



Analysis of the Impact of Climate Change on Livestock Farming with Emphasis on Vegetation Cover: A Case Study of Chaharmahal and Bakhtiari Province

Seyede Razieh Hossini ¹ , Manuchehr Farajzadeh, ² , Yousef Ghavldel Rahimi, ³

1. M.Sc. in Physical Geography, Tarbiat Modares University. Email: srazie.hoseini@modares.ac.ir

2. Physical Geography of Tarbiat Modares University. Email: farajzam@modares.ac.ir

3. Physical Geography of Tarbiat Modares University. Email: ghavidel@modares.ac.ir

Article Info

Article type

Research Article

Article history:

Received

12 May 2026

Received in revised form

19 May 2026

Accepted

28 May 2026

Available online

28 June 2026

Keywords:

Climate Changeand,

Livestock Farming,

Mann-Kendall,

Sen's Slope,

Chaharmahal and Bakhtiari.

ABSTRACT

Objective: Climate change, as one of the most significant global challenges, has extensive impacts on various sectors including agriculture and livestock farming. Iran, due to its location at latitudes 15-35°N and the irregular spatial and temporal distribution of precipitation, is among the vulnerable regions to this phenomenon. Livestock farming, as one of the activities dependent on natural resources, is heavily influenced by climate change and vegetation cover. The main objective of this research is to analyze and identify the relationship and impact of climate change on livestock farming changes with an emphasis on vegetation cover in Chaharmahal and Bakhtiari Province.

Method: In this study, climatic data including precipitation and temperature, NDVI vegetation index (derived from satellite imagery), and livestock statistics (light and heavy livestock) of Chaharmahal and Bakhtiari Province were used over a specified time period. To analyze the trends of vegetation, temperature, and precipitation changes, non-parametric Mann-Kendall and Sen's slope tests were employed. Additionally, the relationship between the vegetation index and climatic and human variables was examined using correlation and regression statistical methods.

Results: The findings of this research revealed that the rangeland vegetation in Chaharmahal and Bakhtiari Province during the study period was influenced by two major factors: (1) climate change including reduced effective precipitation and increased average temperature, which had a direct relationship with the decline in the NDVI vegetation index; and (2) increasing human pressure including overgrazing, increasing light livestock population, land use change, and overexploitation of forage. The results of Mann-Kendall and Sen's slope tests indicated that the trend of vegetation changes was not significant in many years, but an overall decline is evident in the long term. A significant correlation was also observed between vegetation decline and increasing annual temperature and decreasing precipitation.

Conclusions: This study emphasizes the necessity of revising rangeland exploitation policies, developing climate change adaptation programs, and sustainable management of natural resources. The decline in vegetation cover combined with increasing livestock and grazing pressure indicates the ecological instability of the province's rangelands, which can have serious consequences for the livelihoods of local communities and food security in the region. It is recommended that effective steps be taken toward adaptation to climate change and maintaining rangeland sustainability through strategies such as reducing excess livestock, modifying grazing patterns, developing drought-resistant forage crops, and raising awareness among herders.

Cite this article: Hossini, R, Farajzadeh, F, Ghavldel Rahimi, Y, (2026). Analysis of the Impact of Climate Change on Livestock Farming with Emphasis on Vegetation Cover: A Case Study of Chaharmahal and Bakhtiari Province, 131-159. <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.9.1>



© © Author(s) retain the copyright and full publishing rights

Publisher: : Lorestan University.



DOI: <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.9.1>

1. Introduction

Climate change, as a global challenge, has significantly impacted natural systems and livelihoods dependent on them, including livestock farming. Chaharmahal and Bakhtiari Province, located in Iran's arid belt with complex topography, has been affected by these changes. Rangeland vegetation, which constitutes the main feed for livestock, serves as a key linkage between climate and livestock farming. This vegetation is directly influenced by fluctuations in climatic elements such as temperature and precipitation, as well as human pressures like overgrazing. Given the region's heavy economic dependence on livestock farming and the lack of dedicated studies in this province, investigating this issue is of great importance. International studies have extensively examined climate change impacts on livestock farming and vegetation cover. Research shows that climate change alters forage production, quality, and rangeland plant

patterns (Giridhar and Samireddypalle, 2015). Temperature increases and precipitation changes affect forage growth, while rising CO₂ levels impact plant productivity (Reeves and Bagne, 2016). Climate change also reduces forage quality, with decreased crude protein reported with increasing temperatures (Craine et al., 2010). Additional impacts include spread of diseases and reduced genetic diversity of livestock (Tariku et al., 2024). In Iran, studies have examined climate-vegetation-livestock relationships, showing that climatic variables significantly affect rangeland vegetation (Fattahi et al., 2019; Ghaemi, 2020; Akbarzadeh et al., 2020). The main objective of this study is to analyze the impact of climatic fluctuations on vegetation cover, rangelands, and consequently livestock farming in Chaharmahal and Bakhtiari Province.

2. Methodology

Chaharmahal and Bakhtiari Province covers 16,421 km² in the Zagros mountains, with Shahrekord as its capital (elevation 2,066 m). This study utilized data on livestock, vegetation cover, and land use across the province's counties, collected through the Provincial Agricultural Jihad Organization. Climatic data were obtained from the Provincial Meteorological Organization and NASA. Data analysis employed statistical methods and remote sensing techniques. The Mann-Kendall test and Sen's slope estimator were used to identify trends in climatic variables

(temperature and precipitation), vegetation indices (NDVI and EVI), and livestock data. Annual precipitation data and MODIS vegetation production data from 2000 to 2023 were analyzed. EVI and NDVI indices were calculated using standard formulas. Simple linear regression analyses examined relationships between independent variables (precipitation, temperature, livestock population) and the dependent variable (NDVI). All statistical analyses were performed using Excel and SPSS, while ENVI and ArcGIS were used for mapping vegetation changes.

3. Results

EVI values ranged from 0.01 to 0.09, all within very weak vegetation cover, showing a severe decline from 0.09 to 0.01 over 24

years—indicating ecosystem collapse. NDVI values (0.00 to 0.14) also fell within very weak vegetation cover, experiencing a 100% decline

from 0.14 to zero. Correlation analysis revealed only one significant relationship: very strong correlation (0.986) between EVI and NDVI. No significant relationship was found between climatic variables (temperature and precipitation) and vegetation indices ($P > 0.5$ for all cases).

Land use maps from 1993, 2009, and 2016 showed significant expansion of degraded vegetation cover, particularly in the western

half where oak forests and rangelands experienced severe degradation. Human factors included livestock overpopulation (2.4 million light livestock), land conversion (37,000 hectares of rangeland converted to dry farming), and a 650% increase in degraded areas. High-quality rangelands declined from 21.92% in 1993 to zero in 2016, with annual soil erosion estimated at 12 million tons and 40% reduction in water infiltration.

4. Discussion

The findings reveal that the province's rangelands have experienced significant vegetation decline and ecological degradation over two decades due to a combination of climate change and increasing human pressures. Climate data showed decreasing annual precipitation (approximately 25% reduction) and increasing mean temperature (approximately 1.8°C increase). However, contrary to expectations, livestock population data showed increases in most years, indicating that human pressure through overexploitation plays a primary role in ecosystem degradation.

Multivariate regression and path analysis revealed that human factors account for 80-85% of rangeland degradation, while direct climate change contribution is only 15-20%. Spatial analysis showed significant overlap between degradation hotspots and high human activity density areas, with remote areas showing better health despite similar climatic conditions. The negative synergy between climate and human factors creates a vicious cycle: climate change creates stress conditions making vegetation more vulnerable to overgrazing, while degradation intensifies climate change impacts. This emphasizes the "legacy effect" phenomenon, where rangelands cannot recover

even during favorable climatic periods due to cumulative human impacts.

5. Conclusion

This study demonstrates that Chaharmahal and Bakhtiari Province's rangelands have experienced severe ecological degradation over the past two decades due to a complex combination of climate change and human pressures. While climate change (25% precipitation reduction, 1.8°C temperature increase) creates vulnerability, human factors—including overgrazing at 2.5 times ecological capacity, conversion of 37,000 hectares of rangeland to dry farming, and a 650% increase in degraded areas—constitute the primary drivers of degradation (80-85% contribution). The complete loss of high-quality rangelands (from 21.92% in 1993 to zero in 2016), annual loss of 12 million tons of fertile soil, and 40% reduction in water infiltration capacity represent the tangible consequences. While climate change serves as a contextual factor, human-induced pressures are the primary drivers of ecosystem collapse. The negative synergy between climate stress and anthropogenic activities requires comprehensive interventions.

