نامطلوب است. بر این مبنا لازم است در برنامه‌ریزی‌ها به بهبود آن‌ها توجه و تأکید شود. علاوه بر این، صادقلو و سجاسی قیداری (۱۳۹۳) رابطه زیست‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی و تاب‌آوری آن را در برابر مخاطرات طبیعی نواحی روستایی مورد بررسی قراردادند، به این نتیجه رسیدند که با افزایش زیست‌پذیر بودن سکونتگاه‌های روستایی میزان تاب‌آوری اجتماعات نیز ارتقاء می‌یابد. و در تحقیقی دیگر رمضان‌زاده لسبوئی و همکاران (۱۳۹۳) تاب‌آوری مناطق نمونه گردشگری در حوضه سیل‌خیز با استفاده از رویکرد روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه را مورد مطالعه قراردادند؛ نتایج نشان‌دهنده‌ی آن است که روستای لتاک در رتبه‌ی اول به‌عنوان وضعیت تاب‌آوری قرار گرفت. رکن الدین افتخاری و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی نقش تنوع معیشتی در تاب‌آوری خانوارهای روستایی در شرایط خشکسالی استان اصفهان به این نتیجه دست یافتند که اتخاذ رویکرد تنوع معیشتی منجر به تاب‌آوری بیشتر خانوارها در شرایط خشکسالی شده است. در روستاهایی که در معرض خشکسالی شدیدتری قرار داشتند، این تنوع معیشتی بیشتر به چشم می‌خورد. سلمانی و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی رویکرد تاب‌آوری جامعه در برابر مخاطرات طبیعی در شهرستان دماوند دریافتند که رویکرد تاب‌آوری این منطقه در گروه اول کنشگر است و در گروه دوم تاب-آوری به عنوان عملکرد، در گروه سوم تاب‌آوری بخشی و در گروه چهارم رویکرد تاب‌آوری و تعادل جهانی بر منطقه حاکم است. آزاده و تقوایی (۱۳۹۶) با تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی در برابر مخاطره زلزله (مطالعه موردی: استان گیلان) به این نتیجه دست یافتند که از مجموع ۲۹۲۵ سکونتگاه روستایی، ۱۳۵۰ روستا با جمعیت نسبی ۲۴،۹ درصد در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله ساکن هستند. ساسان پور و همکاران (۱۳۹۶) در ارزیابی تاب‌آوری منطقه ۱۲ کلانشهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی به این نتیجه رسیدند که مطلوبیت تاب آوری شهری در منطقه ۱۲ کلانشهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی با توجه به کلیه ابعاد و مؤلفه‌ها خیلی ضعیف بوده است و بنابراین این منطقه در برابر مخاطرات طبیعی تاب‌آور و پایدار نیست.

پاشانژاد سیلاب (۱۳۹۶)، پژوهشی با عنوان ایجاد تاب‌آوری روستایی، ضرورتی در توسعه پایدار (نگاهی بر وضعیت نواحی روستایی استان آذربایجان شرقی) را مورد بررسی قرار داده‌اند و به برآورد پهنه‌های آسیب‌پذیر و تاب‌آور اقدام کرده‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش، کمربندی از پهنه‌های آسیب‌پذیر را از جنوب شرقی استان به سمت شمال غربی استان آذربایجان‌شرقی جایی که در ابتدا و انتهای محور مناطق محروم قرار دارند، نشان داد. در ادامه فرایند سنجش در بخش تاب‌آوری نشان دهنده بالاترین ظرفیت در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه قرار دارد.

با مرور مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان بیان کرد که عمدهٔ مطالعات میزان تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری جوامع را در برابر مخاطرات مختلف بررسی کرده‌اند و تمایز این پژوهش با سایر مطالعات انجام شده در این است که ابتدا میزان آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات مشخص و با بررسی میزان تاب‌آوری زیرساختی جوامع نیز مشخص گردید میزان تاب‌آوری نواحی با آسیب‌پذیری بالا در چه سطحی می‌باشد. در این مطالعه با توجه به شاخص‌هایی که در مرور

پیشینه تحقیقات به دست آمد، مجموعه‌ای از شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری و تاب‌آوری زیرساختی جوامع روستایی در برابر مخاطرات طبیعی تعیین و مورد بررسی و تحلیل فضایی قرارگرفته است.

داده‌ها و روش‌ها

روش تحقیق در این نوشتار بر اساس هدف از نوع کاربردی و بر اساس ماهیت، توصیفی - تحلیلی است. مبانی تئوریک آن بر اساس مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و مراجعه به سازمان‌ها و ارگان‌های مربوطه انجام‌گرفته است. درنهایت با مراجعه به محل موردنظر به روش میدانی صحت اطلاعات گردآوری شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

در حالت کلی سه روش برای سنجش آسیب‌محیطی وجود دارد: ۱- روش هم‌پوشانی شاخص-مبنا ۲- مدل ریاضیاتی فرایند-مبنا ۳- تحلیل آمار استنباطی (Sahoo et al., 2016). در پژوهش حاضر، شاخص آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری جوامع روستایی از منظر رویکرد اول ذکر شده مورد استفاده قرارگرفته است. بدین منظور ابتدا برای ایجاد پایگاه داده سیستم اطلاعات جغرافیایی که متشکل از داده‌های فضایی و داده‌های توصیفی به‌صورت رقومی است؛ اطلاعات فضایی (محیطی و کالبدی-زیرساختی) از روی نقشه‌های مربوطه و به کمک نرم‌افزارArcGIS ، زمین مرجع و رقومی و ذخیره گردید و سپس اطلاعات توصیفی، وارد سیستم گردیده و به اطلاعات فضایی متصل گردید تا قابلیت تجزیه‌وتحلیل فراهم گردد.

لذا به‌منظور تلفیق داده‌های موردنظر با استفاده از میزان تأثیرگذاری هرکدام، ابتدا لایه‌های نقشه‌های موردنظر بازتولید و یکسان‌سازی[1] شده و سپس به‌منظور افزایش دقّت در انتخاب شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری و ظرفیت تاب‌آوری زیرساختی جوامع روستایی و انجام مقایسه‌های زوجی، تولید سلسله‌مراتب و محاسبه اوزان بر اساس فرایند سلسله مراتبی فازی (FAHP[2]) عمل شد. برای وزن‌دهی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها از مقایسه‌های زوجی فازی که توسط کارشناسان و اساتید دانشگاه‌ها (۲۰ نفر) انجام شد، استفاده گردید.

در این راستا، از خبرگان خواسته‌شده است که درجه اهمیت شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مربوط به آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری زیرساختی جوامع روستایی را بر اساس طیف ۱ (اهمیت بسیار ناچیز) تا ۹ (اهمیت بسیار حیاتی) مشخص نمایند. هم‌چنین با ارائه یک برگ دستورالعمل برای تکمیل پرسشنامه، نحوه پر کردن پرسشنامه به اعضای جامعه آماری آموزش داده شد و به هنگام پر کردن پرسشنامه‌ها، محقق خود جهت رفع هرگونه ابهام احتمالی حضورداشته است. در کل از ۲۰ نفر کارشناس (اساتید دانشگاه) اطلاعات مورد نظر تهیه شد که ۹۲ درصد از اعضای این نمونه را مردان، ۸۳ درصد بالای سی سال سن، ۹۲ درصد دارای تحصیلات لیسانس و بالاتر و هم‌چنین ۵۹ درصد دارای تجربه‌کاری بیش از ده سال می‌باشند. در ادامه فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) که در تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش حاضر استفاده‌شده است را توضیح خواهیم داد. درنهایت ساختار سلسله مراتبی مورداستفاده

1- Reclassify
2- FUZZY Analytical Hierarchy Process

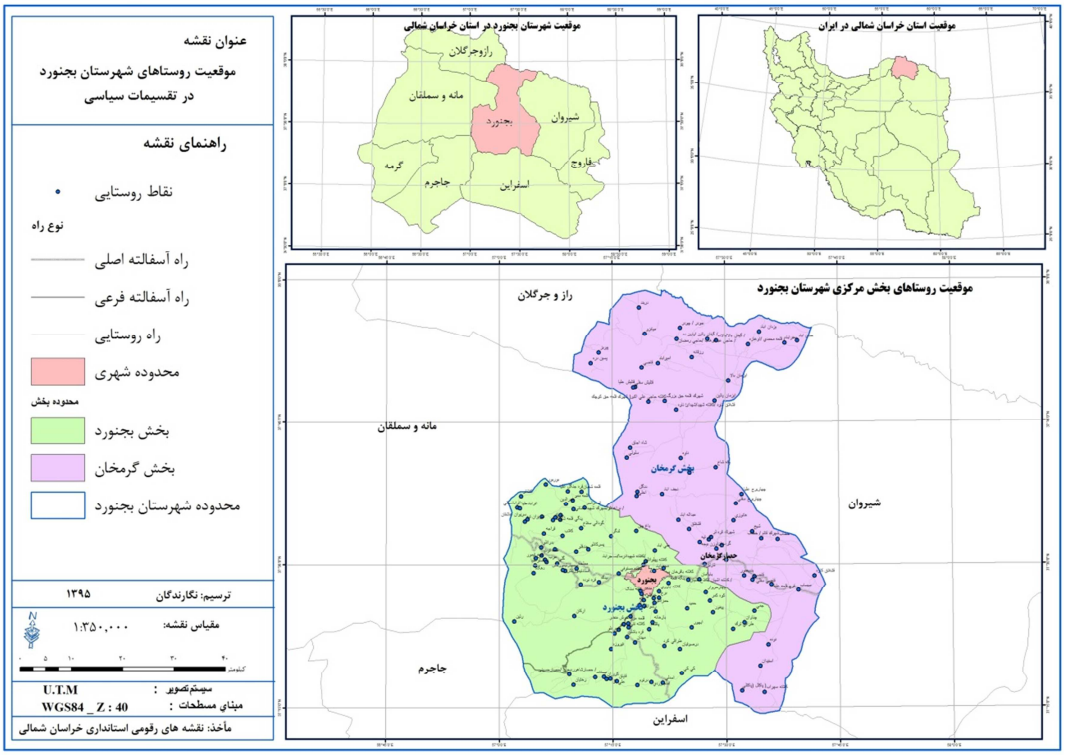
به‌منظور انجام ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص‌های مورداستفاده در شناخت آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری زیرساختی جوامع روستایی است.

در مرحله بعد وزن‌های به‌دست‌آمده از FAHP در محیط ARC GIS با استفاده از Raster calculator در لایه‌های فازی شده ضرب شده است و تلفیق لایه‌ها انجام و نقشه‌های آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری زیرساختی تهیه شد. در مرحله بعد جهت دستیابی به هدف پژوهش و تحلیل نهایی داده‌ها، ابتدا لایه‌های ... با استفاده از توابع فازی[1] در محیط نرم‌افزار Arc GIS فازی سازی شده و سپس با استفاده از عملگر گامای فازی[2] در حد آستانه ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ هم‌پوشانی لایه‌ها صورت گرفته و خروجی مدل‌ها باهم مقایسه و تحلیل نهایی صورت گرفت.

الف: معرفی محدوده مورد مطالعه

در این مطالعه شهرستان بجنورد به‌عنوان محدوده موردمطالعه انتخاب گردید. این شهرستان در مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه تا ۵۷ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی واقع‌شده است. از جهت شمال غرب به راز وجرگلان، از غرب به شهرستان مانه و سملقان و از شرق به شهرستان شیروان و از جنوب به شهرستان اسفراین منتهی می‌شود. این شهرستان در سال ۱۳۹۰ از نظر تقسیمات کشوری دارای دو بخش (مرکزی و گرمخان) و ۵ دهستان می‌باشد. این شهرستان دارای ۲ نقطه شهری به نام بجنورد و حصار گرمخان و ۱۴۶ نقطه روستایی دارای جمعیت می‌باشد. جمعیت کل شهرستان در سال ۱۳۹۰ برابر با ۳۶۵۸۹۵ نفر بوده است که از این مقدار ۵۶/۶۴ درصد در نقاط شهری و ۴۳/۳۶ درصد در نقاط روستایی سکونت داشته‌اند.

