

Flood susceptibility assessment of Flood-Prone areas in the urban region of Nourabad using geostatistical methods and the Google Earth Engine platform

Shirin Mohammad Khan¹ , Farkhondeh Moradi^{*2} 

1- (*Corresponding author) Assistant Prof. Geomorphology, University of Tehran. Tehran, Iran . Email: Mohammadkh@ut.ac.ir

2- Ph.D. Student of geomorphology, University of Tehran. Tehran, Iran, Email: farkhondemoradi5@gmail.com

Article Info

Date of receive:

2025/10/16

Date of last review:

2025/12/01

Date of accept:

2026/02/09

Date of online publication:

2026/02/09

Keywords:

Flood,
Google Earth Engine,
WLC-ANP,
Nourabad City

Extended Abstract

Introduction

One of the hazards that is always associated with great human and financial losses is flood risk. Flood is one of the natural hazards in which human activities play an important role. In recent years, the increasing population trend has led to the development of residential areas towards the river banks, and this issue, along with land use changes and destruction of vegetation, has increased the probability and intensity of floods and the resulting damages. The increasing population trend and industrial development have led to the advancement of human societies towards the river banks and the concentration of economic activities in flood plains, and this factor has caused many urban areas to be exposed to flood risk and face billions in financial losses and human losses annually. Considering that flood risk is considered one of the challenges facing societies, it is very important to implement management measures, monitor and control land use changes, manage river courses, and identify areas prone to flooding. Different regions have different potentials for flooding, depending on the hydrogeomorphology and human factors. One of the areas at risk of flooding is the city of Nourabad in Lorestan province. The location of Nourabad city on the Badavar River and its topographic condition have made this city vulnerable to flooding, and for this reason, in recent years, including in April 2019, it has faced the risk of flooding. Given the importance of the issue, this study aims to identify areas prone to flooding and also areas flooded in Nourabad city during the April 2019 flood. ... ► Page 80

How to Cite:

Mohammadkhan, Sh. Moradi, F. (2026). Flood susceptibility assessment of Flood-Prone areas in the urban region of Nourabad using geostatistical methods and the Google Earth Engine platform. Scientific-Research Quarterly Geographical Data (SEPEHR). 35(137), 79-95.

Materials & Methods

In this study, a 30-meter digital elevation model, Landsat 7 and 8 satellite images, and Sentinel 1 radar images were used as the most important research data. The most important research tools were ArcGIS (to prepare the desired maps and standardize the information layers), SuperDecisions (to implement the ANP model), ENVI (to prepare land use maps), IDRISI (to implement the WLC model), and Google Earth Engine (to identify flooded areas). Considering the subject and objectives, this study was conducted in several stages. In the first stage, six parameters of elevation, distance from the river, slope, slope direction, lithology, and land use of the region were used to identify flood-prone areas, as well as WLC and ANP models. In the second stage, Google Earth Engine and Sentinel 1 images were used to identify flooded areas. In the third stage, the results obtained from zoning methods and radar images were compared. In the fourth stage, in order to evaluate the trend of development of residential areas towards flood-prone areas, Landsat 7 and 8 satellite images from 2010 and 2020 were used.

Discussion and Results

The location of Nourabad city has caused this city to have a high flood potential. In this study, in order to identify areas vulnerable to flood risk, 6 parameters of height, distance from the river, slope, slope direction, land use and lithology were used. Based on the final map, the southern and central areas of Nourabad urban area have a high flood potential due to their low height and slope, as well as proximity to the river. Also, in this study, a map of the flooded areas in April 2019 was prepared using radar images and Google Earth Engine. Based on the prepared map, a large part of the Nourabad urban area, including its southern and central areas, is facing the risk of flooding. Also, the urban periphery areas, including the areas along the main river of this city, are facing flooding. According to the results obtained, there is a correspondence between the results obtained from zoning methods and radar images. Accordingly, using the parameters and methods used in this research, areas vulnerable to flood risk can be identified with high accuracy.

Conclusion

The results obtained from the WLC-ANP zoning method have shown that a large part of the urban area of Nourabad, including its central and southern areas, has a high flood potential due to its low elevation and slope, as well as proximity to the main river. Also, the peripheral areas of Nourabad, which are located in the vicinity of the main river, also have a high flood potential. In this study, the status of the flooded areas during the flood of April 2019 was also evaluated using radar images. Based on the results obtained, a large part of the urban area of Nourabad, including the central and southern areas of Nourabad, has faced flood risk. Comparing the results obtained from the zoning methods and radar images has shown the consistency of the results obtained; accordingly, it can be concluded that using the parameters and methods used in this study, areas vulnerable to flood risk can be identified with high accuracy. Also, in this study, the process of physical development of residential areas in Nourabad city towards flood-prone areas was evaluated, and based on the results, the area of residential areas in the category with very high flood potential in the years 2000 and 2020 was about 1.3 and 1.9 square kilometers, respectively. According to the results, it can be concluded that in the process of physical development of residential areas in Nourabad city, the flood potential of this city has not been taken into account, and this has led to the development of residential areas towards vulnerable areas.



فصلنامه علمی - پژوهشی

اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۳۵، شماره ۱۳۷، بهار ۱۴۰۵

صفحات ۹۵ - ۷۹

مقاله پژوهشی

doi: <https://doi.org/10.22131/sepehr.2026.2069744.3151>

پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری نورآباد با استفاده از روش‌های زمین آماری و سامانه گوگل ارث انجین

شیرین محمدخان*^۱، فرخنده مرادی^۲

۱- (*نویسنده مسئول) استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران Mohammadkh@ut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران farkhondemoradi5@gmail.com

چکیده

مناطق مختلف با توجه به وضعیت هیدروژئومورفولوژی و همچنین عوامل انسانی، پتانسیل‌های مختلفی برای وقوع سیلاب دارند. از جمله مناطقی که در معرض مخاطره سیلاب قرار دارد، شهر نورآباد در استان لرستان است. با توجه به اهمیت موضوع، در تحقیق حاضر به شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب و همچنین مناطق سیل‌زده شهر نورآباد در جریان سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۹۸ پرداخته شده است. در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ و تصاویر راداری سنتینل ۱ به عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. این پژوهش ابتدا با استفاده از مدل WLC-ANP به شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب پرداخته و در ادامه با استفاده از سامانه Google Earth Engine، مناطق سیل‌زده شهر نورآباد را در فروردین ۱۳۹۸ شناسایی نموده و سپس نتایج حاصل از روش‌های مختلف با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. یافته‌های مدل WLC-ANP نشان می‌دهند که نواحی مرکزی و جنوبی شهر نورآباد از پتانسیل بالای سیل‌خیزی برخوردارند. از آنجا که همین مناطق در فروردین ۱۳۹۸ دچار سیلاب شده‌اند، می‌توان گفت میان نتایج مدل و رخداد واقعی انطباق قابل توجهی وجود دارد. بر این اساس، روش‌ها و پارامترهای به کاررفته در این تحقیق توانایی بالایی در شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب دارند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که وسعت نواحی سکونتگاهی شهر نورآباد در طبقه «پتانسیل سیل‌خیزی بسیار زیاد» در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب حدود ۱/۳ و ۱/۹ کیلومتر مربع بوده است. این امر بیانگر آن است که در روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی شهر نورآباد، توجه کافی به خطر سیل‌خیزی نشده است. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود از نتایج این مدل در تدوین دستورالعمل‌های مکان‌یابی سازه‌های شهری و تعیین حریم ایمن رودخانه‌ها استفاده شود.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۷/۲۴

تاریخ آخرین بازنگری:

۱۴۰۴/۰۹/۱۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۱۱/۲۰

تاریخ انتشار:

۱۴۰۴/۱۱/۲۰

واژه‌های کلیدی:

سیلاب؛

سامانه گوگل ارث انجین؛

WLC-ANP؛

شهر نورآباد

استناد به این مقاله:

محمدخان، ش؛ مرادی، ف (۱۴۰۵) پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری نورآباد با استفاده از روش‌های زمین آماری و سامانه گوگل ارث انجین؛ فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۳۵ (۱۳۷)، ۷۹-۹۵

۱- مقدمه

امروزه مخاطرات طبیعی به عنوان یکی از چالش‌های پیش‌روی بسیاری از مناطق شهری محسوب می‌شود (سالاری و همکاران، ۱۳۹۹؛ رزنده^۱ و همکاران، ۲۰۱۹؛ یانگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از مخاطراتی که همواره خسارات جانی و مالی زیادی به همراه دارد، مخاطره سیلاب است (تودینی^۳، ۲۰۲۵). سیلاب از جمله مخاطرات طبیعی است که فعالیت‌های انسانی نقش مهمی در وقوع آن دارد (زکودا^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). در طی سال‌های اخیر، روند افزایشی جمعیت سبب توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت حریم رودخانه‌ها شده (پاسکاسیو^۵ و همکاران، ۲۰۱۸؛ نگهبان^۶ و همکاران، ۱۳۹۸؛ محمدخان^۷ و همکاران، ۱۳۹۸) و این مسئله در کنار تغییرات کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی سبب شده است تا احتمال وقوع سیلاب و تشدید خسارات ناشی از آن بیشتر شود (ژو^۸ و همکاران، ۲۰۲۱؛ گرین^۹ و همکاران، ۲۰۰۰؛ کانگ^{۱۰} و کانیش^{۱۱}، ۲۰۲۲؛ آیدون و ژائو^{۱۲}، ۲۰۲۳).