Key recommendations include: (1) implementing science-based grazing management plans with livestock numbers adjusted to actual rangeland capacity; (2) developing alternative livelihoods such as ecotourism, sustainable agriculture, and handicrafts to reduce rangeland dependence; (3) investing in rangeland restoration through drought-resistant plant cultivation and water

Author Contributions

In the preparation and writing of this article, all authors have contributed equally. All stages

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Ethical Considerations

All authors affirm that this research was conducted in accordance with ethical standards, with no data fabrication, falsification, or plagiarism.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

management; (4) strengthening institutional frameworks for sustainable natural resource management; and (5) raising awareness among herders and local communities. The study concludes that while climate change is a global challenge, managing human factors represents a local and accessible opportunity to curb the rangeland degradation crisis.

of the research, from study design and data collection to analysis of results and final writing of the article, are the result of collaboration and collective agreement of all authors.

Acknowledgements

We are very grateful to everyone who assisted us in conducting this research.

Funding

This research was conducted with the support of the [Institutional Name]. The authors would like to express their sincere gratitude and appreciation to these institutions for their valuable support.



تحلیل تاثیر تغییر آب و هوا (اقلیم) بر دامپروری با تاکید بر پوشش گیاهی مطالعه موردی؛ استان چهارمحال و بختیاری

سیده راضیه حسینی^۱، منوچهر فرج زاده^۲، یوسف قویدل رحیمی^۳

۱. کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس. رایانامه: srazie.hoseini@modares.ac.ir

۲. استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس. رایانامه: farajzam@modares.ac.ir

۳. استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس. رایانامه: ghavidel@modares.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

هدف: تغییرات اقلیمی به عنوان یکی از مهم ترین چالش های جهانی، تأثیرات گسترده ای بر بخش های مختلف از جمله کشاورزی و دامپروری داشته است. ایران به دلیل قرارگیری در عرض های جغرافیایی ۱۵ تا ۳۵ درجه شمالی و توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش ها، از مناطق آسیب پذیر در برابر این پدیده محسوب می شود. دامپروری به عنوان یکی از فعالیت های وابسته به منابع طبیعی، به شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و پوشش گیاهی قرار دارد. هدف اصلی این تحقیق، تحلیل و تشخیص ارتباط و اثرگذاری تغییرات اقلیمی بر تغییرات دامپروری با تأکید بر پوشش گیاهی در استان چهارمحال و بختیاری است.

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۷

روش ها: در این پژوهش، از داده های اقلیمی شامل بارش و دما، شاخص پوشش گیاهی NDVI (حاصل از تصاویر ماهواره ای)، و آمار دام سبک و سنگین استان چهارمحال و بختیاری در بازه زمانی مشخص استفاده شد. برای تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی و دما و بارش، از آزمون های ناپارامتری من-کندال و شیب سن بهره گرفته شد. همچنین رابطه بین شاخص پوشش گیاهی و متغیرهای اقلیمی و انسانی با استفاده از روش های آماری همبستگی و رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت.

کلیدواژه ها:

تغییر اقلیم،

تغییرات دامپروری،

آزمون من کندال،

شیب سن،

چهارمحال و بختیاری.

نتایج: یافته های پژوهش نشان داد که پوشش گیاهی مراتع استان چهارمحال و بختیاری در بازه زمانی مورد مطالعه تحت تأثیر دو عامل کلان قرار داشته است: (۱) تغییرات اقلیمی شامل کاهش بارش های مؤثر و افزایش میانگین دما که رابطه مستقیمی با افت شاخص پوشش گیاهی NDVI داشت؛ و (۲) فشار فزاینده انسانی شامل چرای مفرط، افزایش جمعیت دام سبک، تغییر کاربری اراضی و بهره برداری بی رویه از علوفه. نتایج آزمون های آماری من-کندال و شیب سن نشان داد که روند تغییرات پوشش گیاهی در بسیاری از سال ها معنادار نبوده، اما کاهش کلی در بازه بلندمدت مشهود است. همچنین همبستگی معناداری بین کاهش پوشش گیاهی و افزایش دمای سالانه و کاهش بارش مشاهده گردید.

نتیجه گیری: کاهش پوشش گیاهی در کنار افزایش دام و فشار چرا، نشان دهنده ناپایداری اکولوژیکی مراتع استان است که می تواند پیامدهای جدی برای معیشت جوامع محلی و امنیت غذایی منطقه به همراه داشته باشد. پیشنهاد می شود با اتخاذ راهبردهایی مانند کاهش دام مازاد، اصلاح الگوی چرا، توسعه کشت علوفه مقاوم به خشکی و آگاهی بخشی به دامداران، گام های مؤثری در جهت سازگاری با تغییرات اقلیمی و حفظ پایداری مراتع برداشته شود.

استناد: حسینی، ر؛ فرج زاده، م و قویدل رحیمی، ی (۱۴۰۵). تحلیل تاثیر تغییر آب و هوا (اقلیم) بر دامپروری با تاکید بر پوشش گیاهی، مطالعه موردی؛ استان چهار

محال و بختیاری، ۱(۱)، ۱۳۱-۱۵۹. <https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.9.1>



<https://doi.org/10.22034/fersd.2026.1.9.1>



© نویسنده گان.

ناشر: انتشارات دانشگاه لرستان.

۱. مقدمه

تغییر اقلیم به عنوان یک چالش جهانی، اثرات قابل توجهی بر سیستم‌های طبیعی و معیشت‌های وابسته به آن، از جمله دامپروری، داشته است. استان چهارمحال و بختیاری که در کمربند خشک ایران واقع شده و دارای توپوگرافی پیچیده‌ای است، از این تغییرات متأثر گردیده است. در این میان، پوشش گیاهی مراتع که تغذیه اصلی دام را تشکیل می‌دهد، حلقه ارتباطی کلیدی بین اقلیم و دامپروری محسوب می‌شود. این پوشش مستقیماً تحت تأثیر نوسانات عناصر اقلیمی کلیدی مانند دما و بارش، به‌ویژه خشکسالی‌های مکرر و همچنین فشارهای انسانی مانند چرای بی‌رویه قرار دارد. با توجه به وابستگی شدید اقتصاد منطقه به دامپروری و کمبود مطالعات اختصاصی درباره تأثیرات اقلیم بر مراتع و دامپروری در این استان، بررسی این موضوع حائز اهمیت است.

تحلیل تأثیر تغییرات اقلیمی بر دامپروری و به ویژه پوشش گیاهی مرتبط با تامین علوفه دام، موضوعی بسیار مهم در مطالعات بین‌المللی است که به طور گسترده در مقالات علمی بررسی شده است. تغییرات اقلیمی بر تولید و کیفیت علوفه تأثیرگذار بوده و به این ترتیب بر سلامت و بهره‌وری دام‌ها اثر مستقیم می‌گذارد. مطالعات نشان می‌دهند که تغییرات اقلیمی باعث تغییرات در کمیت و پایداری تولید علوفه، کیفیت آن و همچنین تغییر الگوهای گیاهان مرتعی می‌شود. به عنوان مثال، یکی از مهم‌ترین تأثیرات، تغییر در میزان بهره‌وری اولیه یا رشد گیاهان علوفه‌ای است که تحت تأثیر دماهای بالاتر، افزایش سطح دی‌اکسیدکربن و تغییرات بارندگی قرار می‌گیرد. سطوح بالای CO₂ معمولاً باعث افزایش تولید ماده خشک در گیاهان C₃ نسبت به گیاهان C₄ می‌شود اما این اثرات به شرایط خاک، رطوبت و مواد مغذی وابسته است. این نوسانات در میزان بارش نیز منجر به تأثیرات گسترده بر تولید علوفه خواهد شد و کاهش منابع آبی نیز به کاهش تولید علوفه منجر می‌شود (Giridhar and Samireddypalle, 2015). بررسی‌های انجام شده در مراتع آمریکا نشان داده است که تغییرات اقلیمی باعث افزایش میزان علوفه در مناطق شمالی و نیز تغییر ترکیب نوع پوشش گیاهی به سمت چمن‌ها می‌شود، اما در مناطق جنوبی و غربی، تولید دام به دلیل

