

Analysis of influential factors in the formation of badlands in the Larestan region, southern Fars Province

Ghasem ali Moghtadery ^{a,*} , Gholam ali Moafpourian ^b 

^a Assistant professor, Geographical Sciences Department, Faculty of Humanities, University of Payame Noor, Tehran, Iran

^b Assistant professor, Geology Department, Faculty of science, University of Payame Noor, Tehran, Iran

Research Full Paper

Article History (Received: 2024/10/8

Accepted: 2025/02/21)

Extended abstract

1- Introduction

Badlands are unique geological formations characterized by their dry, eroded landscapes, which often feature steep slopes, minimal vegetation, and intricate drainage systems. This terrain arises primarily in arid to semi-arid regions where softer sedimentary rocks and clay-rich soils have been extensively eroded by water and wind. The result is a landscape filled with canyons, gullies, buttes, hoodoos, and other striking geological features. Badlands are formed through a combination of geological processes primarily involving erosion and deposition. The key factors contributing to the formation of Badlands are Presence of soft sedimentary rocks such as clay, shale, gypsum and anhydrite which are highly susceptible to erosion, arid climate that results in sparse vegetation cover and heavy rainfall. In a large part of the southern regions of Fars province, especially in the Larestan areas, there are regions that match the geomorphological characteristics described for Badlands (Figure 1). In general, scientific papers on the Badlands subject in Iran are little, and in particular there is not any research work on Larestan's Badlands. In Figures 2 and 3 two examples of landscapes seen in the Larestan's Badlands are displayed. The lack of any scientific reports on Badlands of the Larestan area raises an important question, how it could be done the water resource management and agricultural activities while the necessary data such as annual sediment yield and its impact on the quality of surface and groundwater is not available.

2- Methodology

Data and methods which employed in the current research to identify the natural characteristics and effective factors contributing to the formation of Badlands in the Larestan region are as follows:

2-1 Field observation: During field studies, the surface pavement type, slope, aspect, lithology, vegetation cover, and geomorphological features such as landform shape and drainage patterns were investigated (Figures 2 and 3). Furthermore, the accuracy of the Badlands areas identified in the satellite image and the prepared morphometric maps was assessed.

2-2 Satellite image: Using satellite imagery of the study area, the approximate extent of the Badlands regions was determined based on the variations in color, tone, and texture of these areas compared to the plains and highlands. Additionally, using the same imagery, GPX data containing the geographic coordinates and elevations of points in the study area was obtained by uploading the KMZ image file to the GPS Visualizer website. This data was utilized in ArcGIS software to create a Digital Elevation Model (DEM) and other morphometric maps of the study area, including flow directions, slope aspect, and additional morphology-related maps such as slope change, flow accumulation, drainage density, and drainage systems maps.

2-3 Geology map: The geology map of the studied area (Figure 4) was created by combining five 1:100,000 scale maps of the Lar, Mahleka, Bastak, Chauhar Berke, and Gav Bast regions using ArcGIS software to examine the exposed rock layers of geological formations and associated geological structures. Since the resistance of rock strata to erosion is influenced by their lithology, and ongoing rapid erosion necessitates a significant thickness of soft rock strata, our data on the lithostratigraphic sequence of the Larestan region is particularly crucial. According to geological studies, the Fars Group, which encompasses the Mishan, Gachsaran, and Aghajari formations (Figure 5), is significantly represented in the study area, with a thickness of approximately 3,000 meters. It is situated above the resistant carbonate strata of the Asmari-Jahrom formations and below the

* Corresponding Author: epnu.moghtaderi@pnu.ac.ir

Quaternary conglomerate strata of the Bakhtiari Formation. An examination of this map indicates that in the Badlands, the extensively exposed rock strata are primarily from the Gachsaran and Mishan formations, consisting of marl and gypsum layers.

2-4 Morphometric maps:

a) DEM: This map illustrates regions with comparable elevations using a consistent color scheme (Figure 6). It serves as foundational data for generating other morphometric maps. Additionally, because the elevation of Badlands is greater than that of plains but lower than that of mountain ranges, they typically exhibit a distinct local elevation range and are depicted in a uniform color on the DEM. In the study area, the majority of Badlands correspond to yellow and pink hues.

b) Flow directions map: This map categorizes the area according to the number of surface water flow paths (Figure 7). In other words, it illustrates the density of water channels in various regions. Given that a key characteristic of Badlands is the abundance of drainage channels, this map serves to pinpoint their locations. Based on field observations, the flow direction map is most effective in identifying Badlands areas.

c) Aspect map: This map categorizes the study area based on the orientation of slopes in relation to the north. In other words, it illustrates the aspect or azimuth of slopes in each section using specific colors. In Badlands regions, the presence of numerous drainage channels in various directions leads to a wide range of slope orientations. Consequently, the areas with the most significant color diversity on this map correspond to the locations of Badlands (Figure 8). The Gachsaran and Mishan formations, composed of marl and gypsum, are prominently exposed.

3- Results

Based on investigations into geology, various morphometric maps, and field observations, it can be concluded that a combination of several factors—including geological, tectonic, and erosional processes under arid climatic conditions—has played a fundamental role in the formation of the Badlands in the Larestan region. In the Larestan region, three types of geomorphologies—mountains, plains, and Badlands—can be observed, depending on the prevailing geological and tectonic conditions (Figures 1 and 6). The mountains are formed at anticlines and faults, showcasing resistant rock layers from formations such as Aghajari, Asmari-Jahrom, and Daryan. In the gently sloping areas of folds and synclines, where sediment gathers, plains can be found. Badlands arise in regions where soft rock layers, prone to erosion, are prominently exposed. The extensive outcrop of these layers results either from their gentle dip or, as seen in the Badlands northwest of Evaz city, from the dense folding of the layers (Figure 9). The rapid and severe erosion of these rocks, caused by infrequent yet intense rainfall in arid climates, has created the necessary conditions for the formation of the distinctive geomorphology of the Badlands in these areas. Investigation of various morphometric maps, along with the assessment of field observations, revealed that the maps of flow directions, aspect, and curvature exhibit the highest accuracy in detection of the spatial location of the badlands. In contrast, the maps depicting drainage density, flow accumulation, stream order, and stream network are not particularly effective, likely due to the loose nature of alluvial deposits and the presence of the exceedingly high number of surface drainage channels.

4- Discussion & Conclusions

Although this research focuses on a specific geographical area, Larestan, it is important to note that, due to similar geological, tectonic, and climatic conditions across a much larger region in southern Iran, the results and findings can be generalized to areas beyond Larestan. The formation of anticlines, synclines, and faults—fundamental elements in the geomorphology of various regions, including the Badlands—is primarily influenced by tectonic forces and stratigraphic characteristics. In the study area, Badlands landscapes develop in regions where the Fars Group formations are visible. These formations can be observed in many southern parts of the country, extending to the shores of the Persian Gulf. Based on the lithology of the exposed formations in the Larestan region, it is clear that soft, low-resistance layers are located between three series of hard, erosion-resistant layers. The soft Gachsaran layers are situated between the resistant limestone layers of the Asmari-Jahrom Formation and the Gouri Member, while the soft Mishan Formation is located between the resistant layers of the Gouri Member and the Aghajari Formation (Figure 5). The stratigraphy of the Fars Group and its lithological diversity are crucial elements that contribute to the varied landscapes observed in the Badlands of the Larestan region (Figures 2 and 3). Continuous erosion necessitates the ongoing vertical movement of the earth; thus, the formation of Badlands requires a balance between erosion and uplift rates. The Badlands of the Larestan regions have evolved into areas where extensive outcrops of soft marly and gypsiferous strata are present, and the rate of uplift has not been so

rapid as to cause the complete erosion of the younger Mishan and Gachsaran formations. Comparing the elevation above sea level in regions with differing geomorphology shows that the elevation of the Badlands is 200 to 400 meters higher than the surrounding plains, and roughly the same amount lower than the nearby mountain ranges (Figure 6). In the mountains of Larestan, where the uplift rate has been more rapid, we observe increased erosion of the soft and young layers of the Gachsaran and Mishan formations. As a result, older rock layers are now exposed in these regions. While it is possible to identify the locations of large badland areas using satellite imagery, morphometric maps seem essential for pinpointing smaller and more dispersed areas. Furthermore, to assess the extent of erosion and the volume of sediment produced, it is crucial to utilize DEM maps prepared at various time intervals, and their changes should be thoroughly examined and analyzed.