1- Fuzzy Function
2- Fuzzy Gama



شکل ۱- تقسیمات سیاسی و موقعیت شهرستان بجنورد در تقسیمات بالاتر، *منبع: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵.*

ب- معرفی شاخص‌ها و معیارهای تحقیق:

با توجه به هدف اصلی مطالعه حاضر که درصدد شناخت قابلیت‌های نواحی روستایی به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری و به عبارتی ارائه چشم‌اندازی از نقاط ضعف نواحی روستایی و آسیب‌پذیری آن است. ازاین‌رو، روش‌شناسی پژوهش شامل دو بخش مجزا است: سنجش آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری جوامع روستایی؛ بنابراین با استفاده از دو شاخص کلی آسیب‌پذیری محیطی[1] و تاب‌آوری جوامع روستایی[2] با تحلیل رابطه بین این دو در سطح شهرستان بجنورد پرداخته می‌شود.

انتخاب معیارها در بخش آسیب‌پذیری بر مبنای پتانسیل مخاطرات محیطی در نواحی روستایی و ویژگی‌های محیطی شهرستان بجنورد صورت گرفته است؛ اما معیارهای بخش تاب‌آوری جوامع روستایی بیانگر قابلیت زیرساخت‌ها و شرایط کلی نواحی روستایی در مقابله با بحران‌های محیطی است.

1- Environmental Vulnerability Index
2- Rural Community Resilience Index

جدول ۱: شاخص‌ها و معیارهای تحقیق

شاخص	مخاطرات طبیعی	معیارها یا لایه‌های اطلاعاتی	شاخص	معیارها یا لایه‌های اطلاعاتی
شاخص آسیب‌پذیری محیطی	زمین‌لغزش	شیب	شاخص تاب‌آوری زیرساختی نواحی روستایی	دسترسی به راه مناسب
		میزان بارندگی		دسترسی عمومی
		پوشش گیاهی		خدمات بهداشتی - درمانی
		نوع سازند		
		فاصله از گسل		مراکز تجاری - خدماتی
		جنس خاک		مراکز اداری- انتظامی
	سیل‌خیزی	فاصله از مسیل		مراکز فرهنگی- آموزشی
		پوشش گیاهی		آتش‌نشانی
		میزان بارندگی		مخابرات و فناوری اطلاعات
	زلزله‌خیزی	فاصله از گسل		کیفیت ابنیه
		جنس خاک		فاصله از شهر
		نوع سازند		فاصله از تجهیزات خطرزا
		شیب		
	وضعیت توپوگرافی	ارتفاع		وجود امکانات آب و برق و گاز
		شیب		

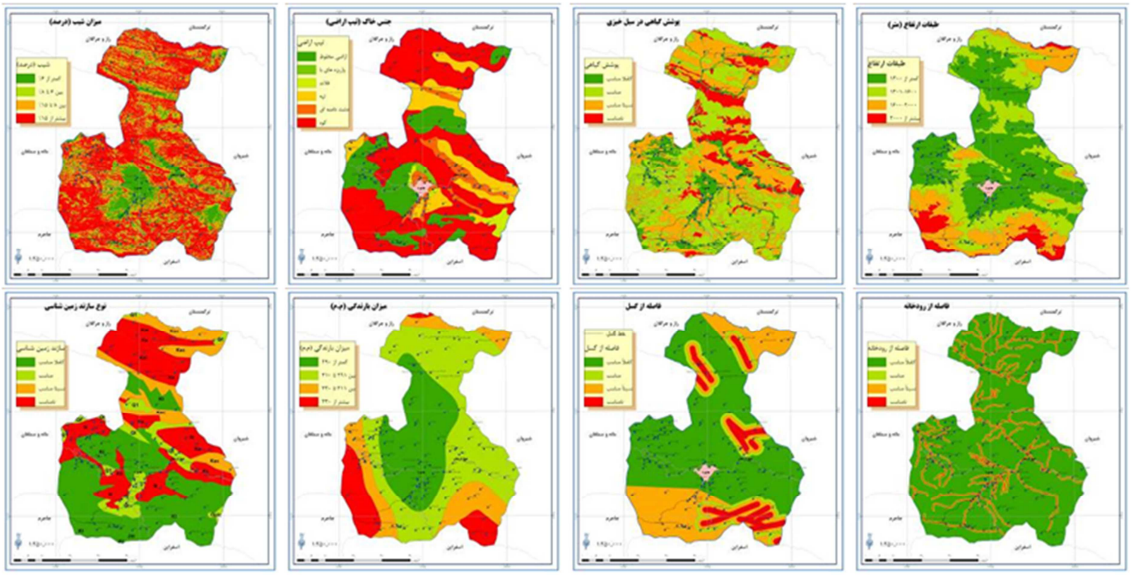
معیارهای شاخص آسیب‌پذیری محیطی جوامع روستایی

این معیارها شامل فاصله از گسل، شیب زمین، جنس خاک (تیپ اراضی)، نوع سازند زمین‌شناسی (لیتولوژی)، فاصله از رودخانه‌ها و سایر انهار، پوشش گیاهی، میزان بارندگی و ارتفاع می‌باشد: تحلیل‌های اولیه لایه‌های سنجش آسیب‌پذیری در شکل ۲ مشخص‌شده است.

در منطقه مورد مطالعه گسل اصلی وجود ندارد لذا برای گسل‌های فرعی موجود در منطقه، در محیط GIS، حریم‌هایی بر اساس استانداردهای موجود، تعریف شده است که پهنه‌های بافاصله بیشتر از ۳۰۰۰ متر از گسل، دارای آسیب‌پذیری کمتری است. برای تهیه نقشه شیب، اطلاعات خطوط تراز ۵۰ متری نقشه توپوگرافی مورداستفاده قرار گرفت؛ و مقدار شیب در نرم‌افزار Arc GIS و نوارابزارهای Spatial Analyze و 3D Analyze استخراج گردید.

نقشه طبقه‌بندی اراضی شهرستان بجنورد بر اساس روش طبقه‌بندی خاک‌ها، با توجه به استاندارد و راهنمای طبقه‌بندی اراضی ایران انجام‌شده است. طبق این نقشه که برای تهیه آن عواملی از قبیل قابلیت نفوذ، بافت، میزان سنگ‌ریزه، عوامل مؤثر خاک، میزان شوری و قلیایی بودن، شیب و توپوگرافی، فرسایش و سیل‌گیری و وضعیت زهکشی زمین در نظر گرفته‌شده است، انواع اراضی موجود در منطقه در ۴ طبقه، تقسیم‌بندی شده است. نقشه سازند زمین شناسی شهرستان نیز با بررسی نقشه زمین‌شناسی منطقه در ۴ نوع، دسته‌بندی‌شده است. برای تهیه نقشه فاصله از رودخانه‌ها نیز مانند فاصله از گسل برای رودخانه‌های دائمی و فصلی موجود در منطقه مورد مطالعه

حریم‌هایی تعریف‌شده است؛ که مشخص شد، تعداد ۱۵ روستای در حریم رودخانه‌ها قرار دارند. لایه پوشش گیاهی منطقه را با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی موسسه تحقیقات آب‌وخاک خراسان شمالی تهیه شد.

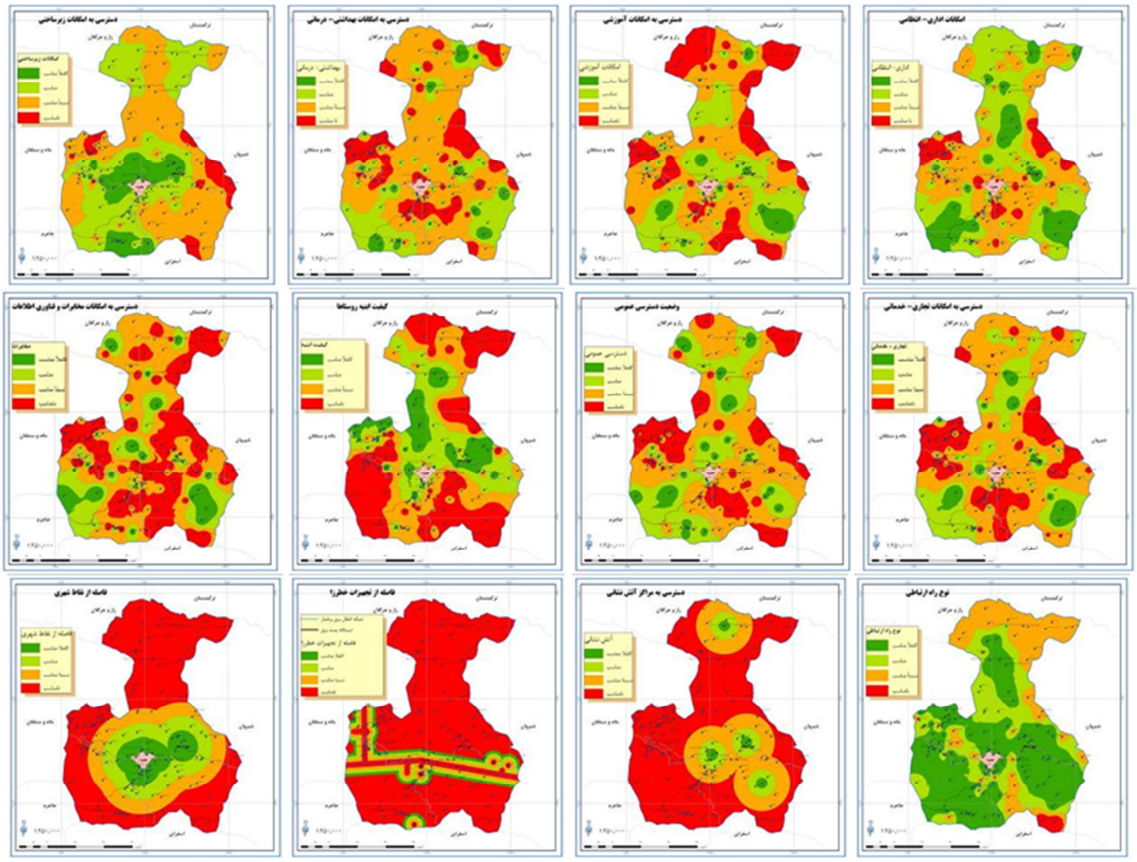


شکل ۲: لایه‌های اولیه سنجش آسیب‌پذیری جامعه روستایی

یکی از زیرشاخه‌های بسیار مهم در سیل‌خیزی و زمین‌لغزش میزان بارندگی است؛ لذا برای تهیه لایه بارش منطقه، از داده‌های نقشه بارش اداره منابع طبیعی استان خراسان شمالی و پژوهشکده اقلیم‌شناسی استان خراسان رضوی استفاده‌شده؛ و نقشه میزان بارندگی در سطح منطقه مورد مطالعه، با استفاده ابزارهای میانیابی یا Interpolation در نرم‌افزار ARCGIS تهیه شد. برای تهیه نقشه سطوح ارتفاعی منطقه از نقشه‌های توپوگرافی استفاده شد. نقشه منطقه برحسب ارتفاع در چهار کلاس طبقه‌بندی گردیده است.