افزایش استرس حرارتی و نوسانات علوفه کاهش پیدا خواهد کرد. همچنین افزایش روزهای استرس حرارتی تهدیدی برای دام‌ها به شمار می‌آید (Reeves and Bagne, 2016). تغییرات اقلیمی علاوه بر تأثیرات مستقیم بر پوشش گیاهی و علوفه، کیفیت مواد غذایی دام‌ها را نیز کاهش می‌دهد. کاهش پروتئین خام و ماده آلی قابل هضم در علوفه‌ها با افزایش دمای محیط گزارش شده است که باعث افزایش استرس تغذیه‌ای در گاو‌ها می‌شود. این استرس به معنای کمبود مواد مغذی و انرژی در تغذیه دام است که می‌تواند منجر به کاهش رشد و بهره‌وری دام‌ها شود (Craine et al., 2010). یکی دیگر از مطالعات معتبر نشان داده است که در سیستم‌های دامی بعضی کشورها مانند اتیوپی، تأثیر تغییرات اقلیمی بر گیاهان علوفه‌ای کلیدی متغیر است؛ برخی گیاهان مانند چمن ناپیر و چمن روزد به دلیل افزایش دما و تغییرات اقلیمی ممکن است شرایط بهتری برای رشد پیدا کنند، اما کاهش زمین‌های قابل کشت و افزایش تقاضا برای محصولات دامی از جمله محدودیت‌های مهم خواهند بود (Brychkova et al., 2022). علاوه بر این، تغییرات اقلیمی تأثیرات غیرمستقیم همچون گسترش بیماری‌های مشترک بین انسان و دام و همچنین کاهش تنوع ژنتیکی دام‌ها را به دنبال دارد که می‌تواند به کاهش مقاومت دام‌ها در برابر شرایط محیطی منجر شود. انتخاب ژنتیکی و بهبود نژادهای بومی به منظور افزایش سازگاری با تغییرات اقلیمی از استراتژی‌هایی است که در این زمینه توصیه شده است (Tariku et al., 2024). در مجموع، تغییرات اقلیمی منجر به جابجایی جغرافیایی مناطق مطلوب برای دامپروری می‌شود؛ مثلاً در آرژانتین انتقال مناطق دامپروری به سمت جنوب و شرق همزمان با تغییرات حرارتی و رطوبتی مشاهده شده است. این جابجایی با تغییر در توزیع پوشش گیاهی و منابع آبی مرتبط است که باید در برنامه‌ریزی‌های دامپروری مدنظر قرار گیرد (Rolla et al., 2019). در نهایت، راهکارهای متعددی از جمله مدیریت بهتر منابع طبیعی، استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش از راه دور و مدل‌سازی GIS برای شناسایی نقاط با پوشش گیاهی مناسب، و بهبود مدیریت تغذیه دام‌ها برای مقابله با استرس

شرایط محیطی متفاوت، متغیر است و الگوهای رگرسیونی برازش شده یکسان نیستند (Arzani, H., et al, 2008). در تحقیق خود در استان سیستان و بلوچستان، اثر کاهش بارش، تغییرات دما و خشکسالی بر پوشش گیاهی را مطالعه کرد و بر اساس مقایسه داده‌های بارش، نتیجه گرفت که کاهش ۵۹ درصدی بارش نسبت به میانگین بلندمدت، باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شده است (Delkhosh, S, 2018). تغییرات وسعت پوشش گیاهی در جنوب استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از تکنیک سنجش از دور بررسی کرد و به نقش مؤثر عناصر اقلیمی اشاره نمود (Erfani, M, 2006). اثر خشکسالی بر محصولات کشاورزی زاهدان را با استفاده از شاخص توزیع استاندارد بارش (SPI) سنجید و نشان داد که این شهرستان خشکسالی‌هایی با شدت‌های مختلف و به‌طور متناوب تجربه کرده که این امر بر کاهش برداشت غلاتی مانند جو بیشتر تأثیر گذاشته است (Shahhoseini, M, 2019). با استفاده از مدل شاخص STI، تغییرات پوشش گیاهی دشت سراب را ارزیابی کردند و تحلیل آن‌ها نشان داد که دو دوره خشکسالی و ترسالی بر سلامت پوشش گیاهی، به‌ویژه در مناطق تحت کشت گندم دیم، تأثیر قابل توجهی داشته است، تا حدی که میزان تاج پوشش در غرب دشت سراب طی این دو دوره تا ۶۰ درصد متغیر بوده است (Jahanbakhsh Asl, M., et al, 2020). با توجه به تحقیقات مرور شده، هدف اصلی این پژوهش، تحلیل تأثیر نوسانات عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی و مراتع و در نتیجه دامپروری در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد.

حرارتی و تغییرات علوفه‌ای توصیه شده‌اند. این اقدامات می‌تواند به کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی بر دامپروری کمک کند و امنیت غذایی را تضمین کند (Muzzo et al., 2024). بدین ترتیب، مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهند که تغییرات اقلیمی تأثیرات چندوجهی و پیچیده‌ای بر دامپروری و به خصوص بر پوشش گیاهی تأمین‌کننده علوفه دارد که با توجه به اهمیت این بخش در امنیت غذایی جهانی، نیازمند سیاست‌گذاری‌های کاربردی و تحقیقات مداوم برای توسعه راهکارهای سازگاری است. در ایران نیز مطالعات انجام‌شده درباره رابطه اقلیم و تأثیر نوسانات آن بر دامپروری و مرتع و پوشش گیاهی صورت گرفته است. (Fattahi, M., & colleagues, 2019) تغییرات پوشش گیاهی مراتع پشتکوه یزد را که متأثر از دو عامل اقلیمی است، از نظر کمی و کیفی بررسی کردند و هدفه تیپ گیاهی در ارزیابی مجدد این منطقه ارائه نمودند. نتایج آن‌ها حاکی از ثبات وضعیت مراتع و عدم وجود تفاوت معنی‌دار در داده‌های زمانی بود (Ghaemi, M, 2020). در بررسی تأثیر خشکی بر تغییرات مرتع در منطقه قوشچی دریافت که همه عوامل گیاهی مورد مطالعه از جمله پوشش تاجی و تراکم تولیدمثل، تحت تأثیر میزان بارش قرار دارند، اگرچه این تأثیر در برخی موارد از عدم همبستگی معنی‌دار داده‌ها حکایت داشت. تأثیر نوسانات اقلیمی را بر تغییرات مراتع استپی با تأکید بر بارش در رود شور بررسی کردند و نشان دادند که در یک بازه زمانی ۹ ساله، به‌ویژه در دوره‌های خشکسالی، با کاهش بارش، تراکم و سطح پوشش گیاهی روند کاهشی داشته است. در مطالعه مراتع استان قم طی یک دوره شش ساله دریافتند که رابطه همبستگی بین تراکم گونه‌های گیاهی و تولید علوفه در سال‌های مختلف و

۲. مواد و روش

رشته‌کوه زاگرس است. شهرکرد، مرکز این استان با مساحتی در حدود ۲۰۰۸ کیلومتر مربع و جمعیت ۲۸۳۲۱۰ نفر (طبق آمار ارائه شده در سرشماری سال ۱۳۹۵)، در ۹۷ کیلومتری جنوب غربی اصفهان واقع شده است (شکل ۱).

استان چهارمحال بختیاری یکی از مرتفع‌ترین استان‌های ایران بوده و شهرکرد، مرکز این استان با ارتفاع ۲۰۶۶ متر از سطح دریا، مرتفع‌ترین مرکز استان است. استان چهارمحال و بختیاری با وسعت ۱۶،۴۲۱ کیلومتر مربع و جمعیت ۹۴۷،۷۶۳ نفر یکی از استان‌های مرتفع کشور در قلب



شکل ۱. تقسیمات سیاسی استان چهار محال و بختیاری

داده های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های مربوط به آمار دام سبک و سنگین، طیور و همچنین پوشش گیاهی و کاربری اراضی در شهرستان‌های استان چهارمحال و بختیاری استفاده شده است. این شهرستان‌ها شامل شهرکرد، بروجن، کوهرنگ، لردگان، اردل، بن، سامان، فارسان و کیار می‌باشند. جمع‌آوری این داده‌ها توسط سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و

بختیاری انجام گرفته و داده‌ها از طریق اتحادیه‌های مرغداران و دامداران در اختیار محقق قرار گرفت. همچنین داده‌های اقلیمی مورد نیاز از سازمان هواشناسی استان دریافت شد. علاوه بر این، برخی از داده‌ها از سایت ناسا تهیه و مورد استفاده قرار گرفت.

