

**ORIGINAL ARTICLE**

# Analyzing the Factors Affecting the Physical Vulnerability of Informal Settlements (Case Study: Asadabadi Neighborhood, Khoramabad)

**Hamed Abbasi<sup>1</sup>**

1. Associate Professor, Department of Urban Design, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Email: h.abbasi@basu.ac.ir

**How to cite**

Abbasi, H. (2023). Analyzing the factors affecting the physical vulnerability of informal settlements (Case study: Asadabadi neighborhood, Khoramabad), *Physical Social Planning*, 8 (30), 1-13.

**ABSTRACT**

Informal settlements are a symbol of instability in the economic, social and cultural systems of the urban community. The consequence of this instability is to increase the degree of vulnerability in various dimensions, including physical vulnerability. These areas have affected the quality of life of the citizens with their problems, and on the other hand, managing this part of the city is different and difficult compared to other urban areas. According to the importance of threats of informal settlements against environmental hazards, the purpose of this article is to study the effective factors of physical vulnerability and modeling in the Asad Abadi neighborhood of Khorramabad. The research method is analytical-descriptive. In terms of purpose, the research method is applied-developmental. For data analysis, multivariate regression model, support vector machine model (SVM-ε) and random forest (RF) algorithm were used. The research findings showed that Assad Abadi neighborhood is in poor condition according to all physical indicators. From the perspective of residents of Asad Abadi neighborhood, the public service index with a regression coefficient of 0.429 has the most effect on physical vulnerability. Based on the evaluation criteria, the sigmoidal kernel model of the vector machine gives better results than the other methods. This model correctly predicts the physical vulnerability of informal residential complexes to hazards in more than 60% of cases.

**KEYWORDS**

Keywords: Physical vulnerability, Informal settlement, Support Vector Model, Random Forest Algorithm, Khorramabad.

نشریه علمی

## برنامه‌ریزی توسعه کالبدی

«مقاله پژوهشی»

# واکاوی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی مورد مطالعه: محله اسدآبادی شهر خرم‌آباد

حامد عباسی<sup>۱</sup>

### چکیده

سکونتگاه‌های غیررسمی، نماد ناپایداری در نظام‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جامعه شهری است که پیامد آن، افزایش میزان آسیب‌پذیری در ابعاد مختلف، از جمله در زمینه کالبدی است. این مناطق با انبوهی از مشکلات، کیفیت زندگی شهروندان را تحت تأثیر قرار داده و از طرفی مدیریت بر این بخش از شهر با سایر مناطق شهری متفاوت و دشوار است. بنابر اهمیت تهدیدات سکونتگاه‌های غیررسمی در مقابل مخاطرات محیطی، هدف این مقاله شناخت عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری کالبدی و مدل‌سازی آن در محله اسدآبادی شهر خرم‌آباد است. روش تحقیق به لحاظ ماهیت و روش، تحلیلی - توصیفی و به لحاظ هدف، کاربردی است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از مدل رگرسیون چند متغیره، مدل ماشین‌بردار پشتیبان (ε-SVM) و الگوریتم جنگل تصادفی (RF) استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که محله اسدآبادی، در تمام شاخص‌های کالبدی در وضعیت نامناسبی قرار دارد و از منظر ساکنان محله اسدآبادی، شاخص خدمات عمومی با ضریب رگرسیونی ۰/۴۲۹ بیشترین اثرگذاری را بر آسیب‌پذیری کالبدی دارد، بر اساس معیارهای ارزیابی، مدل کرنل سیگموئید ماشین بردار از سایر روش‌ها نتایج بهتری را ارائه می‌دهد و این مدل، توانایی پیش‌بینی آسیب‌پذیری کالبدی مجتمع‌های سکونتی غیررسمی در برابر مخاطرات را تا بیش از ۶۰ درصد موارد، صحیح پیش‌بینی می‌کند.

### واژه‌های کلیدی

آسیب‌پذیری کالبدی، سکونتگاه غیررسمی، مدل ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم جنگل تصادفی، خرم‌آباد.

۱. دانشیار گروه طراحی شهری، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.

رایانامه: h.abbasi@basu.ac.ir

استناد به این مقاله:

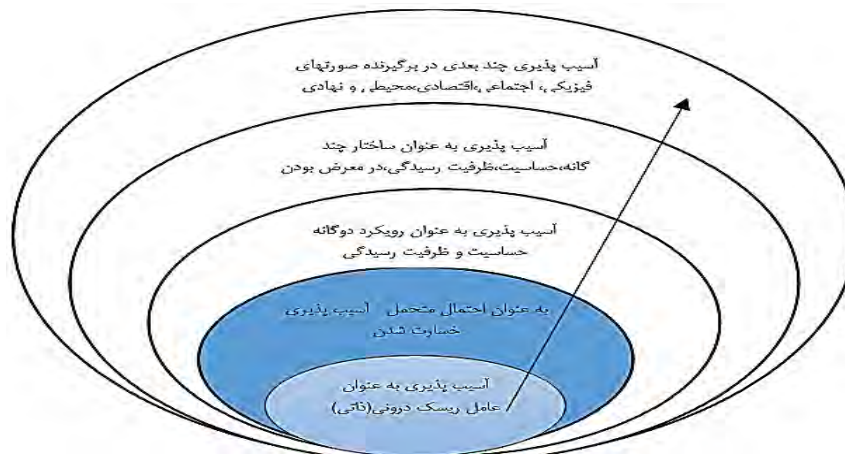
عباسی، حامد (۱۴۰۲). واکاوی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی؛ مورد مطالعه: محله اسدآبادی شهر خرم‌آباد، فصلنامه علمی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۸ (۳۰)، ۱-۱۳.

## مقدمه

پیش‌بینی‌شده برای هر عنصر در معرض خطرات مصیبت‌بار، با شدت معین، گفته می‌شود. تحلیل آسیب‌پذیری فرآیند برآورد آسیب‌پذیری عناصر طبیعی معینی است که در معرض خطر احتمالی ناشی از وقوع خطرات مصیبت‌بار هستند (Fischer et al., 1996). آسیب‌پذیری پدیده‌ای ایستا نیست، بلکه به‌عنوان یک فرآیند پویای جامعی در نظر گرفته می‌شود؛ که احتمال ضرر و زیان عوامل فوق را تغییر می‌دهد و بر آن‌ها اثر می‌گذارد (Okay et al., 2005). طی دوره‌های گذشته نوع تعریف و زاویه نگرش به مفهوم آسیب‌پذیری دچار تغییر و تحول گشته و مفهوم امروزین آن با گذشته بسیار متفاوت است. تغییری که اسکالر و همکاران آن را چنین بیان نموده‌اند:

۱- تحقیقات اولیه بر خصیصه‌های استرس تأکید داشتند؛ ۲- در گام بعد، آسیب‌پذیری با تمرکز بر خصیصه‌های سیستم واقع (در معرض) به ایده ضربه گسترش یافت که می‌توانست سیستم را برای مقاومت، مقابله یا بهبود از استرس کمک کند؛ ۳- در گام سوم، آسیب‌پذیری به سبب تمرکز بر یک استرس واحد و آسیب‌پذیری‌های اجتماعی به چارچوب‌های مفهومی ناقص محدود شده بود؛ ۴- در گام آخر با بسط آسیب‌پذیری به‌گونه‌ای که استرس‌های چندگانه متعامل را در برگیرد، همچنین پذیرش ایده سیستم (در معرض) به‌عنوان جزء ترکیبی مؤلفه‌های زوجی انسانی - محیطی و به‌علاوه روشن کردن اینکه واکنش خود سیستم، توانایی تعدیل یا افزایش اختلالات و استرس‌های مختلف را دارد؛ تصویر کامل‌تری از آسیب‌پذیری ارائه شد. در همین ارتباط بیرکمن نیز گرایش روشنی را در توسعه دامنه مفهومی آسیب‌پذیری و شکل‌گیری حلقه‌های مفهومی متعددی از آن مطابق شکل ۱ تشخیص می‌دهد (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۳ و Birkman, 2005).