معیارهای شاخص تاب‌آوری زیرساختی جوامع روستایی

همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌گردد، معیارهای این بخش بیشتر بیان‌کننده زیرساخت‌ها و ظرفیت موجود در نواحی روستایی جهت مقابله با آسیب‌های محیطی است. بر همین اساس، برخی از این معیارها از نتایج شناسنامه آبادی‌ها و سرشماری عمومی و نفوس مسکن در سال ۱۳۹۰ در نقاط روستایی استخراج و بر اساس روش کارکردی مجموع امتیاز هر کارکرد برای نواحی روستایی نمونه، محاسبه گردید؛ که برای تبدیل مبنای واحد تحلیل از نقاط روستایی به پهنه شهرستان بجنورد، با استفاده از دستور درون‌یابی (Interpolation) در GIS، نقشه‌های رستری در سطح شهرستان بجنورد تهیه شد. دو معیار فاصله از نواحی شهری، فاصله از تجهیزات خطرزا و فاصله از جاده‌های اصلی، از طریق تابع Euclidean Distance لایه این معیارهای نیز ترسیم گردید.



شکل ۳: لایه‌های اولیه سنجش تاب‌آوری زیرساختی جامعه روستایی

معرفی مدل منطق فازی[1]

بنیان‌گذار منطق فازی پروفسور لطفی‌زاده، استاد دانشگاه کالیفرنیاست. وی منطق فازی را به‌عنوان روشی علمی پایه گذاشت. منطق فازی متدولوژی‌های مختلفی برای بررسی منطقی دانش و علومی که همراه با ابهام و عدم قطعیت هستند را پیشنهاد می‌کند (حسینی، ۱۳۸۱).

فازی بودن طیفی بین سیاه و سفید یا همان خاکستری بودن است که امکان مدل‌سازی برای وضعیت‌های غیرقطعی فراگیر دنیای واقعی را فراهم می‌سازد (Dill et al., 2004). یک مجموعه متعلق به آن مجموعه است. ولی هر یک از اعضای مجموعه‌های فازی با یک درجه عضویتی به آن مجموعه تعلق دارد و این درجه عضویت همواره عددی بین صفر و یک است. در واقع منطق فازی به هر عضو یک مقدار عضویتی را بین صفر و یک نسبت به یک مجموعه می-

1- Fuzzy Logic Model

دهد. پارامترهای موجود در مسئله‌های مکان‌یابی تا حدود زیادی ماهیت فازی دارند. برای مثال فاکتورهای مربوط به فاصله مناسب از برخی عوارض موجود، مجموعه‌های فازی هستند و هر پیکسل با توجه به فاصله‌ای که از عارضه دارد درجه عضویت متفاوتی در این مجموعه دارد. معیار عضویت پیکسل‌ها در مجموعه مطلوب میزان مناسب یا نامناسب بودن آن‌ها و بین ۰ تا ۱ تعیین می‌شود. این مقادیر با استفاده از دانش افراد خبره تعیین می‌شود. اگر تمام پارامترهای مسئله به‌صورت مجموعه‌های فازی با مقادیر عضویت صحیح تعریف شوند می‌توان برای تلفیق پارامترها از اپراتورهای مناسب فازی استفاده نمود.

عملگرهای فازی شامل اشتراک فازی (Fuzzy AND)، اجتماع فازی (Fuzzy OR)، ضرب جبری فازی[1] و جمع جبری فازی[2] و عملگر فازی گاما (Fuzzy Operation Gamma) برای تلفیق مجموعه فاکتورها مورداستفاده قرار می‌گیرند که در اینجا فقط به بیان روابط آن‌ها اکتفا می‌کنیم.

عملگر اشتراک[3] فازی (Fuzzy AND) به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{A\cap B}(x) = \min s[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

اشتراک فازی در یک موقعیت مشخص، حداقل درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه نهایی منظور می‌کند. در مواقعی که دو یا چند فاکتور برای اثبات یک فرضیه بایستی باهم وجود داشته باشند، عملگر اشتراک فازی مناسب است.

عملگر اجتماع[4] فازی (Fuzzy OR) به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{A\cup B}(x) = \max s[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

عملگر اجتماع فازی در یک موقعیت مشخص موجود در فاکتورهای مختلف، حداکثر درجه عضویت واحدهای پیکسلی را استخراج نموده و در نقشه نهایی منظور می‌نماید. درجاهایی که شاخص‌های مکان‌یابی کمیاب هستند و وجود فاکتورهای مثبت برای اظهار مطلوبیت کافی است، این عملگر به کار می‌رود.

عملگرهای Product و Sum فازی که به ضرب جبری فازی و جمع جبری فازی معروف هستند، به ترتیب گرایش حداکثر کاهشی و حداکثر افزایشی دارند و معمولاً به‌تنهایی نتیجهٔ قابل اتکایی ارائه نمی‌دهند و در بدنهٔ عملگر Gama فازی، مورداستفاده قرار می‌گیرند. عملگر Gama فازی، یک حالت کلّی از عملگرهای Product و Sum فازی است که به‌صورت تلفیقی و در قالب رابطهٔ زیر استفاده می‌شود:

$$\mu_{combination}(x) = (\text{Fuzzy Algebraic Sum})^{\delta} \times (\text{Fuzzy Algebraic Product})^{1-\delta}$$

در عملگر Gama فازی و در رابطهٔ بیان‌شده برای آن، مقدار δ بین صفر تا یک متغیر هست. اگر مقدار یک انتخاب شود، تبدیل به عملگر Sum فازی می‌شود و اگر صفر انتخاب شود به عملگر Product تبدیل می‌شود (Bonham-

1- Fuzzy Algebraic product
2- Fuzzy Algebraic Sum
3- Intersection
4- Union

Carter, 1991)؛ بنابراین، باید توجّه شود که انتخاب صحیح مقدار δ، در خروجی تأثیر خواهد گذاشت و می‌تواند در سازگاری گرایش‌های کاهشی که در عملگر Product قرار دارد، با گرایش‌های افزایشی که در عملگر Sum وجود دارد، بسیار تعیین‌کننده باشد (Lee, 2007). علّت استفاده از این عملگر در مطالعهٔ حاضر، به‌کارگیری گرایش‌های کاهشی و افزایشی و تعیین و آزمایش مقدار حدّ آستانهٔ δ، متناسب با شرایط موجود محدودهٔ موردمطالعه و مسألهٔ پژوهش است.

یافته‌های تحقیق

محاسبه ضریب تأثیر شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری زیرساختی نواحی روستایی

با توجه به مطالعات اکتشافی و بر مبنای پتانسیل مخاطرات محیطی در نواحی روستایی و ویژگی‌های محیطی شهرستان بجنورد، فاصله از عوامل محرک در چهار شاخص زمین‌لغزش، زلزله‌خیزی، سیل‌خیزی و وضعیت توپوگرافی در میزان آسیب‌پذیری نواحی روستایی و ۱۲ شاخص در تاب‌آوری زیرساختی نواحی روستایی منطقه مورد مطالعه تأثیرگذار است؛ که برای تعیین ضریب اهمیت این شاخص‌ها و با توجه به اظهارات کارشناسان مراحل زیر انجام شد.

در ابتدا اظهارنظرهای کلامی پاسخگویان نمونه آماری در مورد شاخص‌ها و زیرشاخه‌های تحقیق که بر اساس طیف نه گزینه‌ای ساعتی جمع‌آوری شده‌اند با استفاده از میانگین هندسی دیدگاه خبرگان تجمیع و به اعداد فازی مثلثی تبدیل‌شده است. مقیاس‌های محاوره‌ای به‌منظور تعیین وزن شاخص‌های این مناظر مطابق با جدول (۲) است؛

جدول ۲: ماتریس تجمیع نظرات خبرگان در شاخص‌های اصلی تحقیقمنبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۶

شاخص‌های اصلی	زلزله‌خیزی	زمین‌لغزش	سیل‌خیزی	توپوگرافی	وزن نرمال شده
زلزله‌خیزی	۱،۱،۱	۳، ۴، ۵	۵، ۶، ۷	۹، ۹، ۹	۰،۵۸۰
زمین‌لغزش	۰،۲ ،۰،۲۵ ،۰،۳۳	۱،۱،۱	۵، ۶، ۷	۷، ۸، ۹	۰،۲۸۶
سیل‌خیزی	۰،۱۴، ۰،۱۷، ۰،۲	۰،۱۴، ۰،۱۷، ۰،۲	۱،۱،۱	۶، ۷، ۸	۰،۱۰۲
توپوگرافی	۰،۱۱، ۰،۱۱، ۰،۱۱	۰،۱۱، ۰،۱۳، ۰،۱۴	۰،۱۳، ۰،۱۴، ۰،۱۷	۱،۱،۱	۰،۰۳۲

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۲)، مشخص شد که شاخص‌های زلزله‌خیزی با وزن ۰/۵۸۰، زمین‌لغزش با وزن ۰/۲۸۶ بیشترین وزن را در آسیب‌پذیری محیطی نقاط روستایی بجنورد داشته و در مقابل شاخص توپوگرافی با وزن ۰/۰۳۲ کمترین ضریب تأثیر را در آسیب‌پذیری محیطی روستایی بجنورد دارد.

به‌منظور تعیین اولویت زیر شاخص‌های هر یک از این شاخص‌ها مشابه مراحل فوق عمل می‌کنیم؛ بنابراین به علت حجیم بودن محاسبات فقط نتایج و یافته‌های حاصل از اوزان نهایی هر یک از این زیرشاخه‌های ۴ گانه ارائه می‌شود.

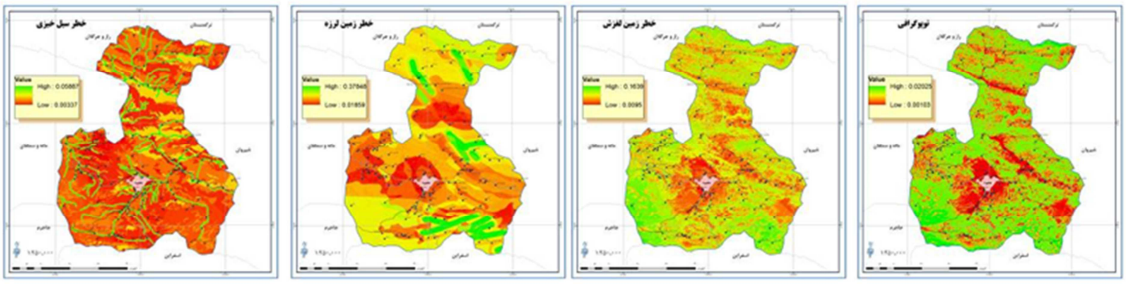
در انتها با مشخص شدن وزن نسبی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها، وزن نهایی یا جامع زیر شاخص‌ها نسبت به هم محاسبه می‌شود که برای این منظور وزن شاخص‌های اصلی در وزن نسبی زیر شاخص‌های مربوط به آن شاخص ضرب می‌گردد. وزن جامع زیر شاخص‌ها مبنای تهیه نقشه‌های مربوطه است.

پس از تهیه نقشه‌های موردنیاز برای ضرب رستری جهت مشخص نمودن پهنه‌های آسیب‌پذیر و ادغام نمودن نقشه‌ها، می‌بایست لایه‌های مؤثر (معیارها) در هر شاخص را استاندارد کنیم؛ یعنی لایه‌ها را با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری به مقیاسی تبدیل شوند که بتوان آن‌ها را با یکدیگر ادغام کرد (شهابی، ۱۳۸۸، ص. ۹). بدین منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده‌شده است. در مرحله بعد وزن نهایی هرگزینه (طبقه) در یک فرایند سلسله مراتبی را از مجموعه حاصل‌ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها به دست می‌آید (جدول ۳)؛ که برای تلفیق معیارها بر اساس وزن به‌دست‌آمده، نقشه‌های مربوطه وزن‌دار شده است. برای این منظور وزن‌های به‌دست‌آمده از FAHP در محیط ARC GIS با استفاده از Raster calculator در لایه‌های فازی شده ضرب می‌شود.

