



Geomorphological Analysis of Land use Units: A Case Study of the Godar Kafano Watershed, Kerman

Naser Mashhadi^{1*} | Sirous Shamshiri²

1. International Desert Research Center, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Department of Arid and Mountainous Region Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Correspond E-mail: nmashhad@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 15 Dec. 2025
Revised: 26 Jan. 2026
Accepted: 01 Feb. 2026
Published online: 01 Jul. 2026

Keywords:
Land form,
Dynamic processes,
Land use pattern,
Regular slope,
Debris,
Parent material.

Abstract

Landform-based physiographic units directly and indirectly influence the diversity and spatial distribution of land use and land cover. The spatial patterns of landforms and land use/cover result from both natural and human factors, whose interactions are not yet fully understood. This study presents a geomorphological analysis of land-use units in a semi-arid to semi-humid region to support land-use planning. Landform units were delineated based on lithological characteristics and dominant geomorphic processes. The dominant spatial patterns of land use were analyzed using satellite imagery and field observations. Land-use classification and mapping were conducted in two stages based on land-use function and activity. The geomorphological analysis revealed that cropland is primarily distributed across regular slopes and landforms affected by surface erosion. Cropland is also largely confined to slopes ranging from 0 to 10%, indicating topographic constraints on its expansion. Rangelands, pastures, and water-resource land uses are distributed across a wide range of landforms, lithological units, and slope classes. Urban land uses are mainly concentrated in low-lying areas with slopes of less than 5%. The results demonstrate that landform characteristics and slope strongly influence land-use diversity and spatial patterns. Incorporating geomorphic conditions into land-use planning can therefore serve as a key component of sustainable decision-making.

Cite this article: Mashhadi, N., Shamshiri, S. (2026). Geomorphological analysis on land use units (Case study: Godar-Kafano watershed, Kerman). *Journal of Range & Watershed Management*, 79 (2), 263-290. DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2026.408197.1862>



EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Human-environment interactions have now changed ecological patterns and processes, causing major changes in biodiversity, geomorphic processes, biogeochemistry, and climate globally. These environmental transformations are also reflected in geomorphic responses. Land use results from the interaction between human activities and the natural environment. The diversity and spatial pattern of land use/land cover are influenced by a range of external drivers, including both natural factors and human interventions. Among the natural controls, geomorphological characteristics play a particularly important role. At the same time, human activities such as agricultural expansion and overgrazing have intensified in response to population growth and urban development. Together, these natural features and anthropogenic land-management practices have substantially modified and reorganized land use patterns. A landform is a physical feature of the Earth's surface with a characteristic and recognizable shape, formed over time by natural processes. Accurate understanding of the relationship between geomorphology and land use patterns is the premise and basis for landscape pattern optimization and the rational management of land resources. Different landform and land use types can be identified through the interpretation of satellite imagery and aerial photographs. However, in the analysis of both, field observation and ground verification must also be carried out. Therefore, exploring the impacts of different geomorphic conditions on land use patterns can help reveal the internal mechanisms through which topographic features influence land use. This study considers landforms as the expression of natural processes and land use as the manifestation of human activity in the landscape. It aims to provide a theoretical and scientific basis for land-use planning and for the protection of ecologically vulnerable areas.

Materials and Methods: The Godar-Kafano watershed is located southwest of Qaleh Askar City in Kerman Province and covers an area of 7,031 ha. The region has a semi-arid and cold climate, with various geomorphic types (landforms) related to this climate and several types of land use. Elevation ranges from 2,656 to 3,265 m above sea level. The dominant geomorphic features of the area are mountainous landforms, followed by limited alluvial plains. The study method included satellite-image interpretation, stereoscopic interpretation of aerial photographs, and field verification of landform and land-use units. The landform classification scheme was based on process criteria and employed a lithological analysis approach. The land use classification system was based on land function and type of economic activity. The combined landform and land use analysis resulted in the production of maps and a spatial database. A matrix containing the overlap areas of landform and land-use classes was created by overlaying the maps. To determine the effect of geomorphic features (landforms) on the spatial distribution of land use types, that is, the frequency of occurrence of different land use categories on specific geomorphic units, the geomorphological distribution index was used, which is obtained from the following equation:

$$P = S_{ie} * S / S_i * S_e$$

Where P represents the geomorphological distribution index, S_{ie} is the area of land use/cover i in topographic region e , and S_i and S_e are the total areas of land use/cover type i and topographic feature e , respectively. S is the total area of the study area.

By plotting the geomorphological distribution index P on the vertical axis against landform units on the horizontal axis, a geomorphological distribution curve was obtained. The curve shows the deviation between the distribution of land use types in each landform unit in the terms of adaptability or selectivity.

Results and Discussion: The dominant rock types in the study area include old alluvial deposits; rhyolitic to dacitic lava; lahar; sandstone; conglomerate; andesite; andesitic basalt associated with rhyolite and pyroclastic rocks; and sandy marl. Geomorphological analysis identified the main landforms as regular slopes, rocky outcrops, rill erosion, surface erosion, and channel erosion. The dominant landform type in the study area was rocky outcrop, covering 2,478 ha. Analysis of the three main topographic factors, elevation, slope, and aspect, showed that the largest proportion of the region is characterized by slopes of less than 40% and elevations between 2,800 and 3,000 m.

Land-use analysis identified four functional land use categories and ten land use types based on economic activity. Rangeland and agriculture accounted for the largest shares of land use, covering 5,803 ha and 450 ha, respectively. Analysis of land use distribution characteristics in topographic parameters showed that the topographic gradient effects

of land uses in the region were quite different. Agricultural land use was confined to slopes of less than 10% and elevations below 2,800 m. This indicates that the spatial distribution of land use types in the region is clearly constrained by the natural environment. The relationship between land use and landforms revealed both simple and complex patterns. Agricultural and urban land uses, which are strongly influenced by human activities, showed similar dominant distributions within the regular-slope landform unit, and their spatial distribution was jointly constrained by elevation, slope, and relief amplitude. In contrast, pastures, despite covering relatively small areas, showed strong selectivity across a variety of landforms and topographic conditions. This may be related to the presence of springs in different parts of the region.

Conclusion: Geomorphological analysis proved to be an effective tool for identifying the spatial correlations between land use and landform units. The results show that geomorphology, in approach of process and form, affects both the spatial distribution of land use patterns and the intensity of human activities. The higher the geomorphological diversity and complexity are, the higher the land use diversity is. Geomorphology and physiography were found to be important factors affecting land use diversity and patterns. Among the topographic parameters, slope had a particularly significant effect on the diversity and expansion of biologically based subsistence activities, such as agriculture and orcharding, within the regular-slope landform unit across different rock types. Elevation also influences landforms associated with weathering and water-based processes through its effect on climate. Therefore, elevation can be considered significantly negatively correlated with land use diversity and distribution indices. The findings indicate that geomorphological responses to environmental conditions exert both positive and negative effects on land use diversity and patterns, such that changes in geomorphic features are accompanied by corresponding changes in land use diversity patterns. Geomorphological assessment of land use, based on landform maps and applied to land use planning, provides a more effective description of the complexity of land use and landform patterns. It therefore offers valuable support for understanding the spatial and temporal relationships between landforms and land use activities in each region.

Keywords: Land form, dynamic processes, land use pattern, regular slope, Debris, Parent material

Article Type: Research Article

Conflicts of interest: The authors of this article declare no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



دوره ۷۹ (۲)

شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۵-۲۴۲۳

نشریه مرتع و آبخیزداری



تحلیل ژئومورفولوژیکی واحدهای کاربری سرزمین (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گدار کفنو، کرمان)

ناصر مشهدی^{۱*} | سیروس شمشیری^۲

۱. مرکز تحقیقات بین المللی بیابان، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
رایانامه: nmashhad@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۱۰

واحدهای فیزیوگرافی بر پایه شکل ناهمواری‌های زمین به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر تنوع و توزیع مکانی پوشش و کاربری زمین تأثیر می‌گذارند. الگوهای ترکیبی اشکال سرزمین و کاربری زمین، از عوامل طبیعی انسانی ناشی می‌شوند که تعاملات بین آنها هنوز مشخص نیست. این مقاله در قالب بررسی موردی از تحلیل ژئومورفولوژی واحدهای کاربری سرزمین در یک منطقه نیمه خشک تا نیمه مرطوب برای اهداف برنامه‌ریزی کاربری زمین انجام شده است. واحدهای لندفرم بر پایه واحدهای سنگ‌شناسی و فرایندهای پویا استخراج و تهیه شد. الگوهای مکانی توزیع غالب هر نوع کاربری زمین، با استفاده تصاویر ماهواره و بازدیدهای میدانی مورد مطالعه قرار گرفتند. طبقه‌بندی و نقشه کاربری زمین در دو فاز عملکرد و فعالیت انجام شد. تحلیل ژئومورفولوژی نشان می‌دهد که توزیع و گسترش کاربری زراعت در لندفرم‌های دامنه منظم و دامنه با فرسایش سطحی رخ داده است. همچنین این کاربری در شیب‌های ۰ تا ۱۰ درصد پراکنده است که نشان‌دهنده محدودیت گسترش از نظر شیب دارد. کاربری‌های مرتع، چمنزار و منابع آب در تمام لندفرمها با هر نوع سنگ بستر و شیب‌های توپوگرافی متفاوت گسترش دارند. کاربری شهری در مناطق کم ارتفاع با شیب کمتر از ۵ درصد متمرکز شده‌اند. نتایج نشان داد که لندفرم و شیب به شدت بر تنوع و الگوی کاربری زمین تأثیر می‌گذارند. در نظر گرفتن رابطه بین شرایط ژئومورفیک و کاربری زمین می‌تواند به مؤلفه کلیدی تصمیم‌گیری در هر طرح کاربردی تبدیل شود.

کلیدواژه‌ها:

شکل ناهمواری،

فرایندهای پویا،

الگوی کاربری زمین،

دامنه منظم،

واریزه،

مواد مادری.

استناد: مشهدی، ناصر، شمشیری، سیروس (۱۴۰۵). تحلیل ژئومورفولوژیکی واحدهای کاربری سرزمین (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گدار کفنو، کرمان). نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۹ (۲)، ۲۶۳-۲۹۰.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2026.408197.1862>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

تعاملات انسان و محیط (Turner, 2002)، اکنون الگو و فرایندهای بوم‌شناختی را در بیشتر زیست‌کره زمینی تغییر داده است (Kareiva et al, 2007; Ellis et al, 2008)، و باعث تغییرات عمده در تنوع زیستی (Barnosky et al, 2012)، فرایندهای ژئومورفیک (Knight et al, 2013; Campos et al, 2012; Scanlon et al, 2005)، بیوژئوشیمی (Kaplan et al, 2013) و اقلیم (Feddem et al, 2013) در سطح جهانی شده است.

در مطالعات ژئومورفولوژی کاربردی و محیط زیست، بیشتر تحقیقات بر پایه پاسخ ژئومورفیک به تغییرات محیطی ناشی از فعالیت انسان به عنوان یک فرایند پویا متمرکز شده‌اند (Fang et al., 2005; Castaldi et al., 2012). درک دقیق رابطه بین ژئومورفولوژی و الگوی پوشش زمین^۱ و کاربری زمین^۲، مقدمه و اساس بهینه‌سازی الگوی چشم‌انداز سرزمین^۳ و مدیریت منطقی منابع سرزمین است که پژوهش‌های زیاد و مفیدی در سراسر جهان بر روی آن انجام شده است (Chen et al., 2021; Ellis et al., 2008; Hu et al., 2020). ژئومورفولوژی به بررسی اشکال ناهمواری^۴ و فرایندهایی که آنها را شکل می‌دهند می‌پردازد (Huggett et al., 2022). لندفرم‌ها شکل‌های ناهمواری سطح زمین را در بر می‌گیرند که از برهمکنش فرایندهای پویا از جمله فرایندهای مربوط به آب، باد، یخچال و... بر سنگ بستر در طول زمان ایجاد می‌شوند.

از طرف دیگر انسان به عنوان یک پیشران موثر برای رفع نیازهای خود واحدهای کاربری زمین را در سطح سیمای سرزمین ایجاد کرده‌است، به طوری‌که کاربری زمین به عنوان مجموعه‌ای از تمهیدات، فعالیت‌ها و ورودی‌های انسان بر روی پوشش سرزمین به منظور تولید، تغییر یا حفظ آن انجام می‌شود (Di Gregorio et al., 1998; NOVA, 2020).

ترکیب ژئومورفولوژی و کاربری زمین یا به عبارتی ترکیب محیط طبیعی و انسانی، اهمیت بسیار مهمی برای مطالعه اقتصادی منطقه‌ای، جمعیت، منابع و مسائل محیط‌زیستی دارد (Hu et al., 2020). انواع مختلف لندفرم و کاربری زمین را می‌توان از طریق تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و هوایی به دست آورد. با این وصف که در تجزیه و تحلیل هر دو موضوع، باید بررسی‌های میدانی و تایید زمینی نیز صورت گیرد.

مطالعه و تهیه نقشه ژئومورفولوژی از یک طرف و تهیه فهرست و نقشه کاربری زمین از طرف دیگر، می‌تواند ابزارهای ارزشمندی برای آشکار کردن روابط کمی و عملکردی در سرزمین باشند (Paneque-Gálvez et al., 2013). به طوری‌که ارتباط مکانی این دو ویژگی می‌تواند الگویی ساده از تطابق یک واحد کاربری با یک واحد لندفرم را نشان دهد. معمولاً این روابط مکانی از نوع یک به یک یا یک به چند نیستند. به این معنا که یک واحد لندفرم ممکن است دارای چندین واحد کاربری زمین باشد و برعکس. به عبارت دیگر، تطابق ساده یک الگوی کاربری زمین با یک واحد شکل ناهمواری (لندفرم) به ندرت اتفاق می‌افتد، یعنی موزاییک‌های کاربری زمین (بر اساس گسترش و شدت فعالیت انسان)، احتمال دارد لندفرم‌های مختلفی را اشغال کنند (Métay et al., 2017).