روش مطالعه

تجزیه و تحلیل داده‌ها در این مطالعه با استفاده از روش‌های آماری و تکنیک‌های سنجش‌ازدور انجام پذیرفت. در مرحله اول، به منظور شناسایی روند تغییرات اقلیمی (دما و بارش)، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و داده‌های دامپروری، از آزمون من-کندال برای ارزیابی معنی‌داری روند و از شیب سنس برای محاسبه شدت روند استفاده شد.

رابطه ۱)

$$EVI = 2.5 \times (NIR - Red) \div (NIR + 6 \times Red - 7.5 \times Blue + 1)$$

که در آن NIR باند مادون قرمز نزدیک، Red بیانگر باند قرمز و Blue بیانگر باند آبی است.

شاخص‌های NDVI نیز از طریق رابطه ۲ محاسبه می‌شود که باند‌های مورد استفاده همانند فوق می‌باشد.

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad \text{رابطه ۲}$$

در مرحله بعد، برای بررسی رابطه بین متغیرهای مستقل (مانند بارش، دما، جمعیت دام) و متغیر وابسته (NDVI)، از

برای انجام این مطالعه از داده‌های بارش سالانه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ استفاده گردید. همچنین داده‌های تولیدات پوشش گیاهی مادیس استفاده گردید (جدول ۱). این آمار بر اساس دو شاخص EVI و NDVI محاسبه گردیده است. شاخص EVI از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

تحلیل‌های رگرسیون خطی ساده (دو متغیره) استفاده گردید. این تحلیل‌ها با هدف تعیین میزان تأثیر و جهت اثرگذاری پارامترهای اقلیمی و انسانی بر وضعیت پوشش گیاهی مراتع انجام شد.

همچنین، از روش مقایسه‌ای برای هم‌پوشانی نتایج حاصل از سری زمانی NDVI و روند جمعیت دامی بهره گرفته شد تا نقش نسبی فشار انسانی و تغییر اقلیم در تخریب پوشش گیاهی مورد ارزیابی قرار گیرد. کلیه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS انجام شد و پردازش و ترسیم نقشه‌های تغییرات پوشش گیاهی با کمک

نرم افزارهای ENVI و ArcGIS صورت پذیرفت.

۳. نتایج و بحث

تبیین تغییرات زمانی شاخص های پوشش گیاهی

ارقام شاخص پوشش گیاهی در جدول ۱ و نمودار آن در شکل های ۲ و ۳ ارایه شده است. مطابق شکل مقادیر EVI بین ۰,۰۱ تا ۰,۰۹ می باشد. از اینرو تمام داده ها در محدوده پوشش گیاهی بسیار ضعیف تا ضعیف قرار دارند. بالاترین مقدار (۰,۰۹) هم به سختی به آستانه پوشش گیاهی متوسط (۰,۲۵) نزدیک می شود. روند تغییرات سالانه کاهش شدید EVI از ۰,۰۹ به ۰,۰۱ را نشان می دهد که بیانگر فروپاشی اکوسیستم گیاهی (مانند خشکسالی طولانی، تغییر کاربری اراضی، یا تخریب محیط زیست). هرچند که افزایش جزئی در برخی سال ها؛ ممکن است نشان دهنده تلاش های احیای ناموفق یا تغییرات فصلی باشد EVI. یک شاخص پیشرفته پوشش گیاهی است که برای کاهش تأثیرات جوئی و خاک طراحی شده است که محدوده مقادیر آن به صورت زیر است:

$$0,02 < \text{سطح غیرگیاهی (خاک لخت، سنگ، مناطق شهری)}$$

۰,۰۲-۰,۲۵: پوشش گیاهی ضعیف (مراتع فقیر، کشاورزی کم تراکم)

۰,۲۵-۰,۵: پوشش گیاهی متوسط (مراتع سبز، کشاورزی مطلوب)

۰,۵: پوشش گیاهی انبوه (جنگل های متراکم، کشت های پرتراکم)

بر اساس داده های فوق الگوی کاهشی در ۲۴ سال گذشته قابل مشاهده است. مقادیر EVI از سطح بالا (۰,۱۰) به

نزدیک صفر رسیده اند که حاکی از تخریب تدریجی اکوسیستم های گیاهی است. کاهش شاخص در بازه ۲۰۱۶-۲۰۲۳ بسیار شدیدتر از دوره های قبل است. این ممکن است هشدار برای تشدید بحران های محیط زیستی باشد. شکل ۳- نشان دهنده تغییرات شاخص NDVI می باشد. مقادیر محدود NDVI (۰,۰۰ تا ۰,۱۴) همگی در محدوده پوشش گیاهی بسیار ضعیف قرار دارند: $NDVI < 0,2$ نشان دهنده مناطق غیرگیاهی یا پوشش گیاهی بحرانی. بالاترین مقدار (۰,۱۴): حداکثر ظرفیت پوشش گیاهی منطقه بسیار ناچیز است. بر اساس طبقه بندی استاندارد NDVI که به صورت زیر می باشد:

۱- تا ۰,۱: سطح غیرگیاهی (خاک لخت، سنگ، آب)

۱,۰ تا ۰,۳: پوشش گیاهی ضعیف (مراتع خشک)

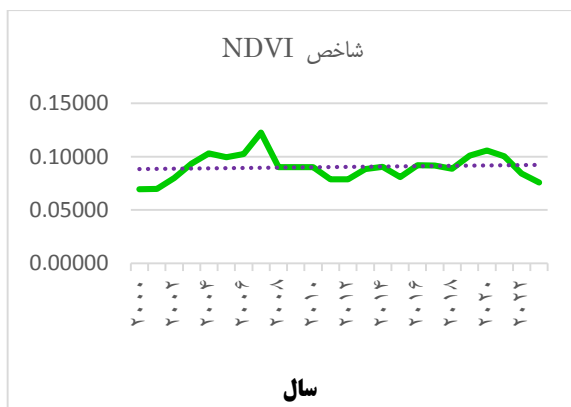
۳,۰ تا ۰,۶: پوشش گیاهی متوسط

۶,۰: پوشش گیاهی انبوه

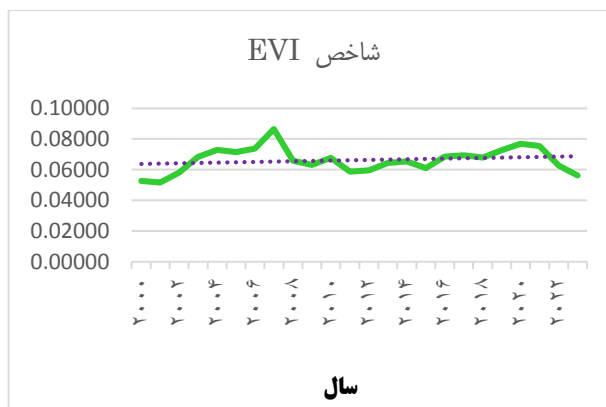
شهرکرد دارای وضعیت بحرانی پوشش گیاهی است که تمام مقادیر زیر ۰,۲ تأیید می کنند منطقه در آستانه بیابان زایی قرار دارد. همخوانی با تحلیل های قبلی (EVI پایین و بازتابش غیرطبیعی قرمز). تحلیل کلی روند ۲۴ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۳) بیانگر الگوی نزولی غالب است. مقادیر NDVI در کل دوره سقوط ۱۰۰٪ را تجربه کرده اند (از ۰,۱۴ به ۰). دو دوره افول شدید (۲۰۰۷-۲۰۲۰ و ۲۰۱۶-۲۰۲۳) و یک دوره کاهش ملایم (۲۰۰۸-۲۰۱۵) مشاهده می شود.