جدول ۳: وزن نهایی شاخص‌های آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری زیرساختی سکونتگاه‌های روستایی بر مبنای FAHP

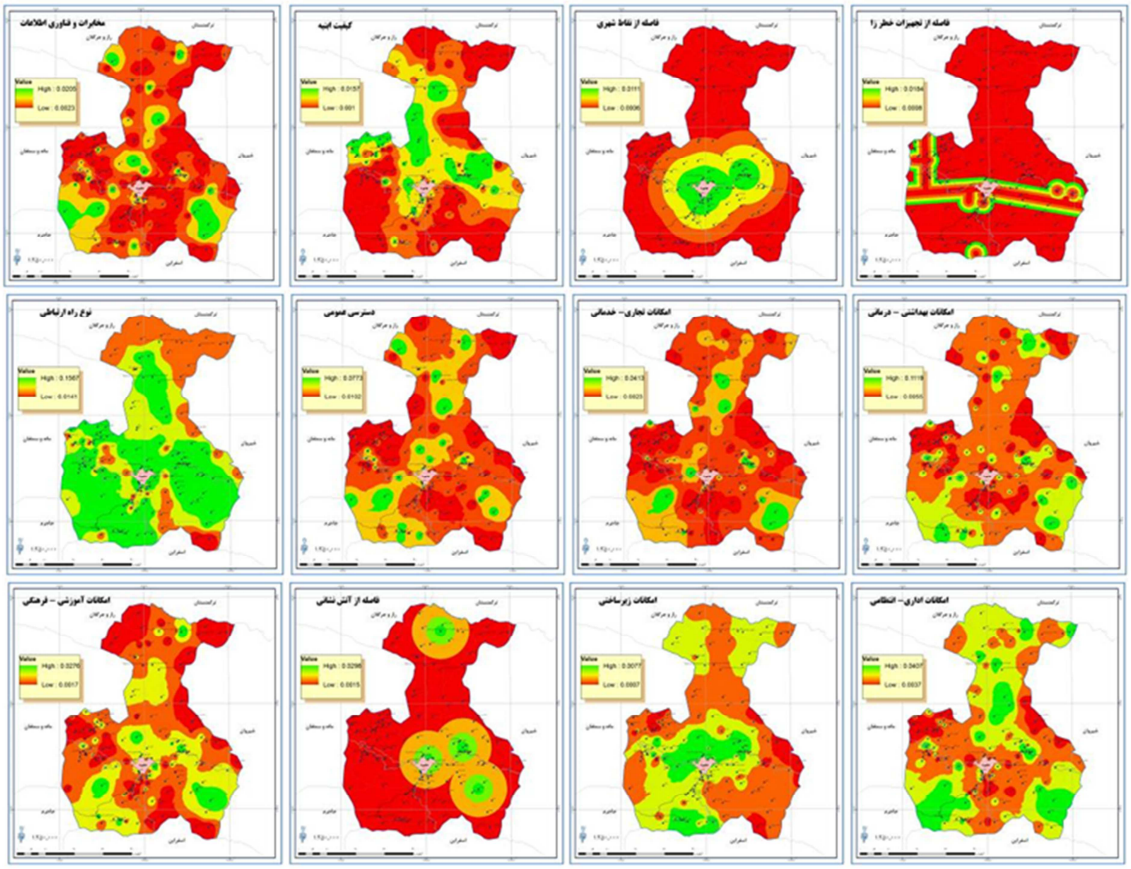
شاخص	مخاطرات	وزن نسبی	لایه‌های اطلاعاتی	وزن نسبی لایه	وزن نهایی	شاخص	لایه‌های اطلاعاتی	وزن لایه
آسیب‌پذیری محیطی	زمین‌لغزش	۰,۲۸۶	شیب	۰,۴۸۲۰	۰,۱۳۷۸	تاب‌آوری زیرساختی	نوع راه	۰,۳۰۳۷
			میزان بارندگی	۰,۲۴۷۸	۰,۰۷۰۹		خدمات بهداشتی - درمانی	۰,۱۹۳۵
			پوشش گیاهی	۰,۱۳۵۰	۰,۰۳۸۶			
			نوع سازند زمین‌شناسی	۰,۰۶۹۸	۰,۰۲۰۰		خدمات آموزشی - فرهنگی	۰,۰۴۸۳
			فاصله از گسل	۰,۰۴۳۵	۰,۰۱۲۴		مراکز تجاری - خدماتی	۰,۰۶۰۷
			جنس خاک	۰,۰۲۲۰	۰,۰۰۶۳		مخابرات و ارتباطات	۰,۰۳۵۷
	سیل‌خیزی	۰,۱۰۲	فاصله از مسیل	۰,۷۱۹۷	۰,۰۷۳۴		کیفیت ابنیه	۰,۰۲۷۷
			پوشش گیاهی	۰,۲۲۹۱	۰,۰۲۳۴		امکانات زیرساختی (برق، آب و گاز)	۰,۰۱۴۹
			میزان بارندگی	۰,۰۵۱۱	۰,۰۰۵۲			
	زلزله‌خیزی	۰,۵۸۰	فاصله از گسل	۰,۵۴۴۹	۰,۳۱۶۰		دسترسی به خدمات اداری- انتظامی	۰,۰۷۸۹
			جنس خاک	۰,۲۷۸۵	۰,۱۶۱۵			
			نوع سازند زمین‌شناسی	۰,۱۳۳۱	۰,۰۷۷۲		دسترسی عمومی	۰,۱۳۵۴
			شیب	۰,۰۴۳۵	۰,۰۲۵۲		دسترسی آتش‌نشانی	۰,۰۵۲۱
	توپوگرافی	۰,۰۳۲	ارتفاع	۰,۱۶۸۶	۰,۰۰۵۴		فاصله از شهر	۰,۰۱۹۷
			شیب	۰,۸۳۱۴	۰,۰۲۶۶		فاصله از تجهیزات خطرزا	۰,۰۲۹۴

همان‌طور که قبلاً توضیح دادیم برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری محیطی، چهار نقشه زلزله‌خیزی، زمین‌لغزش، سیل‌خیزی و توپوگرافی، با توجه به وزن شاخص‌ها (جدول ۳)، تلفیق‌شده و شاخص‌های اصلی برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری محیطی آماده‌شده است (شکل ۴).



شکل ۴: نقشه‌های وزن‌دار لایه‌های سنجش آسیب‌پذیری جامعه روستایی با مدل FAHP

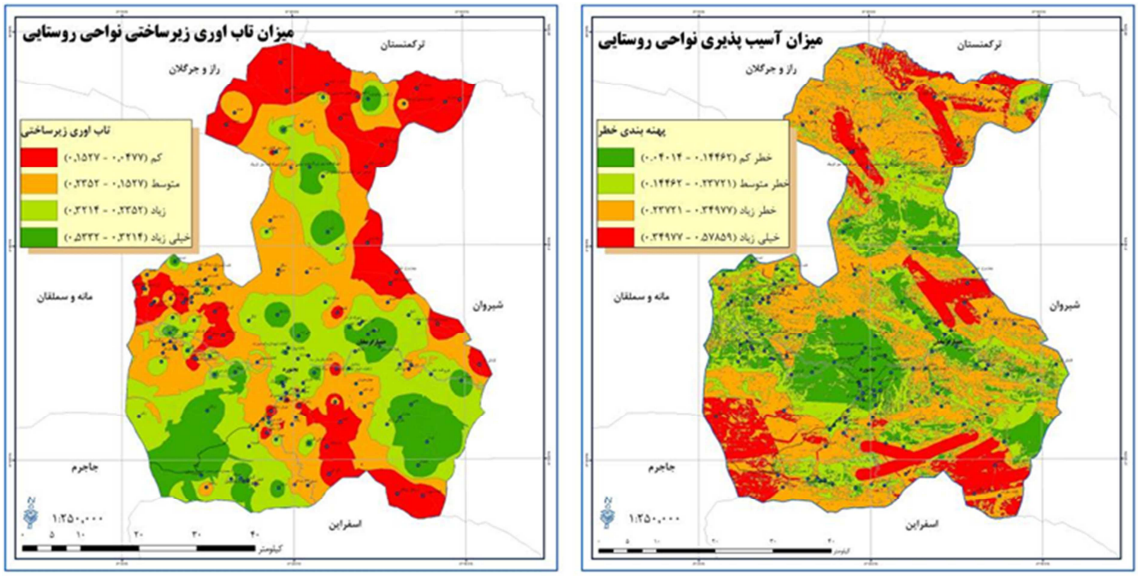
شکل زیر نقشه‌های وزن‌دار لایه‌های تاب‌آوری زیرساختی روستایی در شهرستان بجنورد را نشان می‌دهد.



شکل ۵: نقشه‌های وزن‌دار لایه‌های سنجش تاب‌آوری زیرساختی روستایی با مدل FAHP

۲- پهنه‌بندی آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری زیرساختی با مدل FAHP در شهرستان بجنورد

در این مرحله بعد از محاسبه وزن لایه‌ها، باید نقشه‌هایی که طبقه‌بندی مجدد شده و برای ورودی مدل آماده شده‌اند، وارد مدل شده و وزن‌های به‌دست‌آمده را نیز وارد کرد و در مرحله آخر با تلفیق لایه‌ها در محیط نرم‌افزار GIS و با استفاده از Extention تحلیل مکانی (Spatial Analysts) و دستور Raster calculator، نقشه مجموع امتیاز معیارهای مختلف به دست می‌آید که با طبقه‌بندی (Reclass) لایه به ۴ طبقه، خروجی حاصل از مدل فوق، نقشه آسیب‌پذیری محیطی و نقشه تاب‌آوری زیرساختی روستایی در شهرستان بجنورد است.



شکل ۶- پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری جوامع روستایی شهرستان بجنورد با مدل FAHP

نتایج به‌دست‌آمده در بخش آسیب‌پذیری حاکی از این است که بیشترین پهنه‌های آسیب‌پذیر در منطقه جنوب و شمال شهرستان قرارگرفته است. پهنه‌هایی که در نقشه با رنگ قرمز مشخص‌شده است. براین اساس دهستان‌های آلاداغ، گیفان و شرق گرمخان در بیشترین میزان آسیب‌پذیری محیطی قرارگرفته است. نتایج به‌دست‌آمده از تاب‌آوری نیز حاکی از این است که بخش‌های جنوب غرب، جنوب شرق و مرکز شهرستان بیشترین میزان تاب‌آوری را داشته است که در نقشه با رنگ سبز مشخص‌شده است. در کل می‌توان گفت که نواحی مرکزی شهرستان درعین‌حال که از تاب‌آوری نسبتاً بالایی برخوردار هستند از آسیب‌پذیری کمتری هم برخوردار بوده است، تراکم بیشتر نقاط روستایی در این پهنه‌ها نشان از تائید این نکته می‌تواند باشد.

جدول ۴: پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری و تاب‌آوری زیرساختی روستاهای شهرستان بجنورد

آسیب‌پذیری	مساحت		روستای موجود		تاب‌آوری	مساحت		روستای موجود	
	کیلومترمربع	درصد	تعداد	درصد		کیلومترمربع	درصد	تعداد	درصد
کم‌خطر	۵۲۳	۱۶,۳۲	۴۴	۳۰,۱۴	**خیلی زیاد**	۵۰۰	۱۵,۶۰	۳۰	۲۰,۵۵
خطر متوسط	۸۶۵	۲۶,۹۹	۵۵	۳۷,۶۷	**زیاد**	۹۲۰	۲۸,۷۱	۳۹	۲۶,۷۱
خطر زیاد	۱۳۰۰	۴۰,۵۶	۳۷	۲۵,۳۴	**متوسط**	۱۰۲۰	۳۱,۸۳	۴۰	۲۷,۴۰
خیلی زیاد	۵۱۷	۱۶,۱۳	۱۰	۶,۸۵	**کم**	۷۶۵	۲۳,۸۷	۳۷	۲۵,۳۴
جمع	۳۲۰۵	۱۰۰	۱۴۶	۱۰۰	**جمع**	۳۲۰۵	۱۰۰	۱۴۶	۱۰۰

با توجه به داده‌های جدول شماره ۶، می‌توان گفت که تقریباً ۱۶,۱۳ درصد از مساحت شهرستان از آسیب‌پذیری محیطی خیلی زیاد برخوردار بوده است که تعداد ۱۰ روستای شهرستان (مانند رئین، ایزمان بالا، قتلیش سفلی، دنگل و ...) در این پهنه قرارگرفته است. حدود ۶۸ درصد روستاهای شهرستان در پهنه‌های خطر کم و متوسط قرارگرفته است. همچنین ازنظر شاخص تاب‌آوری حدود ۴۷ درصد روستاهای شهرستان از تاب‌آوری زیاد و خیلی زیاد برخوردار بوده است.

