

## مدل سازی و ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی در سطح شهرهای استان اصفهان

دکتر کرامت اله زیاری<sup>۱</sup>

اسماعیل نجفی<sup>۲</sup>

محمدسینا شهسواری<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱

### چکیده

در آسیب پذیری سکونت گاه ها، فقط عوامل کالبدی و فیزیکی اهمیت ندارد، بلکه عناصر اجتماعی سهم مهمی در میزان آسیب پذیری دارند. با توجه به نقش مسلم عوامل اجتماعی در کاهش و افزایش آثار مخاطرات طبیعی، در این پژوهش تأکید اصلی بر روی آسیب پذیری اجتماعی به عنوان یکی از ابعاد آسیب پذیری در برابر مخاطرات طبیعی است. هدف این پژوهش، ارزیابی و اولویت بندی میزان آسیب پذیری اجتماعی شهرهای استان اصفهان در برابر مخاطرات طبیعی است. لذا پژوهش حاضر، توصیفی- تحلیلی با هدف کاربردی است و به همین دلیل، برای ارزیابی و رتبه بندی شدت آسیب پذیری از مدل هوش مصنوعی و آزمون رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می دهد که سه شاخص خانوار دارای معلول، جمعیت معلول و زنان مطلقه دارای بالاترین میزان تأثیر بر افزایش آسیب پذیری اجتماعی در شهرهای استان اصفهان بوده اند. همچنین از نظر فضایی بالاترین میزان آسیب پذیری به شهرهای واقع در شهرهای نطنز و فریدون شهر مربوط می شود که بیشترین آسیب پذیری اجتماعی نسبت به مخاطرات طبیعی را در سطح شهرهای استان اصفهان به خود اختصاص داده اند.

**واژگان کلیدی:** آسیب پذیری اجتماعی، مخاطرات طبیعی، هوش مصنوعی، جمعیت معلول، شهرهای استان اصفهان.

zayyari@ut.ac.ir

<sup>۱</sup> استاد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تهران

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تهران

<sup>۳</sup> کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تهران

## ۱- مقدمه

جمعیت شهری جهان از ۴۳ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۵۴٫۵ درصد در سال ۲۰۱۶ رسیده است. (World Bank, 2016). به همین دلیل تا سال ۲۰۵۰ دوسوم جمعیت جهان در سکونت‌گاه‌های شهری زندگی خواهند کرد. این تراکم رو به افزایش در نواحی شهری، می‌تواند آنها را بیشتر مستعد در معرض خطر قرار گرفتن فجایع طبیعی قرار دهد (Danan et al, 2015:1). لذا در جهانی که به‌طور فزاینده‌ای رو به شهرنشینی می‌رود، شهرها و ساکنان آنها با ضررهای انسانی و اقتصادی ناشی از بلایای طبیعی مواجه هستند (Dodman et al, 2017:7). فجایع رخ داده اخیر در سراسر جهان، آسیب‌پذیری محیط ساخته‌شده ما را منعکس می‌کند و نمایانگر نتایج تأسف‌آور فجایع هستند (Cere et al, 2017:173). در سال ۲۰۱۴ از ۱۶۹۲ شهر سیصدهزارنفری موجود، ۹۴۴ شهر از آنها (۵۶٪) در مناطقی قرار داشت که در معرض ریسک بالای یکی از حوادث طبیعی شش‌گانه دنیا (طوفان، سیل، خشک‌سالی، زلزله، رانش زمین و فوران آتشفشان) است. نزدیک به ۸۲ درصد از شهرها- که معادل ۱٫۹ میلیارد نفر از جمعیت جهان است- در مناطقی هستند که با خطر مرگ ناشی از فجایع طبیعی روبه‌رو هستند. به‌طورکلی شهرهای در نواحی کم‌تر توسعه‌یافته نسبت به نواحی توسعه‌یافته بیشتر در معرض خطرهای مرگ‌ومیر ناشی از فجایع طبیعی روبه‌رو هستند. (United nations, 2016:8) در کل می‌توان گفت، شهرها به‌عنوان منبع خطرات و تسهیل‌کننده به وجود آمدن شرایط آسیب‌پذیری هستند (Diagne et al, 2003:193).

بنابراین افزایش پایداری به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک هدف اساسی برای انطباق درجهت کاهش آسیب‌پذیری در شهرها و مناطق شهری به کار می‌رود (Rafael et al, 2015:385). بنابراین پیش‌گیری از فاجعه و امنیت شهری جزو احتیاجات زیربنایی برای برنامه‌ریزی شهری به‌حساب می‌آیند. آسیب‌پذیری مفهوم دیگری است که مستقیماً به امنیت شهری مربوط است. این موضوع به‌طور عمده به رشته‌هایی از قبیل جغرافیا، اکولوژی، علوم زیست‌محیطی، اقتصاد، مهندسی، روانشناسی، مالی و ... مربوط است (Chunliang et al, 2011:204). اثرات مخاطرات طبیعی منتج از دو عامل فشارها و در معرض خطر بودن و ازسوی دیگر آسیب‌پذیری جوامع انسانی است (Armas & Gavris, 2013:1481). بنابراین آسیب‌پذیری یک عنصر اصلی در بحث‌های علمی، تصمیم‌گیری و پژوهش‌های پایداری است (Nhuan et al, 2014:399). آسیب‌پذیری در ادبیات مربوطه دارای تعاریف بسیار گوناگونی است (Ford & Smith, 2004:392). اگرچه تاکنون تلاش‌هایی برای تعریف واژه آسیب‌پذیری انجام پذیرفته است، اما نحوه استفاده از این واژه در میان رشته‌ها و زمینه‌های تحقیقاتی بسیار از هم متفاوت است (Yi Ming et al, 2004:428). مطالعات انجام‌شده در دنیا نشان می‌دهد آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف مردم ساکن در نواحی خطرخیز شهر، بسته به سطح زندگی و وضعیت اجتماعی و اقتصادی آنها در نقاط مختلف، متفاوت است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۳:۱۰۰).

آسیب‌پذیری اجتماعی محصول نابرابری‌های اجتماعی است (Hummell et al, 2016: 111) این مفهوم از دو جزء کاملاً مجزا تشکیل شده است: آسیب‌پذیری اجتماعی- اقتصادی، آسیب‌پذیری فیزیکی. از این رو آسیب‌پذیری اجتماعی می‌تواند توضیح دهد که چرا بعضی از جوامع از مخاطرات محیطی رنج می‌برند، درحالی‌که دیگران به این وضعیت دچار نیستند (Siagian et al, 2014:1605). با توجه به آنچه گفته شد، آسیب‌پذیری مردم در برابر مخاطرات تنها به دلیل مجاورت با مکان وقوع عوامل خطرآفرین نیست و شرایط اجتماعی و اقتصادی آنان نیز در این امر دخیل است (احدنژاد روشتی، ۱۳۸۹:۷۲). به بیان ساده‌تر، آسیب‌پذیری اجتماعی محصول نابرابری‌های اجتماعی است (Hummell et al, 2016: 111). لذا عوامل اجتماعی در شهرها (توزیع جمعیت در گروه‌های سنی مختلف و تراکم آن در مناطق مختلف شهری، کیفیت مسکن، اشتغال، سواد و تعداد معلولان و ...) می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش یا افزایش آثار مخرب حوادث طبیعی داشته باشد (احدنژاد و همکاران، ۱۳۹۰، ۸۱).

