Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol 12, Issue 35, March 2023

Zoning of areas prone to urban development with emphasis on geomorphological limitations and hazards (Case study: Shiraz)

Mohammad Ebrahim Afifi[1*]

1. *Corresponding Author*, Assistant Professor, Islamic Azad University, Larestan Branch

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 26 April 2021
Revised: 30 September 2022
Accepted: 21 November 2022

Keywords:
Zoning, Urban Development, Geomorphological hazards, Shiraz.

ABSTRACT

Shiraz, the largest city in the south of the country, is located in the highlands of Shiraz and has had many changes in different periods and continues to increase the urban area that this physical development without geomorphological studies and taking into account the limitations and risks Has been the result. Therefore, identifying areas prone to physical development by considering the limitations and geomorphological hazards is necessary for Shiraz's urban development. The purpose of this study is to identify suitable areas for the physical development of Shiraz city based on the geomorphological conditions of the region. In this study, using the fuzzy model, the final zoning map of urban development was prepared based on six effective parameters. Then, this map was evaluated based on geomorphological conditions and land use of Shiraz plain, and areas prone to urban development were suggested. The past decades have been subject to topographic conditions and there are many geomorphological hazards and limitations in the study area; About 48,000 square kilometers of the area, which is equivalent to 54%, is not suitable for the development of the city. There is a fault and only 17,000 square kilometers, which is equivalent to 19% of the area of the study area is suitable for the development of the city also according to the research results, the optimal location for the development of Shiraz is in the east.

Cite this article: Afifi, M. E. (2023). Zoning of areas prone to urban development with emphasis on geomorphological limitations and hazards (Case study: Shiraz). Journal of Natural Environmental Hazards, 12(35), 1-20.
DOI: 10.22111/jneh.2022.38341.1798

© The Author(s).
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2022.38341.1798

[*] Corresponding Author Email: afifi.ebrahim6353@iaularestan.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۵، فروردین ۱۴۰۲

پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه شهری با تأکید بر محدودیت‌ها و مخاطرات ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی شهر شیراز)

محمد ابراهیم عفیفی[1*]

۱. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان (نویسنده مسئول)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۶

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۸

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۰۸/۳۰

واژه‌های کلیدی:
پهنه‌بندی، توسعه شهری، مخاطرات ژئومورفولوژیکی، شهر شیراز.

چکیده

شهر شیراز به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر جنوب کشور، در پهنه‌های دشت پر مخاطره‌ی شیراز واقع شده و در بازه مختلف تغییرات زیادی داشته و همچنان بر مساحت شهری افزوده می‌شود که این توسعه فیزیکی بدون اجرای مطالعات ژئومورفولوژیکی و درنظرگرفتن محدودیت‌ها و مخاطرات ناشی از آن بوده است. ازاین رو، شناسایی مناطق مستعد توسعه‌ی فیزیکی با درنظرگرفتن محدودیت‌ها و مخاطرات ژئومورفولوژیکی امری لازم در توسعه‌ی شهری شیراز است. هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق مناسب برای توسعه‌ی فیزیکی شهر شیراز براساس شرایط ژئومورفولوژیکی منطقه است. در این پژوهش با استفاده از مدل فازی، نقشه‌ی پهنه‌بندی نهایی توسعه‌ی شهری براساس شش پارامتر مؤثر تهیه شد. سپس، این نقشه براساس شرایط ژئومورفولوژیکی و کاربری اراضی دشت شیراز ارزیابی و مناطق مستعد توسعه‌ی شهری پیشنهاد شد. نتایج نشان داد که توسعه فیزیکی شهر شیراز در طی دهه‌های گذشته تابع شرایط توپوگرافی بوده و مخاطرات و محدویت‌های ژئومورفولوژیکی بسیار زیادی در محدوده‌ی مورد مطالعه وجود دارد؛ به‌طوری‌که نزدیک ۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع از مساحت منطقه که معادل ۵۴ درصد می‌باشد، جهت توسعه شهر مناسب نمی باشد که مناطق نامناسب از غرب شامل ارتفاعات دراک و از شمال غرب ارتفاعات بمو، سبزپوشان، بابا کوهی و چهل مقام و محدوده رودخانه خشک به‌علت خطر سیل‌گیری و وجود گسل می‌باشد و تنها ۱۷۰۰۰ کیلومتر مربع که معادل ۱۹ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه می‌باشد، جهت توسعه شهر مناسب بوده و همچنین با توجه به نتایج پژوهش، مکان‌یابی بهینه توسعه شهر شیراز در جهت شرق می‌باشد.

استناد: عفیفی, محمد ابراهیم. (۱۴۰۲). پهنه بندی مناطق مستعد توسعه شهری با تأکید بر محدودیت ها و مخاطرات ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی شهر شیراز). مخاطرات محیط طبیعی, ۱۲(۳۵), ۱-۲۰. DOI: 10.22111/jneh.2022.38341.1798

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© محمد ابراهیم عفیفی.

*- محمد ابراهیم عفیفی (نویسنده مسئول)

Email: afifi.ebrahim6353@iaularestan.ac.ir

مقدمه

افزایش جمعیت به نوبه خود باعث توسعه فیزیکی و کالبدی نواحی شهری می‌شود. شهرها در ادامه روند توسعه فیزیکی خود با پدیده‌های ژئومورفولوژیک مواجه می‌شوند که این پدیده‌ها می‌توانند نقش مؤثری در توسعه داشته باشند و یا اینکه باعث محدودیت در توسعه فیزیکی شهرها شوند (شایان و همکاران ، ۱۳۹۲). بسیاری از شهرها به‌طور مستقیم در معرض مخاطرات محیطی قرار دارند، این مسئله به این معنا است که این شهرها به مکان اصلی بسیاری از بلایای احتمالی تبدیل خواهند شد (دیاکولاکی، ۱۹۹۵). در این میان مخاطرات ژئومورفولوژی به‌عنوان بلایای طبیعی هستند که می‌توان آثار و عواقب فاجعه‌آمیز آن را به کمک برنامه‌ریزی‌های ازپیش تعیین‌شده کاهش داد (گنجائیان و همکاران، ۱۳۹۸). تأثیر پدیده‌های ژئومورفولوژیکی بر یک شهر را می‌توان در مکان‌یابی ، مکان‌گزینی و تکامل شهر، گسترش فیزیکی و تعیین جهت‌های گسترش شهر، مورفولوژی شهر و نیز ساخت‌وسازهای شهری طبقه‌بندی کرد (جعفری و همکاران ، ۱۴۰۰). نوع مخاطرات ژئومورفولوژی در مناطق مختلف متاثر از عوامل هیدروژئومورفولوژی، اقلیمی و زمین- ساختی می‌باشد و با توجه به تنوع ایران از نظر موارد یادشده، نوع مخاطرات ژئومورفولوژی در مناطق مختلف کشور از تنوع زیادی برخوردار است (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۸). دشت شیراز قسمتی از محدوده سرزمینی زاگرس است و جهت آن هماهنگ با جهت زاگرس شمال‌غربی ـ جنوب‌شرقی است و از نظر ساختمان طبیعی به‌صورت یک ناودیس است. کوه‌های نسبتاً بلندی اطراف شیراز را احاطه نموده‌اند. کوه‌های شمالی عبارتند از: کوه چهل مقام دروازه، باباکوهی، کوه پشت مله، کوه توسیاه، تنگ منصور آباد و کوه دراک. در غرب شیراز کوه دراک با ارتفاع ۲۶۲۴ متر قرار گرفته و در سمت شرق شیراز کوه قلعه‌ی بندر، کوه احمدی و برم دلک قرار دارد. در جنوب شیراز کوه سبزپوشان و قره‌باغ واقع شده و رشته کوه‌های بمو در شمال شهر شیراز ۲۶۶۱ متر ارتفاع دارد. استقرار شهر شیراز در میان ناهمواری‌ها باعث گردیده است که شهر از نظر توسعه فیزیکی با محدودیت‌های زیادی روبه‌رو گردد (نظریان و همکاران ، ۱۳۹۰). توجه به اهمیت موارد یادشده در این پژوهش، به ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر شیراز و مخاطرات پیش‌روی آن پرداخته شده است. در مورد مخاطرات ژئومورفولوژیکی پژوهش‌های مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که ازجمله آن‌ها می‌توان به پژوهش جعفری و همکاران (۱۴۰۰) اشاره کرد که در پژوهش خود به بررسی مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی در شهر بجنورد به منظور مکان‌گزینی جهت توسعه شهری پرداختند که نتایج پژوهش نشان داد که ۷ / ۵۷ کیلومتر از محدوده‌ی پژوهش با توجه به استانداردها و شرایط موجود، منطقه ممنوع است که اغلب منطبق بر قسمت‌های شرقی، شمالی و شمال شرقی شهر بجنورد یعنی بستر و حریم بستر رود فیروزه و محل تلاقی مسیله‌ای حلقه سنگ، ملکش، پسته، دوبرار، آقق لعه، قشلاق، لنگر، باغچق و علی آباد و نقاط مجاور سامانه‌های گسلی چهار خروار- بابامان، دوبرار- برج و گسل پارگی و پنهان منطبق بر بستر رودخانه فیروزه است . کرم و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی و تحلیل عوامل طبیعی مؤثر در گسترش کالبدی آتی شهر خوانسار با استفاده از روش فازی پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که فقط حدود ۷ درصد محدوده مورد مطالعه، برای توسعه کالبدی مناسب هستند. قسمت‌های جنوب غربی محدوده مورد مطالعه به‌علت ارتفاع و شیب زیاد و خطرناک، برای گسترش فیزیکی نامناسب قلمداد شده‌اند. در برخی از بخش‌های شمالی منطقه، زمین‌های کشاورزی وجود ندارد. ازاین‌رو، این مناطق برای توسعه متصل به شهر در مناسب‌ترین مکان هستند و به‌عنوان اولویت اول تشخیص داده شده‌اند. برخی قسمت‌های جنوبی تقریبا متصل به