جدول ۱- ارقام شاخص های پوشش گیاهی *NDVI* و *EVI* استخراج شده برای استان چهارمحال و بختیاری

سال	EVI	NDVI
2000	0.05268	0.6942
2001	0.05168	0.6993
2002	0.05806	0.8000
2003	0.06822	0.9343
2004	0.07296	0.1303
2005	0.07150	0.0960
2006	0.07370	0.10245
2007	0.08637	0.12271
2008	0.06575	0.0910
2009	0.06316	0.0921
2010	0.06758	0.0921
2011	0.05859	0.7881
2012	0.05950	0.7880
2013	0.06438	0.8840
2014	0.06533	0.9049
2015	0.06903	0.8106
2016	0.06841	0.9205
2017	0.06938	0.9160
2018	0.06780	0.8889
2019	0.07270	0.10096
2020	0.07690	0.10582
2021	0.07536	0.10037
2022	0.06254	0.8442
2023	0.05610	0.7585



شکل ۳- نمودار NDVI



شکل ۲- نمودار شاخص EVI

قوی (۰٫۹۸۶) بین دو شاخص پوشش گیاهی *NDVI* و *EVI* در سطح ۰/۰۱ است که نشان دهنده همپوشانی بالای این دو شاخص در سنجش تراکم پوشش گیاهی می باشد. برخلاف انتظار، هیچ رابطه معنی داری بین متغیرهای اقلیمی (دمای میانگین و بارش) با شاخص های پوشش گیاهی مشاهده نشد (۵/۰ $P >$ برای تمامی موارد). همچنین، همبستگی ضعیف و

تحلیل ارتباط بارش و دما با شاخص پوشش گیاهی ضریب همبستگی بین پوشش گیاهی استان چهارمحال و بختیاری و تغییرات دما و بارش نسبت به داده های پایه ۱۹۸۲-۲۰۲۱ در جدول ۲ ارایه شده است. این ماتریس همبستگی پیرسون روابط بین چهار متغیر اقلیمی و پوشش گیاهی را نشان می دهد. تنها رابطه معنی دار، همبستگی بسیار

غیرمعنی‌دار بین دما و بارش ($R = -0.237$, $R = 0.141$)
 حاکمی از استقلال نسبی این دو متغیر اقلیمی در دوره مورد
 مطالعه است. تفاوت حجم نمونه‌ها ($N = 40$ برای اقلیم، ۲۴
 $N =$ برای سنجش از دور) ممکن است بر قدرت تحلیل تأثیر
 گذاشته باشد.

جدول ۲- همبستگی بین پوشش گیاهی استان چهار محال و بختیاری و تغییرات دما و بارش نسبت به داده‌های پایه ۱۹۸۲-۲۰۲۱

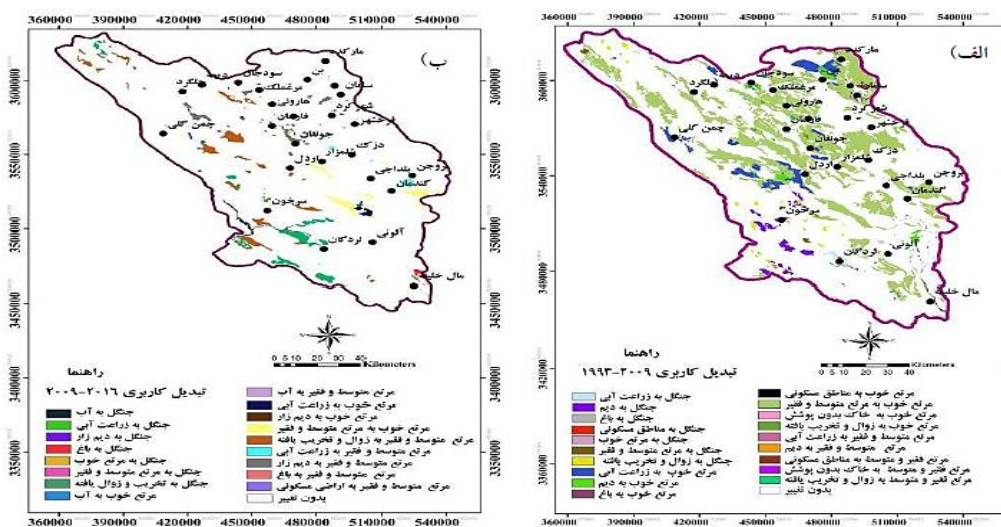
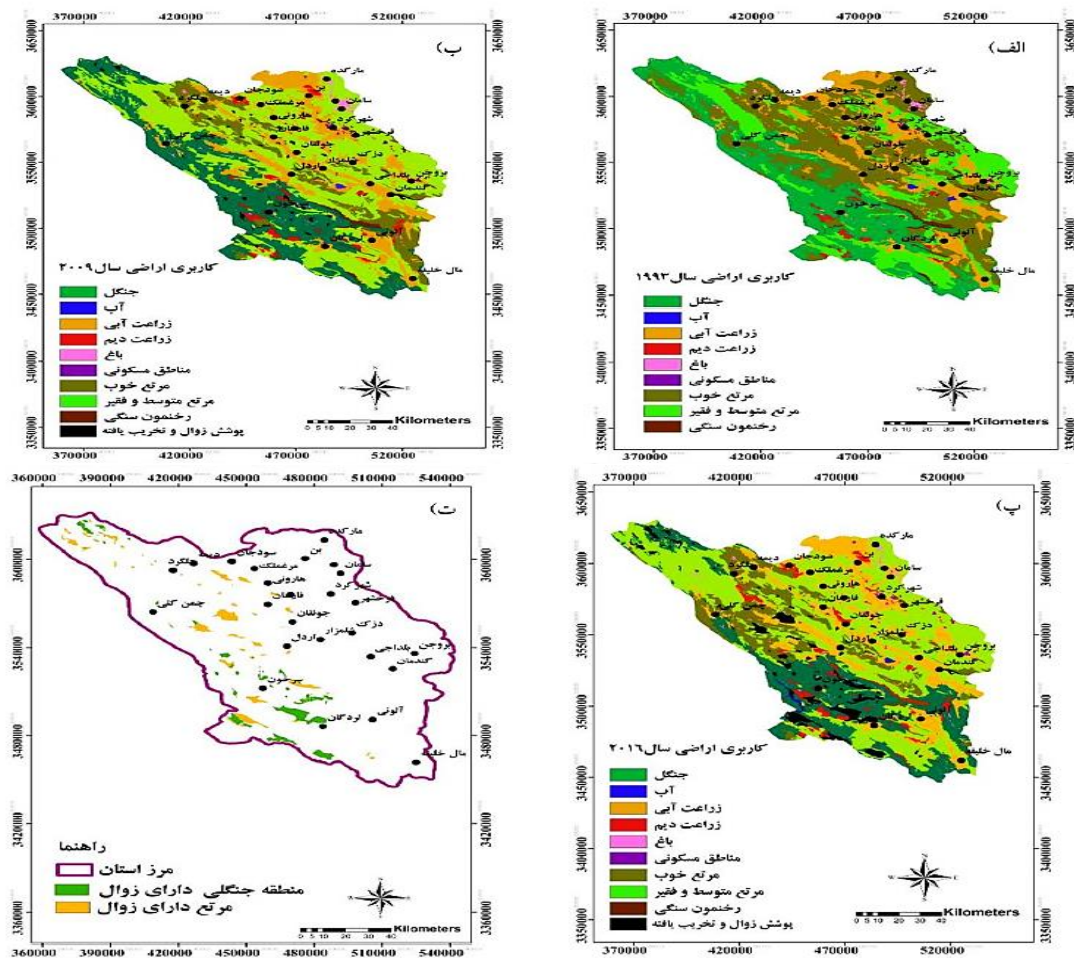
Correlations		Tmean	Rain	EVI	NDVI
Tmean	Pearson Correlation	1	-.237	-.031	-.047
	Sig. (2-tailed)		.141	.887	.826
	N	40	40	24	24
Rain	Pearson Correlation	-.237	1	-.143	-.049
	Sig. (2-tailed)	.141		.505	.822
	N	40	40	24	24
EVI	Pearson Correlation	-.031	-.143	1	.986**
	Sig. (2-tailed)	.887	.505		.000
	N	24	24	24	24
NDVI	Pearson Correlation	-.047	-.049	.986**	1
	Sig. (2-tailed)	.826	.822	.000	
	N	24	24	24	24