از دیدگاه آسیب‌پذیری اجتماعی می‌توان اغلب اظهار داشت که بخش‌های فقیرتر جمعیت بیشتر در معرض خطرات فاجعه قرار دارند و گروه‌های کم‌درآمد دارای گزینه‌های کمتری نسبت به ثروتمندان برای مقابله با یک فاجعه هستند (Vatsa, 2004:2). برای کسانی که در نواحی فقیر شهر به دنیا می‌آیند یا مهاجرانی که به این قسمت‌ها می‌آیند، شهر مکان خطرناکی محسوب می‌شود. بسیاری از ساکنان فقیر شهری در بدترین زمین‌ها از نظر کیفیت نظیر لبه دره‌ها، نواحی در معرض سیل یا در دامنه‌ها زندگی می‌کنند (Sanderson, 2000:93). یکی از راه‌های کاهش این اثرات و فشارها بر مردم دارای آسیب‌پذیری اجتماعی، مطالعات آسیب‌شناسی شهرها است (محمدی، ۱۳۹۳:۱۰). بر این اساس شناخت دقیق و آگاهی از میزان آسیب‌پذیری احتمالی شهر می‌تواند نقش مؤثر و سازنده‌ای در برنامه‌های پیش‌گیری و کاهش خسارات ناشی از حوادث طبیعی داشته باشد (علوی و همکاران، ۱۳۹۴:۱۳۰). در این زمینه استان اصفهان به‌عنوان یکی از استان‌های بزرگ کشور که بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس مسکن در سال ۹۵ دارای جمعیت ۵۱۲۰۸۵۰ نفر است؛ که از این تعداد ۴۵۰۷۳۰۹ نفر یا به‌عبارتی دیگر ۸۸ درصد جمعیت استان در نقاط شهری سکونت دارند که رقم بسیار بالایی است (سالنامه آماری استان اصفهان، ۱۳۹۶). لذا جمعیت شهرها به‌دلیل تراکم بسیار زیاد و همچنین وجود طیف گسترده‌ای از اقشار آسیب‌پذیر در صورت وقوع یک حادثه طبیعی، دارای احتمال بیشتری برای آسیب دیدن هستند؛ از این رو این پژوهش بر آن شد که آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرهای استان اصفهان را ارزیابی کند و مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر آن را بسنجد؛ و همچنین مقدار آسیب‌پذیری را در هر یک از شهرها نشان دهد. تا بدین‌وسیله با مدیریت و کنترل عوامل بتوان میزان این آسیب‌پذیری را کاهش داد.

## ۲- پیشینه تحقیق و مبانی نظری

در دهه اخیر بخش قابل توجهی از تحقیقات بر روی آسیب‌پذیری اجتماعی پدید آمده است و بسیاری از محققان الگوی آسیب‌پذیری اجتماعی نسبت به خطرات طبیعی را در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی به کار برده‌اند (Huang et al, 2015: 473). دیدگاه آسیب‌پذیری اجتماعی ابتدا در علوم اجتماعی مطرح شد. منشأ این کلمه را می‌توان در کیفیت زندگی و مطالعات زیست‌پذیری در علوم اجتماعی و رفتاری در طول دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ دانست. زمانی که پژوهش‌گران به این نکته پی بردند که آسیب‌پذیری می‌تواند علاوه بر بعد فیزیکی، فاکتورهای اجتماعی و اقتصادی را که تاب‌آوری جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، نیز شامل شود (زیاری و شهسواری، ۱۳۹۷: ۳۴). بر طبق همین دیدگاه در زمینه آسیب‌پذیری، بوهل نیز آسیب‌پذیری را به دو بخش درونی (توانایی مقابله با شرایط جدید) و بیرونی (در معرض خطر بودن) تقسیم می‌کند. آسیب‌پذیری بیرونی عمدتاً به ابعاد ساختاری آسیب‌پذیری و خطر اشاره دارد و مفهوم آسیب‌پذیری درونی به اقدامات مورد نیاز برای مقابله با فجایع طبیعی مربوط می‌شود. آسیب‌پذیری بیرونی عمدتاً برجسته می‌شود؛ در حالی که شناسایی آسیب‌پذیری درونی دشوار است (Armas & Gavris, 2016:139). این دشواری به دلیل این است که آسیب‌پذیری اجتماعی به‌طور کلی به‌عنوان نتیجه در هم کنش قرار گرفتن در معرض خطر و دو بعد مفهوم مربوط به ویژگی‌های انسانی (حساسیت و ظرفیت مقابله با خطر) در نظر گرفته می‌شود (Parry et al, 2018:126).

آسیب‌پذیری اجتماعی به‌عنوان مفهومی است که به دلیل وضعیت نامناسب عوامل اجتماعی، اقتصادی و جمعیت شناختی در گروهی از مردم به وجود می‌آید (Dumenu & Obeng, 2016:209). به عبارت دیگر می‌توان گفت آسیب‌پذیری اجتماعی شامل ویژگی‌ها و شرایط یک جامعه، سیستم یا دارایی است که آن را نسبت به اثرات مضر یک خطر، آسیب‌پذیر می‌سازد (Frigerio et al, 2018:249). ویژگی‌های اجتماعی تعیین‌کننده در این نوع از آسیب‌پذیری علاوه بر ویژگی‌هایی نظیر سطح سواد، آموزش، وجود صلح و امنیت، دسترسی به حقوق بشر، عدالت اجتماعی، ارزش‌های سنتی، باورها و سیستم‌های سازمانی شامل مواردی مثل ویژگی مسکن و دسترسی به امکانات و تسهیلات نیز می‌شود (Roder et al, 2017:717). به دلیل این ویژگی‌های متنوع و اغلب نامتجانس، ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی، امری بسیار مشکل است (Fernandez et al, 2016:1368). آسیب‌پذیری اجتماعی مفهومی است که ریشه آسیب‌پذیری متفاوت افراد از فجایع را در عوامل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی جست‌وجو می‌کند (Burton et al, 2018:54). باسو و بزاز (۲۰۱۴)، اعلام کردند که آسیب‌پذیری اجتماعی نوعی از آسیب‌پذیری است که به وسیله موقعیت جغرافیایی، زیرساخت‌ها و ارائه خدمات تعیین می‌شود (Basu & Bazaz, 2014). می‌توان گفت، آسیب‌پذیری اجتماعی به ظرفیت پایداری جامعه در برابر عوامل آسیب‌رسان خارجی اشاره دارد (worman et al, 2019:1). با ملاحظه تعاریف متفاوت آسیب‌پذیری می‌توان گفت احتمال تأثیرگذاری بیشتر حوادث و

مخاطرات، برای گروهی از شهروندان در بخش‌های خاصی از شهر، همواره بیشتر از دیگران است. این افراد را در معرض خطر، مستعد حادثه یا افشار آسیب‌پذیر می‌نامند (امینی ورکی و مشهدی، ۱۳۹۵:۳۹). در نتیجه می‌توان گفت دلیل اصلی رخداد فجایع گسترده بر اثر حوادث طبیعی، خود آن حادثه نیست بلکه دلیل آن ویژگی‌های آسیب‌زای اجتماعی و اقتصادی افراد آسیب‌پذیر است که باعث رخداد یک فاجعه می‌شود (Kelman et al, 2016:131).

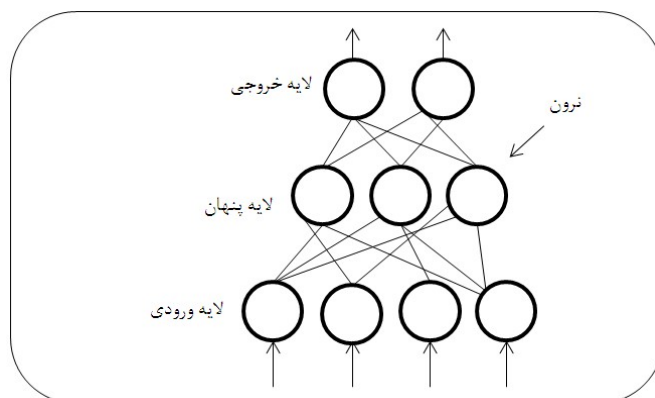
اخیراً موضوع ارزیابی آسیب‌پذیری به مبحثی مهم تبدیل شده است (Mavhura et al, 2017:103). به‌طور دقیق‌تر از دهه ۱۹۶۰، تحقیقات گسترده‌ای در مورد آسیب‌پذیری اجتماعی صورت گرفته است، که دانش را در زمینه شناسایی گروه‌هایی را که نسبت به سایر گروه‌ها در برابر خسارات احتمالی مخاطرات آسیب‌پذیرتر هستند، بهبود بخشید ((Berke et al, 2019:2). می‌توان گفت یکی از پیش‌نیازهای اصلی رفع آسیب‌پذیری، تعیین این است که چه کسی آسیب‌پذیر است. ارزیابی آسیب‌پذیری بینش‌هایی را در این باره ارائه می‌دهد و به بررسی روابط پیچیده انسان و محیط‌های اجتماعی و فیزیکی آن می‌پردازد. ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی برای تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری به داده‌های مقیاس ملی متکی است و غالاً با از رویکردهای بالا به پایین استفاده می‌کند ((Huynh et al, 2018:166). آسیب‌پذیری اجتماعی و نقش مخاطرات طبیعی ابتدا در آثار دومین که در مورد بلایای طبیعی به‌عنوان تهدیدی برای توسعه اجتماعی پژوهش می‌کرد، مورد بررسی قرار گرفت ((Bevacqua et al, 2018:20). ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی به‌عنوان یک اقدام مؤثر و مهم برای اطلاع‌رسانی در مورد مدیریت مخاطرات شناخته شده است ((Yang et al, 2019:2). در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی، روش‌های مختلفی به کار برده شده است؛ می‌توان گفت که رویکردهای شاخص‌محور در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی به‌عنوان رویکرد اصلی در نظر گرفته می‌شوند. روش‌های دیگری نظیر مصاحبه عمیق و گروه‌های متمرکز، روش‌های پرکاربرد برای مشخص کردن عوامل اجتماعی و سیاسی است که در تشدید اثرات مخاطره طبیعی بر افراد آسیب‌پذیر نقش دارد ((MC Neeley et al, 2017:110). یکی از روش‌هایی که اخیراً برای ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی مورد استفاده قرار گرفته است، کاربرد شبکه عصبی هوش مصنوعی است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. به‌طور کلی امروزه هرگونه تلاشی برای فهم آسیب‌پذیری و شاخص‌هایی که آن را کنترل می‌کنند، باید به‌طور واضحی عناصر بیرونی (دارایی‌های فیزیکی) را از ویژگی‌هایی که آن عناصر (زیرساخت‌ها، جمعیت، سرمایه‌های اقتصادی) آسیب‌پذیر را ایجاد می‌کنند، مجزا کند. هم‌چنین باید شامل برخی انواع اندازه‌گیری ظرفیت‌های درونی یک جامعه معین برای رویارویی با یک مخاطره و بازسازی بعد از آن مخاطره باشد (قانونی، ۱۳۹۱:۲۵).