شهر، در امتداد زمین‌های کشاورزی و بخش‌های پایکوهی به‌عنوان اولویت دوم درنظر گرفته شده‌اند. اراضی قسمت جنوب شرقی، با فاصله دورتر از شهر، برای توسعه منفصل آتی شهر خوانسار در اولویت سوم، نسبتا مناسب ارزیابی شده‌اند. پروین (۱۳۹۸) در مقاله خود به پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه شهری (مطالعه موردی شهر کرمانشاه) پرداختند. نتایج نشان داد توسعه فیزیکی شهر کرمانشاه در طی چهار دهه‌ی گذشته تابع شرایط توپوگرافی بوده و مخاطرات و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی بسیار زیادی در محدوده‌ی مورد مطالعه وجود دارد؛ به‌طوری‌که ۶۵ درصد مساحت منطقه برای توسعه‌ی شهری مناسب نیست. مناطق مساعد با حدود ۵۰ کیلومتر مربع در دشت آبرفتی در غرب و شرق شهر کرمانشاه واقع شده‌اند. اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی قابلیت‌ها و محدودیت-های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر رامهرمز پرداختند که نتایج نشان داده است بخش شمالی رامهرمز مناسب-ترین پهنه برای توسعه آتی شهر است. احمدی (۱۳۹۶) به تحلیل محدودیت‌های توسعه فیزیکی شهرها (مطالعه موردی: شهر سردشت) پرداخت که نتایج به‌دست‌آمده بیانگر آن است که شهر سردشت به لحاظ موقعیت قرارگیری جهت توسعه با محدودیت زیادی از سه جهت جغرافیایی غرب، شمال و شرق مواجه است و از جهت جنوب نیز توسعه فیزیکی روی زمین‌های کشاورزی و باغات صورت گرفته است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که از مجموعِ حدود ۳۱۲/۶ هکتار، ۸ / ۵۹ درصد محدوده مکان‌های کاملاً مناسب و ۳۶/۰۸ درصد از مجموع محدوده مورد مطالعه محدوده کاملاً نامناسب را شامل می‌شود. یافته‌های بالا می‌تواند مدیران شهر سردشت را با محدودیت‌های توسعه‌ی فیزیکی شهر آشنا و راه‌کارهای اجرایی برخورد منطقی با آن‌ها را ارائه نماید. شمس‌الدینی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی قابلیت‌ها و محدودیت‌های توسعه فیزیکی شهر نورآباد ممسنی با تأکید بر شاخص‌های شهر سالم در مدل SWOT پرداختند که استنتاج حاصل از این پژوهش حاکی از آن است که اراضی واقع در مشرق و جنوب شرقی، زمین‌های بایر درون بافت شهر و همچنین برخوردار بودن از مراکز دانشگاهی، بهترین نقاط قوت توسعه فیزیکی شهر محسوب می‌شود. کمبود شدید کاربری فضای سبز در شهر، مناسب نبودن سیستم شبکه‌بندی شهر، نبود ساخت‌وساز عمودی به نسبت تمرکز بیشتر جمعیت در مرکز شهر و فقدان سیستم فاضلاب شهری در سطح کل شهر از نقاط ضعف به شمار می‌رود. پوررمضان و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود به تحلیل عوامل مؤثر در توسعه فیزیکی شهر رحیم آباد (شهرستان رودسر)، طی دو دهه‌ی اخیر نتایج حاکی از آن است که شهر رحیم آباد در طی سال‌های مورد بررسی دو نوع روند توسعه فیزیکی، یکی روند کند و نسبتا متعادل متناسب با افزایش طبیعی جمعیت شهری طی سال‌های۸۰-۱۳۷۰ که تأثیر اندکی بر تغییر کاربری اراضی کشاورزی حاشیه شهری داشته و دیگری روند تند و شتابان در سال‌های۹۰-۱۳۸۰ را تجربه نموده است. در این دوره حدود ۵۳ هکتار از اراضی کشاورزی به محدوده ساخت‌وساز شهری اضافه شده است. آفریده و همکاران (۱۳۹۳) به پتانسیل سنجی توسعه فیزیکی شهر جدید پردیس با تاکید بر شاخص‌های ژئومورفولوزی پرداختند که در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های شیب، کاربری اراضی، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از حوضه زهکشی، فرسایش و زمین‌شناسی، نقشه پهنه‌بندی مناطق دارای پتانسیل گسترش آتی شهر پیشنهاد شد . نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که بخش وسیعی از محدوده‌ی فعلی شهر مورد مطالعه روی موانع طبیعی مشکل‌آفرین واقع شده است و مکان‌های دارای پتانسیل گسترش فیزیکی آتی شهر در بخش‌های شمال شرقی و شمال و شمال غرب قرار دارد. نوبخت حقیقی و همکاران (۱۳۹۲) در مورد محدودیت‌های توسعه فیزیکی و ساماندهی کاربری اراضی شهری (نمونه موردی: شهر مهاباد) می‌باشد که نتایج به-

دست‌آمده بیانگر آن است که شهر مهاباد به لحاظ موقعیت قرارگیری، جهت توسعه با محدودیت زیادی مواجه است که این امر از سه جهت جغرافیایی غرب، جنوب و شرق می‌باشد و تنها از جهت شمال با عدم محدودیت روبه‌رو نیست که البته در این جهت نیز توسعه فیزیکی باید روی زمین‌های درجه یک کشاورزی و باغداری صورت پذیرد. همچنین بیشترین موانع و چالش‌های پیش روی توسعه فیزیکی شهر، شامل موانع طبیعی (کوه‌ها و رودخانه‌ها) و انسان ساخت (سیستم تصفیه فاضلاب شهری) می‌باشد که لزوم ساماندهی کاربری‌های درون‌شهری را به امری اجتناب‌ناپذیر تبدیل کرده است. انبالاگان و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی شاخص‌های ژئومورفولوژی پشتیبانی برای برنامه‌ریزی شهری پرداختند که با توجه به نتایج پژوهش، از شاخص‌های ژئومورفولوژی می‌توان به‌عنوان مبنایی برای تجزیه‌وتحلیل مرحله برنامه‌ریزی ساخت کلان‌شهرها استفاده کرد و ابزاری مهم برای اجرای برنامه‌های عملی هستند. هان و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به بررسی تغییرات کالبدی و توسعه شهری در شهر فوشان چین پرداختند که با استفاده از الگوی توسعه آن در ۲۰ سال گذشته، روند تغییرات آن را با استفاده از پارامترهای محیطی برای سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی کردند. بی چیر و همکاران (۲۰۱۹) به مطالعه‌ی تأثیرات شهرنشینی بر ژئومورفولوژی در شهر گویلیو هند پرداختند. نتایج نشان داد رشد شهری در طی چهل سال سه برابر بوده و توسعه بیشتر در مناطق دشتی و تپه ماهوری انجام گرفته است. براگنانو و همکاران (۲۰۲۰)، تانسیل منطقه‌ای تریلاکا در مرکز یونان را برای توسعه‌ی شهر و صنعت براساس مخاطرات ژئومورفولوژیکی- زمین‌شناسی مطالعه کردند. نتایج نشان داد که رشد شهرها و توسعه‌ی صنعت متناسب با توان محیطی نیست و شرایط ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی مورد توجه قرار نگرفته‌اند. کلوکسن و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی برنامه‌ی توسعه‌ای شهری با دخیل‌شمردن داده‌های ژئومورفولوژی در ساحل خلیج سوئز مصر پرداختند و منطقه‌ای مناسب برای ایجاد مرکز گردشگری را مشخص کردند. کروستا و همکاران (۲۰۰۹) به ارزیابی خطرهای ژئومورفیک در شهر ناپولی ایتالیا پرداختند و نتایج نشان داد که خطرهای آتشفشان و مخاطرات ناشی از فرایندهای آبرفتی شهر را تهدید می‌کنند.

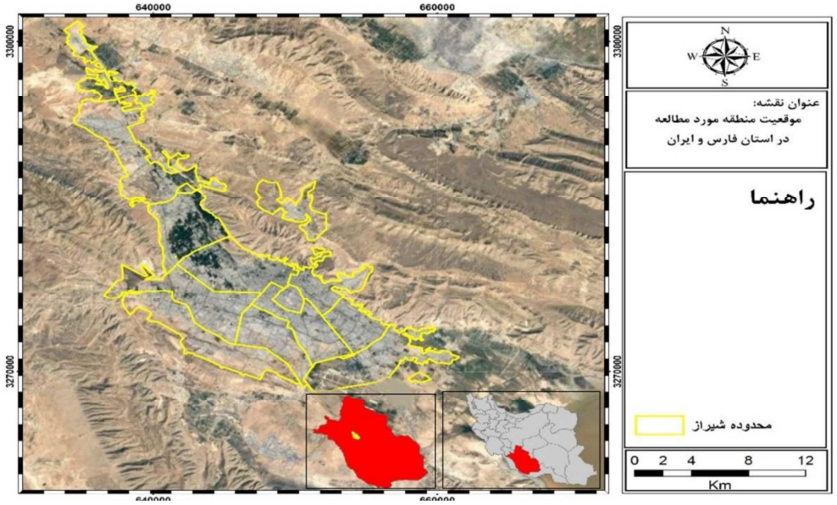
مبانی نظری

محل استقرار سکونتگاه‌ها و سایر تأسیساتی که انسان ایجاد می‌کند، کاملاً تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی است (دائی، ۲۰۰۲). امروزه به تبع رشد سریع جمعیت، توسعه ساخت‌وسازها اجتناب‌ناپذیر است و تأثیر نامطلوب نیازهای بشر بر روی زمین و همچنین بهره‌برداری از مناطق اطراف شهرها و روستاها برای ایجاد خانه و تأسیسات اقتصادی و صنعتی گسترش روزافزون می‌یابد (بهاروند، ۱۳۹۴). صنعتی‌شدن جوامع و گسترش اقتصاد سرمایه‌داری مشکل را دو چندان کرده است و اکثر بناها با اندیشه و تعمق کمتری بر روی زمین بنا می‌شوند. این مشکل در کشورهای در حال توسعه، به‌علت تنگناهای اقتصادی، چشم‌گیرتر است و هنوز هم در این مناطق به‌طور مطلوب از فناوری‌های پیشرفته برای حل مشکلات انسان‌ها یا پیش‌گیری از بروز آن‌ها استفاده نمی‌شود (خسروی و جمالی ۱۳۹۷). این امر باعث می‌شود که بلایای طبیعی همه‌ساله جان هزاران انسان را بگیرند و خسارت‌های هنگفتی به اقتصاد این کشورها وارد کنند (شادفر، ۱۳۸۶).

ژئومورفولوژی یکی از علوم زمین است که مدیران شهری، برنامه‌ریزان و سایر متولیان مسائل اقتصادی و فنی را در انتخاب مکان‌های مطلوب برای استقرار و توسعه سکونتگاه‌ها و سایر ساخت‌وسازها کمک می‌کند (کرکس و همکاران،

۲۰۱۸). بررسی مشکلات مربوط به انتخاب مکان مناسب برای ایجاد شهرها، چگونگی استقرار ساختمان‌ها در داخل شهرها، آثار توسعه شهرها روی زمین شکل‌ها و زمین‌های اطراف و نظایر این‌ها، موضوع‌های مورد مطالعه ژئومورفولوژی شهری است (حسینی، ۱۳۹۵). ژئومورفولوژی شهری مرکب از سه عنصر: ویژگی‌های زمین‌شناسی, اشکال سطح زمین و فرایندهای شکل‌زایی است که در چارچوب واکنش‌هایی ناشی از مسائل شهرنشینی محصور شده است و خود بر روی شهر تأثیرگذار است (گیلووایس و همکاران، ۲۰۱۹). بر این اساس، یکی از رشته‌های علمی که پیرامون مسائل کاربری‌های زمین و در برنامه‌ریزی و مدیریت محیطی شهرها نقش کاربردی و مؤثری را ایفا می‌کند و نیز از قدمتی بالایی برخوردار است، علم ژئومورفولوژی به‌عنوان شاخه‌ای از علوم زمین است (مددی، ۱۳۹۷).

