

Assessing weathering and resistance of rock units against erosion in the West Islamabad region, Kermanshah province

Samira Basati^{1*} , Haji Karimi² , Gholam Ali Ahmadi³ , Noredin Rostami⁴ 

¹ Ph.D. Student, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

² Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

³ M.Sc. Student, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Abstract

Introduction

The effects of weathering and erosion on Quaternary rocks and deposits depend on several factors, some of which are related to the nature of the rock and other factors are related to the external environment. Investigating all of the erosive factors is difficult and complex, therefore, the effective factors should be prioritized and taken into account in order to be able to determine a statistical relationship between the erosive factors and sediment statistics. Investigating the weathering and erodability of rock units is very important because of scientific and experimental knowledge of the rock's erodability in the region and as a result, their ranking and also their resistance to erosive factors can be a great help in evaluating the erodibility of rocks and for decision-making about the erosion control project in the region. For this reason, this study was conducted with the aim of investigating the weathering and rating of the rock mass resistance of geological formations to erosion in the West Islamabad region.

Materials and Methods

In this research, the role of weathering was investigated with the Lewis Peltier method using isotherm and isohyetal maps that were produced in the ArcGIS environment using climatic data. Various parameters can be effective in weathering processes, the most important of which are average temperature and annual precipitation, and Peltier models are also created based on these two parameters. For analyzing the resistance of stone units, the inherent characteristics of the parent materials which include mineralogical composition and texture were used. The types of stones and formations in the region were identified using geological maps and Google Earth. In the last stage, the analysis and interpretation of the results and finally the classification of rocks and formations in the study area were done using a qualitative method.

Results and Discussion

According to the Peltier diagram and the precipitation and temperature of the study area, the results showed that the prevailing regime in the area is moderate chemical weathering. Also, out of the nine morphogenetic states in the Peltier model, two semi-arid and savanna states occur in the climatic conditions of the region. The study area is diverse in terms of rainfall due to its topography condition. The highest rainfall and the lowest temperature belong to the northern part of the region, and the highest annual rainfall is about 700 mm, which is considered one of the Savan regions in terms of morphogenetic regions. The dominant feature of the Savan region can be called the activity of runoff and the moderate influence of the prevailing winds in the region. Other parts of the study area are considered as part of the semi-arid region due to rainfall and average temperature. The most important geomorphodynamic features of these areas are the influence of wind and moderate to intense running water activity. Water erosion occurs due to heavy rainfall in an area. So, if the amount of runoff is high, water and river processes can be intensive, but this situation in the diagram may be somewhat misleading because in areas with high rainfall and high temperature, this type of erosion is weak. Peltier probably drew this diagram based on the vegetation, precipitation, and temperature condition, because in areas with high temperature and high precipitation, rich vegetation is formed, which prevents soil erosion due to the presence of foliage and an extensive root system. The erodibility of rock and sedimentary units has been divided into six classes considering lithological factors.

Each of the sedimentary units that have the highest level of sensitivity and erodibility is classified in the sixth class, that is, very weak, and according to the degree of sensitivity of the units located in the next classes, it decreases with the decrease of the class number, so that the facies located in the first class has the lowest sensitivity. According to the evaluation carried out in the study area, the least erosivity is related to limestone outcrops. Dolomite sensitivity changes from one to four in different areas, and the most sensitivity is related to discontinuous debris deposits, including The types of alluvial sediments of river beds and floodplains, the alluvium and alluvial cones are related to Qt2 and have a level of sensitivity of 6. The comparison of the results of the classification method presented in this research with the amount of observed sediment yield indicated that considering other effective parameters on erosion, it can be trusted with a high and acceptable level of confidence and it can be used to rate the stone units and formations susceptibility to erosion.

Conclusion

As a result of weathering processes, the connected rocks will change to large and small separated materials. These materials rarely remain fixed on the slopes and they move on the slopes due to the gravity and the weight of the mass of materials or under the influence of the transport processes and are transferred to the foot of the mountain in different forms. In the West Islamabad region, due to the heavy rainfalls, mostly moderate chemical weathering occurs. Chemical weathering includes a set of chemical processes and interactions as a result of which substances in the atmosphere such as water, carbon dioxide, and oxygen show a chemical reaction against the minerals in nature, and as a result, new materials and minerals with different characteristics from the primary minerals will be created. Based on field observations and studies, dissolution is one of the most important chemical reactions common in the region. Considering that the dominant regime in the study area is chemical weathering and more than 90% of the area is in the semi-arid area, which is affected by the moderate to the severe activity of running water, as well as the inherent sensitivity of the rocks in the area to erosion, various types of erosion can be seen in the area, which makes it necessary to have suitable soil conservation programs in the region.

Keywords: Erodibility, Rock classification, Rock weathering, Soil conservation, Soil erosion

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: Samirabasati69@yahoo.com

Citation: Basati, S., Karimi, H., Ahmadi, G.A., & Rostami, N. (2023). Assessing weathering and resistance of rock units against erosion in the West Islamabad region, Kermanshah province. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(3), 150-162.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11532.1138

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.10.2

Received: 17 September 2022, Received in revised form: 19 October 2022, Accepted: 29 October 2022, Published online: 29 October 2022

Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 3, pp. 150-162

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





ارزیابی هوازُدگی و مقاومت واحدهای سنگی نسبت به فرسایش در منطقه اسلام‌آباد غرب، استان کرمانشاه

سمیرا بساطی^{۱*}، حاجی کریمی^۲، غلامعلی احمدی^۳، نورالدین رستمی^۴

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
^۲ استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
^۴ دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

بررسی هوازُدگی و مقاومت واحدهای سنگی نسبت به فرسایش از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا شناخت علمی و تجربی از مقاومت سنگ‌ها در منطقه و در نتیجه رتبه‌بندی آن‌ها نسبت به یکدیگر و همچنین مقاومت آن‌ها نسبت به عوامل فرساینده می‌تواند کمک شایانی در جهت ارزیابی مقاومت سنگ‌ها و پیشنهاد راهکارهای مدیریتی در کنترل بهینه میزان فرسایش در منطقه داشته باشد. به همین دلیل این مطالعه با هدف بررسی هوازُدگی و رتبه‌بندی مقاومت توده سنگ سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش در منطقه اسلام‌آباد غرب انجام شد. در این پژوهش هوازُدگی با روش لوئیس پلتیر با استفاده از نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش که در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی با داده‌های اقلیمی تهیه شدند، مورد بررسی قرار گرفت و برای بررسی مقاومت واحدهای سنگی از ویژگی‌های ذاتی مواد تشکیل‌دهنده سنگ‌ها شامل ترکیب کانی‌شناسی و بافت استفاده شد. در مرحله آخر بررسی و تفسیر نتایج و در نهایت طبقه‌بندی سنگ‌ها و سازندهای موجود در منطقه مورد مطالعه با توجه به منابع علمی به روش کیفی انجام شد. نتایج نشان داد که از نه وضعیت مورفوتکتیکی موجود در مدل پلتیر، دو وضعیت نیمه‌خشک و ساوان در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق می‌افتد، با توجه به نمودار پلتیر و مقدار بارش و دمای منطقه مورد مطالعه رژیم غالب در منطقه هوازُدگی متوسط شیمیایی و هوازُدگی خیلی کم است و از نظر مقاومت واحدهای سنگی نسبت به فرسایش، سنگ آهک آسماری و آهک دولومیتی شهبازان مقاوم به فرسایش و نهشته‌های آواری غیرپیوسته شامل انواع رسوبات آبرفتی بستر و دشت سیلابی رودخانه‌ها، پادگانه و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی حساس به فرسایش هستند. به‌طور کلی منطقه مورد مطالعه به فرسایش حساس است و انواع فرسایش‌ها در منطقه دیده می‌شود که اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و انتخاب روش‌های مبارزه متناسب با شرایط منطقه را ضروری می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: حساسیت به فرسایش، حفاظت خاک، رتبه‌بندی سنگ‌ها، فرسایش خاک، هوازُدگی سنگ‌ها