#### – شبکه عصبی هوش مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از گویاترین حوزه‌های تحقیقاتی در دوران معاصر است. این شبکه‌ها با وجود اینکه با سیستم عصبی طبیعی قابل مقایسه نیستند، ویژگی‌هایی دارند که آنها را

در بعضی از کاربردها مانند تفکیک الگو و یا هرجا که نیاز به یادگیری با یک نگاشت خطی و یا غیرخطی باشد، متمایز می‌نمایند (امیری و همکاران، ۱۳۹۲:۲۳۴). مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی اولین بار توسط زانگ در سال ۱۹۹۳ معرفی شد. شبکه‌ی عصبی مصنوعی دارای ویژگی‌هایی از جمله: قدرت یادگیری، هزینه کردن، طبقه‌بندی، نوشتن و تدوین کردن است؛ هم‌چنین دارای این مزیت است که اجازه‌ی استخراج قوانین از داده‌های متعدد و تخصصی را می‌دهد، به‌گونه‌ای متناسب قوانین پایه و اساسی را می‌سازد (تقی‌زاده مهرجردی و همکاران، ۱۳۹۲:۱۰۹).

این نوع شبکه‌ها، یکی از انواع الگوهای غیرخطی هستند که مهم‌ترین مزیتشان در مقایسه با سایر الگوهای غیرخطی این است که شبکه‌های عصبی برآوردکننده‌های جامع بوده و می‌توانند طیف گسترده‌ای از توابع را با درجه‌ی دقت بالا برآورد کنند (حیاتی و همکاران، ۱۳۹۵:۹). یک شبکه‌ی مصنوعی به‌طور معمول از سه لایه‌ی ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است. نرون‌های ورودی، سیگنال‌های خارجی را که به شبکه تغذیه می‌شوند، دریافت می‌کنند. این سیگنال‌ها به‌وسیله‌ی وزن‌هایی تعدیل می‌شوند. برابر این تعدیل‌ها، در هر نرون خروجی، ورودی‌های موزون جمع زده می‌شوند و آنگاه این حاصل مجموع از راه یک تابع فعال‌سازی عبور داده می‌شوند. خروجی تابع فعال‌سازی، خروجی مورد نظر است (شاهنوشی و همکاران، ۱۳۹۲:۱۰۹).

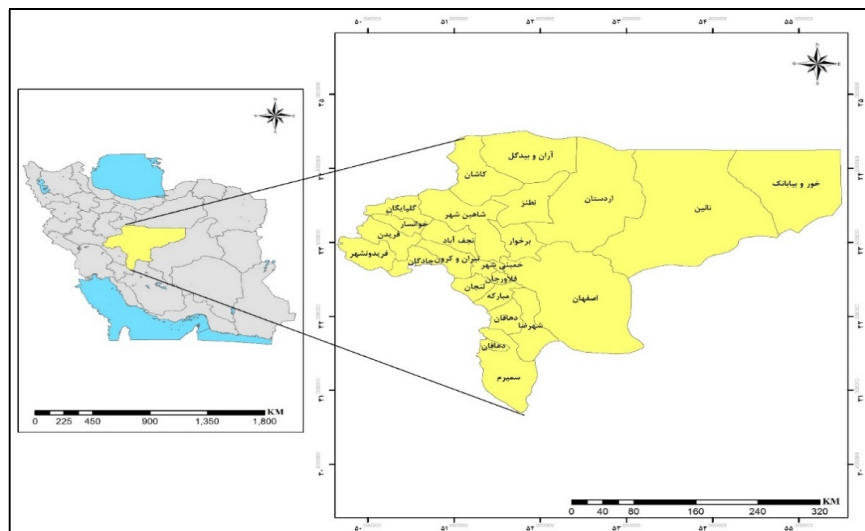


شکل ۱. شبکه‌ی عصبی هوش مصنوعی چند لایه با یک لایه‌ی پنهان با اندکی تغییر (نجفی و همکاران، ۱۳۹۴).

#### – محدوده‌ی مورد مطالعه

استان اصفهان با مساحتی حدود ۱۰۷۰۱۹ کیلومتر مربع بین مدارهای ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه ۳۸ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. این استان در مرکز ایران واقع شده است و از شمال به استان‌های مرکزی، قم و سمنان، از جنوب به استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد، از شرق به

استان یزد و از غرب به استان‌های لرستان و چهارمحال بختیاری محدود است (صیدایی و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۴). هم‌چنین استان صفهان از نظر جمعیتی بر بق سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۹۵ دارای جمعیتی بالغ بر ۵۱۲۰۸۵۰ نفر است که از این تعداد ۴۵۰۷۳۰۹ یا به عبارتی دیگر ۸۸ درصد از جمعیت در مناطق شهری و ۶۱۳۵۴۱ نفر در مناطق روستایی سکونت دارند (سالنامه آماری استان اصفهان، ۱۳۹۶: ۴۰-۴۴).



شکل ۲. موقعیت استان اصفهان

منبع: نگارندگان).

### ۳- مواد و روش‌ها

روش انجام تحقیق توصیفی- تحلیلی است و برای مدل‌سازی و ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرهای مورد مطالعه از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. لذا ابتدا داده‌های مربوط به آسیب‌پذیری اجتماعی از مرکز آمار اخذ شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Excel، شاخص‌های مورد نظر به دست آمد و استانداردسازی شد. در ادامه از طریق نرم‌افزار SPSS، شاخص‌ها با یکدیگر ترکیب شد و شاخص نهایی آسیب‌پذیری اجتماعی به دست آمد. در ساخت شبکه عصبی، شاخص‌های طراحی شده به عنوان ورودی مدل و شاخص نهایی به عنوان هدف تعیین شدند. از میان شهرهای مورد مطالعه، ۶۰ درصد داده‌ها برای آموزش و ۴۰ درصد دیگر برای تست در نظر گرفته شدند. سپس در مرحله اعتبارسنجی، شبکه به وسیله داده‌های وارد شده آسیب‌پذیری اجتماعی و شاخص نهایی آسیب‌پذیری در مرحله آموزش و یادگیری روابط بین متغیرها، قادر به ارزیابی و مدل‌سازی آسیب‌پذیری اجتماعی به عنوان خروجی شبکه شد. هم‌چنین نتایج به دست آمده با مقادیر واقعی مقایسه و میزان خطا محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از نتایج به دست آمده، از طریق مدل IDW

در نرم‌افزار GIS، به‌صورت فضایی مورد تحلیل قرار گرفت و وضعیت هر یک از شهرهای مورد مطالعه در سطح استان اصفهان از طریق این نرم‌افزار نمایش داده شد، و چگونگی هم‌بستگی شاخص کل با بالاترین شاخص در سطح شهرهای استان از طریق آزمون GWR مورد تحلیل قرار گرفت.