Key Words: Badlands, erosion, Fars, Larestan

Cite this article: Moghtadery, Gh.A., & Moafpourian, Gh.A. (2025). Analysis of influential factors in the formation of badlands in the Larestan region, southern Fars Province. *Journal of Environmental Erosion Research*. 2025; 15 (2):144-159. <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.144>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.144>

Published by Hormozgan University Press.

URL: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>

تحلیل عوامل تاثیر گذار در شکل‌گیری پهنه‌های بدبوم منطقه لارستان در جنوب استان فارس

قاسمعلی مقتدري*: استادیار گروه علوم جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه پیام نور، تهران

غلامعلی معاف‌پوریان: استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۳)

DOI: <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.144>

چکیده

در نواحی جنوبی استان فارس بویژه مناطق مجاور لارستان پهنه‌های پراکنده‌ای مشاهده می‌شود که مشخصه‌های ژئومورفولوژی عنوان شده در خصوص بدبوم‌ها^۱ مانند فقدان کف پوش رگولیتی^۲، شبکه متراکم آب‌گذرها، خندق‌ها و تپه‌های مجزا و پرشیب را نشان می‌دهند. در پژوهش حاضر با توجه به فقدان مطالعات علمی در خصوص پهنه‌های بدبوم جنوب استان فارس و اهمیت این مناطق در بحث آمایش سرزمینی، عوامل موثر در شکل‌گیری آنها را بر اساس مجموعه‌ای از داده‌های زمین‌شناسی و رقومی مورد تحلیل قرار داده‌ایم. مشاهدات زمین‌شناسی حاصل بررسی‌های میدانی و نقشه زمین‌شناسی تهیه شده بوده و داده‌های رقومی از مختصات مکانی محدوده مورد مطالعه نیز با استفاده از تصویر ماهواره‌ای این محدوده فراهم آمده است. از داده‌های زمین‌شناسی در تعیین جنس طبقات سنگی و وضعیت ساختاری زمین در بدبوم‌ها استفاده شده و از داده‌های رقومی هم پس از پردازش برای تهیه نقشه دم^۳ و دیگر نقشه‌های مورفومتریک منطقه در نرم‌افزار آرک جی آی اس^۴ استفاده گردیده است. بر پایه مشاهدات زمین‌شناسی می‌توان دریافت بدبوم‌ها در بخش‌هایی بوجود آمده‌اند که سازندهای زمین‌شناسی نرم با مقاومت کم در برابر فرسایش، بویژه طبقات مارنی و گچی سازندهای گچساران و میشان، به سبب شیب کم طبقات یا چین‌خوردگی فشرده با ضخامت زیاد در سطحی وسیع رخنمون گردیده‌اند. در این بخش‌ها شکل‌گیری پهنه‌های بدبوم تحت تاثیر فرسایش شدید ناشی از بارش‌های نادر اما شدید که از مشخصه‌های شرایط آب و هوایی گرم و خشک است صورت پذیرفته است. در تصاویر ماهواره‌ای پهنه‌های بدبوم از رنگ و تنالیت‌ها متمایز در قیاس با دشت‌ها و ارتفاعات برخوردار هستند و بر این اساس موقعیت تقریبی آنها را می‌توان مشخص نمود. با این حال برای دقت بیشتر و همچنین دستیابی به ابزاری برای مطالعه چگونگی تاثیر فرسایش بر لندفرم‌ها و میزان تولید رسوب طی بازه‌های زمانی مختلف تهیه نقشه دم و دیگر نقشه‌های مورفومتریک ضروری می‌باشد. بررسی انواع نقشه‌های مورفومتریک منطقه نشان می‌دهد که با استفاده از نقشه جهت‌های جریان به خوبی می‌توان موقعیت مکانی پهنه‌های بدبوم را مشخص نمود.

واژگان کلیدی: ژئومورفولوژی، فرسایش، بدبوم، لارستان

^۱ Badlands^۲Regolith Blanket^۳Digital Elevation Model^۴ Arc GIS

۱- مقدمه

بدبوم‌ها معمولاً به مناطق خشک تا نیمه خشک با فرسایش شدید اشاره دارد. این مناطق با توجه به نوع خاصی از ژئومورفولوژی یا زمین‌شکل^۱ که از سیمای متمایز برخوردار است مشخص می‌گردند. در اغلب نوشته‌ها در توصیف ژئومورفولوژی پهنه‌های بدبوم به مواردی چون ناهمواری‌های زیاد شامل شبکه پیچیده با تراکم بالا آب‌گذرها^۲، خندق و دره‌های متعدد و باریک، تپه‌های مجزا با دامنه پرشیب، خاک نرم و غنی از رس، فقدان کف پوش رگولیتی^۳ و پوشش گیاهی اندک اشاره است (Parsons, & Abrahams, 2009). در بخش وسیعی از مناطق جنوبی استان فارس بویژه در نواحی لارستان پهنه‌هایی را می‌توان مشاهده نمود که با مشخصه‌های ژئومورفولوژیکی یاد شده در مورد بدبوم‌ها مطابقت می‌نمایند (شکل ۱). به نظر برخی از پژوهشگران بدبوم‌ها در تمام قاره‌ها به استثنای قاره قطب جنوب مشاهده می‌گردند، برای مثال به نظر (Martínez-Murillo, & Nadal-Romero, 20018 & Romero et al, 2021) در نواحی مدیترانه در هر دو محیط خشک و مرطوب می‌توان آنها را می‌توان ملاحظه نمود. توپوگرافی بدبوم‌ها که در نتیجه فرسایش آبی ایجاد گردیده است شامل تعداد بسیار زیادی از کانال‌های آب‌گذر است که توسط تیغه‌های کوتاه و پرشیب از هم جدا می‌شوند (Jackson, 1997 & Lillie, 2005, & Levin, 2010). سیستم آب‌گذر تشکیل شده در این پهنه‌ها تحت عنوان شبکه زهکشی با بافت بسیار ریز شناخته می‌شود (Thornbury, 1969).

از آنجا که تشکیل بدبوم‌ها به مجموعه‌ای از عوامل زمین‌شناسی، تکتونیکی و آب و هوایی مرتبط بوده و عوامل یاد شده نیز در نواحی مختلف زمین یکسان نمی‌باشند لذا سیمای مشاهده شده در بدبوم‌های نواحی مختلف بسیار متنوع می‌باشد (Coratza & Parenti, 2021). در پهنه‌های بدبوم مجموعه‌ای از عوامل شامل شیب زیاد زمین، پوشش گیاهی کم و پراکنده، بافت دانه ریز رسوبات سطحی عامل کاهش تراوایی، افزایش حجم و سرعت روان‌آب‌های ناشی از بارش‌های نادر و اغلب شدید که از جمله مشخصه‌های آب و هوایی مناطق گرم و نیمه‌خشک می‌باشد (Jackson, 1997). به این ترتیب پیدایش سیلاب‌های ناگهانی مملو از رسوب، کاهش کیفیت آب در پائین دست و تغییرات مهم در شکل‌شناسی رودها را در این مناطق می‌توان ملاحظه نمود (Klotz et al, 2023). در این پهنه‌ها فرسایش سریع عوارض سطحی علاوه بر تولید حجم زیادی رسوب در بازه‌های زمانی نسبتاً کوتاه، تغییرات سریع چشم‌اندازهای طبیعی را نیز سبب می‌گردد که این مورد به عنوان یک فرصت مناسب (Yang et al, 2021) برای اندازه‌گیری کمی میزان فرسایش و رسوب تولید شده مورد توجه قرار گرفته است. تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی طبقات سنگی از جمله عواملی است که موجب تنوع شکل‌شناسی بدبوم‌ها در نقاط مختلف دنیا می‌گردد (Romero-Díaz, Ruíz-Sinoga, Belmonte-Serrato, 2020). به این ترتیب اگر چه سرعت فرسایش و تولید رسوب در تمام بدبوم‌ها بسیار بالا است، به گونه‌ای که آنها را در زمره مناطق در حال تخریب زمین و متروکه قرار می‌دهد اما مطالعات انجام شده در مناطق مختلف از میزان متفاوت فرسایش و نوسان زیاد آن حتی در یک ناحیه مشخص حکایت دارد. برای مثال بر اساس مطالعات انجام شده میزان فرسایش سالانه در منطقه والسبر^۴ اسپانیا بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ تن بر هکتار و در دیگر مناطق اسپانیا مانند بردناس ریلز^۵ که فاقد پوشش