در نظر گرفتن تنها یک نوع کاربری زمین یا یک لندفرم و عدم مقایسه بین انواع مختلف کاربری زمین و انواع مختلف لندفرم ژئومورفولوژیکی، دستیابی به درک جامع و سیستماتیک از تأثیر لندفرم‌ها بر تنوع کاربری زمین محدود می‌کند. بنابراین، این مقاله علاوه بر واحدهای لندفرم از پارامترهای ارتفاع، شیب و جهت دامنه برای تجزیه و تحلیل تأثیرات توپوگرافی و ژئومورفولوژی بر تنوع و الگوهای کاربری زمین در منطقه‌ای از استان کرمان با اقلیم نیمه خشک تا نیمه مرطوب و با انواع مختلف ژئومورفولوژی (لندفرم) و کاربری زمین استفاده کرد. با این توضیح که، گسترش فعالیت انسان به عنوان یک فرایند پویا، بیش از توان اکولوژیک منطقه می‌باشد. این مطالعه بر مفهوم لندفرم به عنوان فعالیت فرایندهای طبیعی و کاربری زمین به عنوان فعالیت فرایند انسانی چشم‌اندازها، تمرکز دارد، و امیدوار است که مبنایی نظری و علمی برای برنامه‌ریزی کاربری زمین و حفاظت مناطق آسیب‌پذیر اکوسیستم را فراهم می‌کند.

¹ Land cover

² Land use

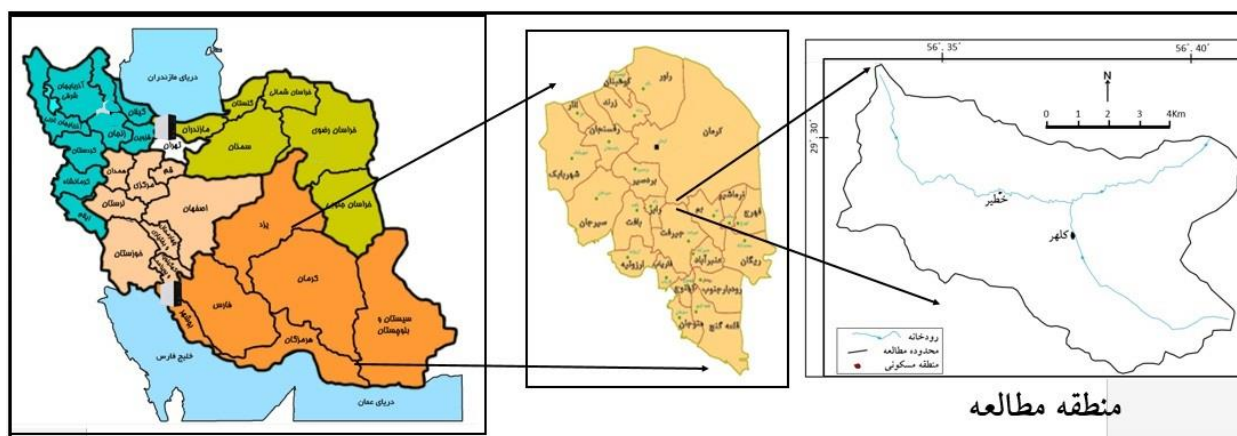
³ Land scape

⁴ Land form

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد بررسی

حوزه آبخیز گذار کفنو در قسمت جنوب غرب شهر قلعه عسگر با مساحتی برابر ۷۰۳۱ هکتار در استان کرمان قرار دارد. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در ۵۶ درجه و ۳۲ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۵۶ درجه ۴۰ دقیقه و ۴۶ ثانیه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۲۹ درجه و ۳۱ دقیقه و ۱۵ ثانیه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). این حوزه دارای اقلیم نیمه خشک و سرد، با لندفرم‌های مرتبط با همین اقلیم و چندین نوع کاربری زمین است. ارتفاع از ۲۶۵۶ تا ۳۲۶۵ متر از سطح دریا متغیر است که میانگینی معادل ۲۹۶۰ متر از سطح دریا دارد. بیشتر ژئومورفیک منطقه را کوه‌ها و سپس به صورت محدود دشت‌های آبرفتی تشکیل می‌دهند. بخش کوهستانی شامل کوه تل زرد و بلبل در شمال و کوه یاس چمن و خانه‌ای در جنوب با ارتفاع حدود ۳۵۰۰ متر می‌شود. بخش دشت‌های آبرفتی بیشتر به صورت تراس و در محل اتصال دو رودخانه کدار کفنو و گذار مدیم گسترش دارند. منطقه کوهستانی تقریباً ۹۵ درصد از کل منطقه را تشکیل می‌دهد و ارتفاع آن از ۲۸۰۰ متر تا ۳۵۰۰ متر متغیر است. این به این معناست که حدود ۵ درصد منطقه را فقط اراضی آبرفتی با شیب مناسب تشکیل می‌دهد. این شرایط توپوگرافی و ژئومورفیک، بر توزیع و ویژگی‌های عناصر محیطی و طبیعی همانند شیب، خاک، رطوبت و پوشش گیاهی و همچنین بر فعالیت انسانی تاثیرگذار هستند. با این حال، فعالیت انسانی مانند چرای بیش از حد مراتع و توسعه شهری و صنعتی در اراضی کشاورزی (با توجه به محدودیت در اراضی مناسب کشاورزی) و توسعه بیش از حد کشاورزی در اراضی مرتعی با توپوگرافی نامناسب، همراه با شرایط خاص طبیعی و اقلیمی، باعث آشفتگی در چشم‌انداز منطقه مورد مطالعه شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲. روش‌ها

۲-۲-۱. زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و فیزیوگرافی

ویژگی‌های سطح زمین و اشکال آن (ژئومورفولوژی) به عنوان مهمترین عامل توزیع و گسترش کاربری زمین، بر اساس واحدهای زمین‌شناسی مورد مطالعه قرار گرفتند. رویکرد به کار گرفته شده برای مطالعه ژئومورفولوژی، رویکرد فرآیند-پاسخ و بر پایه مواد مادری (زمین‌شناسی) بوده است. محصول نهایی مطالعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، لندفرم‌ها شدند. براین اساس، از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ "بافت" به عنوان نقشه پایه استفاده و سپس از تکنیک‌های استاندارد تفسیر بصری در تصاویر ماهواره و استریوسکوپي عکس‌های هوایی در مقیاس‌های ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و بازدیدهای صحرائی به عنوان ابزاری برای تهیه واحدهای لندفرم در هر واحد

سنگی استفاده گردید.

فاکتورهای فیزیوگرافی (شیب توپوگرافی، جهت جغرافیایی و ارتفاع (هیپسومتري))، به عنوان عوامل موثر بر کاربری زمین مورد بررسی قرار گرفتند. این مطالعات بر اساس نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و به صورت دستی، به دلیل کاربردی کردن واحدهای بدست آمده، صورت گرفت. برای مطالعه شیب توپوگرافی از رابطه ۱ استفاده گردید.

$$W = \frac{\Delta H \times 100}{M \times P}$$

رابطه ۱

W: کمترین فاصله خطی بین دو خط میزان منحنی بر روی نقشه بر حسب اجزاء متر

ΔH : اختلاف ارتفاع دو خط تراز

M: عددمقیاس

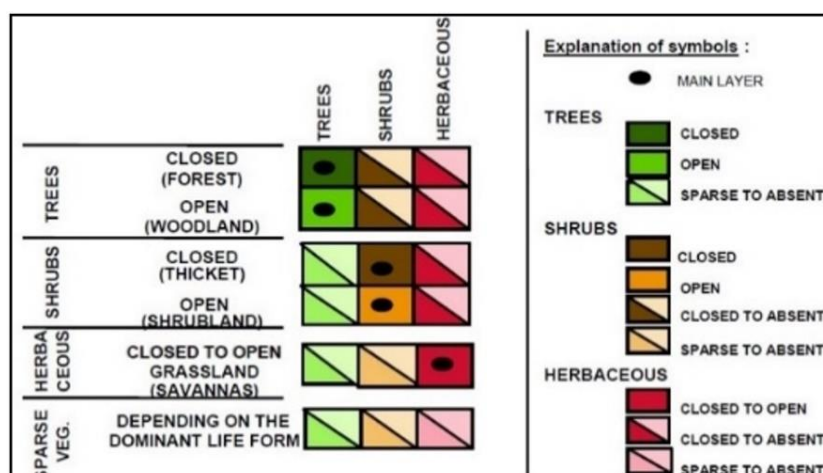
P: درصد شیب

مطالعه جهت جغرافیایی بر اساس چهار جهت و مطالعه هیپسومتري بر پایه توزیع و شرایط اکولوژیک و همچنین رفتار ژئومورفیک به سه طبقه ارتفاعی تقسیم گردید.

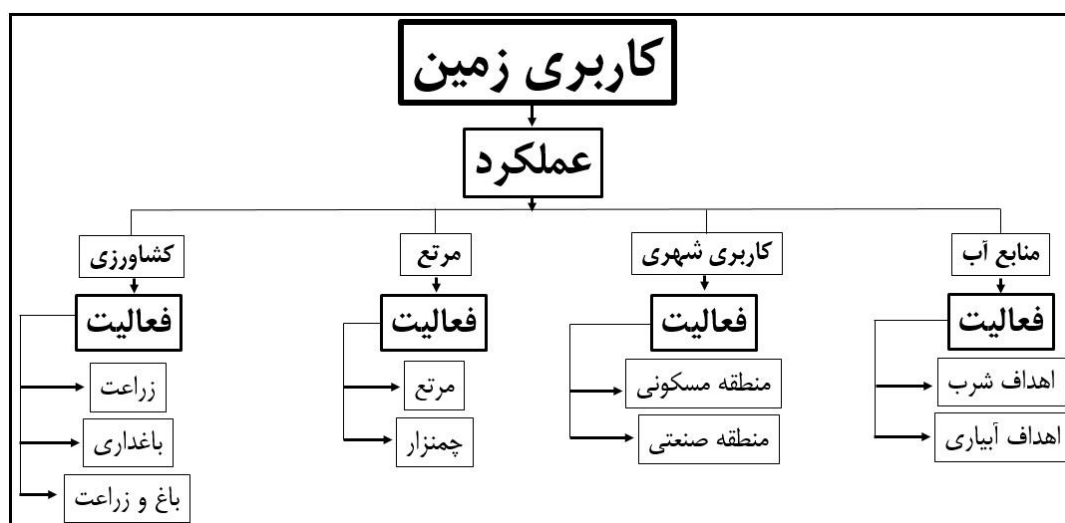
۲-۲-۲. پوشش و کاربری زمین

در این پژوهش، به منظور تجزیه و تحلیل مفهوم پوشش زمین از انواع مختلف دسته‌بندی‌های بیو فیزیکی، مثل مناطق با پوشش گیاهی (درختان، بوته‌ها، چمن‌ها و دیگر زمین‌ها)، خاک لخت، سطح سخت (سنگ‌ها، ساختمان‌ها) و مناطق مرطوب و منابع آب (سطوح آبی، نهرها و تالاب‌ها) استفاده گردید. معیارهای مورد استفاده برای پوشش گیاهی، تقسیم‌بندی شکل ۲ بوده است.

به منظور تجزیه و تحلیل مفهوم تغییر و تحول انسانی در اکوسیستم، بسیاری از تغییرات در ویژگی‌های محیط‌زیستی در قالب کاربری زمین از نظر الگوهای قابل تشخیص توصیف شدند. واحدهای کاربری زمین با استفاده از روش تفسیر چشمی بر روی تصاویر گوگل ارث مشخص شد. در بررسی کاربری زمین، اساس طرح طبقه‌بندی کاربری زمین بر گرفته از Di Gregorio و Jansen سال ۲۰۰۵ با تغییرات کم بود (Jansen et al., 2003). این طرح، کاربری زمین را در دو مرحله، نوع عملکرد و نوع فعالیت سرزمین دسته‌بندی می‌کند (شکل ۳). اولین مرحله، دسته‌بندی کاربری زمین بر اساس عملکرد اصلی و عمده سرزمین تعریف شده است، که شامل: کاربری‌های کشاورزی، مرتع، شهری و منابع آب می‌شود.



شکل ۲. روش دسته‌بندی پوشش زمین برای پوشش گیاهی



شکل ۳. روش دسته‌بندی کاربری زمین بر اساس عملکرد و زیرمجموعه‌های آنها بر اساس فعالیت

مرحله دوم با جزئیات بیشتری متمایز می‌شود. در این مرحله ایجاد طبقات کاربری زمین بر اساس ترکیبی از مجموعه ویژگی‌های مرتبط با فعالیت اقتصادی انتخاب شدند که متناسب با هر یک از گروه‌های اصلی کاربری زمین (عملکرد سرزمین) هستند. شاخص مهم حاکم بر این طبقات فعالیت‌های اقتصادی است (شکل ۳).

۲-۲-۳. شاخص توزیع ژئومورفولوژی

جهت تجزیه و تحلیل جامع اثر واحدهای لندفرم بر توزیع و گسترش انواع کاربری زمین در منطقه، ابتدا واحدهای لندفرم با فرایندهای مشابه یکی شدند و سپس نقشه پهنه‌بندی لندفرم‌ها با نقشه نوع کاربری زمین همپوشانی شد و فراوانی توزیع انواع کاربری زمین در واحدهای لندفرم به دست آمد.