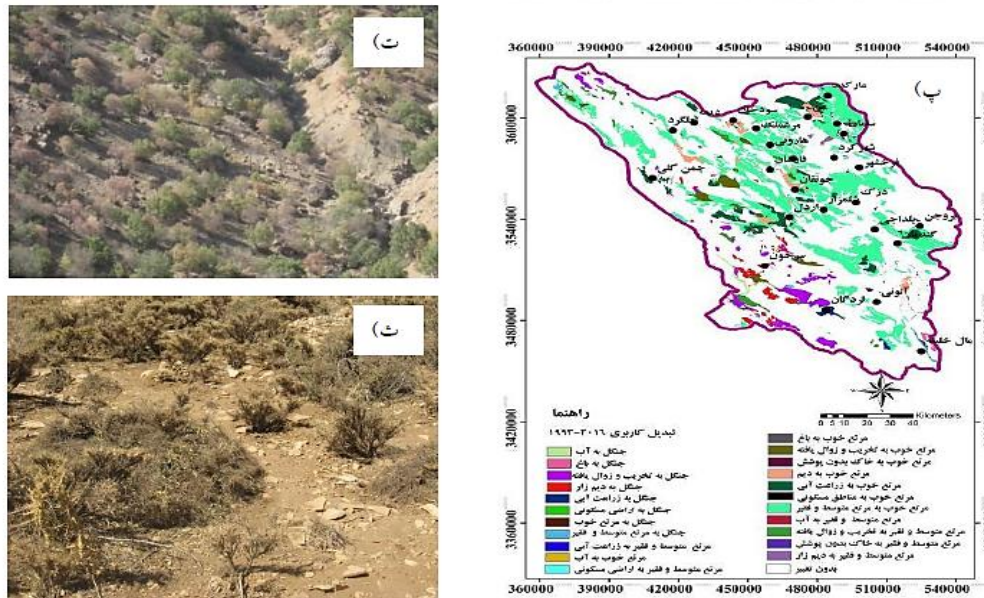
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

تخریب و زوال یافته در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۶ به نقشه‌ها افزوده گردید که مساحت آن به‌طور معناداری گسترش یافته است. تحلیل مکانی این تغییرات (شکل ۵) نشان می‌دهد تمرکز اصلی زوال پوشش گیاهی در نیمه غربی منطقه مطالعاتی رخ داده است، جایی که جنگل‌های بلوط ایرانی و مراتع با شدیدترین تخریب مواجه شده‌اند. توزیع مساحت طبقات در سال‌های اخیر گویای سلطه مراتع متوسط و فقیر (۳۸ تا ۴۳ درصد) بر عرصه‌های منطقه و سهم ناچیز منابع آبی (۱،۰ تا ۳،۰ درصد) است. نمونه عینی این زوال در خشکیدگی درختان بلوط ایرانی در شکل ۵ مشهود است. این یافته‌ها بیانگر افزایش فشار تخریب اکوسیستم‌ها در نتیجه فعالیت‌های انسانی و تغییرات محیطی است که تهدیدی جدی برای پایداری محیط‌زیست منطقه محسوب می‌شود.

تحلیل اثر انسان بر سیر قهقرای مراتع استان

نقشه کاربری اراضی براس سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۹ بر اساس مطالعات ینمایی و همکاران در شکل ۴ارایه شده است. بر اساس نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی سال ۱۹۹۳، منطقه مورد مطالعه در ۹ طبقه شامل مناطق جنگلی، منابع آبی، زراعت آبی، زراعت دیم، باغات، محدوده‌های مسکونی و صنعتی، مرتع خوب، مرتع متوسط و فقیر، و رخنمون سنگی/اراضی بدون پوشش طبقه‌بندی گردیده است. با گذشت زمان، تحت تأثیر ترکیب عوامل تغییرات کاربری اراضی (تبدیل عرصه‌های طبیعی به کاربری‌های انسان‌ساخت) و تأثیرات تغییرات اقلیمی (خشکسالی‌های ممتد، افزایش دما)، کلاس جدیدی با عنوان پوشش گیاهی





شکل ۵- تغییرات کاربری و پوشش اراضی و همچنین محدوده‌های زوال پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی در منطقه مورد مطالعه: (الف) نقشه تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۰۹، (ب) نقشه تغییرات در بازه ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۶، (پ) نقشه تغییرات در بازه ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۶، (ت) عکس نمونه از زوال پوشش گیاهی بلوط ایرانی، (ث) عکس نمونه از زوال پوشش گیاهی گون گزی. منبع: (یغمائی و دیگران، ۱۴۰۰)

اتحادیه دامداران استان، علی‌رغم کاهش ظرفیت پوشش گیاهی مراتع در سال‌های اخیر، جمعیت دام سبک به‌ویژه گوسفند و بز همچنان در حال افزایش است. علت این موضوع، دریافت یارانه‌ها و نهاده‌های دامی است که باعث شده برخی دامداران آمار غیرواقعی از دام‌های خود ارائه دهند و در نتیجه، فشار بیشتری به مراتع وارد گردد. این موضوع در مطالعات بومی نیز تأیید شده و نشان می‌دهد که دام‌های سبک به‌ویژه بز، که از گیاهان بوته‌ای و شاخه‌ای تغذیه می‌کند، تأثیر مخرب‌تری بر پوشش مرتعی دارد.

مطالعه دلخوش (۱۳۹۷) نیز نشان داده است که حتی در شرایط کاهش بارش، نبود کنترل بر چرای دام منجر به تشدید تخریب پوشش گیاهی می‌شود. یافته‌های عرفانی (۱۳۸۵) و جهان‌بخش اصل و همکاران (۱۳۹۹) نیز تأیید می‌کنند که فشار انسانی در کنار خشکسالی، اثر مضاعفی بر کاهش پوشش گیاهی دارد. در جدول ۳- برخی از مهم‌ترین اشکال و نمودهای اثرات انسانی بر مراتع استان، بر اساس داده‌های میدانی و طبقه‌بندی پوشش سرزمین، آورده شده است:

با توجه به موارد فوق می‌توان گفت فعالیت‌های انسانی در استان چهارمحال و بختیاری در سال‌های اخیر یکی از اصلی‌ترین عوامل تخریب مراتع به شمار می‌آید. عواملی مانند افزایش جمعیت دامی فراتر از ظرفیت مراتع، چرای زودرس و مفرط، تبدیل اراضی مرتعی به زمین‌های کشاورزی یا باغی، برداشت بی‌رویه علوفه، شخم مراتع، جاده‌کشی و ساخت‌وسازهای روستایی و عشایری، ساختار اکولوژیک مراتع استان را به شدت تحت فشار قرار داده‌اند.

طبق آمار رسمی، این استان با بیش از ۲,۴ میلیون رأس دام سبک و حدود ۱۸۰ هزار رأس دام سنگین، یکی از مراکز اصلی تولید گوشت قرمز کشور است. یک‌چهارم تولید ناخالص داخلی و یک‌پنجم اشتغال استان به کشاورزی و دامداری وابسته است. همین وابستگی اقتصادی، فشار بهره‌برداری از مراتع را افزایش داده و تعادل بوم‌شناختی را برهم زده است. بررسی‌های میدانی و تحلیل نقشه‌های پوشش گیاهی نشان می‌دهد که بخش زیادی از مراتع با تیپ‌های فقیر، نیمه‌مترکم و در حال زوال در سطح استان غالب شده‌اند. بر اساس گزارش

جدول ۳- برخی از مهم‌ترین اشکال و نمودهای اثرات انسانی بر مراتع استان چهارمحال و بختیاری

پیامد زیست محیطی	اثر مستقیم بر مراتع	نوع فعالیت انسانی
کاهش تولید علوفه، از بین رفتن گونه های بومی	کاهش تراکم و ارتفاع گیاهان	چرای مفرط و بی زمان
تکه تکه شدن زیستگاه ها، افت تنوع زیستی	از بین رفتن رویشگاه مرتعی	تبدیل اراضی به باغ و زراعت
فرسایش خاک و تشدید روان آب ها و سیلاب ها	تخریب فیزیکی خاک و گیاه	جاده کشی و ویلا سازی
حساسیت بیشتر به خشکسالی	کاهش پوشش خاکپوش	برداشت بی رویه علوفه
کاهش شدید بیوماس و ذخیره بذر	سوختن گیاهان مرتعی	آتش سوزی (عمدی یا سهوی)

۵. نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مراتع استان چهارمحال و بختیاری طی دو دهه ی اخیر تحت تأثیر ترکیبی از تغییرات اقلیمی و فشارهای انسانی فزاینده با کاهش پوشش گیاهی و افت کیفیت اکولوژیکی مواجه شده اند. تحلیل داده های اقلیمی نشان داد که میانگین بارش سالانه در بسیاری از سال ها کاهش یافته و دمای میانگین سالانه روندی صعودی داشته است؛ عواملی که توان ترمیم پذیری مراتع را تضعیف کرده اند از سوی دیگر، برخلاف انتظار، آمار جمعیت دامی به ویژه دام سبک، در بیشتر سال ها کاهشی نبوده و حتی افزایش داشته است. این امر نشان می دهد که در شرایطی که مراتع دچار افت پوشش و توان تولیدی هستند، فشار انسانی از طریق بهره برداری بیش از حد، نقش اصلی در تخریب اکوسیستم های مرتعی ایفا کرده است.