¹Landform²High drainage density³Regolith Blanket⁴Vallcebre⁵Bardenas Reales

گیاهی است بین ۳۲ تا ۷۷ و در ناحیه پندس^۱ با پوشش گیاهی بین ۱۶ تا ۶۳ تن بر هکتار است (Truncal, et al, 2024). در حوزه نانزیونگ^۲ واقع در جنوب شرق چین هم میزان فرسایش سالانه از ۱۴۰ تا حداکثر ۴۴۰ تن بر هکتار برآورد گردیده است (Chen, et al, 2021). شکل‌گیری چشم‌اندازهای ویژه در پهنه‌های بدبوم را می‌توان حاصل عملکرد توام فرایندهای فرسایش و رسوب‌گذاری دانست (Campbell & Eschner, 20018) که نتیجه آن تصویری است رنگارنگ از دامنه‌های پرشیب، پوشش گیاهی اندک و شبکه پیچیده‌ای از آب‌گذرها در ابعاد و جهت‌های مختلف. در ایران چشم‌اندازهای شبه کارستی از جمله نمونه‌های جالب توجه مرتبط با بدبوم‌ها است (Abbasnejad & Abbasnejad, 2022). در شکل‌های ۲ و ۳ هم دو نمونه از چشم‌اندازهای مشاهده شده در بدبوم‌های ناحیه لارستان در پهنه بدبوم واقع در شمال باختری اوز به ترتیب در محل ناودیس ایجاد شده در سازند میشان و تاقدیس تشکیل شده در سازند گچساران ملاحظه می‌شود.

در پژوهش حاضر علاوه بر معرفی پهنه‌های بدبوم جنوب استان فارس به عنوان یک پدیده طبیعی کمتر شناخته شده، به بررسی عوامل زمین‌شناسی که در شکل‌گیری بدبوم‌های این نواحی دخالت داشته‌اند پرداخته شده و چگونگی شناسایی این پهنه‌ها بر اساس نقشه‌های مورفومتریک مورد توجه قرار گرفته است. بطور کلی در ایران و بویژه در مناطق جنوبی استان فارس مطالعه پهنه‌های بدبوم چندان که شایسته این پدیده طبیعی است انجام نشده است. برای مثال در جستجوی منابع با کلید واژه‌های بدبوم و لارستان، می‌توان به فقدان منابع علمی در این خصوص پی برد. در حقیقت تاکنون حتی یک مقاله علمی پژوهشی هم در ارتباط با پهنه‌های بدبوم جنوب استان فارس منتشر نشده است. فقدان هر گونه گزارش در مورد این پهنه‌ها احتمالاً از نادیده گرفتن آنها در جریان طرح‌های مطالعاتی آبی، مهندسی، کشاورزی و غیره در این نواحی حکایت دارد. این در حالی است که با توجه به تاثیر و نقش غیرقابل انکار بدبوم‌ها بر وضعیت کمی و کیفی آب و خاک، امکان زیست‌جانداران و یا سکونت و بهره‌وری انسان به نظر می‌رسد که ارایه یک برنامه ویژه برای مطالعه دقیق‌تر این مناطق اجتناب‌ناپذیر باشد. اکنون می‌توان این پرسش را مطرح نمود که چگونه در این مناطق مدیریت منابع آب و اجرای طرح‌های مرتبط با آن مانند ساخت سدها و بندها و یا دیگر طرح‌های آب‌خیزداری و فعالیت‌های کشاورزی انجام می‌پذیرد در حالی که با توجه به فقدان مطالعات علمی در خصوص پهنه‌های بدبوم منطقه داده‌های مورد نیاز در این زمینه مانند میزان تولید رسوب سالانه و تاثیر آنها بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی در دسترس نمی‌باشد. مقاله حاضر را که با هدف شناخت بیشتر بدبوم‌های منطقه لارستان و معرفی آنها به عنوان یک عامل تعیین کننده در بحث‌های مرتبط با آمایش سرزمین ارایه گردیده است می‌توان آغازی بر یک رشته مطالعات جامع با اهداف جزئی‌تر در مورد بدبوم‌های جنوب استان فارس محسوب نمود.

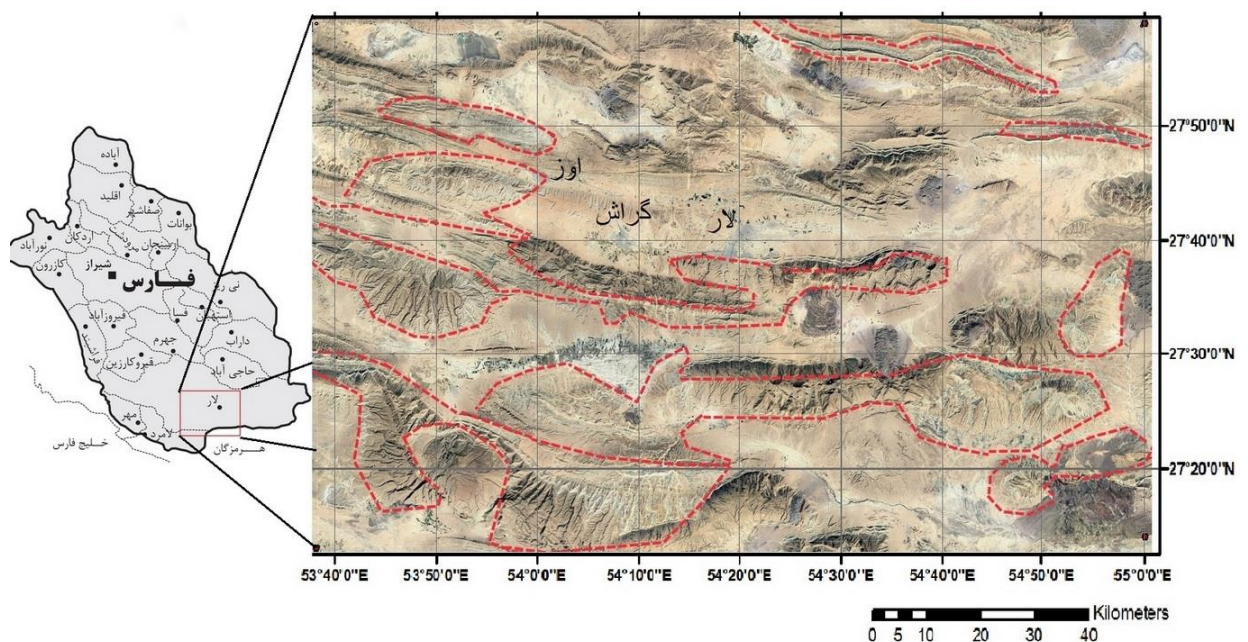
۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

اگر چه تشکیل پهنه‌های بدبوم را به صورت پراکنده در یک ناحیه بسیار وسیع از جنوب استان فارس تا مناطق مجاور سواحل خلیج فارس می‌توان ملاحظه نمود اما قلمرو مورد مطالعه در مقاله حاضر به یک منطقه کوچک در جنوب استان فارس، در گستره ای بین طول‌های ۵۳°۴۰' تا ۵۵° شرقی و عرض‌های ۲۷°۱۳' تا ۲۷°۵۵' شمالی که معمولاً تحت عنوان لارستان شناخته می‌شود محدود شده است (شکل ۱). در تصویر ماهواره‌ای ناحیه مورد بحث پهنه‌های بدبوم که