۳- بهره‌گیری از منطق فازی در GIS برای تعیین ظرفیت تاب‌آوری و آسیب‌پذیری روستایی

پس از وزن دهی به معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری زیرساختی نواحی روستایی، در این مرحله با استفاده از تکنیک منطق فازی به تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری و تاب‌آوری نواحی روستایی در شهرستان بجنورد می‌پردازیم.

با توجه به ویژگی‌ها و عملگرهای منطق فازی، توصیف پارامترهای مسئله و اوزان مربوط به آن‌ها بر اساس این مدل با واقعیت تطابق بسیاری خواهد داشت. در این حالت با هریک از این عوامل و مقادیر وزن آن‌ها به‌صورت مجموعه‌های فازی برخورد می‌شود که تابع عضویت آن‌ها به روش‌های مختلفی تعیین می‌شود. البته در کاربردهای مدل فازی در مکان‌یابی اغلب از عملگرهای فازی برای تلفیق داده‌های مکانی موجود استفاده می‌شود، درحالی‌که برای دریافت خروجی دقیق از این مدل باید سیستمی فازی طراحی شود که نقشه‌های فاکتور به‌عنوان ورودی این سیستم تبدیل به مجموعه‌های فازی شوند. سپس نقشه‌ها بر اساس قوانین از قبل تعیین‌شده، عمل تلفیق نقشه‌ها صورت گیرد (سعدی مسگری و همکاران، ۱۳۸۵).

مراحل پیاده‌سازی مدل منطق فازی در GIS

۱-محاسبه فاصله اقلیدسی معیارها: ابتدا فاصله اقلیدسی معیارها با استفاده از ابزار Distance در تحلیل‌گر مکانی (Spatial Analyst) محاسبه‌شده است به دست آمد. لایه رقومی فاصله هر معیار به‌صورت جداگانه با اندازه پیکسل ۱۰۰ استخراج گردیده و سپس هر یک از لایه‌ها در وزن به‌دست آمده از FAHP ضرب شده و لایه‌ها وزن‌دار به‌دست آمده است (شکل ۴ و ۵).

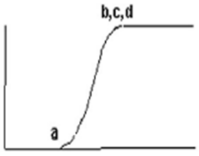
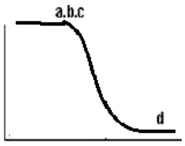
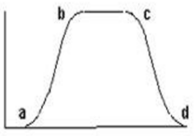
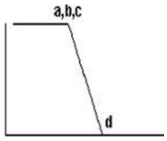
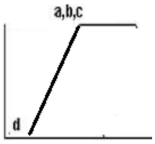
۲-تعریف مقدار عضویت فازی معیارها: یکی از مراحل مهم در منطق فازی، تعریف کردن مقدار عضویت فازی برای هر یک از معیارها بوده است. در این مدل، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می‌شود (وارثی و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۶-۵۵).

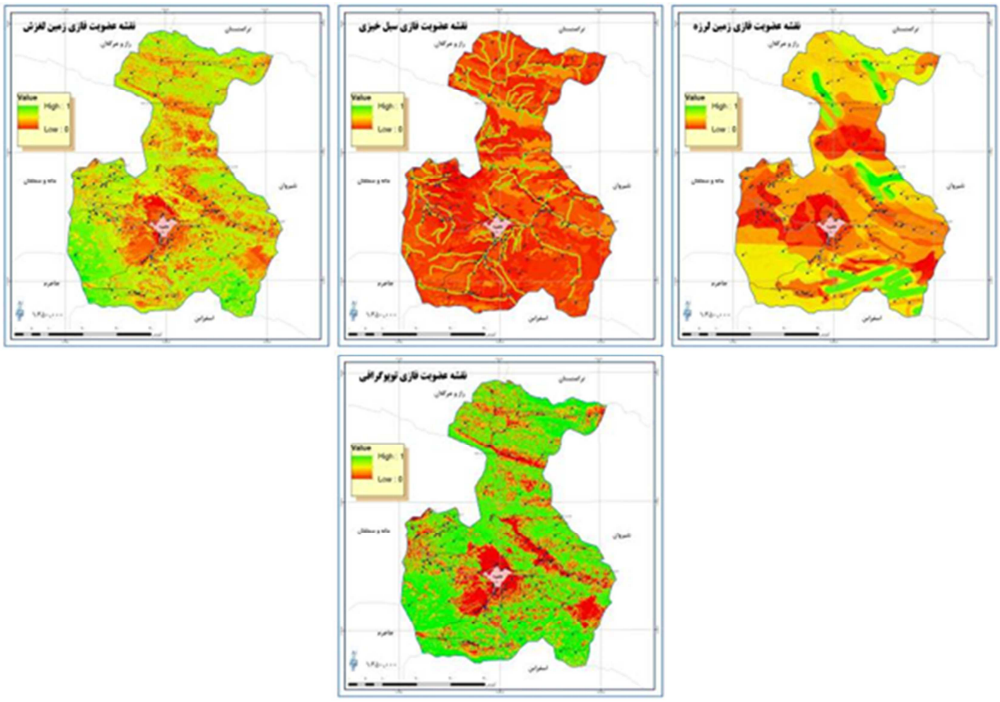
بدین منظور از دستور عملیاتی Membership Fuzzy در ابزار Arc Toolbox و تحلیل‌گر مکانی (Spatial Analyst) استفاده گردیده است. درواقع تعریف میزان عضویت فازی، همان استانداردسازی معیارها بوده که یکی از مراحل مهم روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) است.

توابع عضویت در درجات فازی عبارت‌اند از: Large، Small، Ms Large، Ms Small، Near، Gaussian و Linear.

انتخاب تابع برای فازی‌سازی با توجه به ماهیت، اهمیت و رابطه هرکدام از معیارها با هدف انتخاب می‌شود. چون استفاده از مدل منطق فازی در پهنه‌بندی زمین‌لغزش بر مبنای تحلیل‌های رستری (شبکه‌ای) است، باید هر پیکسل در هر معیار با توجه به تابع ایده‌آل، ارزش عضویتی از صفر تا یک را به خود بگیرد؛ بنابراین با توجه به ماهیت لایه‌ها توابع عضویت مناسب به شرح جدول شماره استفاده گردیده است. نمونه‌هایی از لایه‌های رقومی حاصل از Fuzzy Membership در زیر آمده است (شکل ۷).

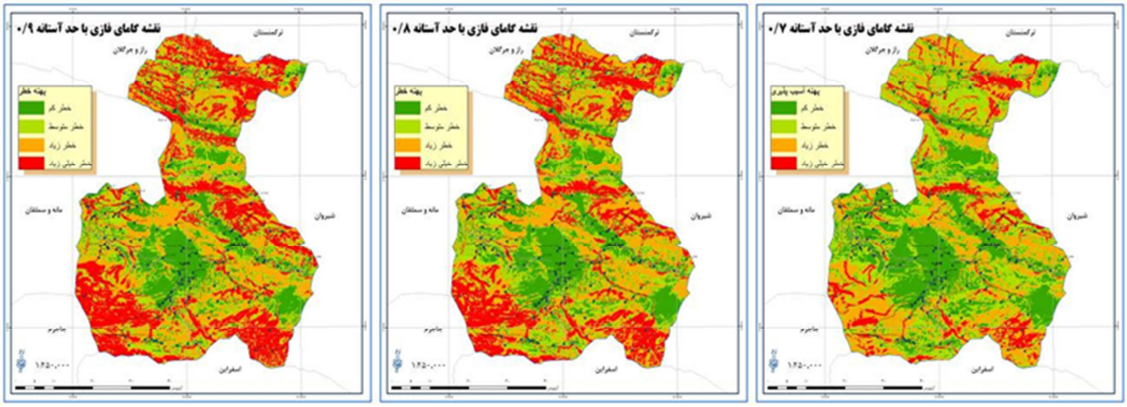
جدول ۵: شکل و فرمول لایه‌ها جهت استانداردسازی نقشه‌ها در منطق فازی، منبع: *Eastman, 2012*

معیار (لایه)	نوع تابع	شکل تابع	فرمول تابع فازی
فاصله از مسیل فاصله از پهنه‌های زلزله‌خیز و سیل‌خیز و زمین‌لغزش	S شکل افزایشی		$\mu = \cos^2 a$ $a = (1-(x - point\,a)/(point\,b - point\,a)) \times pi/2$ $when\ x > point\,b, \mu = 1$
دسترسی عمومی و نوع راه، دسترسی به امکانات آموزشی، تجاری، ارتباطات و فناوری اطلاعات، کیفیت ابنیه، امکانات زیرساختی، اداری- انتظامی	S شکل کاهشی		$\mu = \cos^2 a$ $a = (x - point\,c)/(point\,d - point\,c)) \times pi/2$ $when\ x > point\,c, \mu = 1$
فاصله از شهرها فاصله از آتش‌نشانی پوشش گیاهی، جنس خاک و نوع سازند زمین‌شناسی	S شکل متقارن		$\mu = \cos^2 a$ $a = (1-(x - point a)/(point b - point a)) \times pi/2$ $a = (x - point c)/(point d - point c)) \times pi/2$ $when\ point b < x < point c, \mu = 1$
میزان بارندگی، شیب و ارتفاع دسترسی به بهداشتی - درمانی	خطی کاهشی		$\mu = (1-(x - point\,c) \times (1/(point\,d - point\,c)))$ $when\ x < point\,c, \mu = 1$ $when\ x > point\,d, \mu = 0$
فاصله از تجهیزات خطرزا فاصله از گسل	خطی افزایشی		$\mu = (x - point\,a) \times (1/(point\,b - point\,a))$ $when\ x < point\,a, \mu = 0$ $when\ x > point\,b, \mu = 1$

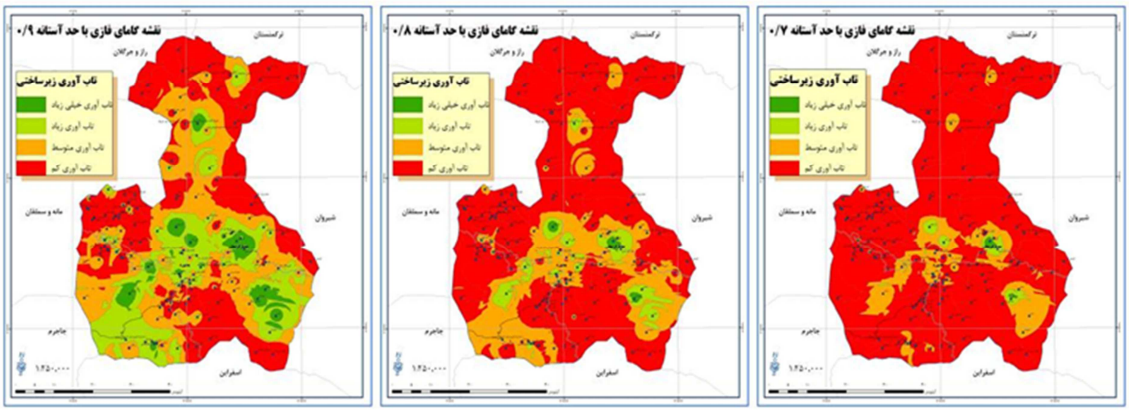


شکل ۷: نقشه مقدار عضویت لایه‌ها با مدل منطق فازی

۳- عملیات همپوشانی فازی (Fuzzy Overlay): بعد از مرحله فازی سازی معیارهای مؤثر با استفاده از مدل نسبت فراوانی (عضویت فازی) در نرم‌افزار Arc GIS از طریق روی‌هم گذاری لایه‌های طبقات مؤثر در آسیب‌پذیری و تاب‌آوری با دستور Fuzzy Overlay، نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری از طریق عملگر فازی گاما با لانداهای ۰/۷ ، ۰/۸ و ۰/۹ تهیه شدند.