جدول ۱: شاخص‌های به‌کاررفته در پژوهش

منابع	مقدار آلفا	متغیرها	ابعاد
(Salazar et al, 2013) (Mansur et al, 2016)	۰/۷۲۵	جمعیت بیش از ۶۵ سال (سال‌خوردگی جمعیت)	آسیب‌پذیری مربوط به گروه‌های سنی
(Koks et al, 2015) (Mansur et al, 2016)		کودکان ۵ ساله و پایین‌تر	
(Armaş & Gavriş, 2013) (Armaş & Gavriş, 2016)	۰/۸۵۱	پیش‌رسی ازدواج در گروه سنی ۱۵ تا ۱۹ سال (مجموع)	آسیب‌پذیری مربوط به تاهل و ازدواج
(Armaş & Gavriş, 2013) (Armaş & Gavriş, 2016)		پیش‌رسی ازدواج در گروه سنی ۱۵ تا ۱۹ سال (مردان)	
(Armaş & Gavriş, 2013) (Armaş & Gavriş, 2016)		پیش‌رسی ازدواج در گروه سنی ۱۵ تا ۱۹ سال (زنان)	
(Huang et al, 2015) (Pandey & Bardsley, 2015)		زنان مجرد	
(Mansur et al, 2016) (Highfield et al, 2014)		جمعیت مجرد	
(Chin-Cheng et al, 2016) (Su et al, 2015)		نسبت زنان مطلقه به کل زنان	
(Koks et al, 2015) (Lee, 2014)		۰/۸۵۸	
(Koks et al, 2015) (Lee, 2014)	جمعیتی که محل تحصیل آنها شهر دیگر است (مردان)		
(Koks et al, 2015) (Lee, 2014)	جمعیتی که محل تحصیل آنها شهر دیگر است (زن)		
(Chin-Cheng et al, 2016) (Pandey & Bardsley, 2015)	جمعیت غیربومی		
(Armaş & Gavriş, 2016) (Salazar et al, 2013)	۰/۷۷۱	نسبت جمعیت زنان به کل جمعیت	آسیب‌پذیری جنسیتی (زنان)
(Highfield et al, 2014) (Huang et al, 2015)		نسبت زنان بی‌سواد به کل زنان	
(Chin-Cheng et al, 2016) (Highfield et al, 2014) (Pandey & Bardsley, 2015) (Su et al, 2015)	۰/۹۵۷	جمعیت معلول	آسیب‌پذیری مربوط به سلامتی جسمانی
		خانوارهای دارای معلول	

گردآوری: نگارندگان

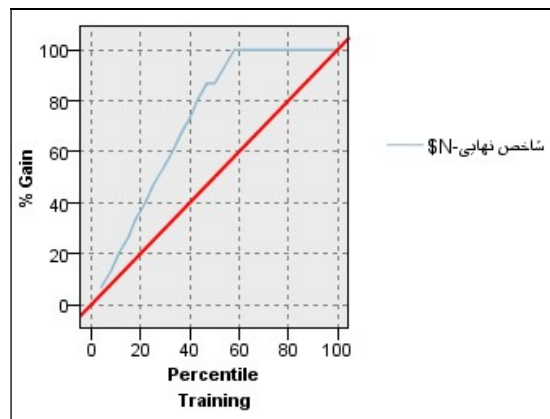


#### ۴- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در طراحی مدل شبکه عصبی، باید اندازه مجموعه یادگیری و آزمایشی، نرمال کردن داده‌ها، تعداد لایه‌های پنهان شبکه، تعداد نرون‌های هر لایه، الگوریتم‌های یادگیری، تابع تبدیل، تابع عملکرد، نرخ یادگیری و تعداد تکرارها مشخص شود. در تعیین این موارد، روش‌های سیستماتیکی وجود ندارد، بنابراین بهترین طراحی شبکه با استفاده از تجربه و آزمایش و خطا به دست می‌آید. در این پژوهش، پس از تعیین مجموعه داده‌های تست و آموزش، داده‌های ورودی به شبکه استانداردسازی شدند. در صورتی که داده‌ها به صورت خام وارد شبکه شوند، به علت تغییرات زیاد داده‌ها، تأثیر متفاوتی بر روی شبکه گذاشته، به طوری که برخی از نرون‌ها خیلی زود به حد آتش رسیده، در حالی که برخی دیگر از آنها حتی به آستانه فعالیت نیز نرسیده‌اند، لذا در ابتدا داده‌ها استانداردسازی شده‌اند؛ یعنی بین یک دامنه عددی، که معمولاً بین ۰ تا ۱ است، قرار می‌گیرند.

#### – گزارش مربوط به مرحله آموزش

در این مرحله برای آموزش و ساخت بهترین شبکه، ۶۰ درصد داده‌ها برای یافت بهترین حالت ممکن با میانگین خطای حداقل اختیار شد. چنانچه ملاحظه می‌شود در شکل شماره ۳ و جدول شماره ۲، میزان آن به سمت حداقل خطای ممکن در بالاترین نقطه تقاطعی طول و عرض نمودار را که همان ۱۰۰ درصد بوده است، نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده ارتباط قوی بین شاخص‌های مورد استفاده و میزان آسیب‌پذیری اجتماعی وجود دارد، به طوری که میزان ارتباط خطی بین آنها (۰/۹۷۸) است. با توجه به رقم حداقل قدرمطلق خطا، می‌توان از صحت این ارتباط اطمینان حاصل نمود. لازم به ذکر است که هرچه رقم قدرمطلق خطا عدد کوچک‌تری را نشان دهد، بیانگر اطمینان بیشتر از درستی رابطه است.



شکل ۳. نمودار مربوط به مرحله آموزش

منبع: نگارندگان

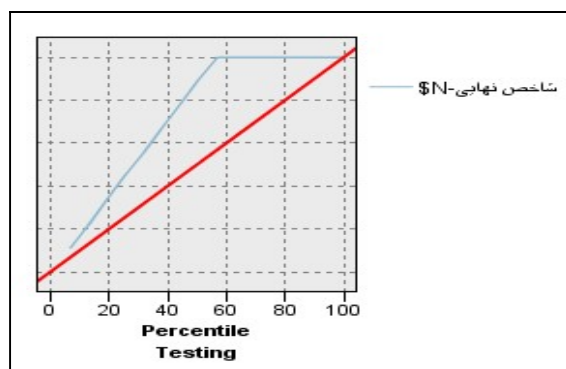
جدول ۲. اطلاعات مربوط به مرحله آموزش

حدافل خطا	-۰/۱۱۴
حداکثر خطا	۰/۱۱۵
میانگین خطا	۰/۰۰۰
حدافل قدرمطلق خطا	۰/۰۴۴
انحراف معیار	۰/۰۵۶
ارتباط خطی	۰/۹۷۸
تعداد	۲۸

منبع: یافته‌های تحقیق

## - گزارش مربوط به مرحله تست

شکل شماره ۴ و جدول شماره ۳ مقادیر برآورد و اندازه‌گیری شده مدل‌سازی آسیب‌پذیری اجتماعی با استفاده از شبکه عصبی در نرم‌افزار Spss Modeller با به‌کارگیری پیش‌فرض شبکه عصبی چند لایه را نشان می‌دهد. شکل زیر بهترین شیوه پیش‌بینی آسیب‌پذیری اجتماعی و پیش‌بینی انجام‌شده از آن را نشان می‌دهد که تقریباً توانسته است مقادیر مربوط به ورودی‌های ممکن برای انتخاب بهترین شبیه‌سازی آسیب‌پذیری اجتماعی را تا حد مناسبی برآورد نماید. در این شکل، خط قرمز رنگ بهترین حالت شبیه‌سازی آسیب‌پذیری اجتماعی و خط آبی، روند شبیه‌سازی شده بر اساس ورودی‌های ممکن برای هدف مورد نظر است. بر اساس نتایج جدول ۲ در زمینه مربوط به مرحله تست، اگرچه میزان ارتباط بین شاخص‌های مورد استفاده و میزان آسیب‌پذیری اجتماعی کمتر از مرحله آموزش است، اما هم‌چنان رقم بالایی (۰/۹۴۶) را نشان می‌دهد. در مرحله تست نیز رقم حدافل قدرمطلق خطا (۰/۰۷۲) عددی بسیار کوچک است؛ بنابراین نتایج به‌دست‌آمده معنادار هستند.