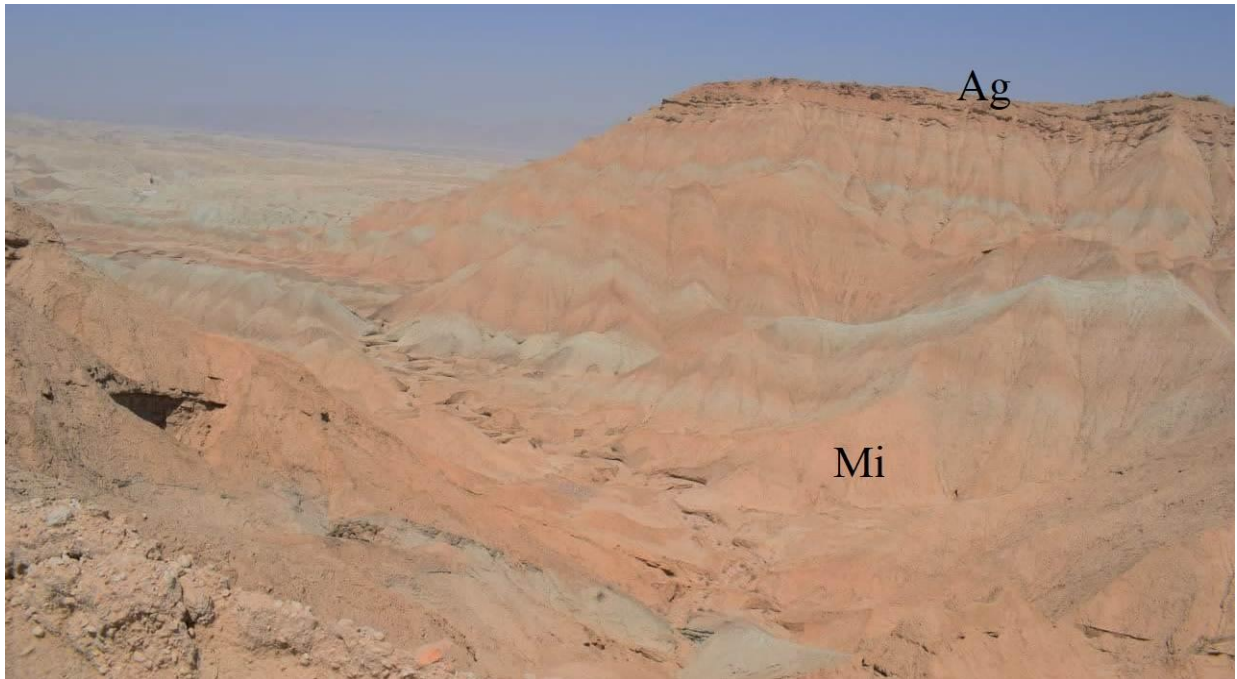
^۱Penedès

^۲Nanxiong

دارای رنگ، تنالیت و بافت متمایز در قیاس با دشت‌ها و ارتفاعات می‌باشند با خط‌چین‌های قرمز مشخص شده است (شکل ۱). با توجه به نزدیکی این پهنه‌ها به راه‌های بین شهری و روستایی منطقه، عزیمت به نواحی مورد نظر ساده بوده اما با توجه به ژئومورفولوژی این مناطق که شامل ناهمواری‌های زیاد، تپه‌های پرشیب و رسوبات سست سطحی می‌باشد دسترسی به بخش‌های داخلی این پهنه‌ها نسبتاً دشوار و مستلزم پیاده‌روی طولانی است (شکل‌های ۲ و ۳). پهنه‌های بدبوم علاوه بر نواحی مشخص شده در شکل ۱، به صورت محلی در بخش‌های باریک در دامنه ارتفاعات نیز تشکیل گردیده‌اند. بر اساس داده‌های بلند مدت در مورد شرایط آب و هوایی ناحیه لارستان میانگین بارش حدود ۲۰۵ میلی‌متر و میزان تبخیر ۲۱۰۰ میلی‌متر بوده (Ghanbari, Afifi, & Sadeghi, 2010) و لذا این نواحی از شرایط اقلیمی گرم و خشک برخوردار می‌باشند. در این شرایط آب و هوایی بارش‌ها معمولاً در ماه‌های زمستان و به ندرت طی بهار و تابستان رخ می‌دهد. به این ترتیب با وجود بازه‌های زمانی طولانی و خشک که از مشخصه‌های آب و هوایی این مناطق است فقدان پوشش گیاهی یا پراکنده بودن آن را در این مناطق ملاحظه می‌نمائیم. از دیگر مشخصه‌های آب و هوایی مناطق گرم و خشک وقوع بارش‌های شدید است که علی‌رغم میزان کلی و پائین بارش‌ها در این مناطق روی داده و یکی از عوامل فرسایش شدید در این نواحی بشمار می‌رود.



شکل ۱: تصویر ماهواره‌ای منطقه لارستان در جنوب استان فارس، حدود تقریبی پهنه‌های بدبوم با خط‌چین‌های قرمز مشخص شده است



شکل ۲: چشم‌انداز حاصل فرسایش لایه‌های نرم مارنی سازند میشان (Mi) که در زیر طبقات مقاوم ماسه‌سنگ و کنگلومرا سازند آغاچاری (Ag) قرار دارند در پهنه بدبوم A، دید به سمت باختر



شکل ۳: چشم‌انداز حاصل فرسایش طبقات نرم گچ و مارن سازند گچساران در بخش تاق‌دیس پهنه بدبوم شمال‌باختری اوز، دید به سمت شمال باختر

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- مشاهدات صحرایی

در جریان مطالعات صحرایی نوع کف‌پوش سطحی، شیب، امتداد و جنس طبقات سنگی، پوشش گیاهی و ویژگی‌های ژئومورفولوژی مانند شکل ناهمواری‌ها و الگوی شبکه آب‌گذرها مورد توجه و بررسی قرار گرفت (شکل‌های ۲ و ۳). علاوه بر این صحت موقعیت پهنه‌های بدبوم مشخص شده در تصویر ماهواره‌ای و نقشه‌های مورفومتریک تهیه شده مورد سنجش قرار گرفت.

۳-۲- تصویر ماهواره‌ای

با استفاده از تصویر ماهواره‌ای ناحیه مورد مطالعه حدود تقریبی پهنه‌های بدبوم با توجه به تمایز رنگ، تنالیت و بافت این مناطق در مقایسه با دشت‌ها و ارتفاعات تعیین گردید. علاوه بر این با استفاده از همین تصویر فایل GPX داده‌های رقومی مختصات جغرافیایی و ارتفاعی نقاط ناحیه مورد مطالعه از طریق بارگذاری فایل تصویری KMZ در سایت GPS Visualizer تهیه گردید. از همین داده‌ها در نرم‌افزار آرک جی آی اس برای تهیه نقشه دم و دیگر نقشه‌های مورفومتریک منطقه مورد مطالعه شامل جهت جریان، گرا یا راستای شیب‌ها^۱ و بررسی و دیگر نقشه‌های مرتبط با مورفولوژی مانند نقشه‌های تغییر روند شیب‌ها^۲، تجمع جریان‌ها، تراکم آب‌گذرها^۳ و سیستم آب‌گذرها استفاده گردید.

۳-۳- نقشه زمین‌شناسی

نواحی جنوبی استان فارس در حوزه ساختاری رسوبی زاگرس چین‌خورده و در بخش فارس ساحلی واقع شده است (Alavi, 2004 & Motiei, 1993). نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (شکل ۴) با هدف بررسی ماهیت طبقات سنگی رخنمون شده و نوع ساختارهای زمین‌شناسی در منطقه مورد مطالعه و با تلفیق نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مناطق لار (Oveisi, & Yousefi, 2007)، مهلکه (Kargar, & Andalibi, 2005)، بستک (Farzipour, et al, 2004)، چهاربرکه (Norozzi & Goodarzi, 2007) و گاوبست (Jahani, and Kavoosi, & Beik, 2004) در نرم‌افزار آرک جی آی اس تهیه گردید. بررسی این نقشه نشان می‌دهد در پهنه‌های بدبوم طبقات سنگی مربوط به سازندهای زمین‌شناسی گچساران و میشان که از جنس مارن و گچ هستند به صورت گسترده رخنمون دارند. علاوه بر این داده‌های ما در خصوص ردیف چین‌شده‌های منطقه لارستان نشان می‌دهد که گروه فارس که سازندهای میشان، گچساران و آغاچاری را شامل می‌گردد (شکل ۵) با ضخامت در حدود ۳۰۰۰ متر (Aghanabatie, 2010 & Motiei, 1993) بر روی طبقات آهکی محکم و صخره‌ساز سازندهای آسماری- جهرم و در زیر طبقات افقی کنگلومرای دوران چهارم یا سازند بختیاری قرار دارد (Aghanabatie, 2010). گروه یاد شده از گسترش قابل توجهی در منطقه مورد مطالعه برخوردار است.