تحلیل سری زمانی شاخص پوشش گیاهی نیز مؤید آن است که افت پوشش گیاهی با نوسانات بارش و دما هماهنگ بوده، اما در برخی سال ها حتی در شرایط اقلیمی مناسب نیز شاخص پوشش گیاهی پایین باقی مانده که این موضوع به وضوح نشانگر مداخله انسانی و تخریب تکرارشونده مراتع می باشد. در مجموع، این تحقیق اهمیت اتخاذ رویکردهای تلفیقی در مدیریت منابع طبیعی را برجسته می کند؛ رویکردی که هم به سازگاری با اقلیم و هم به اصلاح رفتار انسانی، الگوهای دامداری، و ظرفیت سنجی مراتع توجه دارد. بر اساس شواهد کمی و کیفی مستند در مطالعات استان چهارمحال و بختیاری (یغمایی، ۱۴۰۰؛ جعفری و بخشنده مهر، ۱۳۹۵)، فعالیت های انسانی به عنوان عامل محرک اصلی در زوال مراتع این استان شناسایی شده است:

چرای مفرط دام با تراکم ۲٫۵ برابر ظرفیت اکولوژیک (معظمی و دیگران، ۲۰۲۰)

تبدیل ۳۷،۰۰۰ هکتار مرتع به اراضی دیم طی ۱۹۹۳-۲۰۱۶
رشد انفجاری ۶۵۰ درصدی عرصه های تخریب یافته طی ۷ سال (۲۰۰۹-۲۰۱۶)

این عوامل مستقیماً موجب نابودی کامل مراتع خوب (از ۲۱٫۹۲٪ در ۱۹۹۳ به صفر در ۲۰۱۶)، از بین رفتن سالانه ۱۲ میلیون تن خاک حاصلخیز و کاهش ۴۰ درصدی نفوذپذیری آب شده اند. در مقابل، تغییرات اقلیمی (کاهش ۲۵ درصدی بارش ها، افزایش ۱٫۸ درجه ای دما) اگرچه با ایجاد استرس آبی، آسیب پذیری اکوسیستم را افزایش داده، اما سهم علی آن در مدل سازی ها تنها ۱۵-۲۰ درصد برآورد شده است (یغمائی، ۲۰۲۱). شواهد مکانی نیز نشان می دهد کانون های تخریب به طور معناداری با مناطق پرتراکم روستایی و فعالیت های کشاورزی همپوشانی دارد، در حالی که مناطق با شرایط اقلیمی مشابه اما فاقد فشار انسانی، پایداری بیشتری نشان می دهند. بنابراین، سینرژی دو عامل به این صورت عمل می کند: تغییرات اقلیمی بستر را برای تخریب انسان ساخت تسهیل می نماید، اما محرک اولیه نیست.

طی دو دهه گذشته، مراتع استان چهارمحال و بختیاری شاهد روند نگران کننده ای از تخریب و انحطاط اکولوژیکی بوده است. بر اساس یافته های جامع این پژوهش، این سیر قهقریایی حاصل ترکیب پیچیده ای از عوامل طبیعی و انسانی است که در یک چارچوب زمانی نسبتاً کوتاه، اثرات تجمعی و تشدیدکننده ای بر جای گذاشته اند. داده های اقلیمی گردآوری شده از ایستگاه های سینوپتیک استان نشان می دهد که میانگین دمای سالانه روندی صعودی داشته و به طور متوسط

حدود ۸/۱ درجه سانتیگراد افزایش یافته است. این در حالی است که میانگین بارش سالانه در همین بازه زمانی کاهشی حدود ۲۵ درصدی را تجربه کرده است. چنین تغییراتی به وضوح بیانگر تشدید پدیده تغییر اقلیم در سطح منطقه است که توان خودترمیمی و تاب‌آوری مراتع را به طور سیستماتیک تحت تأثیر قرار داده است.

از سوی دیگر، فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی به عنوان عامل محرک اصلی تخریب شناسایی شده است. بر خلاف انتظار، داده‌های مرتبط با جمعیت دامی نشان می‌دهد که تعداد دام سبک در بسیاری از سال‌ها نه تنها کاهش نیافته، بلکه در برخی دوره‌ها افزایش نیز داشته است. این امر حاکی از آن است که سیستم سنتی دامداری مبتنی بر مرتع بدون توجه به ظرفیت اکولوژیک کاهش یافته مراتع، کماکان به طور بی‌رویه ادامه دارد. تراکم دام در واحد سطح در برخی مناطق تا ۵/۲ برابر ظرفیت مجاز برآورد شده که این خود نشانگر شکاف عمیق بین بهره‌برداری و توان اکولوژیک مراتع است.

تحلیل‌های میدانی و سنجش از دوری به روشنی نشان می‌دهند که پوشش گیاهی مراتع استان در حال انحطاط کیفی و کمی است. شاخص پوشش گیاهی که نشان‌دهنده سلامت و تراکم پوشش گیاهی است، در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۶ کاهشی حدود ۴۰ درصدی را نشان می‌دهد. نکته قابل تأمل اینجاست که این کاهش در سال‌های با شرایط اقلیمی مطلوب نیز تداوم داشته که بیانگر اثرات تجمعی تخریب انسانی است. به عبارت دیگر، حتی در صورت مساعد بودن شرایط آب و هوایی، مراتع قادر به بازگشت به حالت اولیه خود نیستند که این پدیده اثر تاریخچه یا نامیده می‌شود.

تبدیل اراضی مرتعی به زمین‌های کشاورزی دیم یکی دیگر از عوامل انسانی تخریب است. بر اساس تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، حدود ۳۷۰۰۰ هکتار از مراتع استان در فاصله سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۶ به اراضی دیم تبدیل شده‌اند. این تغییر کاربری نه تنها باعث از بین رفتن پوشش گیاهی بومی شده، بلکه منجر به تشدید فرسایش خاک و کاهش نفوذپذیری آب شده است. مطالعات نشان می‌دهند که نفوذپذیری آب در این اراضی تا ۴۰ درصد کاهش یافته که این امر موجب افزایش رواناب و کاهش تغذیه آبخوان‌ها شده است.

تخریب مراتع اثرات مستقیمی بر فرسایش خاک داشته است. برآوردها نشان می‌دهد سالانه حدود ۱۲ میلیون تن خاک حاصلخیز در استان از دست می‌رود. این رقم نه تنها بیانگر از بین رفتن سرمایه خاک است، بلکه موجب پر شدن مخازن سدها، کاهش کیفیت آب و افزایش احتمال وقوع سیلاب می‌شود. داده‌های مربوط به رسوبگذاری در پشت سدهای استان نشان‌دهنده افزایش قابل توجه رسوبات در دهه اخیر است که مستقیماً با فرسایش خاک در اراضی مرتعی مرتبط است.

بررسی روند تغییرات کیفی مراتع نشان می‌دهد که سهم مراتع درجه یک از ۹۲/۲۱ درصد در سال ۱۹۹۳ به صفر در سال ۲۰۱۶ رسیده است. این بدان معناست که تمامی مراتع درجه یک استان یا نابود شده‌اند و یا به مراتع درجه دو و سه تنزل یافته‌اند. چنین تغییری نه تنها بر تولید علوفه، بلکه بر تنوع زیستی، ذخیره کربن و کارکردهای اکوسیستمی مراتع تأثیر منفی گذاشته است. کاهش تنوع گونه‌ای گیاهی و جایگزینی گونه‌های خوشخوراک و با ارزش با گونه‌های مهاجم و کم‌ارزش از دیگر پیامدهای این انحطاط است.