شکل ۴. نمودار مربوط به مرحله تست

منبع: نگارندگان

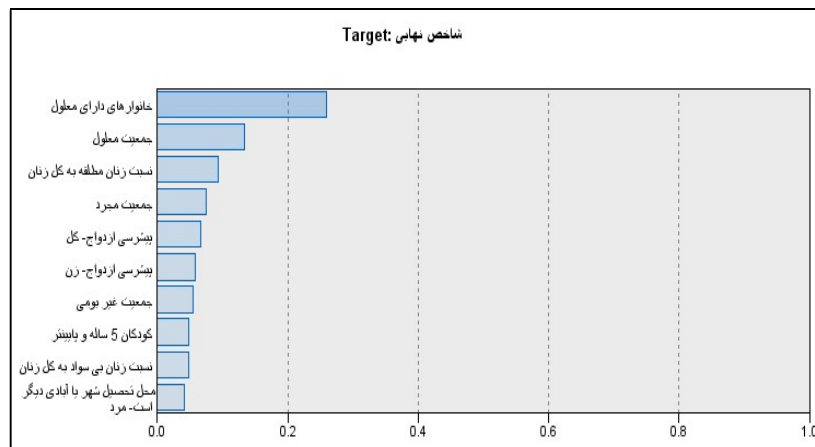
جدول ۳. اطلاعات مربوط به مرحله تست

-۰/۱۵۵	حداقل خطا
۰/۱۷۸	حداکثر خطا
-۰/۰۲	میانگین خطا
۰/۰۷۲	حداقل قدرمطلق خطا
۰/۰۹۲	انحراف معیار
۰/۹۴۶	ارتباط خطی
۲۸	تعداد

منبع: یافته‌های تحقیق

### – آنالیز حساسیت شبکه

آنالیز حساسیت به منظور تجزیه و تحلیل یک رابطه یا درحقیقت یک مدل خاص است. با تجزیه و تحلیل روابط یا مدل‌ها می‌توان تأثیر هر یک از پارامترها یا متغیرها را در خروجی مدل ارزیابی کرد. با استفاده از این روش می‌توان به رابطه یا روابط بین پارامترها و فاکتورهایی پی برد که در خروجی مدل تأثیرگذار هستند (نجفی و همکاران، ۱۳۹۴:۹۳). شکل سه آنالیز حساسیت بین داده‌های ورودی (شاخص‌های تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری اجتماعی) و خروجی (شاخص نهایی آسیب‌پذیری اجتماعی) حاصل از شبکه عصبی را نشان می‌دهد. این مدل ده شاخصی که بیشترین تأثیر بر آسیب‌پذیری اجتماعی را داشته‌اند، نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌ترتیب شاخص‌های خانوارهای دارای معلول، جمعیت معلول، نسبت زنان مطلقه به کل زنان، جمعیت مجرد، پیش‌رسی ازدواج-کل، پیش‌رسی ازدواج-زن، جمعیت غیر بومی، کودکان ۵ ساله و پایینتر، نسبت زنان بی‌سواد به کل زنان، محل تحصیل شهر یا آبادی دیگر است-مرد، بیشترین تأثیر را بر شاخص نهایی آسیب‌پذیری اجتماعی داشته‌اند.



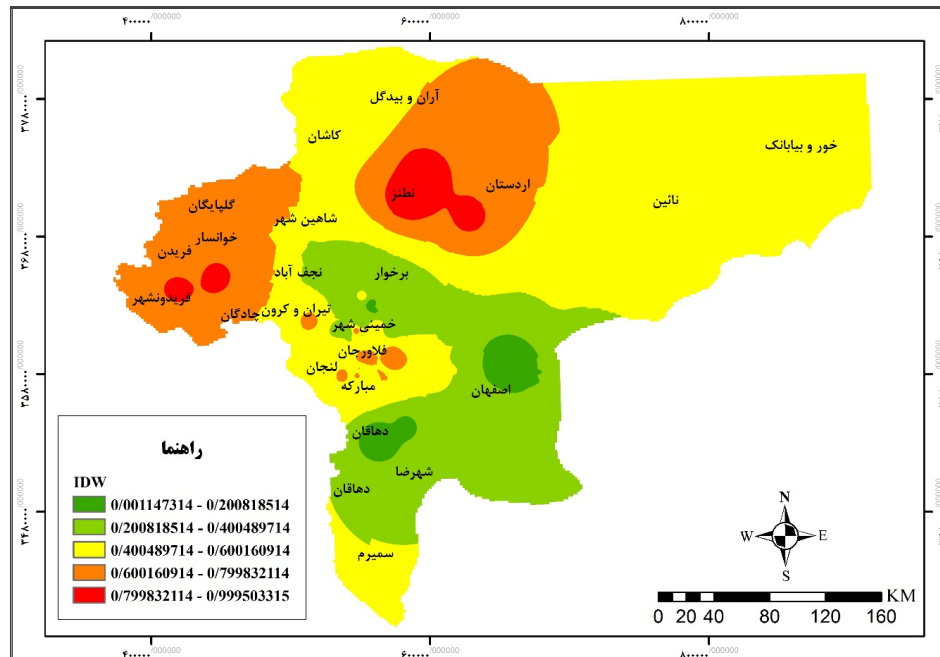
شکل ۵: میزان تأثیرگذاری شاخص‌های ورودی در میزان آسیب‌پذیری اجتماعی

منبع: یافته‌های تحقیق

### – تحلیل فضایی میزان آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرهای استان

برای مدل‌سازی آسیب‌پذیری اجتماعی، امتیازات حاصل از شانزده فاکتور باهم جمع شدند. فرایند پیاده‌سازی امتیازات بر روی نقشه، محاسبه میانگین برای امتیازات آسیب‌پذیری بوده است. برای این کار امتیازات هریک از شهرها با توجه به شاخص نهائی آسیب‌پذیری اجتماعی به نقشه پایه مورد مطالعه داده شد و پهنه‌بندی نقشه آسیب‌پذیری اجتماعی حاصل از مجموع فاکتورها بر این مبنا تهیه گردید. لذا بدین منظور با استفاده از روش IDW به درون‌یابی از نقاط شهری مورد مطالعه پرداخته شد و در نتیجه، طبق یافته‌ها میزان آسیب‌پذیری اجتماعی این شهرها بر اساس طیف در شکل شماره ۶ نمایش داده شده است.

بر مبنای امتیاز هریک از شهرهای استان در عامل‌های مورد مطالعه در این پژوهش، شهرهای استان اصفهان در پنج خوشه سطح‌بندی شدند که بر این اساس، شهرهایی که به رنگ قرمز نشان داده شده‌اند دارای بالاترین میزان آسیب‌پذیری هستند و به همین ترتیب هرچه طیف رنگی به سمت رنگ زرد پیش می‌رود، میزان آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها کاهش پیدا می‌کند، که در این زمینه شهرهای شمالی و غربی، به‌طور خاص نطنز و فریدونشهر، همان‌گونه که در نقشه به نمایش گذاشته شده است، دارای بالاترین میزان آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرهای استان اصفهان هستند که از مهم‌ترین دلایل آن باید به بالا بودن جمعیت معلول و هم‌چنین تعداد بالای زنان مطلقه در سطح این شهرها در مقایسه با دیگر مناطق اشاره کرد. در خوشه دوم از این رتبه‌بندی شهرهای اردستان، خوانسار و گلپایگان قرار دارند که دارای آسیب‌پذیری اجتماعی بالا هستند. در این زمینه، شهرهای اصفهان و دهاقان دارای بهترین وضعیت از نظر آسیب‌پذیری اجتماعی هستند.



