

Research Paper

**Comparison of Payout Thresholds in Index-Based Insurance in
Nomadic Community of Kerman Province in Iran**

M. Kalantaripour¹, H. Najafi Alamdarloo², S. H. Mousavi³, M. H. Vakilpour⁴

Received: 20 December, 2025

Accepted: 13 May, 2026

Introduction: The nomadic livestock sector is a pillar of food security, employment, and economic sustainability in rural and nomadic regions of Iran, particularly in Kerman province. In this arid and semi-arid region, the livelihoods of nomadic communities are intrinsically linked to natural rangelands. However, this dependence renders them highly vulnerable to climate fluctuations and recurring droughts. Over recent years, Kerman has experienced consecutive and severe drought periods, significantly reducing the quality and quantity of rangeland vegetation, which serves as the primary fodder source for traditional livestock farming. To mitigate these risks, agricultural insurance has long been employed as a safety net. Nevertheless, traditional indemnity-based insurance systems in Iran face substantial challenges, including high administrative costs for field assessments, moral hazard, adverse selection, and significant delays in claims settlement. To overcome these inefficiencies, Index-Based Livestock Insurance (IBLI) has emerged as a promising innovation. Unlike traditional insurance, IBLI bases payouts on an objective external indicator—such as rainfall or vegetation indices derived from satellite data—rather than actual loss verification. While IBLI offers transparency and speed, its primary weakness is "basis risk", which occurs when the index payout does not perfectly correlate with the actual losses experienced by farmers. To minimize basis risk, it is critical to identify the most accurate proxy for livestock mortality and to determine the

1. PhD in Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2. Corresponding Author and Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (hamed_najafi@modares.ac.ir).

3. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

precise "trigger point" or threshold at which payments should be activated. While indices like the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) are widely used, few studies have systematically compared multiple vegetation indices to find the optimal non-linear threshold for arid environments. This study aimed to fill this gap by employing a Threshold Regression Model (TRM) to identify the most effective vegetation index— among NDVI, Vegetation Condition Index (VCI), and NDVI Anomaly Index (NDVIA)— for predicting livestock mortality and designing efficient insurance contracts in Kerman province.

Materials and Methods: The studied region was Kerman province, characterized by extensive nomadic livestock farming and high climatic variability. The research utilized a dataset covering ten years from 2013 to 2023. The dependent variable was the seasonal mortality rate of small livestock (sheep and goats), with data obtained from the Veterinary Organization, Agricultural Insurance Fund, and General Administration of Nomadic Affairs of Kerman Province (GANAKP). The core independent variables were three remotely sensed vegetation indices derived from MODIS and Landsat 8 satellite imagery via Google Earth Engine platform, including: (1) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), a standard measure of vegetation health based on near-infrared and red band reflectance; (2) Vegetation Condition Index (VCI), it compares the current NDVI to its historical minimum and maximum, effectively highlighting drought stress relative to local potential; and (3) NDVI Anomaly Index (NDVIA), it measures the deviation of the current NDVI from the long-term mean, normalized by the historical standard deviation, to identify statistical anomalies. To isolate the effect of vegetation on mortality, the study also incorporated control variables, including the Standardized Precipitation Index (SPI) for drought intensity, temperature changes (T) representing heat stress, and livestock vaccination rates (V) to account for veterinary interventions. The analytical approach employed a Threshold Regression Model (TRM). Unlike linear models that assume a constant relationship between variables, the TRM model allows for regime switching. It tests for the existence of non-linear relationships and identifies specific threshold values (γ) that split the data into "normal" and "crisis" regimes. This is crucial for insurance design, as livestock mortality is hypothesized to remain stable until vegetation drops below a critical survival level, after which mortality spikes exponentially. The study applied Phillips-Perron unit root tests for stationarity, linearity tests to justify the use of TRM, and Akaike (AIC) and Schwarz (BIC) information criteria to select the best-fitting model.

Results and Discussion: Descriptive statistics revealed that the average livestock mortality rate during the studied period was 2.31 percent, with significant seasonal fluctuations ranging from one to five percent, reflecting the impact of drought cycles. The linearity tests strongly rejected the null hypothesis of a linear relationship for all three vegetation indices, confirming that the relationship between rangeland health and livestock survival would be inherently non-linear and regime-dependent. Among the three models tested, the model based on the NDVI Anomaly Index (NDVIA) demonstrated superior performance. It achieved the highest coefficient of determination ($R^2=0.95$), compared to 0.92 for NDVI and 0.89 for VCI. Furthermore, the NDVIA model yielded the lowest AIC and BIC values, indicating that it would provide the best balance between model complexity and explanatory power. The TRM analysis for the NDVIA model identified a critical threshold (γ) of -0.03. This value represents the "tipping point" for the ecosystem. The results distinguished two distinct regimes, including: (1) Regime 1 (above threshold/normal conditions): When NDVIA is above -0.03, the relationship between vegetation and mortality is negative but moderate (slope coefficient of -2.40); in this state, livestock are generally resilient, and minor fluctuations in forage do not lead to mass deaths; and (2) Regime 2 (below threshold/crisis conditions): When NDVIA drops below -0.03, the slope coefficient dramatically increases to 63.32; this indicates a structural break which mortality rates skyrocket in response to even small further declines in vegetation. This steep slope quantitatively captures the collapse of herd resilience due to starvation. The control variables offered further insights. The Standardized Precipitation Index (SPI) and temperature (T) showed significant correlations with mortality in the crisis regime, confirming that heat stress and lack of water exacerbate the effects of forage scarcity. Interestingly, the vaccination rate variable showed low statistical significance in the threshold models ($P>0.1$). This suggests that during severe environmental crises (drought and famine), veterinary interventions are insufficient to prevent the mortality caused primarily by starvation and dehydration. The findings imply that "climate factors" dominate "health management factors" during extreme events. The superior performance of NDVIA over NDVI and VCI is attributed to its ability to capture relative anomalies. In an arid region like Kerman, where absolute vegetation cover is naturally low, raw NDVI values might not clearly distinguish between a normal dry season and a catastrophic drought. NDVIA, by accounting for historical deviations and volatility, provides a more sensitive signal of deviations from the "norm", making it the most reliable proxy for the actual risk faced by nomads.

Conclusion and Suggestions: This study concluded that index-based insurance would offer a viable solution to the challenges of traditional livestock insurance in Kerman province, provided the correct index and thresholds were utilized. The research demonstrated that the NDVIA was the most accurate predictor of livestock mortality among the tested indices. The identified threshold of -0.03 served as a scientifically backed "trigger point" for insurance payouts. The implications for policy and insurance design are significant. Relying on linear models or simple NDVI averages may lead to basis risk, where payouts do not align with actual catastrophic losses. By adopting the non-linear NDVIA model, the Agricultural Insurance Fund can design contracts that trigger payments exactly when the ecosystem crosses the critical threshold from manageable stress to catastrophic mortality. This ensures that funds are released when the nomads need them most before the mortality rate climbs the steep slope identified in the "crisis regime". The study recommends that future insurance schemes in Kerman should transition to using NDVIA as the primary basis for contracts. In addition, combining vegetation indices with temperature and rainfall data could further refine the model. While the study highlighted the dominance of climatic factors over veterinary interventions during droughts, it suggests moving towards a hybrid "climate-health" insurance model in the future. Integrating socio-economic factors, such as fodder prices and market access during droughts, into future models could further enhance the precision of payout thresholds and ultimately, improve the resilience of the nomadic communities against the climate change.

Keywords: *Basis Risk, Remote Sensing, Drought, Threshold Regression, Risk Management.*

JEL Classification: Q14, Q54, C24, Q12

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۴، شماره ۱۳۳، بهار ۱۴۰۵

مقاله پژوهشی

مقایسه آستانه پرداخت در بیمه مبتنی بر شاخص در جامعه عشایری استان کرمان

مهناز کلانتری پور^۱، حامد نجفی علمدارلو^۲، سیدحبیب‌الله موسوی^۳، محمدحسن وکیل پور^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۳

چکیده

دامداری عشایری در استان کرمان، به دلیل وابستگی شدید به مراتع طبیعی، همواره در معرض تهدید ناشی از نوسان‌های اقلیمی و خشکسالی‌های مکرر است. نظام‌های بیمه غرامت سنتی نیز به دلیل چالش‌هایی همچون ارزیابی‌های پرهزینه، مخاطرات اخلاقی و تأخیر در پرداخت خسارت، کارایی لازم را ندارند. بیمه مبتنی بر شاخص (IBI) یک راه‌حل تقریباً نوین به‌شمار می‌رود، اما چالش اصلی آن تعیین دقیق شاخص و نقطه آستانه برای فعال‌سازی پرداخت غرامت به‌منظور کاهش مخاطره (ریسک) پایه (عدم تطابق بین خسارت واقعی و

۱- دانش‌آموخته دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- نویسنده مسئول و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (hamed_najafi@modares.ac.ir).