شاخص توزیع ژئومورفولوژی می‌تواند تأثیر شرایط لندفرم‌ها بر توزیع مکانی انواع کاربری زمین را منعکس کند و می‌توان آن را از رابطه ۲ بدست آورد (Yu et al. 2001).

$$P = S_{ie} * S / S_i * S_e$$

رابطه ۲

که در آن P نشان دهنده شاخص توزیع ژئومورفولوژی،

S_{ie} : مساحت کاربری زمین i در واحد لندفرم e

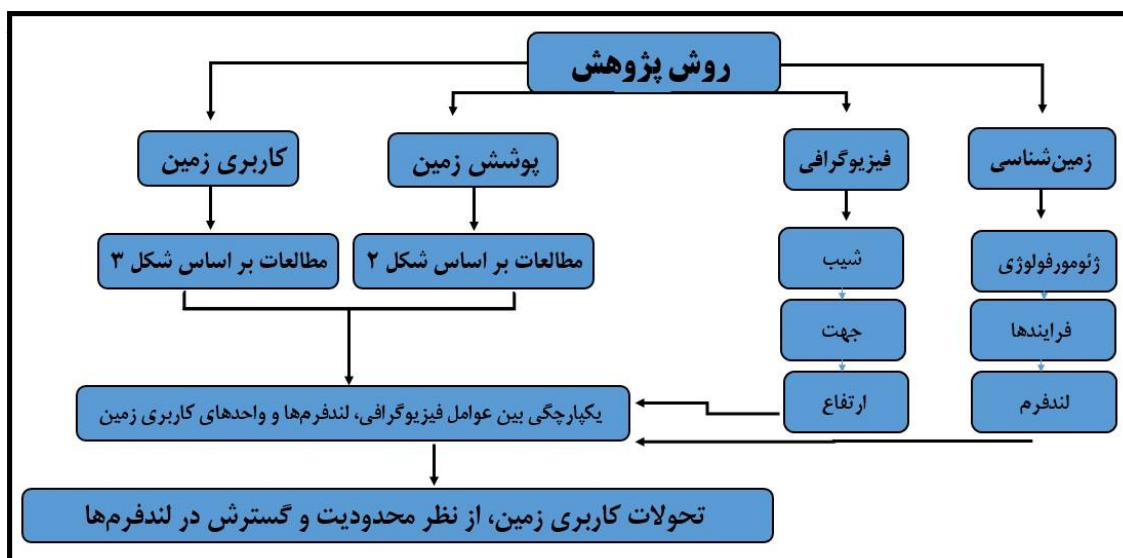
S_i : کل مساحت نوع کاربری زمین i

S_e : ویژگی لندفرم e

S : مساحت کل منطقه مورد مطالعه

مقدار P گزینش‌پذیری واحد لندفرم نسبت به کاربری زمین را مشخص می‌کند. هر چه این مقدار بالا باشد گزینش‌پذیری قوی لندفرم را نسبت به کاربری نشان می‌دهد. از طرف دیگر، وقتی P بزرگ‌تر از یک باشد، نسبت توزیع نوع کاربری زمین مورد تجزیه و تحلیل در این واحد لندفرم بیشتر از نسبت این واحد لندفرم در کل منطقه مورد مطالعه است. بنابراین، بازه با $P > 1$ به عنوان بازه غالب

برای توزیع این نوع کاربری زمین تعیین می‌شود (Ha et al., 2015). در نهایت یکپارچگی ای بین عوامل فیزیوگرافی، لندفرم‌ها و واحدهای کاربری زمین، جهت تعیین تحولات کاربری زمین، از نظر محدودیت و گسترش در لندفرم‌ها انجام شد. شکل ۴ نمودار جریانی پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نمودار جریانی روش پژوهش

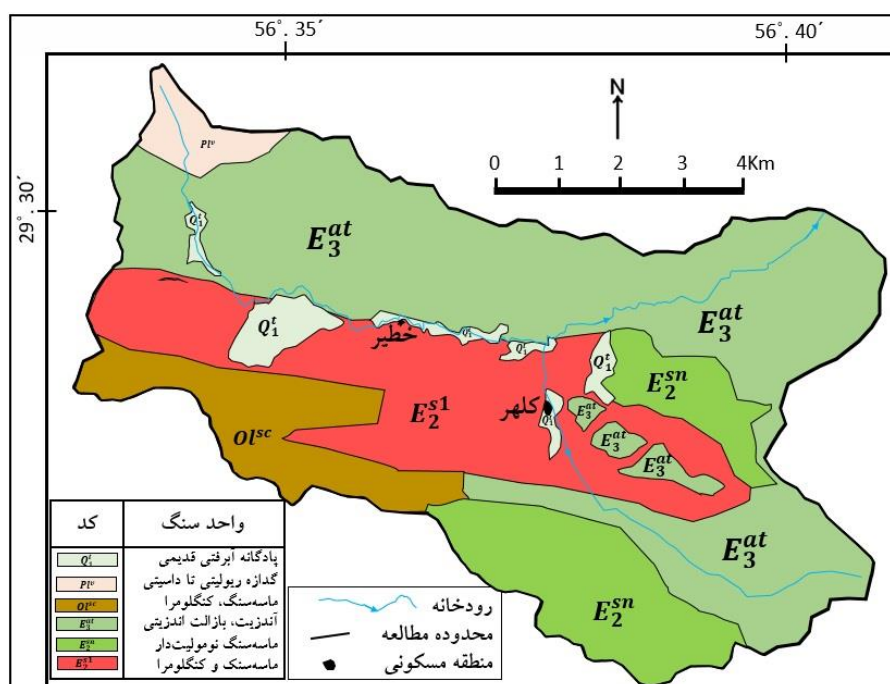
۳. یافته‌های پژوهش

۳-۱. سنگ‌شناسی

منطقه مطالعه بخشی از زون ایران مرکزی و در نوار ماگمایی ارومیه - دختر یا سهند- بزمان واقع شده است (آقا نباتی، ۱۳۸۳). قدیمی‌ترین رخنمون سنگی مربوط به ائوسن است، و به تقریب می‌توان گفت که بروزندهای ائوسن بیشترین سطح منطقه را پوشش داده‌اند. بخش عمده‌ای از سنگ‌های ائوسن را سنگ‌های آتشفشانی و سنگ‌های نفوذی تشکیل می‌دهند. همچنین در منطقه، واحدهای آهک و ماسه سنگ نومولیت‌دار مربوط به ائوسن فوقانی نیز وجود دارند. در میوسن میانی عمدتاً توده‌های نفوذی گرانودیوریتی و کوارتز دیوریتی و دیوریت به داخل مجموعه آتشفشانی آندزیت و پیروکالستیک‌ها نفوذ کرده‌اند (منتظمی و همکاران، ۱۴۰۱). چینه‌بندی و سنگ‌شناسی بر اساس دوران زمین‌شناسی، شامل واحد پادگان آبرفتی قدیمی (Q_1^t)، گدازه ریولیتی تا داسیتی، لاهار و برش (PI^v)، ماسه‌سنگ، کنگلومرا (Ol^{sc})، آندزیت، بازالت اندزیتی با ریولیت و سنگ‌های آذرآواری (E_3^{at})، ماسه‌سنگ نومولیت‌دار و مارن ماسه‌ای (E_2^{sn}) و ماسه‌سنگ و کنگلومرا (E_2^{s1}) می‌گردد (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۵، گزارش و نقشه بافت) (شکل ۵ و جدول ۱).

۳-۲. ژئومورفولوژی (لندفرم‌ها)

ژئومورفولوژی، شکل‌های ناهمواری (لندفرم) در سطح زمین را بر اساس مواد مادری، فرایند عامل و فرم مورد بررسی قرار می‌دهد. فرایندهای ژئومورفیک ابزارهای شیمیایی و فیزیکی متعددی هستند که به وسیله آنها سطح زمین دستخوش تغییرات می‌شود. فعل و انفعالات بین فرایند و فرم، هسته اصلی بررسی ژئومورفیک است، به طوری‌که فرم بر فرایند و فرایند بر فرم تاثیر می‌گذارد (Slaymaker, 2009). مواد مادری و فرایندهای ژئومورفیک عوامل اصلی در گسترش یا محدودیت در کاربری زمین هستند.



شکل ۵. سنگ‌شناسی

جدول ۱. ویژگی سنگ‌شناسی

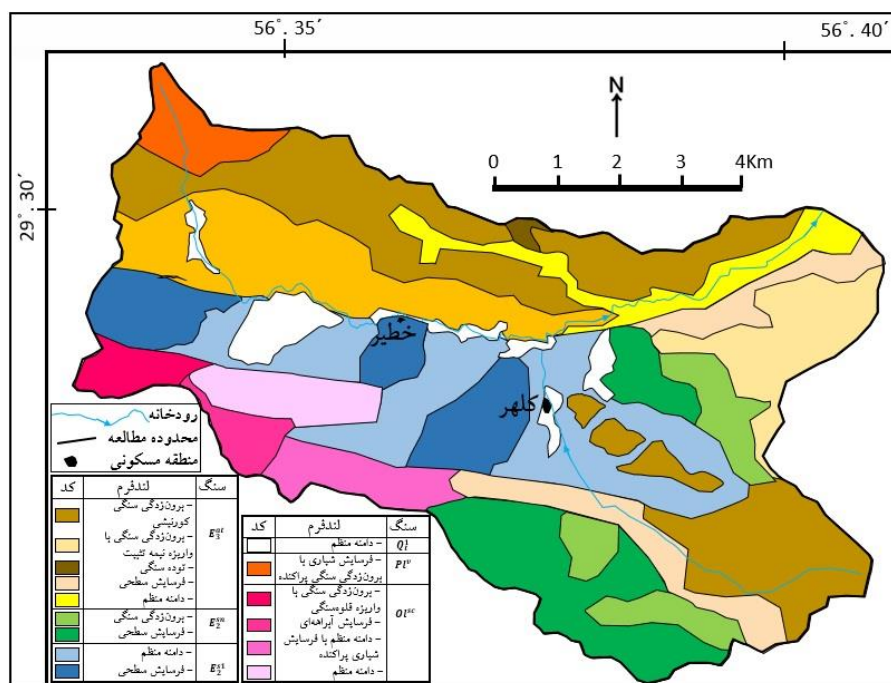
مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	نشانه	واحد سنگ
۳/۵	۲۴۷	Q_1^t	پادگان آبرفتی قدیمی
۲/۵	۱۷۲	Pl^v	گدازه ریولیتی تا داسیتی، لاهار و برش
۹/۴	۶۶۱	Ol^{sc}	ماسه‌سنگ، کنگلومرا
۴۸/۹	۳۴۳۹	E_3^{at}	آندزیت، بازالت اندزیتی با ریولیت و سنگ‌های آذرآواری
۱۴/۶	۱۰۲۳	E_2^{sn}	ماسه‌سنگ نومولیت‌دار و مارن ماسه‌ای
۲۱/۱	۱۴۸۹	E_2^{s1}	ماسه‌سنگ و کنگلومرا
۱۰۰	۷۰۳۱	---	جمع

ژئومورفولوژی منطقه مطالعه، بر پایه مطالعات سلسله مراتبی صورت گرفت. بر اساس این نگرش، ابتدا واحدهای اصلی با توجه به وضعیت زمین‌شناسی از نظر ساختار سنگ‌شناسی و ساختار زمین‌ساخت، شناسایی و سپس بر اساس عمل فرایندها بر روی آنها، شکل ناهمواری (لندفرم) تعیین گردید. نقشه اولیه لندفرمها با بازبیدهای صحرایی تکمیل شد. شکل ۶ توزیع مکانی واحدهای لندفرم، شکل ۷ و جدول ۲ ویژگی‌های لندفرمها را مشخص کرده‌اند.

۳-۳. شیب

شیب حوزه یکی از فاکتورهای بسیار مهم در واکنش هیدرولوژیکی، میزان فرسایش و مقدار رسوب‌دهی، پوشش گیاهی و همچنین فاکتور مؤثری در تعیین نوع کاربری می‌باشد. شکل ۸ نقشه و جدول ۳ توزیع مکانی طبقات شیب حوزه آبخیز مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همانگونه که جدول ۳ نشان می‌دهد، اراضی کمتر از ۴۰ درصد شیب بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند که می‌تواند متاثر

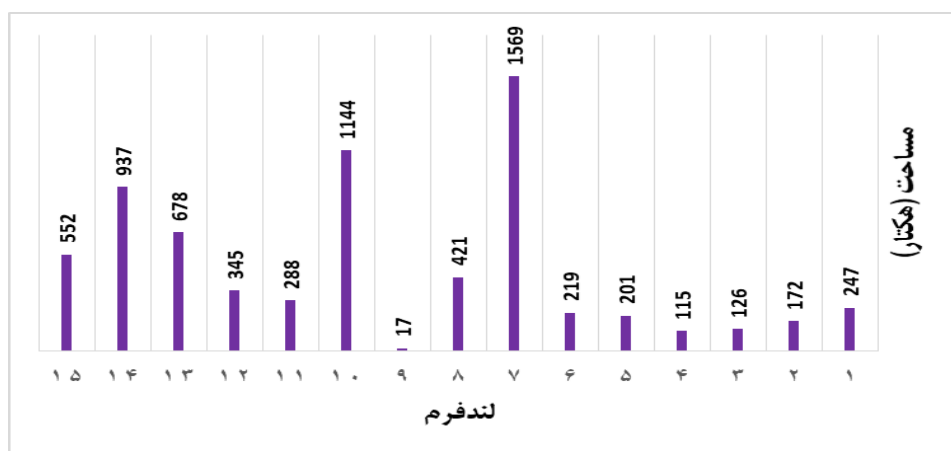
از واحدهای سنگی موجود در منطقه باشد.