۳-۴- نقشه‌های مورفومتریک

با استفاده از داده‌های رقومی بدست آمده از تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه نقشه دم و دیگر نقشه‌های مورفومتریک در نرم‌افزار آرک جی آی اس با هدف بررسی ویژگی‌های توپوگرافی و دست‌یابی به راه کاری جهت شناسایی پهنه‌های بدبوم تهیه گردید. نقشه‌هایی که در این زمینه کارساز تشخیص داده شدند عبارتند از:

الف- نقشه دم: در این نقشه پهنه‌هایی که دارای ارتفاع نزدیک به هم هستند با رنگ مشابه نشان داده شده است (شکل ۶). این نقشه داده‌های اساسی برای تهیه سایر نقشه‌های مورفومتریک را فراهم می‌سازد. علاوه بر این از آنجا که ارتفاع پهنه‌های بدبوم از دشت‌ها بیشتر و از رشته کوه‌ها کمتر است معمولاً در یک مقیاس محلی حدود ارتفاعی مشخص داشته و از رنگ یکسانی در نقشه دم برخوردار می‌باشند. در منطقه مورد مطالعه بخش عمده پهنه‌های بدبوم با رنگ‌های زرد و صورتی مطابقت می‌نماید.

¹ Aspect² Curvature³ Drainage density

ب- نقشه جهت جریان‌ها: در این نقشه سطح منطقه بر اساس تعداد مسیرهای جریان آب‌های سطحی پهنه‌بندی گردیده است (شکل ۷). به عبارت دیگر با استفاده از این نقشه میزان تراکم آب‌گذرها را در بخش‌های مختلف می‌توان مشاهده نمود و از آنجا که یکی از ویژگی‌های پهنه‌های بدبوم شمار زیاد زهکش‌ها می‌باشد لذا با استفاده از این نقشه می‌توان به شناسایی موقعیت مکانی آنها اقدام نمود. بر اساس مشاهدات صحرایی نقشه جهت جریان از بالاترین کارایی در زمینه شناسایی پهنه‌های بدبوم برخوردار می‌باشد.

ج- نقشه گرای شیب‌ها: در این نقشه منطقه مورد مطالعه بر اساس راستای سطوح دامنه‌ها و شیب‌ها نسبت به شمال پهنه‌بندی شده است. به عبارت دیگر این نقشه گرا یا آزمون شیب‌ها را در هر بخش با رنگ مشخصی نشان می‌دهد و از آنجا که در مناطق بدبوم به سبب وجود آب‌گذرهای متعدد در جهت‌های مختلف می‌توان شمار زیاد دامنه‌ها و شیب‌ها را در جهت‌های مختلف انتظار داشت لذا در این نقشه بخش‌هایی که بیشترین تنوع رنگ را نشان می‌دهند با موقعیت مکانی پهنه‌های بدبوم مطابقت می‌نمایند (شکل ۸).

۴- یافته‌ها

با توجه به نقشه زمین‌شناسی تهیه شده و همچنین مشاهدات صحرایی می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه مورد مطالعه عوامل زمین‌شناسی، تکتونیکی و فرسایش تحت شرایط آب و هوایی گرم و خشک در شکل‌گیری و پیدایش پهنه‌های بدبوم در منطقه لارستان نقش اساسی داشته‌اند. در این منطقه بسته به شرایط زمین‌شناسی و تکتونیکی حاکم سه نوع ژئومورفولوژی مرتفع، پست و بدبوم را می‌توان مشاهده نمود (شکل‌های ۱ و ۶). مناطق مرتفع در محل تاق‌دیس‌ها و گسل‌ها و با وجود طبقات سنگی سازندهای مقاوم در برابر فرسایش شامل سازند آغاجاری (ماسه‌سنگ و کنگلومرا دوران سوم)، سازند آسماری-جهرم (آهک دوران سوم) و سازند داریان (آهک دوران دوم) بوجود آمده‌اند. در دامنه‌های کم شیب چین‌ها و ناودیس‌ها که محل انباشت رسوبات حاصل از فرسایش مناطق مرتفع بوده دشت‌های پست و کم ارتفاع را می‌توان ملاحظه نمود. بدبوم‌ها در بخش‌هایی مشاهده می‌گردند که سازندهای واجد طبقات سنگی نرم و سست در برابر فرسایش در سطحی وسیع و با ضخامت زیاد حضور داشته‌اند. گسترش وسیع این طبقات در سطح زمین یا به سبب شیب کم آنها و یا مانند آنچه در پهنه بدبوم شمال‌باختری شهر اوز مشاهده می‌گردد یک علت ساختاری داشته و از چین‌خوردگی فشرده طبقات ناشی گردیده است (شکل ۹). فرسایش سریع و شدید این سنگ‌ها تحت تاثیر بارش‌های کم تعداد و در عین حال شدید که از ویژگی‌های آب و هوایی مناطق گرم و خشک است شرایط لازم برای شکل‌گیری ژئومورفولوژی خاص بدبوم‌ها را در این مناطق فراهم ساخته است. بررسی انواع مختلف نقشه‌های مورفومتریک و ارزیابی آنها طی مشاهدات صحرایی نشان داد که به ترتیب نقشه‌های جهت‌های جریان، گرای شیب‌ها و تغییر روند شیب‌ها از بیشترین دقت در زمینه شناسایی موقعیت مکانی بدبوم‌ها برخوردار می‌باشند. نقشه‌های تراکم آب‌گذرها، تجمع جریان‌ها، رده آب‌گذرها^۲ و شبکه آب‌گذرها^۳ بر خلاف انتظار از کارایی چندانی برخوردار نمی‌باشند که دلیل آن ممکن است به سستی بسیار زیاد رسوبات آبرفتی در سطح زمین و شمار بسیار زیاد زهکش‌ها در سطح آنها مرتبط باشد.