۳- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۴- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

پرداخت‌های بیمه) است. بنابراین، هدف پژوهش حاضر شناسایی دقیق‌ترین شاخص برای تعیین آستانه پرداخت با استفاده از سه شاخص پوشش گیاهی شامل شاخص پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI)، شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) و شاخص ناهنجاری پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVIA) بود. بدین منظور، داده‌های مربوط به نرخ مرگ‌ومیر دام سبک و تصاویر ماهواره‌ای در استان کرمان در بازه زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ جمع‌آوری شده و به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و شناسایی نقاط شکست ساختاری، از یک مدل رگرسیون آستانه‌ای برای توضیح رابطه غیرخطی بین شرایط مرتع و تلفات دام استفاده شده است. یافته‌های پژوهش وجود یک رابطه غیرخطی معنی‌دار را تأیید کردند. در بین شاخص‌های مورد مطالعه، شاخص ناهنجاری پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVIA)، با ضریب تعیین ۹۵ درصد، دقیق‌ترین عملکرد را در پیش‌بینی تلفات دام داشت. نقطه آستانه بحرانی برای این شاخص عدد $-۰/۰۳$ برآورد شد، بدین معنی که وقتی شاخص به زیر این مقدار کاهش یابد، نرخ مرگ‌ومیر دام به‌میزان چشمگیر و معنی‌دار افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج پژوهش، شاخص NDVIA، به‌دلیل حساسیت بالای آن به تکانه‌های اقلیمی، به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه برای طراحی قراردادهای بیمه در مناطق خشک پیشنهاد می‌شود. همچنین، توصیه می‌شود که صندوق بیمه کشاورزی از رویکرد آستانه‌ای و ترکیب شاخص‌های گیاهی با داده‌های دما و بارش استفاده کند تا با کاستن از فشار مالی بر عشایر، تاب‌آوری آنها را در برابر خشکسالی‌های شدید افزایش دهد.

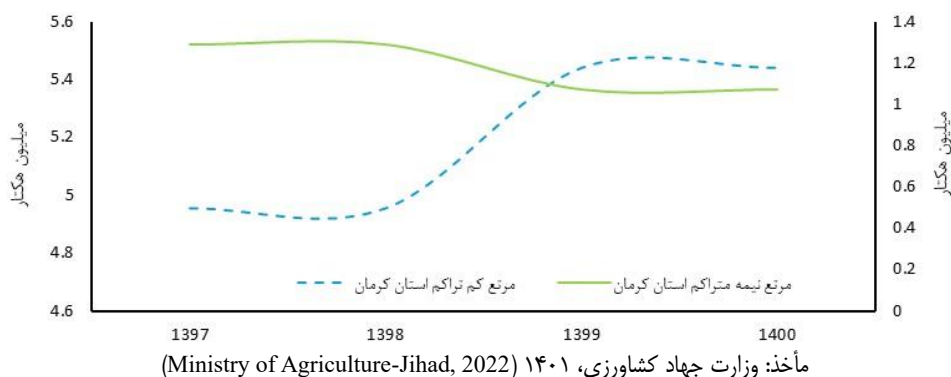
کلیدواژه‌ها: مخاطره پایه، سنجش از دور، خشکسالی، رگرسیون آستانه‌ای، مدیریت مخاطره.

طبقه‌بندی JEL: Q14, Q54, C24, Q12

مقدمه

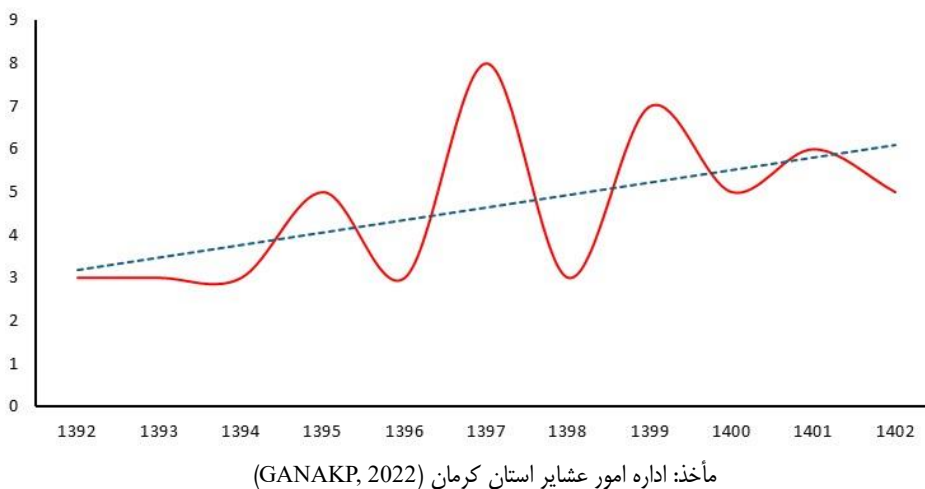
بخش دامداری یکی از ارکان اصلی امنیت غذایی، اشتغال و پایداری اقتصادی در مناطق روستایی و عشایری ایران است. در بسیاری از استان‌های کشور، به‌ویژه استان کرمان، زندگی و معیشت عشایر به مراتب طبیعی وابسته است و بخش عمده تولید گوشت قرمز از طریق دامداری سنتی این جوامع تأمین می‌شود (GANAKP, 2022). از سوی دیگر، استان کرمان، با اقلیم عمدتاً خشک و نیمه‌خشک و پراکندگی گسترده جوامع عشایری، از مناطق بسیار حساس کشور در برابر نوسان‌های اقلیمی به‌شمار می‌آید. در سال‌های اخیر، این استان دوره‌های پیاپی و شدید خشکسالی را تجربه کرده است، که آثار آن همچنان ادامه دارد (NCCDCM, 2021). تأثیر این خشکسالی‌ها به‌ویژه در کاهش کیفیت و کمیت پوشش گیاهی مراتع استان کرمان به‌وضوح مشاهده می‌شود، به‌گونه‌ای که بر اساس نمودار ۱، در سال ۱۳۹۹، سطح مراتع متراکم استان حدود سی درصد کاهش یافته، در حالی که بر مساحت مراتع کم‌تراکم حدود نه درصد افزوده شده است.

مقایسه آستانه پرداخت در بیمه مبتنی بر.....



نمودار ۱- روند چهارساله مراتع نیمه متراکم و کم تراکم استان کرمان (میلیون هکتار)

علاوه بر این، بر اساس نمودار ۲، افزایش فراوانی و شدت خشکسالی‌های متوالی در دهه‌های اخیر منجر به کاهش تولید علوفه، کمبود منابع آب و افزایش تلفات دام شده است (Bazza et al., 2018; Mousavi & Niknami, 2021). در چنین شرایطی، دام عشایر نه تنها به عنوان یک سرمایه اقتصادی بلکه به عنوان محور معیشت خانوار در معرض تهدید جدی قرار دارد، که ضرورت استفاده از ابزارهای نوین مدیریت مخاطره را دوچندان می‌کند (Rahmani et al., 2019).



نمودار ۲- نرخ مرگ و میر دام سبک عشایر برای استان کرمان در بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۴۰۲ (درصد)

بیمه سنتی کشاورزی و دام در ایران و بسیاری از کشورهای در حال توسعه، علی‌رغم حمایت دولت، با چالش‌هایی مانند ارزیابی پرهزینه میدانی، تأخیر در پرداخت خسارت‌ها و مشکلات اطلاعات نامتقارن^۱ مواجه است (Skees et al., 2002). این نقاط ضعف منجر به کاهش اعتماد دامداران و استقبال کم از بیمه سنتی شده است. در مناطق عشایری، با پراکندگی جغرافیایی، دسترسی محدود به خدمات مالی و کمبود داده‌های میدانی دقیق، اجرای بیمه سنتی دشوارتر می‌شود. بنابراین، طراحی مدل‌های جایگزین مبتنی بر شاخص‌های اقلیمی و داده‌های سنجش از دور می‌تواند یک راه‌حل علمی و اجرایی برای غلبه بر محدودیت‌های موجود باشد (Barnett et al., 2008). از این‌رو، بیمه مبتنی بر شاخص^۲ به‌عنوان ابزاری نوین در مدیریت مخاطره اقلیمی معرفی شده است (Oluwaseun et al., 2020; Conradt et al., 2015). در این نوع بیمه، غرامت نه بر اساس ارزیابی‌های میدانی بلکه بر مبنای تغییرات در شاخص‌های سنجش از دور (مانند پوشش گیاهی یا بارندگی) پرداخت می‌شود. کاهش هزینه‌های اداری، افزایش شفافیت و تسریع در پرداخت غرامت از مزیت‌های این روش به‌شمار می‌روند (Chantararat et al., 2013). این نوع بیمه، ابتدا در کشورهای آفریقایی مانند کنیا و اتیوپی و در حال حاضر، در کشورهای در حال توسعه، به‌ویژه در کشورهای شرق آفریقا و چین، با موفقیت در بیمه دام‌های عشایری به‌کار گرفته شده و با کاهش مخاطرات ناشی از خشکسالی و نوسان‌های آب‌وهوا، می‌تواند به حفظ و ارتقای معیشت دامداران و افزایش بهره‌وری در بخش دامداری کمک شایان کند (Karlan et al., 2014; Ayako et al., 2019; Amarea et al., 2019; Ye et al., 2017). با توجه به تجارب موفق یادشده، ضرورت به‌کارگیری مدل‌های نوین بیمه در ایران به‌ویژه در استان‌هایی همچون کرمان بیش از پیش احساس می‌شود. مناطقی مانند کرمان که به‌عنوان یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، با چالش‌های اقلیمی متعدد از جمله خشکسالی‌های شدید و تغییرات غیرقابل پیش‌بینی آب‌وهوا روبه‌رو هستند، نیازمند راهکارهایی نوین در راستای مقابله با این شرایط می‌باشند (NCCDCM, 2021).

با وجود این، چالش اصلی در اجرای بیمه‌های مبتنی بر شاخص، تعیین آستانه مناسب شاخص برای فعال شدن پرداخت غرامت است، زیرا انتخاب نادرست آستانه می‌تواند به پرداخت‌های ناعادلانه یا عدم تطابق پرداخت‌ها با خسارت واقعی منجر شود (Miranda & Farrin, 2012). این مسئله که با

۱- مشکلات اطلاعات نامتقارن شامل مخاطرات اخلاقی (moral hazards) و انتخاب نامناسب (adverse selection) است، دو مشکلی که معمولاً هزینه بیمه‌های غرامتی سنتی را افزایش می‌دهند.