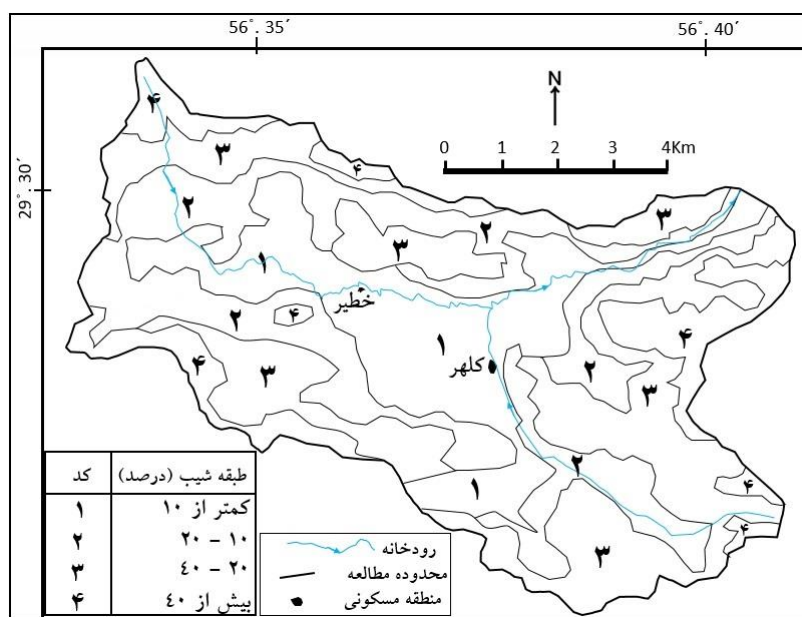
شکل ۶. نقشه واحدهای لندفرم (ژئومورفولوژی)

جدول ۲. ویژگی ژئومورفولوژی لندفرمها

واحد سنگ	نشانه	لندفرم	کد لندفرم (شکل ۷)	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
پادگانه آبرفتی قدیمی	Q_1^t	دامنه منظم	۱	۲۴۷	۳/۵
گدازه ریولیتی تا داسیتی، لاهار و برش	Pl^v	فرسایش شیاری با برون زدگی سنگی پراکنده	۲	۱۷۲	۲/۵
ماسه سنگ، کنگلومرا	$O1^{sc}$	برون زدگی سنگی با واریزه قلوه سنگی	۳	۱۲۶	۱/۸
		فرسایش آبراهه‌ای	۴	۱۱۵	۱/۶
		دامنه منظم با فرسایش شیاری پراکنده	۵	۲۰۱	۲/۹
		دامنه منظم	۶	۲۱۹	۳/۱
آندزیت، بازالت آندزیتی یا ریولیت و سنگ‌های آذرآواری	E_3^{at}	برون زدگی سنگی کورنیشی	۷	۱۵۶۹	۲۲/۳
		برون زدگی سنگی با واریزه نیمه تثبیت	۸	۴۲۱	۶/۰
		توده سنگی	۹	۱۷	۰/۳
ماسه سنگ نومولیت دار و مارن ماسه‌ای	E_2^{sn}	فرسایش سطحی	۱۰	۱۱۴۴	۱۶/۳
		دامنه منظم	۱۱	۲۸۸	۴/۱
		برون زدگی سنگی	۱۲	۳۴۵	۴/۹
ماسه سنگ و کنگلومرا	E_2^{s1}	فرسایش سطحی	۱۳	۶۷۸	۹/۶
		دامنه منظم	۱۴	۹۳۷	۱۳/۳
		فرسایش سطحی	۱۵	۵۵۲	۷/۸
		جمع		۷۰۳۱	۱۰۰



شکل ۷. توزیع مساحت واحدهای لندفرم (شماره لندفرم بر اساس جدول ۲)



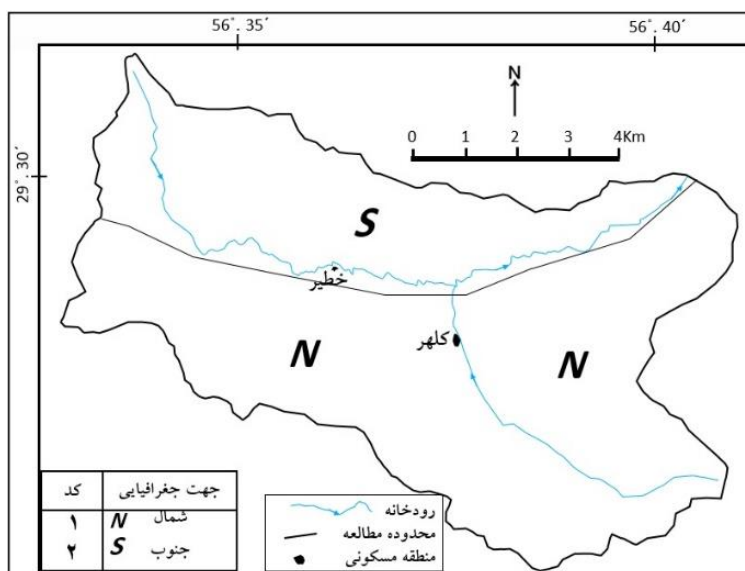
شکل ۸. واحدهای شیب

جدول ۳. توزیع مساحت در طبقات شیب

درصد مساحت	مساحت	طبقه شیب (درصد)
۲۳/۸	۱۶۷۵	کمتر از ۱۰ درصد
۲۵/۹	۱۸۲۵	۱۰-۲۰
۳۸/۲	۲۶۸۸	۲۰-۴۰
۱۲/۱	۸۴۳	بیش از ۴۰ درصد
۱۰۰	۷۰۳۱	جمع

۳-۴. جهت جغرافیایی

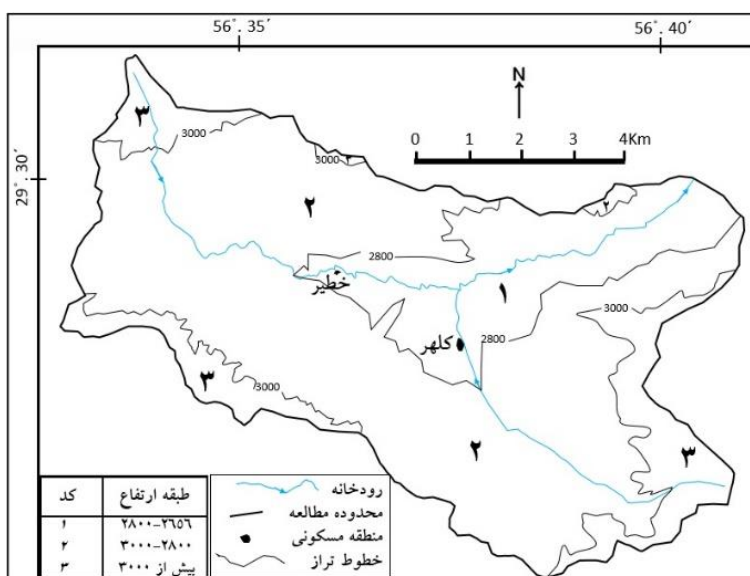
جهت جغرافیایی، شیب دامنه را به جهات جغرافیایی مختلف نشان می‌دهند. جهت جغرافیایی عامل مهم در دسترسی سرزمین به انرژی خورشید است بنابراین بر روی پراکنش عناصر گیاهی و جانوری که از پیامدهای شکل‌گیری لنداسکیپ است موثر می‌باشد (شکل ۹).



شکل ۹. جهات جغرافیایی

۳-۵. هیپسومتری (توزیع سطح-ارتفاع)

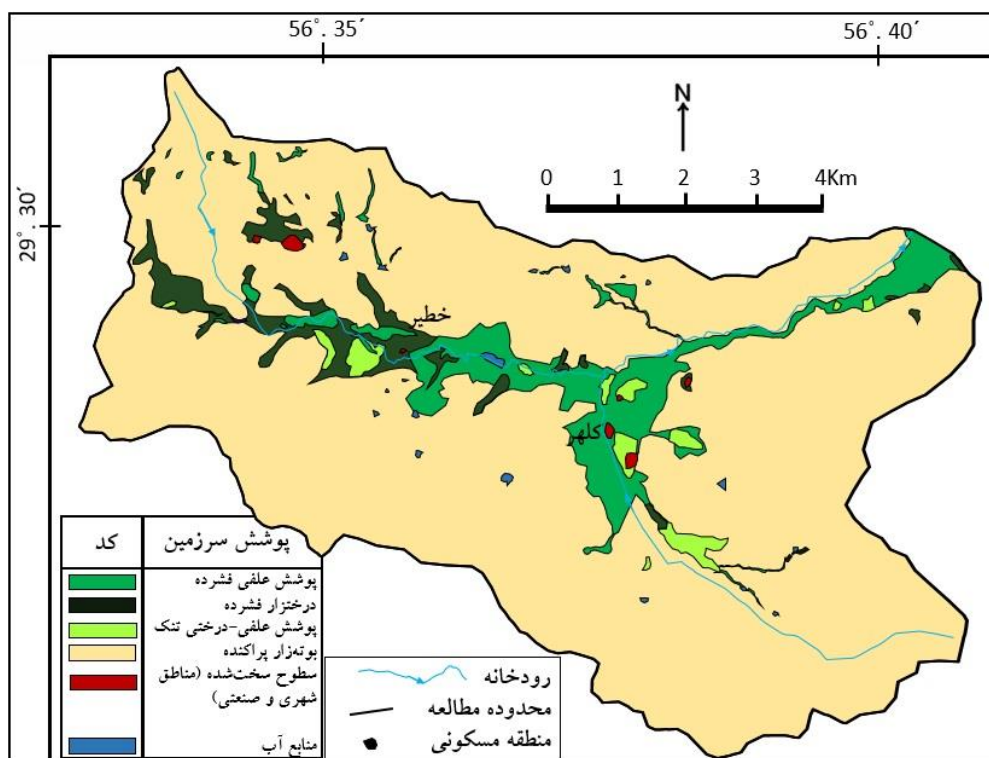
ارتفاع از سطح دریا یکی از پارامترها در توزیع اکولوژیک و رفتار ژئومورفیک می‌باشد که در تنوع زیستی و فرایندهای فرسایش اثر دارد. بر این اساس منطقه مطالعه بر پایه شرایط اکولوژیک، به سه طبقه ارتفاعی تقسیم گردید (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. هیپسومتری

۳-۶. پوشش زمین

معیارهای استفاده شده برای تعیین پوشش سرزمین، در گام اول ظاهر کلی پوشش گیاهی و ساختار گیاهی و سپس شکل زندگی غالب^۱ از جنبه فیزیولوژیکی آن (به عنوان مثال درختان، درختچه‌ها، علفی و غیره) بر اساس دو معیار الف: بالاترین لایه تاج پوشش و ب: تاج پوشش پراکنده^۲، تنک^۳ و فشرده^۴ بوده است (Jansen et al., 2003) (شکل ۲ و ۱۱ و جدول ۴).



شکل ۱۱. نقشه واحدهای پوشش زمین

جدول ۴. ویژگی‌های واحدهای پوشش سرزمین

واحد پوشش گیاهی	مساحت	درصد مساحت
پوشش علفی فشرده	۵۱۴/۱	۷/۳۱
درخت‌زار فشرده تا باز	۳۴۲/۱	۴/۸۷
پوشش علفی-درختی تنک	۱۶۰/۷	۲/۲۸
بوته‌زار پراکنده	۵۹۷۰/۲	۸۴/۹۱
سطوح سخت‌شده	۲۰/۸	۰/۳۰
منابع آب	۲۳/۱	۰/۳۳
جمع	۷۰۳۱	۱۰۰

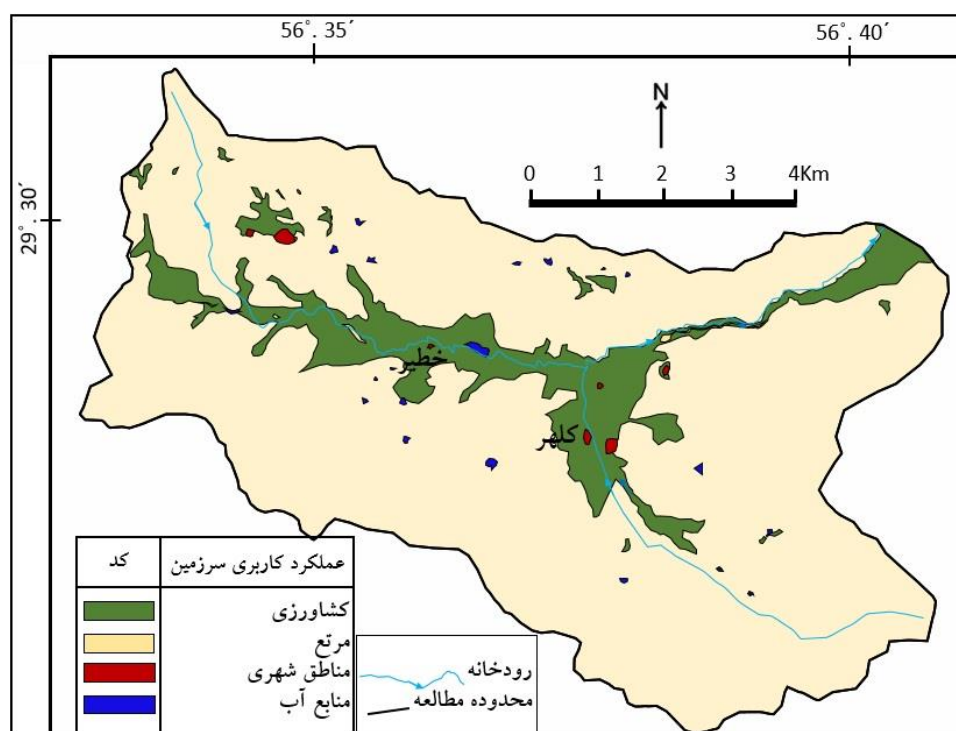
¹ Dominant Life Form² Sparse³ Open⁴ Closed