شکل ۸: نقشه گامای فازی ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ آسیب‌پذیری شهرستان بجنورد

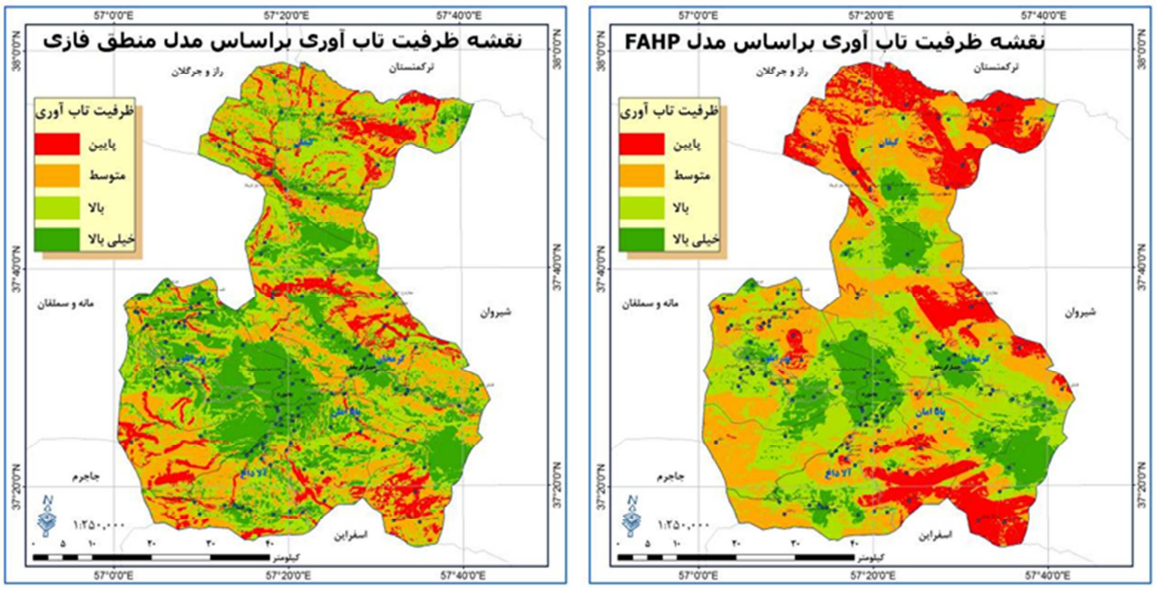


شکل ۹: نقشه گامای فازی ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ تاب‌آوری روستایی شهرستان بجنورد

لایه رقومی حاصل از عملیات همپوشانی، میزان تاب‌آوری و آسیب‌پذیری نواحی روستایی شهرستان بجنورد در شکل (۸ و ۹) نشان داده‌شده است. بطوریکه در این نقشه، هراندازه پیکسل‌ها به رنگ قرمز نزدیک‌تر شده آسیب‌پذیری بیشتر شده و تاب‌آوری و ظرفیت زیرساختی فضاها کاسته می‌شود و برعکس پیکسل‌هایی که دارای رنگ سبز بوده کم‌خطرترین و با ظرفیت‌ترین مکان‌های روستایی هستند. نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش حدّ آستانه‌های ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن شرایط موجود، استقرار امکانات منتخب پژوهش در نواحی روستایی شهرستان بجنورد، برای شاخص تاب‌آوری حد آستانه ۰/۹ و برای شاخص آسیب‌پذیری حد آستانه ۰/۷ بهتر توانسته است یک سازگاری قابل‌انعطاف بین گرایش‌های افزایشی و کاهشی امکانات زیرساختی نسبت به استقرار و هم‌جواری با فضاهای روستایی و پهنه‌های خطر برقرار کند. این در حالی است که این مسئله با حساسیت کمتری در دو حدّ آستانهٔ دیگر مشاهده می‌شود زیرا در این دو حدّ آستانه با شدت و ضعف متفاوت، اثرات برخی از امکانات زیرساختی و اثر پهنه‌های خطر لحاظ نشده است. این مسئله به‌خصوص در حدّ آستانهٔ ۰/۷ بیشتر مشاهده می‌شود؛ بنابراین برای تحلیل نهایی شاخص‌های آسیب‌پذیری و مقایسه نتایج مدل منطق فازی در GIS و مدل FAHP در GIS (جمع لایه‌های وزن‌دار با دستور Raster Calculator)، از خروجی گامای ۰/۷ و برای شاخص تاب‌آوری زیرساختی از خروجی گامای ۰/۹ استفاده شده است.

۴- مقایسه نتایج دو مدل منطق فازی و FAHP و تهیه نقشه ظرفیت تاب‌آوری نواحی روستایی بجنورد

برای اینکه بتوان ظرفیت تاب‌آوری جوامع روستایی در سطح شهرستان بجنورد را شناخت میزان تفاضل دو شاخص آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری جوامع روستایی از طریق تابع Raster Calculator در محیط نرم‌افزار GIS محاسبه گردید. شکل ۱۰ نشان‌دهنده ظرفیت تاب‌آوری واقعی و تفاضل دو شاخص اصلی پژوهش است که بر اساس روش Natural Breaks (Jenks) در چهار طبقه تاب‌آوری پایین، متوسط، بالا و خیلی بالا تهیه‌شده است.



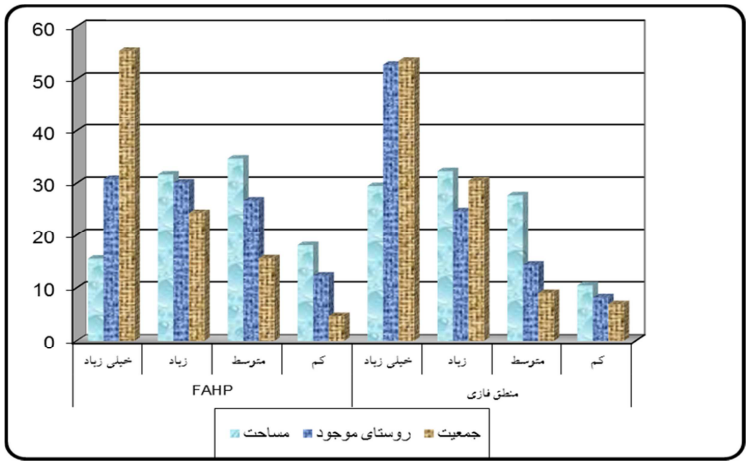
شکل ۱۰: ظرفیت تاب‌آوری جوامع روستایی در شهرستان بجنورد بر اساس مدل منطق فازی و FAHP در GIS

تحلیل رابطه بین آسیب‌پذیری محیطی و تاب‌آوری جوامع روستایی در سطح دهستان‌های شهرستان بجنورد حاکی از این است که در شرق و جنوب دهستان گرمخان، جنوب شرقی دهستان آلاداغ و نیمه شمالی دهستان گیفان، بیشترین توزیع پهنه طبقه تاب‌آوری پایین قرارگرفته است (شکل ۱۰). با نگاهی به مقایسه نقشه آسیب‌پذیری با نقاط روستایی شهرستان به این نتیجه می‌رسیم که تعدادی از روستاها در محدوده‌های آسیب‌پذیری واقع شده‌اند، بطوریکه در پهنه‌های در جنوب و شمال منطقه که پهنه‌ای با آسیب‌پذیری بالا است، چندین روستا (مانند قتلیش سفلی، قتلیش علیا، دنگل، چهاربرج سفلی، اسفیدان، ایزمان بالا و ...) قرار گرفته‌اند که این وضعیت نشان‌دهنده مکان‌یابی نامطلوب تعدادی از روستاهای شهرستان است. این در حالی است که این مناطق آسیب‌پذیرتر با پهنه‌های با تاب‌آوری کمتر منطبق بوده است. لذا ضرورت افزایش امکانات و تاب‌آوری این نقاط بیشتر احساس می‌شود.

مطابق سرشماری عمومی و نفوس سال ۱۳۹۰ جمعیت ساکن در نواحی روستایی در شهرستان بجنورد برابر با ۹۳۲۵۸ نفر بوده است که از میان ۴۶۲۷۳ نفر مرد و ۴۶۹۸۵ نفر زن بوده‌اند. جدول ۶ نشان‌دهنده میزان تاب‌آوری پهنه‌های مختلف و تعداد روستا و جمعیت موجود در پهنه‌ها است.

جدول ۶: پهنه‌بندی ظرفیت تاب‌آوری زیرساختی روستاهای شهرستان بجنورد

مدل	طبقه	مساحت		روستای موجود		جمعیت	
		کیلومترمربع	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
FAHP	خیلی زیاد	۴۹۸	۱۵/۵۴	۴۵	۳۰/۸۲	۵۱۶۴۵	۵۵/۳۸
	زیاد	۱۰۱۵	۳۱/۶۷	۴۴	۳۰/۱۴	۲۲۶۷۶	۲۴/۳۲
	متوسط	۱۱۱۲	۳۴/۷۰	۳۹	۲۶/۷۱	۱۴۵۵۱	۱۵/۶۰
	کم	۵۸۰	۱۸/۱۰	۱۸	۱۲/۳۳	۴۳۸۶	۴/۷۰
	جمع	۳۲۰۵	۱۰۰	۱۴۶	۱۰۰	۹۳۲۵۸	۱۰۰
منطق فازی	خیلی زیاد	۹۴۵	۲۹/۴۹	۷۷	۵۲/۷۴	۴۹۸۸۴	۵۳/۴۹
	زیاد	۱۰۳۶	۳۲/۳۲	۳۶	۲۴/۶۶	۲۸۴۶۵	۳۰/۵۲
	متوسط	۸۸۸	۲۷/۷۱	۲۱	۱۴/۳۸	۸۴۳۶	۹/۰۵
	کم	۳۳۶	۱۰/۴۸	۱۲	۸/۲۲	۶۴۷۳	۶/۹۴
	جمع	۳۲۰۵	۱۰۰	۱۴۶	۱۰۰	۹۳۲۵۸	۱۰۰



شکل ۱۱: مقایسه خروجی دو مدل FAHP و منطق فازی برای ظرفیت تاب‌آوری زیرساختی

بر اساس نتایج جدول ۶ و شکل ۱۱ مشاهده می‌شود که بر اساس خروجی FAHP، طبقه تاب‌آوری خیلی زیاد تنها ۱۵ درصد مساحت شهرستان را در برگرفته و ۳۱ درصد نقاط روستایی شهرستان و ۵۵ درصد جمعیت روستایی شهرستان در این طبقه قرارگرفته است که بر اساس خروجی منطق فازی، طبقه تاب‌آوری خیلی زیاد حدود ۳۰ درصد مساحت شهرستان را در برگرفته و حدود ۵۳ درصد نقاط روستایی و حدود ۵۳ درصد جمعیت روستایی شهرستان در طبقه اول قرارگرفته است. در مقابل بر اساس منطق فازی ۱۲ روستا و حدود ۷ درصد جمعیت روستایی در طبقه ظرفیت تاب‌آوری پایین قرارگرفته است که بر اساس مدل FAHP حدود ۵ درصد جمعیت روستایی در طبقه تاب‌آوری پایین قرارگرفته است (شکل ۱۱).