2. Index-Based Insurance (IBI)

عنوان «مخاطره پایه^۱» شناخته می‌شود، هنگامی رخ می‌دهد که تغییرات شاخص دقیقاً منطبق با زیان واقعی دامداران نباشد. بنابراین، انتخاب شاخصی که بیشترین همبستگی را با تلفات واقعی دام داشته باشد، برای کاهش مخاطره پایه ضروری است (Skees, 2008; Collier et al., 2009).

یکی از پرکاربردترین شاخص‌های کلیدی مورد استفاده در طراحی بیمه دام مبتنی بر شاخص^۲، شاخص پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده^۳ است که تفاوت بازتاب طیفی باند قرمز و فرورسرخ نزدیک را اندازه‌گیری می‌کند و بیانگر تراکم و سلامت پوشش گیاهی است. این شاخص می‌تواند با ردیابی لحظه‌ای وضعیت پوشش گیاهی از طریق تصاویر ماهواره‌ای، شدت خشکسالی را تعیین و تلفات دام را پیش‌بینی کند (Barnett et al., 2008; Chantararat et al., 2008). با این همه، شاخص پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI) از تغییرات فصلی و نوع پوشش گیاهی تأثیر می‌پذیرد و نمی‌تواند شدت انحراف از شرایط نرمال را به‌دقت نشان دهد (Anyamba & Tucker, 2012). برای رفع این محدودیت، شاخص‌های دیگری همچون شاخص وضعیت پوشش گیاهی^۴ و شاخص ناهنجاری پوشش گیاهی نرمال شده^۵ معرفی شده‌اند که شرایط پوشش گیاهی را نسبت به میانگین و انحراف معیار تاریخی محاسبه می‌کنند و به‌ویژه در شناسایی خشکسالی‌های محلی عملکرد بهتری دارند (Kogan, 1995).

علی‌رغم کاربرد گسترده این شاخص‌ها در مطالعات اقلیمی، پژوهش‌های اندکی به‌طور هم‌زمان کارایی آنها در تبیین خسارت بیمه دام را مقایسه کرده‌اند. در سطح بین‌المللی، ادبیات موجود در زمینه طراحی و ارزیابی بیمه دام مبتنی بر شاخص (IBLI) با استفاده از NDVI در کشورهایی مانند کنیا، اتیوپی و مغولستان گسترش و توسعه یافته، که تمرکز اصلی آن بر رابطه بین شاخص‌های پوشش گیاهی و تلفات دام و استخراج آستانه‌های پرداخت^۶ است (Chantararat et al., 2013; Gebrekidan et al., 2019; Gehring & Schaudt, 2023). برنامه IBLI در کنیا از سری‌های زمانی NDVI برای تعریف شاخص «کمبود علوفه» استفاده کرده و نشان داده است که کاهش شدید NDVI با افزایش نرخ مرگ‌ومیر دام همبستگی بالا دارد و می‌تواند مبنایی شفاف برای پرداخت‌ها باشد (Kahiu et al., 2024). در مغولستان، از شاخص‌های مبتنی بر مرگ‌ومیر منطقه‌ای و متغیرهای اقلیمی برای طراحی بیمه دام استفاده شده، به‌گونه‌ای که آستانه‌هایی مشخص برای تفکیک بین خسارات عادی، شدید و فاجعه‌بار تعیین شده و همچنین، نقش

1. basis risk
2. Index-Based Livestock Insurance (IBLI)
3. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
4. Vegetation Condition Index (VCI)
5. NDVI Anomaly (NDVIA)
6. payout thresholds

دولت، بازار بیمه و خودبیمه‌گر در هر سطح به‌طور جداگانه تعیین شده است (Mahul & Skees, 2007). بررسی مطالعات اخیر نشان می‌دهد که علاوه بر NDVI، شاخص‌هایی مانند شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) و همچنین، شاخص‌های بارندگی و خشکسالی مانند شاخص بارش استاندارد شده^۱ برای کاهش مخاطره پایه و بهبود همبستگی با خسارت واقعی پیشنهاد شده‌اند، اگرچه هنوز در مورد انتخاب «بهترین» شاخص اجماع نظر وجود ندارد (Melketo et al., 2025).

در داخل کشور، پژوهش‌های پیشین بیشتر بر دو محور «امکان‌سنجی اقتصادی» و «پایش اقلیمی» تمرکز داشته‌اند. مطالعاتی همچون پژوهش ترکمانی پری و همکاران (Torkaman Pary et al., 2024) بیشتر بر برآورد تمایل به پرداخت بهره‌برداران برای بیمه مبتنی بر شاخص (IBI) تمرکز داشته و کمتر به جنبه‌های فنی طراحی شاخص پرداخته‌اند. گروهی دیگر از محققان مانند مظفری و همکاران (Mozaffari et al., 2014)، حمزه و همکاران (Hamzeh et al., 2017) و شریفی پیچون و همکاران (Sharifi Pichoon et al., 2022)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در استان‌هایی مانند فارس، مرکزی و کرمان، همبستگی بالای شاخص‌های پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI) و بارش استاندارد شده (SPI) با خشکسالی را گزارش کرده‌اند، اما این مطالعات اغلب از روش‌های آماری توصیفی یا همبستگی خطی استفاده کرده و «آستانه دقیق پرداخت غرامت» را تعیین نکرده‌اند. با این همه، در مطالعات داخلی جدیدتر، گام‌هایی مؤثر برای فراتر رفتن از تحلیل‌های خطی برداشته شده است. کلانتری پور و همکاران (Kalantaripour et al., 2025)، از تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۲ برای طراحی یک شاخص اقلیمی ترکیبی (شامل NDVI، دمای حداکثر و ساعات آفتابی) استفاده کردند و شاخص SPI را به‌عنوان یک متغیر مستقل در نظر گرفتند. این مطالعه ثابت کرد که ترکیب هوشمندانه شاخص‌ها و در نظر گرفتن متغیرهای مدیریتی مانند اکسیناسیون می‌تواند «مخاطره پایه» را به‌مثابه چالش اصلی IBI به‌طور معنی‌دار کاهش دهد. با وجود این پیشرفت‌ها، اکثر مطالعات داخلی هنوز بر یک شاخص واحد تمرکز دارند و به‌ندرت، به‌طور نظام‌مند، به مقایسه چندین شاخص پوشش گیاهی پرداخته و در ارتباط با نرخ مرگ‌ومیر دام، آستانه‌های غیرخطی را شناسایی کرده‌اند.

نتایج ادبیات موجود نشان می‌دهد که اگرچه اهمیت NDVI در طراحی IBI اثبات شده و تلاش‌هایی برای ترکیب آن با سایر شاخص‌های اقلیمی برای کاهش مخاطره پایه انجام شده است، اما در زمینه مقایسه تجربی چندین شاخص پوشش گیاهی و تحلیل رفتار غیرخطی آنها در ارتباط با

1. Standardized Precipitation Index (SPI)
2. Principal Components Analysis (PCA)

مرگومیر دام، به‌ویژه در شرایط اقلیمی ایران، خلأهایی وجود دارد. نوآوری مطالعه حاضر در این نکته نهفته است که با تمرکز بر دام‌های عشایری استان کرمان و با استفاده از داده‌های مرگومیر ماهانه و سه شاخص VCI، NDVI و NDVI در یک دوره زمانی بلندمدت، از یک مدل رگرسیون آستانه‌ای^۱ برای شناسایی نقاط بحرانی و تعیین آستانه‌های بهینه برای پرداخت خسارت استفاده کرده و از این رهگذر، امکان مقایسه کارایی شاخص‌ها در تبیین تغییرات مرگومیر دام را فراهم ساخته است (Chantararat et al., 2013; Kahiu et al., 2024). این رویکرد، ضمن پر کردن خلأهای موجود در ادبیات داخلی و خارجی، می‌تواند مبنایی عملی برای بازطراحی محصولات IBLI در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و کاهش مخاطره پایه در قراردادهای آتی فراهم کند. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند یک مبنای علمی را برای بهبود طراحی بیمه مبتنی بر شاخص (IBI) در مناطق عشایری ایران فراهم سازد. شناسایی شاخص دارای بیشترین تطابق با تغییرات واقعی در مرگومیر دام به کاهش مخاطره پایه و افزایش اعتماد دامداران به نظام بیمه کمک می‌کند. همچنین، آستانه‌های به‌دست‌آمده از مدل‌های آستانه‌ای را می‌توان به‌عنوان معیارهای عملی برای تعیین حق بیمه و فعال‌سازی پرداخت خسارت توسط صندوق بیمه کشاورزی به‌کار گرفت. در نهایت، با اجرای این مدل می‌توان نه‌تنها به ابزاری برای جبران خسارت بلکه به سازوکاری پیشگیرانه برای افزایش تاب‌آوری معیشت عشایر در برابر تغییرات اقلیمی دست یافت. بر این اساس، پرسش اصلی پژوهش حاضر این است که «در مدل آستانه‌ای، کدام‌یک از شاخص‌های پوشش گیاهی (VCI، NDVI و NDVI) توانایی بیشتری در پیش‌بینی نقطه بحرانی مرگومیر دام دارند؟». با پاسخ بدین پرسش، می‌توان زمینه اصلاح سیاست‌های بیمه اقلیمی در کشور و ارتقای تاب‌آوری جوامع عشایری در برابر نوسان‌های اقلیمی را فراهم ساخت.