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Samirabasati69@yahoo.com

استاد: بساطی، سمیرا، کریمی، حاجی، احمدی، غلامعلی، و رستمی، نورالدین (۱۴۰۲). ارزیابی هوازُدگی و مقاومت واحدهای سنگی نسبت به فرسایش محدوده اسلام‌آباد نسبت به فرسایش و تولید رسوب. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۳)، ۱۵۰-۱۶۲.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11532.1138

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.10.2

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷



مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۳، صفحه ۱۵۰ تا ۱۶۲

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

۱- مقدمه

از زمان‌های دور، سنگ نماد پایداری و استحکام بوده و انسان در انتخاب مکان مناسب برای استقرار و زندگی به مناطق کوهستانی و پای‌کوهی پناه برده و اکثر مراکز سکونت‌خویش را در این مناطق دایر کرده است (Santos et al., 2018). ولی به مرور زمان سنگ‌هایی که در سطح زمین یا نزدیکی آن قرار داشتند، در اثر عواملی مانند هوازگی و فرسایش، یکپارچگی خود را از دست داده و متلاشی می‌شوند (Memarian, 2000). از طرفی دیگر خاک، یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است و استفاده از آن باید بر اساس استعداد و قدرت تولید آن و مبتنی بر رعایت اصول صحیح و علمی باشد. عاملی که موجودیت منابع آب و خاک را به خطر می‌اندازد، فرسایش است که همواره برای از بین بردن منابع عمل می‌کند (Refahi, 2014).

هوازگی زمانی رخ می‌دهد که سنگ‌های سطحی زمین بر اثر فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و یا زیستی شکسته می‌شوند و یا تغییر شکل می‌دهند. این عمل می‌تواند به وسیله آب، باد، اقلیم، عوامل گیاهی و جانوری صورت گیرد (Maqsoodi, 2010). شناخت عوامل مؤثر در شکل‌زایی و فرآیندهای هوازگی حاکم در قسمت‌های مختلف زمین باعث شناخت مخاطرات ژئومورفولوژیکی بالقوه و همچنین توان‌های محیطی این نواحی می‌شود (Vahabzadeh Kobriya and Saberi, 2021). امروزه به منظور مطالعه صحیح این پدیده‌ها از مدل‌های مختلفی استفاده می‌شود و مدل‌های لوئیس پلتیر^۱ در مورد ژئومورفولوژی اقلیمی منبعی در مورد فرآیندهای هوازگی است که زمین‌شناسان و ژئومورفولوژیست‌ها و دیگر علوم مرتبط، از آن برای شناسایی و تفسیر اشکال سطح زمین استفاده می‌کنند (Fowler and Petersen, 2003).

فرسایش‌پذیری خاک بیان‌گر حساسیت ذاتی خاک به فرسایش است و سهولت جدا شدن ذرات خاک بر اثر انرژی جنبشی باران و انتقال آن‌ها به وسیله نیروی رواناب را نشان می‌دهد (Chakharlu, 2019). به‌طور کلی ویژگی‌هایی که تأثیر مثبت بر نفوذپذیری و پایداری ساختمان خاک داشته باشند، فرسایش‌پذیری خاک را کاهش می‌دهند. از بین این ویژگی‌ها، آهک مانند ماده آلی با افزایش پایداری خاکدانه‌ها و نفوذپذیری خاک موجب می‌شود قابلیت جدا شدن ذرات از یک‌دیگر کاهش و سرعت نفوذ آب به خاک افزایش و در نتیجه فرسایش‌پذیری خاک کاهش پیدا کند (Mohammad Eidi, 2019). فرسایش خاک موجب کاهش عمق خاک، محتوای مواد آلی آن، خارج شدن عناصر معدنی موردنیاز گیاهان و کاهش ظرفیت ذخیره آب در خاک می‌شود که

مهم‌ترین نتیجه آن‌ها، کاهش تولیدات کشاورزی است (Fathizad et al., 2015). تلفات آب و عناصر غذایی خاک در اراضی تحت تأثیر فرسایش رخ می‌دهد، ولی نتایج این تخریب در کوتاه‌مدت از دید کاربران پنهان می‌ماند (Warren et al., 2005). یکی از عوامل تعیین‌کننده در فرآیندهای هوازگی و فرسایش سنگ‌ها، ویژگی‌های ذاتی کانی‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها است. عوامل محیطی و ثانویه، مانند اقلیم پیش از آن که نقش کلیدی در تولید رسوب داشته باشند، در تعیین نوع ویژگی‌های رسوبات ناشی از هوازگی و فرسایش مؤثرند (Shariat Jafari et al., 2009). در بین عوامل مؤثر بر فرسایش، مواد زمین‌شناسی (اعم از پیوسته و ناپیوسته) دارای شدت فرسایشی متفاوتی هستند و میزان فرسایش‌پذیری آن‌ها به ویژگی‌های سنگ‌شناسی و ساختمان زمین‌شناسی نظیر چین‌خوردگی بستگی دارد. یکی از عوامل مؤثر در رسوب‌زایی حوزه‌های آبخیز، جنس سازندهای موجود در منطقه است. همچنین یکی از عوامل مهمی که در مدل‌های رایج بررسی فرسایش و تولید رسوب همچون MPSIAC و EPM و مواردی از این قبیل مورد بررسی کارشناسی قرار می‌گیرد، عامل سنگ‌شناسی است که در این مدل‌ها می‌بایست سنگ‌ها با توجه به مقاومتی که نسبت به عوامل تخریب و فرسایش دارند مورد ارزیابی قرار گرفته و امتیازی به آن‌ها تعلق گیرد. یکی از مشکلات عمده طرح‌های حفاظت خاک و کنترل فرسایش فقدان شناخت کافی از سنگ‌شناسی است (Faiznia and Zare Khosh Iqbal, 2003).

تغییر عوامل محیطی مانند اقلیم، لرزه‌خیزی و پوشش گیاهی در مقیاس حوزه‌های آبخیز کوچک عموماً کم و ثابت است و این در صورتی است که خصوصیات سنگ‌شناسی ذاتی مواد می‌تواند حتی در حوزه‌های آبخیز کوچک نیز متغیر باشد و به دلیل همین ویژگی، کارایی طبقه‌بندی مبتنی بر ویژگی‌های ذاتی افزایش می‌یابد (Fathizad et al., 2015). برای رتبه‌بندی مقاومت سنگ‌های پیوسته به فرسایش، ویژگی‌هایی از سنگ مانند سختی، درز و شکاف، شدت هوازگی سنگ‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد (Faiznia and Zare Khosh Iqbal, 2003). سازندهای حساس به فرسایش در مقایسه با سازندهای سخت و محکم دارای پتانسیل رسوب‌دهی بیش‌تری هستند؛ بنابراین، با تعیین مقاومت سنگ‌ها و سازندها می‌توان به‌گونه‌ای مناسب مناطق مختلف را از نظر حساسیت به فرسایش مشخص نمود (Dehdarifar et al., 2018). در تبیین این روش از مجموعه داده‌های تجربی ارائه‌شده در طبقه‌بندی‌های مهندسی سنگ مانند (Franklin and Broch (1972), Anon (1977) و Selby (1980) نیز استفاده شده است. داده‌های ارائه‌شده در این

¹ Louis Peltier

منطقه مورد مطالعه، در این پژوهش به ارزیابی میزان هوازگی و حساسیت ذاتی سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش به‌منظور اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و تعیین روش‌های مبارزه با فرسایش پرداخته شده است. به دلیل وسعت زیاد منطقه مورد مطالعه امکان اجرای طرح‌های حفاظتی و آبخیزداری در کل منطقه وجود ندارد؛ بنابراین، برای افزایش عملکرد طرح‌های آبخیزداری ابتدا باید مناطق بحرانی از نظر پتانسیل فرسایش خاک، شناسایی و اولویت‌بندی شوند و سپس با اجرای برنامه‌های صحیح مدیریتی به‌ترتیب اولویت در کاهش و مهار فرسایش مناطق سعی شود.