شهرها در طول زمان در رابطه با شرایط طبیعی رشد متفاوتی را داشته‌اند. تا جایی که برنامه‌ریزان شهری در حال حاضر به‌دنبال مکان‌یابی مناسبی به‌منظور کنترل مدیریت سرریز جمعیت فعلی آینده هستند (هاگلند و ببروسکی، ۲۰۰۸). یکی از موارد مهمی که به‌عنوان بستر و زمینه‌ساز پایدار در طول برنامه‌ریزی شهری باید در مرکز توجه قرار گیرد، مطالعه و شناخت عوارض طبیعی یا مورفولوژیکی آن منطقه است. مفهوم ژئومورفولوژی شهری، در چارچوب درک متقابل آثار فرآیندهای ژئومورفولوژی و مسائل شهری و درنهایت خدمت به مردم و رفاه آن‌هاست (هاگ و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین تبیین راه‌کارهایی جهت آگاهی و استانداردسازی برای شهرسازها، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری نیز از دیگر مفاهیم اساسی آن به شمار می‌آید. نمونه‌های موردی متعددی از مسائل تأثیرگذار ژئومورفولوژی شهری در سطح جهان مورد بررسی قرار گرفته است. ازجمله ناپایداری دامنه‌ای و اثرات شیب‌ها، مخاطرات ناشی از زمین‌لرزه، افزایش مسائل سیلاب‌های شهری و ... که با تجزیه‌وتحلیل این مسایل از سوی ژئومورفولوژیست‌های شهری، راهنمای سودمندی برای مهندسان (شهرسازان)، مدیران شهری و برنامه‌ریزان شهری به‌وجود می‌آید (گومز و همکاران، ۲۰۰۵). به بیان دیگر، ژئومورفولوژی شهری به تحلیل ارتباط متقابل میان مسایل شهری و مسایل ژئومورفولوژیک نظیر فرم و فرایند دامنه‌ای، آبراهه‌ای، بادی، ساحلی و... می‌پردازد. بنابراین، تبیین مفهوم ژئومورفولوژی می‌تواند روند برنامه‌ریزی و مدیریت شهری را در ارتباط با فرم‌ها و فرایندهای ژئومورفولوژی با روند پایداری روبرو سازد. در نتیجه، تفسیر نقشه‌های ژئومورفولوژی و شهر به‌صورت مجزا در دستیابی به شکل پایدار شهر میسر خواهد شد (مقیمی، ۱۳۹۲).



شکل ۱: موقعیت شهر شیراز در استان و کشور (منبع : گوگل ارث)

داده‌ها و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر شیراز مرکز استان فارس بر روی جلگه طویلی به طول ۱۲۰ کیلومتر و عرض ۱۵ کیلومتر در شرق ۵۲ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض شمالی ۲۹ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۴۱ دقیقه ، در۹۰۰ کیلومتری جنوب پایتخت و در منطقه کوهستانی جنوب ایران واقع شده است. استان فارس از طرف شمال به استان اصفهان، از جنوب به بوشهر و هرمزگان، از شرق به کرمان و از سمت غرب به استان کهگیلویه و بویراحمد ختم می-شود و شهر شیراز نیز از سمت شمال به شهرستان‌های مرودشت و سپیدان، ازجنوب به جهرم و فیروزآباد، از شرق به نی‌ریز، استهبان و فسا و از طرف غرب به شهرستان‌های ممسنی و کازرون منتهی می‌شود. ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۴۸۸ متر در منتهی‌الیه شرقی شهر و حدود ۱۷۰۰ متر در غرب آن متغیر است. پست‌ترین نقطه جلگه شیراز در جنوب شرقی (دریاچه مهارلو) و بلندترین نقطه آن در شمال غرب دشت واقع شده است. بنابراین، شیراز دارای شیبی از سمت شمال غربی به جنوب شرقی است و به همین قسمت غربی آن منابع چشمه‌ها و چاه‌های آب فراوانی است (شکل ۱) (امیری ، ۱۳۹۸). از دیدگاه ساختاری این منطقه دارای ویژگی‌هایی مشترک از دو پهنه زمین ساختی زاگرس بلند و پهنه چین خورده ساده است که به لحاظ ریخت‌شناسی از یک سری تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متوالی و در راستای کشیدگی اصلی زمین ریخت‌شناسی زاگرس (شمال غربی- جنوب شرقی) قرار دارد. تاقدیس-های خلارتوسر، ملوسجان، آصف، لبو، باباکوهی، کفترک، دراک و ناودیس معلق قلات از ارتفاعات بلند این حوضه به شمار می‌آید. نواحی مرتفع عموماً از رسوبات کربناته (آهکی - دولومیتی) با ریخت سخت و خشن پوشیده شده است. وجود پرتگاه‌های گسلی و فرسایشی و صخره‌های بلند، دره‌های عمیق و باریک، کانیون، روز، کمپ، کلوز، تاقدیس فروریخته سعدی، کواستا، پدیده‌های کارستیک و مورفولوژی خشن و مقاوم در برابر فرسایش از خصوصیت-های این ناحیه است. رسوبات کربناته این ناحیه عموماً متعلق به سازندهای آهکی و دولومیتی آسماری- جهرم بوده

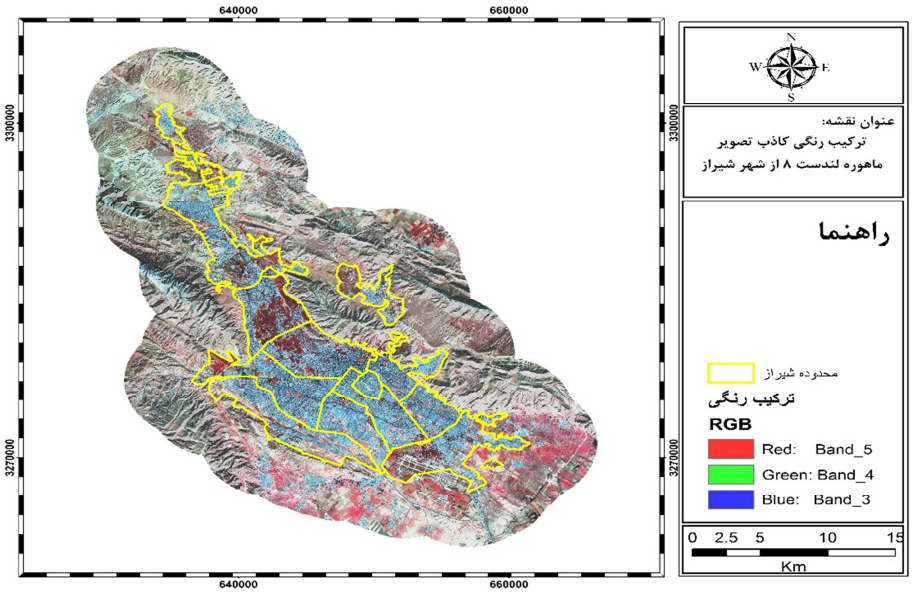
که سن آنها به دوره ائوسن و الیگو - میوسن می‌رسد. دشت‌ها و نواحی پست، ناودیس‌ها را تشکیل داده و رسوبات نرم و فرسایش‌پذیر شامل سازندهای مارنی، آهک مارنی، گچ و اندریت گروه فارس متعلق به دوره میوسن می‌باشد که به‌طور گسترده دامنه تاقدیس‌ها و داخل ناودیس‌ها را به شکل تپه ماهوری فرا گرفته است. دره‌های موجود در این رسوبات کم‌عمق و پهن با تراکم بالا می‌باشند. آبرفت‌های دوران چهارم که رسوبات فرسایش‌یافته از ارتفاعات مجاور را شامل می‌شوند از واریزه‌های دامنه‌ای و مخروط‌افکنه‌های دانه درشت، قلوه‌سنگ، ریگ، شن‌وماسه، رسوبات طغیانی دانه‌ریز، ماسه‌نرم، سیلت، رس و ته‌نشست‌های ریزدانه دریاچه‌ای بوده است. متوسط درجه حرارت سالانه ۱۷/۳ درجه-ی سانتی‌گراد می‌باشد و حداکثر درجه حرارت به ۴۳,۲درجه‌ی سانتی‌گراد در فصول گرم و حداقل درجه حرارت ۱۴- درجه‌ی سانتی‌گراد در فصول سرد تنزل می‌یابد. میزان بارندگی سالانه بیش از ۳۰۷ میلی‌متر بوده و روزهای یخبندان حدود ۵۴ روز می‌باشد. به‌طورکلی شهر شیراز دارای آب‌وهوای گرم و نیمه‌خشک است. دشت شیراز به‌دلیل تعدد رودخانه‌های فصلی و زیر حوضه‌های آبریز و نیز وجود ارتفاعات و کمی پوشش گیاهی در منطقه و نیز از بین رفتن مراتع در سال‌های نه چندان دور و ساخت‌وساز های وسیع و گسترده بدون محاسبه دقیق دفع آب‌های سطحی و زهکش، ازجمله شهرهای سیل‌خیز استان و کشور است. گسترش بی‌رویه‌ی شهر به‌خصوص در محور شمال غرب و ازبین‌رفتن پهنه‌های طبیعی جذب رواناب‌ها و نزولات جوی و کاهش پوشش گیاهی منطقه سبب شده ا ست که در بارندگی‌های با میزان بالا و متناوب، آب نتواند در خاک نفوذ کند و درنهایت به‌دلیل نبود زهکش و سیستم دفع مناسب در مسیر جاری گردد. شهر شیراز در راستای عبور شاخه‌ی اصلی رودخانه خشک که از بهم پیوست نهر اعظم و رودخانه تنگ سرخ تشکیل شده و رودخانه چنار راهدار و همچنین مسیل‌های بزرگ سعدی و دروازه قرآن و نواحی پیرامونی آنها دارای پتانسیل پر خطر رخداد سیلاب است و وجود دریاچه مهارلو در جنوب شرق شهر محل جمع‌شدن آب‌های سطحی و سیلاب‌های این شهر است.

داده‌ها

این پژوهش مبتنی بر روش‌های کتابخانه‌ای، تحلیل تاریخی و مدل‌سازی است. میزان و جهات توسعه‌ی فیزیکی شهر شیراز، در طی چهار دهه با استفاده از تصاویر سنجنده‌های OLI ماهواره‌ای لندست و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، حداکثر احتمال و انتخاب نمونه‌های تعلیمی براساس تفسیر بصری، ترکیب رنگی کاذب و بازدید زمینی مشخص شد. جزئیات داده‌های ماهواره‌های در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: اندکس زمانی تصاویر مورد استفاده برای تهیه‌ی محدوده‌ی شهر شیراز

ماهواره	سنجنده	تاریخ برداشت	Path	Row
لندست ۸	OLI	۱۸ – ۰۱ – ۲۰۲۱	۱۶۳	۳۹



شکل ۲: ترکیب رنگی کاذب تصویر ماهواره لندست ۸ شهر شیراز

در ادامه، نقشه‌ی پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه‌ی فیزیکی شهر شیراز با استفاده از مدل فازی بر اساس پارامترهای شیب، توپوگرافی، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از گسل، سیلاب، فاصله از جاده، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و فاصله از مرکز شهر تهیه شد. (در رابطه با محدوده شهر، حریم ۱۰ کیلومتر درنظر گرفته شده که اجازه رشد وجود داشته باشد و مناطقی که مستعد توسعه هستند، شناسایی شوند.