^۱ Flow accumulation

^۲ Stream order

^۳ Stream network

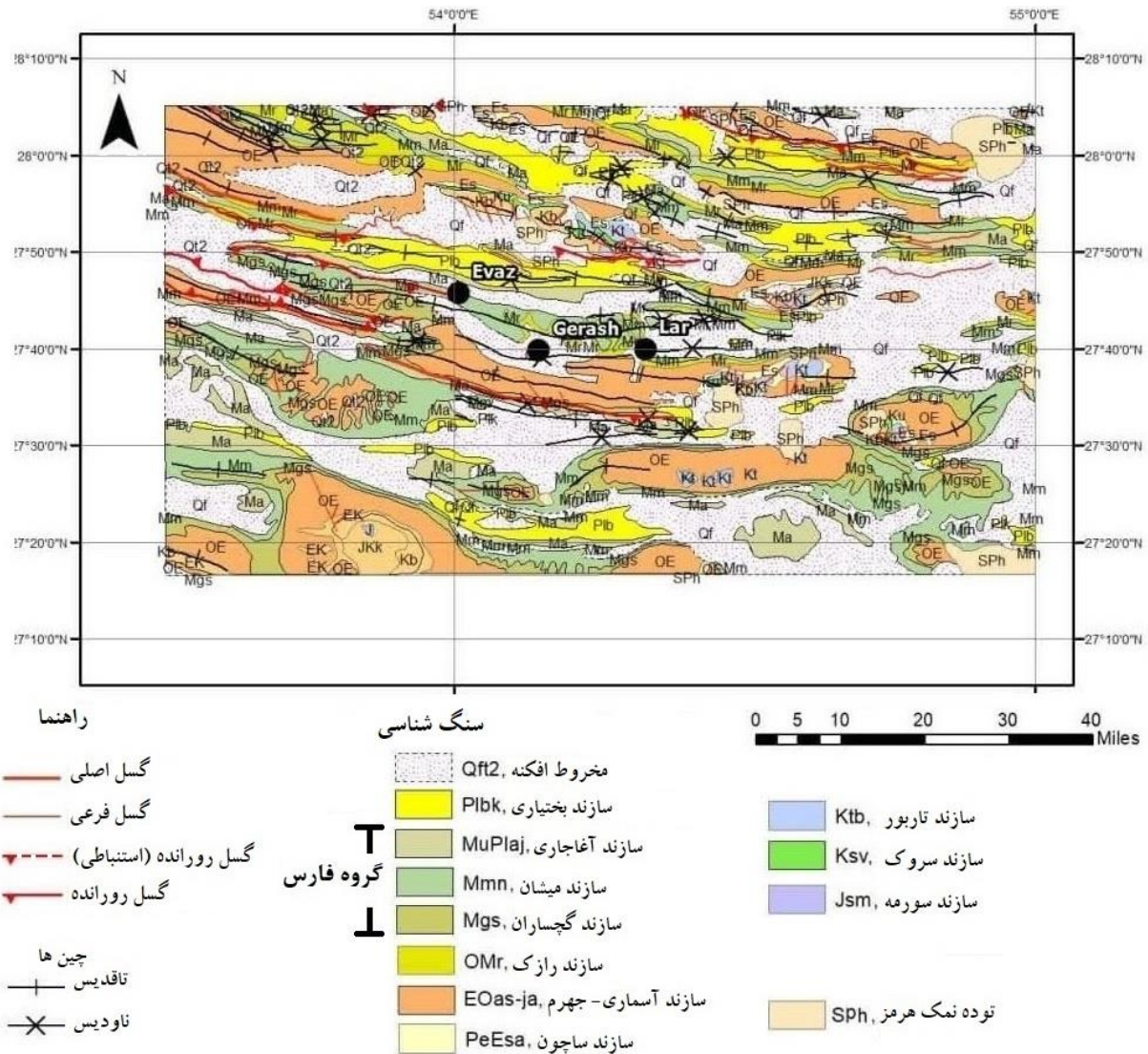
۵- بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اگر چه یک محدوده جغرافیایی مشخص تحت عنوان منطقه لارستان مورد بررسی قرار گرفته است اما بایستی در نظر داشت که با توجه به شرایط زمین‌شناسی، تکتونیکی و آب و هوایی یکسان در گستره‌ای بسیار بزرگتر در نواحی جنوب ایران، نتایج و یافته‌های آن را به نواحی فراتر از لارستان می‌توان تعمیم داد. بر اساس مطالعات انجام شده روند بالا آمدن پوسته زمین^۱ در زاگرس که از ۲۲ میلیون سال قبل آغاز گردیده طی ۱۰ میلیون سال گذشته با شتاب بیشتر تداوم یافته است (Mouthereau, 2001). نیروهای تکتونیکی که مسبب حرکات پوسته هستند در شکل‌گیری وضعیت ساختمانی آن نیز نقش اصلی را ایفا می‌نمایند. به عبارت دیگر پیدایش تاقدیس‌ها، ناودیس‌ها و گسل‌ها که عناصر بنیانی در ژئومورفولوژی بخش‌های مختلف و از جمله بدبوم‌ها محسوب می‌شوند در کنترل وضعیت چینه‌شناسی و تکتونیک قرار دارند. در منطقه مورد مطالعه پهنه‌های بدبوم در نواحی که سازندهای گروه فارس رخنمون دارند توسعه یافته و سازندهای این گروه در بسیاری از مناطق جنوبی کشور تا سواحل خلیج فارس رخنمون دارد. سازند گچساران شامل تناوبی از طبقات گچ و ژپس همراه با میان لایه‌های مارن و ماسه‌سنگ است. در سازند میشان بخش عمده طبقات سنگی از جنس مارن بوده که با میان لایه‌های آهک، گچ، ماسه‌سنگ و گل‌سنگ همراه می‌باشد. پائین‌ترین بخش از سازند میشان توالی از لایه‌های آهکی مقاوم قرار دارد که تحت عنوان بخش گوری شناخته می‌شود (Aghanabatie, 2010). جوان‌ترین سازند گروه فارس در بالاترین بخش، سازند محکم و صخره‌ساز آجاجاری است که شامل تناوبی از طبقات کنگلومرا و ماسه‌سنگ می‌باشد. به این ترتیب با توجه به سنگ‌شناسی سازندهای رخنمون شده در ناحیه لارستان می‌توان دریافت که طبقات سنگی سست با مقاومت کم در برابر فرسایش در فاصله بین سه سری از لایه‌های سنگی مستحکم و مقاوم در برابر فرسایش محصور می‌گردند. طبقات سست گچساران در فاصله بین لایه‌های آهکی و مستحکم سازند آسماری-جهرم و بخش گوری قرار داشته و سازند سست میشان نیز بین طبقات مقاوم بخش گوری و سازند آجاجاری قرار دارد (شکل ۵). در حقیقت چینه‌شناسی گروه فارس و تنوع سنگ‌شناسی آن را می‌توان یکی از دلایل اصلی در شکل‌گیری چشم‌اندازهای متنوع مشاهده شده در بدبوم‌های منطقه لارستان دانست (شکل‌های ۲ و ۳).

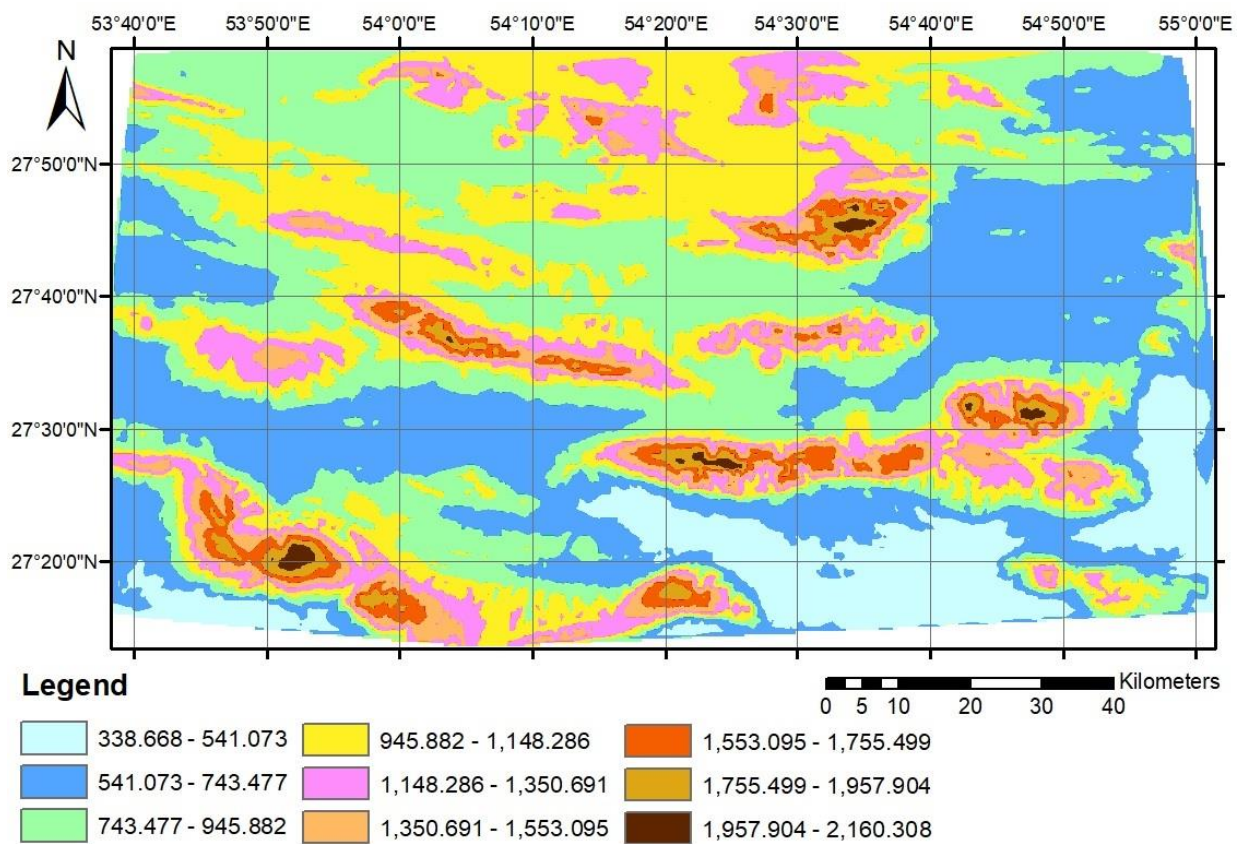
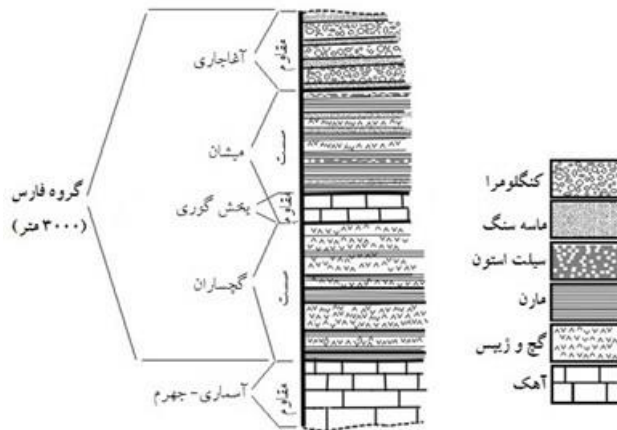
در شکل‌گیری ژئومورفولوژی پهنه‌های بدبوم لارستان علاوه بر عوامل زمین‌شناسی و آب و هوایی روند سریع فرسایش نیز دخالت داشته است. از آنجا که تداوم فرسایش در هر منطقه مستلزم حرکات قائم و مستمر زمین می‌باشد لذا برای شکل‌گیری بدبوم‌ها وجود نوعی تعادل بین سرعت فرسایش و روند بالا آمدن سطح زمین ضروری بوده است. به عبارت دیگر پهنه‌های بدبوم لارستان در بخش‌هایی بوجود آمده‌اند که اولاً شرط گسترش سطحی و وسیع طبقات نرم مارنی و گچی فراهم بوده و ثانیاً سرعت بالا آمدن زمین در آن مناطق چندان سریع نبوده که موجب فرسایش کامل سازندهای جوان میشان و گچساران شود. مقایسه ارتفاع زمین از سطح دریا در بخش‌هایی که از ژئومورفولوژی متفاوت برخوردار هستند نشان می‌دهد که ارتفاع پهنه‌های بدبوم در قیاس با دشت‌های پست‌تر و مسطح مجاور بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر بلندتر و تقریباً به همین مقدار پائین‌تر از رشته‌ارتفاعات نزدیک خود قرار دارند (شکل ۶). به این ترتیب در مناطق مرتفع لارستان که سرعت بالا آمدن زمین سریع‌تر بوده فرسایش کلی طبقات سست و نرم سازندهای گچساران و میشان را شاهد هستیم به گونه‌ای که اکنون در این بخش‌ها طبقات سنگی قدیمی‌تر رخنمون گردیده‌اند. اگر چه شناسایی موقعیت مکانی