۲- مواد و روش‌ها

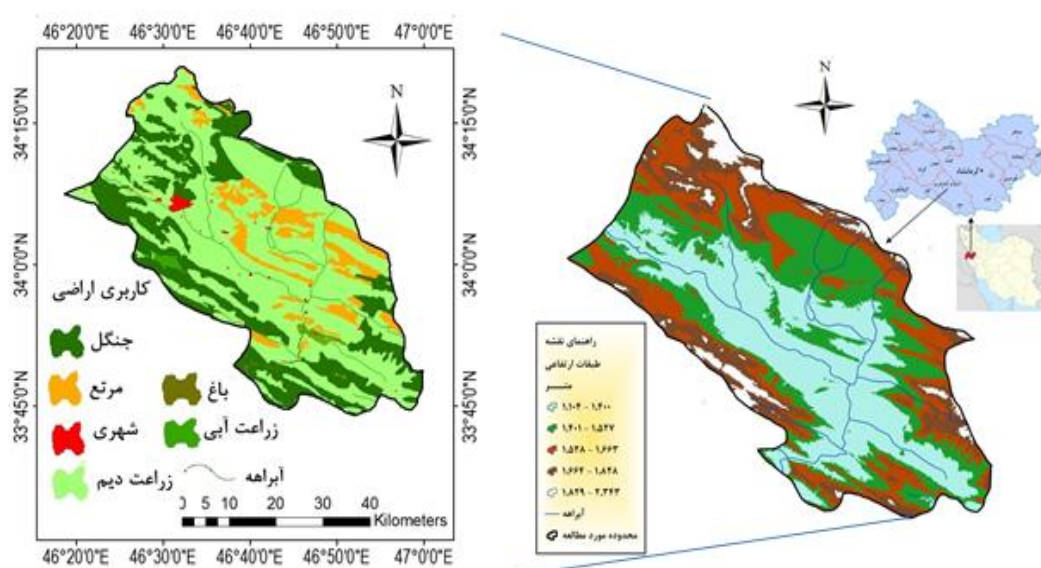
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان اسلام‌آباد غرب با مساحت ۲۰۵۴ کیلومترمربع در جنوب‌غربی استان کرمانشاه واقع شده و از بخش‌های کوه‌پایه، دشت و کوهستانی تشکیل شده است. کم‌ترین ارتفاع این منطقه در طبقه ۱۴۰۰-۱۱۰۴ متر قرار دارد. بخش کوهستانی نیز با ارتفاع حدود ۲۳۴۳ متر مرتفع‌ترین بخش منطقه را تشکیل می‌دهد. کل مساحت منطقه مورد مطالعه را کاربری‌های جنگل، مرتع، باغ، زراعت دیم، زراعت آبی و مسکونی تشکیل داده است. طبق تارنمای هواشناسی استان کرمانشاه متوسط حداکثر و حداقل دما در این منطقه به‌ترتیب ۲۶/۲۲، ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش ۴۷۵/۴۵ میلی‌متر است. شکل ۱ موقعیت مکانی شهرستان اسلام‌آباد غرب را نشان می‌دهد.

طبقه‌بندی‌ها چون بر مبنای اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی پژوهندگان معتبر جهانی است، در حال حاضر نیز در دنیا از مراجع معتبر و پذیرفته‌شده است.

مطالعات زیادی در زمینه هوازگی سنگ‌ها و فرسایش‌پذیری ذاتی سنگ‌ها در سطح ملی و بین‌المللی صورت گرفته است (برای نمونه، Fowler and Petersen, 2003; Shariat Jafari et al., 2009; Sadeghi et al., 2011; Vulević et al., 2014; Farahmand et al., 2014; Pasztor et al., 2016; Yadollahzadeh Zavardehi, 2018; Dehdarifar, 2018; Vaezi and Sahandi, 2020; Vahabzadeh Kobriya and Saberi, 2021). پژوهش‌های انجام‌شده سنگ‌شناسی و بافت خاک را به‌عنوان یک عامل مهم و مؤثر بر فرسایش‌پذیری خاک گزارش نموده‌اند و نشان داده است که سنگ‌های غیر متصل و خصوصاً سازندهای مارنی دارای قدرت فرسایش‌پذیری قابل‌توجه هستند. از طرفی اقلیم و بارش نقش قابل‌توجهی در هوازگی دارند. جلوگیری از فرسایش خاک که در واقع معنی آن کاهش میزان تلفات خاک است، زمانی تحقق می‌یابد که سرعت فرسایش خاک کم‌تر از سرعت تشکیل آن باشد و این بستگی به انتخاب استراتژی‌های مناسب در حفاظت خاک دارد. این امر مستلزم شناخت تمامی فرآیندهای فرسایش است. توجه به مسئله فرسایش خاک به‌عنوان امری ضروری محسوب می‌شود؛ بنابراین، نیاز است تا در این مورد مطالعات کافی صورت گیرد و متناسب با آن‌ها برنامه و اقدامات لازم نیز از سوی مدیران مربوطه اتخاذ شود (Yadollahzadeh Zavardehi, 2018).

با توجه به کمبود پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی صورت گرفته در رابطه با هوازگی و حساسیت ذاتی سازندهای زمین‌شناسی در



شکل ۱- موقعیت مکانی، طبقات ارتفاعی و کاربری اراضی (۱۴۰۰) محدوده مورد مطالعه
Figure 1- Location, elevation classes and land use (2021) of the study area

۲-۲- روش پژوهش

در این پژوهش بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و بازدید میدانی مهم‌ترین عوامل مؤثر در هوازگی و فرسایش خاک منطقه اسلام‌آباد غرب که شامل اقلیم و حساسیت ذاتی سنگ‌ها به فرسایش است، شناسایی شد. به‌منظور بررسی هوازگی از مدل پلتیر و برای بررسی حساسیت ذاتی سنگ‌ها از ویژگی‌های ذاتی مواد تشکیل‌دهنده سنگ‌ها که شامل ترکیب کانی‌شناسی و بافت است استفاده شد. پس از مشخص کردن متغیرهای مورد بررسی شامل زمین‌شناسی، اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌ها به گردآوری داده‌ها پرداخته شد.

۳-۲- مدل پلتیر

به‌منظور بررسی وضعیت هوازگی و اشکال مورفوتتیکی مربوط به سنگ‌های منطقه مورد مطالعه از مدل‌های پلتیر استفاده شد که به این منظور داده‌های اقلیمی متوسط دما و بارش سالانه هشت ایستگاه سینوپتیک استان کرمانشاه با دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۶-۱۹۸۶) از تارنمای هواشناسی استان کرمانشاه دریافت شد. پس از رفع نواقص مربوط به داده‌های دما و بارش متوسط سالانه با استفاده از روش رگرسیون در محیط ArcGIS، پایگاه اطلاعاتی داده‌های مورد نظر ایجاد شد. سپس، به‌منظور انجام فرآیند درون‌یابی و تحلیل‌های فضایی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده شد و نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش تهیه شدند (شکل ۲). روش کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار بوده و می‌توان گفت بهترین تخمین گر نااریب است، زیرا بدون خطای سامان‌مند است. به‌طور کلی می‌توان گفت کلیه روش‌های درون‌یابی بر مبنای این فرض توسعه یافته‌اند که نقاط نزدیک به یک‌دیگر نسبت به نقاط دورتر، همبستگی و تشابه بیشتری دارند (Mansouri and Safari, 2016).

مدل‌های لوئیس پلتیر در رابطه با ژئومورفولوژی اقلیمی که در همایش سالانه انجمن جغرافی‌دانان آمریکا در سال ۱۹۵۰ ارائه شد، تاکنون بهترین منبع در ارتباط با فرایندهای هوازگی است که ژئومورفولوژیست‌ها، زمین‌شناسان و سایر علوم مربوطه، از نمودارهای آن برای تعیین و تشریح فرایندهای پیچیده ثابت و دائمی که در سطح کره زمین در حال رخ دادن هستند بهره می‌گیرند (Fowler and Petersen, 2003). مدل پلتیر از هفت عامل برای بررسی اصول فرسایش سنگ و عوامل ژئومورفولوژیکی سنگ استفاده کرده و هر یک از مدل‌ها شرایط به‌خصوص و داده‌های مناسبی را برای کار لازم دارند. در پژوهش حاضر از دو

مدل پلتیر که به نحو مطلوبی می‌توانند وضعیت هوازگی و اشکال مربوطه را توصیف کنند استفاده شد که شامل بررسی رژیم هوازگی و مناطق مورفولوژیکی هستند.