در رابطه با لایه داده‌های پایه پارامترهای شیب و توپوگرافی از مقالات مختلف گرفته شده است و از نظرات کارشناسان استفاده گردیده است. از آنجا که پارامتر شیب و توپوگرافی از اهداف بیشتر طرح‌های مطالعاتی، بحث توپوگرافی آنها می‌باشد، به‌دلیل قرارگیری کوه‌های بسیار زیادی اطراف شیراز و بحث تسطیح اراضی و شیب قطعاً این دو لایه تأثیرگذار هستند.) (در رابطه با لایه DEM 10 متری برای کل ایران موجود است که سازمان نقشه‌برداری کل کشور تهیه کرده است. بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱ / ۲۵۰۰۰ فتوگرامتری، در این پژوهش برای تهیه نقشه کاربری اراضی از سنجنده OLI ماهواره لندست استفاده شده، چون این ماهواره‌ها بروزتر هستند.) توسعه‌ی فیزیکی شهرها فرایندی پیچیده و تحت تأثیر عوامل مختلف بوده و برای مطالعه‌ی چنین شرایط پیچیده مدل فازی مناسب است (آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۱)؛ زیرا با استفاده از نظریه‌ی فازی می‌توان متغیرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی درآورد (مؤمنی ، ۱۳۸۷). در مدل فازی هر فرد هم زمان در مجموعه‌های مختلف اما به درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک یا خود این دو حد را می‌پذیرد (گیگووایس و همکاران، ۲۰۱۹). در تئوری مجموعه‌های دقیق اگر یک مجموعه را درنظر بگیریم، هر عضو مجموعه مرجع یا در مجموعه هست و یا نیست و می‌توان برای هر مجموعه A تابع زیر را تعریف کرد:

$$\mu_A(\mathrm{X}) \qquad (۱)$$

$$1 \quad ,If \quad x \quad A$$
$$0 \quad ,If \quad x \quad A$$

این تابع به هر عضو مجموعه‌ی A عدد ۱ و به هر عضو خارج از مجموعه‌ی A عدد ۰ را نسبت می‌دهد. اگر عضویت عنصری در مجموعه‌ی A در بازهای از ۰ و ۱ قرار گیرد، به هر x از X عددی در بازه‌ی ۰ و ۱ نسبت داده می‌شود که تابع عضویت نامیده می‌شود. تابع عضویت به‌صورت $\mu_{A(x)}$ نشان داده می‌شود که درجه‌ی عضویت بین ۰ و ۱ خواهد داشت. تابع عضویت برابر ۱ نشان‌دهنده‌ی عضویت کامل در مجموعه و مقدار ۰ نشان‌دهنده‌ی عدم عضویت کامل عنصر در مجموعه است. برای پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه‌ی فیزیکی شهر، لایه‌های رستری براساس توابع عضویت فازی‌سازی می‌شوند. روش فازی دارای پنج عملگر در محیط نرم‌افزار GIS است که در این پژوهش از عملگر گاما با ضرایب مختلف استفاده شده است. این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی براساس رابطه‌ی ۲ تعریف می‌شود:

$$^{\mu}\text{combination} = ((\text{Fuzzy Algebraic SumFuzzy Algebraic Product})^{1\gamma} \quad (۲)$$

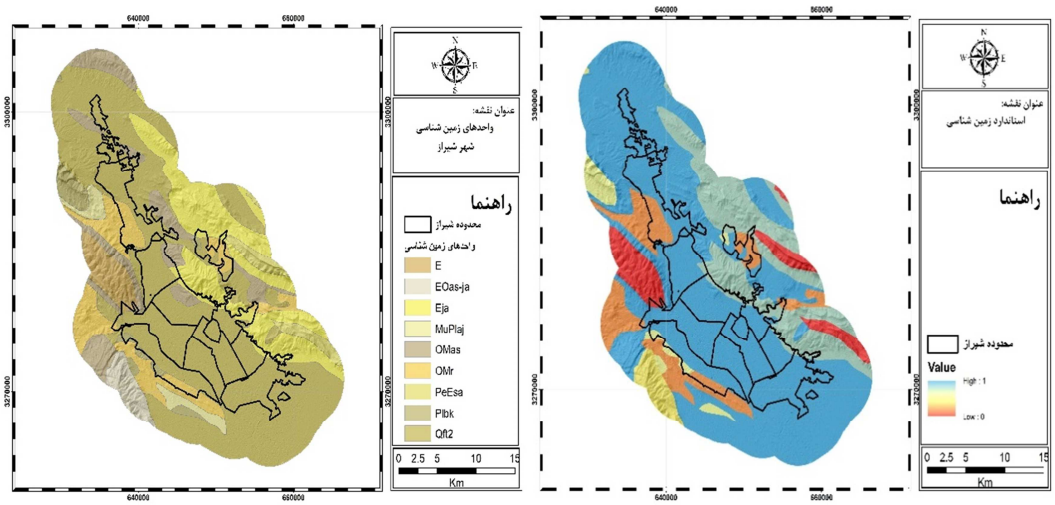
در این رابطه $\mu_{combination}$ لایه‌ی حاصل از گامای فازی و γ پارامتر تعیین‌شده در محدوده‌ی صفر و یک است. زمانی که γ را برابر ۱ قرار دهیم، ترکیبی که اعمال می‌شود همان جمع جبری فازی و زمانی که γ برابر صفر باشد، ترکیب برابر با ضرب جبری فازی است. مقدار درنظرگرفته‌شده برای γ مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهشی ضرب جبری فازی سازگاری دارد. لایه‌های رستری براساس توابع فازی تعریف‌شده، برای هر یک از آنها فازی‌سازی می‌شود. طبقات مختلف لایه‌های کیفی براساس میزان تأثیر در توسعه‌ی فیزیکی شهر امتیاز بین ۰ تا ۲۵۵ را به خود اختصاص می‌دهند و سپس با استفاده از رابطه ۳، مقادیر اختصاص داده‌شده نرمال‌سازی فازی می‌شوند. (روسی و همکاران، ۲۰۱۹).

$$\frac{xi - x\min}{xmox - x\min} \quad (۳)$$

نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه‌ی فیزیکی شهر شیراز بر اساس محدودیت‌های کاربری اراضی بررسی می‌شود و د نهایت مناطق مستعد توسعه‌ی فیزیکی شهر در آینده مشخص می‌گردد.

نتایج و بحث

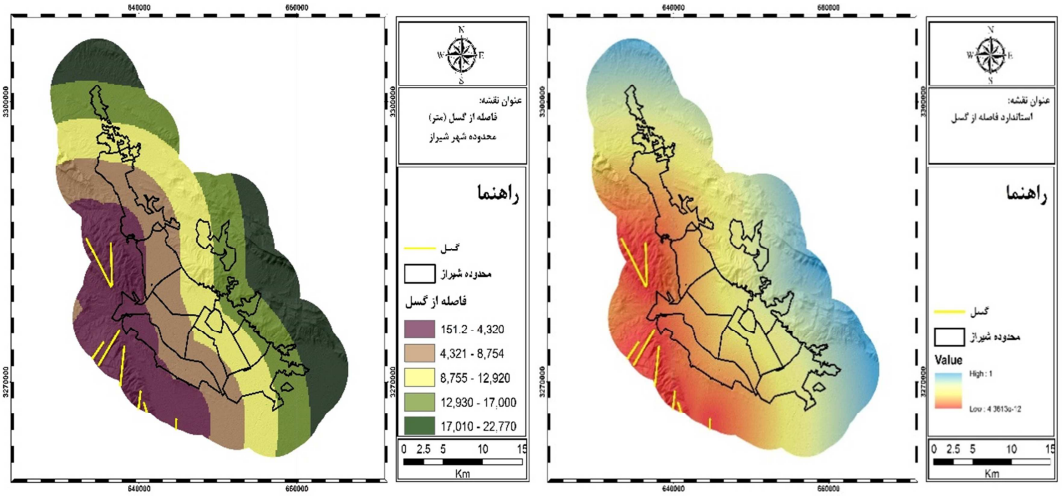
در این بخش از پژوهش، با مدنظر قراردادن مبانی نظری و با توجه به استانداردهای بیان‌شده در مطالعات مختلف، پارامترهای شش‌گانه برای مدل‌سازی فازی مناطق مستعد توسعه‌ی فیزیکی آماده‌سازی می‌شود. شهرستان شیراز در برگیرنده بخشی از پهنه‌ی چین‌خورده ـ رانده زاگرس می‌باشد. با توجه به نقشه فازی زمین‌شناسی شهر شیراز (شکل ۳) قسمت‌های قرمزرنگ خارج از محدوده شهر ازنظر زمین‌شناسی جهت توسعه شهر مناسب نیست و قسمت‌های آبی‌رنگ خارج از محدوده شهر جهت توسعه فیزیکی شهر مناسب بوده و دارای ارزش بالایی می‌باشد.



شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی و نقشه فازی‌شده زمین‌شناسی شهر شیراز