۳-۷- کاربری زمین

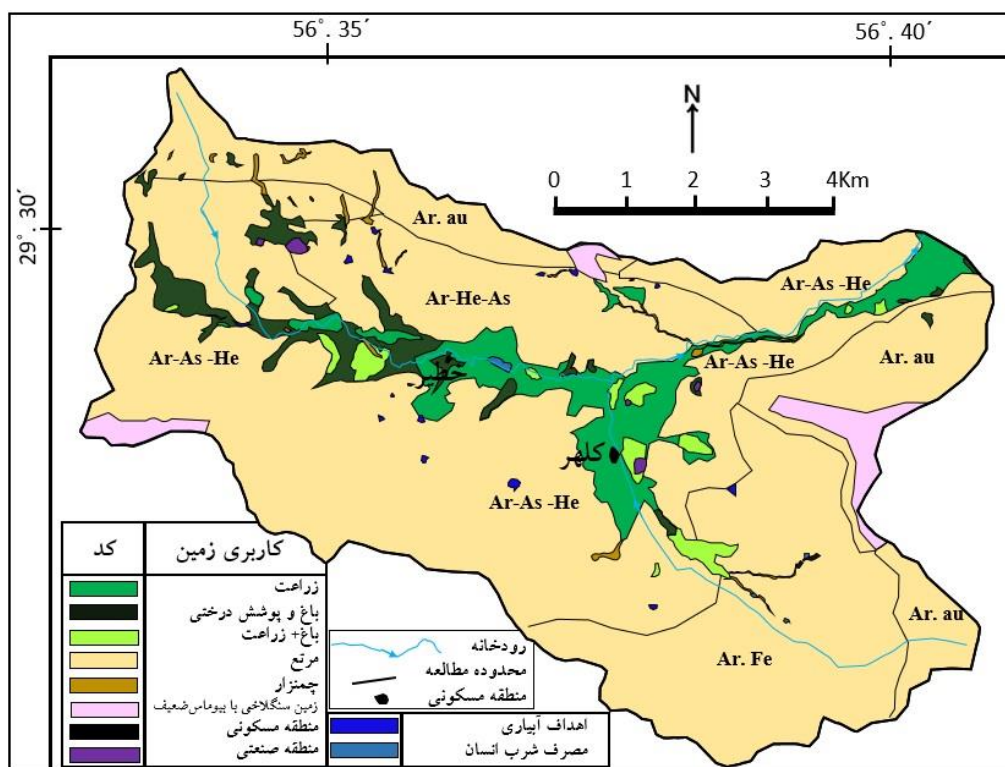
مطالعات کاربری زمین در هر واحد پوشش سرزمین انجام شد. این مطالعه در گام اول بر اساس عملکرد کاربری سرزمین و سپس پارامترهای فعالیت اقتصادی بوده است (جدول ۵). مطالعات نشان داد که هر واحد عملکردی کاربری زمین با چندین کلاس فعالیت اقتصادی کاربری مرتبط است. نتایج حاصل از عملکرد و فعالیت اقتصادی سرزمین چهار کاربری عملکردی و ده کاربری را در فعالیت اقتصادی شناسایی کرد (شکل‌های ۱۲ و ۱۳ و ۱۴) (جدول ۶).

جدول ۵. واحدهای کاربری سرزمین

کاربری زمین (عملکرد)	کاربری زمین (فعالیت)
کشاورزی	زراعت باغ و پوشش درختی زراعت + باغداری
مرتع	تیپ‌های مرتع چمنزار زمین سنگلاخی با بیوماس ضعیف
شهری	مناطق مسکونی مناطق صنعتی
منابع آب	مصرف شرب اهداف آبیاری



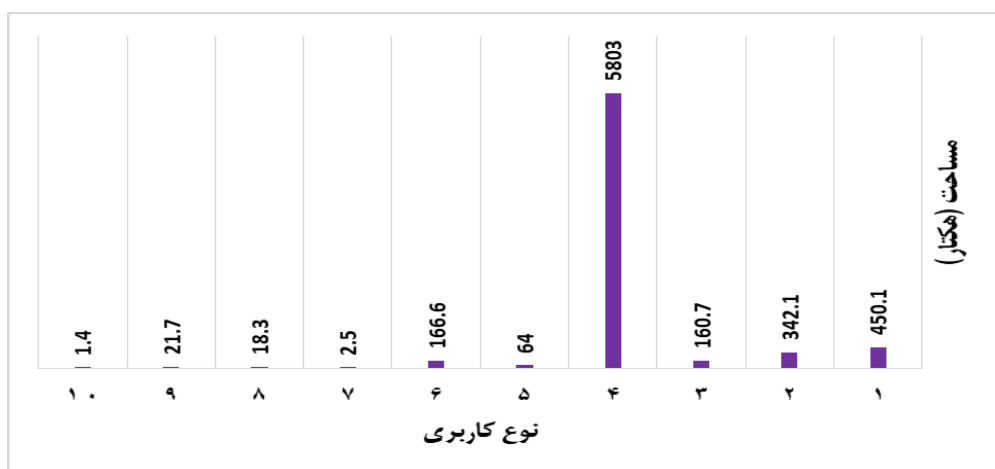
شکل ۱۲. نقشه واحدهای کاربری سرزمین بر اساس عملکرد



شکل ۱۳. نقشه طبقات کاربری سرزمین بر اساس فعالیت اقتصادی

جدول ۶. واحدهای کاربری سرزمین

واحد کاربری	کد کاربری (شکل ۱۴)	مساحت	درصد مساحت از کل
زراعت	۱	۴۵۰/۱	۶/۴۰
باغ و پوشش درختی	۲	۳۴۲/۱	۴/۸۷
باغ+زراعت	۳	۱۶۰/۷	۲/۲۸
مرتع	۴	۵۸۰۳/۶	۸۲/۵۴
چمنزار	۵	۶۴/۰	۰/۹۱
زمین سنگلاخی با بیوماس ضعیف	۶	۱۶۶/۶	۲/۳۷
مسکونی	۷	۲/۵	۰/۰۴
صنعتی	۸	۱۸/۳	۰/۲۶
آبیاری	۹	۲۱/۷	۰/۳۱
شرب	۱۰	۱/۴	۰/۰۲
جمع	-----	۷۰۳۱	۱۰۰



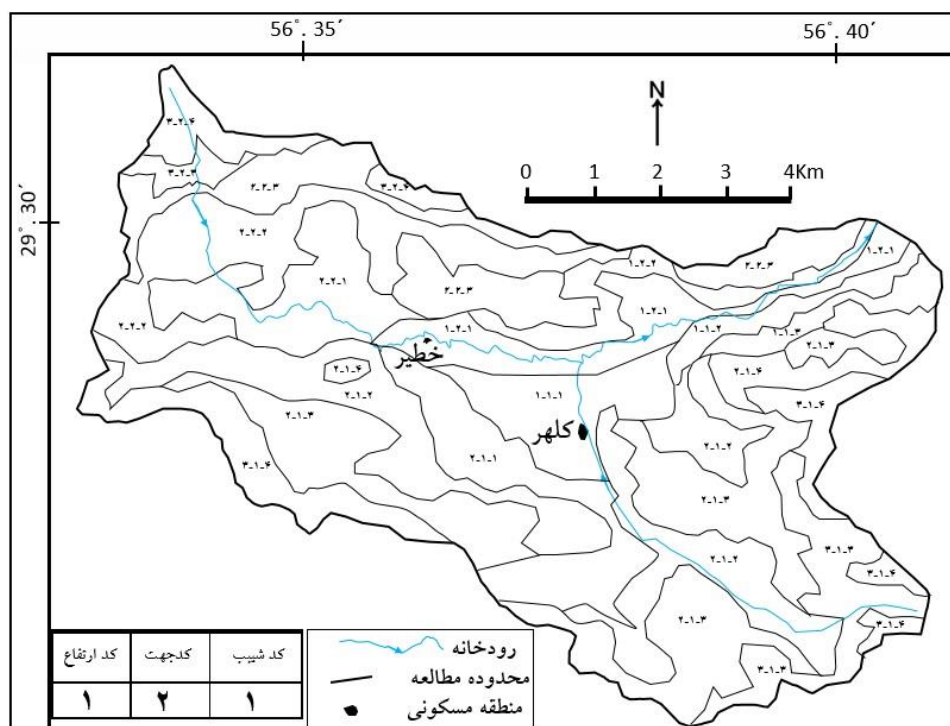
شکل ۱۴. توزیع مساحت واحدهای کاربری (شماره کاربری بر اساس جدول ۶)

۴. بحث و نتیجه گیری

۴-۱. بحث

۴-۱-۱. تحلیل ویژگی‌های فیزیوگرافی بر تنوع و توزیع کاربری سرزمین

شکل ۱۴ یکپارچگی ساختار فیزیوگرافی و جدول ۷ ترکیب ساختار فیزیوگرافی منطقه را با واحدهای کاربری زمین بر اساس تلفیق آنها نشان می‌دهد.



شکل ۱۴. یکپارچگی ساختار فیزیوگرافی

جدول ۷. یکپارچگی ساختار فیزیوگرافی با واحدهای کاربری سرزمین

واحد	شیب (درصد)	جهت	ارتفاع	کاربری سرزمین
۱-۱-۱	۱۰-۰	شمالی	۲۸۰۰-۲۶۵۶	زراعت - باغ - زراعت + باغ
۱-۱-۲	۲۰-۱۰	شمالی	۲۸۰۰-۲۶۵۶	زراعت - باغ - زراعت + باغ - مرتع
۱-۱-۳	۴۰-۲۰	شمالی	۲۸۰۰-۲۶۵۶	مرتع
۱-۲-۱	۱۰-۰	جنوبی	۲۸۰۰-۲۶۵۶	مرتع - زراعت
۱-۲-۲	۲۰-۱۰	جنوبی	۲۸۰۰-۲۶۵۶	مرتع - زراعت - باغ
۲-۱-۱	۱۰-۰	شمالی	۳۰۰۰-۲۸۰۰	مرتع - زراعت - باغ - آب آبیاری
۲-۱-۲	۲۰-۱۰	شمالی	۳۰۰۰-۲۸۰۰	مرتع - چمنزار - باغ + زراعت - صنعت
۲-۱-۳	۴۰-۲۰	شمالی	۳۰۰۰-۲۸۰۰	مرتع - چمنزار - باغ + زراعت - آب آبیاری
۲-۱-۴	بیش از ۴۰	شمالی	۳۰۰۰-۲۸۰۰	مرتع - سنگلاخی - آب آبیاری
۲-۲-۱	۱۰-۰	جنوبی	۳۰۰۰-۲۸۰۰	مرتع - زراعت - باغ
۲-۲-۲	۲۰-۱۰	جنوبی	۳۰۰۰-۲۸۰۰	مرتع - صنعت - باغ - چمنزار
۲-۲-۳	۲۰-۱۰	جنوبی	۳۰۰۰-۲۸۰۰	مرتع - باغ - چمنزار
۳-۱-۳	۴۰-۲۰	شمالی	بیش از ۳۰۰۰	مرتع
۳-۱-۳	۴۰-۲۰	شمالی	بیش از ۳۰۰۰	مرتع
۳-۱-۳	۴۰-۲۰	شمالی	بیش از ۳۰۰۰	سنگلاخی
۳-۱-۴	بیش از ۴۰	شمالی	بیش از ۳۰۰۰	مرتع - سنگلاخی - آب آبیاری
۳-۱-۴	بیش از ۴۰	شمالی	بیش از ۳۰۰۰	سنگلاخی
۳-۲-۳	۴۰-۲۰	شمالی	بیش از ۳۰۰۰	مرتع - چمنزار
۳-۲-۴	بیش از ۴۰	شمالی	بیش از ۳۰۰۰	مرتع

با توجه به همپوشانی واحدهای کاربری زمین در واحدهای یکپارچه فیزیوگرافی و اطلاعات جدول ۷، می‌توان گزینش‌پذیری واحدهای کاربری زمین را در واحدهای فیزیوگرافی مشخص کرد. نتایج نشان داد که کاربری‌ها در این منطقه به وضوح توسط محیط طبیعی (فیزیوگرافی) محدود شده‌اند. به این ترتیب، توزیع کاربری مرتع، باغ و پوشش درختی گزینش‌پذیری قوی^۱ نسبت به تمام پارامترهای فیزیوگرافی (شیب، ارتفاع و شیب) دارند (جدول ۷). چمنزارها دارای گزینش‌پذیری قوی نسبت به ارتفاع و جهت بوده، اما نسبت به شیب گزینش‌پذیری ضعیفی دارند. کاربری‌های زراعت و باغ + زراعت (به عنوان فعالیت زیستی-پرورشی)، شهری و صنعتی (به عنوان فعالیت زیستی-معیشتی) که به شدت تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارند، دارای توزیع مکانی غالباً مشابهی هستند و توزیع مکانی آنها به طور مشترک توسط ارتفاع، شیب و جهت دامنه محدود می‌شود. لازم به ذکر است با توجه به هدف پژوهش، گزینش‌پذیری واحدهای کاربری فقط نسبت به واحدهای لندفرم به صورت کمی بیان گردیده است که در ادامه آورده شده است. این کمی سازی هم می‌تواند برای تمامی واحدهای فیزیوگرافی نیز بدست آید.