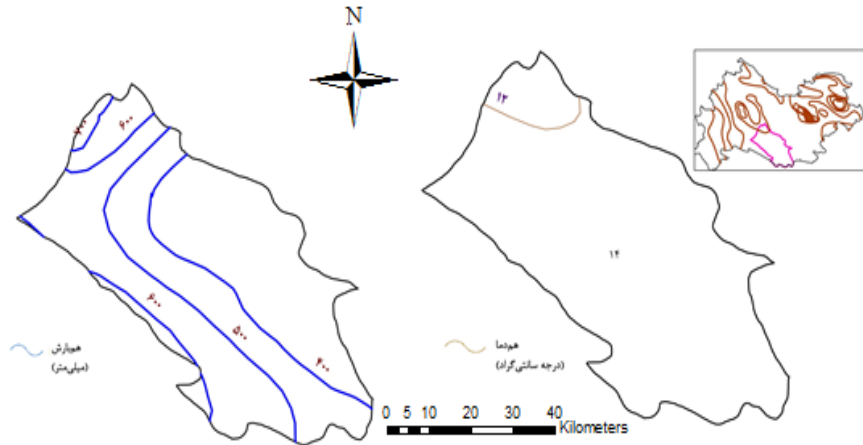
۲-۳-۱- رژیم هوازگی پلتیر

آب‌وهوا، تعیین‌کننده نوع تیپ هوازگی است. شدت و تیپ هوازگی در نواحی مختلف متفاوت بوده که این اختلافات، ناشی از عوامل جغرافیایی از قبیل عرض جغرافیایی، زاویه تابش، ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا است. در این مدل از دو متغیر بارش و دمای سالانه استفاده می‌شود. این مدل به هفت نوع تیپ هوازگی تقسیم می‌شود که هر ناحیه نشان‌دهنده یک نوع شرایط هوازگی است. شکل (۳) شدت و تیپ هوازگی را بر اساس تقسیم‌بندی پلتیر در سال ۱۹۵۰ نشان می‌دهد. طراحی این مدل به نحوی است که شرایط رطوبت بالا و گرمای حداکثر مشخص‌کننده هوازگی شیمیایی در منطقه بوده و مناطقی با خشکی و رطوبت پایین نیز دارای حداقل هوازگی شیمیایی‌اند. هوازگی فیزیکی در مناطق دارای دماهای بسیار پایین که در آن‌ها هوازگی مکانیکی بر هوازگی شیمیایی ارجحیت دارد، رخ می‌دهد (Mansouri and Safari, 2016).

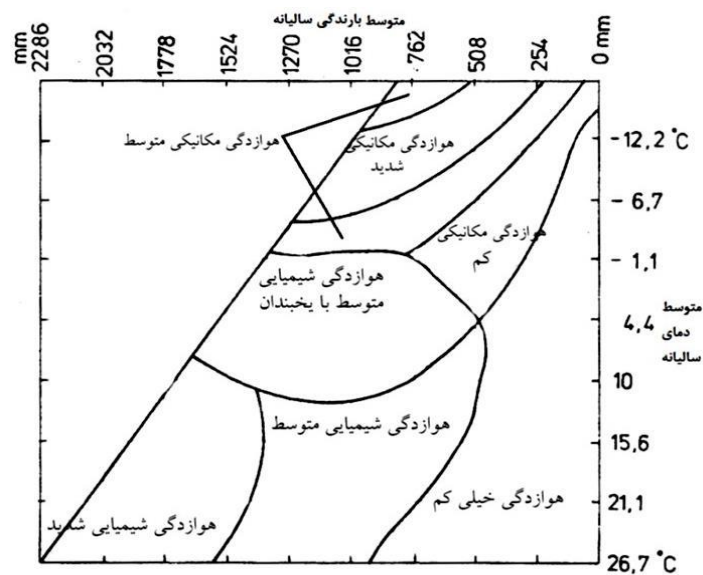
۳-۲-۲- مدل رژیم‌های مورفوتتیکی

نوع آب‌وهوای هر ناحیه بر میزان هوازگی و شدت آن مؤثر است. مقدار باران، پراکندگی آن در طول سال، درجه حرارت متوسط سالانه، تغییرات دما، عرض جغرافیایی، ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا، زاویه تابش خورشید و مجاورت با منابع رطوبتی در میزان هوازگی سنگ‌ها تأثیر می‌گذارد. در مدل مورفوتتیکی پلتیر در منطقه مورد مطالعه، مناطق مورفوتتیکی به نه طبقه مختلف تقسیم شده است (Apollaro et al., 2019). با توجه به مناطق مورفوتتیکی، هر منطقه دما و بارش متفاوتی با سایر مناطق دارد و همچنین هر نوع مناطق مورفوتتیکی، ویژگی خاص خود را دارد که با سایر نواحی مورفوتتیکی متفاوت است. جدول ۱ مناطق مورفوتتیکی را بر اساس تقسیم‌بندی پلتیر به همراه ویژگی‌های مورفولوژی آن‌ها نشان می‌دهد. همچنین شکل ۴ تقسیم‌بندی مناطق مورفوتتیکی را در گراف پلتیر نشان می‌دهد.

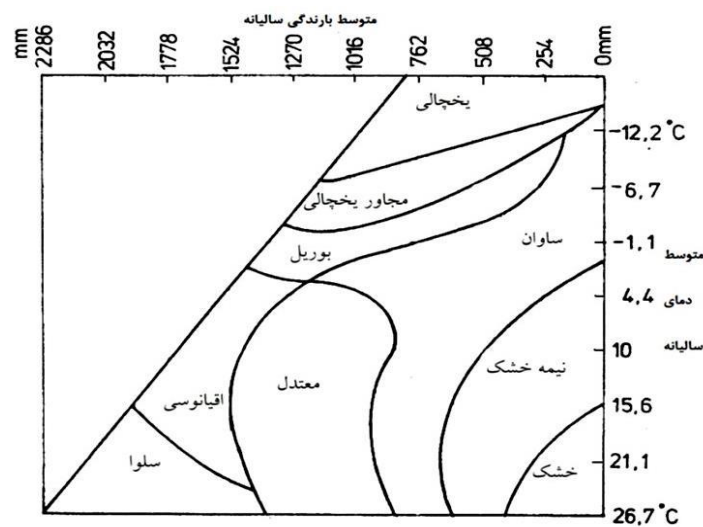
مناطق دارای دماهای پایین عمدتاً جزء مناطق یخچالی و مناطق با دما و بارش متوسط جزء مناطق نیمه‌خشک و مناطق دارای بارش‌ها و دماهای بالا جزء مناطق معتدل و سلوا محسوب می‌شوند. جدول ۱ مناطق مورفولوژیکی را بر اساس تقسیم‌بندی پلتیر به همراه ویژگی‌های مورفولوژیکی آن‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۲- نقشه منحنی هم‌باران و هم‌دما محدوده مورد مطالعه
Figure 2- Map of the curve of rainfall and temperature of the study area



شکل ۳- رژیم هوازگی بر اساس تقسیم‌بندی پلتیر (Peltier, 1950)
Figure 3- Weathering regime based on Peltier classification (Peltier, 1950)



شکل ۴- مناطق مورفوژنتیکی بر اساس تقسیم‌بندی پلتیر (Peltier, 1950)
Figure 4- Morphogenetic regions based on Peltier division (Peltier, 1950)