در طول دو دهه گذشته آسیب‌پذیری به‌عنوان یک مفهوم اساسی در پژوهش‌های مرتبط با مخاطرات و بحران‌ها به‌کاررفته و استفاده از استراتژی‌های متناسب جهت کاهش مخاطرات در سطوح محلی، ملی و بین‌المللی توسعه یافته است (Rashed & Weeks, 2003). سوانح طبیعی که جزئی از فرآیند زندگی بشر به‌شمار می‌رود، به‌عنوان چالشی اساسی برای نیل به توسعه پایدار جوامع انسانی مطرح هستند (تقوی زواره و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۲۹). آنچه یک سانحه طبیعی را تبدیل به یک فاجعه مخرب و بحران می‌نماید، تقابل پدیده‌های انسانی و عوامل انسان‌ساز با آن است (شهناقی و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۷). سوانح طبیعی پدیده‌هایی هستند که همیشه زندگی انسان را در همه اعصار و قرون در معرض آسیب قرار داده‌اند و به‌طور ویژه در مناطق شهری اثرات زیانبار معمول در اثر وقوع سوانح طبیعی، شامل تلفیقی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد عناصر شهری است که ویرانی سازه‌ها، شبکه‌های دسترسی و تأسیسات از آن جمله هستند (پیشگاهی فرد و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۵). همیشه درصدی از بحران‌ها اجتناب‌ناپذیر هستند و در واقع بخش جدایی‌ناپذیر و طبیعی حیات سیستم‌ها هستند؛ ولیکن بخش عظیمی از تهدیدات، بحران‌ها و التهابات تحمیلی هستند که در اثر عدم برنامه‌ریزی و آمادگی عارض می‌گردند. آسیب‌پذیری شهری به میزان خسارتی اطلاق می‌شود که در صورت بروز سانحه بر اجزا و عناصر شهری وارد شده و مقدار آن برحسب ماهیت و کیفیت آن‌ها متفاوت است. همچنین به‌عنوان یک پدیده گسترده و همه‌جانبه بوده که تمامی عوامل موجود در یک شهر را در بر گرفته و به دلیل وابستگی عناصر به یکدیگر میزان آن به‌سرعت افزایش می‌یابد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵: ۸۶). آسیب‌پذیری یک تابع ریاضی است و به مقدار خسارت



شکل ۱. حلقه‌های کلیدی مفهوم آسیب‌پذیری

- تاکنون طبقه‌بندی‌های مختلفی از دیدگاه‌های آسیب‌پذیری ارائه شده است که در مجموع سه دیدگاه متمایز به شرح زیر را می‌توان نام برد:
- ۱- دیدگاه زیستی - فیزیکی: آسیب‌پذیری به‌عنوان ریسک در معرض بودن (خطر محور و فن گرا)؛
- ۲- دیدگاه ساخت اجتماعی: آسیب‌پذیری به‌عنوان ساخته‌ای اجتماعی (اجتماعی و انسان محور)؛
- ۳- دیدگاه ترکیبی: آسیب‌پذیری به‌عنوان تأثیرپذیری بالقوه و ظرفیت رسیدگی و انطباق (یکپارچگی و پایداری) (رکن الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۳). جدول ۱، ویژگی دیدگاه‌های نظری آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقایسه دیدگاه‌های نظری آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات

عنوان	دیدگاه زیستی - فیزیکی	دیدگاه ساخت اجتماعی	دیدگاه ترکیبی
مفهوم آسیب‌پذیری	ریسک در معرض بودن	ظرفیت/توانایی رسیدگی و بهبود	ترکیب و تعاملی از هر دو
تعریف آسیب‌پذیری	درجه زیان فیزیکی محتمل	نبود ظرفیت/توانایی رسیدگی و بهبود	پتانسیل تأثیرپذیری و ظرفیت رسیدگی
منشأ آسیب‌پذیری	نیروی طبیعت/خطر و استرس	جامعه/ظرفیت سیستم	تعامل طبیعت و جامعه
حوزه دانش	زیستی - فیزیکی	اجتماعی - اقتصادی	یکپارچه
کانون تأکید	خطر: ویژگی‌های و توزیع فضایی	آسیب‌پذیری: منشأ اجتماعی ساختاری	ترکیبی و در قالب سیستم زوجی
هدف	خطر: کاهش زیان‌های فیزیکی	آسیب‌پذیری: افزایش ظرفیت و توانایی	پایداری سیستم
هدف مشترک	کاهش ضرر و زیان‌های ناشی از بحران‌ها و جلوگیری از عواقب مصیبت‌بار		
پایه نظری	علوم طبیعی و تجربی	علوم اجتماعی و انسانی	علوم میان‌رشته‌ای
ابعاد مورد توجه	فیزیکی و محیطی	اجتماعی و اقتصادی	چندبعدی، یکپارچه
سال‌های ظهور	دهه ۱۹۶۰ و قبل از آن	دهه ۱۹۷۰	از نیمه دوم دهه ۱۹۹۰
روش‌شناسی	فن گرا و کمی	اجتماعی و کیفی	کمی و کیفی
مدل برنامه‌ریزی	فرماندهی و کنترل	حمایت و جلب مشارکت	اجتماع محور و مشارکتی
راه‌حل‌های عمده	دانش فنی، اصلاح رفتار	تغییر و ارتقای شرایط اجتماعی	ترکیبی و همه‌جانبه
رویکرد	ممانعت از خطر/آسیب	کاهش آسیب‌پذیری/ارتقای ظرفیت	پیشگیری، آمادگی، واکنش و بهبود
اقدام	استانداردها و انتقال تکنولوژی هشدار، واکنش فوری، امداد و نجات	کاهش فقر و نابرابری و افزایش دسترسی به منابع و امکانات	ترکیبی و همه‌جانبه و مبتنی بر پایداری
مزیت عمده	نقشه‌های توزیع فضایی خطر/آسیب	گروه‌ها و افراد آسیب‌پذیر	کل‌نگری، یکپارچگی، پایداری
محدودیت عمده	عدم توجه به علل و ابعاد انسانی	دست‌کم گرفتن خطر و ماهیت آن	کمبود اطلاعات، تعدد تعاملات و عوامل
محدودیت مشترک	غفلت از تعاملات انسانی - محیطی و پیچیدگی مؤلفه‌ها و وضعیت‌ها		

منبع: (رکن الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۸۸)

از طرفی گسترش روزافزون شهرها متأثر از رشد جمعیت و مهاجرت، منجر به ساخت‌وسازهای بدون برنامه‌ریزی و تغییرات زیاد در ساختارهای فضایی به‌ویژه توسعه فیزیکی شهر در مکان‌های نامساعد طبیعی شده است (نظم‌فر و همکاران، ۱۳۹۴: ۱). بر این اساس محلاتی از شهر که به لحاظ کالبدی آسیب‌پذیرتر از سایر بخش‌ها محسوب می‌شود، در صورت وقوع حادثه‌های

دلیل ضعف ساختارهای کالبدی به‌عنوان روبنا و ساختارهای اقتصادی - اجتماعی به‌عنوان زیربنا، در برابر مخاطرات محیطی آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به بخش رسمی شهرها دارند.

علی‌اکبری و همکاران (۱۴۰۰)، با بررسی آسیب‌پذیری ابعاد مختلفی مانند طبیعی، کالبدی، اجتماعی و اقتصادی کرمانشاه نقشه پهنه آسیب‌پذیر مشخص و راه‌های کاهش آسیب‌پذیری بررسی و نتایج بررسی‌ها بر اساس موقعیت مکانی محدوده مورد مطالعه در قالب توسعه میان‌افزا و توسعه درون‌زا شده است.

مبیل و همکاران (۲۰۲۲)، با بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر سیلاب‌های ناشی از تغییرات اقلیمی عنوان نمودند که آسیب‌پذیری سیل در سکونتگاه‌های غیررسمی نتیجه مشکلات فیزیکی، اجتماعی - اقتصادی و نهادی است. بنابراین، استفاده از دانش محلی و بومی برای انتخاب شاخص‌هایی برای ترسیم آسیب‌پذیری سیل به درک بهتر آسیب‌پذیری در یک سکونتگاه غیررسمی کمک می‌کند.

آناوانا و اجاری (۲۰۲۳)، در پژوهشی با بررسی ویژگی‌های سکونتگاه‌های غیررسمی در مقابل مخاطرات طبیعی نشان دادند که مخاطرات یک مشکل فزاینده چالش برانگیز است که امروزه شهرها با آن مواجه هستند و عواقب آن بیشتر در جوامع حاشیه نشین احساس می‌شود. ساکنان سکونتگاه‌های غیررسمی در معرض اثرات مخاطرات هستند، زیرا مجبورند در ناامن‌ترین مکان‌ها مانند دشت‌های سیلابی زندگی کنند. آن‌ها پیشنهاد نمودند که چشم‌انداز تحقیقات آینده در زمینه‌های ارتقای مسکن و زیرساخت‌ها، سیاست‌ها، ادغام دانش بومی و مشارکت محلی انجام پذیرد. در مجموع بررسی‌ها نشان داد که بنا به اهمیت موضوع، پژوهشگران ابعاد مختلفی از آسیب‌پذیری را مورد توجه قرار داده‌اند. با این وجود در این تحقیق تلاش شده است که با رویکردی فراگیر برهم‌کنش اثرگذاری عوامل مختلف در آسیب‌پذیری کالبدی مورد بررسی قرار گیرد، چنانکه مدل‌های داده‌کاوی شرایط پیش‌بینی متغیرهای دخیل و میزان اثرگذاری را طبق شرایط مشاهداتی و محاسباتی فراهم نموده‌اند.

یکی از مشکلات مهم گسترش شهرنشینی، شکل‌گیری سکونتگاه‌های غیررسمی در بطن شهرهای معاصر بوده است (نجاه، ۲۰۱۵: ۱۰۵). این پدیده در ایران با وجود رشد شتابان جمعیت و تحولات ساختاری در نظام اقتصاد روستایی ایران بعد از دهه ۱۳۴۵ باعث شده تا شهرها به‌ویژه شهرهای بزرگ تبدیل به مقاصد مهاجرت‌های مناطق روستایی کشور شوند. در این میان، اغلب مهاجران فاقد توانایی مالی و اقتصادی، مسکن و اقامت خود را به‌ویژه در شهرهای بزرگ در حاشیه شهرها انتخاب می‌نمایند (صرافی،

ناگوار می‌تواند علاوه بر خسارات مادی، خسارات جانی زیاده‌تری را نیز برجای گذارد. چنین شرایط پرمخاطره‌ای را می‌توان در محله‌های اسکان غیررسمی مشاهده نمود. سکونتگاه‌های غیررسمی یکی از بزرگترین چالش‌هایی است که توسعه پایدار شهری را در مقیاس جهانی به خطر انداخته است و این سکونتگاه‌ها با توجه به وضعیت اجتماعی اقتصادی ساکنان و بستر شکل‌گیری آن‌ها در مقابل مخاطرات محیطی، جزء آسیب‌پذیرترین بخش شهرها محسوب می‌شوند.