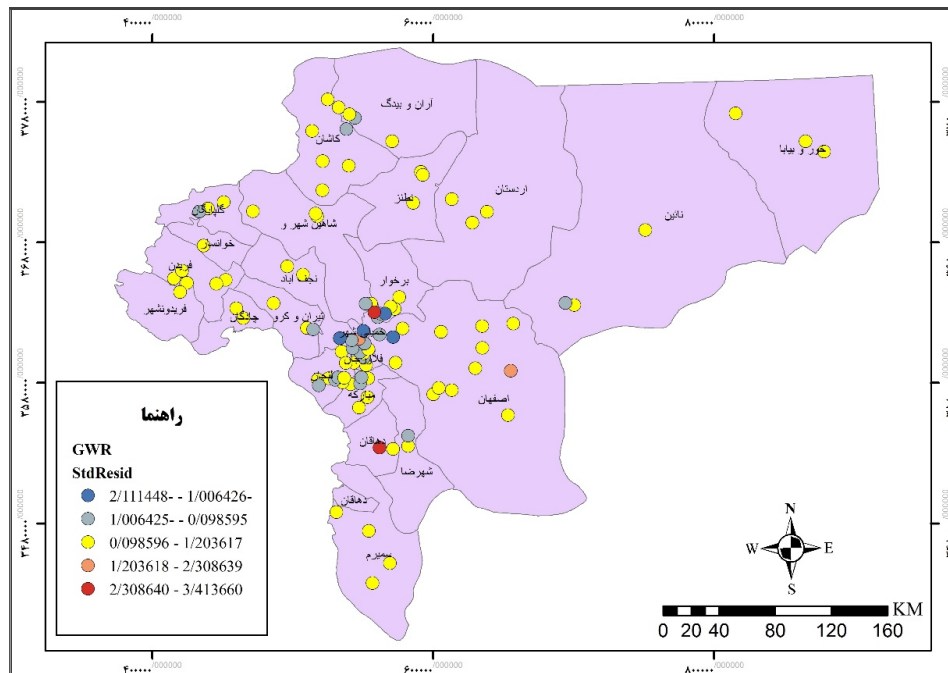
شکل ۶. تحلیل فضایی آسیب‌پذیری اجتماعی در محدوده مورد مطالعه

منبع: نگارندگان

### تحلیل فضایی میزان هم‌بستگی شاخص خانوار دارای معلول با میزان آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرها

برای بررسی رابطه میان شاخص خانوار دارای معلول که مهم‌ترین شاخص با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از هوش مصنوعی بود با میزان آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرهای مورد مطالعه، از ابزار رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) که جزء مجموعه آمار فضایی است، استفاده شده است؛ که برای این موضوع میزان رابطه به همراه نقشه تولید شده ارائه می‌شود. نتایج حاصل از جدول شماره ۴ وجود رابطه بسیار زیاد بین متغیر مستقل و وابسته را اثبات می‌کند. هم‌چنین شکل شماره ۷ نحوه پراکنش فضایی این رابطه را در سطح شهرها نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه، هرچند که دو متغیر ذکر شده از نظر وجود رابطه رگرسیونی ثابت، دارای ارتباط بسیار قوی هستند، اما همان‌گونه که در شکل شماره ۷ نشان داده شده است، از نظر فضایی وضعیت نامتوازی از ارتباط بین این دو متغیر در سطح ناحیه مورد مطالعه وجود دارد؛ به طوری که در این زمینه بالاترین میزان هم‌بستگی بین متغیر خانوار دارای معلول و آسیب‌پذیری اجتماعی به شهرهای گز و دهقان مربوط است؛ به عبارت دیگر، همان‌گونه که مشاهده می‌شود، متغیر مستقل خانوار دارای معلول در این دو شهر بالاترین تأثیر را در آسیب‌پذیری اجتماعی آنها داشته است؛ اما در این زمینه کم‌ترین مقدار تأثیر خانوار دارای معلول بر آسیب‌پذیری اجتماعی به شهرهای دولت‌آباد، خوراسگان، خمینی‌شهر و

نجف‌آباد است که دارای کمترین میزان تأثیر در مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی بوده است. لذا همان‌گونه که مشاهده می‌شود، هرچند که شاخص خانوار دارای معلول از نظر کلی هم در مدل هوش مصنوعی و هم در مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی بالاترین میزان تأثیر را بر روی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرهای استان اصفهان داشته است؛ اما با توجه به شکل شماره ۷، این میزان تأثیر در سطح شهرها متفاوت است و برخی شهرها دارای ارتباط کم و برخی دارای ارتباط قوی بودند و در باقی آنها ارتباط خاصی بین دو متغیر دیده نمی‌شود.



شکل ۷. رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی ارتباط شاخص خانوار دارای معلول با میزان آسیب‌پذیری اجتماعی  
منبع: نگارندگان

جدول ۴. برآورد مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی

متغیر	طول باند	Sigma	AICc	R2	R2 تعدیل شده
آسیب‌پذیری اجتماعی	۱۱۳۶۳۳/۷	۰/۰۵	-۱۲۵/۷	۰/۹۶	۰/۹۵

منبع: یافته‌های تحقیق

روند الگوی رگرسیون در تعیین توزیع الگوی آسیب‌پذیری اجتماعی و رابطه آن با خانوار دارای معلول در محدوده مورد مطالعه، نشان می‌دهد که خروجی پارامترهای مدل به میزان بالایی

پیش‌بینی موردنظر مبنی بر وجود رابطه بین این دو متغیر را تأیید می‌کند. مهم‌ترین مقادیر در اینجا مقادیر  $R^2$  و  $R^2$  تعدیل‌شده (Adjusted  $R^2$ ) است که درحقیقت بیانگر دقت مدل مورد استفاده است. هرچه این مقادیر به عدد (۱) نزدیک‌تر باشد، به معنای آن است که متغیرهای توصیفی مورد استفاده توانسته‌اند به‌خوبی تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند. در این بین، با توجه به ضریب بالای  $R^2$  که برابر با ۰/۹۵ است، می‌توان گفت خانوار دارای معلول بر آسیب‌پذیری بالای ساکنان این شهرها به میزان بسیار زیادی تأثیر داشته است.

##### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

کاهش بحران نیازمند شناخت و تبیین درست از ماهیت و ابعاد جوامع و مکان‌ها دربرابر مخاطرات طبیعی است. لذا آسیب‌پذیری اجتماعی نتیجه‌ای از نابرابری‌های اجتماعی در جامع شهری است. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که شهرها با توجه به ساختارهای متفاوت اجتماعی-اقتصادی از آسیب‌پذیری یکسانی دربرابر مخاطرات طبیعی برخوردار نبوده‌اند و هریک از این جوامع با توجه به ویژگی‌ها و ساختارهای فیزیکی و اجتماعی خود واکنش متفاوتی دربرابر مخاطرات طبیعی نشان داده‌اند. ارزیابی نتایج تحقیق نشان می‌دهد، که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در مرحله آموزش ارتباط قوی بین شاخص‌های مورد استفاده و میزان آسیب‌پذیری اجتماعی وجود دارد؛ به‌طوری‌که میزان ارتباط خطی بین آنها (۰/۹۴۶) است؛ اگرچه میزان این ارتباط کمتر از مرحله آموزش (۰/۹۷۸) است، اما همچنان رقم بالایی را نشان می‌دهد و نزدیک به یک است. این موضوع حاکی از ارتباط مستقیم و کامل آسیب‌پذیری در سطح شهرهای استان اصفهان با شاخص‌های مورد استفاده است؛ همچنین حداقل قدرمطلق خطا برابر با ۰/۰۷۲ است که بیانگر صحیح بودن نتیجه رابطه به‌دست‌آمده است. اما در رابطه با رتبه‌بندی، میزان تأثیر هریک از عوامل بر آسیب‌پذیری اجتماعی طبق نتایج به‌ترتیب شاخص‌های خانوارهای دارای معلول، جمعیت معلول، نسبت زنان مطلقه به کل زنان بیشترین تأثیر را بر شاخص نهایی آسیب‌پذیری اجتماعی داشته‌اند؛ که می‌توان با تمرکز بر روی این شاخص‌ها و سعی در تقویت و توانمند ساختن این اقشار، تا حدود زیادی از آسیب‌پذیری اجتماعی کلی در سطح شهرهای استان کاست.

اما نکته مهم‌تر در این زمینه پراکنش آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرهای استان است. همان‌گونه که در قسمت یافته‌ها بدان اشاره شد، علی‌رغم بالا بودن کلی شاخص آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح استان اصفهان، میزان این شاخص در سطح کل استان یکنواخت نیست و برخی شهرها دارای آسیب‌پذیری بالا و برخی دارای آسیب‌پذیری اندکی دربرابر مخاطرات هستند؛ لذا طبق یافته‌ها، شهرهای نطنز و فریدونشهر دارای بالاترین میزان آسیب‌پذیری اجتماعی در سطح شهرهای استان اصفهان هستند که از مهم‌ترین دلایل آن باید به بالا بودن جمعیت معلول و همچنین تعداد بالای زنان مطلقه در سطح این شهرها در مقایسه با دیگر مناطق اشاره کرد. نتیجه مدل رگرسیون

وزن دار جغرافیایی بیانگر این است R2 که نشانگر میزان ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته است برابر با ۰/۹۶ است که رقم بسیار بالایی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر متغیرهای مستقل ۹۶ درصد از عوامل مؤثر در متغیر وابسته را تبیین می‌کنند. شاخص Sigma که نشانگر انحراف معیار باقی‌مانده‌هاست و کوچک‌تر بودن آن نشانه برتری مدل است برابر با ۰/۰۵ است که رقم بسیار کمی را نشان می‌دهد. AICs (آکاییکه) بیانگر نیکویی برازش مدل است که رقم کمتر آن به معنای برازش بهتر مدل است. رقم این شاخص برابر با ۱۲۵/۷- است که نشانگر برازش مناسب مدل است. هم‌چنین با توجه به آزمون تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیایی که از طریق آن میزان ارتباط مهم‌ترین شاخص در زمینه آسیب‌پذیری اجتماعی یعنی خانوار دارای معلول (که از طریق مدل هوش مصنوعی به دست آمد) و میزان آسیب‌پذیری اجتماعی سنجیده شد، می‌توان گفت میزان این شاخص دارای هم‌بستگی بالایی با میزان کل آسیب‌پذیری اجتماعی است. هم‌چنین در این زمینه تفاوت بالایی در میزان این ارتباط در سطح شهرهای استان وجود دارد که بالاترین میزان هم‌بستگی بین متغیر خانوار دارای معلول و آسیب‌پذیری اجتماعی به شهرهای گز و دهقان مربوط است؛ اما در این زمینه شهرهای دولت‌آباد، خوراسگان، خمینی‌شهر و نجف‌آباد دارای کمترین میزان تأثیر در مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی بوده‌اند.