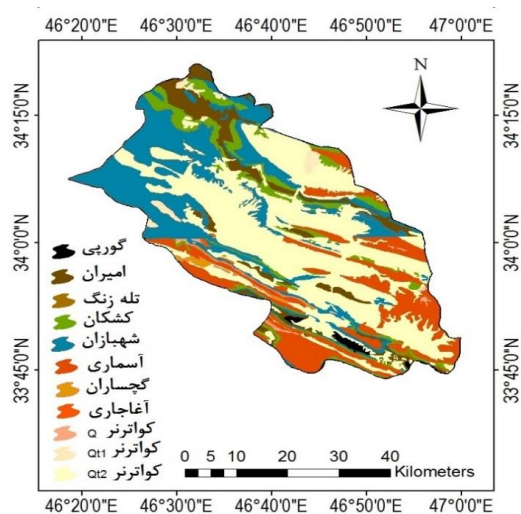
جدول ۱- مناطق مورفوتنیکی بر اساس تقسیم‌بندی پلتیر (Peltier, 1950)
Table 1- Morphogenetic regions based on Peltier's division (Peltier, 1950)

منطقه مورفوتنیکی	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)	ویژگی‌های مورفوتنیکی
یخچالی	-7 تا -18	0-1400	فرسایش یخچالی، نیواسیون
مجاور یخچالی	-1 تا -15	130-1400	تأثیر باد، حرکات شدید توده‌ای، فعالیت ضعیف آب جاری
بوریل	-9 تا +3	250-1520	تأثیر متوسط یخبندان، تأثیر متوسط تا ضعیف آب و باد
اقیانوسی	+2 تا +21	1270-1900	حرکات شدید توده‌ای، فعالیت متوسط تا ضعیف آب جاری
سلوا	+16 تا +29	1400-2290	حرکات شدید توده‌ای، شست و شوی کم دامنه‌ها
معتدل	+3 تا +29	890-1520	فعالیت حداکثر آب جاری، تأثیر کم یخبندان و باد
ساوان	-12 تا +29	640-1270	فعالیت شدید تا ضعیف آب جاری، تأثیر متوسط باد
نیمه‌خشک	+2 تا +29	250-640	تأثیر شدید باد، فعالیت متوسط تا شدید آب جاری
خشک	+13 تا +29	0-380	تأثیر شدید باد، فعالیت ضعیف آب جاری و حرکات توده‌ای

۴-۲- برآورد کیفی فرسایش‌پذیری واحدهای زمین‌شناسی

برای برآورد کیفی فرسایش‌پذیری سنگ‌ها از ویژگی‌های ذاتی مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها استفاده شده که شامل ترکیب کانی‌شناسی و بافت است که مستقل از محیط، عامل ایجاد مقاومت درونی ماده در برابر انفصال ذرات، تخریب و خاک‌سازی هستند. در این پژوهش سعی شده است با تکیه بر ویژگی‌های ذاتی سنگ‌ها و نهشته‌های سست، روشی مناسب و جامع برای تعیین حساسیت ذاتی سازندها که متشکل از مجموعه واحدهای سنگ‌شناسی هستند ارائه شد. برای تعیین نوع سنگ‌های منطقه مورد مطالعه از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شد. از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه جزء زون زاگرس چین‌خورده محسوب می‌شود و علامت مشخصه آن سنگ‌های رسوبی است که هسته ارتفاعات را تشکیل می‌دهد و در دامنه این ارتفاعات نهشته‌های منفصل در مقیاس وسیعی وجود دارد (شکل ۵). نتایج به‌دست آمده از

بازدیدهای صحرایی سال ۱۴۰۰، واحدهای چینه‌شناسی منطقه مورد بررسی از قدیم به جدید شامل انواع رخساره‌های سنگی و رسوبی کرتاسه تا عهد حاضر هستند. توالی واحدهای چینه‌ای شناسایی‌شده تحت تأثیر تحولات ساختمانی و تکتونیکی منطقه از دامنه تغییرات رخساره و پراکندگی ویژه‌ای برخوردارند. امتداد راستای عمومی چینه‌ها متأثر از ویژگی‌های ساختمانی زاگرس عموماً شمال‌غرب - جنوب‌شرق و مشتمل بر سازندهای امیران، تله‌زنگ، کشکان، شهبازان و نهشته‌های رسوبی کواترنری هستند. ویژگی‌های ذاتی سازندها و سنگ‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها می‌تواند مبنای مناسبی برای طبقه‌بندی جامعی با هدف تبیین فرسایش‌پذیری مواد باشد. از این لحاظ، طبقه‌بندی ارائه‌شده برای تعیین فرسایش‌پذیری واحدهای سنگ و خاک، بر مبنای ویژگی‌های ذاتی سنگ بکر بنا شده است.



شکل ۵- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه
Figure 5- Geological map of the study area

می‌شود، بیش‌ترین بارش و کم‌ترین دما متعلق به قسمت شمالی منطقه است و بیش‌ترین بارش آن در حدود ۷۰۰ میلی‌متر در سال است که از نظر مناطق مورفوتتیکی جزء مناطق ساوان محسوب می‌شود. ویژگی غالب منطقه ساوان را می‌توان فعالیت آب‌های جاری با شدت شدید تا ضعیف و تأثیر متوسط بادهای غالب منطقه نام برد. سایر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه به‌دلیل بارش و دمای متوسط جزء منطقه نیمه‌خشک محسوب می‌شود؛ این نتایج با یافته‌های (Vahabzadeh Kobriya and Saberi (2021 که منطقه نیمه‌خشک را به‌دلیل شرایط آب و هوایی در شمال غرب کشور معرفی کرده بود هم‌خوانی دارد و مهم‌ترین ویژگی‌های ژئومورفودینامیکی این مناطق، تأثیر باد و فعالیت آب جاری متوسط تا شدید است (شکل ۶). فرسایش آبی به سبب بارش زیاد در یک منطقه رخ می‌دهد و چنان‌چه میزان رواناب حاصل از بارش‌ها زیاد باشد فرآیندهای آبی و رودخانه‌ای می‌تواند شدید باشد (Jafari Aghdam, 2011)، اما این حالت در نمودار ممکن است تا حدودی همراه‌کننده نیز باشد؛ زیرا در مناطق با بارش زیاد و دمای بالا این نوع فرسایش ضعیف است. احتمالاً پلتیر بر اساس پوشش گیاهی حاصله از بارش و دما این نمودار را ترسیم کرده است؛ زیرا در مناطق با دمای بالا و بارش زیاد پوشش گیاهی غنی به وجود می‌آید که بر اثر وجود شاخ و برگ و سامانه گسترده ریشه‌ها از فرسایش خاک جلوگیری می‌کند (Jafari Aghdam, 2011). به‌هرحال وجود بارش زیاد می‌تواند استعداد تولید رواناب و فرسایش‌های آبی را افزایش دهد.

وزن‌دهی و تعیین حساسیت ذاتی واحدهای سنگ و خاک به فرسایش در منطقه اسلام‌آباد غرب بر اساس طبقه‌بندی ارائه‌شده در جدول ۲ انجام شد (Shariat Jafari et al., 2009; Peyrowan et al., 2012) و نتایج آن در جدول ۳ با اکتفا به ذکر ضخامت و سن سازندها ارائه شده است.

فرسایش‌پذیری و حساسیت نسبی واحدهای سنگی و رسوبی با در نظر گرفتن عوامل سنگ‌شناسی به شش کلاس تقسیم شده که محدوده گسترش هر کلاس موجود بر روی نقشه‌ای با عنوان نقشه حساسیت ذاتی سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش معرفی شده است (شکل ۷).

بر اساس نتایج فوق هر یک از واحدهای رسوبی از بیش‌ترین میزان حساسیت و فرسایش‌پذیری برخوردارند در کلاس شش؛ یعنی بسیار ضعیف طبقه‌بندی شده‌اند و به‌ترتیب درجه حساسیت واحدهای واقع در کلاس‌های بعدی با کاهش شماره کلاس کاهش می‌یابد؛ به‌گونه‌ای که رخساره‌های واقع در کلاس یک از پایین‌ترین میزان حساسیت برخوردار هستند.