هرچند که در ارتباط با آسیب‌پذیری سکونتگاه انسانی در مقابل خطر زلزله تحقیقات بی‌شماری صورت گرفته است؛ اما در ارتباط با آسیب‌شناسی محیط کالبدی مناطق اسکان غیررسمی به‌صورت مستقیم پژوهش‌های اندکی انجام‌یافته است و در اکثر موارد آسیب‌شناسی کالبدی به‌عنوان بخشی از پژوهش‌ها آمده است.

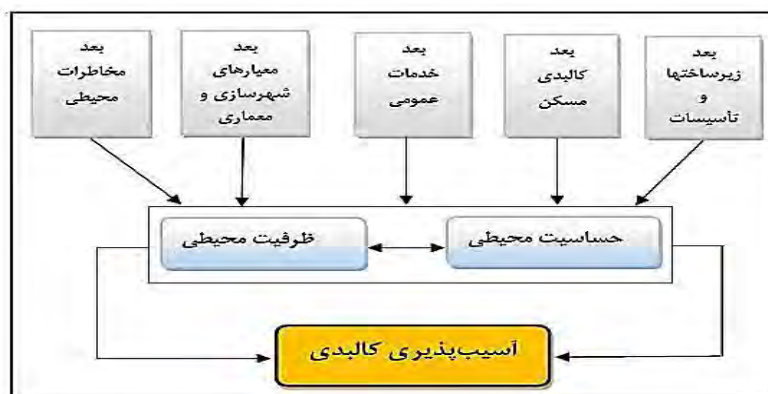
موسوی و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه‌ای به تحلیل شاخص‌های کمی و کیفی مسکن در سکونتگاه‌های غیررسمی شهر قم پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد، که شاخص‌های مورد استفاده که بیان‌کننده ابعاد کالبدی مسکن است، از وضعیت مناسبی برخوردار نیست. به‌گونه‌ای که سطح استانداردهای مسکن در محله مورد مطالعه نسبت به شهر پایین‌تر است و شاخص نفر در اتاق، بدترین شرایط را دارد. سجادزاده و همکاران (۱۳۹۵)، در پژوهشی به بررسی راهبردهای ارتقاء کیفیت محیطی سکونتگاه‌های غیررسمی بر مبنای نظرات ساکنین در شهر همدان پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که ساکنان بیشترین اولویت جهت ارتقاء محیطی محله را شاخص‌های خدمات ضروری، آراستگی محیط، تسهیلات رفاهی و امنیت محیطی در کنار ساختار کالبدی عنوان کرده‌اند.

بیجندی و کریمی (۱۳۹۵)، در پژوهشی به شبیه‌سازی رشد محلی سکونتگاه‌های غیررسمی بر اساس شکل و اندازه قطعات زمین پرداخته‌اند. در این تحقیق ابتدا برای شبیه‌سازی رشد محله‌ی سکونتگاه‌های غیررسمی، مدلی عامل مینا توسعه داده شد، سپس حساسیت خروجی مدل توسعه داده‌شده، نسبت به شکل و اندازه قطعات زمین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سکونتگاه‌های غیررسمی غالباً به دلیل رشد بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی از وضعیت کالبدی مناسبی برخوردار نمی‌باشند. فشردگی قطعات در این‌گونه بافت‌ها زیاد است و جهت شکل‌گیری قطعات نیز نامشخص و بر اساس جهت معابر متغیر است.

حکیمی و همکاران (۱۳۹۵)، با تحلیل تاب‌آوری فردی ساکنان سکونتگاه‌های غیررسمی در مقابل مخاطرات محیطی نشان دادند که بخش‌های سکونتگاه‌های غیررسمی در ایران به

گذشته شاهد افزایش جمعیت، افزایش تراکم انسانی و ساختمانی و گسترش فیزیکی بوده است. چنین گسترشی تابع شرایط ملی و محلی صورت گرفته است. گسترش مهاجرت به خرم‌آباد نیز در الگوی غالب تحت تأثیر سیاست‌های کلان کشور و در پاره‌ای از موارد نیز تحت تأثیر سیاست‌های منطقه‌ای بوده است. از طرفی نباید عدم یا کمبود زمینه‌های اشتغال، منابع مالی، اعتباری و همچنین خدماتی در سایر مناطق استان لرستان اعم از نقاط شهری کوچک و روستاها را در این جریان نادیده گرفت. ناپایداری کالبدی در ابعاد مختلف، میزان مخاطره‌های اسکان در این نواحی را برای شهروندان افزایش داده است. زیرا در چنین محله‌هایی پیامدهای زیانبار ناشی از رخداد مخاطرات محیطی، هم تخریب‌های کالبدی و هم بی‌نظمی در نظام عملکردی خدمات شهری را به دنبال دارد. بر این اساس هدف این تحقیق بررسی آسیب‌شناسی ساختار کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی است. بر این اساس پرسش اصلی این است که کدام عامل‌ها، بیشترین تأثیر را بر آسیب‌شناسی کالبدی در محله مورد مطالعه دارند و میزان همبستگی بین متغیرها در پیش‌بینی مهم‌ترین عوامل چه مقدار است؟ در این راستا تلاش شده است، تا به صورت توأمان نسبت به شناسایی عوامل مهم در آسیب‌شناسی کالبدی بافت‌های غیررسمی، و همچنین مدل‌سازی داده‌های کسب‌شده این مناطق اقدام شود. در مدل‌سازی میزان تطابق داده‌های مشاهداتی و محاسباتی به منظور برآورد آسیب‌پذیری کالبدی بافت‌های اسکان غیررسمی در برابر مخاطرات محیطی در آینده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در واقع، با درک رفتارشناسی آسیب‌پذیری کالبدی، زمینه جهت تصمیم‌گیری و اعمال مدیریت ارتقاء کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی فراهم می‌شود. بر پایه مطالعات نظری و کاربردی صورت گرفته و با رعایت ابعاد مختلف اثرگذار در حوزه آسیب‌پذیری کالبدی، چارچوب مفهومی تحقیق در شکل ۲، ارائه شده است.

۱۳۸۷: ۲). چنین فرایندی منجر به توسعه غیرقابل کنترل نواحی شهری، خلق سکونتگاه‌های جدید، کاهش سطح رفاه انسانی، ساخت‌وسازهای بدون مجوز که موجب شکل‌گیری اسکان غیررسمی شده است (ایراندوست و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۲). بانک جهانی این نواحی را بخش‌های مغفول مانده شهری می‌داند که از کیفیت نازل مسکن و محیط‌زیست در فشار است (کاظمیان و همکاران، ۱۳۹۱: ۴). ویژگی‌های اساسی سکونتگاه‌های غیررسمی در سه حوزه کالبدی، اجتماعی و قانونی قابل تمیز است. به دلیل غیرقانونی بودنشان دارای سرویس‌ها و خدمات شهری ناکافی و در سطح بسیار پایینی هستند. از نظر اجتماعی، اغلب ساکنان سکونتگاه‌های غیررسمی جز طبقات پایین جامعه‌اند و درآمد چندانی ندارند که به صورت کارگر روزمزد و یا در بخش‌های غیررسمی اقتصاد فعالیت دارند و با وجود کار طاقت‌فرسا حداقل دستمزد را دریافت می‌کنند و به لحاظ قانونی مهم‌ترین ویژگی که این سکونتگاه‌های غیررسمی را متمایز می‌کند این است که ساکنان این سکونتگاه‌ها فاقد مالکیت زمینی هستند که در آن اسکان دارند (قاسمی‌خوزانی و هادیزاده بزار، ۱۳۸۲: ۲۳-۲۲). از دیگر ویژگی‌های کالبدی، وضعیت ریخت‌شناسی و فرم نامنظم، آشفته و اندامواره این بافت‌ها است. همچنین ساختمان‌ها به طور عمده کوتاه مرتبه و فاقد طرح و نقشه است. جدایی‌گزینی کالبدی، تراکم بالای مسکونی، فقدان انسجام و مقاومت بافت در برابر زلزله، مکان‌یابی در حریم گسل‌ها و مسیل‌های و دامنه‌های پرشیب، کاربرد مصالح نامقاوم، سرانه‌های شهری بسیار پایین، کمبود در کاربری‌های عمومی و غلبه کاربری‌های مسکونی، جزء اصلی‌ترین شاخص‌های کالبدی تعیین محدوده‌های سکونتگاه‌های غیررسمی است (زنگنه‌شهرکی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۸۲). چنین شرایطی باعث شده است که ساکنان این مناطق در معرض انواع خطرها از جمله آسیب‌های ناشی از ساختار کالبدی قرار گیرند. شهر خرم‌آباد به‌عنوان مرکز استان لرستان طی چند دهه



شکل ۲. مدل مفهومی تحقیق (آسیب‌پذیری کالبدی) (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)