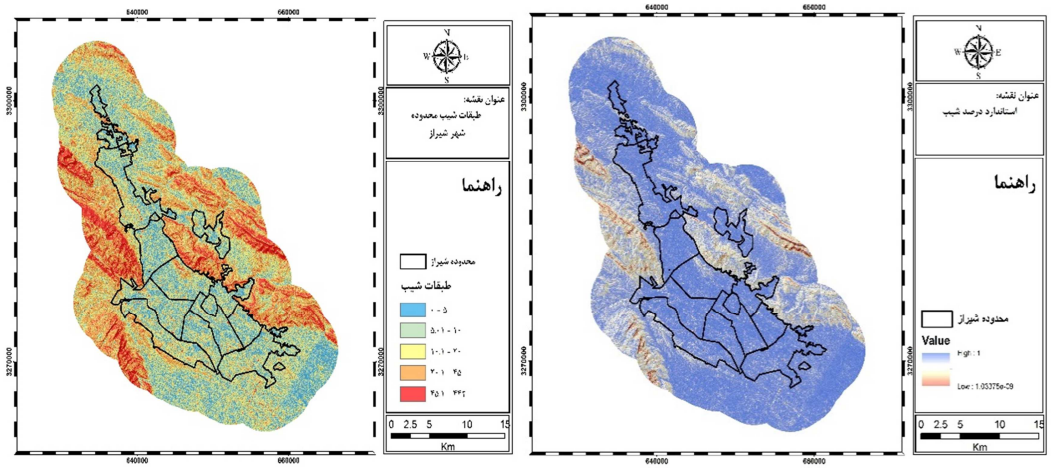
گسل‌های مهم شیراز عبارتند از : گسل سبزپوشان، گسل ضلع شمالی دشت شیراز، گسل قلات، گسل بمو، گسل کوهنجان، گسل احمدی و دو پدیده فرونشست و بالاآمدگی نیز از مشخصه‌های مهم تکتونیکی این ناحیه به شمار می‌روند. بررسی گسل‌ها و پدیده‌های بالا نشان می‌دهد که بخش‌هایی از شیراز تحت تأثیر حرکات تکتونیکی شکل-گرفته و فرم‌های جالب و قابل‌مطالعه‌ای را ایجاد کرده است. گسل قلات یک گسل عادی نرمال است که به شدت منطقه شیراز را تحت تأثیر قرار داده است. عملکرد این گسل باعث پایین‌افتادگی منطقه وسیعی از دشت قلات، گویم و قصر قمشه شده و در نتیجه ناودیس‌های کنگلومرایی – ماسه‌سنگی قلات به‌صورت یک کوه ناودیس بزرگ و مرتفع در سطح زمین ظاهر گردیده است. البته در این میان عملکرد فرسایش را نمی‌توان در شکل‌گیری کنونی ناودیس معلق قلات نادیده گرفت. این ناحیه به‌شدت تحت تأثیر گسل قرار دارد. ادامه گسل قلات در ناحیه تنگ سرخ نیز باعث تغییر راستای شاخه چنار سوخته (پسکوهک) در مسیری مستقیم در بین رسوباتی با لیتولوژی مختلف شده است. وجود دره تنگ و باریک شرایط مناسبی را برای احداث سدهای مخزنی در این منطقه ایجاد کرده است. گسل سبزپوشان از تاقدیس سبزپوشان واقع در جنوب و جنوب غربی دشت شیراز به سمت قصر دشت و برآمدگی جنوب شرقی تاقدیس دراک ادامه دارد. این گسل باعث افتادگی قابل‌توجهی در ناحیه حسین‌آباد شده، به‌طوری‌که شیب عمومی به این ناحیه متمایل گردیده است. گسل بمو دارای راستای شمال غربی – جنوب شرقی است که در بخش شرق باعث تغییراتی در کوه کفترک، دامنه جنوبی کوه بمو، دشت اکبرآباد و درنهایت ضلع شرقی دشت گویم شده است. گسل ضلع شمالی دشت شیراز باعث جابه‌جایی‌هایی در یال غربی کوه کفترک، تنگ سعدی، باباکوهی و پشت مله گردیده است. عملکرد هر دو گسل بالا باعث افتادگی در ضلع شمالی دشت شیراز و بالاآمدگی در دشت مجاور به‌خصوص بالاآمدگی کوه تاقدیس بمو شده است و تأثیر زیادی بر راستای روخانه خشک شیراز پس از ورود به دشت شیراز بر جای گذاشته است. گسل کوهنجان و گسل احمدی که به‌ترتیب در کوه قره در غرب و کوه احمدی در شرق دریاچه مهارلو با راستای شمال غربی - جنوب شرقی قرار دارند. با توجه به شکل (۴)، مناطق قرمز رنگ خارج از

محدوده شهر که در فاصله نزدیک گسل‌ها قرار دارند، جهت توسعه فیزیکی شهر مناسب نیستند و دارای ارزش پایینی می‌باشد. اما نواحی آبی‌رنگ که در شمال و شرق شهر قرار گرفته‌اند جهت توسعه فیزیکی شهر مساعد می-باشند.



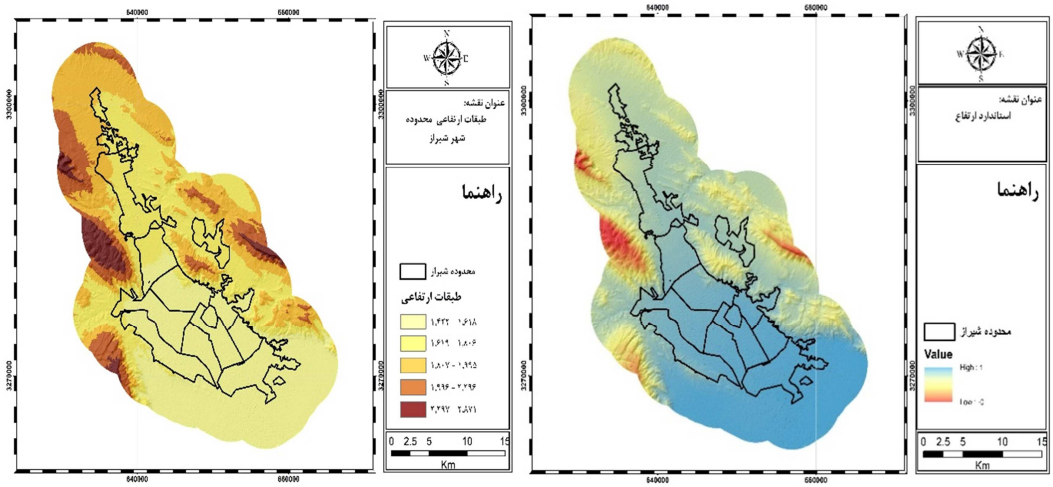
شکل ۴: نقشه گسل و نقشه فازی گسل شهر شیراز

شیب ازجمله عواملی است که در تعیین تناسب‌ها برای توسعه فیزیکی سکونتگاه‌های شهری اثر مهم دارد. شیب‌های کمتر از ۳ درصد برای همه کاربری‌های شهری مانند خیابان‌ها، زمین‌های ورزشی، نواحی صنعتی، فضاهای آموزشی و سایر کاربری‌ها مناسب‌اند. شیب‌های ۳ تا ۷ درصد هم برای بیشتر کاربری‌های شهری تناسب دارند. در شیب‌های ۸ تا ۱۵ درصد، هزینه ایجاد بسیاری از کاربری‌های شهری مانند زمین‌های ورزشی، معابر و نواحی صنعتی، به‌دلیل نیاز به عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی و نیز طولانی‌ترشدن مسیر راه‌ها و دیگر زیرساخت‌ها (خطوط انتقال فاضلاب، آب و انرژی) که در احداث آنها قاعدتاً باید شیب زمین مناسب رعایت شود، بیشتر اما قابل تحمل است. شیب ۸ تا ۱۵ صد به عنوان حد فوقانی شیب قابل‌اجرا برای ساخت‌وساز درنظر گرفته شده است. مناسب‌ترین شیب جهت ساختمان‌سازی و عملیات شهرسازی حداکثر ۵ درصد است، هر چه درجه شیب بیشتر شود ضریب ناپایداری زیاد و بر عکس. معمولاً شیب‌های تا ۱۰ درجه با ضریب صفر درنظر گرفته می‌شوند (بی‌خطر تا کم خطر) و با افزایش میزان شیب ضریب خطر نیز به‌صورت فزاینده بالا می‌رود. میزان تخریب در اراضی با وضعیت توپوگرافی پرشیب به‌ویژه در خط‌الرأس‌ها و قله‌ها به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. با توجه به (شکل ۵)، قسمت‌های آبی‌رنگ در شمال و جنوب و شمال شیراز جهت توسعه فیزیکی شهر مناسب بوده و دارای ارزش بالایی است.



شکل ۵: نقشه شیب و نقشه فازی شیب شهر شیراز

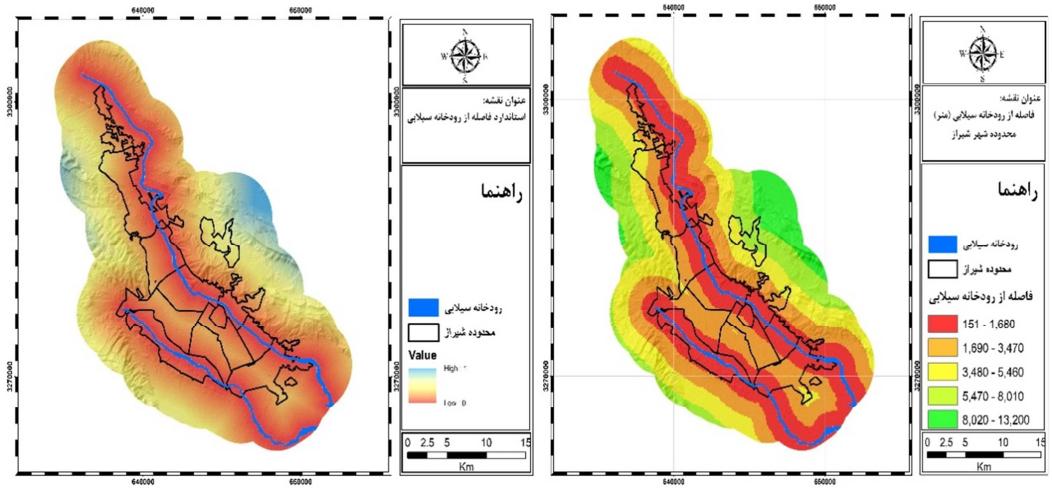
با توجه به حد متوسط ارتفاع فلات ایران و موقعیت جغرافیایی آن، در ایران ارتفاعات بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ متر در شرایطی تا ۱۵۰۰ متر مناسب‌ترین مکان‌گزینی شهر را نشان می‌دهند. ارتفاع یا توپوگرافی در بسیاری از مسائل شهری همچون تعیین مسیر لوله‌های آب، گاز، تخلیه‌ی آب‌های سطحی و همچنین، ارتفاع در ساخت‌وساز و تعیین مسیر خیابان‌ها و حتی فاضلاب شهری دخیل است. ارتفاع کنونی شهر شیراز از سطح دریا بین ۱۴۲۲ تا ۲۸۷۱ متر در نقاط مختلف آن متغیر بوده است. با توجه به شکل (۶)، قسمت‌های آبی‌رنگ در محدوده بیرون از شهر که در قسمت‌های جنوبی شهر قرار گرفته‌اند از ارتفاع مناسبی جهت توسعه فیزیکی شهر برخوردارند.



شکل ۶: نقشه ارتفاع و نقشه فازی ارتفاع شهر شیراز

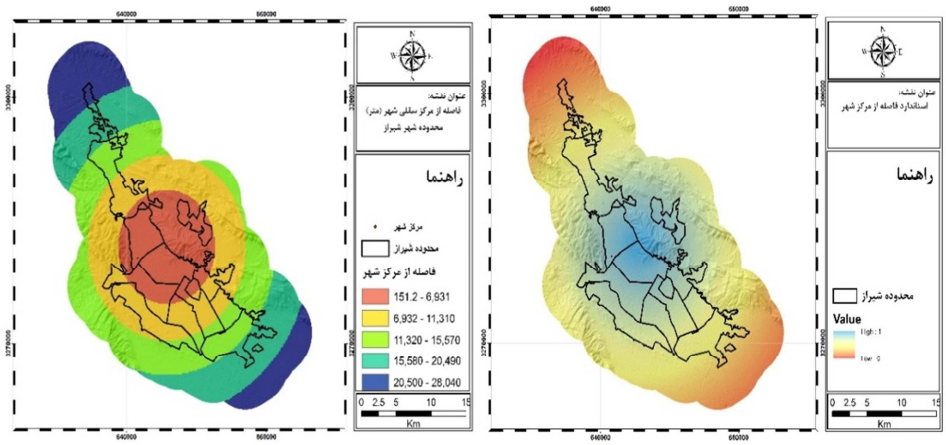
شبکه‌ی زهکشی اعم از رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در توسعه‌ی فیزیکی شهرها نقش زیادی دارند. در این پژوهش شبکه‌ی زهکشی محدوده‌ی مورد مطالعه از DEM ده متر منطقه استخراج شده است. رودخانه‌ی خشک شیراز، زهکش اصلی شهر شیراز است که رودخانه‌های فرعی زیادی از آن منشعب می‌شوند. (در رابطه داده‌های مورد استفاده برای فازی-سازی از لایه‌های سراسری سازمان نقشه‌برداری استفاده شده است؛ مثلا زمین‌شناسی از سازمان زمین‌شناسی

استفاده شده، لایه‌های توپوگرافی از DEM 10 متری استفاده شده است. DEM ده متری برای شهر شیراز تهیه شده است که سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه کرده است.)