بنابراین، در طبقه‌بندی ارائه‌شده (Shariat Jafari et al., 2009; Peyrowan et al., 2012)، صرفاً ویژگی‌های ذاتی مواد (کانی‌شناسی و بافت)، اساس قضاوت و تقسیم‌بندی سنگ‌ها و نهشته‌های نرم و منفصل به شش رده از جنبه مقاومت در برابر هوازگی و فرسایش با عنایت به نکات زیر بوده است:

۱) اساس عمده تعیین وزن یا پتانسیل فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی و نهشته‌های سست، ویژگی‌های مقاومتی ذاتی ماده متأثر از ترکیب کانی‌شناسی و بافت بوده است.

۲) در تعیین پتانسیل فرسایش‌پذیری سازندی که مجموعه‌ای از واحدهای سنگ‌شناسی است، میانگین وزنی کلاس‌های فرسایش‌پذیری مجموعه واحدهای تشکیل‌دهنده آن سازند مبنای وزن‌دهی قرار گرفته است.

۳) گسترش کلاس‌های فرسایش‌پذیری به شش رده به‌دلیل وجود انعطاف‌پذیری لازم در رده‌بندی و کاهش خطا بوده است که شامل:

مقاوم (I)

این رده دربرگیرنده سنگ‌های مقاومی نظیر سنگ آهک و تا حدی دولومیت و دولومیت‌های سخت است.

متوسط تا مقاوم (II)

این دسته شامل کنگلومرا، آهک لایه‌ای و دولومیت لایه‌ای است.

متوسط (III)

انیدریت مارن و آهک، شنی مارنی و ژپس در این گروه قرار می‌گیرند.

متوسط تا ضعیف (IV)

در این گروه سنگ‌هایی مانند شیل معمولی، مارن آهکی، مارن قرمز قرار دارند. نهشته‌های رودخانه و آبرفت نیز در این گروه قرار گرفته‌اند.

ضعیف (VI)

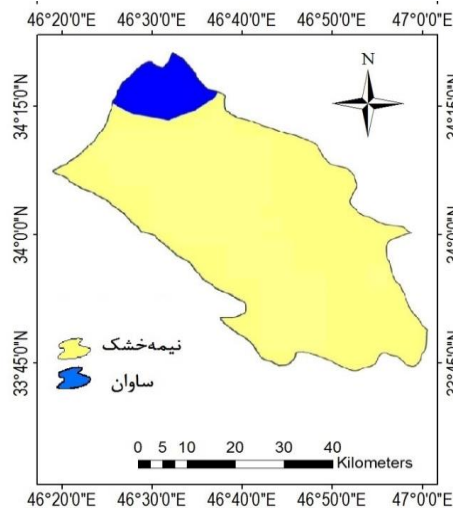
در این رده، سنگ‌های رسوبی، شامل مادستون، شیل سست مارن و پادگانه‌های آبرفتی سیلابی قدیمی، سنگریزه قرار می‌گیرند.

بسیار ضعیف (VII)

این گروه شامل شیل، پادگانه آبرفتی جدید، سنگریزه است (Shariat Jafari et al., 2009; Peyrowan et al., 2012).

۳- نتایج و بحث

با توجه به نمودار پلتیر و مقدار بارش و دمای منطقه مورد مطالعه نتایج نشان داد که رژیم غالب در منطقه هوازگی متوسط شیمیایی و هوازگی خیلی کم است؛ و هم‌چنین از نه وضعیت مورفوتتیکی موجود در مدل پلتیر، دو وضعیت نیمه‌خشک و ساوان در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق می‌افتد. منطقه مورد مطالعه به‌دلیل توپوگرافی گوناگون، از نظر بارش متنوع است. همان‌طور که در شکل ۲ دیده



شکل ۶- پهنه‌بندی مناطق مورفوزنتیکی محدوده مورد مطالعه بر اساس نمودار پلتیر
Figure 6- Zoning of the morphogenetic areas of the study area based on the Peltier diagram

جدول ۲- طبقه‌بندی حساسیت ذاتی واحدهای سنگ و خاک نسبت به فرسایش
Table 2- Classification of inherent sensitivity of rock and soil units to erosion

طبقه حساسیت	سنگ‌های رسوبی	خاک‌ها و نهشته‌های منفصل
مقاوم	سنگ‌آهک و تا حدی دولومیت، دولومیت	-
متوسط تا مقاوم	کنگومرا، آهک لایه‌ای، دولومیت لایه‌ای	-
متوسط	انیدریت مارن و آهک، ژیبس شنی مارنی	-
متوسط تا ضعیف	شیل معمولی، مارن آهکی، مارن قرمز	نهشته‌های رودخانه- آبرفت
ضعیف	مادستون، شیل سست مارن	پادگانه آبرفتی سیلابی قدیمی، سنگریزه
بسیار ضعیف	شیل	پادگانه آبرفتی جدید، سنگریزه

جدول ۳- رده‌بندی حساسیت ذاتی سازندهای محدوده مورد مطالعه نسبت به فرسایش
Table 3- Classification of the inherent sensitivity of the formations of the study area to erosion

نام سازند	سنگ‌شناسی	ضخامت (متر)	سن	حساسیت به فرسایش
کواترنری (Q)	نهشته‌های رودخانه- آبرفت	-	کواترن	متوسط تا ضعیف
کواترنری (Qt1)	پادگانه آبرفتی سیلابی قدیمی، سنگریزه	-	کواترن	ضعیف
کواترنری (Qt2)	پادگانه آبرفتی جدید، سنگریزه	-	کواترن	بسیار ضعیف
آسماری (As)	سنگ‌آهک و تا حدی دولومیت	314	الیگوسن پسین تا میوسن پیشین	مقاوم
آغاچاری (Aj)	ماسه‌سنگ آهک‌دار، مارن قرمز	3000	میوسن بالایی تا پلیوسن	متوسط تا مقاوم
کشکان (k)	کنگومرا - مارن قرمز	370	پالتوسن تا ائوسن	متوسط
شهبازان (Sh)	دولومیت و آهک‌های دولومیتی	333	ائوسن	مقاوم
گچساران (Gs)	ژیبس-انیدریت مارن و آهک	1850	میوسن	متوسط
گورپی (Gu)	مارن و شیل‌های خاکستری و لایه‌های نازک آهکی	320	کرتاسه بالایی تا پالتوسن	متوسط تا ضعیف
تله زنگ (Tz)	آهک مارنی	176	پالتوسن تا ائوسن میانی	متوسط
امیران (Am)	فلیش - شنی مارنی	890	پالتوسن	متوسط

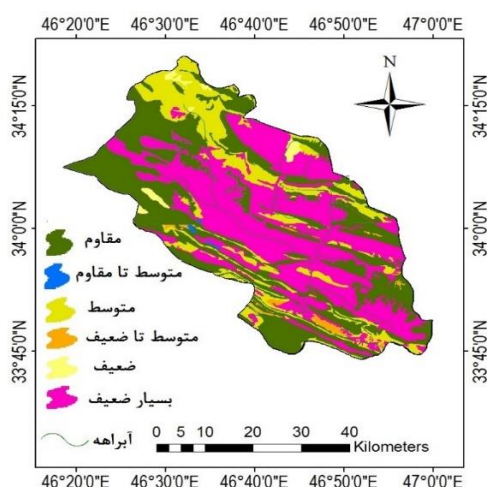
دولومیتی مربوط است که با بهره‌مندی از دامنه تغییرات حساسیت یک الی چهار در قلمروهای مختلف توسعه و پراکندگی دارند و

مطابق ارزیابی به‌عمل‌آمده در محدوده مورد مطالعه کم‌ترین حساسیت نسبت به فرسایش به رخنمون سنگ‌های آهکی،

تخریبی نیمه‌پیوسته کواترنر پادگانه‌های آبرفتی قدیمی کواترنر را شامل می‌شوند. این نهشته‌ها با سیمای ناهموار در دامنه ارتفاعات کوهستانی منطقه توسعه و پراکندگی دارند که تغییرات حساسیت نسبی این واحدها بین چهار تا پنج در تغییر است. مقایسه نتایج روش طبقه‌بندی ارائه‌شده در این پژوهش با میزان تولید رسوب مشاهداتی محدوده مشخص نمود که با در نظر گرفتن سایر پارامترهای مهم و مؤثر بر فرسایش، می‌توان با سطح اطمینان بالا و قابل قبولی به آن اعتماد کرد و از آن برای رتبه‌بندی حساسیت به فرسایش سازندها و واحدهای سنگی استفاده نمود.