		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓				دسترسی‌ها (مسیرهای سواره و پیاده)	خدمات عمومی
✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	خدمات آموزشی - فرهنگی	
✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	خدمات بهداشتی	
✓		✓	✓		✓				✓	✓			✓	خدمات تفریحی - ورزشی	
✓		✓		✓	✓	✓				✓				امنیت و ایمنی در محله	
✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	زیست‌محیطی (آلودگی‌ها، فضای سبز و ...)	
✓			✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	خدمات تجاری	
✓		✓	✓			✓			✓	✓		✓	✓	آفتاب و نورگیری	معیارهای شهرسازی و معماری
✓		✓	✓			✓			✓	✓		✓		دید و منظر	
						✓						✓	✓	اشراف و محرمیت	
		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓		سازگاری کاربری‌ها و عملکردها	
✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓			✓		کیفیت معابر و پیاد روها	
					✓					✓				استفاده از رنگ‌ها و تبلیغات آرامش‌بخش در بدنه محله	مخاطرات محیطی
✓		✓		✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	شیب و کیفی اراضی	
			✓		✓			✓	✓			✓		حریم مسیل و گسل و خطوط برق	
✓			✓							✓				مخاطرات طبیعی و انسانی (طوفان، سیل، تندباد...)	
✓						✓	✓					✓		میزان خطرپذیری و ایمنی	

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

تابع معین و یک مقدار اغتشاش مشخص می‌شود:

$$\begin{aligned} f(x) &= W^T \cdot \phi(x) + b \\ y &= f(x) + \text{nois} \end{aligned} \quad (1)$$

در این تابع، برای همه داده‌های آموزشی، بیشینه اختلاف مقادیر محاسباتی نسبت به مقادیر واقعی در حد  $\varepsilon$  بوده و درعین حال این تابع تا حد ممکن هموار باشد. تابع خطا در مدل  $\varepsilon$  به‌قرار زیر است:

$$\frac{1}{2} W^T W + C \sum_{i=1}^N \xi_i + C \sum_{i=1}^N \xi_i^* \quad (2)$$

که باید این تابع خطا با احتساب به محدودیت‌های زیر کمینه

شود:

به منظور دستیابی به اهداف، فرایند پژوهش در دو بخش طراحی شد. در بخش نخست با استفاده از رگرسیون چند متغیره اثرگذاری عوامل مختلف در آسیب‌پذیری کالبدی شناسایی می‌شود و در بخش دوم جهت پیش‌بینی عملکرد متغیرهای آسیب‌پذیری کالبدی در سکونتگاه زیستی به شبیه‌سازی رفتار این متغیرها با استفاده از مدل پرداخته می‌شود. در این ارتباط از دو مدل آماری ماشین‌بردار پشتیبان و جنگل تصادفی که از قابلیت کشف روابط پیچیده و غیر خطی برخوردارند، استفاده خواهد شد. در ادامه به‌اختصار روش‌های مذکور بیان می‌شود.

ماشین‌بردار پشتیبان ( $\varepsilon$ -SVM):

این روش یک مدل داده محور بر پایه‌ی یادگیری با نظارت است (Cristianini & Taylor, 2000). در این سیستم فرض شده که رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته توسط یک



روی نمونه‌های خودسازمانده زیاد است این میزان ضمن کاهش سوگیری مدل، دقت آن را افزایش می‌دهد. معیاری که در این قسمت برای میزان دقت در نمونه خارج از کیسه استفاده می‌شود خطای طبقه‌بندی است (Breiman, 2001). هدف این روش آن است که کلاس‌بندی به گونه‌ای انجام شود که مدل دارای کمینه مقدار خطا باشد.

معیارهای ارزیابی مدل:

به منظور ارزیابی، مقایسه و گزینش دقیق‌ترین ساختار آسیب‌شناسی کالبدی از شاخص‌های جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (R)، ضریب نش - ساتکلیف (NCE) و ضریب باقیمانده‌ها CRM استفاده شد. (رابطه‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰)

$$\text{RMSE} \left[ n^{-1} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right]^{0.5} \quad (7)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(P_i - \bar{P})^2 (O_i - \bar{O})^2]}} \quad (8)$$

$$\text{NCE} = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2} \right) * 100 \quad (9)$$

$$\text{CRM} = \frac{\left| \sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i \right|}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (10)$$

در روابط بالا،  $O_i$  و  $\bar{O}$ : به ترتیب داده‌ها و میانگین داده‌های مشاهداتی،  $P_i$  و  $\bar{P}$ : به ترتیب داده‌ها و میانگین داده‌های محاسباتی است. در رابطه ۷ مقادیر مثبت ضریب CRM مبین گرایش مدل برای تخمین مقادیر کمتر از مقادیر مشاهداتی، مقدار منفی آن بیانگر گرایش مدل برای تخمین مقادیر بیشتر از مقادیر مشاهداتی و در این مدل، ایده‌آل مقدار این ضریب، صفر است. محدوده مورد مطالعه، محله اسدابادی شهر خرم‌آباد است. خرم‌آباد مرکز استان لرستان در غرب ایران و در منطقه‌ای کوهستانی قرار دارد. جمعیت این شهر طبق سرشماری رسمی سال ۱۳۹۵ برابر با ۳۷۳ هزار و ۴۱۶ نفر بوده است. محله اسدابادی از جمله محلات

$$\begin{aligned} W^T \phi(x_i) + b - y_i &\leq \varepsilon + \xi_i^* \\ y_i - W^T \phi(x_i) - b &\leq \varepsilon + \xi_i \\ i &= 1, \dots, N \\ \xi_i, \xi_i^* &\geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

در روابط ۱ تا ۳: C معرف ثابت گنجایش که عددی صحیح و مثبت است که در صورت خطای آموزش مدل در آن اعمال می‌شود، به عبارتی عامل تعیین جریمه در هنگام رخ دادن خطای آموزش مدل است. W بردار ضرایب، WT ترانهاده بردار ضرایب،  $\xi_i^*$  و  $\xi_i$  ضرایب کمبود که حد بالا و پایین خطای آموزش مرتبط با مقدار خطای مجاز  $\varepsilon$  را تعیین می‌کنند که خطاهای کمتر از مقدار  $\varepsilon$  در نظر گرفته نمی‌شوند، b ضریبی ثابت، N الگوی آموزش مدل و  $\phi$  تابع هسته‌ای یا کرنل است که هدف از بکارگیری آن برای مواردی است که ماشین بردار پشتیبان بتواند داده‌های با پیچیدگی بالا را از طریق انتقال آن‌ها به فضای با ابعاد بالاتر پیش‌بینی کند (احمدی و همکاران، ۲۰۱۵). در این مطالعه از کرنل خطی (رابطه ۴)، کرنل تابع پایه شعاعی (رابطه ۵) و کرنل سیگموئید (رابطه ۶) برای تخمین بهینه پارامترهای این کرنل از روش جستجوی شبکه و الگوریتم اعتبارسنجی متقاطع استفاده شد.

$$K(X_i, X_j) = X_i^T X_j \quad (4)$$

$$K(X_i, X_j) = \exp(-\gamma |X_i - X_j|^2) \quad (5)$$

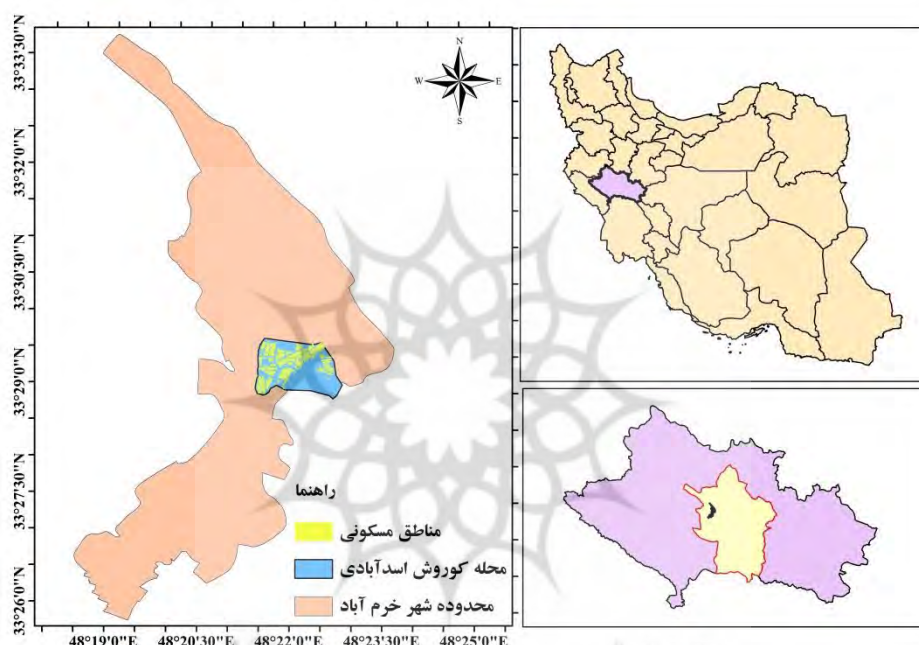
$$K(X_i, X_j) = \tanh(\gamma X_i^T X_j + C)^2 \quad (6)$$

الگوریتم جنگل تصادفی (RF):