شکل ۷: نقشه فاصله از رودخانه و نقشه فازی فاصله از رودخانه شهر شیراز

رودخانه خشک شیراز نیز در خطالقعر دشت شیراز از شمال غرب به جنوب شرق در جریان است. این رودخانه از دو شاخه فرعی نهر اعظم و تنگ سرخ یا معالی آباد تشکیل شده است که پس از پیوستن دوشاخه معالی آباد و نهر اعظم، رودخانه خشک از قسمت‌های شمال غرب وارد شهر شیراز شده و پس از عبور از میان شهر به سمت جنوب شرق حرکت کرده و پس از عبور از روستاهای حاشیه آن به دریاچه مهارلو می‌ریزد. طول رودخانه از محل پیوستن شاخه‌های معالی آباد و نهر اعظم نزدیک به ۳۴ کیلومتر است. در طول مسیر این رودخانه، آبراهه‌هایی نظیر سعدی و دروازه قرآن به آن وارد می‌شوند. با توجه به شکل (۷)، نواحی آبی‌رنگ بر روی نقشه که ناحیه اندکی را در قسمت شرق تشکیل می‌دهند، بر اساس معیار فاصله از رودخانه جهت توسعه فیزیکی شهر مساعد می‌باشند.



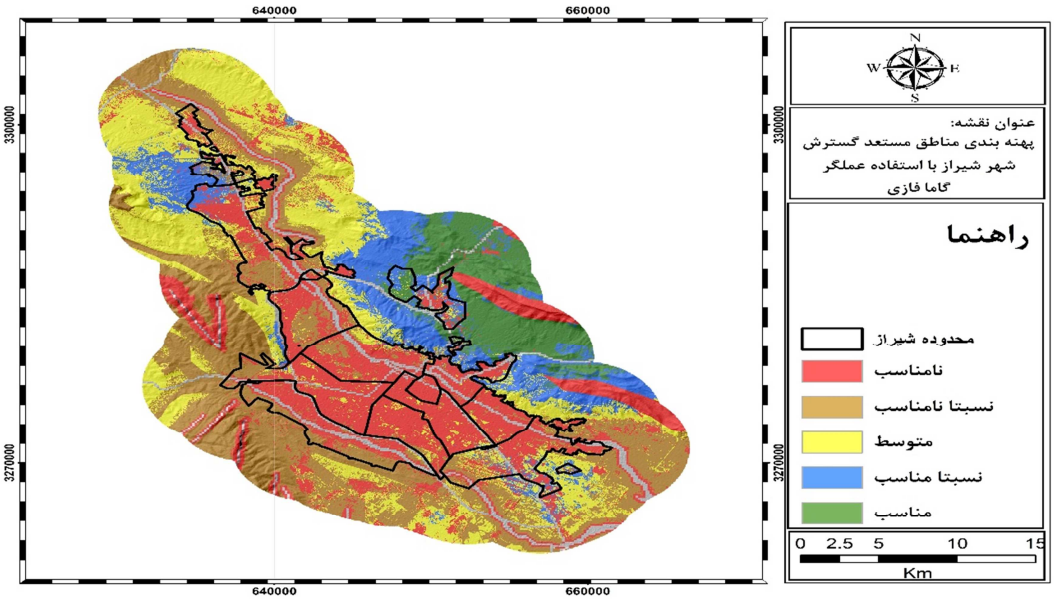
شکل ۸: نقشه فاصله از مرکز شهر و نقشه فازی فاصله از مرکز شهر شیراز

یکی دیگر از پارامترهای مهم در زمینه‌ی مکان‌یابی مناطق مستعد توسعه‌ی فیزیکی شهرها، پارامتر فاصله از شهر است؛ زیرا این پارامتر تعیین‌کننده‌ی دسترسی به امکانات شهری مانند مراکز درمانی، آموزشی، اداری و تجاری و... است. بنابراین، این پارامتر از یک تابع مستقیم معکوس پیروی کرده و مناطق نزدیک به شهر بیشترین امتیاز و مناطق دورتر کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. شهر شیراز ازنظر هندسی دارای شکل نامنظم است و بیشتر در راستای شمالی گسترش پیدا کرده است. با توجه به احداث شهرک‌های جدید و ازجمله شهرک صدرا، توجه به احداث شهرک‌های متعدد و شکل نامنظم شهر شیراز، برای محاسبه‌ی پارامتر فاصله از مراکز شهر، خیابان‌های اصلی شهر مدنظر قرار گرفته است. بنابراین، مناطق حومه‌ای شهر شیراز با فاصله‌ی کمتر بیشترین امتیاز و مناطق دورتر از شهر کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند که با توجه به شکل (۸)، قسمت‌های آبی‌رنگ بر روی نقشه که خارج از محدوده شهر می‌باشند، جهت توسعه شهر مساعد می‌باشد.

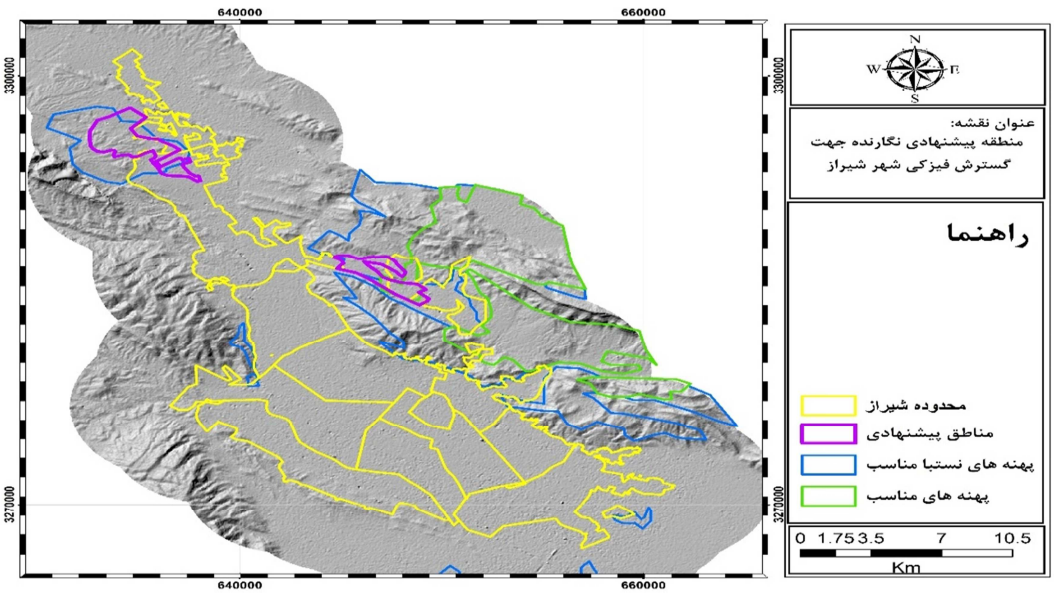
پس از تهیه‌ی لایه‌ی فازی‌سازی‌شده، پارامترهای شش‌گانه با استفاده از عملگر گاما ۰/۸ به‌عنوان بهترین ضریب تلفیق روی‌هم‌گذاری‌شده و نقشه‌ی پهنه‌بندی توسعه‌ی فیزیکی شهر شیراز تهیه شد (شکل ۹). این نقشه با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی به پنج کلاس تقسیم شد. طبقه نامناسب و نسبتاً نامناسب، بیش از نیمی (۵۴ درصد) از مساحت محدوده‌ی مورد مطالعه را در بر گرفته، درحالی‌که طبقات مناسب و نسبتاً مناسب نیز حدود ۲۰ درصد مساحت منطقه را شامل می‌شود. مناطق آبی و قرمزرنگ بر روی نقشه که بیشتر قسمت‌های شرقی و جنوب شرقی شهر را در برگرفته‌اند، جهت توسعه شهر مناسب می‌باشند و درنهایت منطقه پیشنهادی جهت گسترش شهر شیراز ترسیم شد (شکل ۱۰).

جدول ۲: مساحت کلاس‌های نقشه‌های پهنه‌بندی نهایی و درصد آنها

کلاس	مساحت به کیلومتر	درصد
نامناسب	۲۲۳۷۸ / ۳۳۵	۲۵ / ۷۴۲۶۸۱
نسبتاً نا مناسب	۲۵۲۹۷ / ۵۹	۲۹ / ۱۰۰۸۱۵
متوسط	۲۱۸۷۴ / ۱۴	۲۵ / ۱۳۱۶۲۶
نسبتاً مناسب	۱۰۱۰۶ / ۳۱	۱۱ / ۶۲۵۶۸۷
مناسب	۷۳۰۱ / ۴۹	۸ / ۳۹۹۱۹۲



شکل ۹: نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه شهر شیراز



شکل ۱۰: نقشه منطقه پیشنهادی نگارنده جهت گسترش شهر شیراز

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

یکی از مسائل اساسی شهرها، رشد سریع جمعیت و توسعه کالبدی آن است. به‌طوری‌که امروزه افزایش جمعیت و رشد روزافزون شهرنشینی و شهرگرایی به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه یکی از چالش‌های اصلی مدیران، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران می‌باشد که به رشد و گسترش شهرها انجامیده است. بنابراین، اگر توسعه فیزیکی در شهرها مکان‌یابی