بیش‌ترین میزان حساسیت به ترتیب به نهشته‌های آواری غیرپیوسته شامل انواع رسوبات آبرفتی بستر و دشت سیلابی رودخانه‌ها، پادگانه و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی Qt2 مربوط می‌شود و از درجه حساسیت شش برخوردار هستند. نتایج این بخش با نتایج Peyrowan et al. (2012) و Shariat Jafari et al. (2009) هم‌خوانی دارد.

انواع نهشته‌های شیلی و مارنی سازند امیران مرکب از مارن و شیل با میان‌لایه‌های سنگ آهک و نهشته‌های فیلیشی سازند کشکان شامل رسوبات آواری و تخریبی که دامنه تغییرات حساسیت نسبی این واحدها از سه تا پنج در تغییر است. واحدهای



شکل ۷- نقشه حساسیت ذاتی سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش محدوده مورد مطالعه

Figure 7- Map of inherent sensitivity of geological formations to erosion of the study area

مهم‌ترین این مدل‌ها که اطلاعات زیادی را در مورد ژئومورفولوژی اقلیمی به دست می‌دهند، مدل مربوط به طبقه‌بندی مورفوژنتیکی و رژیم‌های هوازدگی است که در این پژوهش استفاده شد. نقشه‌های ایجاد شده می‌توانند نشان‌گر وضعیت شهرستان اسلام‌آباد غرب از لحاظ هوازدگی و اشکال مربوط به آن باشند. پارامترهای مختلفی می‌توانند در فرآیندهای هوازدگی مؤثر باشند که مهم‌ترین آن‌ها متوسط دما و بارش سالانه است و مدل‌های پلتیر نیز بر پایه این دو پارامتر ایجاد شده‌اند. با توجه به این‌که رژیم غالب در منطقه مورد مطالعه هوازدگی شیمیایی است، قرار گرفتن بالغ بر ۹۰ درصد منطقه در منطقه نیمه‌خشک که تحت تأثیر فعالیت متوسط تا شدید آب جاری است و با توجه به حساسیت ذاتی سنگ‌های منطقه به فرسایش، انواع فرسایش‌ها در منطقه دیده می‌شود که اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و انتخاب روش‌های مبارزه متناسب با شرایط منطقه را ضروری می‌نماید.

۴- نتیجه‌گیری

در اثر فرآیندهای هوازدگی، سنگ‌های متصل به صورت مواد منفصل بزرگ و کوچک در می‌آیند. این مواد بر روی شیب‌ها به‌ندرت ثابت باقی می‌مانند و در اثر نیروی ثقل و وزن توده مواد یا تحت تأثیر فرآیندهای حمل بر روی دامنه‌ها حرکت می‌کنند و در اشکال مختلف به پای کوه منتقل می‌گردند. در منطقه اسلام‌آباد غرب به علت بارش‌های زیاد، بیش‌تر هوازدگی از نوع شیمیایی متوسط رخ می‌دهد. هوازدگی شیمیایی شامل مجموعه‌ای از فرآیندها و فعل و انفعالات شیمیایی است که در نتیجه آن‌ها مواد موجود در اتمسفر مانند آب و دی‌اکسیدکربن و اکسیژن در برابر کانی‌های موجود در طبیعت واکنش شیمیایی نشان می‌دهند و در نتیجه مواد و کانی‌های جدید با اختصاصاتی متمایز از کانی‌های اولیه ایجاد می‌نمایند. بر اساس ملاحظات صحرایی و بررسی‌های انجام‌شده، انحلال از جمله مهم‌ترین واکنش‌های شیمیایی رایج در منطقه است. یکی از مهم‌ترین منابع در مورد ژئومورفولوژی اقلیمی، یافته‌ها و مدل‌های مربوط به لوئیس پلتیر است. از

منابع

- پیروان، ح، بیات، ر، شریعت‌جعفری، م، و جعفری‌اردکانی، ع. (۱۳۹۳). طبقه‌بندی و بررسی نرخ فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی حوضه‌های آبخیز ایران، پروژه اطلس حوضه‌های آبخیز. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری ایران، ۲۳۹ صفحه.
- جعفری‌اقدم، مریم (۱۳۸۹). بررسی تغییرات مرزهای مورفوکلیماتیکی و مورفودینامیکی کواترنری در حوضه جاجرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- چاخارلو، ساغر (۱۳۹۹). بررسی فرسایش‌پذیری بادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌برداری رقومی در ساحل شرقی دریاچه ارومیه. رساله دکتری، دانشگاه تبریز.
- دهداری‌فر، مسلم، فرجی، محمد، صالحی‌ویسی، محمد، و احسانی، جهانبخش (۱۳۹۸). مقایسه مقاومت سنگ‌های آهک آسماری، میشان، آغاچاری و انیدریت گچساران به روش سایش لس آنجلس. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۱۲(۲)، ۱۹۷-۲۰۹. doi:10.22069/jwsc.2020.15693.3088
- رفاهی، حسینقلی (۱۳۹۴). فرسایش و کنترل آن. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۷۴ صفحه.
- شریعت‌جعفری، محسن، غیومیان، جعفر، و پیروان، حمیدرضا (۱۳۸۵). حساسیت ذاتی سازندهای زمین‌شناسی به هوازدگی و فرسایش در حوضه‌های واقع در پهنه رسوبی - ساختاری خرده قاره ایران مرکزی. *علوم دانشگاه تربیت‌معلم*، ۶(۲)، ۷۰۹-۷۲۲.
- صادقی، سیدحمیدرضا، نور، حمزه، فضلی، سمیه، و رئیس، محمدباقر (۱۳۹۰). تخمین رسوب رگبار بر اساس متغیرهای بارش و رواناب در حوزه آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس. *دانش آب و خاک*، ۲۱(۲)، ۱۵۸-۱۴۹.
- فتحی‌زاد، حسن، کریمی، حاجی، و توکلی، محسن (۱۳۹۵). نقش حساسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی در فرسایش و
- تولید رسوب (مطالعه موردی: زیرحوضه‌های رودخانه دویرج استان ایلام). *مدیریت حوزه آبخیز*، ۷(۱۳)، ۱۹۳-۲۰۸.
- فیض‌نیا، سادات، و زارع خوش‌اقبال، مریم (۱۳۸۲). بررسی حساسیت سازندهای زمین‌شناسی نسبت به فرسایش و تولید رسوب در حوزه آبخیز لتیان. *منابع طبیعی ایران*، ۵۶(۴)، ۳۶۵-۳۸۱.
- محمدعیدی، رجب (۱۳۹۹). ارزیابی فرسایش‌پذیری خاک در اراضی لسی شرق استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گنبد کاووس.
- معماریان، حسین (۱۳۷۹). زمین‌شناسی برای مهندسی. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۱۴۸ صفحه.
- مقصودی، مهران، خوش‌اخلاق، فرامرز، حنفی، علی، و روستا، ایمان (۱۳۸۹). پهنه‌بندی فرآیندهای هوازدگی سنگ‌ها بر اساس مدل‌های پلتیر در شمال غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۴۲(۷۴)، ۴۶-۳۵.
- منصوری، ر، صفاری، ا. (۱۳۹۶). ارزیابی و پهنه‌بندی فرآیندهای هوازدگی سنگ‌ها برپایه نمودارهای لوئیس پلتیر (پژوهش موردی: استان‌های شمالی، شمال‌خاوری و مرکزی ایران)، مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی علوم جغرافیایی، دانشگاه پیام‌نور واحد شاهین‌شهر، ۲۲-۱.
- واعظی، علیرضا، و سهندی، خدیجه (۱۳۹۹). تأثیر تخریب ساختمان خاک بر فرسایش پاشمانی در خاک‌های با بافت مختلف. *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۴(۴۸)، ۱۱-۲۰. doi:10.1001.1.20089554.1399.14.48.3.0
- وهاب‌زاده کبری، قربان، و صابری، عارف (۱۴۰۰). تأثیر پارامترهای اقلیمی بر روی هوازدگی سنگ‌ها با استفاده از مدل لوئیس پلتیر (مطالعه موردی: جنوب غرب استان آذربایجان غربی). *اطلاعات جغرافیایی*، ۳(۱۱۸)، ۲۱۷-۲۳۱. doi:10.22131/sepehr.2021.246151
- یدالله‌زاده زوردهی، ز. (۱۳۹۸). تحلیل و اولویت‌بندی میزان فرسایش در حوضه نوسر هراز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.