نتایج تحقیق آروین و زیاری (۱۳۹۷) بسیار شبیه به تحقیق حاضر است. تحقیق آنها نیز مانند پژوهش حاضر مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری اجتماعی را مشخص و به‌صورت فضایی به نمایش درآمده است. تفاوت این تحقیق با پژوهش حاضر در شیوه تحقیق است. آروین و زیاری از روش تحلیل مسیر و نمایش فضایی صرف استفاده کرده‌اند، درحالی‌که در این تحقیق از روش هوش مصنوعی و برای نمایش فضایی از روش GWR استفاده شد. نتایج این تحقیق تا حدی مخالف نتیجه تحقیق نظم‌فر و همکاران (۱۳۹۴) است. نتایج تحقیق آنها صرفاً شهرهای مورد مطالعه را از لحاظ آسیب‌پذیری به پنج دسته تقسیم کرده بود. هرچند نتایج تحقیق حاضر نیز مانند نظم‌فر و همکاران، نواحی مورد مطالعه را به پنج دسته تقسیم‌بندی کرده، اما علاوه بر آن، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری اجتماعی را نیز به ترتیب میزان اثرگذاری آنها مشخص نموده است. نتایج تحقیق حاضر تا حدودی از لحاظ تعیین مهم‌ترین شاخص‌ها بر ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شبیه نتیجه تحقیق احدنژاد و همکاران (۱۳۹۴) است؛ ولی تفاوت تحقیق حاضر در مقیاس تحلیل است. احدنژاد و همکاران تنها به یک منطقه از شهر (منطقه یک شهر تبریز) توجه نمودند؛ درحالی‌که تحقیق حاضر از جامع‌نگری بیشتری برخوردار است و آسیب‌پذیری اجتماعی را در تمام شهرهای استان اصفهان مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نتایج تحقیق روستایی و معبودی (۱۳۹۴) اگرچه مانند تحقیق حاضر مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری اجتماعی را تبیین کرده است، ولی تفاوت آن با این پژوهش در شیوه ارزیابی فضایی است. روستایی و معبودی تأثیر متغیرهای مستقل را بر متغیر وابسته نشان



نداده‌اند، درحالی‌که نتایج تحقیق حاضر بیانگر این امر است که تأثیر متغیرهای مستقل در کدام نواحی بر متغیر وابسته بیشتر بوده است.

## منابع

۱. احدنژاد روشتی، محسن، (۱۳۸۹)، ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله، نمونه‌ی موردی: شهر زنجان، مطالعات و پژوهش‌های شهری منطقه‌ای، ۲(۷): ۷۱-۹۰.
۲. احدنژاد روشتی، محسن؛ زلفی، علی؛ نوروزی، محمدجواد؛ جلیلی، کریم (۱۳۹۰)، ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله، نمونه‌ی موردی (شهر خرمدره)، جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، ۳(۷): ۸۱-۹۸.
۳. امیری، آزاده؛ نیکو، مهدی؛ نیکو، محمد (۱۳۹۲)، روندیابی سیلاب در رودخانه‌ی مارون با استفاده از سری‌های زمانی در شبکه‌ی عصبی مصنوعی مودولار، فضای جغرافیایی، ۱۳(۴۲): ۲۲۹-۲۵۱.
۴. امینی ورکی، سعید؛ مشهدی، حسن، (۱۳۹۵)، مبانی نظری مدیریت آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها، نشر بوستان حمید، چاپ اول، تهران.
۵. تقی‌زاده مهرجردی، روح‌الله؛ فاضل یزدی، علی؛ محبی، رضا (۱۳۹۲)، مدل‌سازی و پیش‌بینی کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی ایران با استفاده از مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی، شبکه‌ی عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک، مدیریت دارایی و تأمین مالی، ۱(۲): ۱۰۳-۱۲۶.
۶. حیاتی، سلمان؛ غلامی، یونس؛ اسماعیلی، آسیه؛ رضوی‌نژاد، مرتضی (۱۳۹۵)، پیش‌بینی محل وقوع زلزله‌ی احتمالی در استان خراسان رضوی با استفاده از روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۵(۲۰): ۱-۱۹.
۷. زیاری، کرامت‌الله؛ شهسواری، محمدسینا (۱۳۹۷)، بررسی و تحلیل فضایی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرهای استان خوزستان (مطالعه‌ی موردی: شهرهای بالای ۱۰ هزار نفر)، مطالعات محیطی هفت حصار، ۶(۲۴): ۲۹-۴۰.
۸. شاهنوشی، ناصر؛ رجبی، میترا؛ فیروز زراع، علی؛ غفاری، عباس (۱۳۹۲)، شناسایی عامل‌های مؤثر در ایجاد ضایعات نان و تمایز نانویی‌ها با کاربرد تجزیه و تحلیل تمایزی و شبکه‌ی عصبی مصنوعی مبتنی بر آن (مطالعه‌ی موردی شهر مشهد)، اقتصاد کشاورزی، ۷(۳): ۱۰۱-۱۳۲.
۹. علوی، سید علی؛ حسینی، سید مصطفی؛ بهرامی، فریبا؛ عاشورلو، مهرباب، (۱۳۹۴)، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری با استفاده از ANP و GIS (مطالعه‌ی موردی: شهر سمیرم)، سپهر، ۲۵(۱۰۰): ۱۲۹-۱۴۶.
۱۰. قانونی، حسین (۱۳۹۱)، تحلیل تأثیر پراکنده‌رویی شهری بر آسیب‌پذیری اجتماعی و پیشنهاد سیاست‌های متناسب، (نمونه‌ی موردی: نواحی شهر قزوین) گروه شهرسازی دانشگاه تهران.