بهینه نشود، اثرات منفی بسیاری را چه از جنبه زیست‌محیطی و طبیعی و چه از جنبه عوامل انسانی برای شهرها به بار می‌آورد. بنابراین، لزوم توجه به توسعه فیزیکی و جهت‌یابی و عوامل مؤثر بر توسعه شهری امری ضروری است. شهر شیراز یکی از کلان شهرهای کشور به شمار می‌آید که در موقعیتی با محدودیت‌های طبیعی ارتفاعات قرار گرفته است و توسعه شهری از شکل هسته‌ای، شکلی خطی به خود گرفته به‌گونه‌ای که شهر به سمت شمال غربی روندی روبه‌رشد دارد و در همین حوالی شهرک‌های گلستان و صدرا مبین این امر است. در مجموع، در این پژوهش سعی گردید با انتخاب معیارهای ۶گانه جهت مکان‌یابی جهات مناسب رشد و گسترش برای شهر شیراز اقدام گردد. با توجه به نقشه خروجی حاصل از این مطالعه، مکان‌یابی بهینه توسعه شهر شیراز در جهت شرق می‌باشد و همچنین بررسی نقشه نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه نشان می‌دهد که حدود ۵۴ درصد مساحت منطقه برای توسعه شهر مناسب نیست. مناطق نامناسب از غرب شامل ارتفاعات دراک و از شمال غرب ارتفاعات بمو، سبزپوشان، بابا کوهی و چهل مقام و محدوده رودخانه خشک به‌علت خطر سیل‌گیری و وجود گسل می‌باشد. پژوهش جعفری و همکاران (۱۴۰۰) اشاره کرد که در پژوهش خود به بررسی مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی در شهر بجنورد به منظور مکان‌گزینی جهت توسعه شهری پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که ۵۷/۷ کیلومتر از محدوده‌ی پژوهش با توجه به استانداردها و شرایط موجود، منطقه ممنوع است که اغلب منطبق بر قسمت‌های شرقی، شمالی و شمال شرقی شهر بجنورد یعنی بستر و حریم بستر رود فیروزه و محل تلاقی مسیله‌ای حلقه سنگ، ملکش، پسته، دوبرار، آقق لعه، قشلاق، لنگر، باغچق و علی آباد و نقاط مجاور سامانه‌های گسلی چهار خروار- بابامان، دوبرار- برج و گسل پارگی و پنهان منطبق بر بستر رودخانه فیروزه است که نتیجه این مقاله با مناطق ممنوع ژئومورفولوژی شهر شیراز همسو می‌باشد. این مقاله شناسایی مناطق ممنوع ژئومورفولوژی جهت شهرسازی و پتانسیل‌های طبیعی شهر جهت توسعه شهر شیراز می‌باشد. کرم و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی و تحلیل عوامل طبیعی مؤثر در گسترش کالبدی آتی شهر خوانسار با استفاده از روش فازی پرداختند که نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که فقط حدود ۷ درصد محدوده مورد مطالعه، برای توسعه کالبدی مناسب هستند. قسمت‌های جنوب غربی محدوده مورد مطالعه به‌علت ارتفاع و شیب زیاد و خطرناک، برای گسترش فیزیکی نامناسب قلمداد شده‌اند. در برخی از بخش‌های شمالی منطقه، زمین‌های کشاورزی وجود ندارد. ازاین‌رو، این مناطق برای توسعه متصل به شهر در مناسب‌ترین مکان هستند و به‌عنوان اولویت اول تشخیص داده شده‌اند. برخی قسمت‌های جنوبی تقریبا متصل به شهر، در امتداد زمین‌های کشاورزی و بخش‌های پایکوهی به‌عنوان اولویت دوم درنظر گرفته شده‌اند. اراضی قسمت جنوب شرقی، با فاصله دورتر از شهر ، برای توسعه منفصل آتی شهر خوانسار دراولویت سوم، نسبتاً مناسب ارزیابی شده‌اند. با وجود این موانع، می‌توان گفت محدوده‌ی کنونی شهر شیراز و همچنین محدوده‌ی اطراف آن به‌علت شرایط ژئومورفولوژیکی دارای مخاطرات و محدودیت‌های فراوانی است و در طی چند دهه‌ی گذشته، توسعه‌ی شهر بدون توجه به این محدودیت‌ها انجام گرفته است که نتیجه این مقاله با مناطق ممنوع ژئومورفولوژی شهر شیراز همسو می‌باشد. مزایای این مقاله شناسایی مناطق ممنوع ژئومورفولوژی جهت شهرسازی و پتانسیل‌های طبیعی شهر جهت توسعه شهر شیراز می‌باشد.

بنابراین، پیشنهاد می‌شود:

۱ – برنامه‌ای جامع برای مناطق پُرخطر شهر شیراز تدوین شود و در مرحله‌ی بعدی با مدنظر قراردادن شرایط اقتصادی اجتماعی مناطق پیشنهادی برای توسعه‌ی فیزکی شهر انتخاب شود.

۲ – به‌علت محدودیت‌های فراوان ژئومورفولوژیکی ساخت‌وسازهای عمودی و انبوه با برنامه‌ریزی دقیق در مناطق مناسب انجام گیرند.

۳ - با توجه به تجزیه‌وتحلیل‌های صورت‌گرفته روی متغیرهای منتخب، عوامل طبیعی به‌خصوص ژئومورفولوژیکی دارای اهمیت زیادی می‌باشند. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد که در بحث مکان‌یابی برای جهات گسترش فیزیکی شهر شیراز این عوامل بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

۴ - پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از سایر روش‌ها استفاده شود و نتایج مطالعات با این مطالعه مقایسه گردد.

۵ - نتایج این مقاله می‌تواند به‌عنوان هشداری برای برنامه‌ریزان شهری باشد که بتوانند با انجام برنامه‌ریزی‌های مناسبی از عمودی شهر در جهات شمالی و غربی شیراز جلوگیری نمایند.

منابع

آقاجانی، حسین؛ رهنما، محمدرحیم؛ فتاحی، مهدی. (۱۳۹۱). مکان‌یابی دفن زباله با ترکیب روش میانگین‌گیری وزن‌دار ترکیبی owa و GIS در مشهد جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳، صص۸۷-۱۰۵.

انتظاری، مژگان؛ خدادادی، فاطمه؛ ساسان پور، فرزانه. (۱۳۹۸). تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژیومورفولوژیک لغزش وسیله استان البرز با استفاده از مدل‌های Ahp-vikor و fr پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۱، شماره یک، صص۱۹۹- ۱۸۳.

بهاروند، سیامک؛ سوری، سلمان.(۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوزه سپید دشت لرستان)، سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، سال۶، شماره ۴، صص۳۱- ۱۵.

حسینی، عطا الله؛ دلجویی، ازاده؛ صادقی، محمد معین. (۱۳۹۵). ارزیابی روش‌های مختلف پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در اکوسیستم‌های جنگلی، ترویج و توسعه آبخیز داری، سال۴، شماره ۱۳، صص ۱۴- ۷.

خسروی، محسن؛ جمالی، علی‌اکبر. (۱۳۹۷). پیش‌بینی روند تغییرات زمین‌لغزش منطقه شمال قوچان با توجه به عوامل مؤثر در لغزش به روش شبکه عصبی، اتوماتای سلولی- مارکوف، رگرسیون لجستیک، جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال ۷، شماره ۲۷، صص۱۷-۱.

شادفر، صمد؛ یمانی، مجتبی. (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز جلیسیان با استفاده از مدل lnrf، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، صص۱۱- ۲۳.

مددی، عقیل؛ پیروزی، الناز؛ شکرزاده‌فرد، الهام. (۱۳۹۷). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز آق لاق چای، با استفاده از مدل electre، فصلنامه فضای جغرافیایی، سال هجدهم، شماره ۶۴، صص ۱۷۷- ۱۹۹.

مقیمی، ابراهیم؛ یمانی، مجتبی؛ رحیمی، سعید. (۱۳۹۲). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهر رودبار با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای، پژوهش‌های ژیومورفولوژی کمی، شماره ۴، صص ۱۱۸- ۱۰۳.

احمدی، شیرکو. (۱۳۹۶). تحلیل محدودیت‌های توسعه فیزیکی شهرها (مطالعه موردی: شهر سردشت)، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، شماره ۴، صص ۹۷۳ - ۹۵۷. http://jshsp.iaurasht.ac.ir

اسماعیلی، فرید؛ ایلانلو، محسن. (۱۳۹۷). قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر رامهرمز، کنفرانس بین‌المللی امنیت، پیشرفت و توسعه پایدار مناطق مرزی، سرزمینی و کلان‌شهرها، راه‌کارها و چالش‌ها با محوریت پدافند غیرعامل و مدیریت بحران، تهران.

امیری، آناهیتا. (۱۳۹۸). بررسی جغرافیایی تأثیر صنایع‌دستی در توسعه گردشگری شهر شیراز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد لارستان، ۳۰۰ صفحه.

پروین، منصور. (۱۳۹۸). پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۴، ص ۵۹۵ - ۵۸۱ .

پوررمضان، عیسی؛ مجد رحیم‌آبادی، محمد. (۱۳۹۵). تحلیل عوامل مؤثر در توسعه فیزیکی شهر رحیم آباد (شهرستان رودسر) طی دو دهه‌ی اخیر، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، شماره ۱۷، ص ۱۵۰ – ۱۳۵. K752.64

شایان ، سیاوش . پرهیزگار ، اکبر. سلیمانی شیری ، محمد (۱۳۹۲) تحلیل امکانات و محدودیت های ژئومورفولوژیک در انتخاب محورهای توسعه‌ی شهری (نمونه‌ی موردی: شهر داراب)، مجله‌ی برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۶۹ ، شماره ۹، ص ۵۳ – ۳۱.

شمس‌الدینی، علی؛ کیانی، پریا؛ امیری فهلیانی، محمدرضا. (۱۳۹۵). تحلیلی بر قابلیت‌ها و محدودیت‌های توسعه فیزیکی شهر نورآباد ممسنی؛ با تأکید بر شاخص‌های شهر سالم در مدل SWOT، پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال هفتم، پاییز ۱۳۹۵، شماره ۲۶، صص ۹۵-۷۵.

رضایی، پرویز؛ استادملک‌رودی، پروانه. (۱۳۹۰). محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر رودبار، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۷، صص ۱۵۷-۱۳۹.

کرم، امیر؛ سادات حسینی، منصوره. (۱۳۹۹). بررسی و تحلیل عوامل طبیعی مؤثر در گسترش کالبدی آتی شهر خوانسار با استفاده از روش فازی، جغرافیای طبیعی، شماره ۴۵، ص ۷۳ – ۵۳ .

گنجائیان، حمید؛ اکبریان، مرتضی؛ عباس‌زاده، امیر علی. (۱۳۹۸). ارزیابی نقش مخاطرات ژئومورفولوژیکی در روند توسعه فیزیکی شهر قروه، فصلنامه شهرسازی و معماری هویت محیط، دوره ۱، ص ۱۴ – ۱.

فریدونی کردستانی، مژده. (۱۳۹۵). ارزیابی ژئومورفولوژیک تناسب زمین برای گسترش کالبدی شهر مریوان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، دانشکده جغرافیا، ۳۹۵ صفحه.

مؤمنی، مهدی. (۱۳۸۷). مسائل جدید در تحقیق عملیات، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۳۴۱ صفحه.

نوبخت حقیقی، شهرام؛ بلندگرامی، نادر؛ عزیزیان، صابر. (۱۳۹۲). محدودیت‌های توسعه فیزیکی و ساماندهی کاربری اراضی شهری (نمونه موردی: شهرمهاباد)، اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران. صص ۱۱۷-۹۲.

نظریان، اصغر؛ کریمی، ببراز؛ وروشنی، اریا. (۱۳۹۰). ارزیابی توسعه فیزیکی شهر شیراز، فصلنامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس، سال اول، صص ۱۸ – ۶.

Anbalagan, R., Kumar, R., Lakshmanan, K., Parida, S., Sasidharan, N. (2015); Landslide hazard zonation mapping using frequency ratio and fuzzy logic approach, a case study of Lachung Valley, Sikkim, Geoenvironmental Disasters, 2 (6): 1-17.