References

- Apollaro, C., Fuoco, I., Brozzo, G., & De Rosa, R. (2019). Release and fate of Cr (VI) in the ophiolitic aquifers of Italy; the role of Fe (III) as a potential oxidant of Cr (III) supported by reaction path modelling. *Science of The Total Environment*, 4(660), 1459-1471. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.01.103
- Anon. (1977). The description of rock masses for engineering purposes. engineering group working party report. *Engineering Geology*, 10, 43-55. doi:10.1144/GSL.QJEG.1977.010.04.01
- Chakharlu, S. (2019). Investigating wind erosion using satellite images and digital mapping on the eastern shore of Lake Urmia. Ph.D thesis, Tabriz University, Tabriz, Iran. [In Persian]
- Deere, D.U., & Miller, R.P. (1966). Engineering Classification and Index Propertis for intact Rock. Tech. Rep. No. AFWL-TR-65-116. Air Force Weapons Lab, Kirtland Air Base, New Mexico.
- Dehdarifar, M., Faraji, M., Salehi Veisi, M., & Ehsani, J. (2018). Comparing the resistance of Asmari, Mishan, Aghajari and Gachsaran anhydrite limestones using the Los Angeles abrasion method. *Water and Soil Conservation Research*, 12(2), 197-209. doi:10.22069/jwsc.2020.15693.3088 [In Persian]
- Fathizad, H., Karimi, H., & Tavakoli, M. (2015). The role of sensitivity to erosion of geological formations in erosion and sediment production (case study: sub-basins of the Duiraj River in Ilam province). *Watershed Management Research*, 7(13), 193-208. [In Persian]
- Farahmand, H., Arin, M.A., Khakzad, A., & Afshar, M. (2014). Effects of climate on rock weathering processes based on Peltier models in

- Kermanshah province, western Iran. International Conference on New Researches in Agricultural and Environmental Sciences, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Faiznia, S., & Zare Khosh Iqbal, M. (2003). Investigating the sensitivity of geological formations to erosion and sediment production in the Lethian watershed. *Iranian of Natural Resources*, 56(4), 365-381. [In Persian]
- Fowler, R., & Petersen, J. (2003). A spatial representation of Louis Peltier's weathering erosion and climatic graphs using Geographic Information System (GIS), GEO 5419, Advanced GIS II. Spring.
- Franklin, J.A., & Broch, E. (1972). The Point Load Strength Test. *International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences Geotechnics Abstract*, 9, 669-697. doi:10.1016/0148-9062(72)90030-7
- Jafari Aghdam, M. (2011). Investigating the changes of Quaternary morphoclimatic and morphodynamic boundaries in Jajrud basin. M.Sc. Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. [In Persian]
- Maghsoudi, M., Khoshakhlagh, F., Hanafi, A., & Russta, A. (2010). Zoning of rock weathering processes based on Peltier models in northwestern Iran. *Natural Geography Research*, 42(74), 35-46. [In Persian]
- Mansouri, R., Safari, A. (2016). Evaluation and zoning of rock weathering processes based on Lewis-Peltier diagrams (Case study: North, Northeast and Central provinces of Iran). Proceedings of the 5th National Conference of Geographical Sciences, Payam Noor University Shahinshahr Branch, Iran, Pp. 1-22. [In Persian]
- Memarian, H. (2000). *Geology for Engineers*. 4th edition, Tehran University Press, 2148 pages. [In Persian]
- Mohammad Eidi, R. (2019). Evaluation of soil erodibility in loess lands of eastern Golestan province. M.Sc. Thesis, Gonbad Kavos University, Golestan, Iran. [In Persian]
- Pasztor, L., Négyesi, G., Laborczi, A., & Kovacs, T. (2016). Integrated spatial assessment of wind erosion risk in Hungary. *Hazards Earth System Science*, 16, 2421-2432. doi:10.5194/nhess-16-2421-2016
- Peltier Louis, C. (1950). The geographic cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology. *Annals of the Association of American Geographers*, 40(3), 214-236. doi:10.1007/978-1-349-15508-8_9
- Peyrowan, H., Bayat, R., Shariat Jafari, M., & Jafari Ardekani, A. (2012). Classification and studying of erodibility rates of geological formations of watershed basins of Iran, Watershed Basins Atlas Project. Final report of research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Center of Iran, 239 pages. [In Persian]
- Refahi, H. (2014). *Erosion and its Control*. First edition, Tehran University Press, 674 pages (in Persian).
- Santos, J.C.B.D., Le Pera, E., Souza Júnior, V.S.D., Oliveira, C.S.D., Juilleret, J., Corrêa, M.M., & Azevedo, A.C.D. (2018). Porosity and genesis of clay in gneiss saprolites: The relevance of Saprolithology to whole regolith Pedology. *Geoderma*, 319, 1-13. doi:10.1016/j.geoderma.2017.12.031
- Sadeghi, S.H.R., Noor, H., Fazli, S., & Raisi, M.B. (2011). Estimation of barrage sediment based on rainfall and runoff variables in the educational and research watershed area of Tarbiat Modares University. *Soil and Water Science*, 21(2), 149-158. [In Persian]
- Selby, M.J. (1980). A rock mass strength classification for geomorphic purposes, with tests from Antarctica and New Zealand. *Geology*, 24(3), 31-51. doi: 10.1127/zfg/24/1984/31
- Shariat Jafari, M., Ghayoumian, J., & Peyrowan, H. (2009). The inherent sensitivity of geological formations to weathering and erosion in the basins located in the sedimentary-structural zone of the central Iranian subcontinent. *Tarbiat Moalem University Science*, 6(2), 709-722. [In Persian]
- Vahabzadeh Kobriya, Q., & Saberi, A. (2021). The effect of climatic parameters on the weathering of rocks using the Lewis Peltier model (case study: southwest of West Azerbaijan province). *Geographic Information*, 3(118), 217-231. doi:10.22131/sepehr.2021.246151 [In Persian]
- Vaezi, A., & Sahandi, Kh. (2020). The effect of soil structure destruction on spray erosion in soils with different textures. *Iran Watershed Science and Engineering*, 14(48), 11-20. doi:10.1001.1.20089554.1399.14.48.3.0 [In Persian]
- Vulević, T., Dragović, N., Kostadinov, S., Belanović Simić, S., & Milovanović, I. (2014). Prioritization of soil erosion vulnerable areas using multi-criteria analysis methods. *Environmental Studies*, 24(33), 317-323. doi:10.15244/pjoes/28962
- Warren, S.D., Milasova, H., Hohmann, M.O., Landsberger, S., Iskandar, F.Y., Ruzycski, T.S., & Senseman, G.M. (2005). Validation of a 3-D enhancement of the Universal Soil Loss Equation for prediction of soil erosion and sediment deposition. *Elsevier Science*, 64(2), 281-296. doi:10.1016/j.catena.2005.08.010
- Yadullahzadeh Zavardehi, B. (2018). Analysis and prioritization of the rate of erosion in Nasr Haraz Basin. M.Sc. Thesis, Mazandaran University, Mazandaran, Iran. [In Persian]