مواد و روش‌ها

هدف پژوهش حاضر مقایسه سه شاخص اقلیمی VCI، NDVI و NDVI در تبیین رابطه بین تغییرات پوشش گیاهی و نرخ مرگومیر دام عشایری در استان کرمان بوده که برای تعیین آستانه بهینه پرداخت خسارت، در بیمه دام مبتنی بر شاخص (IBLI) انجام شده است. برای دستیابی بدین هدف، از مدل رگرسیون آستانه‌ای (TRM) برای شناسایی نقاط بحرانی یا آستانه‌ها^۲ در رابطه بین شاخص‌های پوشش گیاهی و نرخ مرگومیر دام استفاده شده و بدین منظور، داده‌های ماهانه مربوط به

-
1. Threshold Regression Model (TRM)
 2. thresholds

نرخ مرگومیر دام و شاخص‌های پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شده است.

متغیر وابسته پژوهش «نرخ مرگومیر دام‌های عشایری (گوسفند و بز) در استان کرمان» بوده و داده‌ها از منابع رسمی شامل سازمان دامپزشکی استان کرمان، صندوق بیمه محصولات کشاورزی و اداره کل امور عشایر استان کرمان جمع‌آوری و با استفاده از روش تطبیق چندمرحله‌ای، اعتبارسنجی شده است. محاسبه نرخ مرگومیر دام به صورت درصدی از کل دام در هر فصل و استخراج این نرخ برای دو فصل اصلی شامل فصل رشد (بهار و تابستان) و دو فصل خشک (پاییز و زمستان) صورت گرفته است. متغیر مستقل پژوهش نیز شامل سه شاخص بوده که در ادامه، هر کدام جداگانه معرفی شده است.

۱- شاخص پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI)

این شاخص با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Landsat 8 و MODIS از طریق سکوی موتور جست‌جوگر گوگل ارث^۱ استخراج شده، که به صورت رابطه زیر است (Rouse et al., 1974):

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (۱)$$

که در آن، NIR بازتاب باند فروسرخ نزدیک و RED باند قرمز بوده و مقادیر شاخص NDVI بین ۱- تا ۱+ متغیر است؛ مقادیر بالاتر نشان‌دهنده پوشش گیاهی سالم‌تر است. NDVI به عنوان شاخص پایه در طراحی بیمه‌های مبتنی بر شاخص در دنیا شناخته می‌شود و رابطه‌ای مستقیم با وضعیت مرتع دارد.

۲- شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)

شاخص VCI با استفاده از مقادیر NDVI و میانگین بلندمدت آن برای هر پیکسل به صورت زیر محاسبه می‌شود (Kogan, 1995):

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100 \quad (۲)$$

1. Google Earth Engine

شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) تغییرات نسبی پوشش گیاهی نسبت به حداقل و حداکثر تاریخی آن را بیان می‌کند و نوسان‌های سالانه را بهتر از NDVI خالص نشان می‌دهد. مقادیر کمتر از چهل معمولاً نشان‌دهنده خشکسالی شدید و کمبود شدید علوفه است.

۳- شاخص ناهنجاری پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVIA)

شاخص NDVIA یا «ناهنجاری NDVI» تفاوت میان مقدار NDVI هر دوره و میانگین بلندمدت آن نسبت به انحراف معیار تاریخی آن را نشان می‌دهد (Kogan, 1995):

$$NDVIA = \frac{NDVI_t - \overline{NDVI}}{\sigma_{NDVI}} \quad (3)$$

شاخص ناهنجاری NDVI بیانگر شدت انحراف شرایط فعلی از میانگین نرمال است و در مطالعات اخیر، برای شناسایی تغییرات غیرعادی ناشی از خشکسالی یا تخریب مرتع به کار رفته است. همچنین، سایر متغیرهای مستقل تحقیق حاضر عبارت‌اند از: شاخص بارش/استاندارد شده (SPI): این شاخص از داده‌های بارش ایستگاه‌های هواشناسی استان کرمان برای بازه شش ماهه استخراج و برای هر فصل، محاسبه شده است. این شاخص شدت و فراوانی خشکسالی را نشان می‌دهد و اثرات مستقیم کمبود بارش بر وضعیت مرتع را کنترل می‌کند. تغییر دما (T): تغییر دما عبارت است از میانگین دمای بیشینه روزانه در دوره جاری منهای مقدار مشابه در دوره قبل، که نشان‌دهنده تنش (استرس) حرارتی بر دام و پوشش گیاهی است. درصد واکسیناسیون دام (V): درصد واکسیناسیون دام عبارت است از سهم دام‌های واکسینه شده نسبت به کل دام عشایری، که داده‌های آن از اداره کل دامپزشکی و امور عشایر جمع‌آوری شده است. این متغیر اثرات غیراقلیمی (مانند بیماری‌ها) بر مرگومیر را کنترل می‌کند.

مدل رگرسیون آستانه‌ای

برای بررسی رابطه غیرخطی بین شاخص‌های پوشش گیاهی و مرگومیر دام، از مدل رگرسیون آستانه‌ای استفاده می‌شود، که دو یا چند رژیم اقلیمی را متمایز می‌کند و به‌طور معمول، شامل «شرایط نرمال» و «شرایط بحرانی (خشکسالی)» است. شکل کلی مدل به‌صورت رابطه زیر است:

$$M_t = \begin{cases} \alpha_{1t} + \beta_1 X_t + \varepsilon_{1t}, & \text{If } pos_t \leq \gamma \\ \alpha_{2t} + \lambda_1 X_t + \varepsilon_{2t}, & \text{If } pos_t > \gamma \end{cases} \quad (4)$$

که در آن، M_t نرخ مرگومیر دام در دوره t بوده و pos_t (معیار تعیین رژیم‌های اقلیمی) وضعیت فعلی هر کدام از شاخص‌های $NDVI$ ، VCI یا $NDVIA$ است؛ γ مقدار آستانه‌ای شاخص است که با روش حداقل مربعات غیرخطی (Hansen, 1999) برآورد می‌شود؛ همچنین، X_t بردار متغیرهای کنترلی (pre_t ، T_t ، SPI_t ، V_t) بوده و pre_t وضعیت اولیه پوشش گیاهی مراتع هر کدام از شاخص‌های $NDVI$ ، VCI یا $NDVIA$ است؛ و ε_t جمله خطاست. این مدل اجازه می‌دهد که اثر شاخص پوشش گیاهی بر مرگومیر دام در دو رژیم متفاوت بررسی شود: زمانی که شاخص از حد بحرانی کمتر است (شرایط خشکسالی) و زمانی که شاخص از حد بحرانی بیشتر است (شرایط نرمال).

از آنجا که هدف اصلی مطالعه حاضر مقایسه دقت شاخص‌های پوشش گیاهی است، بدین منظور، سه مدل برآورد شد که در هر کدام، مدل آستانه‌ای بر مبنای یکی از شاخص‌های پیش‌گفته برازش شده است. برای ارزیابی و مقایسه این سه شاخص در مدل‌ها نیز از معیارهای زیر استفاده شده است: مقدار آستانه (γ): مقدار آستانه برآوردشده در هر مدل نشان‌دهنده نقطه بحرانی تغییر رژیم اقلیمی (از شرایط نرمال به شرایط خشکسالی) بوده و برای مقایسه مقدار γ در سه مدل، شاخص دارای بیشترین تطابق آستانه با مشاهدات واقعی افزایش مرگومیر دام در دوره‌های خشکسالی از دقت بالاتر در تعیین آستانه پرداخت بیمه برخوردار است.

ضریب تعیین (R^2) و معیار آکاییک (AIC): این دو شاخص برای ارزیابی برازش مدل‌ها استفاده می‌شوند؛ مقدار بالاتر R^2 و مقدار کمتر AIC نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل در تبیین تغییرات نرخ مرگومیر دام است. تغییر معنی‌دار ضرایب (β_i و λ_i): تفاوت معنی‌دار بین ضرایب دو رژیم نشان‌دهنده وجود رابطه غیرخطی و حساسیت بالای نرخ مرگومیر به تغییرات شاخص در شرایط بحرانی است. بر این اساس، شاخصی که آستانه بحرانی دقیق‌تر، برازش بهتر (R^2 بالاتر و AIC پایین‌تر) و تغییر ضرایب معنی‌دارتر بین دو رژیم اقلیمی داشته باشد، به عنوان شاخص برتر برای طراحی آستانه پرداخت در IBLI عشایری معرفی می‌شود.

نتایج و بحث

مشخصات آماری داده‌های مربوط به استان کرمان در دوره زمانی ۱۴۰۲-۱۳۹۲ شامل میانگین، حداقل، حداکثر، واریانس و انحراف معیار در جدول ۱ آمده است.

مقایسه آستانه پرداخت در بیمه مبتنی بر.....