¹ Crust Uplift

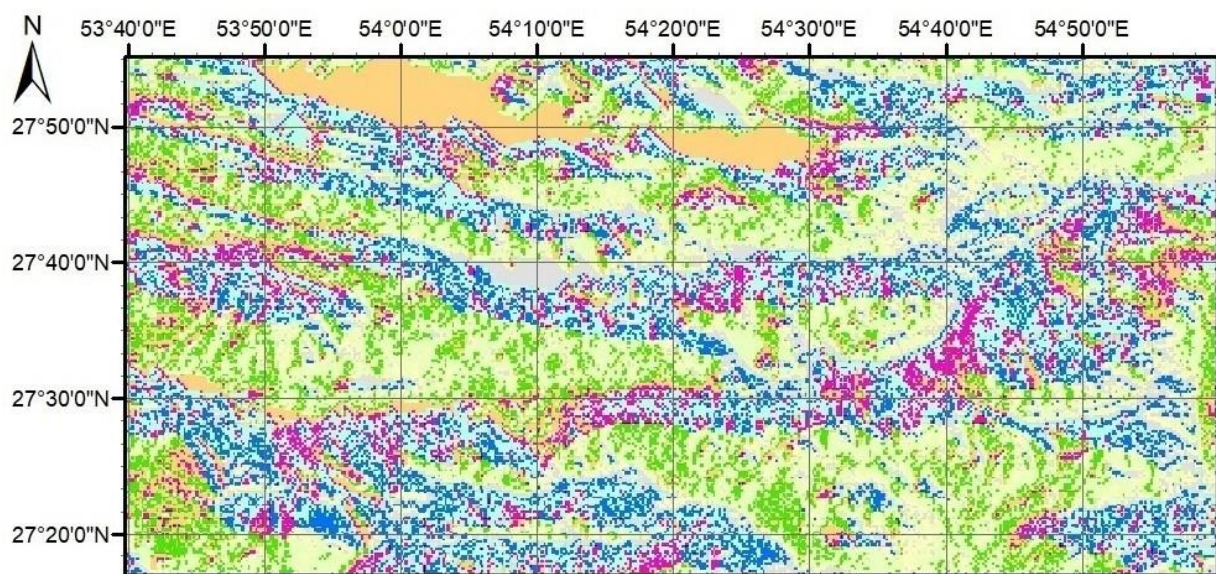
پهنه‌های بزرگ بدبوم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر است اما برای شناسایی پهنه‌های کوچک‌تر و پراکنده استفاده از نقشه‌های مورفومتریک ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر این تعیین میزان فرسایش و رسوب تولید شده طی یک بازه زمانی مشخص بایستی نقشه‌های دم منطقه در فاصله زمانی مورد نظر تهیه و تغییرات آن مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.



شکل ۴: نقشه زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه (لارستان) که با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ لار، مهلکه، بستک، چهار برکه و گاوبست تهیه شده است



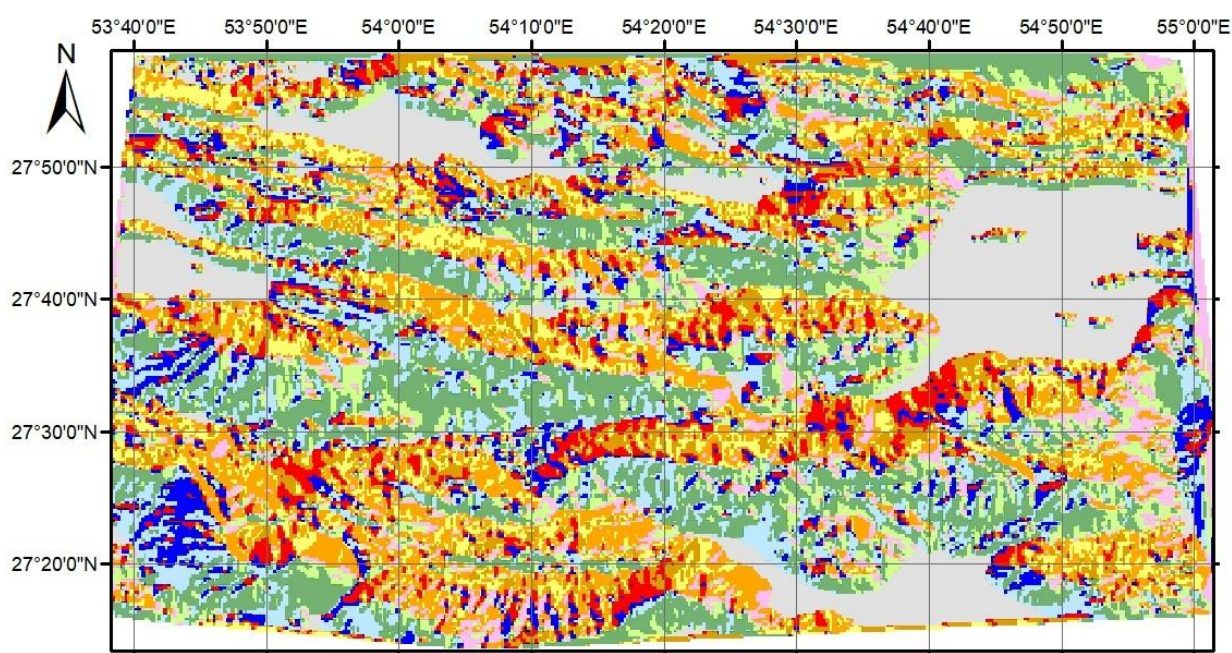
شکل ۶: نقشه دم منطقه مورد مطالعه. بخش‌هایی که با رنگ زرد و صورتی مشخص گردیده به طور تقریبی با پهنه‌های بدبوم مطابقت دارد