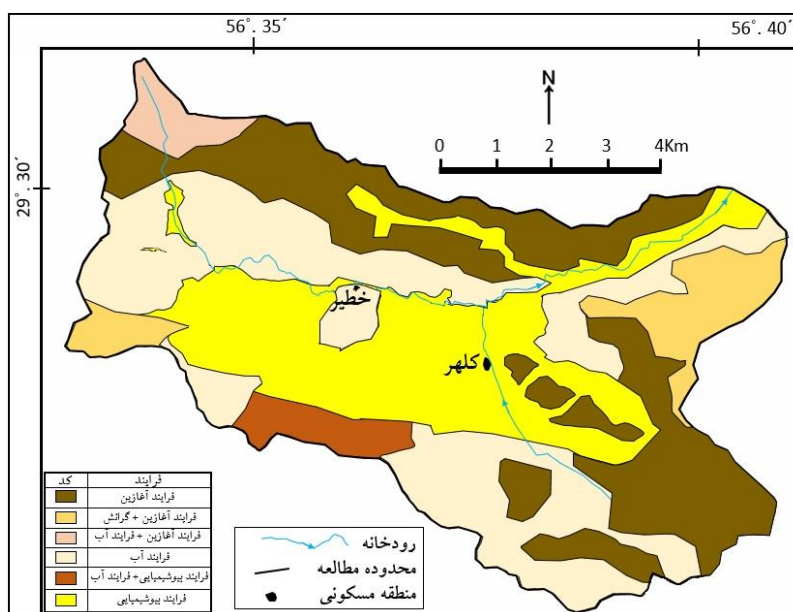
۴-۱-۲. تحلیل ژئومورفولوژیک تنوع و توزیع کاربری سرزمین

واحدهای لندفرم (ژئومورفولوژی) متأثر از عمل فرایندهای پویا بر مواد مادری می‌باشند. با این رویکرد، توزیع نور، گرما، آب، خاک و پوشش گیاهی در یک زیستگاه به طور قابل توجهی تحت تأثیر متغیرهای مشخصه توپوگرافی انواع مختلف لندفرم قرار می‌گیرند و بنابراین بر تنوع کاربری و پوشش سرزمین تأثیر می‌گذارد. بر این اساس لازم دیده شد که عمل فرایندهای پویا، بحث و سپس تنوع و توزیع کاربری سرزمین را در هر واحد لندفرم مورد ارزیابی قرار داد.

¹ Strong selectivity

۴-۱-۲-۱. فرایندهای تکوین اشکال ناهمواریها (لندفرمها)

با توجه به محیط اقلیمی منطقه (نیمه خشک تا نیمه مرطوب) و شرایط سنگ‌شناسی، می‌توان بیان کرد که مکانیسم‌ها و فرایندها موثر بر واحدهای سنگی و ایجاد لندفرمها عبارت از، فرایندهای آغازین یا فرایندهای هوازدگی (تمام فرایندهایی که خواص فیزیکی رخنمون‌ها سنگی را به طور سطحی تغییر دهند)، فرایند بیوشیمیایی یا هوازدگی زیستی، فرایندهای مربوط به عمل آبهای سطحی و نهایتاً به طور محدود فرایندهای مربوط به گرانش هستند (شکل ۱۵ و جدول ۸).



شکل ۱۵. نقشه رویکرد فرایند- فرم

جدول ۸. رابطه واحدهای لندفرم با فرایند غالب

فرایند	لندفرم	واحد سنگ	مساحت (He)	مساحت (%)
فرایند آغازین	برون‌زدگی سنگی کورنیشی	E_3^{at}	۱۹۳۱	۲۷/۴۶
	توده سنگی	E_2^{sn}		
فرایند آغازین + گرانش	برون‌زدگی سنگی باواریزه نیمه تثبیت	E_3^{at}	۵۴۷	۷/۷۸
	برون‌زدگی سنگی با واریزه قلوه‌سنگی	Ol^{sc}		
فرایند آغازین + فرایند آب	فرسایش شیبی با برون‌زدگی سنگی پراکنده	Pl^v	۱۷۲	۲/۴۵
فرایند آب	فرسایش سطحی	E_2^{sn}	۲۳۷۴	۳۳/۷۶
		E_2^{s1}		
		E_3^{at}		
فرایند آب + فرایند بیوشیمیایی	فرسایش آبراهه‌ای	Ol^{sc}	۱۱۵	۱/۶۴
	دامنه منظم با فرسایش شیبی پراکنده	Ol^{sc}	۲۰۱	۲/۸۶
فرایند بیوشیمیایی	دامنه منظم	Ol^{sc}	۱۶۹۱	۲۴/۰۵
		E_3^{at}		
		E_2^{s1}		
		Q_1^t		
جمع			۷۰۳۱	۱۰۰

مطالعات نشان داده که فرایندها بر تنوع و گسترش لندفرمها موثر و در نتیجه بر مداخلات انسانی تأثیر می‌گذارند و قوانین توزیع کاربری سرزمین و متغیرهای ژئومورفیک را از نظر مکانی نسبتاً یکپارچه می‌کنند. این رویکردی است که با آن می‌توان روابط بین الگوهای چشم‌انداز سرزمین و فرایندهای شکل‌گیری آنها را درک کرد (Jiang et al., 2018; Wang, 2018).

۴-۲-۱-۲. یکپارچگی واحدهای لندفرم و واحدهای کاربری سرزمین

به منظور تحلیل اثرات فرایندهای پویای غالب بر توزیع مکانی واحدهای کاربری زمین، یکپارچگی بین واحدهای لندفرم و واحدهای کاربری سرزمین صورت گرفت (جدول ۹).

به همین ترتیب با استناد به جدول ۹ می‌توان جدول ۱۰ را بر پایه توزیع واحدهای کاربری در واحدهای لندفرم، تحلیل کرد. همانگونه که جدول ۱۰ نشان می‌دهد حدود ۷۰ درصد کاربری زراعت در دامنه منظم و حدود ۳۰ درصد آن در لندفرم فرسایش سطحی می‌باشد که نشان‌دهنده محدودکنندگی فرایندهای عمل‌کننده آب و آغازین در گسترش فعالیت زراعت در منطقه است. مقایسه جدول ۱۰ با جدول ۹ نشان می‌دهد که فقط ۶/۶۸ هکتار یا ۹/۲۷ درصد کاربری زراعت در دامنه منظم کواترنر بوده و مابقی کاربری زراعت در سنگ بسترهای دیگر و در لندفرم‌های صرفاً دامنه منظم یا دامنه‌های با فرسایش سطحی می‌باشند. همچنین توزیع کاربری زراعت در واحدهای فیزیوگرافی نشان می‌دهد که حدود ۹۵ درصد این واحد کاربری در شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد گسترش دارد. کاربری‌های باغ و پوشش درختی و همچنین باغ+زراعت نیز از نظر توزیع در لندفرم‌های شیب‌ها به کاربری زراعت هستند. شواهد میدانی نشان داد که علاوه بر تأثیراتی طبیعی که ذکر گردید، بهبود یا تضعیف شرایط اقتصادی، فرهنگی و فناوری^۱ منطقه می‌تواند اثر عوامل طبیعی بر کاربری سرزمین (برپایه فعالیت انسان) را کاهش یا تشدید کند.

جدول ۹. یکپارچگی ساختارهای واحدهای لندفرم و واحدهای کاربری سرزمین

واحد سنگ	واحد لندفرم	واحد کاربری سرزمین	مساحت واحد لندفرم	مساحت واحد کاربری در واحد لندفرم	درصد مساحت واحد کاربری در واحد لندفرم
Q_1^1	دامنه منظم	باغ و پوشش درختی		۳۲/۳	۱۳/۰
		باغ + زراعت		۲۷/۲	۱۱/۰
		زراعت		۶۸/۶	۲۷/۹
		آب مصرف شرب	۲۳۷	۱/۸	۰/۷
		مرتع		۱۱۴/۲	۴۶/۲
		شهری		۱/۹	۰/۸
PI^v	فرسایش شیبی با برون‌زدگی سنگی پراکنده	مرتع		۱۵۴/۸	۹۰/۰
		باغ و پوشش درختی	۱۷۲	۵/۷	۳/۴
		چمنزار		۱۱/۵	۶/۶
OI^{sc}	دامنه منظم	مرتع	۱۲۶	۸۰/۲	۶۳/۷
		زمین سنگلاخی با بیوماس ضعیف		۴۵/۸	۳۶/۳
		مرتع	۲۱۹	۲۱۷/۲	۹۹/۲
		آبیاری		۱/۸	۰/۸
		مرتع	۲۰۱	۲۰۱/۰	۱۰۰
		مرتع	۱۱۵	۱۱۵/۰	۱۰۰

¹ Technologic

ادامه جدول ۹

واحد سنگ	واحدلندفرم	واحد کاربری سرزمین	مساحت واحد لندفرم	مساحت واحد کاربری در واحد لندفرم	درصد مساحت واحد کاربری در واحد لندفرم
برون‌زدگی سنگی کورنیشی		باغ و پوشش درختی	۱۵۶۹	۳۵/۶	۲/۳
		زراعت		۱/۴	۰/۱
		باغ + زراعت		۲/۱	۰/۲
		آبیاری		۴/۰	۰/۳
		مرتع		۱۵۱۴/۷	۹۶/۴
		چمنزار		۱۱/۲	۰/۷
برون‌زدگی سنگی با واریزه نیمه تثبیت		باغ و پوشش درختی	۴۲۱	۱/۲	۰/۳
		مرتع		۳۱۶/۰	۷۵/۱
		زمین سنگلاخی با بیوماس ضعیف		۱۰۳/۸	۳۴/۶
توده سنگی		زمین سنگلاخی با بیوماس ضعیف	۱۷	۱۷/۰	۱۰۰
		باغ و پوشش درختی		۸/۶	۳/۰
E ₃ ^{at}	دامنه منظم	باغ + زراعت	۲۸۸	۶/۹	۲/۴
		آب آبیاری		۲/۹	۱/۰
		زراعت		۱۰۲/۵	۳۵/۶
		مرتع		۱۳۸/۳	۴۸/۰
		چمنزار		۲۸/۸	۱۰/۰
		باغ و پوشش درختی		۱۲۹/۶	۱۱/۳
فرسایش سطحی		زراعت	۱۱۴۴	۱۰۳/۸	۹/۱
		باغ + زراعت		۱۱/۵	۱/۰
		چمنزار		۵/۸	۰/۵
		مرتع		۸۸۶/۹	۷۷/۵
		صنعت		۶/۴	۰/۶
		مرتع		۳۴۳/۶	۹۹/۶
برون‌زدگی سنگی		آب آبیاری	۳۴۵	۱/۴	۰/۴
		مرتع		۵۵۴/۷	۸۱/۹
		صنعت		۶/۲	۰/۹
		باغ و پوشش درختی		۳۰/۸	۴/۵
		باغ + زراعت		۵۵/۵	۸/۲
		زراعت		۳۰/۸	۴/۵
فرسایش سطحی		زراعت	۹۳۷	۱۴۳/۷	۱۵/۳
		باغ و پوشش درختی		۳۹/۱	۴/۲
		باغ + زراعت		۵۷/۵	۶/۱
		مرتع		۶۸۰/۱	۷۲/۶
		چمنزار		۵/۷	۰/۶
		آب آبیاری		۴/۶	۰/۵
E ₂ ^{st1}		شهری	۵۵۲	۰/۶	۰/۱
		منطقه صنعتی		۵/۷	۰/۶
		باغ و پوشش درختی		۵۹/۲	۱۰/۷
فرسایش سطحی		مرتع	۵۵۲	۴۸۶/۲	۸۸/۱
		آب آبیاری		۶/۶	۱/۲
		جمع		۷۰۳۱	۷۰۳۱

جدول ۱۰. توزیع واحدهای کاربری در واحدهای لندفرم

واحد کاربری سرزمین	مساحت کاربری	واحدهای لندفرم	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
زراعت	۴۵۰/۱	دامنه منظم	۳۱۴/۳	۶۹/۸۳
		فرسایش سطحی	۱۳۴/۴	۲۹/۸۶
		برون‌زدگی سنگی کورنیشی	۱/۴	۰/۳۱
باغ و پوشش درختی	۳۴۲/۱	فرسایش سطحی	۲۱۹/۵	۶۴/۱۶
		دامنه منظم	۸۰/۱	۲۳/۴۲
		برون‌زدگی سنگی با واریزه نیمه تثبیت	۳۶/۸	۱۰/۷۶
		فرسایش شیبی با برون‌زدگی سنگی پراکنده	۵/۷	۱/۶۶
		دامنه منظم	۹۱/۶	۵۷/۰۰
باغ + زراعت	۱۶۰/۷	فرسایش سطحی	۶۷/۰	۴۱/۷۰
		برون‌زدگی سنگی	۲/۱	۱/۳۰
		دامنه منظم	۱۳۵۱/۴	۲۳/۲۸
مرتفع	۵۸۰۳/۶	فرسایش سطحی	۱۹۲۷/۸	۳۳/۲۲
		برون‌زدگی سنگی	۲۲۵۴/۶	۳۸/۸۵
		فرسایش آبراهه‌ای	۱۱۵/۰	۱/۹۸
		فرسایش شیبی با برون‌زدگی سنگی پراکنده	۱۵۴/۸	۲/۶۷
		توده سنگی	۱۷	۱۰/۲۰
زمین سنگلاخی با بیوماس ضعیف	۱۶۶/۶	برون‌زدگی سنگی با واریزه نیمه تثبیت	۱۰۳/۸	۶۲/۳۰
		برون‌زدگی سنگی با واریزه قلوه‌سنگی	۴۵/۸	۲۷/۵۰
		دامنه منظم	۳۵/۵	۵۵/۴۳
چمنزار	۶۴/۰	فرسایش شیبی با برون‌زدگی سنگی پراکنده	۱۱/۵	۱۷/۹۷
		برون‌زدگی سنگی کورنیشی	۱۱/۲	۱۷/۵۰
		فرسایش سطحی	۵/۸	۹/۱۰
شهری	۲/۵	دامنه منظم	۲/۵	۱۰۰/۰۰
منطقه صنعتی	۱۸/۳	دامنه منظم	۵/۷	۳۱/۱۵
		فرسایش سطحی	۱۲/۶	۶۸/۸۵
		فرسایش سطحی	۶/۶	۲۸/۵۷
منابع آب	۲۳/۱	دامنه منظم	۱۱/۱	۴۸/۰۶
		برون‌زدگی سنگی	۵/۴	۲۳/۳۷
جمع	۷۰۳۱	-----	۷۰۳۱	۱۰۰