جدول ۱- مشخصات آماری داده‌های استان کرمان در دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۴۰۲

نماد	متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر	واریانس	انحراف معیار
M_t	نرخ مرگ و میر دام سبک	۲/۳۱	۱	۵	۱/۱۲	۱/۰۶
$NDVI_t$	شاخص پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI)	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۴۷	۰/۰۰۵	۰/۰۷
VCI_t	شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)	۵۴/۶۱	۲۸/۵۹	۸۲/۹۱	۴۰۸/۹۲	۲۰/۲۲
$NDVIA_t$	شاخص ناهنجاری پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVIA)	۰	-۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۶
SPI_t	شاخص بارش استاندارد شده (SPI)	-۱/۰۶	-۱/۸۳	-۰/۷۵	۰/۱۰	۰/۳۲
T_t	تغییر دما	۲۹/۹۶	۲۱/۹۵	۳۶/۶۱	۲۹/۵۶	۵/۴۳
V_t	درصد واکسیناسیون دام	$۵/۰۵ \times 10^{-16}$	-۲/۰۱	۱/۶۶	۱	۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج جدول ۱، میانگین نرخ مرگ و میر دام سبک در این دوره برابر با ۲/۳۱ درصد بوده، که نشان‌دهنده تلفات نسبتاً بالا در بین دام‌های عشایری استان است. همچنین، دامنه تغییر این متغیر (یک تا پنج درصد) بیانگر نوسان‌های سالانه قابل توجه در اثر خشکسالی‌ها، بیماری‌ها و کاهش ظرفیت مراتع است.

میانگین شاخص پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI) برابر با ۰/۳۷ به دست آمده، که حاکی از وضعیت نسبتاً متوسط پوشش گیاهی در طول دوره مورد بررسی است. با توجه به حداقل مقدار ۰/۲۸ و حداکثر ۰/۴۷، می‌توان نتیجه گرفت که نوسان‌های فصلی و مکانی در پوشش گیاهی مراتع استان محسوس بوده و احتمالاً ناشی از تفاوت‌های اقلیمی و شدت خشکسالی در سال‌های مختلف است. انحراف معیار پایین (۰/۰۷) نیز نشان می‌دهد که تغییرات NDVI در بازه زمانی مورد بررسی

نسبتاً محدود بوده و بیشتر در محدوده میانی نوسان کرده است. شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) دارای میانگین $54/61$ و دامنه تغییر $28/59$ تا $82/91$ است. این مقادیر نشان می‌دهد که در برخی فصول، وضعیت پوشش گیاهی در محدوده بحرانی قرار داشته است (VCI کمتر از چهل). مقدار بالاتر واریانس ($408/92$) و انحراف معیار ($20/22$) نسبت به NDVI بیانگر حساسیت بیشتر VCI به تغییرات کوتاه‌مدت و فصلی است، زیرا این شاخص نوسان‌های نسبی پوشش گیاهی را در مقایسه با حداقل و حداکثر تاریخی هر منطقه منعکس می‌کند. میانگین شاخص ناهنجاری پوشش گیاهی تفاوت نرمال‌شده (NDVIA) برابر با صفر و انحراف معیار $0/06$ گزارش شده است، که از نرمال‌سازی داده‌ها ناشی می‌شود. این شاخص حول مقدار میانگین تاریخی آن نوسان می‌کند و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده شرایط نامطلوب و کاهش غیرعادی پوشش گیاهی است. دامنه تغییر بین $-0/08$ تا $0/08$ نیز نشان می‌دهد که در برخی سال‌ها، انحرافات شدید از میانگین تاریخی رخ داده است، که می‌تواند بازتابی از وقوع خشکسالی‌های شدید باشد. میانگین شاخص بارش استاندارد شده (SPI) برابر با $-1/06$ بوده، که نشان‌دهنده غلبه شرایط خشکسالی در بیشتر سال‌های مورد بررسی است. با توجه به حداقل مقدار $-1/83$ ، در طول دوره زمانی مورد بررسی، استان کرمان دوره‌های متعدد خشکسالی متوسط تا شدید را تجربه کرده است. مقدار پایین واریانس ($0/10$) حاکی از آن است که شدت خشکسالی در طول سال‌ها نسبتاً پایدار و گسترده بوده است. متغیر تغییر دما (T) با میانگین $29/96$ درجه سانتی‌گراد و دامنه تغییر $21/95$ تا $36/61$ نشان می‌دهد که نوسان‌های دمایی قابل توجه در استان کرمان وجود دارد. این تغییرات می‌تواند اثر مستقیم بر تولید علوفه و تنش حرارتی دام‌ها داشته باشد. انحراف معیار نسبتاً بالا ($5/43$) نیز تأییدی بر شدت نوسان‌های فصلی و منطقه‌ای دما در دوره مورد مطالعه است. در نهایت، درصد واکسیناسیون دام (V) در این دوره نوسان‌هایی شدید داشته است؛ میانگین بسیار پایین (در حدود $10^{-16} \times 5/05$) و دامنه تغییر وسیع (از $-2/01$ تا $1/66$) نشان می‌دهد که واکسیناسیون دام‌ها در میان عشایر استان از ثبات و پوشش کافی برخوردار نبوده است. این گونه پراکندگی بالا می‌تواند بیانگر تفاوت در دسترسی به خدمات دامپزشکی و سطوح مختلف آگاهی یا مشارکت عشایر در طرح‌های پیشگیری از بیماری باشد. به طور کلی، نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که داده‌های اقلیمی و زیستی استان کرمان در بازه زمانی 1392 تا 1402 دارای نوسان‌های قابل توجه بوده‌اند و تغییرات هم‌زمان در شاخص‌های پوشش گیاهی، بارش و دما می‌تواند تبیین‌کننده بخشی از تغییرات نرخ مرگ‌ومیر دام در این منطقه باشد. این یافته‌ها ضرورت تحلیل‌های آستانه‌ای برای شناسایی حدود بحرانی شاخص‌های اقلیمی در پیش‌بینی خسارت بیمه‌ای را تأیید می‌کند.

پیش از بررسی ارتباط بین نرخ مرگومیر دام سبک و شاخص‌های پوشش گیاهی و برآورد مدل، لازم است که متغیرهای مورد نظر از لحاظ مانایی مورد آزمون قرار گیرند. بدین منظور، آزمون مانایی برای تمامی متغیرهای مدل با استفاده از آزمون ریشه واحد فیلیپس- پرون^۱ انجام شده، که نتایج آن در جدول ۲ آمده و نشان‌دهنده مانایی تمامی متغیرهای مدل است. این فرآیند به منظور جلوگیری از بروز مشکلات ناشی از همبستگی کاذب و اطمینان از اعتبار نتایج تحلیل انجام شده است.

جدول ۲- آزمون ریشه واحد فیلیپس- پرون

متغیر	آماره آزمون	نتیجه
M_t	-۴/۷۲ (۰/۰۰)*	مانا
$NDVIpos_t$	-۱۳۴/۷۵ (۰/۰۰)*	مانا
$NDVIpre_t$	-۱۲۹/۴۸ (۰/۰۰)*	مانا
$VCIpos_t$	-۱۷/۷۵ (۰/۰۰)*	مانا
$VCIpre_t$	-۱۷/۵۵ (۰/۰۰)*	مانا
$NDVIApos_t$	-۱۸۰/۶۵ (۰/۰۰)*	مانا
$NDVIApre_t$	-۹۰/۲۱ (۰/۰۰)*	مانا
SPI_t	-۲/۹۴ (۰/۰۵)*	مانا
T_t	-۱۴/۳۲ (۰/۰۰)*	مانا
V_t	-۷/۴۳ (۰/۰۰)*	مانا

* در سطح معنی‌داری یک درصد

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. Phillips-Perron

اولین گام در تخمین یک مدل رگرسیون آستانه‌ای، تعیین تعداد وقفه‌ها برای متغیر وابسته مدل است. بدین منظور، حداکثر دو وقفه در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از معنی‌داری آماري وقفه‌ها و همچنین، حداقل آماره‌های مربوط به معیارهای اطلاعاتی آکائیک^۱، شوارتز^۲ و حنان-کوئین^۳، تعداد وقفه بهینه برای متغیر وابسته مشخص خواهد شد. برای هر سه مدل، در ردیف دوم جدول ۳ (کمترین اعداد برای معیارها)، وقفه بهینه $AR(1)$ تعیین شده است.

جدول ۳- تعیین وقفه متغیر وابسته (نرخ مرگومیر دام سبک)

مدل	وقفه	معیار اطلاعاتی آکائیک	معیار شوارتز	معیار حنان-کوئین
مبتنی بر شاخص NDVI	بدون وقفه	۲/۹۲	۳/۵۲	۳/۰۶
	AR(1)	۱/۷۱	۲/۴۱	۱/۸۶
	AR(2)	۱/۸۲	۲/۵۰	۱/۸۶
مبتنی بر شاخص VCI	بدون وقفه	۲/۹۲	۳/۵۲	۳/۰۶
	AR(1)	۲/۰۴	۲/۷۴	۲/۱۹
	AR(2)	۲/۱۳	۲/۸۳	۲/۱۹
مبتنی بر شاخص NDVIA	بدون وقفه	۳/۱۲	۳/۷۲	۳/۲۶
	AR(1)	۱/۱۷	۱/۸۷	۱/۳۲
	AR(2)	۲/۶۶	۳/۴۵	۲/۸۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از تعیین تعداد وقفه بهینه برای متغیر وابسته، گام بعدی در برآورد یک مدل STR آزمون وجود رابطه غیرخطی بین متغیرهاست. نتایج آزمون خطی بودن در جدول ۴ گزارش شده است. چنان‌که مشاهده می‌شود، مقادیر احتمال برای فرضیه $H_{02} (b_1=b_2=0)$ در هر سه مدل، به ترتیب، ۰/۰۳، ۰/۰۱ و ۰/۰۴ بوده، که از ۰/۰۵ کوچکتر است. بنابراین، فرضیه صفر مبنی بر خطی بودن مدل در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد شده و وجود رابطه غیرخطی برای هر سه شاخص تأیید شده است. همچنین، با توجه به عدم رد فرضیه‌های H_{03} و $H_{04} (Prob-Value > 0.05)$ ، مدل غیرخطی از نوع درجه دوم برای تحلیل داده‌ها مناسب تشخیص داده می‌شود.