روند افزایشی جمعیت و توسعه صنایع باعث پیشروی جوامع بشری به سوی حریم رودخانه‌ها و تمرکز فعالیت‌های اقتصادی در سیلاب دشت‌ها شده (کیم^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۶؛ حسن^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۵؛ ویلسا کامپانا^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۵) و این عامل سبب شده است تا بسیاری از نواحی شهری در معرض وقوع مخاطره قرار گیرند و سالانه علاوه بر میلیاردها خسارت مالی، با خسارات جانی نیز مواجه باشند (کیم و جیم^{۱۶}، ۲۰۲۰؛ لیو^{۱۷} و همکاران، ۲۰۲۵). با توجه به

اینکه مخاطره سیلاب به عنوان یکی از چالش‌های پیش‌روی جوامع محسوب می‌شود، اجرای اقدامات مدیریتی، نظارت و کنترل بر تغییرات کاربری اراضی، مدیریت مسیر رودخانه‌ها و همچنین شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب بسیار حائز اهمیت است (آنگلیدیس^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۰؛ لوینو^{۱۹} و همکاران، ۲۰۱۸).

مناطق مختلف با توجه به وضعیت هیدروژئومورفولوژی و همچنین عوامل انسانی، پتانسیل‌های مختلفی برای وقوع مخاطرات طبیعی از جمله سیلاب دارند (نیری و همکاران، ۱۳۹۷؛ نگهبان و همکاران، ۱۴۰۰). از جمله مناطقی که در معرض مخاطره سیلاب قرار دارد، شهر نورآباد در استان لرستان است. قرار گرفتن شهر نورآباد در کنار رودخانه بادآورد و همچنین وضعیت توپوگرافی آن سبب شده است تا این شهر در معرض مخاطره سیلاب باشد و به همین دلیل در طی سال‌های اخیر از جمله در فروردین سال ۱۳۹۸، با مخاطره سیلاب مواجه شده است. با توجه به اهمیت موضوع، در این تحقیق به شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب و همچنین مناطق سیل‌زده شهر نورآباد در جریان سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۹۸ پرداخته شده است.

در ارتباط با موضوع مورد مطالعه تحقیقات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به پژوهش کای^{۱۷} و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد که به بررسی عوامل مؤثر در وقوع سیلاب پرداختند و نشان دادند که وضعیت کالبدی مناطق شهری، نقش مهمی در پتانسیل سیل‌خیزی آن‌ها دارد. سو^{۱۸} و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی تأثیر استفاده از الگوهای استفاده از زمین و همچنین الگوی پراکندگی شهری بر افزایش احتمال وقوع مخاطره سیلاب در مناطق جدید شهری کشور چین پرداختند. کینگیان^{۱۹} و همکاران (۲۰۱۷) به ارزیابی روند افزایشی جمعیت در نواحی سیل‌خیز شهرهای امریکا پرداختند.

15- Angelidis

16- Luino

17- Cai

18- Su

19- Qiang

1- Rezende

2- Yang

3- Todini

4- Zekouda

5- Pascacio

6- Xu

7- Kang & Kanniah

8- Green

9- Idowu, D., & Zhou

10- Kim

11- Hassan

12- Vilca-Campana

13- Kim & Gim

14- Liu

پتانسیل سیل‌خیزی بیشتری هستند. زارعی و کشاورز (۱۴۰۳) با استفاده از مدل تلفیقی Fuzzy-AHP به شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب در شهرستان دشتی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که شهرهای خورموج، سنا و شنبه، دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی هستند. صفری‌نامیوندی و همکاران (۱۴۰۳) به شناسایی مناطق سیل‌زده استان سیستان و بلوچستان با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین پرداختند و نشان دادند که بخش‌های جنوبی منطقه، دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی هستند. نگهبان و همکاران (۱۴۰۳) با استفاده از تصاویر راداری و پارامترهای محیطی، به تحلیل عوامل مؤثر در وقوع سیلاب گلستان در سال ۱۳۹۸ پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که پارامتر شیب، مهم‌ترین نقش را در افزایش پتانسیل سیل‌خیزی منطقه داشته است.

در مجموع، پیشینه موجود نشان می‌دهد که روش‌های چندمعیاره، مدل‌های فازی و داده‌های ماهواره‌ای نقش مهمی در پهنه‌بندی خطر سیلاب داشته‌اند؛ با این حال، بررسی تلفیقی شاخص‌های طبیعی و انسانی همراه با شناسایی دقیق مناطق سیل‌زده در مقیاس شهری همچنان نیازمند مطالعه بیشتر است. بر این اساس، نوآوری‌های پژوهش حاضر شامل ترکیب هم‌زمان مدل‌های زمین‌آماري WLC-ANP با داده‌های راداری Sentinel-1 برای افزایش دقت شناسایی مناطق مستعد سیلاب و استخراج سریع نواحی سیل‌زده است. همچنین ارائه رویکرد یکپارچه‌ای که هم‌زمان به پهنه‌بندی خطر و صحت‌سنجی نتایج با رخداد واقعی سیلاب (سیلاب ۱۳۹۸ نورآباد) می‌پردازد، قابلیت اطمینان مدل در برنامه‌ریزی شهری را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش محدوده شهری و حاشیه شهری نورآباد به‌عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است.

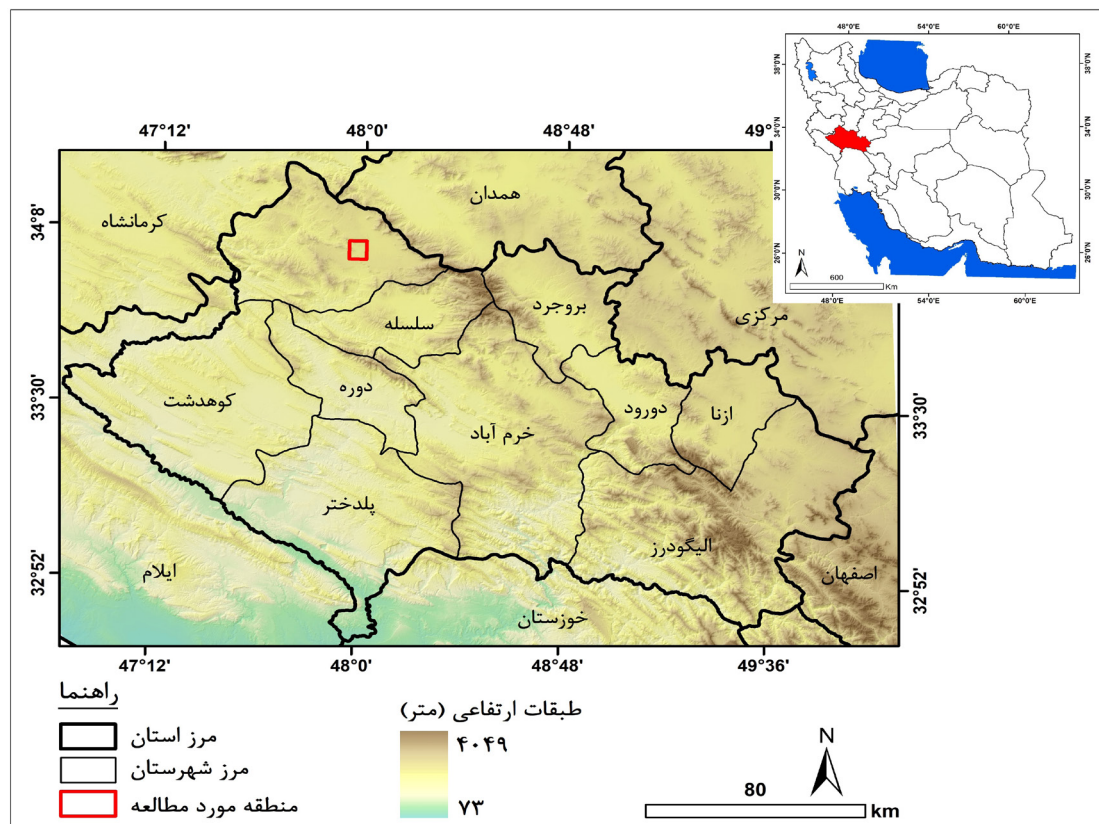
نتایج این تحقیق بیانگر روند افزایشی جمعیت به سمت مناطق سیل‌خیز است. چابانی^۱ و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی کاربرد تصاویر راداری در پایش مناطق سیل‌زده در رودخانه ریچلیو^۲ در منطقه کبک کانادا پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر انطباق نتایج مدل هیدرولیکی LISFlood-FP و نتایج به‌دست آمده از طریق تصاویر راداری است. چینی^۳ و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی نتایج حاصله از تصاویر سنتینل ۱ برای بررسی سیلاب‌های شهری پرداختند. نتایج حاصله بیانگر انطباق نقشه به‌دست آمده از طریق تصاویر راداری با واقعیت است. المسالمه^۴ و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از روش‌های سنجش از دوری به شبیه‌سازی سیلاب‌های ناگهانی در حوضه وادی بیلی کشور مصر پرداختند. غلامی و احمدی (۱۳۹۸) با استفاده از مدل‌های منطق فازی و AHP و همچنین پارامترهای طبیعی و انسانی به ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر لامرد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که مناطق شمال غربی منطقه، پتانسیل سیل‌خیزی بیشتری دارند. نمازی‌راد و همکاران (۱۴۰۰) به شناسایی نواحی مستعد سیلاب در استان گلستان با استفاده از تصاویر راداری پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که دشت‌های سیلابی سمت راست رودخانه اصلی، دارای پتانسیل سیل‌خیزی بیشتری هستند. اسماعیلی و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از منطق فازی، به ارزیابی مناطق مستعد وقوع سیلاب در مناطق پایین‌دست حوضه نکا در استان مازندران پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که حدود ۳۰ درصد از مناطق شهری و روستایی حوضه، در محدوده پتانسیل زیاد وقوع سیلاب قرار دارند. توکلی و همکاران (۱۴۰۳) به ارزیابی، پیش‌بینی و تحلیل منطقه‌ای سیلاب با استفاده از مدل‌های داده‌کاوی در حوضه آبریز فریزی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که مناطق مرکزی و خروجی حوضه، دارای

1- Chaabani

2- Richelieu

3- Chini

4- Almasalmeh



نگاره ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

۱۲/۵ متر ALOS PALSAR، تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ و تصاویر راداری سنتینل ۱ به عنوان مهم ترین داده های تحقیق استفاده شده است. مهم ترین ابزارهای تحقیق، ArcGIS (به منظور تهیه نقشه های مورد نظر و استانداردسازی لایه های اطلاعاتی)، SuperDecisions (به منظور اجرای مدل ANP)، ENVI (به منظور تهیه نقشه های کاربری اراضی)، TerrSet (به منظور اجرای مدل WLC) و سامانه گوگل ارث انجین (به منظور شناسایی مناطق سیل زده) بوده اند. با توجه به موضوع و اهداف مورد نظر، این تحقیق در چند مرحله انجام شده که در ادامه به تشریح آن ها پرداخته شده است:

– مرحله اول (شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب): در این مرحله به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب از شش پارامتر ارتفاع، فاصله از رودخانه، شیب، جهت شیب، لیتولوژی و کاربری اراضی منطقه استفاده شده است. لازم به

نورآباد در استان لرستان قرار دارد و مرکز شهرستان نورآباد محسوب می شود (نگاره ۱). نورآباد با ۶۵۶۷۸ نفر جمعیت (مرکز آمار کشور، ۱۳۹۵)، حدود ۵/۵ کیلومتر مربع وسعت دارد. این شهر از نظر وضعیت ژئومورفولوژی در واحد دشت و دشت سیلابی قرار دارد و از سمت غرب به واحد کوهستان منتهی می شود. رودخانه بادآورد به عنوان رودخانه اصلی حوضه بادآورد محسوب می شود که در محدوده شهری نورآباد پس از دریافت سرشاخه رودخانه گچینه به سمت غرب جریان می یابد. همچنین از نظر اقلیمی نیز براساس طبقه بندی دومارتن، نورآباد دارای آب و هوای مدیترانه ای است (رستمی فتح آبادی و همکاران، ۱۳۹۹).

۲-۲- روش تحقیق

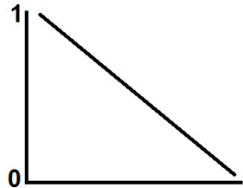
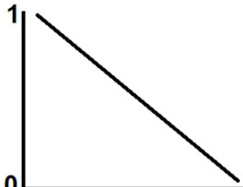
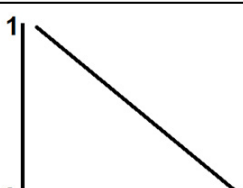
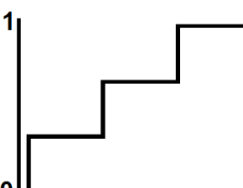
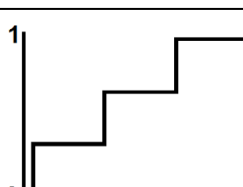
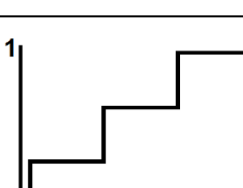
در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM،

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (پژوهش)

پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری نورآباد با ... / ۸۵

ذکر است که انتخاب پارامترها بر مبنای نظرات کارشناسان، مورد نظر، به منظور استانداردسازی آن‌ها (جدول ۱)، از وضعیت منطقه و مطالعات کتابخانه‌ای بوده است (اسفندیاری درآبادی و همکاران، ۱۴۰۰؛ سامی و عبادی، ۱۴۰۳؛ صفری‌نامیوندی، ۱۴۰۳؛ عابدینی و همکاران، ۱۴۰۴). پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی به لایه‌ها (نظرات کارشناسان مورد استفاده قرار گرفته)، از

جدول ۱: نحوه استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی

معیار	نحوه تهیه	نحوه استانداردسازی	تابع عضویت
ارتفاع	استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM	مناطق کم ارتفاع، پتانسیل سیل خیزی بیشتری دارند.	
رودخانه	استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ ALOS PALSAR	مناطق نزدیک رودخانه، پتانسیل سیل خیزی بیشتری دارند.	
شیب	استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM	مناطق کم شیب، پتانسیل سیل خیزی بیشتری دارند.	
جهت شیب	استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM	جهت شیب شمالی دارای ارزش ۰/۹ جهت شیب غربی دارای ارزش ۰/۷ جهت شیب شرقی دارای ارزش ۰/۵ جهت شیب جنوبی دارای ارزش ۰/۳	
لیتولوژی	استفاده از لایه رقومی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه	-ماسه سنگ و گل سنگ دارای ارزش ۰/۹ -آهک دارای ارزش ۰/۷ -کنگلومرا و ماسه سنگ دارای ارزش ۰/۵ -مواد آبرفتی دارای ارزش ۰/۳	
کاربری اراضی	به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی، از تصاویر لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۲۰ و روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده شده است. همچنین ضریب دقت نقشه تهیه شده، ۹۶ درصد بوده است.	-مناطق شهری دارای ارزش ۰/۹ -اراضی بایر دارای ارزش ۰/۷ -مراعات دارای ارزش ۰/۵ -باغات و فضاهای سبز دارای ارزش ۰/۳	

در این مرحله ابتدا، نقشه کاربری نواحی سکونتگاهی شهر نورآباد در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ و سپس نقشه نواحی سکونتگاهی در طبقه با پتانسیل سیل‌خیزی خیلی زیاد در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ تهیه شده‌اند و در نهایت روند تغییرات نواحی سکونتگاهی در طبقه با پتانسیل سیل‌خیزی خیلی زیاد ارزیابی شده است.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب

موقعیت قرارگیری شهر نورآباد سبب شده است تا این شهر دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی باشد. با توجه به اینکه یکی از راهکارهای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب، استفاده از روش‌های پهنه‌بندی است، ادامه با استفاده از پارامترهای طبیعی و انسانی به شناسایی مناطق سیل‌خیز در منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است:

الف) تشریح پارامترهای مورد استفاده: در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب، از شش پارامتر ارتفاع، فاصله از رودخانه، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی و لیتولوژی استفاده شده است. ادامه به تشریح پارامترهای مورد استفاده پرداخته شده است:

- ارتفاع و فاصله از رودخانه: ارتفاع منطقه مورد مطالعه بین ۱۷۷۰ تا ۲۱۱۰ متر از سطح دریا متغیر است و محدوده شهری نورآباد در ارتفاع ۱۷۷۰ تا ۱۸۵۰ متر قرار دارند. ارتفاع از عوامل مؤثر در تعیین پتانسیل سیل‌خیزی مناطق است، به‌گونه‌ای که مناطق کم‌ارتفاع معمولاً پتانسیل سیل‌خیزی بالاتری نسبت به مناطق مرتفع دارند. به همین دلیل، مناطق پایین‌دست حوضه‌های آبریز بیشتر در معرض مخاطره سیلاب قرار دارند (سالاری و همکاران، ۱۳۹۶). علاوه بر ارتفاع، فاصله از رودخانه‌ها به‌ویژه رودخانه‌های اصلی نیز نقش مهمی در سیل‌خیزی مناطق دارد. مناطقی که در نزدیکی رودخانه‌ها قرار دارند، معمولاً پتانسیل بالاتری برای وقوع سیلاب دارند (گنجائیان و همکاران، ۲۰۲۵). به‌عنوان مثال، مناطق شمالی محدوده شهری نورآباد به دلیل مجاورت با

مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) و نرم‌افزار SuperDecisions استفاده شده است. پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن به‌دست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده و سپس لایه‌ها وارد نرم‌افزار TerrSet شده‌اند و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل WLC با هم ترکیب شده و نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب در منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. روش WLC^۱ یک تکنیک تحلیل مکانی است که برای تصمیم‌گیری در مورد مکان‌یابی مناسب با استفاده از چندین معیار و وزن‌دهی به آن‌ها انجام می‌شود. این روش با ترکیب معیارهای مختلف و وزن‌های متناسب با اهمیت هر معیار، یک نقشه یا مدل نهایی تولید می‌کند که نشان‌دهنده بهترین مکان‌ها برای یک فعالیت خاص است (تابشی و همکاران، ۱۳۹۹؛ گنجائیان^۲ و همکاران، ۲۰۲۱).

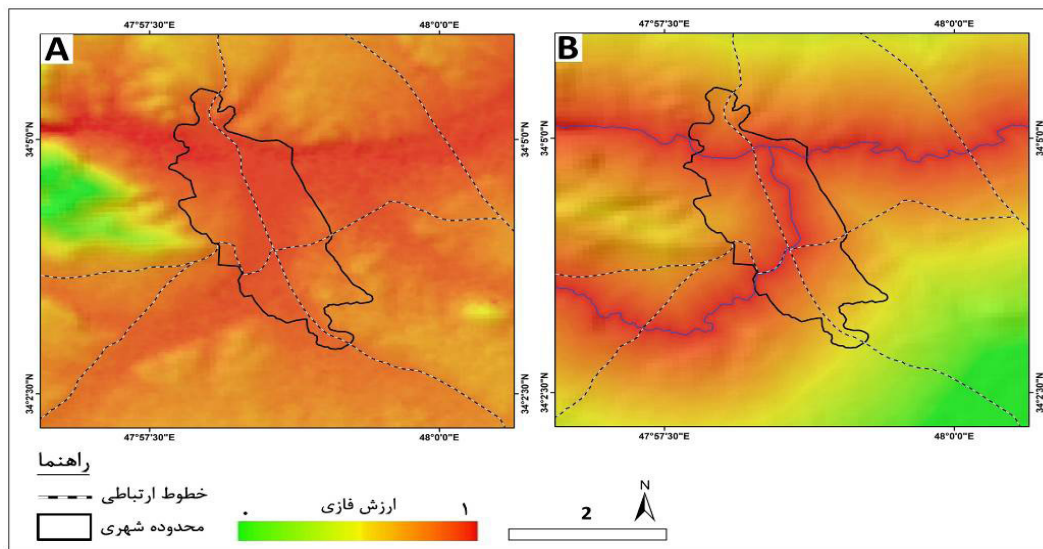
- مرحله دوم (شناسایی مناطق سیل‌زده): در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق سیل‌زده، از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شده است و با استفاده از تصاویر راداری (سنیتل^۱) قبل از وقوع سیلاب (تصاویر موجود از تاریخ ۲۰۱۹/۰۳/۰۱ تا ۲۰۱۹/۰۳/۲۰) و تصاویر بعد از وقوع سیلاب (تصاویر موجود از تاریخ ۲۰۱۹/۰۳/۲۰ تا ۲۰۱۹/۰۴/۰۱)، نقشه مناطق سیل‌زده تهیه شده است.

- مرحله سوم (مقایسه نتایج به‌دست آمده از روش‌های پهنه‌بندی و تصاویر راداری): پس از تهیه نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب با استفاده از روش‌های پهنه‌بندی و همچنین مناطق سیل‌زده با استفاده از تصاویر راداری، به‌منظور ارزیابی دقت و صحت سنجی نتایج حاصله، نتایج به‌دست آمده از هر دو روش با هم مقایسه و تحلیل شده‌اند.

- مرحله چهارم (ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب): در این مرحله به‌منظور ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مستعد وقوع سیلاب، تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ مربوط به سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ (هر دو تصویر مربوط به ماه ژوئن بوده است) مورد استفاده قرار گرفتند.

1- Weighted Linear Combination

2- Ganjaeian



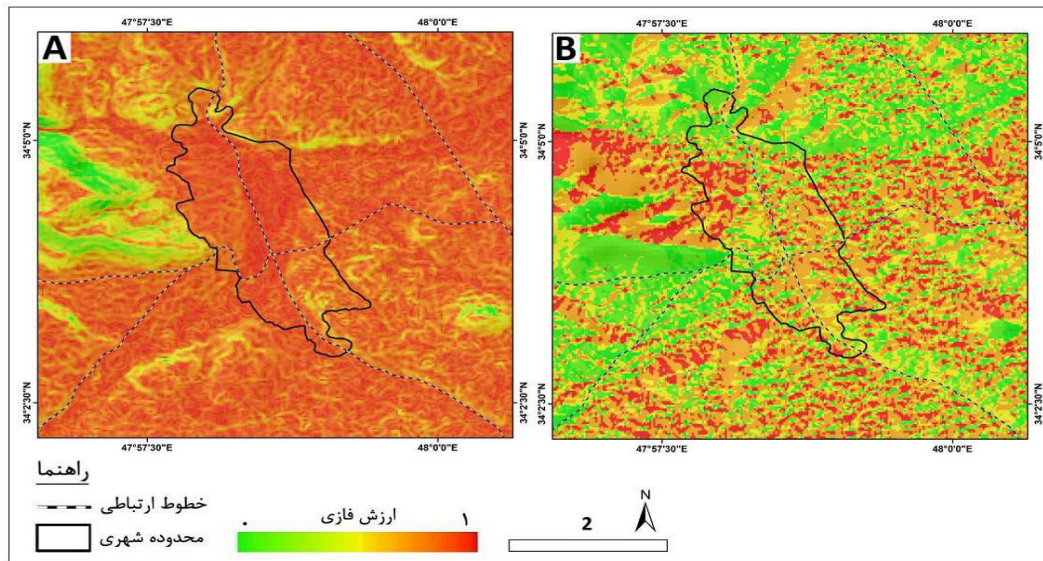
نگاره ۲: نقشه استانداردسازی شده (A) ارتفاع (B) فاصله از رودخانه

خاک، تبخیر و تراکم پوشش گیاهی، از عوامل مؤثر در سیل خیزی محسوب می‌شود. در این زمینه، مناطق با شیب به سمت شمال نسبت به مناطق با شیب به سمت جنوب، معمولاً ریسک بالاتری برای سیل دارند. با توجه به موارد ذکر شده، به منظور استانداردسازی این پارامترها، به مناطق کم شیب و جهات شیب شمالی، ارزش نزدیک ۱ داده شده است (نگاره ۳).

کاربری اراضی و لیتولوژی: تحلیل کاربری اراضی حاشیه و بخش‌های مرکزی شهری نورآباد نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از این مناطق شامل مراعات، اراضی کشاورزی و باغات است. تراکم پوشش گیاهی در بسیاری از مراعات پایین بوده و به همین دلیل توانایی این اراضی در جذب و نفوذ آب محدود است، که این امر باعث می‌شود این مناطق در معرض وقوع سیلاب قرار گیرند. بعلاوه، مناطق سکونتگاهی به دلیل نفوذپذیری کمتر خاک و پوشش مصنوعی سطح زمین، معمولاً ریسک بالاتری برای سیلاب دارند و در شرایط بارش شدید، آب به سرعت روانه پایین‌دست می‌شود. از نظر لیتولوژی، بخش‌های شمالی محدوده شهری نورآباد عمدتاً از ماسه سنگ و گل سنگ تشکیل شده‌اند. این نوع سنگ‌ها نسبت به رسوبات آبرفتی

رودخانه اصلی، از پتانسیل سیل خیزی بالایی برخوردارند. این دو عامل طبیعی یعنی ارتفاع و فاصله از رودخانه‌ها، جزء اصلی‌ترین شاخص‌های تعیین ریسک سیلاب در محدوده شهری نورآباد محسوب می‌شوند. با توجه به موارد ذکر شده، به منظور استانداردسازی این پارامترها، به مناطق کم ارتفاع و نزدیک رودخانه، ارزش نزدیک ۱ داده شده است (نگاره ۲).

شیب و جهت شیب: شیب هر منطقه نقش مهمی در تعیین سرعت جریان آب رودخانه‌ها و در نتیجه پتانسیل سیل خیزی آن دارد. به طور معمول، مناطقی که دارای شیب کمتری هستند، پتانسیل سیل خیزی بالاتری دارند (نیری و همکاران، ۱۳۹۶). بررسی وضعیت شیب محدوده شهری نورآباد نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از آن دارای شیب کمتر از ۱۰ درصد است و همین امر سبب شده که این شهر از نظر پارامتر شیب، پتانسیل بالایی برای وقوع سیلاب داشته باشد. لازم به ذکر است که مناطق حاشیه‌ای شهر نورآباد دارای شیب بیشتری نسبت به مناطق مرکزی هستند، و این امر باعث شده است که مناطق شهری پتانسیل سیل خیزی بیشتری نسبت به حاشیه‌ها داشته باشند. علاوه بر میزان شیب، جهت شیب نیز به دلیل تأثیر مستقیم بر میزان رطوبت

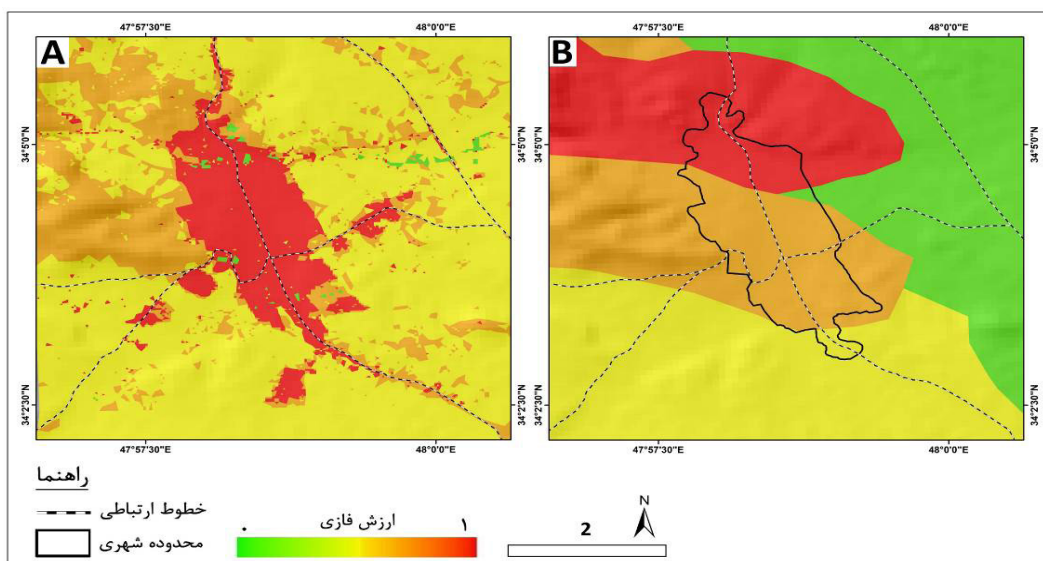


نگاره ۳: نقشه استانداردسازی شده (A) شیب (B) جهت شیب

می‌توان نتیجه گرفت که بخش‌های سکونتگاهی شهری و مناطق شمالی نورآباد بیشترین ریسک سیلاب را دارند (نگاره ۴)، در حالی که مناطقی با پوشش گیاهی متراکم یا خاک‌های نفوذپذیرتر، ریسک کمتری برای وقوع سیلاب نشان می‌دهند.

ب) وزندهی به پارامترها: پس از استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی، برای وزندهی به آن‌ها از مدل تحلیل شبکه‌ای

اطراف، نفوذپذیری کمتری دارند و در نتیجه، آب سطحی در این مناطق با سرعت بیشتری تجمع پیدا می‌کند و پتانسیل سیل‌خیزی بالاتری ایجاد می‌شود. همچنین، توزیع لیتولوژی در کنار ویژگی‌های ارتفاع و شیب منطقه، نقش مهمی در تعیین مسیر و سرعت جریان آب دارد و می‌تواند شدت سیلاب را در بخش‌های مختلف شهر تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به ترکیب عوامل کاربری اراضی و لیتولوژی،

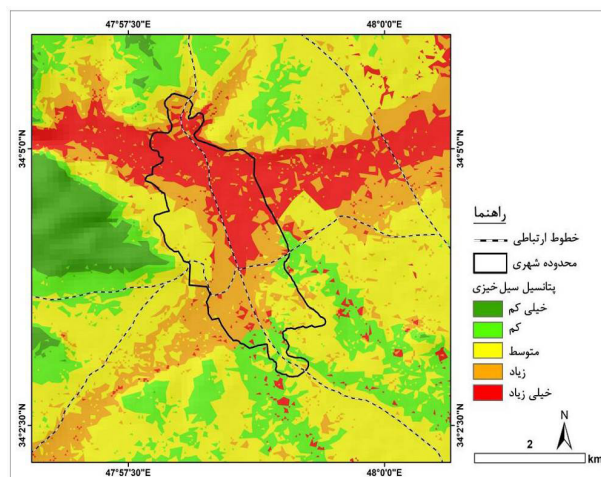


نگاره ۴: نقشه استانداردسازی شده (A) کاربری اراضی (B) لیتولوژی

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (پژ)

پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری نورآباد با ... / ۸۹

از وسعت منطقه (معادل ۳۰/۳ درصد از وسعت منطقه)، دارای پتانسیل سیل خیزی بالایی (مجموع زیاد و خیلی زیاد) است (جدول ۲). بر اساس نقشه تهیه شده، مناطق جنوبی و مرکزی محدوده شهری نورآباد به دلیل ارتفاع و شیب کم و همچنین نزدیکی به رودخانه، مستعد وقوع سیلاب هستند.



نگاره ۶: نقشه نهایی پتانسیل آسیب پذیری منطقه در برابر مخاطره سیلاب

۳-۲- شناسایی مناطق سیل زده شهر نورآباد در فروردین سال ۱۳۹۸

در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق سیل زده در منطقه مورد مطالعه، از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شده است. به منظور انجام این کار، تصاویر راداری سنتینل ۱ مربوط به قبل و بعد از وقوع سیلاب مورد استفاده قرار گرفته‌اند که به ترتیب در نگاره‌های ۷ و ۸ نشان داده شده‌اند. براساس تصاویر مذکور، در دوره قبل از وقوع سیلاب، پهنه‌های آبی (مناطق تیره) دارای وسعت کمی هستند و در

(ANP) استفاده شده است. برای این منظور پس از تشکیل ساختار شبکه‌ای، معیارها بر مبنای نظرات کارشناسان با هم مقایسه شده و در نهایت وزن هر معیار به دست آمده است (نگاره ۵). بر اساس نتایج به دست آمده، معیار فاصله از رودخانه به دلیل اینکه اصلی‌ترین عامل وقوع سیلاب است، با وزن ۰/۲۷۵، وزن بیشتری نسبت به سایر معیارها داشته است. بررسی ضریب ناسازگاری (CR) ماتریس‌های مقایسه زوجی نشان داد که مقدار CR کمتر از ۰/۱ است که بیانگر سازگاری مقایسه‌های انجام شده است و نشان می‌دهد که وزن‌های به دست آمده از مدل ANP معتبر و قابل اعتماد هستند.

The inconsistency index is 0.0434. It is desirable to have a value of less than 0.1		
ارتفاع		0.218320
جهت شیب		0.086640
رودخانه		0.275066
شیب		0.173281
لیتولوژی		0.109160
کاربری اراضی		0.137533

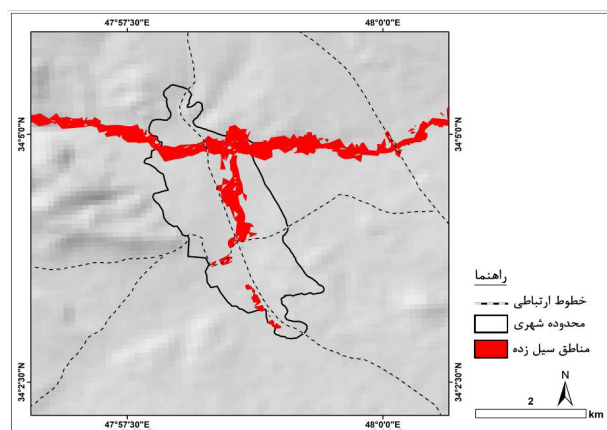
نگاره ۵: وزن نهایی معیارها بر اساس مدل ANP

ج) ترکیب نهایی لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه نهایی: پس از اعمال وزن معیارها بر روی هر لایه، لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار IDRISI شده و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل WLC با هم ترکیب شده و نقشه نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب تهیه شده است (نگاره ۶). بر اساس نتایج به دست آمده، ۱۴/۱ کیلومترمربع

جدول ۲: مساحت و درصد مساحت طبقات

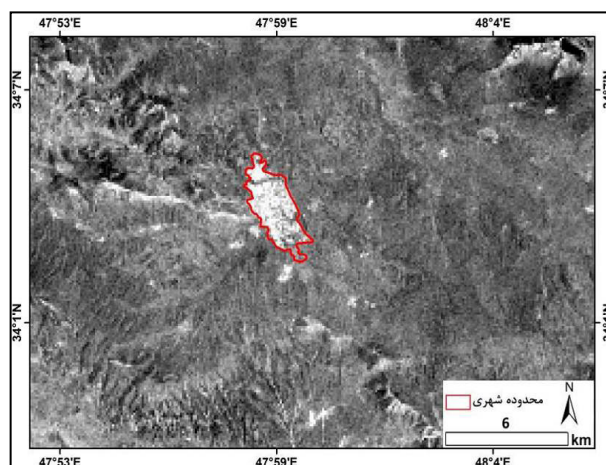
طبقات	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
مساحت	۳/۶	۸/۳	۲۰/۵	۸/۱	۶
درصد مساحت	۷/۷	۱۷/۸	۴۴/۱	۱۷/۴	۱۲/۹

محدوده شهری نورآباد از جمله مناطق جنوبی و مرکزی آن با مخاطره سیلاب مواجه شده است. همچنین مناطق حاشیه شهری، از جمله مناطق حاشیه رودخانه اصلی این شهر، با سیلاب مواجه شده است.



نگاره ۹: نقشه مناطق سیل زده در منطقه مورد مطالعه

واقع در حد نرمال هستند ولی بعد از وقوع سیلاب، بخش زیادی از محدوده را مناطق تیره (به دلیل وجود پهنه آبی، بازتابش کمی داشته‌اند و به صورت تیره مشخص هستند) دربرگرفته‌اند.

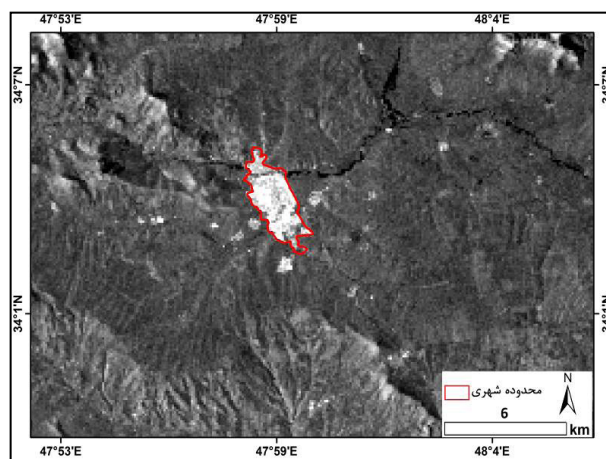


نگاره ۷: تصاویر راداری منطقه مورد مطالعه

(قبل از وقوع سیلاب)

۳-۳- مقایسه نتایج به دست آمده از روش‌های پهنه‌بندی و تصاویر راداری

پس از شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب با استفاده از روش‌های پهنه‌بندی و تصاویر راداری، نتایج به دست آمده از این روش‌ها با هم مقایسه شده‌اند. نتایج به دست آمده از روش‌های پهنه‌بندی نشان داده است که مناطق مرکزی و جنوبی شهر نورآباد به دلیل ارتفاع و شیب کم و همچنین نزدیکی به رودخانه اصلی، دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی است. همچنین نتایج به دست آمده از تصاویر راداری نیز نشان داده است که مناطق مرکزی و جنوبی محدوده شهری نورآباد، با مخاطره سیلاب مواجه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده (نگاره ۱۰)، بین نتایج حاصله از روش‌های پهنه‌بندی و تصاویر راداری، انطباق زیادی وجود دارد به طوری که ۹۲ درصد از مناطق سیل‌زده، در طبقات با پتانسیل سیل‌خیزی خیلی زیاد قرار دارند. بر این اساس، با استفاده از پارامترها و روش‌های مورد استفاده در این تحقیق، می‌توان مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب را با دقت بالایی شناسایی کرد.



نگاره ۸: تصاویر راداری منطقه مورد مطالعه

(بعد از وقوع سیلاب)

پس از تهیه تصاویر مورد نظر و همچنین اعمال فیلترها و مشخص کردن حد آستانه در سامانه گوگل ارث انجین، نقشه مناطق سیل‌زده شهر نورآباد در فروردین ماه سال ۱۳۹۸ تهیه شده است (نگاره ۹). بر اساس نقشه تهیه شده، در جریان سیلاب فروردین سال ۱۳۹۸، بخش زیادی از

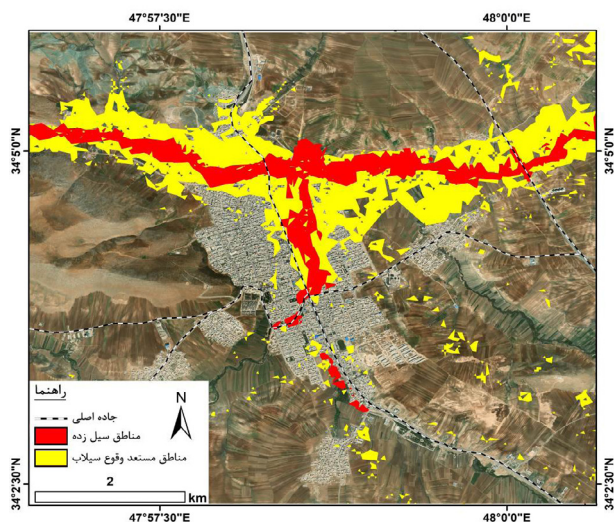
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (س)

پتانسیل سنجی مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری نورآباد با ... / ۹۱

خیلی زیاد در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ تهیه شده‌اند (نگاره ۱۱). بر اساس نقشه تهیه شده، وسعت نواحی سکونتگاهی در طبقه با پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد در سال ۲۰۰۰، حدود ۱/۳ کیلومترمربع بوده است ولی در سال ۲۰۲۰ به ۱/۹ کیلومترمربع افزایش یافته است. با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که در روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی شهر نورآباد، به پتانسیل سیل خیزی این شهر توجهی نشده و همین مسئله سبب توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق آسیب‌پذیر شده است.

۴- نتیجه‌گیری

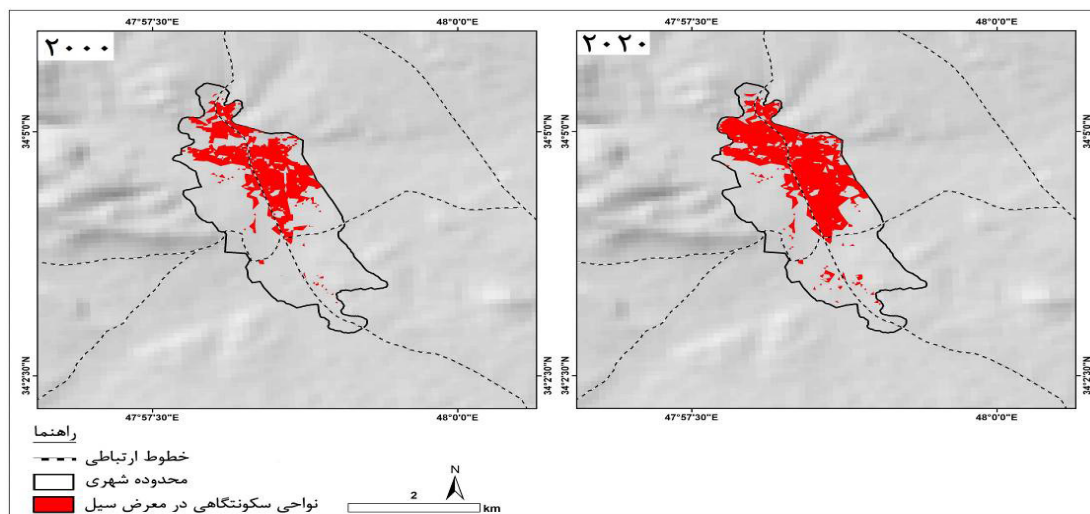
تحلیل‌های انجام شده در محدوده شهری نورآباد نشان می‌دهند که این شهر به دلیل ویژگی‌های حوضه‌ای و سایر پارامترهای طبیعی، از پتانسیل بالای سیل خیزی برخوردار است. نتایج حاصل از پهنه‌بندی با مدل WLC-ANP بیانگر آن است که بخش‌های مرکزی و جنوبی شهر، به دلیل ارتفاع و شیب کم و همچنین نزدیکی به رودخانه اصلی، بیشترین ریسک سیلاب را دارند. علاوه بر این، مناطق حاشیه شهری مجاور رودخانه نیز در معرض خطر بالا قرار دارند. بررسی‌های انجام شده با استفاده از تصاویر راداری Sentinel-1 در جریان سیلاب فروردین ۱۳۹۸ نشان داد که



نگاره ۱۰: نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب و مناطق سیل زده در فروردین سال ۱۳۹۸

۴-۳- ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق سیل خیز

در این پژوهش به منظور ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی شهر نورآباد به سمت مناطق سیل خیز، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، نقشه کاربری نواحی سکونتگاهی شهر نورآباد در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ و سپس نقشه نواحی سکونتگاهی در طبقه با پتانسیل سیل خیزی



نگاره ۱۱: نقشه نواحی سکونتگاهی در طبقه پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰

References

- 1- Abedini, M., Sabouri, H., & Pasban, A. (2025). Flood hazard zoning and its relationship with land use using the Analytic Network Process model (Case study: Razi Chay Watershed, Ardabil Province). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(2), 68–84. https://www.srds.ir/article_214387.html?lang=en [In Persian]
- 2- Almasalmeh, O., Mourad, K. A., & Eizeldin, M. (2022). Simulating flash floods using remote sensing and GIS-based KW-GIUH hydrological model. *Arabian Journal of Geosciences*, 15, 1577. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10852-6>
- 3- Angelidis, P., Kotsikas, M., & Kotsovinos, N. (2010). Management of upstream dams and flood protection of the transboundary river Evros/Maritza. *Water Resources Management*, 24, 2467–2484. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9563-6>
- 4- Cai, S., Fan, J., & Yang, W. (2021). Flooding risk assessment and analysis based on GIS and the TFN-AHP method: A case study of Chongqing, China. *Atmosphere*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/atmos12050623>
- 5- Chaabani, C., Chini, M., Abdelfattah, R., Hostache, R., & Chokmani, K. (2018). Flood mapping in a complex environment using bistatic TanDEM-X/TerraSAR-X InSAR coherence. *Remote Sensing*, 10, 1873. <https://doi.org/10.3390/rs10121873>
- 6- Chini, M., Pelich, R., Pulvirenti, L., Pierdicca, N., Hostache, R., & Matgen, P. (2019). Sentinel-1 InSAR coherence to detect floodwater in urban areas: Houston and Hurricane Harvey as a test case. *Remote Sensing*, 11, 107. <https://doi.org/10.3390/rs11020107>
- 7- Esfandiary Darabad, F., Layeghi, S., Mostafazadeh, R., & Haji, K. (2021). The zoning of flood risk potential in the Ghotorchay watershed with ANP and WLC multi-criteria decision making methods. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 8(2), 135–150. <https://doi.org/10.52547/jsaeh.8.2.135> [In Persian]
- 8- Esmacili, R., & Taheri, M. (2022). Assessment of flood-prone areas with fuzzy approach: Case study downstream of Neka watershed, Mazandaran province. *Natural Environment Hazards*, 11(34), 145–158. <https://>

بخش وسیعی از محدوده شهری، به‌ویژه مناطق مرکزی و جنوبی، واقعاً تحت تأثیر سیلاب قرار گرفته‌اند. مقایسه نتایج پهنه‌بندی با داده‌های راداری نشان‌دهنده انطباق بالای ۹۲ درصد بین مناطق پیش‌بینی‌شده و مناطق واقعی سیل‌زده است، که اعتبار روش و پارامترهای انتخاب شده را تأیید می‌کند. علاوه بر این، بررسی روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی نشان داد که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، وسعت مناطق سکونتگاهی در طبقه با پتانسیل سیل‌خیزی خیلی زیاد از ۱/۳ کیلومترمربع به ۱/۹ کیلومترمربع افزایش یافته است.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که روند توسعه شهری بدون توجه به پتانسیل سیل‌خیزی صورت گرفته و بخش قابل توجهی از نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق آسیب‌پذیر توسعه یافته است. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود از نتایج این مدل در تدوین دستورالعمل‌های مکان‌یابی سازه‌های شهری و تعیین حریم ایمن رودخانه‌ها استفاده شود و نیز به‌کارگیری مدل‌های تلفیقی مشابه در کنار سامانه‌های هشدار سریع سیلاب به عنوان راهکاری مؤثر برای ارتقای مدیریت بحران و کاهش خسارات احتمالی مدنظر قرار گیرد.

تشکر و سپاسگزاری

پژوهشگران بر خود لازم می‌دانند که از تمامی کارشناسان محترم مشارکت‌کننده در این تحقیق تشکر و قدردانی نمایند.

تعارض منافع

در این پژوهش، حامی مالی و تعارض منافع وجود ندارد.

social vulnerability to floods on Java, Indonesia. *Natural Hazards*, 102, 101–114. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03912-1>

18- Liu, Y., Zang, W., Li, B., Chai, F., & Liu, X. (2025). Urban flood model-driven optimization of flood control and drainage engineering solutions. *Water*, 17(11), 1705. <https://doi.org/10.3390/w17111705>

19- Luino, F., Belloni, A., Turconi, L., Faccini, F., Mantovani, A., Fassi, P., Marincioni, F., & Caldiroli, G. (2018). Correction to: A historical geomorphological approach to flood hazard management along the shore of an alpine lake (northern Italy). *Natural Hazards*, 94, 489. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3407-8>

20- Mohammakhhan, S., Ganjaeian, H., Shahri, S., & Abbaszade, A. (2019). Predicting the trend of urban development toward hazardous areas using multi-temporal images (Case study: Marivan City). *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(110), 107–117. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.36615> [In Persian]

21- Namazi Rad, A., Mohseni, N., & Hosseinzadeh, S. R. (2021). Flood inundation monitoring using Sentinel SAR data and hydraulic modeling. *Quantitative Geomorphological Research*, 10(3), 40–56. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2021.311053.1311>

22- National Statistics Center. (2016). Lorestan Province demographic information: Nourabad County demographic report. <https://amar.org.ir>

23- Nayyeri, H., Ganjaeian, H., & Amani, K. (2018). Evaluation of environmental indicator of perimeters of the land suitability for the development of Sarvabad City by combining two models of network analysis and fuzzy logic. *Journal of Urban Social Geography*, 5(1), 49–62. <https://doi.org/10.22103/JUSG.2018.1961> [In Persian]

24- Nayyeri, H., Salari, M., Ganjaeian, H., & Amani, K. (2017). Geomorphological assessment of land suitability for the physical expansion of Sanandaj city applying restricted areas. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 5(1), 127–145. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2017.63213> [In Persian]

25- Negahban, S., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., & Emami, K. (2019). Monitoring and predicting the trend

doi.org/10.22111/jneh.2022.39817.1842

9- Ganjaeian, H., Hosseini, S. J., de Azeredo, G. A., Ebrahimi, A., Shahjamali, M., & Akbarian, M. (2025). Assessment of the physical development trends of residential areas in natural hazard-prone regions of Kurdistan Province, Western Iran. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 29(11), 220–239. <https://doi.org/10.9734/jgeesi/2025/v29i11977>

10- Ganjaeian, H., Rezaei Arefi, M., Peysoozi, T., & Emami, K. (2021). Zoning susceptible areas of landslide using WLC and OWA methods: A case study in Mountain cliff Khan, Iran. *Sustainable Earth Trends*, 1(2), 35–43. <https://doi.org/10.52547/sustaineath.1.2.43>

11- Gholami, M., & Ahmadi, M. (2019). Flood risk fine-zoning in Lamerd city using GIS, AHP and fuzzy. *Natural Environment Hazards*, 8(20), 101–114. <https://doi.org/10.22111/jneh.2018.22505.1334>

12- Green, C. H., Parker, D. J., & Tunstall, S. M. (2000). Assessment of flood control and management option. Flood Hazard Research Centre, Middlesex University. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-4200-3_4

13- Hassan, M. D., Anzum, N., Shaibur, M. R., Nahar, N., Akber, A., & Sabbir Hossain, M. D. (2023). Changing dynamics of river ecosystem from aquatic to terrestrial: A case of Bhairab River, Jashore, Bangladesh. *Watershed Ecology and the Environment*, 5(1), 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.05.001>

14- Idowu, D., & Zhou, W. (2023). Global megacities and frequent floods: Correlation between urban expansion patterns and urban flood hazards. *Sustainability*, 15(3), 2514. <https://doi.org/10.3390/su15032514>

15- Kang, C. S., & Kanniah, K. D. (2022). Land use and land cover change and its impact on river morphology in Johor River Basin, Malaysia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101072>

16- Kim, H., Lee, D.-K., & Sung, S. (2016). Effect of urban green spaces and flooded area type on flooding probability. *Sustainability*, 8(2), 134. <https://doi.org/10.3390/su8020134>

17- Kim, J., & Gim, T. H. T. (2020). Assessment of

- flooding situation in the cities of Khuzestan province. *Geography and Human Relationships*, 7(4), 299–315. <https://doi.org/10.22034/gahr.2025.514247.2433> [In Persian]
- 33- Safari Namivandi, M., Ganjaeian, H., Nosrati, M., & Mohammadian, K. (2024). Identification of flooded areas and analysis of factors influencing its occurrence (Case study: Southeast of Sistan and Baluchestan province). *Quantitative Geomorphological Research*, 13(2), 181–194. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2024.449586.1494> [In Persian]
- 34- Salari, M., Nayeri, H., Amani, K., & Ganjaeian, H. (2017). Locating suitable directions for Kamyaran urban development through a hazardology approach based on the application of geomorphologically restricted areas. *Environmental Management Hazards*, 4(4), 419–436. <https://doi.org/10.22059/jhsci.2018.252694.341> [In Persian]
- 35- Salari, M., Nayyeri, H., Ganjaeian, H., & Amani, K. (2020). Assessment and prediction of the process of expansion of residential areas with geomorphological approach and environmental management (Case study: Paveh City). *Quantitative Geomorphological Research*, 9(1), 86–101. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2020.109536> [In Persian]
- 36- Sami, E., & Ebadi, M. (2024). Urban flood hazard zoning using fuzzy-Analytic Network Process (ANP), Case study: Maragheh City. *Journal of Urban Ecology Researches*, 15(1), 171–186. <https://doi.org/10.30473/grup.2024.55316.2554> [In Persian]
- 37- Su, W., Ye, G., Yao, S., & Yang, G. (2014). Urban land pattern impacts on floods in a new district of China. *Sustainability*, 6(10), 6488–6508. <http://dx.doi.org/10.3390/su6106488>
- 38- Tabesh, S., Noori Khanyourdi, M., Dousti, M., & Ganjaeian, H. (2020). Presenting the proposed model for the location of sports places using the integrated model of WLC and AHP. *Sport Management and Development*, 9(1), 2–22. <https://doi.org/10.22124/jsmd.2020.4096> [In Persian]
- 39- Tavakkoli, M., Amirahmadi, A., & Goli Mokhtari, L. (2024). Evaluation, prediction and regional analysis of changes in residential areas using multi-timed images (Case study: Songhor city). *Journal of the Earth and Space Physics*, 45(2), 343–354. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2019.275076.1007084> [In Persian]
- 26- Negahban, S., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., & Gheysarian, S. S. (2025). Analysis of the roles of environmental factors in the occurrence of floods using the Google Earth Engine system (Case study: West of Golestan Province). *Geography and Environmental Planning*, 35(4), 1–18. <https://doi.org/10.22108/gep.2024.142342.1659> [In Persian]
- 27- Negahban, S., Ganjaeian, H., Feraydooni Kordestani, M., & Cheshmeh Sefidi, Z. (2019). Assessing the physical development of cities and extending to geomorphological prohibited areas using LCM (Case study: Sanandaj City). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 8(20), 39–52. <https://doi.org/10.22111/jneh.2018.21943.1317> [In Persian]
- 28- Negahban, S., Peysoozi, T., Ganjaeian, H., & Norozi, M. (2021). Identify areas prone to landslide and vertical displacement using radar images (Case study: Lavasan urban area and urban margin). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 1–18. <https://doi.org/10.22067/geoh.2021.71728.1094> [In Persian]
- 29- Pascacio, E. D., Argueta, A. O., Mercedes, M., Uzcanga, C., & Marcial, N. R. (2018). Influence of land use on the riparian zone condition along an urban-rural gradient on the Sabinal River, Mexico. *Botanical Sciences*, 96(2), 180–199. <https://doi.org/10.17129/botsci.1858>
- 30- Rezende, O. M., Miranda, F. M., Haddad, A. N., & Miguez, M. G. (2019). A framework to evaluate urban flood resilience of design alternatives for flood defence considering future adverse scenarios. *Water*, 11(7), 1485. <https://doi.org/10.3390/w11071485>
- 31- Rostami Fathabadi, M., Jafar Biglo, M., & Moghimi, E. (2020). Spatial analysis of flooded and flood-prone areas and its hazards in Nourabad city of Lorestan. *Environmental Management Hazards*, 7(3), 313–329. <https://doi.org/10.22059/jhsci.2020.310534.609> [In Persian]
- 32- Safari Namivandi, M. (2025). Assessment of the

<https://doi.org/10.29252/aridbiom.2024.21525.2011>

46- Zekouda, N., Meddi, M., LaVanchy, G. T., & Remaoun, M. (2020). The impact of human activities on flood trends in the semi-arid climate of Cheliff Basin, Algeria. *Water Resources*, 47, 409–420. <https://doi.org/10.1134/S0097807820030136>

of floods using data mining models (Frizi Watershed). *GeoRes*, 39(2), 161–168. <http://georesearch.ir/article-1-1585-fa.html>

40- Todini, E. (2025). Understanding and mitigating urban flood risk. *Hydrology*, 12(6), 146. <https://doi.org/10.3390/hydrology12060146>

41- Vilca-Campana, K., Carrasco-Valencia, L., Iruri-Ramos, C., Cárdenas-Pillco, B., Escudero, A., & Chanove-Manrique, A. (2025). Improving urban flood resilience: Urban flood risk mitigation assessment using a geospatial model in the urban section of a river corridor. *Water*, 17(7), 1047. <https://doi.org/10.3390/w17071047>

42- Xingyuan, Z., Fawen, L., & Yong, Z. (2023). Impact of changes in river network structure on hydrological connectivity of watersheds. *Ecological Indicators*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109848>

43- Xu, W., Cong, J., Proverbs, D., & Zhang, L. (2021). An evaluation of urban resilience to flooding. *Water*, 13(15), 2022. <https://doi.org/10.3390/w13152022>

44- Yang, Q., Zhang, S., Dai, Q., & Yao, R. (2020). Improved framework for assessing vulnerability to different types of urban floods. *Sustainability*, 12(18), 7668. <https://doi.org/10.3390/su12187668>

45- Zarei, S., & Keshavarz, S. (2024). Flood hazard zoning in dry areas, using AHP-Fuzzy model in Dashti region, south Iran. *Journal of Arid Biome*, 14(1), 47–60.

COPYRIGHTS

©2026 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons [Attribution-NoDerivs 4.0 International \(CC BY-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/)