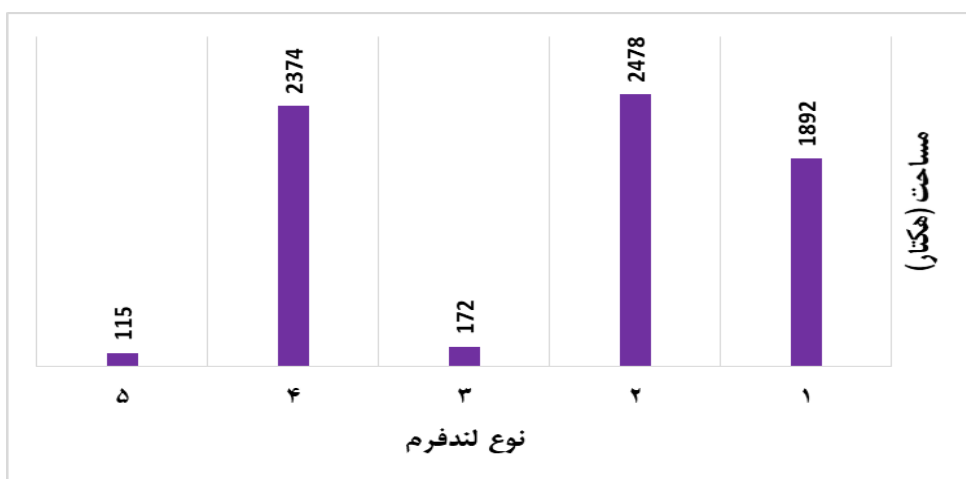
همانگونه که جدول ۶ نشان می‌دهد حدود ۸۳ درصد مساحت منطقه را کاربری مرتفع اشغال کرده است. در حالیکه بر اساس داده‌های جدول ۱۰، از این ۸۳ درصد، فقط حدود ۲۵ درصد آن در دامنه منظم گسترش داشته و حدود ۷۵ درصد تحت تاثیر فرایندهای آغازین و آب هستند و در لندفرم‌های مربوط به این فرایندها توسعه یافته‌اند (جدول ۱۰).

۴-۱-۲-۳. شاخص توزیع ژئومورفولوژی و گزینش‌پذیری واحدهای کاربری زمین

ویژگی‌های ترکیب واحدهای لندفرم با فرایندهای مشابه در جدول ۱۱ و شکل ۱۶ نشان داده شده است. بر اساس جداول ۹ و ۱۰، پارامترهای مورد استفاده برای تعیین شاخص توزیع ژئومورفولوژی بدست آمد (جدول ۱۲). شکل ۱۷ شاخص‌های توزیع کاربری‌ها را در واحدهای لندفرم نشان می‌دهد.

جدول ۱۱. توزیع مساحت در واحدهای لندفرم با فرایند مشابه

واحد لندفرم	دامنه منظم	برون زدگی سنگی	فرسایش شیاری با برون زدگی سنگی پراکنده	فرسایش سطحی	فرسایش آبراهه‌ای	جمع
کد واحد لندفرم	۱	۲	۳	۴	۵	-----
مساحت	۱۸۹۲	۲۴۷۸	۱۷۲	۲۳۷۴	۱۱۵	۷۰۳۱



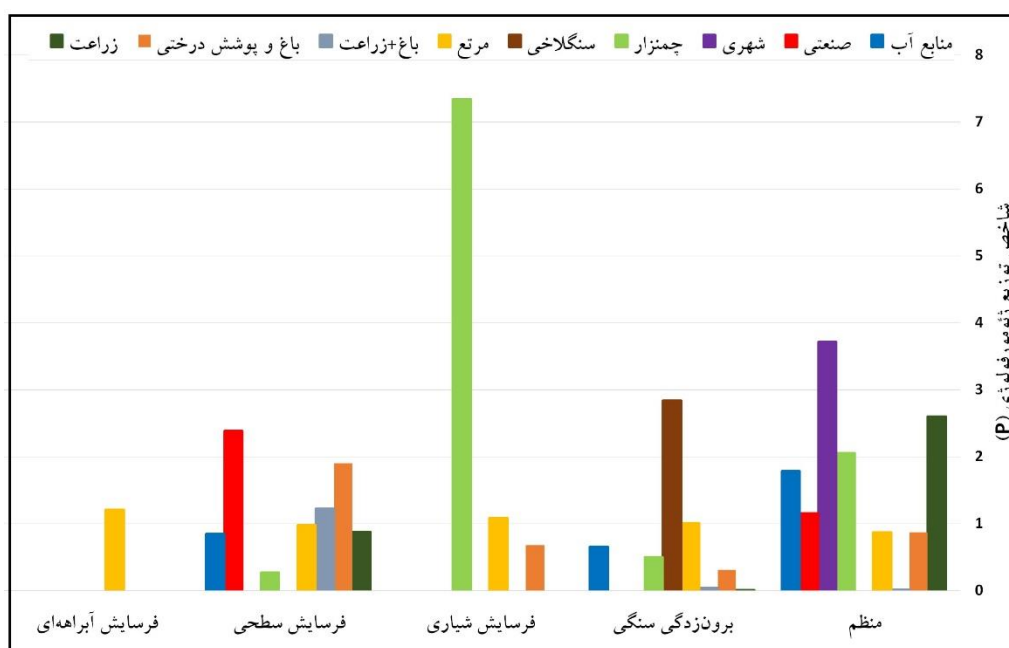
شکل ۱۶. توزیع مساحت در واحدهای لندفرم با فرایند مشابه (کد لندفرم در جدول ۱۱)

جدول ۱۲. پارامترهای بکار گرفته شده (رابطه ۲) در توزیع و گزینش پذیری کاربری زمین

p	S_{te}	واحدهای لندفرم	S_i	واحد کاربری سرزمین
۲/۶۰	۳۱۴/۳	دامنه منظم	۴۵۰/۱	زراعت
۰/۸۸	۱۳۴/۴	فرسایش سطحی		
۰/۰۱	۱/۴	برون زدگی سنگی		
۱/۹۰	۲۱۹/۵	فرسایش سطحی	۳۴۲/۱	باغ و پوشش درختی
۰/۸۷	۸۰/۱	دامنه منظم		
۰/۳۱	۳۶/۸	برون زدگی سنگی		
۰/۶۸	۵/۷	فرسایش شیاری با برون زدگی سنگی پراکنده	۱۶۰/۷	باغ + زراعت
۰/۰۲	۹۱/۶	دامنه منظم		
۱/۲۳	۶۷/۰	فرسایش سطحی		
۰/۰۴	۲/۱	برون زدگی سنگی	۵۸۰۳/۶	مرتع
۰/۸۷	۱۳۵۱/۴	دامنه منظم		
۰/۹۸	۱۹۲۷/۸	فرسایش سطحی		
۱/۱۰	۲۲۵۴/۶	برون زدگی سنگی		
۱/۲۱	۱۱۵/۰	فرسایش آبراهه‌ای	۱۶۶/۶	زمین سنگلاخی با بیوماس ضعیف
۱/۰۹	۱۵۴/۸	فرسایش شیاری با برون زدگی سنگی پراکنده		
۲/۸۴	۱۶۶/۶	برون زدگی سنگی		

ادامه جدول ۱۲

p	S_{ie}	واحدهای لندفرم	S_i	واحد کاربری سرزمین
۲/۰۶	۲۵/۵	دامنه منظم	۶۴/۰	چمنزار
۷/۳۴	۱۱/۵	فرسایش شیبی با برون‌زدگی سنگی پراکنده		
۰/۵۰	۱۱/۲	برون‌زدگی سنگی		
۰/۳۷	۵/۸	فرسایش سطحی		
۳/۷۲	۲/۵	دامنه منظم	۲/۵	شهری
۱/۱۶	۵/۷	دامنه منظم	۱۸/۳	منطقه صنعتی
۲/۳۹	۱۲/۶	فرسایش سطحی		
۰/۸۵	۶/۶	فرسایش سطحی	۲۳/۱	منابع آب
۱/۷۹	۱۱/۱	دامنه منظم		
۰/۶۶	۵/۴	برون‌زدگی سنگی		
			۷۰۳۱	S



شکل ۱۷. شاخص‌های توزیع کاربری‌ها در واحدهای لندفرم

شکل ۱۷ حاصل همپوشانی نقشه لندفرم‌ها (شکل ۶) با نقشه کاربری زمین (شکل ۱۳) و نتایج رابطه شاخص توزیع ژئومورفولوژی (رابطه ۲) می‌باشد. این شکل توزیع انواع کاربری زمین همراه با محاسبه توزیع انواع کاربری زمین در لندفرم‌ها مختلف بر اساس شاخص توزیع ژئومورفولوژی را نشان می‌دهد.

در شکل ۱۷ تعداد ستون‌ها در هر لندفرم نشان دهنده توزیع کاربری‌ها در آن واحدهای لندفرم است. به این ترتیب هر چه تعداد این

ستون‌ها بیشتر باشد نشان از گزینش‌پذیری قوی لندفرم نسبت به کاربری زمین دارد یا به عبارتی گسترش کاربری زمین در این لندفرم دارای محدودیت کمتری است. در حالیکه هرچه تعداد ستون‌ها کمتر باشد نشان‌دهنده گزینش‌پذیری قوی لندفرم نسبت به همان کاربری زمین است یا به عبارتی هر نوع کاربری در این لندفرم دارای محدودیت است. بر این اساس در منطقه مطالعه، لندفرم دامنه منظم، فرسایش سطحی و برون‌زدگی سنگی گزینش‌پذیری قوی نسبت به کاربری‌ها داشته و این به این معناست که احتمال گسترش کاربری‌ها در این لندفرم‌ها بسیار زیاد بوده و تغییر الگوی کاربری وجود دارد.

از طرف دیگر در شکل ۱۷ ارتفاع ستون‌ها (شاخص توزیع) میزان انحراف بین توزیع کاربری زمین در لندفرم را مشخص می‌کند یا به عبارتی هر چه اختلاف ارتفاع ستون‌ها کمتر باشد سازگاری کاربری با لندفرم‌ها بیشتر است. به عنوان مثال، کاربری مرتع، در تمام لندفرم‌ها وجود دارد و اختلاف ارتفاع ستون آنها کم است در حالیکه کاربری زراعت فقط در دامنه منظم و دامنه با فرسایش سطحی بوده و دارای اختلاف ارتفاع زیاد در ستون‌ها است. این نشان‌دهنده این است که توزیع کاربری مرتع در لندفرم‌های مختلف یک توزیع متعادل است. در حالیکه در کاربری زراعت، با افزایش عملکرد فرایندهای آغازین و آب، شاخص توزیع به شدت از عدد صفر به $2/6$ تغییر می‌کند که نشان می‌دهد توزیع مکانی زمین‌های زراعی توسط این فرایندها محدود می‌شود.

با توجه به شکل ۱۷ می‌توان بیان کرد که لندفرم دامنه منظم گزینش‌پذیری قوی نسبت به تمامی کاربری‌ها داشته ولی با این حال، گزینش‌پذیری بسیار قوی نسبت به مناطق شهری و زراعت دارد (با توجه به شاخص توزیع ژئومورفولوژی)، این به این معناست که با توجه به اهمیت فعالیت انسانی (مناطق شهری و فعالیت معیشتی مثل کشاورزی) می‌توان انتظار داشت که در آینده، گسترش مناطق شهری و زراعت در لندفرم دامنه منظم با هر نوع سنگ بستر اتفاق بیافتد.

۳-۱-۴. تحلیل روند فعالیت انسانی ناشی از نوع و توزیع کاربری سرزمین

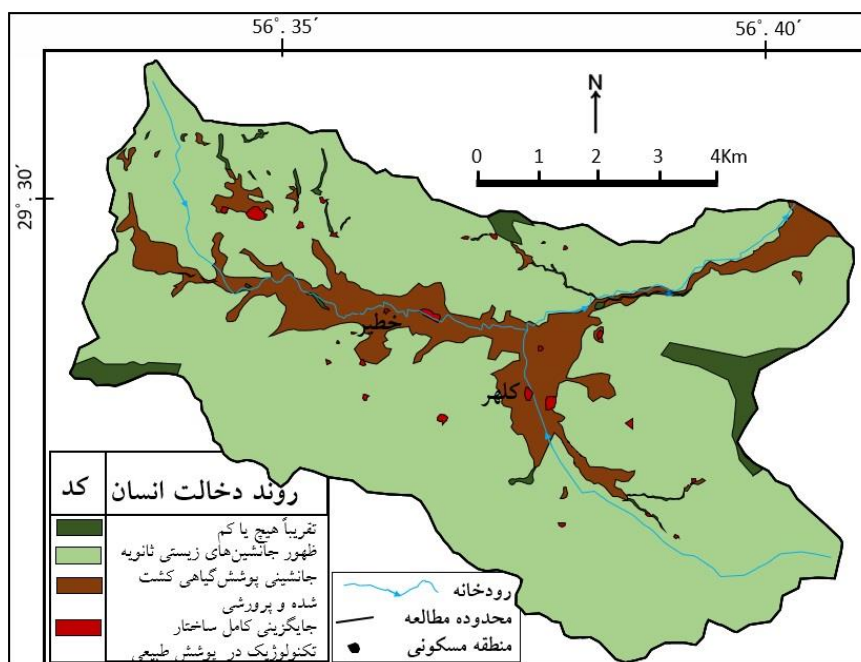
بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته بالا، نهایتاً می‌بایست روند تغییرات اکولوژیک، در منطقه بر اساس فعالیت انسان مورد بررسی قرار گیرد. مفهوم روند مداخله انسان به عنوان پیوستگی ناشی از واکنش بین پویایی طبیعی (پوشش زمین) و پویایی اقتصادی و اجتماعی (کاربری زمین) در محیط تعریف شده است (Vlek et al., 2007). در طول این تغییرات، زنجیره‌ای از وضعیت‌ها وجود دارد که ناشی از واکنش بین زیر سامانه‌های طبیعی (بیوفیزیکی) و انسانی (اجتماعی) در سرزمین است.