1. Akaike
2. Schwarz
3. Hannan-Queene

مقایسه آستانه پرداخت در بیمه مبتنی بر.....

جدول ۴- آزمون تعیین نوع مدل (خطی یا غیرخطی)

احتمال	درجه آزادی	آماره F	فرضیه صفر	مدل
۰/۷۳	(۵، ۱۲)	۰/۵۵	$H_{01}: b_1 = 0$	مبتنی بر شاخص NDVI
۰/۰۳**	(۱۰، ۷)	۴/۳۹	$H_{02}: b_1 = b_2 = 0$	
۰/۴۰	(۱۴، ۳)	۱/۵۱	$H_{03}: b_1 = b_2 = b_3 = 0$	
۰/۶۲	(۱۵، ۲)	۰/۹۶	$H_{04}: b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 0$	
۰/۵۵	(۵، ۱۲)	۰/۸۲	$H_{01}: b_1 = 0$	مبتنی بر شاخص VCI
۰/۰۱**	(۱۰، ۷)	۴/۱۲	$H_{02}: b_1 = b_2 = 0$	
۰/۳۶	(۱۴، ۳)	۱/۷۱	$H_{03}: b_1 = b_2 = b_3 = 0$	
۰/۲۸	(۱۵، ۲)	۲/۹۳	$H_{04}: b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 0$	
۰/۷۱	(۵، ۱۲)	۰/۵۷	$H_{01}: b_1 = 0$	مبتنی بر شاخص NDVIA
۰/۰۴**	(۱۰، ۷)	۳/۱۰	$H_{02}: b_1 = b_2 = 0$	
۰/۴۸	(۱۴، ۳)	۱/۴۳	$H_{03}: b_1 = b_2 = b_3 = 0$	
۰/۳۶	(۱۵، ۲)	۱/۲۸	$H_{04}: b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 0$	

** در سطح معنی داری پنج درصد

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در صورت وجود رابطه غیرخطی، باید نوع مدل رگرسیون انتقال ملایم بر اساس آزمون‌های ترتیبی تراسویرتا^۱ تعیین شود. نتایج این آزمون در جدول ۵ نشان می‌دهد که فرضیه H_2 تأیید و فرضیه‌های H_1 و H_3 برای هر سه مدل رد می‌شود. بنابراین، مدل LSTR1 (مدل LSTR با دو رژیم یا حالت) به عنوان مدل مناسب انتخاب شده است.

1. Terasvirta Sequential Tests (TSTs)

جدول ۵- انتخاب نوع مدل از دو حالت LSTR1 و LSTR2

احتمال	درجه آزادی	آماره F	فرضیه صفر	مدل
۰/۷۳	(۵، ۱۲)	۰/۵۵	$H_{01}: \beta_1 = 0 \mid \beta_2 = \beta_3 = 0$	مبتنی بر شاخص NDVI
۰/۰۱*	(۵، ۷)	۶/۸۸	$H_{02}: \beta_2 = 0 \mid \beta_3 = 0$	
۰/۹۸	(۴، ۳)	۰/۰۸	$H_{03}: \beta_3 = 0$	
۰/۵۵	(۵، ۱۲)	۰/۸۲	$H_{01}: \beta_1 = 0 \mid \beta_2 = \beta_3 = 0$	مبتنی بر شاخص VCI
۰/۰۱*	(۵، ۷)	۴/۸۱	$H_{02}: \beta_2 = 0 \mid \beta_3 = 0$	
۰/۵۴	(۴، ۳)	۰/۹۲	$H_{03}: \beta_3 = 0$	
۰/۷۱	(۵، ۱۲)	۰/۵۷	$H_{01}: \beta_1 = 0 \mid \beta_2 = \beta_3 = 0$	مبتنی بر شاخص NDVIa
۰/۰۶***	(۵، ۷)	۷/۲۴	$H_{02}: \beta_2 = 0 \mid \beta_3 = 0$	
۰/۳۵	(۴، ۳)	۰/۱۰	$H_{03}: \beta_3 = 0$	

*** و **، به ترتیب، در سطوح معنی داری یک و ده درصد
 مأخذ: یافته‌های پژوهش

انتخاب متغیر آستانه‌ای با تکیه بر پیشینه تحقیق و مرور دقیق ادبیات موضوعی مرتبط انجام شده، به گونه‌ای که این انتخاب با مبانی نظری و مطالعات پیشین کاملاً هم‌راستاست. جدول ۶ نشان می‌دهد که برای تفکیک داده‌ها به دو رژیم یا حالت در مدل رگرسیون آستانه‌ای شامل رژیم خوب (زمانی که pos_t بزرگ‌تر یا برابر مقدار آستانه باشد) و رژیم بد (زمانی که pos_t کمتر از مقدار آستانه باشد)، از متغیر آستانه‌ای pos_t استفاده شده است. مقدار مجموع مربعات باقی‌مانده (SSR) نشان‌دهنده خطای پیش‌بینی کم و عملکرد مناسب مدل در توضیح داده‌هاست. تفکیک داده‌ها به دو رژیم به مدل این امکان را داده است که در شرایط مختلف اقلیمی، تأثیر متغیرهای توضیحی بر متغیر وابسته را با دقت بیشتر تحلیل کند.

جدول ۶- متغیر آستانه‌ای

مدل	SSR	رژیم‌ها
مبتنی بر شاخص NDVI	۱/۸۰	۲
مبتنی بر شاخص VCI	۲/۵۰	۲
مبتنی بر شاخص NDVIa	۱/۰۴	۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در مرحله بعد، پارامترهای مدل با استفاده از الگوریتم نیوتن-رافسون و با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی برآورد شده، که نتایج آن در جدول ۷ آمده است. در این جدول، نتایج برآورد پارامترهای مدل رگرسیون آستانه‌ای برای سه شاخص NDVI، VCI و NDVIA به‌عنوان متغیرهای انتقال^۱ نشان داده شده است. پارامترها با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی و الگوریتم نیوتن-رافسون و همچنین، در هر سه مدل، دو بخش خطی و غیرخطی مطابق با رژیم‌های مختلف شاخص (بالا تر یا پایین تر از آستانه بحرانی) برآورد شده است. این تحلیل با هدف پاسخ به پرسش اصلی پژوهش مبنی بر شناسایی دقیق‌ترین شاخص برای تعیین نقطه شروع پرداخت غرامت^۲ در بیمه دام عشایری استان کرمان انجام شده است. مقادیر آماره‌های t و احتمال (Prob) نشان‌دهنده میزان معنی‌داری متغیرها در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد است.

جدول ۷- نتایج تخمین مدل

متغیر	مبتنی بر شاخص NDVI	مبتنی بر شاخص VCI	مبتنی بر شاخص NDVIA
ضریب	آزمون t (Prob)	ضریب	آزمون t (Prob)
مدل آستانه (بخش خطی)			
$M_t(-1)$	-۰/۵۸	-۱/۹۶	-۰/۶۹
	(۰/۰۹)***	(۰/۰۰)*	(۰/۰۱)**
pre_t	-۱/۱۴	-۱/۵۹	-۰/۵۲
	(۰/۱۵)	(۰/۱۰)	(۰/۰۱)**
SPI_t	۱/۵۹	۲/۹۱	-۲/۳۱
	(۰/۰۲)**	(۰/۰۳)**	(۰/۰۳)**
T_t	۱/۲۶	۳/۰۶	۱/۰۵
	(۰/۰۱)**	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*
V_t	۰/۲۰	۰/۹۷	۰/۰۹
	(۰/۳۶)	(۰/۹۲)	(۰/۴۱)
c	-۴۶/۲۵	-۲/۶۸	-۵۳/۷۳
	(۰/۰۳)**	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*
مدل آستانه (بخش غیرخطی)			
$M_t(-1)$	۱/۸۰	۴/۶۱	۲/۰۳
	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*

1. threshold variable

2. trigger point

متغیر	مبتنی بر شاخص NDVI		مبتنی بر شاخص VCI		مبتنی بر شاخص NDVIA	
	ضریب	آزمون t (Prob)	ضریب	آزمون t (Prob)	ضریب	آزمون t (Prob)
pre _t	۱/۰۳	(۰/۲۸)	۰/۰۲	(۰/۹۵)	۰/۰۵	(۰/۰۰)*
SPI _t	-۱/۹۵	(۰/۰۱)**	۲/۴۲	(۰/۰۳)**	۲/۶۷	(۰/۰۳)**
T _t	-۱/۲۶	(۰/۰۱)**	-۱/۲۰	(۰/۰۰)*	-۵/۷۳	(۰/۰۰)*
V _t	-۰/۱۰	(۰/۶۹)	-۰/۰۵	(۰/۸۴)	-۰/۱۹	(۰/۳۵)
c	۴۷/۱۰	(۰/۰۲)**	۴۲/۳۳	(۰/۰۰)*	۶/۶۶	(۰/۰۱)**
شیب	۱/۵۱	(۰/۱۸)	۰/۹۷	(۰/۰۰)*	۴/۰۹	(۰/۰۰)*
آستانه	۴/۶۷	(۰/۰۰)*	۳۰/۴۱	(۰/۰۰)*	۸۷/۹۷	(۰/۰۰)*
R ²	۰/۹۲		۰/۸۹		۰/۹۵	
F	۶/۳۰	(۰/۰۱)**	۴/۳۹	(۰/۰۲)**	۱۱/۲۴	(۰/۰۰)*
معیار آکائیک	۱/۷۱		۲/۰۴		۱/۱۷	
معیار شوارتز	۲/۴۱		۲/۷۴		۱/۸۷	
معیار حنان-کوئین	۱/۸۶		۲/۱۹		۱/۳۲	