یک جنگل تصادفی، مجموعه‌ای از درخت‌های هرس‌نشده است که هر درخت با الگوریتم جزء بندی بازگشتی حاصل می‌شود (Hastie et al., 2009). به عبارتی جنگل تصادفی ترکیبی از چندین درخت تصمیم است که در ساخت آن چندین نمونه خودسازمانده از داده‌ها شرکت دارند. شالوده کار در این الگوریتم به این ترتیب است که نخست، سری زمانی داده‌ها به دو بخش آموزش و آزمون تقسیم می‌شود. آنگاه از داده‌های آموزش، نمونه‌گیری مجددی به حجم N گرفته خواهد شد و یک‌سوم از نمونه آموزشی جدید، به عنوان نمونه خارج از کیسه جدا می‌شود. نمونه خارج از کیسه، در هر درخت، نقش نمونه آزمون را برای آن درخت بر عهده دارد. تعداد m متغیر با استفاده از معیار  $\log_2 M+1$  از بین M متغیر اصلی انتخاب می‌شوند که در ساخت هر درخت شرکت دارند. از آنجایی که تعداد درخت‌های ساخته شده بر

می‌گیرد. مساحت زیرساخت و ساز این محله در حدود ۲ کیلومترمربع است که جمعیتی حدود ۷ هزار نفر را در خود جای داده است. از جمله مشخصه‌های این محله می‌توان به فقدان سند رسمی مالکیت برای درصد قابل‌توجهی از مساکن، میزان بالای مشاغل غیررسمی، وضعیت نامناسب ساختار و کیفیت معابر، سرانه بسیار پایین کاربری‌های خدماتی و بهداشتی، و بی‌سوادی سرپرستان خانوار اشاره کرد. شکل ۳ موقعیت محله اسدآبادی را در شهرستان و شهر خرم‌آباد نمایش می‌دهد.

فقیرنشین شهر خرم‌آباد محسوب می‌شود. محله اسدآبادی یکی از محلات قدیمی شهر خرم‌آباد است که در زمان ایجاد به‌عنوان حاشیه شهر اصلی جهت اسکان مهاجران تازه‌واردی که استطاعت کافی جهت زندگی در بدنه اصلی شهر را نداشته‌اند، به وجود آمده است. هرچند که جدایی فیزیکی - کالبدی این محله با بدنه شهر به‌مرور به‌واسطه گسترش شهر خرم‌آباد از بین رفته است؛ اما همچنان نمادهای اسکان غیررسمی در این محله مشهود است. وضعیت موجود محله اسدآبادی نشان‌دهنده آن است که ساخت‌وسازهای فاقد کنترل همچنان در بخش‌های مختلف صورت



شکل ۳. موقعیت محله اسدآبادی در شهر خرم‌آباد (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

متغیرهای تابع و متغیرهای مستقل دارد. همچنین مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده،  $0/678$  است که نمایانگر سهم بالای تغییرات آسیب‌شناسی کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی، ناشی از شاخص‌های مورد مطالعه دارد؛ بنابراین، شاخص‌های منتخب برای پژوهش به‌صورت مناسب و اثرگذار استخراج شده‌اند. جدول ۳، ضرایب بتا را نشان می‌دهد.

### شرح و تفسیر نتایج

شناسایی ابعاد مؤثر در آسیب‌پذیری کالبدی محله اسدآبادی شهر خرم‌آباد، یکی از اهداف اصلی این پژوهش است. جهت تعیین سهم عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری کالبدی از رگرسیون چند متغیره خطی (روش گام به‌گام) استفاده شد. مقدار ضریب همبستگی ( $R$ ) بین متغیرها برابر با  $0/802$  است، که نشان از همبستگی قوی بین

جدول ۳. نتایج آماری مدل رگرسیون چند متغیره

متغیر	ضریب بتا (Beta)	T آماری	سطح معناداری
زیرساخت‌ها و تأسیسات	۰/۳۰۹	۷/۴۷	۰/۰۰۰
ویژگی کالبدی مسکن	۰/۲۴۲	۵/۸۷	۰/۰۰۰
خدمات عمومی	۰/۴۲۹	۱۰/۲۸	۰/۰۰۰

معیارهای شهرسازی	۰/۱۲۹	۳/۱۸	۰/۰۰۲
مخاطرات محیطی	۰/۱۳۹	۳/۹۳	۰/۰۰۱

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

شده است. چنانکه با این اوصاف، متأسفانه با بروز هر حادثه، عوامل انسانی موجب تشدید اثرات منفی مخاطرات شده و در تبدیل شدن آن به مخاطرات و احتمالاً افزایش تعداد تلفات و خسارات مؤثر هستند. ظرفیت محیطی حاصل از کنش و واکنش‌های انسانی و محیطی، نشان از توان اندک در رویاروی با مخاطرات و ساختار شکننده این گونه مجتمع‌های زیستی دارد. چراکه حساسیت محیط کالبدی از سویی و عدم حساسیت نسبت به رعایت الزامات قانونی و حقوقی شهرسازی، ضعف اقتصادی و ناتوانی مالی و نیز در حاشیه بودن شهروندان ساکن این نواحی، در نظام مدیریت شهری، میزان آسیب‌پذیری را افزایش داده و محله اسدآبادی را ناپایدار ساخته است.

دومین هدف این پژوهش، ارائه مدلی مناسب است که ابعاد مختلف موضوع را، به‌طور یکپارچه مورد ارزیابی قرار دهد. برای این منظور پس از سنجش میزان همبستگی پیرسون بین شاخص‌ها (جدول ۴)، از ماشین بردار پشتیبان و جنگل‌های تصادفی استفاده شده است.

جدول ۴. ضریب همبستگی متغیرهای پژوهش

متغیر	زیرساخت‌ها و تأسیسات	ویژگی کالبدی مسکن	خدمات عمومی	معیارهای شهرسازی	مخاطرات محیطی
زیرساخت‌ها و تأسیسات	۱	-	-	-	-
ویژگی کالبدی مسکن	۰/۸۷ ۰/۰۰۰	۱	-	-	-
خدمات عمومی	۰/۷۱ ۰/۰۰۰	۰/۸۰ ۰/۰۰۰	۱	-	-
معیارهای شهرسازی	۰/۴۳ ۰/۰۰۰	۰/۷۵ ۰/۰۰۰	۰/۶۴ ۰/۰۰۰	۱	-
مخاطرات محیطی	۰/۵۶ ۰/۰۰۰	۰/۸۲ ۰/۰۰۰	۰/۶۸ ۰/۰۰۰	۰/۵۹ ۰/۰۰۰	۱

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

بر اساس نتایج جدول ۳، بیشترین اثرگذاری بر متغیر وابسته شاخص خدمات عمومی با ضریب رگرسیون ۰/۴۲۹ است. این بدان معناست که به‌ازای افزایش یک انحراف استاندارد شاخص خدمات عمومی در محله اسدآبادی، آسیب‌پذیری کالبدی به میزان ۰/۴۱۶ انحراف استاندارد، افزایش پیدا خواهد کرد. در واقع، با کمبود خدمات عمومی، میزان آسیب‌پذیری این بافت‌ها افزایش می‌یابد. سایر ضرایب بتا مربوط به عوامل اول، دوم، پنجم و چهارم است که به ترتیب با ۰/۳۰۹، ۰/۲۴۲، ۰/۱۳۹ و ۰/۱۲۹ مقدار، در تمامی موارد معنادار هستند. بنابراین بر اساس نظر ساکنان محله اسدآبادی، ابعاد تأثیرگذار بر میزان آسیب‌پذیری کالبدی بافت‌های غیررسمی، بعد از خدمات عمومی، به ترتیب شامل زیرساخت‌ها و تأسیسات، کالبد مسکن، مخاطرات محیطی و معیارهای شهرسازی و معماری است.

سرانه‌های پایین در کاربری‌های گوناگون و میزان پایین رضایتمندی از این فضاها از جمله سرانه مسکونی با (۲/۰۱)، فضاهای عمومی (۱/۲) و فضاهای سبز و معابر با (۱/۹)، باعث افزایش تراکم بالا در استفاده از فضاها و خدمات در محله اسدآبادی

معنی‌داری (۰/۰۰۰) برای ضرایب همبستگی نشان از معنی‌دار بودن ضرایب حاصل شده در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارد.

ماشین بردار پشتیبان (E-SVM)

با اختصاص ۷۵ درصد و ۲۵ درصد از داده‌ها به ترتیب به بخش‌های آموزش و آزمون، مدل ماشین بردار پشتیبان بر پایه رویکرد E

نتایج جدول ۴، نشان از رابطه مثبت و معنی‌دار بین متغیرهای پژوهش دارد. لازم به ذکر است که بیشترین ضریب همبستگی مربوط به دو متغیر ویژگی کالبدی مسکن و زیرساخت‌ها و تأسیسات به میزان (۰/۸۷) است. همچنین کسب آماره

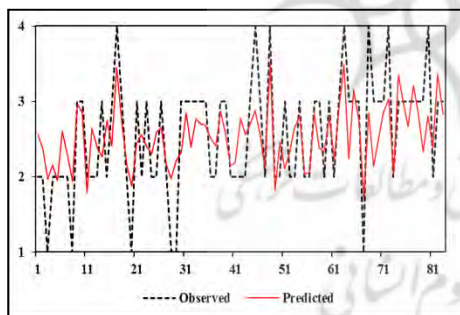
خطا (RMSE) کمتری نسبت به دو کرنل دیگر شبیه‌سازی کرده است. چنانکه ریسک برآورد (به عبارتی مجذور ضریب خطا (RMSE2)) متغیر وابسته در نتیجه به کارگیری کرنل خطی، تابع پایه شعاعی و سیگموئید در مدل SVM- $\epsilon$  به ترتیب به مقدار ۰/۲۸۳، ۰/۲۸۷ و ۰/۲۷۶ محاسبه شد. از سویی، مقادیر شاخص ضریب باقی‌مانده (CRM) نشان می‌دهند که مدل SVM- $\epsilon$  در هر سه کرنل، متحمل سوی‌گیری منفی شده است. یعنی این مدل، در مجموع، مقادیر متغیر وابسته را کمتر از مقادیر مشاهداتی آن محاسبه می‌کند. همچنین ضریب نش - ساتکلیف (NCE) در کرنل سیگموئید با مقدار ۶۰/۷۱ درصد بالاترین میزان پیش‌بینی متغیر وابسته براساس متغیرهای مستقل را در میان سه کرنل نشان می‌دهد. در شکل‌های ۴، ۵ و ۶، مقادیر محاسباتی آسیب‌شناسی کالبدی (خط ممتد قرمز رنگ) در مقابل مقادیر مشاهداتی (خط غیر ممتد سیاه رنگ) برازش داده شده‌اند.