Legend



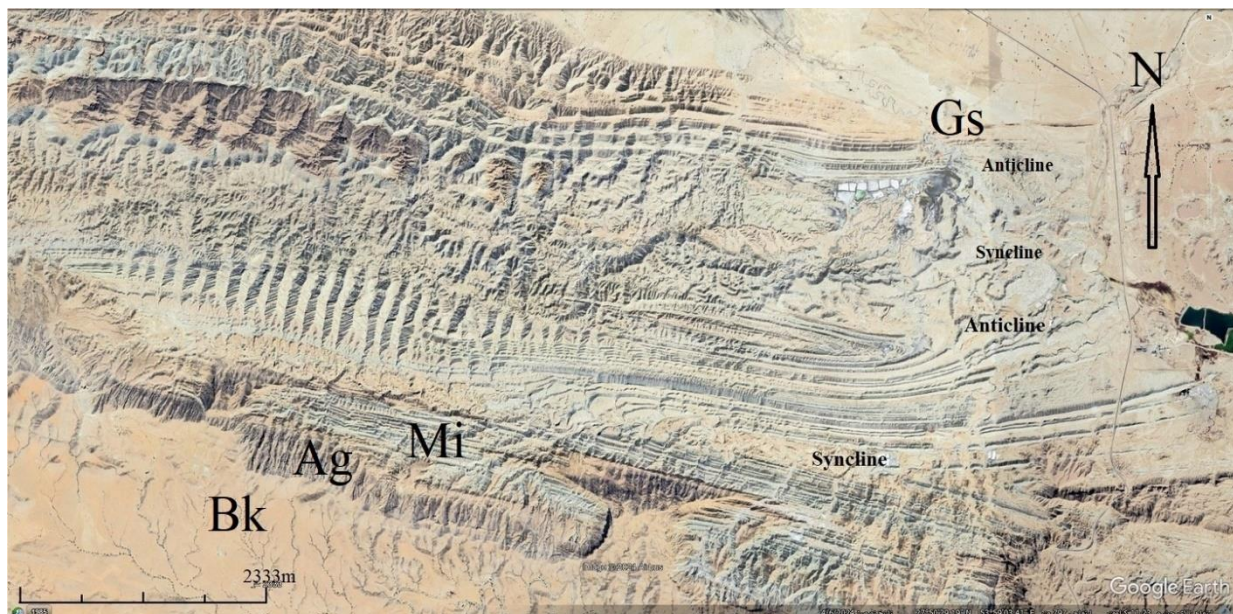
شکل ۷: نقشه جهت‌های جریان. در این نقشه سطح منطقه بر اساس تعداد جهت‌های جریان‌های سطحی پهنه‌بندی شده است. بخش‌هایی که با رنگ‌های قرمز، فیروزه‌ای و آبی مشخص گردیده از بالاترین تعداد جهت‌ها برخوردار بوده و به خوبی با موقعیت مکانی بدبوم‌ها مطابقت دارند



Legend



شکل ۸: نقشه گرای شیب‌ها. در این نقشه بخش‌هایی که بیشترین تنوع رنگ را نشان می‌دهند با موقعیت نسبی پهنه‌های بدبوم مطابقت می‌نمایند



شکل ۹: پهنه بدبوم واقع در ۱۰ کیلومتری شمال‌باختری شهر اوز. چین خوردگی فشرده طبقات مارنی سازند میشان (Mi) و لایه‌های گچ و مارن سازند گچساران (Gs) در غالب ناودیس‌ها و تاقدیس‌های نزدیک به هم موجب رخنمون گسترده این سنگ‌ها سست در برابر فرسایش گردیده است. در بخش جنوبی تصویر سازند جوان کنگلومرای بختیاری (Bk) به صورت ناپیوستگی دگرشیب بر روی سازند آغاجاری (Ag) قرار دارد.

منابع

1. Abbasnejad, A., & Abbasnejad, B. (2023). Generation and Geomorphological Characteristics of Pseudo-karstic Badland Landscapes in South Golbaf, Kerman Province. *Quantitative Geomorphological Research*, 11(4), 166-188. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2022.360054.1373>
2. Aghanabati, A. (2010). *Geology of Iran*, third edition, geological survey & mineral exploration of Iran, (in persian).
3. Alavi, M., (2004). Regional Stratigraphy of the Zagros Fold-Thrust Belt of Iran and its Proforeland Evolution. *American Journal of Science* 304 (1). <http://doi.org/10.2475/ajs.304.1.1>
4. Campbell, I., & Eschner, C., (2018). Badlands. the Canadian encyclopedia, published online: <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/badlands>
5. Chen, Z., Yan, L., Peng, H., & Shi, h. (2021). Temperature Controls on the Erosion of Badland Slopes in the Nanxiong Basin, China. *Frontiers in Earth Science*. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.712134>
6. Coratza, P., & Parenti, C. (2021). Controlling factors of badland morphological changes in the Emilia Apennines (Northern Italy). *Water*, 13, 539, <https://doi.org/10.3390/w13040539>
7. Farzipour, S.A., Valinejad, M., Motamed, H., Ehsani, M.H, & Goodarzi, M. (2004). Report of geology map of Bastak, scale 1:100000, geological survey & mineral exploration of Iran, (In Persian).
8. Ghanbari, A., Afifi, M.A., & Sageghi, G, (2010). An approach to the evaluation of human comfort in Lar city with regard to bio-climatic indicators. *Journal of Physical Geography*, 3(10), 93-109. (In Persian). <https://ensani.ir/file/download/article/20120426170406-5181-59.pdf>
9. Jackson, J.A., ed. (1997). "Badlands". *Glossary of geology* (Fourth Ed.). Alexandria, Virginia: American Geological Institute. ISBN 0922152349.

10. Jahani, S., Kavoosi., M.A., & Beik, F. (2004). Report of geology map of Gav Bast, scale 1:100000, geological survey & mineral exploration of Iran, (In Persian).
11. Kargar, S., & Andalibi, M.J. (2005). Report of geology map of Lar, scale 1:100000, geological survey & mineral exploration of Iran, (In Persian).
12. Klotz, S., Bouteiller, C., Mathys, N., Fontaine, F., Ravanat, X., Olivier, J-E., Liébault, F., Jantzi, H., Coulmeau, P., Richard, P., Cambon, J-P & Meunier, M. (2023). A high-frequency, long-term data set of hydrology and sediment yield: the alpine badland catchments of Draix-Bléone Observatory. *Earth System Science Data*. 15(10), 4388 – 4388. <https://doi.org/10.5194/essd-15-4371-2023>
13. Lillie, R.H., (2005). *Parks and plates: the geology of our national parks, monuments, and seashores* (1st Ed.). New York: W.W. Norton. p. 267. ISBN 0393924076.
14. Levin, H.L., (2010). *The earth through time* (9th Ed.). Hoboken, N.J.: J. Wiley. p. 475. ISBN 978-0470387740.
15. Martínez-Murillo, J.F., & Nadal-Romero, E.N. (2018). Chapter 1 - Perspectives on Badland Studies in the Context of Global Change 1-25. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813054-4.00001-0>
16. Motiei, H., (2003). *Stratigraphy of Zagros*. Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Book, No. 84, 636 p, (In Persian).
17. Mouthereau, F., (2001). Timing of uplift in the Zagros belt/Iranian plateau and accommodation of late Cenozoic Arabia–Eurasia convergence. *Geological Magazine*, (5-6), 726 – 738. <https://doi.org/10.1017/S0016756811000306>
18. Oveisi, B., & Yousefi, T. (2007). Report of geology map of Mahlekeh, scale 1:100000, geological survey & mineral exploration of Iran, (in Persian).
19. Norozi, M.H. & Goodarzi, M. (2007). Report of geology map of Chahar Berkeh, scale 1:100000, geological survey & mineral exploration of Iran, (in Persian).
20. Parsons, A.J., & Abrahams, A.D., (2009). *Geomorphology of Desert Environments* (2nd Ed.). Springer Science & Business Media. ISBN 978-1402057182
21. Romero-Díaz, A., Ruíz-Sinoga, J.D., & Belmonte-Serrato, F. (2020). Physical-chemical and mineralogical properties of parent materials and their relationship with the morphology of badlands. *Geomorphology*, 354. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107047>
22. Romero, E.N., Emilio, R.C., Chamizo, S., Juez, C. (2021). Mediterranean badlands: Their driving processes and climate change futures. *Earth Surface Processes and Landforms*, 47(2), 17-31. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/esp.5088>
23. Thornbury, W.D., (1969). *Principles of geomorphology* (2d Ed.). New York: Wiley. p. 127. ISBN 0471861979.
24. Truncal, O.T., Puig-Polo, C., Hürliman., M., Latron. (2024). Analysis of Erosive Processes and Erosion Rate by In-Situ Measurements and Multi-Temporal Tls Surveys in a Mountainous Badland Area, Vallcebre (Spain). Preprint article in SSRN. <https://ssrn.com/abstract=4812264>
25. Yang, Ci-jian., Turowski, Jens M., Hovious, N., Lin, J-C., & Chang, K-J. (2021). Badland landscape response to individual geomorphic events. *Nature, communication*, 12: 4631. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24903-1>