*، ** و ***، به ترتیب، در سطوح معنی داری یک، پنج و ده درصد

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس آماره‌های برازش ارائه شده در جدول، مدل مبتنی بر شاخص NDVIA، با ضریب تعیین (R^2) برابر با ۰/۹۵ و کمترین مقدار معیارهای اطلاعاتی آکائیک (۱/۱۷) و شوارتز (۱/۸۷)، بالاترین قدرت توضیح دهنده را نسبت به دو شاخص دیگر دارد. این یافته با بیان مسئله پژوهش که بر وابستگی مستقیم معیشت عشایر استان کرمان به مراتع طبیعی تأکید داشت، همخوانی کامل دارد. شاخص NDVIA که بیانگر حجم توده زیستی (بیوماس) و کلروفیل گیاهی است، دقیق ترین نماینده از «در دسترس بودن علوفه» برای دام است. در مقابل، مدل های VCI ($R^2=0/89$) و NDVI ($R^2=0/92$)، اگرچه عملکرد قابل قبول داشته اند، اما به دلیل ماهیت نسبی خود (سنجش نسبت به میانگین تاریخی)،

ممکن است در شرایطی که کل منطقه دارای پوشش گیاهی ضعیف است (فقر ذاتی مراتع کرمان)، حساسیت کمتری نسبت به تغییرات مطلق علوفه که منجر به مرگومیر دام می شود، داشته باشند.

تحلیل آستانه های محاسباتی

مقدار آستانه (۷) برآورده شده برای شاخص NDVIA برابر با ۰/۰۳- است. این عدد که از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار است، نقطه بحرانی زیست بوم مرتعی استان کرمان را نشان می دهد. زمانی که شاخص NDVIA به زیر این سطح می رسد، پوشش گیاهی عملاً از بین می رود و دام با گرسنگی شدید مواجه می شود. این نقطه دقیقاً همان آستانه ای است که باید «پرداخت خسارت بیمه» در آن فعال شود تا از مخاطره پایه (عدم تطابق خسارت واقعی و پرداخت بیمه) جلوگیری به عمل آید. پارامتر شیب برای مدل NDVIA برابر با ۶۳/۳۲ محاسبه شده، که بسیار بالاتر از دو مدل دیگر است. این شیب تند نشان دهنده تغییر ناگهانی و شدید در نرخ مرگومیر دام پس از عبور از آستانه بحرانی بوده، که مؤید غیرخطی بودن رابطه میان خشکسالی و تلفات دام است و افزون بر این، دام ها تا حدی خاص مقاومت می کنند و با عبور از آستانه تحمل، تلفات به صورت نمایی افزایش می یابد.

تحلیل ضرایب متغیرها در دو رژیم (خطی و غیرخطی) و نتایج تفکیک شده برای این دو رژیم (نرمال و بحرانی) نشان دهنده رفتار متفاوت متغیرهاست. در مدل NDVIA، ضریب متغیر پوشش گیاهی در بخش خطی (رژیم اول) برابر با ۲۰/۴- و معنی دار است. علامت منفی نشان می دهد که در شرایط نرمال، افزایش پوشش گیاهی به شدت باعث کاهش مرگومیر دام می شود. اما در بخش غیرخطی، تغییر معنی دار ضریب نشان دهنده تغییر ساختاری رابطه در شرایط خشکسالی است. این یافته نظریه «آستانه پرداخت» را تقویت می کند، بدین معنی که نباید در همه شرایط، حمایت بیمه یکسان باشد، بلکه باید متناسب با رژیم اقلیمی حاکم تغییر کند.

ضریب شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در مدل NDVIA در بخش غیرخطی برابر با ۵/۹۷- و در سطح پنج درصد معنی دار است (با توجه به اثر متقابل در رابطه رگرسیون) و نشان می دهد که در شرایط بحرانی (زیر آستانه)، کمبود بارش (مقادیر منفی SPI) تأثیرات مخرب تر بر مرگومیر دام دارد. این نتیجه با خشکی اقلیم استان کرمان و وابستگی منابع آبی عشایر به بارش های فصلی قابل توجیه است. متغیر تغییرات دما در مدل NDVI در هر دو رژیم معنی دار است (خطی ۱/۳۵ و غیرخطی ۱/۴۳-) و نشان می دهد که تنش حرارتی به عنوان یک عامل تشدیدکننده، در کنار کمبود علوفه، سلامت دام را تهدید می کند. نوسان های دما (گرمای شدید روز و سرمای شب کویر) در زمان هایی که دام دچار سوءتغذیه است، منجر به افزایش تلفات می شود. از نظر آماری، معنی داری متغیر واکسیناسیون در مدل

NDVI (و سایر مدل‌ها) پایین است ($\text{Prob} > 0.1$). این نتیجه نشان می‌دهد که در دوره مورد مطالعه، مداخلات دامپزشکی نقش محافظتی نظام‌مند در برابر مرگ‌ومیر ناشی از خشکسالی نداشته و «متغیر اقلیمی (گرسنگی و تشنگی)» عامل غالب بر «متغیر بیماری» بوده است.

به‌طور کلی، نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که شاخص NDVI، به دلیل داشتن بالاترین ضریب تعیین ($R^2 = 0.95$)، تشخیص دقیق‌تر نقطه بحرانی (آستانه -0.03) و واکنش سریع‌تر به تغییرات وضعیت مرتع (شیب $63/32$)، مناسب‌ترین گزینه برای طراحی IBLI در مناطق عشایری استان کرمان است. این مدل توانسته است با موفقیت ناپیوستگی موجود در داده‌های مرگ‌ومیر را مدل‌سازی کند و نشان دهد که نظام سنتی (خطی) ارزیابی خسارت قادر به تبیین جهش‌های ناگهانی تلفات در سال‌های خشک نیست.

در جمع‌بندی، می‌توان گفت که شاخص NDVI در مقایسه با شاخص‌های NDVI و VCI عملکرد دقیق‌تر در تبیین و پیش‌بینی تغییرات مرگ‌ومیر دام عشایری دارد. علت برتری آن در سه ویژگی خلاصه می‌شود: نخست آنکه حساسیت بالا به تکان‌ها و انحراف از هنجار تاریخی دارد، چراکه دام‌ها معمولاً به تغییرات ناگهانی شرایط مرتع واکنش شدید نشان می‌دهند، نه صرفاً به سطح مطلق پوشش گیاهی؛ دیگر آنکه دارای توانایی در تفکیک زود هنگام رژیم‌هاست، زیرا آستانه نزدیک به صفر (-0.03) به معنی آن است که حتی کاهش جزئی در شاخص می‌تواند به عنوان هشدار اولیه خشکسالی تلقی شود؛ و سرانجام آنکه برازش آماری آن بهتر است، که با R^2 بالاتر و مقادیر کمتر شاخص‌های آکاییک و سوارتز تأیید می‌شود. در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که شاخص NDVI، با در نظر گرفتن هم‌زمان حساسیت اقلیمی و کارایی اقتصادی، شاخصی بهینه برای طراحی آستانه پرداخت در IBLI عشایری محسوب می‌شود و می‌تواند مبنای توسعه سیاست‌های پایدار مدیریت مخاطره اقلیمی در مناطق عشایری کشور باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف تعیین شاخص مناسب برای تخمین آستانه پرداخت در بیمه دام مبتنی بر شاخص (IBLI) عشایری در استان کرمان انجام شد. بدین منظور، از مدل رگرسیون آستانه‌ای بر پایه سه شاخص پوشش گیاهی NDVI، VCI و NDVI استفاده شد تا رابطه غیرخطی بین وضعیت مرتع و نرخ مرگ‌ومیر دام شناسایی شود. داده‌های پژوهش در بازه زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ و در دو رژیم اقلیمی «نرمال» و «خشکسالی» تحلیل شدند. نتایج نشان داد که هر سه شاخص توانایی تبیین تغییرات

مرگومیر را دارند، اما شاخص NDVI، با R^2 بالاتر، معیار آکاییک پایین تر و آستانه حساس تر نسبت به تغییرات شدید محیطی، عملکردی دقیق تر در شناسایی نقطه بحرانی داشت.

برای طراحی یک بیمه پایدار، تعیین حق بیمه بر اساس مخاطره واقعی و تابع غرامت متناسب با شدت خشکسالی ضروری است. بنابراین، NDVI به عنوان شاخص بهینه برای طراحی آستانه پرداخت بیمه در مناطق عشایری پیشنهاد می شود. این ساختار موجب کاهش هزینه های اجرایی بیمه و افزایش کارایی آن می شود، زیرا نیازی به ارزیابی های میدانی پرهزینه برای تأیید خسارت نیست و پرداخت ها به صورت شفاف و مبتنی بر داده های عینی انجام می گیرد.

یکی از نقاط قوت پژوهش حاضر ترکیب داده های عینی و کم هزینه (NDVI و سایر شاخص ها) با داده های میدانی نرخ مرگومیر دام است، که این امکان را می دهد تا یک مدل بیمه دقیق تر و کاربردی تر طراحی شود. همین موضوع پژوهش حاضر را از مطالعات مشابه که اغلب به دلیل فقدان داده های مرگومیر دام، با چالش هایی روبه رو بوده اند، متمایز می کند.