در انتها برای صحت طبقه‌بندی دو مدل پژوهش از ضریب کاپای کوهن[1] استفاده‌شده است. این ضریب بررسی و ارزیابی میزان و نحوه‌ی ارتباط بین دو اندازه‌گیری می‌پردازد. تفاوت این مفهوم با سایر مفاهیم ارتباط (Correlation)آماری، سنجش جداگانه اندازه‌های این دو متغیر توسط دو فرد و یا دو مدل تصمیم‌گیری است. درنهایت آنچه در ضریب کاپای کوهن به دنبال آن هستیم ارزیابی اندازه تطابق بین دو مدل یا منبع تصمیم‌گیری است که هر یک به‌صورت جداگانه دو کمیت اصلی ما را مورداندازه‌گیری قرار داده‌اند. ضریب کاپا و تحلیل آماری مبتنی بر آن اندازه‌ای عددی بین ۱- تا ۱+ است که هر چه به ۱+ نزدیک‌تر باشد بیانگر وجود توافق متناسب و مستقیم است. اندازه‌های نزدیک به ۱- نشان‌دهنده وجود توافق وارون و عکس و اندازه‌های نزدیک به صفر عدم توافق را نشان می‌دهد (Carletta, 1996: 249-254). برای این آزمون وضعیت روستاهای شهرستان در طبقه‌بندی انجام‌شده در دو مدل موردمطالعه مشخص شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS میزان توافق خروجی دو مدل موردمطالعه بررسی شد که نتایج این آزمون در جداول زیر آمده است.

جدول ۷: مقایسه متقاطع طبقه‌بندی دو مدل FAHP و منطق فازی (عملگر Gamma)

شاخص آماری			خروجی FAHP				جمع کل
			کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	
خروجی منطق فازی (عملگر Gamma)	کم	تعداد	۴	۵	۲	۱	۱۲
		تعداد مورد انتظار	۱/۵	۳/۲	۳/۶	۳/۷	۱۲/۰
	متوسط	تعداد	۶	۹	۵	۱	۲۱
		تعداد مورد انتظار	۲/۶	۵/۶	۶/۳	۶/۵	۲۱/۰
	زیاد	تعداد	۶	۹	۱۲	۹	۳۶
		تعداد مورد انتظار	۴/۴	۹/۶	۱۰/۸	۱۱/۱	۳۶/۰
	خیلی زیاد	تعداد	۲	۱۶	۲۵	۳۴	۷۷
		تعداد مورد انتظار	۹/۵	۲۰/۶	۲۳/۲	۲۳/۷	۷۷/۰
جمع کل		تعداد	۱۸	۳۹	۴۴	۴۵	۱۴۶
		تعداد مورد انتظار	۱۸/۰	۳۹/۰	۴۴/۰	۴۵/۰	۱۴۶/۰

با توجه به نتایج جدول شماره ۷، مشخص است که ۳۴ روستا وجود دارد که در خروجی هر دو مدل در طبقه تاب‌آوری خیلی زیاد قرار دارند و نتایج هر دو مدل تاب‌آوری این روستاها را تائید کرده است. در مقابل نیز ۴ روستای دنگل، کلاته اشیان (کلاغ اشیان)، پاکتل (پاکتلی) و پسین دره، در خروجی هر دو مدل دارای تاب‌آوری کم بوده است.

1- Cohen’s kappa coefficient

جدول ۸: ضریب کاپای کوهن تطابق نتایج دو مدل FAHP و منطق فازی (عملگر Gamma)

Approx. Sig	*Approx. T[b]*	*Asymp. Std. Error[a]*	*kappa Value*	
۰/۰۰۱	۳/۴۵۳	۰/۰۵۲	۰/۱۶۶	*Measure of Agreement Kappa*

با توجه به نتایج جدول شماره که نشان‌دهنده مقدار ضریب کاپای ۰/۱۶۶ می‌توان گفت که نتایج حاصل از دو مدل FAHP و منطق فازی در محیط Arc GIS دارای درجه تطابق نسبتاً ضعیف ولی مستقیم است که با توجه به معنادار شدن آزمون (با sig=0.001)، با استفاده از نقاط کنترل زمینی (امتیاز امکانات واقعی روستاهای نمونه که با روش Fuller Triangle محاسبه‌شده است) دقت طبقه‌بندی حاصل از دو مدل موردمطالعه مشخص شد که مدل منطق فازی با ضریب کاپای ۰/۷۷۲ نسبت به مدل FAHP با ضریب کاپای ۰/۵۵۰ دارای دقّت بیشتری است.

جدول ۹: ضریب کاپا دو مدل FAHP و منطق فازی (عملگر Gamma)

روش پهنه‌بندی تاب‌آوری	ضریب کاپا	صحت کلی (٪)
مدل FAHP در GIS	۰/۷۷۲	۸۲/۱۹ (٪)
منطق فازی در GIS (عملگر Gamma)	۰/۵۵۰	۶۲/۴۷ (٪)

نتیجه‌گیری

آسیب‌پذیری ناشی از برخورد سیستم‌های انسانی، محیط ساخته‌شده با محیط طبیعی است. پارادایم توسعه پایدار با تأکید بر روابط انسان و محیط طبیعی در قالب سیستم‌های به‌هم‌پیوسته طبیعی- انسانی سعی در ارائه رویکردهای نوین برای مقابله با مخاطرات محیطی و تهدیدات ناشی از آن است. در این میان، مقوله آسیب‌پذیری و تاب‌آوری جوامع انسانی وابسته به محیط طبیعی بیشتر مورد توجّه قرار می‌گیرد. ایجاد تاب‌آوری و ارتقاء آن در جوامع نیازمند ابزاری نیرومند همانند برنامه‌ریزی است. به عبارتی با برنامه‌ریزی در قالب ایجاد تاب‌آوری ضرورت‌های توسعه جوامع به‌طور عمومی و جوامع توسعه‌نیافته و یا محروم به‌ویژه در نواحی روستایی تأمین می‌گردد.

پژوهش حاضر، با این رویکرد که ایجاد تاب‌آوری در پرتوء نگرش توسعه پایدار، امروزه درزمینه‌ی توسعه نواحی روستایی و کاهش اثرات حاصل از آن به مسئله آسیب‌پذیری محیطی و ارتقاء تاب‌آوری جامعه روستایی در شهرستان بجنورد پرداخته است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که تقریباً ۵۶/۶۹ درصد از مساحت شهرستان از آسیب‌پذیری محیطی زیاد و خیلی زیاد برخوردار بوده است که تعداد ۴۷ روستای شهرستان در این پهنه‌ها قرارگرفته است. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش مشخص‌کننده وجود رابطه معنادار و مستقیم بین وضعیت تاب‌آوری پایین نواحی روستایی و آسیب‌پذیری محیطی در پهنه‌های شرقی، جنوب و شمال شرق شهرستان بجنورد است.

علاوه براین بر اساس خروجی FAHP، طبقه تاب‌آوری خیلی زیاد تنها ۱۵ درصد مساحت شهرستان را در برگرفته و ۳۱ درصد نقاط روستایی شهرستان و ۵۵ درصد جمعیت روستایی شهرستان در این طبقه قرارگرفته است که بر

اساس خروجی منطق فازی، نیز حدود ۵۳ درصد نقاط روستایی و ۵۳ درصد جمعیت روستایی شهرستان در طبقه اول (تاب‌آوری خیلی زیاد) قرارگرفته است؛ و حدود ۷ درصد جمعیت روستایی شهرستان در پهنه با ظرفیت تاب‌آوری پایین قرارگرفته است. این در حالی است که این مناطق آسیب‌پذیرتر با پهنه‌های با تاب‌آوری کمتر منطبق بوده است. لذا ضرورت افزایش امکانات و تاب‌آوری این نقاط بیشتر احساس می‌شود.

انتها برای صحت طبقه‌بندی دو مدل پژوهش از ضریب کاپای کوهن استفاده شد که مشخص گردید ۳۴ روستا وجود دارد که در خروجی هر دو مدل در طبقه تاب‌آوری خیلی زیاد قرار دارند و نتایج هر دو مدل تاب‌آوری این روستاها را تائید کرده است. در مقابل نیز ۴ روستای دنگل، کلاته اشیان (کلاغ اشیان)، پاکتل (پاکتلی) و پسین دره، در خروجی هر دو مدل دارای تاب‌آوری کم بوده است. مقدار ضریب کاپای ۰/۱۶۶ نیز مشخص کرد که نتایج حاصل از دو مدل FAHP و منطق فازی در محیط Arc GIS دارای درجه تطابق نسبتاً ضعیف ولی مستقیم است که با توجه به معنادار شدن آزمون (با sig=0.001)، با استفاده از نقاط کنترل زمینی دقت طبقه‌بندی حاصل از دو مدل موردمطالعه مشخص شد که مدل منطق فازی با ضریب کاپای ۰/۷۷۲ نسبت به مدل FAHP با ضریب کاپای ۰/۵۵۰ دارای دقّت بیشتری است.

با توجّه به نقش مدیریت بحران در نظام برنامه‌ریزی، ارتقای تاب‌آوری نواحی روستایی نه‌تنها افزایش ظرفیت جوامع در مقابله با تهدیدات محیطی را مسیر خواهد ساخت بلکه طنین‌انداز شدن چنین رویکردی در نظام برنامه‌ریزی گام‌های نیل به توسعه در بستر ملی را در بلندمدت فراهم خواهد ساخت؛ بنابراین، نیاز به تعادل محیطی و مشکلات توسعه در نظام برنامه‌ریزی محلی در ترویج و ارتقای مکان‌های امن و قابل زیست کلید موفقیت در پرورش ظرفیت تاب‌آوری است. بنابراین وجود تفکر تاب‌آوری در نظام برنامه‌ریزی جهت مقابله با انواع تهدیدات و مخاطرات محیطی را میسر می سازد. تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری فراهم‌کننده ابزاری مفهومی برای مقابله یا عدم قطعیت‌ها و تغییرات احتمالی در آینده است. ازاین‌رو، انجام تحقیق حاضر به‌عنوان الگویی برای سایر مناطق و نواحی روستایی در کشور با توجه به سطح پایین توسعه‌یافتگی نواحی روستایی باشد.

منابع

احتشامی مجید و عطیه اکرامی. (۱۳۹۱). به کارگیری ابزار مدیریتی ارزیابی راهبردی محیط زیست در مسیر توسعه پایدار. فصلنامه راهبرد، سال ۲۱، شمارۀ۶۲، صص ۱۸-۱۲.

آزاده، سیدرضا و مسعود تقوایی. (۱۳۹۶). تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی در برابر مخاطره زلزله مطالعه موردی: استان گیلان. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال۴، شمارۀ۳، صص ۸۴-۷۱.

استانداری خراسان شمالی. (۱۳۹۲). آخرین تقسیمات کشوری شهرستان بجنورد. بجنورد: استانداری خراسان شمالی.

اسماعیلی، آسیه. (۱۳۹۲). بررسی مخاطرات محیطی در تحولات کالبدی سکونتگاه های روستایی (مطالعه موردی: دهستان گرمخان از شهرستان بجنورد). پایان نامه کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه فردوسی مشهد.

بوزرجمهری، خدیجه؛ مهدی جوانشیری، علی قربانی و محمدرضا دربان آستانه. (۱۳۹۵). پهنه بندی فضایی جهت مکان یابی پایگاه اسکان موقت با رویکرد ارزیابی چند عامله در محیط GIS (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان فاروج). پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، سال۵، شمارۀ۱، صص. ۱۲۱-۹۹.

پاشانژاد سیاب، احسان. (۱۳۹۶). ایجاد تاب‌آوری روستایی، ضرورتی در توسعه پایدار (نگاهی بر وضعیت نواحی روستایی استان آذربایجان شرقی). فصلنامه تخصصی انجمن علمی دانشجویی برنامه‌ریزی آمایش سرزمین (برنامه‌ریزی فضایی). شماره اول، صص ۱۹-۱۱.