مطالعه روند مداخلات در منطقه نشان داد که روند زنجیره اکولوژیک از وضعیت نسبتاً طبیعی با دخالت‌های بسیار ناچیز شروع و سپس، توالی پیدایش جانشین‌های زیستی (ایجاد تیپ‌های گیاهی بر اساس شرایط فیزیکی و محیطی) و بعد از این سطح، روند به سوی دخالت‌های انسانی به صورت‌های تغییر در جانشین‌های زیستی (دخالت در پوشش مرتعی) و یا تغییر به صورت بنیادین و آگاهانه، یعنی جانشینی پوشش پرورشی یا کشت‌زار از جمله زراعت، باغبانی در کاربری‌های دیگر به ویژه مراتع است. این روند با جایگزینی غالب ساختارهای تکنولوژی از جمله شهرک‌های مسکونی، صنعتی و منابع آب در هر نوع کاربری سرزمین پایان یافته است (شکل ۱۸ و جدول ۱۳).

روند دخالت انسان، نیرو مهمی است که تغییرات جهانی در سامانه سرزمین را هدایت می‌کند. فرآیندهای روند می‌تواند حتی برای درک آینده تغییر کاربری زمین به عنوان نیرویی که سامانه زمین را دگرگون می‌کند، مهمتر باشد. مطالعات نشان داده که روند دخالت انسان در سطح منطقه‌ای مورد مطالعه قرار می‌گیرد و شامل مطالعه تغییرات جوامع گیاهی به تیپ گیاهی، تغییرات مراتع به مناطق کشت پرورشی و زراعی و در پایان تغییرات سرزمین به ساختارهای تکنولوژیک مانند مناطق شهری، صنعتی و مناطق تحت تاثیر بارش‌های رادیواکتیو می‌گردد.

همانگونه که جدول ۱۳ نشان می‌دهد فقط $2/4$ درصد از منطقه دارای روند با تغییرات ناچیز است که در لندفرم‌های توده سنگ و زمین‌های سنگلاخی گسترش دارند. مطالعات جهانی هم اشاره کرده‌اند که در حال حاضر این روند بیشتر در پلایاها و مناطق کوهستانی با ارتفاع زیاد وجود دارد (لنداسکیپ کنونی جهان). بیشترین روند دخالت انسان در منطقه به صورت ظهور جانشین‌های زیستی ثانویه عمدتاً

به صورت مرتع با حدود ۸۵ درصد است، که تقریباً در تمام لندفرم‌ها گسترش دارد. ویژگی اکولوژیک این نوع دخالت این است که نیروهای خود سازمان‌ده طبیعی^۱ بدون دخالت کنترلی انسان می‌توانند در یک تعادل طبیعی قرار گیرند (Milanova et al., 1993) به عبارتی با یک مدیریت معقول و بهره‌برداری بیوزیستی کمتر از قدرت تولید اکولوژیک، این سرزمین‌ها در وضعیت طبیعی خواهند ماند. بنابراین می‌توان بیان کرد که بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه هنوز می‌تواند به حالت طبیعی خود برگردد.



شکل ۱۸. نقشه روند مداخلات انسان

جدول ۱۳. روند تغییر اکولوژیک بر اساس فعالیت انسانی

مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	روند تغییر اکولوژیک
۲/۳۷	۱۶۶/۶	تقریباً هیچ یا کم
۸۳/۴۵	۵۸۶۷/۶	ظهور جانشین‌های زیستی ثانویه
۱۳/۵۵	۹۵۲/۹	جانشینی پوشش گیاهی کشت شده و پرورشی
۰/۶۳	۴۳/۹	جایگزینی کامل ساختار تکنولوژیک در پوشش طبیعی
۱۰۰	۷۰۳۱	جمع

۴-۲. نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط سنگ‌شناسی، اقلیمی و فیزیوگرافی منطقه به عنوان متغیرهای تاثیر گذار بر عمل فرایندهای پویا و در نتیجه بر رفتار ژئومورفولوژی، واحدهای لندفرم تهیه و سپس تأثیر آنها بر تنوع و الگوی کاربری سرزمین بررسی شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ژئومورفولوژی (واحدهای لندفرم) نه تنها بر توزیع مکانی الگوی کاربری سرزمین تأثیر می‌گذارد، بلکه بر دامنه و شدت فعالیت‌های انسانی

¹ Natural self-organisation

نیز موثر است. ژئومورفولوژی، از طریق تأثیر خود بر الگوی کاربری سرزمین و فعالیت‌های انسانی، توزیع انواع کاربری سرزمین را به تدریج به شکلی منظم و سازگار با توزیع متغیرهای ژئومورفولوژیکی ارتقا می‌دهد. به طوریکه مواد مادری و فرایندهای عمل‌کننده در منطقه، هر چه به طرف سنگ‌های رسوبی از نوع رسوبات ناپیوسته با فرایندهای پویای عمل آب و بیوشیمیایی پیش می‌رود بر تنوع و توزیع کاربری سرزمین افزوده می‌شود. نتایج مطالعات فیزیوگرافی و ژئومورفولوژی نشان داد که شیب عامل مهمی بر تنوع و گسترش کاربری سرزمین از نوع فعالیت زیستی، پرورشی - معیشتی (زراعت، باغ)، در واحد لندفرم دامنه منظم در هر نوع سنگی بوده است. ارتفاع با تأثیر بر اقلیم، روی فرایندها اثر گذاشته و فرایندهای آغازین و فعالیت آب با بیشتر شدن ارتفاع، فعال شده بنابراین لندفرم‌های مربوطه از جمله انواع برون‌زدگی‌ها و فرسایش را ایجاد می‌کند. با شکل‌گیری این لندفرم‌ها می‌توان بیان کرد شاخص ارتفاع به طور قابل توجهی با شاخص‌های تنوع و توزیع کاربری سرزمین همبستگی منفی دارد. در مقایسه با سایر ویژگی‌های فیزیوگرافی و ژئومورفولوژی، تأثیر جهت را می‌توان در فراوانی و تشدید عمل فرایند فعالیت آب در جهت‌های شمالی، تا حد فرسایش آبراهه‌ای مشاهده کرد، ولی جهت تأثیر کمی بر تنوع و الگوهای کاربری سرزمین دارد.

نتایج نشان داد که ژئومورفولوژی اثرات مثبت و منفی مهمی بر تنوع و الگوهای پوشش و کاربری سرزمین دارد به طوریکه الگوی تنوع کاربری سرزمین با تغییرات در ویژگی‌های ژئومورفیک، نیز تغییراتی را نشان می‌دهد. با توجه به مطالعات، تجارب و نتایج تحقیق می‌توان بیان کرد که تحلیل و تفسیر هر گونه پژوهش از جمله تنوع و توزیع کاربری سرزمین، کیفیت زیستگاه و مدیریت سرزمین، بر پایه ژئومورفولوژی (لندفرم)، برنامه‌ریزان را قادر می‌سازد تا در مورد نیازهای اجتماعی منطقه تصمیم‌گیری کنند. این مطالعه موردی انجام شده با رویکرد ژئومورفولوژی و بر پایه مواد مادری نشان داد که سازماندهی و انتقال اطلاعات کاربری سرزمین بر پایه لندفرم می‌تواند به راحتی در هر منطقه با هر شرایطی، تطبیق و به کار برده شود.

References

- Agha Nabati, A. (2004), *Geology of Iran*, Geological and Mineral Exploration Organization of the country.
- Ahmadi, H. (2008), *Applied Geomorphology*, Volume 1, Water Erosion, Tehran University Press. (In Persian).
- Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M. & Smith, A. B. (2012). Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, 486(7401), 52-58.
- Campos, M., A. Velázquez, G.B. Verdinelli, M. Skutsch, M.B. Juncà & Á.G. Priego-Santander (2012), "An interdisciplinary approach to depict landscape change drivers: A case study of the Ticiuz agrarian community in Michoacan, Mexico", *Applied Geography*, vol. 32, issue 2, pp.
- Castaldi, F. & U. Chiocchini (2012), "Effects of land use changes on badland erosion in clayey drainage basins, Radicofani, Central Italy", *Geomorphology*, vol. 169, pp. 98-108. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.04.016.
- Chen, X., Jiang, L., Zhang, G., Meng, L., Pan, Z., Lun, F., & An, P. (2021). Green-depressing cropping system: A referential land use practice for fallow to ensure a harmonious human-land relationship in the farming-pastoral ecotone of northern China. *Land Use Policy*, 100, 104917.
- Di Gregorio, A., & Jansen, L. J. (1998). A new concept for a land cover classification system. *The Land*, 2(1), 55-65.
- Di Gregorio, A. (2005). *Land cover classification system: classification concepts and user manual: LCCS (Vol. 8)*. Food & Agriculture Org.
- Ellis, E. A., & Porter-Bolland, L. (2008). Is community-based forest management more effective than protected areas? A comparison of land use/land cover change in two neighboring study areas of the Central Yucatan Peninsula, Mexico. *Forest ecology and management*, 256(11), 1971-1983.
- Fang, H., G. Liu & M. Kearney (2005), "Georelational Analysis of Soil Type, Soil Salt Content, Landform, and Land Use in the Yellow River Delta, China", *Environmental Management*, vol. 35, issue 1, pp. 72-83. DOI: 10.1007/s00267-004-3066-2.
- Feddema, J. J., Oleson, K. W., Bonan, G. B., Mearns, L. O., Buja, L. E., Meehl, G. A., & Washington, W. M. (2005). The importance of land-cover changes in simulating future climates. *Science*, 310(5754), 1674-1678.

- Geological Organization of Iran, 1996, report and map of Rafsanjan and Sirjan with a scale of 1:250,000.
- Ha, K., Ding, Q., Men, M., & Xu, H. (2015). Spatial distribution of land use and its relationship with terrain factors in hilly area. *Geogr. Res.* 34, 909–921.
- Hu, X. D., & Zou, L. L. (2020). Landscape pattern evolution of land use and its driving mechanism in Yangtze River Economic Belt under the guidance of ecological priority: Case study of Wuhan City. *Areal Research and Development*, 39(3), 138-149.
- Huggett, R., & Shuttleworth, E. (2022). *Fundamentals of geomorphology*. Routledge.
- Jansen, L. J., & Di Gregorio, A. (2003). Land-use data collection using the “land cover classification system”: results from a case study in Kenya. *Land use policy*, 20(2), 131-148.
- Jiang, P., Cheng, Q., Zhuang, Z., Tang, H., Li, M., Cheng, L., & Jin, X. (2018). The dynamic mechanism of landscape structure change of arable landscape system in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 251, 26-36.
- Kaplan, J. O., Krumhardt, K. M., Ellis, E. C., Ruddiman, W. F., Lemmen, C., & Goldewijk, K. K. (2011). Holocene carbon emissions as a result of anthropogenic land cover change. *The Holocene*, 21(5), 775-791.
- Kareiva, P., Watts, S., McDonald, R., & Boucher, T. (2007). Domesticated nature: shaping landscapes and ecosystems for human welfare. *Science*, 316(5833), 1866-1869.
- Knight, J. & S. Harrison (2013), ‘A land history of men’: the intersection of geomorphology, culture and heritage in Cornwall, southwest England, *Applied Geography*, issue 42, pp. 186–94. DOI: 10.1016/j.apgeog.2013.03.020.
- Métay, I. G. S., Bocco, G., Velázquez, A., & Gajewski, K. (2017). On the relationship between landforms and land use in tropical dry developing countries. A GIS and multivariate statistical approach. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2017(93), 3-19.
- Milanova, E. V., & Kushlin, A. V. (1993). World map of present-day landscapes: An explanatory note (No. 551.4 912.15514). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. United Nations Environment Programme.
- Mozamemi, A., Amiri, A., & Kianian, M. (1401). Geological, mineralogy and origin determination of the Hararan copper deposit, Baft, Kerman. *Advanced Applied Geology*, 12(1), 165-176. doi: 10.22055/aag.2021.35379.2171. (In Persian).
- NOAA. What is the difference between land cover and land use? National Ocean Service website, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lclu.html>, 11/05/20.
- Paneque-Gálvez, J., Mas, J. F., Moré, G., Cristóbal, J., Orta-Martínez, M., Luz, A. C., & Reyes-García, V. (2013). Enhanced land use/cover classification of heterogeneous tropical landscapes using support vector machines and textural homogeneity. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 23, 372-383.
- Scanlon, B. R., Reedy, R. C., Stonestrom, D. A., Prudic, D. E., & Dennehy, K. F. (2005). Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern US. *Global Change Biology*, 11(10), 1577-1593.
- Slaymaker, O. (2009). The future of geomorphology. *Geography Compass* 3, 329–49.
- Turner, B. L. (2002). Contested identities: Human-environment geography and disciplinary implications in a restructuring academy. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(1), 52-74.
- Vlek, L.G. & Braimoh, A.K. (2007). *Land use and soil resources*. Springer.
- Wang R., (2018). Connotation and characteristics of landscape scale, process and pattern (LSPP) research. *Tropical Geography*, 38(4), 458-464.
- Yu, H., Zeng, H., & Jiang, Z. Y. (2001). Study on distribution characteristics of landscape elements along the terrain gradient. *Scientia Geographica Sinica*, 21(1), 64-69.