۱۱. محمدی، زهرا (۱۳۹۳)، تحلیل آسیب‌پذیری کالبدی ناشی از وقوع زلزله در منطقه ۱۰ تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران.
۱۲. صیدایی، سید اسکندر؛ حسینی، سیده سمیه (۱۳۹۶)، ارزیابی، ظرفیت‌سنجی و پهنه‌بندی مناطق مستعد گردش‌گری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مورد مطالعه: استان اصفهان)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۶(۱): ۸۱-۹۴.
۱۳. مرکز آمار ایران، (۱۳۹۶)، سالنامه آماری استان اصفهان.
۱۴. ملکی، سعید؛ مودت، الیاس؛ فیروزی، محمدعلی، (۱۳۹۳)، ارزیابی و رتبه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله با مدل TOPSIS و GIS (نمونه موردی: شهر یزد)، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۸(۳): ۹۹-۱۲۳.
۱۵. نجفی، اسماعیل؛ صفاری، امیر؛ قنواتی، عزت‌الله؛ کرم، امیر (۱۳۹۴)، شبیه‌سازی و تحلیل دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: ایستگاه‌های هیدرومتری هفت حوض، سولقان، قلاک و مقصود بیک در کلان‌شهر تهران)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۴(۱): ۹۰-۱۰۳.
16. Armas, I., & Gavris, A. (2016). **Census-based Social Vulnerability Assessment for Bucharest**. In *Environment at a Crossroads: SMART approaches for a sustainable future*, 10(32): 138-146.
17. Armas, I., & Gavris, A. (2013). **Social vulnerability assessment using spatial multi-criteria analysis (SEVI model) and the Social Vulnerability Index (SoVI model) – a case study for Bucharest, Romania**. *Natural Hazards and Earth System Science*, 13(6): 1481–1499.
18. Basu, R., & Bazaz, B. (2014). **Assessing climate change risks and contextual vulnerability in urban areas of semi-arid India The case of Bangalore**. ASSAR working paper.
19. Berke, P., Yu, S., Malecha, M., & Cooper, J. (2019). **Plans that Disrupt Development: Equity Policies and Social Vulnerability in Six Coastal Cities**. *Journal of Planning Education and Research*, 5(2): 1–16.
20. Bevacqua, A., Yu, D., & Zhang, Y. (2018). **Coastal vulnerability: Evolving concepts in understanding vulnerable people and places** *Coastal vulnerability: Evolving concepts in understanding vulnerable people and places. Environmental Science and Policy*, 82(1): 19–29.
21. Burton, C., Rufat, S., & Tate, E. (2018). **Social Vulnerability: Conceptual Foundations and Geospatial Modeling**. In *Vulnerability and Resilience to Natural Hazards* (pp. 53–81). London: Cambridge University Press.
22. Cere, G., Rezugui, Y., & Zhao, W. (2017). **Critical review of existing built environment resilience frameworks: Directions for future research**. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 25(4): 173–189.
23. Chin-Cheng, W., Hao-Tang, J., Kuo-Huan, T., Heng-Chieh, T., Meng-Tsung, L., Tai-Wen, H., & Wen-Hong, L. (2016). **Application of Social Vulnerability Indicators to Climate Change for the Southwest Coastal Areas of Taiwan**. *Sustainability*, 8(12): 1–18.

24. Chunliang, X., Lin, C., Wei, S., & Wei, W. (2011). **Vulnerability of large city and its implication in urban planning: A perspective of intra-urban structure.** *Chinese Geographical Science*, 21(2): 204–210.
25. Danan, G., Gerland, P., Pelletier, F., & Cohen, B. (2015). **Risk of Exposure and Vulnerability to Natural Disasters at the City Level: A Global Overview.** United Nations Department of Economic and Social Affairs.
26. Diagne, K., Lavell, A., Leon, E., Lerise, F., Macgregor, H., Maskrey, A., Yitambe, A. (2003). **From everyday hazards to disasters: the accumulation of risk in urban areas.** *Environment and Urbanization*, 15(1): 193–204.
27. Dodman, D., Leck, H., Rusca, M., & Colenbrander, S. (2017). **African Urbanisation and Urbanism: Implications for risk accumulation and reduction.** *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 26(5): 7–15.
28. Dumenu, W. K., & Obeng, E. A. (2016). **Climate change and rural communities in Ghana: Social vulnerability, impacts, adaptations and policy implications.** *Environmental Science and Policy*, 55(2): 208–217.
29. Fernandez, P., Mourato, S., & Moreira, M. (2016). **Social vulnerability assessment of flood risk using GIS-based multicriteria decision analysis. A case study of Vila Nova de Gaia (Portugal).** *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(4): 1367–1389.
30. Ford, J., & Smit, B. (2004). **A Framework for Assessing the Vulnerability of Communities in the Canadian Arctic to Risks Associated with Climate Change.** *Arctic*, 57(4): 389–400.
31. Frigerio, I., Carnelli, F., Cabinio, M., & Amicis, M. De. (2018). **Spatiotemporal Pattern of Social Vulnerability in Italy.** *International Journal of Disaster Risk Science*, 9(2): 249–262.
32. Huang, J., Su, F., & Zhang, P. (2015). **Measuring social vulnerability to natural hazards in Beijing-Tianjin-Hebei Region, China.** *Chinese Geographical Science*, 25(4): 472–485.
33. Kelman, I., Gaillard, J., Lewis, J., & Mercer, J. (2016). **Learning from the history of disaster vulnerability and resilience research and practice for climate change.** *Natural Hazards*, 82(1): 129–143.
34. Highfield, W., Peacock, W. G., & Van Zandt, S. (2014). **Mitigation Planning.** *Journal of Planning Education and Research*, 34(3), 287–300.
35. Hummell, D. L., Cutter, S., & Emrich, C. (2016). **Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil.** *International Journal of Disaster Risk Science*, 7(2): 111–122.
36. Koks, E. E., Jongman, B., Husby, T. G., & Botzen, W. J. W. (2015). **Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management.** *Environmental Science and Policy*, 47, 42–52.
37. Lee, Y.-J. (2014). **Social vulnerability indicators as a sustainable planning tool.** *Environmental Impact Assessment Review*, 44, 31–42.
38. Mansur, A. V., Brondízio, E. S., Roy, S., Hetrick, S., Vogt, N. D., & Newton, A. (2016). **An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure.** *Sustainability Science*, 11(4), 625–643.
39. Mavhura, E., Manyena, B., & Collins, A. (2017). **An approach for measuring social vulnerability in context: The case of flood hazards in Muzarabani district, Zimbabwe.** *Geoforum*, 86, 103–117.
40. MC neeley, S., Even, T., Gioia, J., Knapp, C., & Beeton, T. (2017). **Climate Risk Management Expanding vulnerability assessment for public lands: The social**

- complement to ecological approaches.** *Climate Risk Management*, 16(4): 106–119.
41. Nhuan, M. T., Hien, L. T. T., Ha, N. T. H., Hue, N. T. H., & Quy, T. D. (2014). **An integrated and quantitative vulnerability assessment for proactive hazard response and sustainability: A case study on the Chan May-Lang Co Gulf area, Central Vietnam.** *Sustainability Science*, 9(3): 399–409.
42. Pandey, R., & Bardsley, D. K. (2015). **Social-ecological vulnerability to climate change in the Nepali Himalaya.** *Applied Geography*, 64, 74–86.
43. Parry, L., Davies, G., Almeida, O., Frausin, G., Moraes, A., Rivero, S., Torres, P. (2018). **Social Vulnerability to Climatic Shocks Is Shaped by Urban Accessibility**. *Annals of the American Association of Geographers ISSN:*, 108(1): 125–143.
44. Rafael, S., Martins, H., Borrego, C., & Lopes, M. (2015). **Urban vulnerability and resilience to climate change.** *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 198(5): 379–390.
45. Roder, G., Sofia, G., Wu, Z., & Tarolli, P. (2017). **Assessment of Social Vulnerability to Floods in the Floodplain of Northern Italy.** *American Meteorological Society Journal*, 1(3): 717–737.
46. Salazar, R. C. A., Díaz, B. Y., & Pinzón, R.. (2013). **A Counting Multidimensional Poverty Index in Public Policy Context: the case of Colombia.** OPHI Working Paper 62.
47. Su, S., Pi, J., Wan, C., Li, H., Xiao, R., & Li, B. (2015). **Categorizing social vulnerability patterns in Chinese coastal cities.** *Ocean and Coastal Management*, 116, 1–8.
48. Thi, L., Huynh, M., & Stringer, L. C. (2018). **Multi-scale assessment of social vulnerability to climate change: An empirical study in coastal Vietnam.** *Climate Risk Management*, 20, 165–180.
49. Vatsa, K. (2004). **Risk, vulnerability, and asset-based approach to disaster risk management.** *International Journal of Sociology and Social Policy*, 24(2): 1–48.
50. Sanderson, D. (2000). **Cities, Disasters and Livelihoods.** *Risk Management*, 2(4): 49–58.
51. Siagian, T. H., Purhadi, P., Suhartono, S., & Ritonga, H. (2014). **Social vulnerability to natural hazards in Indonesia: Driving factors and policy implications.** *Natural Hazards*, 70(2): 1603–1617.
52. United Nations. (2016). **The World's Cities in 2016 - Data Booklet.** In *The World's Cities in 2016* (pp. 1–29). Retrieved from [www.unpopulation.org](http://www.unpopulation.org).
53. Worman, E., Ming Chan, P., & Morgan-Knox, M. (2019). **Mapping Social Vulnerability.** Minnesota.
54. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)
55. Yang, X., Lin, L., Zhang, Y., Ye, T., Chen, Q., Jin, C., & Ye, G. (2019). **Spatially Explicit Assessment of Social Vulnerability in Coastal China.** *Sustainability*, 3(4): 1–20.
56. Yi Ming, W., Ying, F., Cong, L., & Hsien Tang, T. (2004). **The assessment of vulnerability to natural disasters in China by using the DEA method.** *Environmental Impact Assessment Review*, 24(4): 427–439.