(SVM- $\epsilon$ ) انجام شد. از آنجایی که برای اجرای این رویکرد از کرنل خطی، کرنل تابع پایه شعاعی و کرنل سیگموئید استفاده می‌شود، نخست ضرورت دارد که پارامترهای این کرنل‌ها شامل  $\epsilon$ ،  $C$  و  $\gamma$  بهینه شوند. بنابراین، با کاربرد روش جستجوی شبکه و اعتبارسنجی متقاطع و در نظرگیری دامنه‌ای از ۱ تا ۱۰، با گام افزایشی ۲ برای پارامتر  $C$  و دامنه‌ای از ۰/۱ تا ۰/۵ با گام افزایشی ۰/۱، برای  $\epsilon$ ، این پارامترها بهینه شدند. به این ترتیب که مقدار بهینه  $\epsilon$  و  $C$  برای هر سه کرنل یادشده، به ترتیب برابر با ۰/۱ و ۹ به دست آمدند. همچنین مقدار بهینه  $\gamma$  برای دو کرنل سیگموئید و تابع پایه شعاعی به مقدار ۰/۱ حاصل شد. نتایج آماری حاصل از پیاده‌سازی مدل ماشین بردار پشتیبان به تفکیک سه کرنل مذکور در جدول ۵ ارائه شده است. چنانکه از معیارهای صحت‌سنجی مشخص است، نتایج حاصل از کاربرد این سه کرنل نشان می‌دهد که مدل SVM- $\epsilon$  با کرنل سیگموئید، آسیب‌شناسی کالبدی را با ضریب

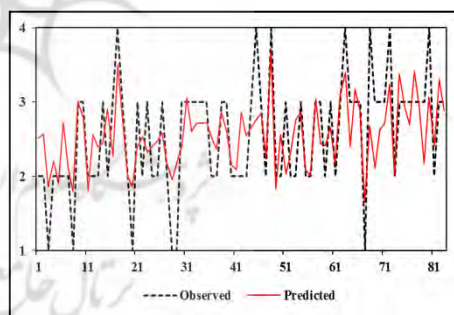
جدول ۵. نتایج عملکرد مدل SVM- $\epsilon$  بر پایه کرنل‌های خطی، تابع پایه شعاعی و سیگموئید

کرنل	R	RMSE	NCE	CRM
خطی	۰/۷۱۶	۰/۵۳۲	۵۹/۵	۰/۰۰۰۷
تابع پایه شعاعی	۰/۷۲۳	۰/۵۳۶	۵۸/۷	۰/۰۰۸۷
سیگموئید	۰/۷۲۴	۰/۵۲۵	۶۰/۷۱	۰/۰۳۵

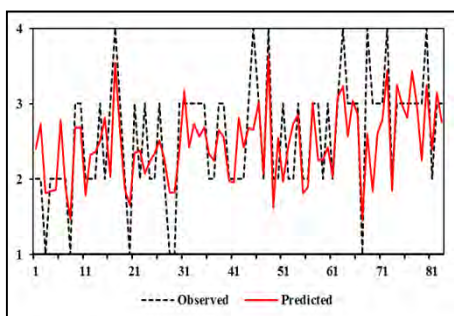
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)



شکل ۵. مقایسه مقادیر آسیب‌شناسی کالبدی مشاهداتی و محاسباتی در مدل SVM- $\epsilon$  با کاربرد کرنل تابع پایه شعاعی (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)



شکل ۴. مقایسه مقادیر آسیب‌شناسی کالبدی مشاهداتی و محاسباتی در مدل SVM- $\epsilon$  با کاربرد کرنل خطی (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)



شکل ۶. مقایسه مقادیر آسیب‌شناسی کالبدی مشاهداتی و محاسباتی در مدل SVM- $\epsilon$  با کاربرد کرنل سیگموئید (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

شاخص CRM پیداست، مدل RF برخلاف مدل ماشین بردار پشتیبان متحمل سوگیری مثبت شده، به این ترتیب که در مجموع، مقادیر آسیب‌شناسی کالبدی را بیشتر از مقادیر مشاهداتی، محاسبه کرده است.

محاسبه شاخص‌های آماری و صحت‌سنجی این مدل نشان می‌دهد که الگوریتم RF توانسته با خطای محاسباتی ۰/۵۴ مقدار (RMSE)، در ۴۱ درصد از موارد (NCE)، مقدار آسیب‌شناسی کالبدی را بر مبنای مقادیر ۱۰ متغیر مستقل به‌درستی شبیه‌سازی نماید (جدول ۶).

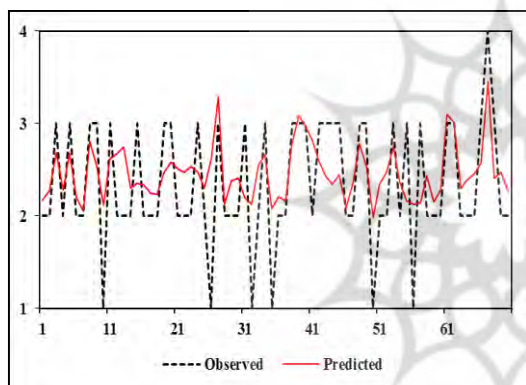
### جنگل‌های تصادفی (RF)

در رویکردی دیگر با استفاده از الگوریتم جنگل‌های تصادفی، فرایند مدسازی آسیب‌شناسی کالبدی بر مبنای ۱۰ متغیر مستقل انجام شد. با اختصاص ۷۵ و ۲۵ درصد از داده‌ها به ترتیب به بخش‌های آموزش و آزمون مدل و در نظرگیری دامنه‌ای از ۱۰۰ تا ۵۰۰ درخت بهترین ساختار مدل با ۳۰۳ درخت و ۲ سید (Seed) به‌دست آمد (شکل ۷). در شکل ۸ نیز مقادیر محاسبه شده آسیب‌شناسی کالبدی (خط ممتد قرمز رنگ) توسط مدل RF در مقابل مقادیر مشاهداتی (خط غیرممتد سیاه رنگ) برآزش داده شده‌اند. چنانکه از این شکل و مقادیر

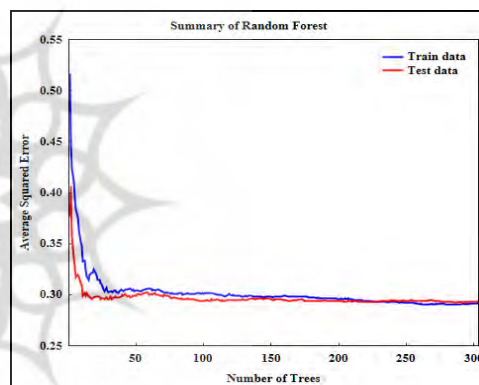
جدول ۶. نتایج عملکرد مدل RF در مدل‌سازی آسیب‌شناسی کالبدی

مدل	R	RMSE	NCE	CRM
RF	۰/۶۱	۰/۵۴	۴۱	-۰/۰۴۸

(مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)



شکل ۸. مقایسه مقادیر آسیب‌شناسی کالبدی مشاهداتی و محاسباتی در مدل RF (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)



شکل ۷. روند اجرای الگوریتم RF در مدل‌سازی آسیب‌شناسی کالبدی (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

مدل‌سازی الگوی آسیب‌پذیری کالبدی است. با توجه به رویکرد اصلی پژوهش که مبتنی بر دیدگاه ترکیبی (انسانی - محیطی) است، شاخص‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شد که ابعاد مختلف این دیدگاه را مورد ارزیابی قرار دهد. از دیگر ویژگی‌های این پژوهش، استفاده از مدل‌هایی با رویکرد یکپارچه‌نگری، جهت بررسی آسیب‌پذیری است؛ چنانکه سعی شده است که از روش‌های رایج (در معرض بودن) یا رویکرد زیستی - فیزیکی پیروی نشود.