پورطاهری، مهدی. (۱۳۸۹). کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در جغرافیا. تهران: انتشارات سمت.

رفیعیان، مجتبی؛ محمدرضا رضایی، علی عسگری، اکبر پرهیزکار و سیاوش شایان. (۱۳۹۰). تبیین مفهومی تاب‌آوری و شاخص سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع‌محور (CBDM). فصلنامه مدرس علوم انسانی برنامه‌ریزی و آمایش فضا، سال ۱۵، شمارۀ۴، صص ۴۱ - ۱۹.

رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ سید محمد موسوی، مهدی پورطاهری و منوچهر فرجزاده‌اصل. (۱۳۹۳). تحلیل نقش تنوع معیشتی در تاب‌آوری خانوارهای روستایی در شرایط خشک‌سالی (مطالعۀ موردی: مناطق در معرض خشک‌سالی استان اصفهان). پژوهش‌های روستایی، دورۀ ۵، شمارۀ ۳، صص ۶۶۲-۶۳۹.

رمضان‌زاده لسبوئی، مهدی؛ علی عسگری و سید علی بدری. (۱۳۹۳). زیرساخت‌ها و تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب منطقه‌ی موردمطالعه: مناطق نمونه گردشگری چشمه کیله تنکابن و سردآبرود کلاردشت. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی ۱، صص ۵۲-۳۵.

ساسان‌پور، فرزانه؛ نوید آهنگری و صادق حاجی نژاد. (۱۳۹۶). ارزیابی تاب‌آوری منطقه ۱۲ کلانشهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال۴، شمارۀ۳، صص. ۹۸-۸۵.

سلمانی، محمد؛ علی بدری، شریف مطوف و نسرین کاظمی ثانی عطاالله. (۱۳۹۴). ارزیابی رویکرد تاب‌آوری جامعه در برابر مخاطرات طبیعی موردمطالعه: شهرستان دماوند. دانش مخاطرات، سال۲، شمارۀ۴، صص ۴۰۹-۳۹۳.

شهابی، هیمن. (۱۳۸۸)، نقش عوامل ژئومورفیک در مکان‌یابی دفن مواد زائد شهری سقز با استفاده از مدل‌های (GIS) و فناوری سنجش‌ازدور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز.

شیعه، اسماعیل. (۱۳۷۹). کارگاه برنامه‌ریزی شهری (رشته جغرافیا). تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.

صادقلو، طاهره و حمدالله سجاسی قیداری. (۱۳۹۳). بررسی رابطه‌ی زیست پذیری سکونتگاه‌های روستایی بر تاب‌آوری روستاییان در برابر مخاطرات طبیعی نواحی روستایی دهستان مراوه‌تپه و پالیزان. فصلنامه مدیریت بحران، شماره ۶، صص ۴۴-۳۷.

صالحی، اسماعیل؛ محمدتقی آقا بابایی و هاجر سرمدی. (۱۳۹۰). بررسی میزان تاب‌آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت. مجله محیط‌شناسی، شماره ۵۹، صص ۹۹-۷۵.

غضبان، فریدون. (۱۳۸۱). زمین‌شناسی زیست‌محیطی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

فرجی سبک‌بار، حسن علی. (۱۳۸۲). مکان‌یابی واحدهای تولیدی روستایی، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱، صص ۲۰۹-۲۲۸.

کامیار، غلامرضا. (۱۳۸۵). حقوق شهری و شهرسازی. تهران: انتشارات مجد، چاپ اول.

مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). سرشماری عمومی نفوس و مسکن. شهرستان بجنورد. برگرفته از سایت: www.amar.org.ir

معتمد، احمد. (۱۳۸۲). زمین‌شناسی عمومی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم.

وارثی، حمید رضا؛ غلامرضا شیران و حدیث عزیزی حسنوند. (۱۳۹۴). مکانیابی ایستگاههای اتوبوس با مدل ANP و منطق فازی در GIS (نمونه موردی: شهر خرم آباد). نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ششم، شماره ۲۳، صص ۷۶-۵۵.

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. Global Environmental Change, 16(3), pp. 268–281.

Béné, C., Newsham, A., Davies, M., Ulrichs, M., & Godfrey-Wood, R. (2014). Review article: Resilience, poverty, and development. Journal of International Development, 26(5), pp. 598–623.

Bergstrand, K., Mayer, B., Brumback, B., & Zhang, Y. (2015). Assessing the relationship between social vulnerability and community resilience to hazards. Social Indicators Research, 122(2), pp. 391–409.

Berkes, F. (2007). Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking. Natural hazards, 41(2), pp. 283-295.

Bonham-Carter, G. F. (1994). Geographic information systems for geoscientists-modeling with GIS. Computer Methods in the Geoscientists, 13, pp. 398.

Borda-Rodriguez, A., & Vicari, S. (2014). Rural co-operative resilience: the case of Malawi. Journal of Co-operative Organization and Management, 2(1), pp.43–52.

Carletta, J. (1996). Assessing agreement on classification tasks: the kappa statistic. Computational linguistics, 22(2), pp. 249-254.

Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 7(1), pp. 235–239.

De Florio, V. (2015). On resilient behaviors in computational systems and environments. Journal of Reliable Intelligent Environments, 1(1), pp. 33-46.

Dill, R., Borba, J. A., & Murcia, F. (2004). Organization's Profitability Analysis: A Fuzzy Logic Approach. Encamped Congress, 20p.

Doğulu, C., A. N. Karanci, & G, Ikizer. (2016). How do survivors perceive community resilience? The case of the 2011 earthquakes in Van, Turkey. International Journal of Disaster Risk Reduction, 16, pp. 108-114.

Eastman, J. R. (2012). IDRISI Selva manual. Worcester: Clark Labs.

Gaillard, J. C. (2007). Resilience of traditional societies in facing natural hazards. Disaster Prevention and Management: An International Journal, 16(4), pp. 522-544.

Heijman, W., Hagelaar, G., & Heide, M. (2007, June). Rural resilience as a new development concept. In EAAR. Development of agriculture and rural areas in Central and Eastern Europe. 100th seminar of the EAAE. Novi Sad, Serbia (pp. 383-396).

Jardine, C. G., & Hrudey, S. E. (1997). Mixed messages in risk communication. Risk analysis, 17(4), pp. 489-498.

Joerin, J., Shaw, R., Takeuchi, Y., & Krishnamurthy, R. (2012). Assessing community resilience to climate-related disasters in Chennai, India. International Journal of Disaster Risk Reduction, 1(1), pp. 44–54.

Kafle, S. K. (2012). Measuring disaster-resilient communities: A case study of coastal communities in Indonesia. Journal of business continuity & emergency planning, 5(4), pp. 316-326.

Lee, S. (2007). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environmental Geology, 52(4), pp. 615-623.

Manyena, S. B. (2014). Disaster resilience: A question of 'multiple faces' and 'multiple spaces'?. International Journal of Disaster Risk Reduction, 8, pp. 1-9.

Martinelli, D., G. P. Cimellaro, V. Terzic, & S. Mahin. 2014. Analysis of economic resiliency of communities affected by natural disasters: the bay area case study. Procedia Economics and Finance, 18, pp. 959-968.

McManus, P., Walmsley, J., Argent, N., Baum, S., Bourke, L., Martin, J., … Sorensen, T. (2012). Rural Community and Rural Resilience: What is important to farmers in keeping their country towns alive? Journal of Rural Studies, 28(1), pp. 20–29.

Mileti, D. (1999). Disasters by design: A reassessment of natural hazards in the United States. Washington DC: Joseph Henry Press, 353p.

Miller, F., Osbahr, H., Boyd, E., Thomalla, F., Bharwani, S., Ziervogel, G., ... & Hinkel, J. (2010). Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts?. Ecology and Society, 15(3), p. 11.

Rigg, J., & Oven, K. (2015). Building liberal resilience? A critical review from developing rural Asia. Global Environmental Change, 32, pp. 175–186.

Sahoo, S., Dhar, A., & Kar, A. (2016). Environmental vulnerability assessment using Grey Analytic Hierarchy Process-based model. Environmental Impact Assessment Review, 56, pp. 145–154.

Schwarz, A. M., Béné, C., Bennett, G., Boso, D., Hilly, Z., Paul, C., ... & Andrew, N. (2011). Vulnerability and resilience of remote rural communities to shocks and global changes: Empirical analysis from the Solomon Islands. Global Environmental Change, 21(3), pp. 1128-1140.

Stephen, L., & Downing, T. E. (2001). Getting the Scale Right: A Comparison of Analytical Methods for Vulnerability Assessment and Household-level Targeting. Disasters, 25(2), pp. 113–135.

Vis, M., Klijn, F., De Bruijn, K. M., & Van Buuren, M. (2003). Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands. International Journal of River Basin Management, 1(1), pp. 33-40.

Wang, S. H., Huang, S. L., & Budd, W. W. (2012). Resilience analysis of the interaction of between typhoons and land use change. Landscape and Urban Planning, 106(4), pp. 303–315. doi:10.1016/j.landurbplan.2012.04.002

Wang, X. D., Zhong, X. H., Liu, S. Z., Liu, J. G., Wang, Z. Y., & Li, M. H. (2008). Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. Journal of Arid Environments, 72(10), pp. 1929–1939.

Wilson, G. A. (2012). Geoforum Community resilience, globalization, and transitional pathways of decision-making. Geoforum, 43(6), pp. 1218–1231. doi:10.1016/j.geoforum.2012.03.008

Zhou, H., Wan, J., & Jia, H. (2010). Resilience to natural hazards: a geographic perspective. Natural hazards, 53(1), pp. 21-41.

A spatial Assessment of the Infrastructure Resilience Capacity in Rural Communities of Bojnourd County by FAHP Model and Fuzzy Logic in GIS

Aliakbar Anabestani*[1], Mahdi Javanshiri[2]

Received: 09-12-2017 Accepted: 02-06-2018

Abstract

Natural disasters as recurrent phenomena in the absence of degrading systems can turn to catastrophes and result in destructive effects and consequences. To reduce the impact of natural disasters, the resilience approach has been considered as a basis for reducing the negative impacts. The main purpose of the present study is to assess the relationship between environmental vulnerability and infrastructure resilience of rural communities (in Bojnourd County) so that one can improve the resilience capacity in rural areas. The research was conducted in a descriptive-analytical method and in nature, it is applicable in local planning and rural development systems. Research variables have been selected after reviewing theoretical foundations and literature on vulnerability and resilience assessment in Iran and other countries. Accordingly, two general indicators of vulnerability assessment and infrastructure resilience of rural communities were developed using 26 criteria in FAHP and fuzzy logic (Gamma operator with the thresholds of 0.7, 0.8 and 0.9) in the GIS environment. The results indicate that approximately 56.69% of the County's area has a high and very high environmental vulnerability, and 47 villages were situated in this area. The survey of the resilience index indicates that there is a significant and direct relationship between low resilience in rural areas and environmental vulnerabilities in the eastern, southern and northeastern parts of Bojnourd County. In addition, based on the FAHP output, about 31 percent of the rural areas of the county, and based on the output of fuzzy logic, about 53 percent of the rural areas of the county is in a very high resilience level). The analysis of the output results of FAHP and fuzzy logic in GIS with a Kappa coefficient of 0.166 showed that the results of the two models have comparatively weak but direct correlation, which was determined by measuring the accuracy of the models using ground control points. Fuzzy logic model with a Kappa coefficient of 0.772 is more accurate than the FAHP model with a Kappa coefficient of 0.550. Therefore, the need for environmental balance and developmental problems in the local planning system in promoting and promoting safe and sustainable places is the key to success in developing the sustainability capacity.

Keywords: Environmental vulnerability, Infrastructure resilience, Fuzzy logic model, Kappa coefficient, Bojnourd County.

[1]*- Professor in Geography & Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran Email: anabestani@um.ac.ir
[2]- PhD. Student, Geography & Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran