Physical Geography Research Quarterly, 54 (4), 2022

Physical Geography Research Quarterly

Journal Homepage: www.jphgr.ut.ac.ir

Research Paper

Presenting a regional model of shell mobility in Khanmirza basin

Khadija Moradi [a], Mohammad Hossein Ramsht [a*], Qasem Khosravi [b], Korosh Shirani [c]

[a] *Department of Natural Geography, Faculty of Natural Geography, Isfahan University, Isfahan, Iran .*

[b] *Department of Spatial Information Systems and Remote Sensing, Lanjan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran .*

[c] *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Tehran,Iran*

A R T I C L E I N F O

Keywords:
Crustal Movement, Multivariate Regression, Subsidence, Radray Interferometry (D-InSAR), Khanmirza.

Received:
2 September 2022
Received in revised form:
1 December 2022
Accepted:
1 February 2023
pp.467-479

A B S T R A C T

From the point of view of geo structure, the location of Khanmirza plain in the folded Zagros zone in the south of the Dena fault and the presence of piezometers protruding from the soil, the presence of springs etc. are signs of crustal movement on the surface. The purpose of this research is to use geological information, seismological information, and satellite images in order to obtain a view of the tectonic activity of the present era in the Khanmirza plain, as well as to simplify the displacement calculation, to evaluate the displacement of the earth's surface and the parameters affecting this displacement, and providing a suitable model for this plain. In this study, the displacement rate of the earth's surface for 8 years (2003-2010) was calculated using D-InSAR radar images and radar interferometry. The effective parameters of the DEM elevation layer, slope, slope direction, profile curvature, surface curvature, distance from The road, the distance from the fault, the density of the fault, and the earthquake's intensity were obtained from the GIS environment. Furthermore, multivariate regression in the SPSS environment presented the best model for this plain. In this environment, the 8-year displacement rate was considered dependent, and the rest of the parameters were considered independent variables. The results were challenged in the STEPWISE model. The results showed that among the 13 methods, the 13th method is the best regional model for calculating crustal mobility in this plain by providing the best correlation coefficient of 0.826, a determination coefficient of 0.682, an adjusted determination coefficient of 0.675, and a standard error of 99%. Moreover, the average movement in this basin is a 10 cm rise for 8 years.

Citation: Moradi, K., Ramsht, M. H., Khosravi, Q., Shirani, K. (2022). Presenting a regional model of shell mobility in Khanmirza basin. *Physical Geography Research Quarterly*, *54* (4), 467-479.

http://doi.org/10.22059/JPHGR.2023.342251.1007696

∗ . Corresponding author (Email: m.h.ramesht@geo.ui.ac.ir)

Copyright © 2022 The Authors. Published by University of Tehran. This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

In recent decades, the sudden movement towards developing quantitative geomorphology has led to progress in statistical methods and mathematical models to describe geomorphological processes. The wide scope of the work has led to the foundation of quantitative geomorphological methods useful in the interpretation and interpretation of transformational-morphological processes and in the study of active tectonic areas. The earth is a dynamic system that changes, and transformation is one of its characteristics. Almost no area on its surface has not been affected by new earth-building activities during the last few thousand years. Active land construction is changing the shape of the earth's surface.

Much research has been done in Iran on tectonic evaluation with geomorphic indicators. Among the works that can be mentioned: Ramsht et al. (2013) evaluated the accuracy and correctness of geomorphological indicators using geodynamic data in the Jajroud watershed northeast of Tehran. The geomorphological indices and geodynamic data results indicate that the basin studied in this research is active in new land construction. However, the level of activity of new land construction movements is different everywhere, and the upstream areas of the basin are more active in this respect.

The purpose of this research is to use geological and seismological information in a GIS environment and satellite images to obtain a view of the tectonic activity of the present era in Khanmirza plain. Also, the research focuses on simplifying the displacement calculation, evaluating the amount of land surface displacement and parameters affecting this displacement. Moreover, finally, it seeks to provide a suitable model in the SPSS environment for this plain. The innovation of this research is to evaluate the amount of displacement with non-morphological indicators and measure their relationship with crustal movements.

Methodology

In this article, geological and topographical data, Envisat satellite images, and various software such as SPSS, ARC MAP, and Envi 3.5 have been used to present a regional model for the Khanmirza basin.

Results and discussion

This article was designed in five basic steps, the first of which is the preparation of GIS layers required by the region. Considering that the physiographic conditions of the basin, such as slope, slope direction, profile curvature, surface curvature, distance from the road, distance from the fault, the density of the fault, and earthquake intensity are less considered in the topic of crustal mobility, in the article we tried to use from these parameters, new relations should be defined. Their correlation level with displacement value can be obtained. For this purpose, first, all these maps were drawn in the ARC MAP environment; in the next step, with the help of 22 radar interferometry images in the Envi environment and with the help of the Sarscape plugin, the amount of displacement was calculated for 8 years. The final map of the amount of displacement was obtained in GIS Came. In the present study, radar images from 2003 to 2010 were exerted to investigate displacement rates. What can be seen from this 8-year-old map is the 33-centimeter drop of this plain in the east and south, which is marked in red, and the 59-centimeter rise of the mountains on the west side of the map, which is marked in blue.

In the next step, the correlation between the displacement rate and the parameters was calculated in the SPSS environment using the Pearson method. The results show the highest correlation of the displacement rate with the fault density, slope, earthquake intensity, direction of slope and surface curvature, distance from the road, distance from the fault, profile curvature, and DEM, respectively. In the fourth step, the best displacement model of the region was presented in the SPSS environment with the help of the stepwise model. The dependent variable of the eight-year displacement rate and the independent variables include DEM elevation layers, slope, slope direction,

surface curvature, profile curvature, distance from the road, distance from the fault, fault density, and earthquake intensity in the form of 9 independent variables. Model 13, with the highest correlation coefficient, coefficient of determination, adjusted coefficient of determination, and standard error, was recognized as the best model. Moreover, in the last step, with the help of the formula obtained from the fourth step and the final displacement map in the ARC MAP environment, an estimated regional model map was prepared based on the indicators.

Conclusion

Due to the location of Iran in an active tectonic region, which is in the direct collision of two Eurasian-Arabian plates in the north-northeast direction and also in the southeast region in the indirect collision of the Indian Arabian plates, it causes movement and displacement in different proportions in the shells, and Various parts are continental and oceanic. The location of Khanmirza plain in terms of geo structure in the folded Zagros zone and the south of Dena fault and the presence of piezometers protruding from the soil and springs and other signs of crustal movement have created a destructive effect on the level of underground water and agriculture in this plain. In this research, in order to evaluate the displacement of the earth's surface and the parameters affecting this displacement, as well as to provide a suitable model by calculating the 8-year displacement rate of the earth's surface (2003-2010) using D-InSAR radar images and radar interferometry. The amount of elevation was 59 cm, subsidence was 33 cm, and the average displacement was 13 cm. Therefore, to better understand the causes of this event, effective parameters such as DEM elevation layer, slope, slope direction, profile curvature, surface curvature, distance from the road, distance from the fault, the density of the fault, earthquake intensity were calculated on this displacement in the GIS environment. Moreover, to measure the relationship between these factors and this event in the SPSS environment, through Pearson's correlation, the value of the relationship between each parameter and displacement rate was calculated, and the highest correlation between fault density and displacement rate was obtained. Following correlation measurement with the help of multiple linear regression, a stepwise model was presented in SPSS software, and the output of this model was 13 proposed methods. The 13th method, with the best correlation coefficient of 0.826, a determination coefficient of 0.682, an adjusted determination coefficient of 0.675, a standard error of 0.0099, and a significance level of 99% among these 13 methods, is the best regional model for calculating shell mobility. It is on the level of this plain. This map's estimated regional model of the uplift value coefficient is about 40 cm, and the subsidence value is 21 cm. Also, the average change of 10 cm elevation in this plain was calculated with this method. The results of this research can be used in different planning related to the watershed, including identifying and introducing the areas involved in the risk of earthquake and subsidence, investigating and studying underground water sources, etc. Maintaining the water balance is the most important solution to prevent land subsidence in this area, which can be achieved by controlling unlicensed wells and preventing excessive water extraction.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی
Journal Homepage: www.jphgr.ut.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارائه مدل منطقه‌ای تحرک پوسته ای در حوضه خانمیرزا

خدیجه مرادی– گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
محمدحسین رامشت[1] – گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
قاسم خسروی – گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی و سنجش از دور، واحد لنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
کوروش شیرانی–پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
تحرک پوسته‌ای، رگرسیون چندمتغیره، فرونشست، تداخل‌سنجی رادرای، خانمیرزا.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۶/۱۱
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۱/۰۹/۱۰
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۱۱/۱۲
صص. ۴۷۹-۴۶۷

چکیده

قرارگیری دشت خانمیرزا ازنظر زمین‌ساختاری در زون زاگرس چین‌خورده در جنوب گسل دنا و وجود پیزومترهای بیرون‌زده از خاک و همین‌طور وجود چشمه و ... از نشانه‌های تحرک پوسته‌ای در سطح این دشت است. هدف از این پژوهش به‌کارگیری اطلاعات زمین‌شناسی، لرزه شناختی و تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور به دست آوردن نگرشی از فعالیت تکتونیکی عصر حاضر در دشت خانمیرزا و همین‌طور ساده‌سازی محاسبه جابجایی، ارزیابی مقدار جابه‌جایی سطح زمین و پارامترهای موثر بر این جابه‌جایی و ارائه مدل مناسب برای این دشت است. در این مطالعه نرخ جابه‌جایی ۸ ساله سطح زمین (۲۰۱۰-۲۰۰۳) با استفاده از تصاویر راداری D-InSAR و تداخل سنجی راداری محاسبه شد و پارامترهای موثر لایه ارتفاعی DEM، شیب، جهت شیب، انحنای نیمرخ، انحنای سطح، فاصله از جاده، فاصله از گسل، تراکم گسل، شدت زلزله بر این جابه‌جایی در محیط GIS به دست آمد و از طریق رگرسیون چند متغیره در محیط SPSS به ارائه بهترین مدل برای این دشت پرداخته شد در این محیط نرخ جابه‌جایی ۸ ساله به‌عنوان متغیر وابسته و بقیه پارامترها به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند و نتایج در مدل STEPWISE به چالش کشیده شدند. نتایج نشان داد که از بین ۱۳ روش، روش ۱۳ با ارائه بهترین ضریب همبستگی ۰/۸۲۶، ضریب تعیین ۰/۶۸۲ و ضریب تعیین تعدیل‌شده ۰/۶۷۵ و خطای استاندارد ۹۹ درصد بهترین مدل منطقه‌ای برای محاسبه تحرک پوسته‌ای در سطح این دشت است و میانگین تحرکات در این حوضه ۱۰ سانتیمتر بالاآمدگی برای ۸ سال می‌باشد.

استناد: مرادی، خدیجه؛ رامشت، محمدحسین؛ خسروی، قاسم و شیرانی، کوروش. (۱۴۰۱). ارائه مدل منطقه‌ای تحرک پوسته ای در حوضه خانمیرزا. *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۴ (۴)، ۴۷۹-۴۶۷.

http://doi.org/10.22059/JPHGR.2023.342251.1007696

۱ . نویسنده مسئول
Email: m.h.ramesht@geo.ui.ac.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر حرکت ناگهانی به سمت توسعه ژئومورفولوژی کمی منجر به پیشرفت در روش‌های آماری و مدل‌های ریاضی برای توصیف فرایندهای ژئومورفولوژیکی شده است. دامنه وسیع کار منجر به پایه‌ریزی روش‌های ژئومورفولوژیکی کمی مفید در تعبیر و تفسیر فرایندهای تحولی- ریختی و نیز در مطالعه نواحی فعال تکتونیکی شده است (Marta et al,2004; Pike,1993). زمین سیستمی پویاست که تغییر و تحول از جمله ویژگی‌های آن است و در سطح آن تقریباً منطقه‌ای پیدا نمی‌شود که طی چند هزار سال اخیر، فعالیت‌های نو زمین‌ساختی آن را تحت تأثیر خود قرار نداده باشد. در حقیقت می‌توان گفت که نو زمین‌ساخت فعال در حال تغییر شکل سطح زمین است (رامشت و همکاران،١٣٨١:٣٠).

جیان مینگ[1] و همکاران (٢٠١٧) با کمک ٢٢ تصویر ماهواره‌ای از سال ١٩٩۶ تا ١٩٩٩ یک تفسیر ساختاری نئوتکتونیکی در استان فوجیان، در غرب تنگه تایوان انجام دادند نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که این منطقه گسل‌های این ناحیه همچنان فعال و در معرض خطر زلزله هستند.

در ایران پژوهش‌های زیادی درباره ارزیابی تکتونیک با شاخص‌های ژئومورفیک صورت گرفته است از نمونه کارهایی که می‌توان نام برد: رامشت و همکاران (١٣٩١) به ارزیابی دقت و صحت شاخص‌های ژئومورفولوژیکی با استفاده از داده‌های ژئودینامیکی در حوضه آبریز جاجرود در شمال شرق تهران پرداختند که نتایج حاصل از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و داده‌های ژئودینامیکی حاکی از آن است که حوضه موردمطالعه این پژوهش ازنظر نو زمین‌ساختی فعال است، اما میزان فعالیت حرکات نو زمین‌ساخت در همه‌جا یکسان نبوده و مناطق بالادست حوضه از این لحاظ فعال‌تر است. حبیب الهیان و رامشت (١٣٩٠) در مقاله‌ای تحت عنوان کاربرد شاخص‌های ارزیابی تکتونیک جنبا در برآورد وضعیت تکتونیکی با استفاده از شاخص‌های مورفومتریک کمی فعالیت‌های تکتونیکی و فرسایشی در بخش علیای رودخانه زاینده‌رود بررسی کردند. رنجبرمنش و همکاران (١٣٩٣)، جمال‌آبادی و همکاران (١٣٩۶)، شفیعی و همکاران (١٣٩٨) شاخص‌های ژئومورفیک را برای مناطق مختلفی از ایران بکار بردند که نتایج حاکی از مطلوب بودن این شاخص‌ها در ارزیابی فعالیت‌های زمین‌ساختی است. در مورد اهمیت مطالعات سنجش از دور در مورفوتکتونیک می‌توان به ثابت سرستانی و فرهودی (١٣٧٧) با هدف ارزیابی کاربردِ داده‌های سنجش از دور در مطالعات تکتونیکی و مورفوتکتونیکی ناحیه زاگرس، منطقه استهبانات و تاقدیس تودج را موردمطالعه قرار دادند. علوی پناه و قربانی (١٣٨۶) ضمن مروری بر کاربردهای سنجش از دور به‌ویژه سنجش از دور حرارتی در مطالعات مربوط به زلزله، چگونگی واکنش سازندهای زمین‌شناسی منطقه بم در مقابل امواج زلزله، شواهد ژئومورفولوژیکی فعالیت‌های تکتونیکی منطقه در طول کواترنر، مشخصات هندسی گسل بم و آثار آن بر چشم‌انداز ژئومورفولوژیکی منطقه موردمطالعه قرار دادند. الهی پرست و همکاران، (١٣٩۴) با کمک تداخل سنجی راداری پدیده فرونشست و تکتونیک را برای جنوب غرب تهران بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که سهم پدیده تکتونیک در جابه‌جایی‌ها افقی بسیار ناچیزتر از سهم فرونشست در این جابه‌جایی‌هاست. نایب زاده و همکاران (١٣٩٧) با بررسی فعالیت تکتونیکی در حوضه دشت اشتهارد با کمک تداخل سنجی اداری به این نتیجه رسیدند که کل حوضه موردمطالعه با بالاآمدگی ناشی از تکتونیک روبه‌رو است، شهبازی و پورخسروانی (١٣٩٩) حرکات تکتونیک جنبا یا فرونشست‌های ناشی از سوبسیدانس را با تکیه‌بر واژه‌هایی از قبیل شق یا درام که از قدیم بین دهقانان ایرانی رواج داشته برای دشت‌های با بیلان منفی و مثبت ارزیابی کردند. شفیعی و همکاران

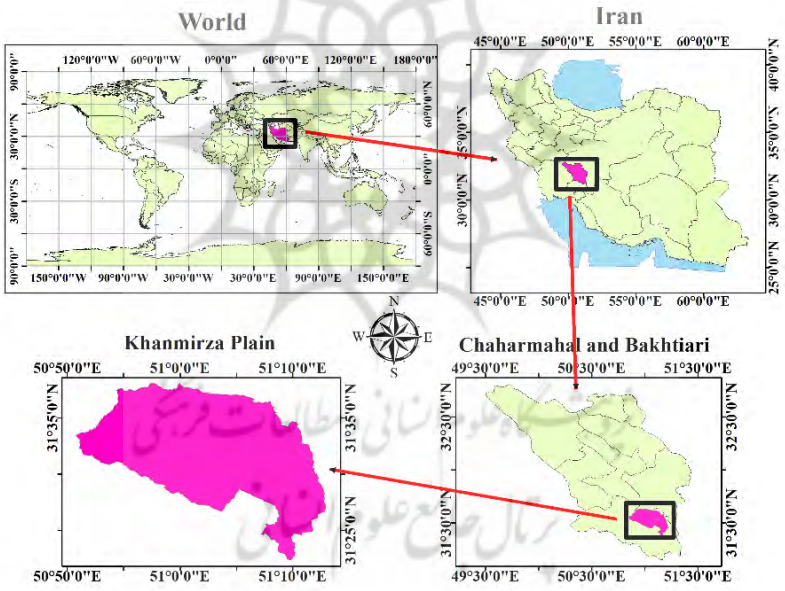
1 . Jianming

(۱۳۹۹) به بررسی فرونشست آبخوان دشت نورآباد با استفاده از روش تداخل سنجی راداری پرداختند.

هدف از این پژوهش به‌کارگیری اطلاعات زمین‌شناسی، لرزه شناختی در محیط GIS و تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور به دست آوردن نگرشی از فعالیت تکتونیکی عصر حاضر در دشت خانمیرزا و همین‌طور ساده‌سازی محاسبه جابجایی، ارزیابی مقدار جابه‌جایی سطح زمین و پارامترهای موثر بر این جابه‌جایی و ارائه مدل مناسب در محیط spss برای این دشت می‌باشد. نوآوری این پژوهش ارزیابی مقدار جابه‌جایی با شاخص‌های غیر مورفولوژیکی و رابطه سنجی آن‌ها با تحرکات پوسته‌ای است.

محدوده موردمطالعه

محدوده دشت خانمیرزا در شهرستان خانمیرزا در استان چهارمحال و بختیاری واقع‌شده است (شکل ۱). خانمیرزا با ارتفاع ۱۸۸۰ متر از سطح دریا در عرض ۲۴ ۲۲ ۳۱ تا ۳۰ ۳۷ ۳۱ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۰۰ ۵۵ ۵۰ تا ۳ ۱۸ ۵۱ درجه شرقی قرارگرفته است. اقلیم حوضه آبریز خانمیرزا نیمه مرطوب سرد و اقلیم مدیترانه‌ای می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه ۵۰۰ میلی‌متر است. این دشت از شمال به شهرستان بروجن، از شرق به بخش فلارد، از جنوب به دهستان ریگ و از غرب به شهرستان اردل و بخش آرمند محدود است. وسعت آن بالغبر ۱۴۶ کیلومترمربع می‌باشد.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی دشت خانمیرزا

روش پژوهش

در این مقاله برای ارائه مدل منطقه‌ای برای حوضه خانمیرزا از داده‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، تصویر ماهواره‌ای Envisat و نرم‌افزارهای مختلف مانند SPSS، ARC MAP، ۳. ۵ Envi بهره‌گیری شده است.

این مقاله در پنج گام اساسی طراحی شد که گام اول آن تهیه لایه‌های GIS موردنیاز منطقه است. با توجه به اینکه شرایط فیزیوگرافیکی حوضه مانند شیب، جهت شیب، انحنای نیمرخ، انحنای سطح، فاصله از جاده، فاصله از گسل، تراکم گسل، شدت زلزله کمتر در مبحث تحرک پوسته‌ای موردتوجه قرارگرفته است در این مقاله سعی شده است با استفاده از

این پارامترها روابط جدیدی تعریف شود که سطح همبستگی آن‌ها با مقدار جابه‌جایی به دست آید. بدین منظور ابتدا در محیط ARC MAP تمام این نقشه‌ها ترسیم شد. (شکل شماره ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰)

در مرحله بعد با کمک ۲۲ تصویر تداخل سنجی راداری بر اساس شکل شماره ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۲، ۲۳ در محیط Envi و با کمک افزونه Sarscape مقدار جابه‌جایی برای ۸ سال محاسبه و نقشه نهایی مقدار جابه‌جایی (شکل شماره ۲۴) در GIS به دست آمد.

در مرحله بعد همبستگی بین نرخ جابه‌جایی و پارامترها در محیط SPSS به روش پیرسون محاسبه شد.

در مرحله چهارم در محیط SPSS و با کمک مدل stepwise بهترین مدل جابه‌جایی منطقه ارائه شد.

و در مرحله آخر با کمک فرمول به‌دست‌آمده از مرحله چهارم و نقشه نهایی جابه‌جایی در محیط ARC MAP نقشه مدل منطقه‌ای برآوردی بر اساس شاخص‌ها تهیه شد.

یافته‌ها و بحث

گام اول تهیه لایه‌های GIS موردنیاز منطقه

ابتدا در محیط GIS با استخراج لایه DEM منطقه لایه‌های ارتفاعی DEM، شیب، جهت شیب، انحنای سطح، انحنای نیمرخ، فاصله از جاده، فاصله از گسل، تراکم گسل و شدت زلزله اقدام شد (شکل شماره ۲ تا ۱۰).

– نقشه شیب منطقه موردمطالعه: این لایه به‌منظور بررسی تأثیر طبقات مختلف شیب منطقه موردمطالعه در ۷ کلاس دسته‌بندی شد (شکل شماره ۲).

– نقشه جهت شیب منطقه موردمطالعه: نقشه جهت شیب منطقه موردمطالعه استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) و در محیط ARC MAP تولیدشده است. این لایه‌ها به‌منظور بررسی تأثیر جهت‌های مختلف شیب منطقه موردمطالعه به ۱۰ کلاس تقسیم شد (شکل شماره ۳).

– انحنای سطح بیانگر تغییرات جهت در طول یک منحنی می‌باشد و بنابراین نشان‌دهنده واگرایی و همگرایی توپوگرافیکی می‌باشد. مقادیر مثبت انحنای پلان، واگرایی جریان را نشان داده، که دربرگیرنده خط الراس‌ها و ستیغ‌ها است و مقادیر منفی آن همگرایی جریان (دره‌ها) را نشان می‌دهد. واحد اندازه‌گیری انحناء بر حسب رادیان بر متر یا درجه بر متر (درجه در ۱۰۰ متر) بیان می‌گردد (شکل شماره ۴).

– تهیه لایه راه‌های منطقه موردمطالعه: جهت تهیه این لایه تمامی راه‌های موجود در حوضه‌های موردمطالعه توسط نرم‌افزار گوگل ارث شناسایی، به‌صورت polyline و با فرمت KML ذخیره شد. به در محیط ARC MAP برای جاده‌ها فاصله اقلیدسی (Eanuclide Distance) ترسیم گردید. در این نقشه، فاصله اقلیدسی برای هر یک از راه‌های داخل حوضه تعریف و در نهایت این لایه در ۹ کلاس برای حوضه خانمیرزا تهیه گردید (شکل). هدف از ترسیم نقشه مذکور بررسی ارتباط میان فاصله از جاده و تحرک پوسته‌ای می‌باشد (شکل شماره ۶)

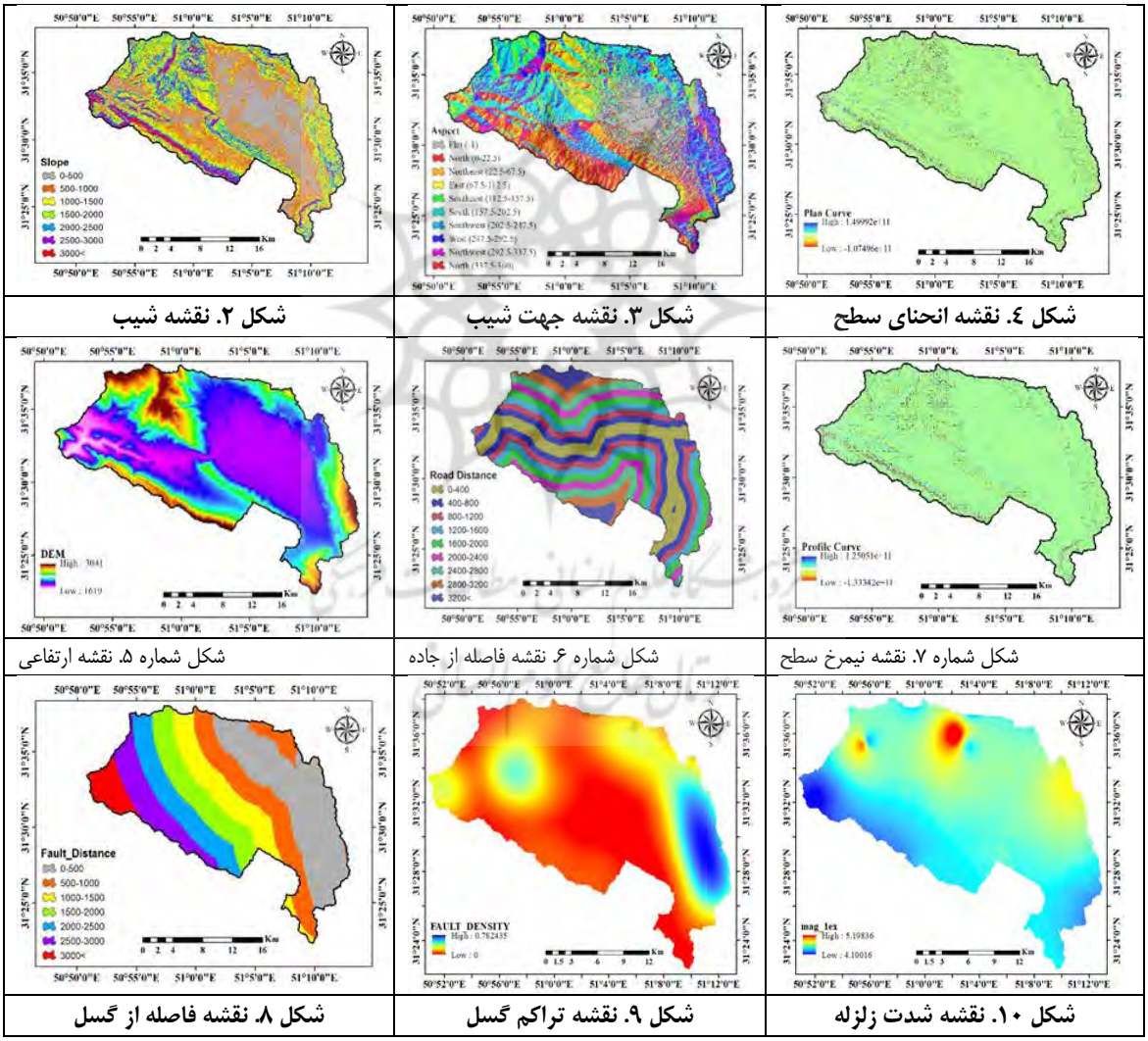
– یکی از عوامل اثرگذار بر پاسخ دامنه‌ها، ویژگی هندسی آن‌ها، از جمله انحنای نیمرخ می‌باشد (نوروز پور و همکاران، ۱۳۹۱). انحنای نیمرخ معرف تغییر شیب منحنی میزان، در طول مسیر جریان است و بنابراین انحنای پروفیل نشان‌دهنده شدت‌جریان آب و فرآیندهای حمل و رسوب‌گذاری می‌شود. به‌طور که مقدار منفی این انحناء سطوح محدب (کوژ) و مقدار مثبت آن سطوح مقعر (کاو) را نشان می‌دهد (بابلی و همکاران، ۱۳۹۷) (شکل شماره ۷).

– فاصله از گسل به در محیط ARC MAP برای گسل‌ها فاصله اقلیدسی (Eanuclide Distance) ترسیم گردید.

در این نقشه، این لایه در ۷ کلاس برای حوضه خانمیرزا تهیه گردید (شکل). هدف از ترسیم نقشه مذکور بررسی ارتباط میان فاصله از گسل و تحرک پوسته‌ای می‌باشد (شکل شماره ۸).

–تراکم گسل با دستور density یا kernal density (تابع تراکم کرنل یکی از توابع تحلیل فضایی مهم در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی است این تابع قادر است تراکم یک عارضه نقطه‌ای (مانند جمعیت، چاه و چشمه، مناطق مسکونی، بیماری، کلونی زنبور، فرسایش، فرونشست، جرائم، آلودگی و ...) و یا خطی (شبکه جاده، رودخانه، شبکه فاضلاب، گسل و ...) را با توجه به مساحت منطقه و نوع متغیر...)) محاسبه شد (شکل شماره ۹).

– شدت زلزله با روش درون‌یابی IDW یا معکوس فاصله محاسبه شد. معکوس فاصله یک روش وزن‌دهی متوسط بوده که در آن داده‌ها از طریق رابطه انحراف معیار یک نقطه از سایر نقاط با استفاده از گره‌های شبکه‌بندی شده، وزن‌دهی می‌شوند. در این روش وزن‌ها تنها با توجه به فاصله هر نقطه معلوم نسبت به نقطه مجهول و بدون توجه به نحوه پراکندگی نقاط حول نقطه مورد تخمین تعیین می‌شوند، فتحی هفشجانی و همکاران (۱۳۹۲). (شکل شماره ۱).



شکل ۲. نقشه شیب | شکل ۳. نقشه جهت شیب | شکل ٤. نقشه انحنای سطح

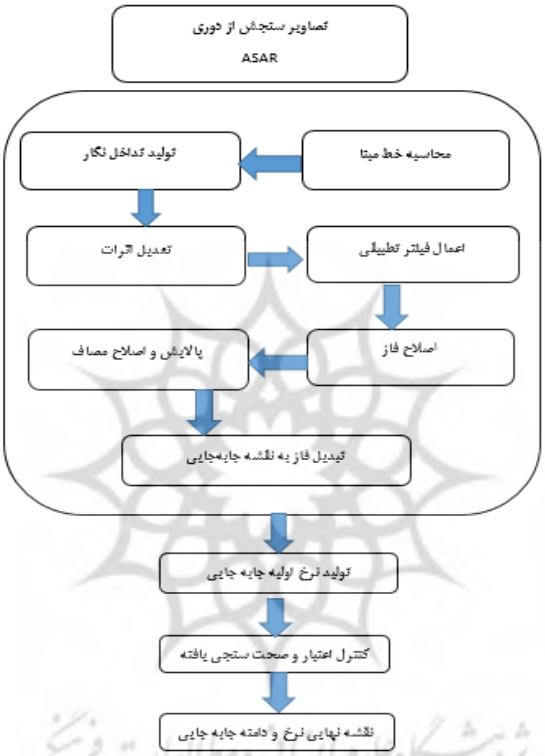
شکل شماره ۵. نقشه ارتفاعی | شکل شماره ۶. نقشه فاصله از جاده | شکل شماره ۷. نقشه نیمرخ سطح

شکل ۸. نقشه فاصله از گسل | شکل ۹. نقشه تراکم گسل | شکل ۱۰. نقشه شدت زلزله

گام دوم محاسبه جابه‌جایی زمین

امروزه تداخل‌سنجی راداری ابزار متداولی برای بررسی تغییر شکل سطحی زمین در اثر عوامل مختلف از جمله

جابه‌جایی زمین است. در این تکنیک با استفاده از دو تصویر ماهواره‌ای می‌توان یک اینترفروگرام تهیه کرد. به‌طوری‌که با به‌کارگیری ابزار اینترفرومتری فازهای سیگنال برگشتی از زمین، در دو تصویر ماهواره‌ای دارای تأخیر زمانی از یک منطقه، برای استخراج تغییرات سطح زمین از هم کم می‌شود. تکنیک تداخل سنجی راداری جهت پیمایش تغییرات سطح زمین از نرم‌افزار Sarscape به عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند در رقومی سازی تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌کند. در این تحقیق ۱۲ تصویر ماهواره‌ای Envisat از آژانس فضایی اروپا تهیه شد (جدول شماره ۱). که برای تشکیل ۱۱ تداخل‌سنج نسبت به یک تصویر اصلی به‌کاررفته است. پردازش تصاویر در ۶ گام در نرم‌افزار ۳. ۵ Envi و افزونه ۲. ۵ Sarscape انجام گرفت (شکل شماره ۱۱).



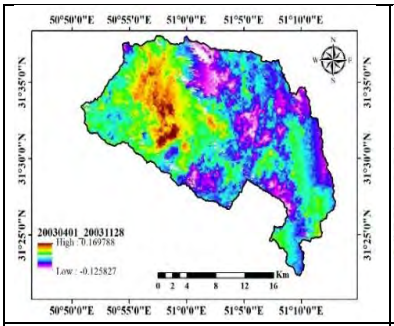
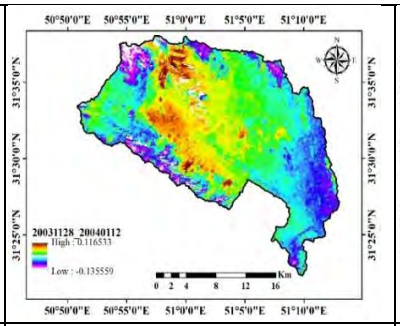
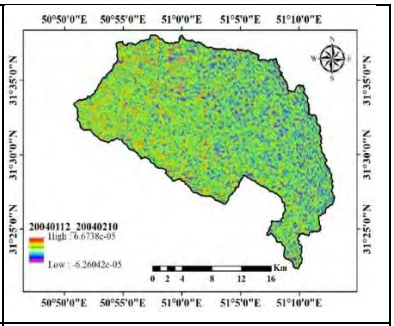
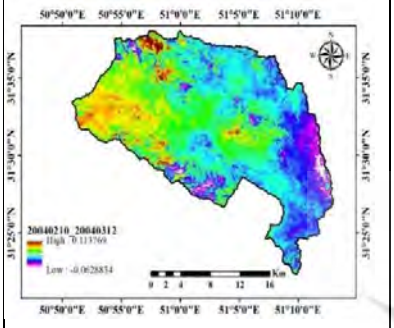
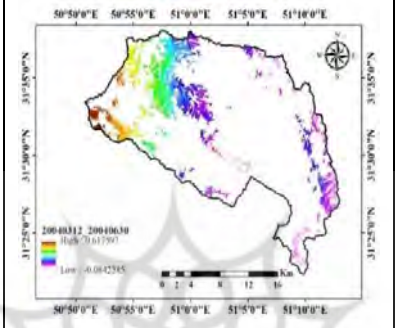
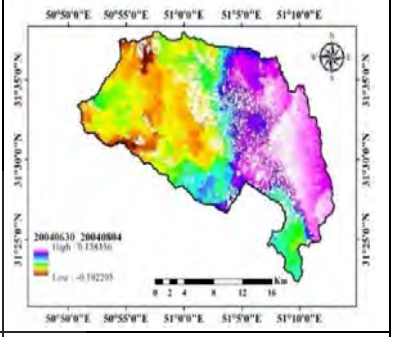
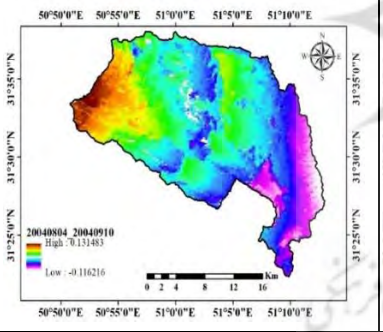
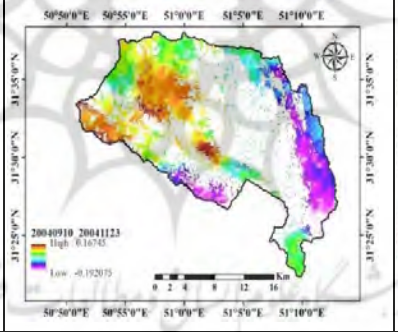
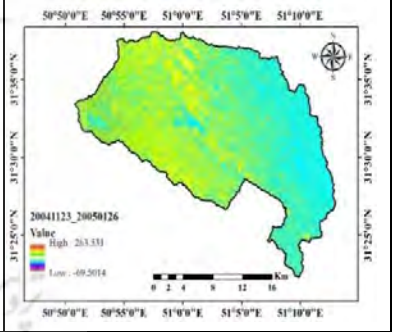
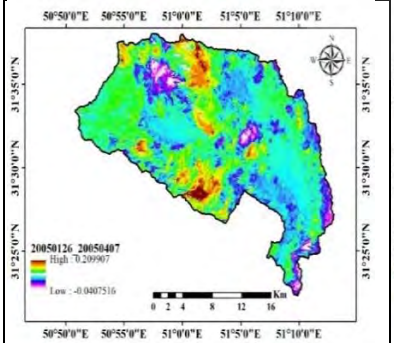
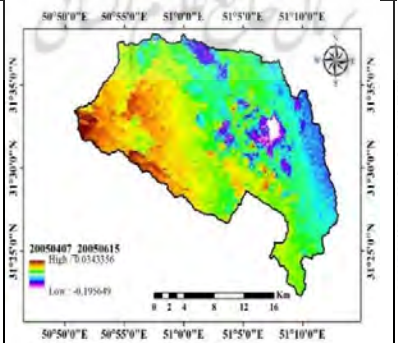
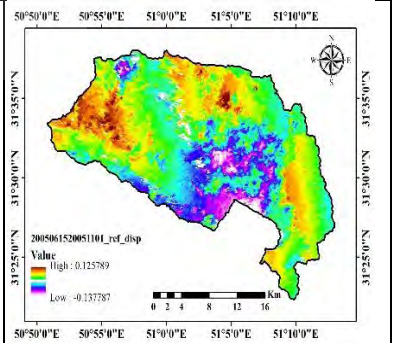
شکل شماره ۱۱. فلوچارت مراحل پردازش تصاویر ماهواره‌ای

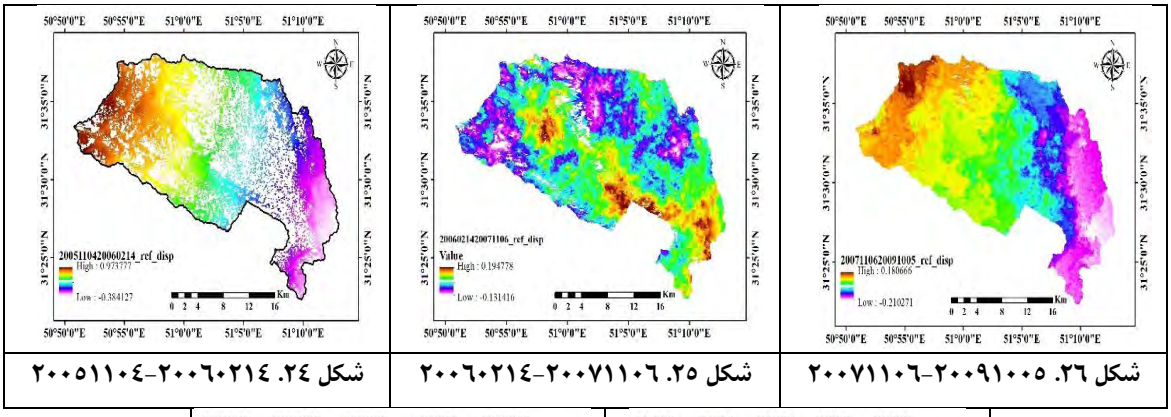
در پژوهش حاضر از تصاویر راداری مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ برای بررسی نرخ جابه‌جایی استفاده شد. پس از اطمینان از همبستگی زیاد تصاویر، تداخل نگار اولیه تهیه شد. سپس با بهره‌گیری از روش کوتاه‌ترین خط مبنای مکانی و زمانی، فازهای غیرضروری حذف گردید. در پایان فاز جابجایی محاسبه و به مؤلفه قائم تبدیل گردید.

جدول ۱. تصاویر ماهواره‌ای استفاده‌شده در این پژوهش

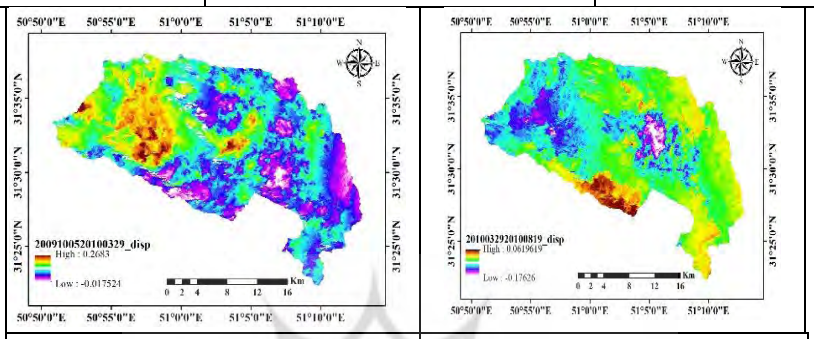
تاریخ عکس‌های ماهواره‌ای Envisat		
۲۰۰۴\۰۱\۰۶	۲۰۰۳\۱۲\۰۲	۲۰۰۳/۰۴/۰۱
۲۰۰۴\۰۶\۲۹	۲۰۰۴\۰۳\۱۶	۲۰۰۴\۰۲\۱۰
۲۰۰۴\۱۱\۱۶	۲۰۰۴\۰۹\۰۷	۲۰۰۴\۰۸\۰۳
۲۰۰۵\۰۶\۱۴	۲۰۰۵\۰۴\۰۵	۲۰۰۵\۰۱\۲۵
۲۰۰۶\۰۲\۱۴	۲۰۰۵\۱۱\۰۱	۲۰۰۵\۰۸\۲۳
۲۰۱۰\۰۸\۱۷	۲۰۱۰\۰۳\۳۰	۲۰۰۹\۱۰\۰۶

تصاویر ماهواره‌ای طی مراحل آمده در شکل (۱۱) دوبه‌دو پردازش شدند و نتیجه کار در شکل شماره ۱۲ تا ۲۸ آمده است.

		
شکل ۱۲. ۲۰۰۳۰۴۰۱-۲۰۰۳۱۱۲۸	شکل ۱۳. ۲۰۰۳۱۱۲۸-۲۰۰۴۰۱۱۲	شکل ۱۴. ۲۰۰۴۰۱۱۲-۲۰۰۴۰۲۱۰
		
شکل ۱۵. ۲۰۰۴۰۲۱۰-۲۰۰۴۰۳۱۲	شکل ۱۶. ۲۰۰۴۰۳۱۲-۲۰۰۴۰۶۳۰	شکل ۱۷. ۲۰۰۴۰۶۳۰-۲۰۰۴۰۸۰۴
		
شکل ۱۸. ۲۰۰۴۰۹۱۰ -۲۰۰۴۰۸۰۴	شکل ۱۹. ۲۰۰۴۱۱۲۳ - ۲۰۰۴۰۹۱۰	شکل ۲۰. ۲۰۰۵۰۱۲۶-۲۰۰۴۱۱۲۳
		
شکل ۲۱. ۲۰۰۵۰۴۰۷-۲۰۰۵۰۱۲۶	شکل ۲۲. ۲۰۰۵۰۶۱۵-۲۰۰۵۰۴۰۷	شکل ۲۳. ۲۰۰۵۱۱۰۱-۲۰۰۵۰۶۱۵



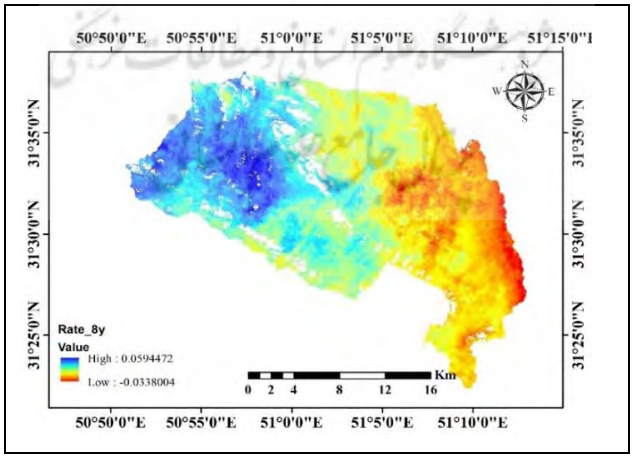
شکل ۲۶. ۲۰۰۹۱۰۰۵-۲۰۰۷۱۱۰۶ | شکل ۲۵. ۲۰۰۷۱۱۰۶-۲۰۰۶۰۲۱۴ | شکل ۲۴. ۲۰۰۶۰۲۱۴-۲۰۰۵۱۱۰۴



شکل ۲۸. ۲۰۱۰۰۸۱۹-۲۰۱۰۰۳۲۹ | شکل ۲۷. ۲۰۱۰۰۳۲۹-۲۰۰۹۱۰۰۵

شکل ۱۲-۲۸. ۱۷ تصویر ماهواره‌ای زوج شده منطقه موردمطالعه بر اساس بازه زمانی ۲۰۰۳_۲۰۱۰

بعد محاسبه دوبه‌دو تصاویر ماهواره‌ای نقشه جابه‌جایی ۸ ساله محاسبه و به دست آمد (شکل شماره ۲۹). آنچه از این نقشه ۸ ساله می‌توان متوجه شد افت ۳۳ سانتیمتری این دشت در قسمت شرق و جنوب که به رنگ قرمز مشخص‌شده است و بالاآمدگی ۵۹ سانتیمتری کوه‌های سمت غرب نقشه که به رنگ آبی مشخص‌شده است. درمجموع می‌توان گفت میانگین تحرکات در این حوضه ۱۳ سانتیمتر بالاآمدگی است.



شکل ۲۹. نقشه نهایی نرخ جابه‌جایی حوضه خانمیرزا در بازه زمانی ۲۰۰۳_۲۰۱۰

گام سوم محاسبه همبستگی بین نرخ جابه‌جایی و پارامترها

بعد از محاسبه پارامترها در GIS و نرخ جابه‌جایی در نرم‌افزار Envi همبستگی بین نرخ جابه‌جایی و پارامترها در نرم‌افزار

spss با روش پیرسون محاسبه شد که جدول شماره ۲ خلاصه نتایج است.

جدول ۲. رابطه بین پارامترها و نرخ جابه‌جایی ۸ ساله با روش همبستگی پیرسون

	Rate_8	Plan_Curve	Profile_Cu	DEM	Slope	Aspect	Roads_Dis	Earthquake_intens	Fault_Dis	Fault_Dens
Pearson Correlation	۱	-۰/۰۵۲	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۳	۰/۲۵۱	۰/۰۵۲	۰/۰۴۴	-۰/۱۹۱**	-۰/۰۳۹	-۰/۲۸۱**

* سطح معنی‌داری ۵ درصد ** سطح معنی‌داری ۱ درصد

آنچه از جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت به شرح زیر است:

بیشترین همبستگی نرخ جابه‌جایی به ترتیب با، تراکم از گسل، شیب، شدت زلزله، جهت شیب و انحنای سطح، فاصله از جاده، فاصله از گسل، انحنای نیمرخ و DEM به دست آمد.

گام چهارم مدل‌سازی رگرسیونی خطی چندگانه و ارائه بهترین مدل جابه‌جایی منطقه

درواقع اس پی اس اس از جمله نرم‌افزارهایی است که برای تحلیل‌های آماری در علوم اجتماعی، به‌صورت بسیار گسترده‌ای استفاده می‌شود. این نرم‌افزار توسط پژوهشگران بازار و دادوستد، پژوهشگران سلامتی، شرکت‌های نقشه‌برداری، دولتی، پژوهشگران آموزشی، سازمان‌های بازاریابی و غیره به کار می‌رود.

هدف کلی از مدل‌سازی رگرسیون خطی چندگانه پیدا کردن رابطه بین چند متغیر مستقل و یک متغیر وابسته است. فرآیندی که با آن بتوان مناسب‌ترین مدل رگرسیون را هم ازلحاظ دقت کافی و هم ازلحاظ حداقل تعداد متغیرهای مستقل یافت. برای مدل‌سازی به این روش از نرم‌افزار spss استفاده شد. بدین منظور از مدل stepwise استفاده شد.

رگرسیون چندگانه قدم‌به‌قدم (stepwise):

در اجرای رگرسیون چندگانه در spss اگر در کادر مکالمه Linear Regression گزینه Method را از حالت Enter به stepwise تبدیل نماییم رگرسیون قدم‌به‌قدم اجرا خواهد شد. در این مدل متغیرهای پیشگویی‌کننده تک‌تک به معادله اضافه می‌شود و به دنبال آن اگر نقش معنی‌داری در رگرسیون نداشته باشد از آن حذف می‌شود. در روش انتخاب روبه‌جلو (Forward) متغیرهای پیشگویی‌کننده درصورتی‌که معیار ورود را داشته باشند تک‌به‌تک وارد معادله می‌شوند و بعد از ورود حذف نمی‌شوند. در روش انتخاب رو به عقب (Backward) تمامی متغیرهای پیشگویی‌کننده ابتدا به معادله وارد می‌شوند و سپس درصورتی‌که معیار لازم برای باقی ماندن در مدل را نداشته باشند، تک‌به‌تک از مدل حذف می‌شوند. روش قدم‌به‌قدم (stepwise) ترکیبی از دو روش قبلی است و به عنوان بهترین روش توصیه می‌شود. متغیر وابسته نرخ جابه‌جایی هشت‌ساله و متغیرهای مستقل شامل لایه‌های ارتفاعی DEM، شیب، جهت شیب، انحنای سطح، انحنای نیمرخ، فاصله از جاده، فاصله از گسل، تراکم گسل و شدت زلزله در قالب ۹ متغیر مستقل می‌باشند. همان‌طور که از جدول شماره ۲ مشخص است مدل ۱۳ با بالاترین ضریب همبستگی، ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل‌شده و خطای استاندارد به عنوان بهترین مدل شناخته شد.

جدول ۳. مقدار ضرایب در مدل‌های stepwise

مدل	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل‌شده	خطای استاندارد
۱	۰/۶۴۱[a]	۰/۴۱۲	۰/۴۱۰	۰/۰۱۳۳
۲	۰/۷۲۰[b]	۰/۵۱۸	۰/۵۱۷	۰/۰۱۲
۳	۰/۷۶۳[c]	۰/۵۸۲	۰/۵۸۰	۰/۰۱۱۲
۴	۰/۷۷۵[d]	۰/۶۰۰	۰/۵۹۷	۰/۰۱۱۰
۵	۰/۷۸۴[e]	۰/۶۱۴	۰/۶۱۱	۰/۰۱۰۸
۶	۰/۷۹۵[f]	۰/۶۳۲	۰/۶۲۸	۰/۰۱۰۶
۷	۰/۸۰۲[g]	۰/۶۴۳	۰/۶۳۹	۰/۰۱۰۴
۸	۰/۸۰۹[h]	۰/۶۵۵	۰/۶۵۰	۰/۰۱۰۲
۹	۰/۸۱۴[i]	۰/۶۶۳	۰/۶۵۷	۰/۰۱۰۱
۱۰	۰/۸۲۰[j]	۰/۶۷۲	۰/۶۶۶	۰/۰۱
۱۱	۰/۸۲۲[k]	۰/۶۷۵	۰/۶۶۹	۰/۰۱
۱۲	۰/۸۲۵[l]	۰/۶۸۰	۰/۶۷۳	./۰۰۹۹
۱۳	۰/۸۲۶[m]	۰/۶۸۲	۰/۶۷۵	./۰۰۹۹

در نهایت معادله رگرسیون حاصله مطابق مدل ۱۳ ارائه شد (رابطه ۱):

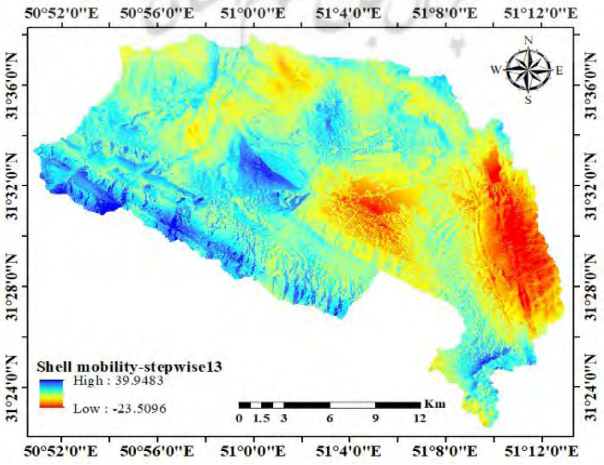
رابطه ۱)

Coefficient Stepwise 13:۰,۰۰۰۰۸۶*Fault Distance +۰,۰۰۰۰۰۰۶۹۷۴۷*SLOPE-۰,۰۰۰۵۷۷*Fault density-۰,۰۰۰۰۰۵*Earthquake intensity+۰,۰۰۰۰۰۵*Aspect+۰,۰۰۰۶۱۳* DEM +۰,۰۵۸۹۷۷*Profile Curve*۰,۰۰۰۱۱۱*Plan Curve-۰,۰۰۰۰۰۲*Road Distance -۰,۰۰۳۲۱۰

این فرمول به‌منظور سنجش شاخص‌ها با نرخ جابه‌جایی دشت در مدت ۸ سال است.

گام پنجم تهیه نقشه مدل منطقه‌ای برآوردی بر اساس شاخص‌ها

با واردکردن فرمول به‌دست‌آمده در گام چهارم در Raster Calculator نقشه نهایی که همان مدل منطقه‌ای دشت خانمیرزا بر اساس شاخص‌های لایه ارتفاعی DEM، شیب، جهت شیب، انحنای نیمرخ، انحنای سطح، فاصله از جاده، فاصله از گسل، تراکم گسل، شدت زلزله (شکل شماره ۳۰) به دست آمد. مقدار بالاآمدگی در نقشه مدل منطقه‌ای حدود ۵۹ سانتیمتر و مقدار فرونشست ۳۳ سانتیمتر است همین‌طور نرخ میانگین تغییرات ۱۰ سانتیمتر در این دشت با این روش محاسبه شد.



شکل ۳۰. نقشه مدل منطقه‌ای برآوردی بر اساس شاخص‌ها

نتیجه‌گیری

به علت قرارگیری کشور ایران در یک منطقه فعال تکتونیکی، که در برخورد مستقیم دو صفحه اورسیا-عربی در راستای شمال-شمال شرقی و همچنین در منطقه جنوب شرق در برخورد غیرمستقیم صفحات عربی هند است، موجب حرکت و جابجایی به نسبت متفاوت در پوسته‌ها و قطعات گوناگون قاره‌ای و اقیانوسی است. قرارگیری دشت خانمیرزا ازنظر زمین‌ساختاری در زون زاگرس چین‌خورده و در جنوب گسل دنا و وجود پیزومترهای بیرون‌زده از خاک و چشمه و دیگر نشانه‌های تحرک پوسته‌ای تأثیر مخربی در سطح آب‌های زیرزمینی و کشاورزی در سطح این دشت ایجاد کرده است. در این پژوهش به‌منظور ارزیابی مقدار جابه‌جایی سطح زمین و پارامترهای موثر بر این جابه‌جایی و همین‌طور ارائه مدل مناسب با محاسبه نرخ جابه‌جایی ۸ ساله سطح زمین (۲۰۱۰-۲۰۰۳) با استفاده از تصاویر راداری D-InSAR و تداخل سنجی راداری مقدار ۵۹ سانتیمتر بالاآمدگی و ۳۳ سانتیمتر فرونشست و میانگین ۱۳ سانتیمتر جابه‌جایی به دست آمد لذا برای درک بهتر از علل این رویداد از پارامترهای مؤثری چون لایه ارتفاعی DEM، شیب، جهت شیب، انحنای نیمرخ، انحنای سطح، فاصله از جاده، فاصله از گسل، تراکم گسل، شدت زلزله بر این جابه‌جایی که در محیط GIS محاسبه شد به دست آمد و برای ارتباط سنجی بین این عوامل و این رخداد در محیط SPSS از طریق همبستگی پیرسون مقدار رابطه هر پارامتر با نرخ جابه‌جایی محاسبه شد که بیشترین همبستگی بین تراکم گسل و نرخ جابه‌جایی به دست آمد، به دنبال رابطه سنجی با کمک رگرسیون خطی چندگانه مدل stepwise در نرم‌افزار SPSS ارائه مدل شد که این مدل ۱۳ روش پیشنهادی ارائه داد در بین این ۱۳ روش، روش سیزدهم با بهترین ضریب همبستگی ۰/۸۲۶، ضریب تعیین ۰/۶۸۲ و ضریب تعیین تعدیل‌شده ۰/۶۷۵، خطای استاندارد ۰/۰۰۹۹، و در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد در بین این ۱۳ روش بهترین مدل منطقه‌ای برای محاسبه تحرک پوسته‌ای در سطح این دشت است. مدل منطقه‌ای برآورد شده ضریب مقدار بالاآمدگی در این نقشه حدود ۴۰ سانتیمتر و مقدار فرونشست ۲۱ سانتیمتر است همین‌طور میانگین تغییرات ۱۰ سانتیمتر بالاآمدگی در این دشت با این روش محاسبه شد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی مختلف مربوط به حوضه آبخیز از جمله شناسایی و معرفی مناطق درگیر با خطر زلزله و فرونشست، بررسی و مطالعه منابع آب زیرزمینی و... مورداستفاده قرار گیرد. حفظ بیلان آبی مهم‌ترین راهکار برای جلوگیری از فرونشست زمین در این منطقه است که در پی کنترل حفر چاه‌های بدون مجوز و جلوگیری از برداشت بی‌رویه آب می‌تواند حاصل شود.

تقدیر و تشکر

در آخر بر خود لازم میدانم از زحمات ارزنده جناب مهندس وحید ویسی و جناب دکتر شهرام بهرامی برای راهنمایی‌های ارزنده‌شان کمال تشکر را داشته باشم.

منابع

۱) بابلی موخر، حمید؛ تقیان، علیرضا و شیرانی، کوروش. (۱۳۹۷). ارزیابی نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از روش تلفیقی فاکتور اطمینان و رگرسیون لجستیک با به‌کارگیری شاخص‌های ژئومورفیک. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۷* (۳)، ۱۱۶- ۹۱.

۲) خسروی، قاسم؛ رامشت، محمد حسین؛ ثروتی، محمدرضا و فورس، اریک. (۱۳۹۱). تکتونیک جنبا، انسان، مدنیت. *پژوهش-های جغرافیای طبیعی*، ۴۴ (۸۱)، ۳۸-۱۷.

۳) شهبازی، علی و پورخسروانی، محسن. (۱۳۹۹). حرکات تکتونیک جنبا یا فرونشست‌های ناشی از سوبسیدانس. *پژوهش‌های*

ژئومورفولوژی کمی، ۸(۴)، ۱۷۵-۱۶۴.

۴) شهماری اردجانی، رفعت. (۱۳۸۷). واکاوی زمین‌ساخت با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیکی(مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگان رود و تالش در غرب استان گیلان. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳۱*، ۱۲۷-۱۴۱.

۵) رامشت، محمدحسین؛ آراء، هدایت؛ شایان، سیاوش و یمانی، مجتبی. (۱۳۹۱). ارزیابی دقت و صحت شاخص‌های ژئومورفولوژیکی با استفاده از داده‌های ژئودینامیکی (مطالعه موردی: حوضه آبریز جاجرود در شمال شرق تهران). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۳*، (۲)، ۵۲-۳۵.

۶) رامشت، محمدحسین؛ سیف، عبدالله؛ شاه زیدی، سمیه و انتظاری، مژگان. (۱۳۸۸). تأثیر تکتونیک جنبا بر مورفولوژی مخروط افکنه درختنگان در منطقه شهداد کرمان. *جغرافیا و توسعه، ۷* (۱۶)، ۲۹ -۴۶.

۷) علیزاده، هیوا و یمانی، مجتبی. (۱۳۹۳). نقش تکتونیک جنبا و رسوب‌گذاری در تغییرات بستر رودخانه سطح دلتای جگین. *مجله علوم و فنون دریایی ایران،۱۳* (۲)، ۱۲-۱.

۸) منصوری، رضا و صفاری، امیر. (۱۳۹۴). تحلیل فعالیت تکتونیکی حوضه آبخیز فرحزاد از طریق شاخص ژئومورفیک. *مجله اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۴* (۹۵)، ۹۳-۱۰۵.

۹) نوجوان، محمدرضا و خسروی، قاسم. (۱۳۸۸). شواهد ژئومورفولوژیک و زمین‌شناختی تکتونیک جنبا در جلگه خوزستان در رابطه با مدل تحول ناهمواری‌های زاگرس چین‌خورده. *تحقیقات جغرافیایی،۲۴* (۳)، ۱۳۲-۱۱۱.

۱۰) شفیعی، نجمه؛ گلی مختاری، لیلا؛ امیر احمدی، ابوالقاسم و زندی، رحمان. (۱۳۹۹). بررسی فرونشست آبخوان دشت نورآباد با استفاده از روش تداخل سنجی راداری. *نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۸* (۴)، ۱۱۱-۹۳.

۱۱) نایب‌زاده، فرین؛ مددی، عقیل و عزیزی، قاسم. (۱۳۹۷). بررسی فعالیت تکتونیکی در حوضه دشت اشتهارد با استفاده از تداخل نگار راداری. *جغرافیا و پایداری محیط، ۲۶*، ۲۷-۱۵.

۱۲) عزیززاده، مهران و ملامهرعلی‌زاده، فاطمه. (۱۳۹۰). تحلیل ساختاری گسل ایذه در بخش مرکزی زاگرس با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۳*(۷۵)، ۱۱۲-۹۷.

۱۳) نوروزپور، شهرام؛ آخوندعلی، علی‌محمد و ثقفیان، بهرام. (۱۳۹۱). تأثیر انحنای نیمرخ بستر بر پاسخ آب‌شناسی دامنه‌های موازی با استفاده از شبیه موج جنبشی. مهندسی منابع آب، ۵ (۱۳)، ۸۵- ۷۳.

۱۴) فتحی هفشجانی، الهام؛ بیگی هرچگانی، حبیب اله؛ داودیان دهکردی، علیرضا و طباطبایی، سید حسن. (۱۳۹۲). مقایسه چند روش درون‌یابی مکانی و انتخاب مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی نیترات و فسفات در آب زیرزمینی شهرکرد. *فصلنامه مهندسی آبیاری و آب، ۴* (۱۵)، ۶۳-۵۱.

References

1) Alizadeh, H., & Yamani, M. (2013). The role of tectonics and sedimentation in the river bed changes of Jegin delta surface. *Iranian Journal of Marine Sciences and Techniques, 13* (2), 1-12. [In Persian].

2) Azizzadeh, M., & Malamehr Alizadeh, F. (2012). Structural analysis of Izeh fault in the central part of Zagros using remote sensing techniques. *Natural Geography Research, 43*(75), 112-97. [In Persian].

3) Babylon Mokher, H., Taghian, A., & Shirani, K. (2017). Landslide susceptibility zoning map evaluation using the integrated method of confidence factor and logistic regression using geomorphic indicators. *Quantitative Geomorphology Research, 7* (3), 91-116. [In Persian].

4) Fathi Hafeshjani, E., Begi Harchgani, H., Davodian Dehkordi, A., & Tabatabai, S. H. (2012). Comparison of several spatial interpolation methods and selection of the most appropriate method for nitrate and phosphate zoning in Shahrekord underground water. *Irrigation and Water Engineering Quarterly, 4*(15), 51-63. [In Persian].

5) Grandson, F., Maddi, A., & Azizi, Gh. (2017). Investigating tectonic activity in Eshtehard basin using radar interferometer. *Geography and Environmental Sustainability, 26*, 15-27. [In Persian].

6) Jianming, G., Shiyang, X., & Hailong, F. (2017). Neotectonic interpretations and PS-InSAR

monitoring of crustal deformations in the Fujian area of China. *Neotectonic interpretations and PS-InSAR monitoring of crustal deformations, 9* (1), 126-132.

7) Khosravi, Q., Ramsht, M. H., Tharvati, M. R., & Force, E. (2011). Janba tectonics, man, civility. *Natural Geography Research, 44* (81), 17-38. [In Persian].
8) Mansouri, R., & Safari, A. (2014). Analysis of tectonic activity of Farahzad watershed through geomorphic index. *Journal of Geographic Information (Sephr), 24* (95), 93-105. [In Persian].
9) Marta D. S., Maurizio D. M., Paola F., & Elvidio L. P. (2004). Quantitation morphotectonic analysis as atool for detecting deformation patterns in soft-rock terrains: A casestudy from the southern Marches, Italy. *Geomorphologie: Relif, Processes, Environment, 10*(4), 267-284
10) Nowruzpur, Sh., Akhund Ali, A. M., & Thaqfian, B. (2011). Effect of bed profile curvature on hydrological response of parallel slopes using kinetic wave simulator. *Water Resources Engineering, 5* (13), 73-85. [In Persian].
11) Pike, R.J. (1993). A bibliography of geomorphometry, with a topical key to the literature and an introduction to the numerical characterization of topographic form", U.S. *Geological Survey Open- file Report, 93-262-A, 132*
12) Ramsht, M. H., Ara, H., Shayan, S., & Yamani, M. (2011). Assessing the accuracy and correctness of geomorphological indicators using geodynamic data (case study: Jajroud watershed in northeast Tehran). *Environmental Geography and Planning, 23*, (2), 35-52. [In Persian].
13) Ramsht, M. H., Saif, A., Shah Zaidi, S., & Atziri, M. (2008). The influence of Jenba tectonics on the morphology of the Drakhnegan alluvial cone in the Shahdad region of Kerman. *Geography and Development, 7*(16), 29-46. [In Persian].
14) Shafii, N., Goli Mokhtari, L., Amir Ahmadi, A., & Zandi, R. (2019). Investigating the subsidence of Noorabad plain aquifer using radar interferometric method. *Journal of Quantitative Geomorphology Research, 8*(4), 111-93. [In Persian].
15) Shahbazi, Ali and Pourkhosravani, Mohsen. (2019). Lateral tectonic movements or subsidence caused by subsidence. *Quantitative Geomorphology Research, 8*(4), 164-175. [In Persian].
16) Shahmari Ardjani, R. (2009). Geological analysis using geomorphological indicators and evidence (Case study: Gorgan River and Talash watershed in the west of Gilan province. *Journal of Geography and Environmental Hazards, 31*, 127-141. [In Persian].
17) Tanesh, M., & Khosravi, Q. (2008). Geomorphological and geological evidences of Jenba tectonics in Khuzestan Jalga in relation to the folded Zagros roughness transformation model. *Geographical Research, 24*(3), 111-132. [In Persian].

پرتال جامع علوم انسانی