Bchari, F.E., Theilen-Willige, B., Ait Malek, H. (2019); Landslide hazard zonation assessment using GIS analysis at the coastal area of Safi (Morocco), Proceedings of the International Cartographic Association, 2, 29th International Cartographic Conference (ICC 2019), 15–20 July 2019, Tokyo, Japan: 1-7. 10.5194/ica-proc-2-24-2019

Bragagnolo, L., daSilva, R.V., Grzybowsk, J.M.V. (2020); Artificial neural network ensembles applied to the mapping of landslide susceptibility, CATENA, Vol 184, 10424: 1-19.

Caniani D., Pascale S., Sdao F., Sole A. (2008); Neural networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza, Natural Hazards, 45:55–72.

Colkesen, I., Sahin, E., Kavzoglu, T. (2016); Susceptibility mapping of shallow landslides using kernel-based Gaussian process, support vector machines and logistic regression, Journal of African Earth Sciences 118: 53-64.

Crosta, B. G. (2009); Dating, triggering, modeling, and hazard assessment of large landslides, Geomorphology, Vol 103: 1-4. OI: 10.1016/j.geomorph.2008.04.007

Dai, F. C., Lee, C. F. (2002); Landslide Characteristics and Slope in Stability Modeling using GIS Lantau Island Hong Kong. geomorphology, 42: 213-228. DOI: 10.1016/S0169-555X(01)00087-3

Diakoulaki, D.; Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995); Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method, Computers and Operations Research, 22 (7): 763-770

Gigovic, L., Drobnjak, S., Pamucar, D. (2019); The Application of the Hybrid GIS Spatial Multi-Criteria Decision Analysis est–Worst Methodology for Landslide Susceptibility Mapping, International Jornal of Geo-Information, 8 (79): 1-29. DOI: 10.3390/ijgi8020079

Gomez, H., Kavzoglu, T. (2005); Assessment of shallow landslide susceptibility using the artificial neural networks in Abonosa River Basin, Venezuela, Engineering Geology, Graupe, Daniel, Principles of an artificial neural network, 78: 11-27.

Haque, U., Paula, F. d., Silva Graziella, Devoli., Pilz, J., Zhao, B., Khaloua, A., Wilopoi, W., Andersen, P., Luk, P., Lee, J., Yamamoto, T., Keellings, D. Wuo, J.H. (2019); The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995–2014), Science of The Total Environment, Vol 682: 673-684.

Highland, L., Bobrowsky, P. T. (2008); The landslide handbook: a guide to understanding landslides. VA, USA: US Geological Survey Reston.

Kerekes, A., Poszet, S., Gal, A. (2018); Landslide susceptibility assessment using the maximum entropy model in a sector of He Cluj–Napoca Municipality, Romania. Revista de geomorphologic (2018) 20: 130-146. DOI: 10.21094/rg.2018.039

Rossi, M., Guzzetti, F., Salvati, P., Donnini, M., Napolitano, E., Bianchi, C. (2019); A predictive model of societal landslide risk in Italy, Earth-Science Reviews Volu 196, 102849: pp 1-19
Han, H.; & Jia, H. (2020). “Simulating the spatial dynamics of urban growth with an integrated modeling approach: A case study of Foshan, China”, Ecological Modelling, V. 23, pp: 107-116.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Aghajani, H, Rahnama, M R, Fattahi, M 2013, Location of the landfill by combining Owa and GIS combined weighted weighting method in Mashhad Geography and environmental hazards No. 3 pp. 87-105. [in Persian]

Ahmadi, Sh (2017) Analysis of the Limits of Physical Development of Cities (Case Study: Sardasht City), Quarterly Journal of Planning Studies for Human Settlements, No. 4, pp. 973-957. [in Persian]

Amiri, A (2020) Geographical study of the impact of handicrafts on tourism development in Shiraz, M.Sc. Thesis, Larestan Azad University. [in Persian]

Baharvand S, Souri, S, 2015, Landslide risk zoning using artificial neural network method Case study of Sepid Dasht Lorestan Basin, Remote Sensing and Geographic Information System, Volume 6, Number 4, pp. 31-15. [in Persian]

Hosseini, A, Deljouei, A, Sadeghi M M, 2016, Evaluation of different landslide risk zoning methods in forest ecosystems, extension and development of watershed management, Volume 4, Number 13, pp. 14_7 [in Persian]

Khosravi, M, Jamali, A A, 2019, Predicting the trend of landslides in the northern region of Quchan concerning the factors affecting landslides by the neural network, cellular-Markov automation, logistic regression, geography, and environmental hazards, Volume 7, Number 27, pp. 17-1 [in Persian]

Entezari, M, Khodadadi, F, Sasanpour F 2009, Analysis and zoning of geomorphological hazards of landslides in Alborz province using Ahp-Vikor and fr models Natural Geography Research Volume 51 Number One, pp. 199-183. [in Persian]

Fereydoni Kurdistani, M. (2016) Geomorphological assessment of land suitability for physical expansion of Marivan city, Master Thesis, Kharazmi University, Faculty of Geography. [in Persian]

Ganjaeian, H. Akbarian, M, Abbaszadeh, A A (2019) Assessing the role of geomorphological hazards in the process of physical development of Qorveh city, Quarterly Journal of Urban Planning and Architecture of Environmental Identity, Volume 1, pp. 14-1. [in Persian]

Ismaili, F. Ilanloo, M (2019) Geomorphological capabilities and limitations of physical development of Ramhormoz city, International Conference on Security, Development and Sustainable Development of Border Areas, Territories and Metropolises, Solutions and Challenges Focusing on Passive Defense and Crisis Management, Tehran. [in Persian]

Karam, A. Sadat Hosseini, M (2021) Investigation and analysis of natural factors affecting the future physical development of Khansar city using the fuzzy method, Natural Geography, No. 45, pp. 73-53. [in Persian]

Madadi, A, Piroozi, E, Shokrzadeh Fard, E, 2019, Landslide risk zoning in Aghlaq Chay catchment, using Electre model, Geographical Space Quarterly, Year 18, No. 64, pp. 177-1999 [in Persian]

Moghimi, E, Yamani M, Rahimi, S,2014, Landslide risk assessment and zoning in Rudbar city using network analysis process, Quantitative Geomorphological Research No. 4, pp. 118-103 [in Persian]

Momeni, M (2008) New issues in operations research, Tehran: University of Tehran Press, p.341. [in Persian]

Nazarian, A. Karimi, take it. Voroshani, A (2011) Assessing the Physical Development of Shiraz, Geographical Quarterly of Zagros Vision, First Year, pp. 18-6. [in Persian]

Nubakht Haghighi, Sh. Dear, rare. Azizian, S (2013) Limitations of Physical Development and Organizing Urban Land Use (Case Study: Mahabad), First National Conference on Geography, Urban Planning and Sustainable Development, Tehran.

Parvin, M (2020) Zoning of areas prone to urban development (Case study of Kermanshah), Quarterly Journal of Natural Geography Research, No. 4, pp. 595-581. [in Persian]

Rezaei, P. Ostad Malekroudi, P (2011) Geomorphological Constraints of Physical Development in Rudbar, Quarterly Journal of Natural Geography, Third Year, No. 7. [in Persian]

Shadfar Samad, Yamani, 2007, Landslide Hazard Zoning in Jalisian Watershed Using Lnrf Model, Geographical Research, No. 62, pp. 11-23 [in Persian]

Shams al-Dini, A. Kiani, P. Amiri Fahliani, M R (2016) An analysis of the capabilities and limitations of physical development in the city of Noorabad Mamasani; with an emphasis on healthy city indicators in SWOT model, research and urban planning for the seventh year of autumn 2016, No. 26. [in Persian]

Shayan, S. Pious, A. Soleimani Shiri, M (2013) Analysis of geomorphological features and limitations in the selection of urban development axes (Case study: Darab city), Journal of Spatial Planning and Planning, Volume 69, Number 9, pp. 53-31. [in Persian]

References (in English)

Anbalagan, R., Kumar, R., Lakshmanan, K., Parida, S., Sasidharan, N. (2015); Landslide hazard zonation mapping using frequency ratio and fuzzy logic approach, a case study of Lachung Valley, Sikkim, Geoenvironmental Disasters, 2 (6): 1-17.

Bchari, F.E., Theilen-Willige, B., Ait Malek, H. (2019); Landslide hazard zonation assessment using GIS analysis at the coastal area of Safi (Morocco), Proceedings of the International Cartographic Association, 2, 29th International Cartographic Conference (ICC 2019), 15–20 July 2019, Tokyo, Japan: 1-7. 10.5194/ica-proc-2-24-2019

Bragagnolo, L., daSilva, R.V., Grzybowsk, J.M.V. (2020); Artificial neural network ensembles applied to the mapping of landslide susceptibility, CATENA, Vol 184, 10424: 1-19.

Caniani D., Pascale S., Sdao F., Sole A. (2008); Neural networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza, Natural Hazards, 45:55–72.

Colkesen, I., Sahin, E., Kavzoglu, T. (2016); Susceptibility mapping of shallow landslides using kernel-based Gaussian process, support vector machines and logistic regression, Journal of African Earth Sciences 118: 53-64.
Crosta, B. G. (2009); Dating, triggering, modeling, and hazard assessment of large landslides, Geomorphology, Vol 103: 1-4. OI: 10.1016/j.geomorph.2008.04.007
Dai, F. C., Lee, C. F. (2002); Landslide Characteristics and Slope in Stability Modeling using GIS Lantau Island Hong Kong. geomorphology, 42: 213-228. DOI: 10.1016/S0169-555X(01)00087-3
Diakoulaki, D.; Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995); Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method, Computers and Operations Research, 22 (7): 763-770
Gigovic, L., Drobnjak, S., Pamucar, D. (2019); The Application of the Hybrid GIS Spatial Multi-Criteria Decision Analysis est–Worst Methodology for Landslide Susceptibility Mapping, International Jornal of Geo-Information, 8 (79): 1-29. DOI: 10.3390/ijgi8020079
Gomez, H., Kavzoglu, T. (2005); Assessment of shallow landslide susceptibility using the artificial neural networks in Abonosa River Basin, Venezuela, Engineering Geology, Graupe, Daniel, Principles of an artificial neural network, 78: 11-27.
Haque, U., Paula, F. d., Silva Graziella, Devoli., Pilz, J., Zhao, B., Khaloua, A., Wilopoi, W., Andersen, P., Luk, P., Lee, J.,
Yamamoto, T., Keellings, D. Wuo, J.H. (2019); The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995–2014), Science of The Total Environment, Vol 682: 673-684.
Highland, L., Bobrowsky, P. T. (2008); The landslide handbook: a guide to understanding landslides. VA, USA: US Geological Survey Reston.
Kerekes, A., Poszet, S., Gal, A. (2018); Landslide susceptibility assessment using the maximum entropy model in a sector of He Cluj–Napoca Municipality, Romania. Revista de geomorphologic (2018) 20: 130-146. DOI: 10.21094/rg.2018.039
Rossi, M., Guzzetti, F., Salvati, P., Donnini, M., Napolitano, E., Bianchi, C. (2019); A predictive model of societal landslide risk in Italy, Earth-Science Reviews Volu 196, 102849: pp 1-19
Han, H.; & Jia, H. (2020). “Simulating the spatial dynamics of urban growth with an integrated modeling approach: A case study of Foshan, China”, Ecological Modelling, V. 23, pp: 107-116.