نتایج کلی پژوهش نشان داد که، در محله اسدآبادی شهر خرم‌آباد، تمامی شاخص‌ها مورد مطالعه با شدت و ضعف در وضعیت نامطلوبی قرار دارند. بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده، بیشترین تأثیر در آسیب‌شناسی کالبدی، مربوط به شاخص خدمات عمومی با ضریب رگرسیونی (۰/۴۱۶) است. چنین شرایطی ناشی از عدم رعایت سرانه‌ها و استانداردها و عدم رضایت از خدمات آموزشی با امتیاز (۲/۱) نسبت به سطح متوسط (۳)، بهداشتی (۱/۷)،

مقایسه شاخص‌های آماری دو مدل SVM- $\epsilon$  و RF نشان می‌دهد که مدل SVM- $\epsilon$  در تمامی کرنل‌های مورد استفاده با ضریب دقت بیشتر و خطای محاسباتی کمتری نسبت به الگوریتم RF، آسیب‌شناسی کالبدی را بر مبنای ۱۰ متغیر مستقل مدل‌سازی کرده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

سکونتگاه‌های غیررسمی بخشی از کالبد، اقتصاد و فرهنگ شهری است که اجتماعی از شهروندان را در خود جای داده است. ویژگی غالب اسکان غیررسمی، ناپایداری در قلمروهای مختلف، از جمله در ساختار کالبدی است. این ناپایداری موجب ایجاد افزایش خطرپذیری و آسیب‌پذیری در فضای زیستی است. بر این اساس، این پژوهش به دنبال بررسی ابعاد مختلف آسیب‌شناسی کالبدی، اعم از عوامل مؤثر و همچنین درک و شناخت رفتارشناسی آن با استفاده از

زیست‌محیطی (۱/۶۵)، تفریحی (۱/۸)، امنیت (۱/۵) و دسترسی با (۲/۹) است که با پژوهش (زیاری و رفیعی مهر، ۱۳۹۴: ۳۲) همسو است. از ویژگی‌های اساسی سکونتگاه‌های غیررسمی عدم مالکیت رسمی و نبود یا کمبود خدمات عمومی است. به سبب ساختار کالبدی ارگانیک و فاقد طراحی از پیش اندیشیده شده، بیشترین اراضی به کاربری مسکونی اختصاص دارد. این واحدهای مسکونی با اشکال نامنظم هندسی و قواره‌های کوچک اجازه حضور سایر کاربری‌ها را در خلاء قانونی بوجود آمده ارائه نمی‌دهند. بنابراین به دلیل تراکم انسانی بالا و کمبود خدمات عمومی حساسیت محیطی افزایش یافته و محرک‌های بیرونی از قبیل زلزله، سیستم ایمنی محله را دستخوش تغییر نموده که نتیجه آن آسیب‌پذیری کالبدی است.

سایر شاخص‌ها نیز از وضعیت مناسبی برخوردار نیستند، به‌گونه‌ای که میانگین امتیازات شرایط کالبدی مسکن (۲/۱۸) است، درحالی‌که حد متوسط این شاخص در طیف ۵ درجه‌ای لیکرت ۳ است. این شرایط نامناسب، ناشی از دانه‌ریزی بافت واحدهای سکونت، تراکم انسانی و ساختمانی بالا، پایین بودن مساحت قطعات، قدمت ابنیه و استفاده از مواد و مصالح نامقاوم است که باعث شده، این ابنیه در مقابل مخاطرات محیطی از جمله زلزله، سیل، طوفان و آتش‌سوزی آسیب‌پذیر باشند. چنین نتایجی با مطالعات (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵: ۸۴) و (موسوی و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۹) انطباق دارد. همچنین ضعف در مبلمان شهری با (۱/۷۶) و عدم رعایت حریم رودخانه و تأسیسات با امتیاز (۲/۳)، از دیگر مواردی است که از نظر شهروندان در آسیب‌پذیری این محله نقش دارد.

از سویی، وجود کاربری‌های ناسازگار در کنار واحدهای مسکونی نظیر کارگاه‌های ساختمانی و انبارهای قراضه فروشی، کیفیت نامناسب آسفالت سطح معابر، پیاده‌روهای نامناسب و نایمن، ضعف سیستم دفع آب‌های سطحی، درصد شیب بسیار بالا (در برخی موارد تا ۶۰ درصد)، توجه نکردن به ضوابط تهویه و نورگیری و به‌طور کلی عدم توجه به اصول و معیارهای شهرسازی، سبب افزایش آسیب‌پذیری کالبدی این محله، در برابر عوامل محیطی شده که در نهایت، این تهدیدها متوجه ساکنان این مناطق می‌شود.

لزوم نگرش هم‌مدیدی در طرح موضوع، یکی از اهداف اصلی در این تحقیق بوده است. به‌کارگیری رویکرد یکپارچگی و پایداری، نیازمند استفاده از مدل‌های مناسب است تا بتوان اثر ساختارهای آشکار و پنهان متغیرهای دخیل در آسیب‌پذیری کالبدی را شناسایی نمود. در این ارتباط جهت درک صحیح ارتباط مابین متغیرهای اثرگذار بر آسیب‌پذیری کالبدی در ابتدا از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. طبق نتایج جدول ۴، متغیرهای استفاده شده در تحقیق ضرایب همبستگی مناسب دارند به طوری که بیشترین و کمترین ضریب به ترتیب (۰/۸۷) و (۰/۴۳) بوده است. در واقع بین تمام

متغیرهای بکار رفته ارتباط معنی‌دار وجود دارد. در ادامه جهت میزان اثرگذاری آشکار و پنهان متغیرها و همچنین پیش‌بینی آسیب‌پذیری کالبدی محله تحت تأثیر متغیرهای مستقل، از دو مدل RF و ماشین‌بردار پشتیبان، در سه کرنل (خطی، تابع پایه شعاعی و سیگموئید) استفاده شد. براساس معیارهای ارزیابی مقایسه تطبیقی، کرنل سیگموئید ماشین‌بردار از سایر متدها نتایج بهتری ارائه داده است. به‌گونه‌ای که با خطای محاسباتی (۰/۲۷۶)، پیش‌بینی قدرتمندتری نسبت به سایر مدل‌ها ارائه داده و مقادیر آسیب‌شناسی کالبدی مشاهداتی با مقادیر محاسباتی تطابق بیشتری باهم نشان می‌دهند. در واقع، کرنل سیگموئید، آسیب‌پذیری کالبدی در برابر مخاطرات را با مقدار ضریب همبستگی (۰/۷۲۴)، تا بیش از ۶۰ درصد موارد درست پیش‌بینی می‌نماید؛ بنابراین، می‌توان در مطالعات مشابه از این مدل استفاده نمود.

#### پیشنهاد‌های پژوهش:

- رسمی کردن محله و واحدهای مسکونی فاقد سند معتبر به‌ویژه در بخش‌های شرقی محله اسدآبادی؛
- ارائه خدمات عمومی و زیرساختی متناسب با سرانه‌ها و استانداردهای شهری؛
- مقاوم‌سازی و توانمندسازی کالبد محله، در مقابل مخاطرات محیطی با شیوه‌های دوام‌پذیری زیست‌محیطی؛
- رعایت حریم رودخانه و جلوگیری از احداث و توسعه بافت در مناطق پرخطر؛
- خروج کاربری‌ها و فعالیت‌های ناسازگار با کاربری مسکونی از محله اسدآبادی؛
- ایجاد مشوق‌های بازسازی و نوسازی در قالب مسکن گروه‌های خاص اجتماعی به ویژه در شرق محله؛
- ایجاد حصار و انواع موانع و افزایش نظارت همگانی و پلیس در ساختمان‌های مخروبه و مکان‌های بی‌دفاع محله؛
- رونق بخشی و استفاده حداکثری از فضاهای موجود عمومی و مذهبی و تنوع بخشی به کارکرد این فضاها در جهت تعاملات اجتماعی بیشتر مردم با نهادهای عمومی و اجتماعی؛
- رسیدگی به محرومیت‌های زیرساختی و استفاده از مبلمان شهری در سطح محله، جهت افزایش مطلوبیت حس مکان.

#### منابع

- احمدی، فرشاد، رادمنش، فریدون و میرعباسی‌نصف‌آبادی، رسول (۱۳۹۴). مقایسه عملکرد روش‌های ماشین‌بردار پشتیبان و شبکه‌های بیزین در پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه باراندوزچای). *حفاظت از آب و خاک*، ۲۲ (۶)، ۱۷۱-۱۸۶.