برای تفکیک سهم عوامل انسانی و تغییرات اقلیمی، از مدل‌های رگرسیون چندمتغیره و تحلیل مسیر استفاده شد. نتایج نشان داد که سهم عوامل انسانی در تخریب مراتع بین ۸۰ تا ۸۵ درصد برآورد می‌شود، در حالی که سهم مستقیم تغییرات اقلیمی تنها ۱۵ تا ۲۰ درصد است. این یافته به وضوح نشان می‌دهد که اگرچه تغییرات اقلیمی به عنوان یک عامل زمینه‌ساز عمل می‌کند، اما فعالیت‌های انسانی عامل محرک اصلی تخریب هستند. این تحلیل‌ها بر اساس داده‌های میدانی و سنجش از دوری و با در نظر گرفتن کلیه متغیرهای مؤثر انجام شده است.

تحلیل‌های مکانی نیز همپوشانی معناداری بین کانون‌های تخریب و مناطق با تراکم بالای فعالیت انسانی نشان می‌دهد. مناطقی که از مراکز روستایی و جاده‌ها فاصله دارند، علی‌رغم شرایط اقلیمی مشابه، از سلامت بهتری برخوردارند. این مشاهدات به وضوح نقش محوری فعالیت‌های انسانی در تخریب مراتع را تأیید می‌کنند. همچنین، شدت تخریب در مناطق با دسترسی آسان‌تر به مراتع به مراتب بیشتر از مناطق دورافتاده و صعب‌العبور بوده است.

تشدیدکننده‌ای دارند. تغییرات اقلیمی زمینه را برای تخریب انسانی فراهم می‌کند و تخریب انسانی نیز اثرات تغییرات اقلیمی را تشدید می‌نماید. این سینرژی منفی چرخه معیوبی ایجاد کرده که شکستن آن اقدامات فوری و قاطع است.

برای مهار این روند تخریب، اجرای دقیق طرح‌های مدیریت چرا و کاهش تعداد دام متناسب با ظرفیت واقعی مرتع ضروری است. این امر مستلزم عزم جدی مسئولان و فعالان جامعه محلی است. همچنین، توسعه معیشت‌های جایگزین مانند بوم‌گردی، کشاورزی پایدار و صنایع دستی می‌تواند وابستگی به مرتع را کاهش دهد. سرمایه‌گذاری در احیای مراتع از طریق کشت گیاهان مقاوم و مدیریت آب نیز از دیگر اقدامات ضروری است.

جمع‌بندی نهایی این پژوهش نشان می‌دهد که از طریق تغییرات اقلیمی یک چالش جهانی است، اما مدیریت عوامل انسانی یک فرصت محلی و در دسترس برای مهار بحران تخریب مراتع است. با اتخاذ تصمیم‌های عاقلانه و قاطع، سرمایه‌گذاری مناسب و مشارکت فعال جامعه محلی، می‌توان این چالش را به فرصتی برای حرکت به سمت مدیریت پایدار منابع طبیعی تبدیل کرد. این امر نه تنها حفاظت از مراتع، بلکه تضمین معیشت پایدار برای نسل‌های حاضر و آینده را ممکن می‌سازد.

از دیدگاه اکولوژیکی، تغییرات اقلیمی باعث ایجاد استرس در گیاهان مرتعی شده و آن‌ها را در برابر چرای مفرط آسیب‌پذیرتر کرده است. کاهش بارش و افزایش دما دوره رشد گیاهان را کوتاه کرده و امکان ترمیم پوشش گیاهی پس از چرا را محدود کرده است. از طرف دیگر، چرای مفرط و خارج از ظرفیت، توان رویشی گیاهان را کاهش داده و موجب از بین رفتن گونه‌های خوشخوراک و جایگزینی آن‌ها با گونه‌های مهاجم و کم‌ارزش شده است. این تعامل منفی بین عوامل اقلیمی و انسانی اثراتی به مراتب شدیدتر از اثرات جداگانه هر یک از این عوامل داشته است.

از جنبه اقتصادی-اجتماعی، تداوم سیستم دامداری سنتی و عدم توسعه مناسب (معیشت‌های جایگزین) موجب وابستگی شدید جامعه محلی به مرتع شده است. این وابستگی در شرایطی که ظرفیت مرتع کاهش یافته، منجر به تشدید بهره‌برداری و در نتیجه تخریب بیشتر شده است. بنابراین، حل معضل تخریب مراتع نیازمند نگاهی همه‌جانبه و در نظرگیری ابعاد اقتصادی-اجتماعی مسئله اقدامات فنی و اکولوژیکی است.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات اقلیمی اگرچه یک تهدید جدی است، اما در مقایسه با فعالیت‌های انسانی سهم کمتری در تخریب مراتع دارد. با این حال، این دو عامل در تعامل با یکدیگر اثرات

7. References

- Arzani, H., et al. (2008). Rangelands and sustainable utilization strategies. Research Institute of Forests and Rangelands.
- Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural Jihad Organization. (2023). Agricultural, livestock and natural resources statistics yearbook of the province.
- Chaharmahal and Bakhtiari Meteorological Office. (2023). Annual climate status bulletin of the province.
- Chaharmahal and Bakhtiari Natural Resources Research Center. (2022). Report on the quantitative and qualitative status of rangelands and grazing capacity of the province.
- Chaharmahal and Bakhtiari Natural Resources and Agricultural Research Center. (2023). Grazing capacity report of the province.
- Delkhosh, S. (2018). The role of human and climatic factors in vegetation
- Craine, J. M., Elmore, A. J., Olson, K. C., & Tolleson, D. (2010). Climate change and cattle nutritional stress. *Global Change Biology*, 16, 2901–2911.
(<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02060.x>)
- Giridhar, K., & Samireddypalle, A. (2015). Impact of climate change on forage availability for livestock. In V. Sejian, J. Gaughan, L. Baumgard, & C. Prasad (Eds.), *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation* (pp. 97–112). Springer India.
(https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1_7)
- degradation in Sistan and Baluchestan Province. *Environmental Sciences Quarterly*, 23(1), 33–50.
- Erfani, M. (2006). Analysis of vegetation changes in southeastern Iran using satellite data. *Geography and Environmental Development Quarterly*, 4(2), 45–58.
- Fattahi, M., et al. (2019). Quantitative and qualitative changes of rangeland vegetation in Poshtkuh, Yazd. *Journal of Rangeland Science*, 9(3), 245–258.
- Ghaemi, M. (2020). The effect of drought on rangeland changes in the Qooshchi region. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 8(16), 105–120.
- Jahanbakhsh Asl, M., et al. (2020). Analysis of vegetation cover using STI index and remote sensing data in Sarab Plain. *Journal of Sustainable Natural Resources*, 8(3), 78–94.
- Shahhoseini, M. (2019). The effect of drought on agricultural products in Zahedan using SPI index. *Arid Regions Geographical Studies*, 10(37), 45–60.
- Brychkova, G., Kekae, K., Mckeown, P. C., Hanson, J., Jones, C. S., Thornton, P., & Spillane, C. (2022). Climate change and land-use change impacts on future availability of forage grass species for Ethiopian dairy systems. *Scientific Reports*, 12, 20568.
(<https://doi.org/10.1038/s41598-022-23461-w>)
- Muzzo, B. I., Ramsey, R. D., & Villalba, J. J. (2024). Changes in climate and their implications for cattle nutrition and management. *Climate*, 13(1), 1.
(<https://doi.org/10.3390/cli13010001>)

343). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

<https://doi.org/10.2737/rmrs-gtr-343>

Tariku, W., Betsha, S., & Melesse, A. (2024). Genetic improvement approaches of indigenous cattle breeds for adaptation, conservation and sustainable utilization to changing climate in Ethiopia. *Veterinary Integrative Sciences*, 22(1), 231–250.

<https://doi.org/10.12982/vis.2024.018>

Reeves, M. C., & Bagne, K. E. (2016). Vulnerability of cattle production to climate change on U.S. rangelands (General Technical Report RMRS-GTR-

Rolla, A. L., Ramayón, J. J., Ramayón, M. E., & Nuñez, M. N. (2019). Impacts of climate change on bovine livestock production in Argentina. *Climatic Change*, 153(4), 439–455.

<https://doi.org/10.1007/s10584-019-02399-5>