- ایراندوست، کیومرث، اعظمی، محمد و تولایی، روح‌الله (۱۳۹۳). شاخص‌های تعریف و تعیین سکونتگاه‌های غیررسمی در ایران. نشریه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، (۶) ۲۱، ۴۳-۶۰.
- بمانیان، محمدرضا، رضایی‌زاده، هادی و مهردادیان، امیر (۱۳۹۰). سنجش اثرات مهاجرت به عنوان مهمترین عامل در تشخیص گستره فقر شهری با استفاده از GIS. فصلنامه آمایش محیط، (۴) ۱۵، ۱۴۶-۱۲۵.
- بیجندی، مهرداد و کریمی، محمد (۱۳۹۵). شبیه‌سازی رشد محلی سکونتگاه‌های غیررسمی بر اساس شکل و اندازه قطعات زمین. نشریه علوم و فنون نقشه برداری، (۶) ۱، ۲۱۵-۲۳۳.
- پیری، عیسی، زالی، نادر و تقیلو، علی‌اکبر (۱۳۹۱). امکان‌سنجی بکارگیری رهیافت‌های توانمندسازی در ساماندهی سکونتگاه‌های غیررسمی ناحیه گلشهر مشهد. نشریه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، (۳) ۱۲، ۱۱۹-۱۳۴.
- پیشگاهی فرد، زهرا، اقبالی، ناصر، عبدالرضا، فرجی‌راد و بیگ بابایی، بشیر (۱۳۹۰). سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقش آن در مکانیابی مناطق مخاطره‌آمیز شهری جهت استفاده در مدیریت بحران (مطالعه‌موردی: منطقه ۸ شهرداری تبریز). مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، (۱۱) ۷۳، ۳۷-۸۸.
- تقوی‌زواره، محمد، صارمی، حمید و رفیعیان، مجتبی (۱۳۹۹). سنجش آسیب‌پذیری فضاهای شهری در برابر مخاطرات طبیعی با رویکرد تاب‌آوری کالبدی (مطالعه‌ی موردی: محله زرگنده تهران). مدیریت بحران، ۹ (۱۸)، ۱۲۷-۱۳۷.
- حکیمی، هادی، معبودی، محمدتقی و علیزاده، پریا (۱۳۹۵). تحلیل تاب‌آوری فردی ساکنان سکونتگاه‌های غیررسمی در مقابل مخاطرات محیطی (مطالعه موردی: شهر ارومیه). فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، (۵) ۲، ۱۹۸-۱۷۳.
- رضایی، محمدرضا و کمائی‌زاده، یعقوب (۱۳۹۱). ارزیابی میزان رضایتمندی ساکنان از مجتمع‌های مسکونی مهر. نشریه مطالعات شهری، (۲) ۵، ۱۳-۲۵.
- رضایی، محمدرضا، علیان، مهدی و عسگری، علیرضا (۱۳۹۵). تحلیل معیارهای آسیب‌پذیری شهری در برابر بحرانهای احتمالی (مورد پژوهی: شهر بیجار). مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، (۱۱) ۷۳، ۸۸-۷۳.
- رکن‌الدین‌افتخاری، عبدالرضا، قدیری، محمود، پرهیزکار، اکبر و شایان، سیاوش (۱۳۸۷). تحلیلی بر دیدگاه‌های نظری آسیب‌پذیری جامعه نسبت به مخاطرات طبیعی. فصلنامه مدرس علوم انسانی، (۱) ۱۳، ۶۲-۲۹.
- زنگنه‌شهرکی، سعید، گلین‌شریف‌الدینی، جواد، حسن‌زاده، داود و سالاری‌مقدم، زهرا (۱۳۹۳). تحلیل فضایی کیفیت زندگی در سکونتگاه‌های غیررسمی منطقه کلانشهری تهران. نشریه پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، (۴۶) ۱، ۱۷۷-۱۹۶.
- زیاری، کرامت اله و نوذری، آذر دخت (۱۳۸۸). ساماندهی و توانمندسازی اسکان غیررسمی شهر اهواز. نشریه پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، (۳) ۶۸، ۲۱-۳۶.
- سجاذزاده، حسن، ایزدی، محمدسعید و حقی، محمدرضا (۱۳۹۵). راهبردهای ارتقاء کیفیت محیطی سکونتگاه‌های غیررسمی بر مبنای نظرات ساکنین (نمونه مطالعه: محله حصار در شهر همدان). فصلنامه محیط‌شناسی، ۴۲ (۱)، ۸۶-۹۱.
- شهانقی، کامران، صادقی، منا و حیدری، مجید (۱۳۹۰). شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای پیشگیری از بروز بحرانهای ناشی از زلزله در شهر تهران با استفاده از روش سلسله‌مراتبی فازی. فصلنامه دانش‌پیشگیری و مدیریت بحران، (۲) ۴، ۲۷۵-۲۸۷.
- شماعی، علی، فخری‌پورمحمدی، افسانه و زنگانه، احمد (۱۳۹۶). ارزیابی کیفیت زندگی در مناطق شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۱ شهرداری تهران). پژوهش‌های جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، (۳) ۵، ۳۵۷-۳۸۲.
- صرافی، مظفر (۱۳۸۷). ساماندهی سکونتگاه‌های غیررسمی کشور در پرتو حکمروایی خوب شهری. نشریه هفت شهر، شماره ۲۳ و ۲۴، ۴-۱۴.
- طیبیان، منوچهر و منصوری، یاسر (۱۳۹۲). ارتقای کیفیت محیطی و رضایتمندی از زندگی در محلات جدید با اولویت‌بندی اقدامات بر اساس نظرهای ساکنان. نشریه محیط‌شناسی، (۴) ۳۹، ۱-۱۶.
- علی‌اکبری، اسماعیل، طالشی، مصطفی، کرمی، محمدرضا و ملکی، کیومرث (۱۴۰۰). تحلیل آسیب‌پذیری ابعاد طبیعی، کالبدی، اجتماعی و اقتصادی کلان‌شهر کرمانشاه در برابر زلزله. نشریه سپهر، (۱۱۷) ۳۰، ۲۲۳-۲۴۹.
- فتحعلیان، معصومه، و پرتوی، پروین (۱۳۹۰). مطالعه تطبیقی کیفیت زندگی در بافت‌های خودرو و برنامه‌ریزی شده اسلامشهر (مورد پژوهی قائمیه و واوان). مطالعات تطبیقی هنر، (۱) ۱، ۹۱-۱۰۸.
- قاسمی‌خوزانی، محمد و هادیزاده‌بزار، مریم (۱۳۸۲). اسکان غیررسمی و بهسازی محله‌های فقیرنشین شهری. مجله شهرداری‌ها، (۴) ۴۵، ۲۱-۳۳.
- کاظمیان، غلامرضا، قربانی‌زاده، وجه‌الله و شفیعا، سعید (۱۳۹۱). دستیابی به توسعه پایدار محلی از طریق ظرفیت اجتماعی ساکنین و فعالان اقتصادی محله غیررسمی. نشریه مطالعات شهری، (۱) ۴، ۳-۱۲.
- لطفی، حیدر، احمدی، علی و حسن‌زاده‌فرجود، داود (۱۳۸۸). شاخص‌ها و مؤلفه‌های ضروری در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مسکن روستایی در ایران. فصلنامه جغرافیایی آمایش، (۷) ۱۰۹-۸۹.

(مطالعه موردی: روستاهای شهرستان یزد). نشریه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۴(۲۷)، ۸-۴۵.

موسوی، میرنجف، نظری‌ولاشانی، پریسا و کاظمی‌زاد، شمس‌اله (۱۳۸۹). تحلیلی بر شاخص‌های کمی و کیفی مسکن در سکونتگاه‌های غیررسمى. نشریه آمایش محیط، ۲(۱۱)، ۶۳-۸۴.

نظم‌فر، حسین، امان‌اله‌پور، علی و عشقی‌چهاربرج، علی (۱۳۹۴). تحلیل کالبدی- فضایی شهر سندرچ جهت مکانیابی بهینه توسعه فیزیکی شهر. فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط، ۵(۱)، ۱-۱۶.

مهدوی، داوود و هزاریان، الهام (۱۳۹۶). ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله

- Anwana, E. O., & Owajori, O. M. (2023). Analysis of Flooding Vulnerability in Informal Settlements Literature: Mapping and Research Agenda. *Social Sciences*, 12(1), 40.
- Birkmann, J. (2005). *Danger need not spell disaster But how vulnerable are we?*, United Nations University, Institute for Environment and Human Security.
- Bonaiuto, M., Fornara, F., Ariccio, S., Cancellieri, U. G., & Rahimi, L. (2015). Perceived residential environment quality indicators (PREQIs) relevance for UN-HABITAT city prosperity index (CPI). *Habitat International*, 45, 53-63.
- Breman, L. (2001). *Random forests*, *Machine learning*, 45:5-32.
- Cristianini, N., & Shawe-Taylor, J. (2000). *An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods*. Cambridge university press. 22:1-216
- Fischer, H., Scharnberger, C., & Geiger, M. (1966). Reducing seismic vulnerability in low to moderate risk areas: Disaster prevention and management, *MCB university*, 5 (4):4-22.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. H., & Friedman, J. H. (2009). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. New York: springer. 2 : 1-758.
- Kurian, S. M., & Thampuran, A. (2011). Assessment of housing quality. *Institute of Town Planners, India Journal*, 8(2), ۷۴-۸۵.
- Mallo, D. M., & Anigbogu, N. A. (2009, September). Housing quality between residential neighbourhoods in Jos, Nigeria. In *ISA International Housing Conference held at the University of Glasgow September*, 5:1-4.
- Marais, L., & Ntema, J. (2013). The upgrading of an informal settlement in South Africa: Two decades onwards. *Habitat International*, 39, 85-95.
- Membele, G. M., Naidu, M., & Mutanga, O. (2022). Using local and indigenous knowledge in selecting indicators for mapping flood vulnerability in informal settlement contexts. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 71, ۱۰۲۸۳۶.
- Njoh, A. J. (2015). An OLS analysis of the impact of colonialism on inter-country differentials in slum incidence in Africa. *Cities*, 44: 104-111.
- Okey, O. S., Tolun, L., Tufkci, V., Karcik, B., Kungolos, A., Samaras, P., Papadimitriou, C., Petala, M., Tsiridis, V. (2005). Comparison of several toxicity tests applied to complex wastewaters and mussel biomarkers in receiving waters, *Environmental Science and Health, Part A*, 40: 1525-1541.
- Owen, K. K., & Wong, D. W. (2013). An approach to differentiate informal settlements using spectral, texture, geomorphology and road accessibility metrics. *Applied Geography*, 38:107-1۱۸.
- Rashed, T., & Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science*, ۱۷(۶): ۵۴۷-۵۷۶.