در بخش نتایج، ضریب شاخص پوشش گیاهی در هر سه مدل منفی و در رژیم خشکسالی معنی دارتر بود، گویای آنکه کاهش پوشش گیاهی، به طور مستقیم، باعث افزایش تلفات دام می شود. در مدل NDVI، آستانه -0.3 تعیین شد، بدین معنی که با کاهش این شاخص به کمتر از میانگین تاریخی، مرگومیر به صورت جهشی افزایش می یابد. این یافته با مطالعه چانتارات و همکاران (Chantararat et al., 2013) در کنیا همخوانی دارد که شاخص های ناهنجاری NDVI را در مدل های بیمه ی دام شرق آفریقا دقیق ترین ابزار پیش بینی خسارت معرفی کرده اند.

مقایسه ضرایب سایر متغیرها نشان داد که شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و دما اثرات معنی دار در رژیم خشکسالی دارند و نقش تعدیل کننده واکسیناسیون بر مرگومیر نیز قابل توجه است. این نتایج پژوهش حاضر با پژوهش های کارلان و همکاران (Karlan et al., 2014) و میراندا و فارین (Miranda & Farrin, 2012) همسوست که بر اساس نتایج آنها، ترکیب شاخص های اقلیمی با داده های مدیریتی (مانند بهداشت دام) باعث کاهش مخاطره مدل و بهبود دقت پرداخت می شود. بنابراین، برای بهبود عملکرد بیمه، پیشنهاد می شود که علاوه بر شاخص NDVI، متغیرهای کمکی مانند پوشش واکسیناسیون و شاخص ترکیبی بارش در طراحی مدل پرداخت لحاظ شوند تا نظام بیمه از صرفاً «اقلیمی» به «اقلیمی- بهداشتی» ارتقا یابد.

همچنین، توصیه می شود که نهادهای بیمه کشاورزی و امور عشایری در استان کرمان به اجرای مدل بیمه دام مبتنی بر شاخص (IBLI) به صورت آزمایشی (پایلوت) بپردازند. باید این بیمه نامه بر پایه

شاخص ناهنجاری پوشش گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVIA)، شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، تغییرات دما و واکسیناسیون طراحی شود. این رویکرد به حذف ارزیابی‌های میدانی زمان‌بر و کاهش چشمگیر مخاطره پایه کمک می‌کند و پرداخت‌های جبرانی را به صورت دقیق، خودکار و به موقع فعال می‌سازد. همچنین، لازم است که تدابیری برای جلوگیری از پیامدهای ناخواسته بیمه دام، نظیر افزایش بیش از حد تعداد دام^۱ و تخریب مراتع، اتخاذ شود. باید سیاست‌گذاران به طراحی سازوکارهایی بپردازند که هم از عشایر حمایت و هم از تخریب منابع طبیعی جلوگیری کند. این سازوکارها می‌تواند شامل ارائه مشوق‌های بوم‌شناختی یا محدودیت‌های هوشمند بر اساس ظرفیت چرای مرتع باشد تا توأمان، پایداری مالی و بوم‌شناختی تضمین شود.

با وجود دقت بالای مدل یادشده، پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود: نخست آنکه داده‌های مرگ‌ومیر دام به صورت فصلی و در سطح استانی در دسترس بود و از این رو، جزئیات مکانی و زمانی (مانند تفاوت گله‌ها یا تأخیر اثرات بارش) در مدل لحاظ نشده است؛ و دیگر آنکه مدل تنها شاخص‌های پوشش گیاهی را مبنا قرار داده و عوامل اقتصادی مانند قیمت علوفه یا جابه‌جایی دام‌ها در زمان خشکسالی حذف شده است. در پژوهش‌های آینده، با بهره‌گیری از داده‌های با وضوح مکانی بالاتر، تلفیق تصاویر ماهواره‌ای متنوع (مانند Sentinel-2 و MODIS ترکیبی) و ترکیب متغیرهای اجتماعی-اقتصادی در کنار شاخص NDVIA، می‌توان دقت پیش‌بینی آستانه پرداخت را افزایش داد و الگویی عملی‌تر برای سیاست‌گذاران بیمه کشاورزی و مدیریت خشکسالی فراهم کرد.

منابع

1. Amarea, A., Simane, B., Nyangaga, J., Defisa, A., Hamza, D., & Gurmessa, B. (2019). Index-based livestock insurance to manage climate risks in Borena zone of southern Oromia, Ethiopia. *Climate Risk Management*, 25, 100191. DOI: 10.1016/j.crm.2019.100191.
2. Anyamba, A., & Tucker, C. J. (2012). Historical perspectives on AVHRR NDVI and vegetation drought monitoring. In: B. D. Wardlow, M. C. Anderson, & J. P. Verdin (Eds) *Remote sensing of drought: innovative monitoring approaches* (pp. 23-50). CRC Press. DOI: 10.1201/b11863.

1. overstocking

3. Ayako, M., Kazushi, T., & Munenobu, I. (2019). Direct and indirect impact of index-based livestock insurance in Southern Ethiopia. *The Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and Practice*, 44, 481-502. DOI: 10.1057/s41288-019-00132-y.
4. Barnett, B. J., Barrett, C. B., & Skees, J. R. (2008). Poverty traps and index-based risk transfer products. *World Development*, 36(10), 1766-1785. DOI: 10.1016/j.worlddev.2007.10.016.
5. Bazza, M., Kay, M., & Knutson, C. (2018). Drought characteristics and management in North Africa and the Near East. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. Available at <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1144273>.
6. Chantarat, S., Mude, A. G., Barrett, C. B., & Carter, M. R. (2013). Designing index-based livestock insurance for managing asset risk in northern Kenya. *The Journal of Risk and Insurance*, 80(1), 205-237. DOI: 10.1111/j.1539-6975.2012.01463.x.
7. Chantarat, S., Turvey, C. G., Mude, A. G., & Barrett, C. B. (2008). Improving humanitarian response to slow-onset disasters using famine indexed weather derivatives. *Agricultural Finance Review*, 68(1), 169-195. DOI: 10.1108/00214660880001222.
8. Collier, B., Skees, J., & Barnett, B. (2009). Weather index insurance and climate change: opportunities and challenges in lower income countries. *The Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and Practice*, 34(3), 401-424. DOI: 10.1057/gpp.2009.11.
9. Conradt, S., Robert, F., & Bokusheva, R. (2015). Tailored to the extremes: quantile regression for index-based insurance contract design. *Agricultural Economics*, 46(S1), 1-11. DOI: 10.1111/agec.12208.
10. GANAKP (2022). Report on the status of nomadic population and livestock in Kerman province of Iran. General Administration of Nomadic Affairs of Kerman Province (GANAKP). Available at <http://ashayeri.kr.ir>. [In Persian]

11. Gebrekidan, T., Xin, G. Y., Bi, S., & Lyu, K. (2019). Effect of index-based livestock insurance on herd offtake: evidence from the Borena zone of southern Ethiopia. *Agricultural Finance Review*, 79(5), 676-696. DOI: 10.1108/AFR-09-2018-0078.
12. Gehring, K., & Schaudt, P. (2023). Insuring peace: index-based livestock insurance, droughts, and conflict. CESifo Working Paper No. 10423. Available at <https://ssrn.com/abstract=4456354>.
13. Hamzeh, S., Farahani, Z., Mahdavi, S., Chatrabgoun, O., & Gholamnia, M. (2017). Spatiotemporal monitoring of agricultural drought using remote sensing data: a case study of Markazi province, Iran. *Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 4(3), 53-70. Available at <https://sid.ir/paper/264741/fa>. [In Persian]
14. Hansen, B. E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing, and inference. *Journal of Econometrics*, 93(2), 345-368. DOI: 10.1016/S0304-4076(99)00025-1.
15. Kahiu, N., Anchang, J., Alulu, V., Fava, F. P., Jensen, N., & Hanan, N. P. (2024). Leveraging browse and grazing forage estimates to optimize index-based livestock insurance. *Scientific Reports*, 14, Article 14834. DOI: 10.1038/s41598-024-65634-1.
16. Kalantaripour, M., Najafi Alamdarloo, H., Mousavi, S. H., & Vakilpour, M. H. (2025). Designing and evaluating a composite climatic index to risk management in livestock insurance. *Environmental and Sustainability Indicators*, 28, Article 101025. DOI: 10.1016/j.indic.2025.101025.
17. Karlan, D., Osei, R., Osei-Akoto, I., & Udry, C. (2014). Agricultural decisions after relaxing credit and risk constraints. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(2), 597-652. DOI: 10.1093/qje/qju002.
18. Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, 15(11), 91-100. DOI: 10.1016/0273-1177(95)00079-T.
19. Mahul, O., & Skees, J. (2007). Managing agricultural risk at the country level: the case of index-based livestock insurance in Mongolia. Policy Research

- Working Paper No. 4325. World Bank. Available at <https://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/4325.html>.
20. Melketo, T., Tolossa, D., Abi, M., Bedeke, S., & Fentaw, T. (2025). Index-based livestock insurance schemes to manage climate risks in Ethiopia: determinants of farmer's willingness to pay and lessons learned from Dasenech district, South Omo. *Frontiers in Climate*, 6, Article 1476202. DOI: 10.3389/fclim.2024.1476202.
21. Ministry of Agriculture-Jihad. (2022). Agricultural yearbook. [In Persian].
22. Miranda, M. J., & Farrin, K. (2012). Index insurance for developing countries. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 34(3), 391-427. DOI: 10.1093/aep/pps031.
23. Mousavi, S., & Niknami, M. (2021). Explaining the driving policies of drought management: a case study of Tehran province. *Strategic Studies of Public Policy*, 11(40), 132-153. [In Persian]
24. Mozaffari, G., Narangifard, M., & Fonoudi, M. (2014). Drought monitoring in Kerman province using satellite data. Proceedings of National Conference on Application of Advanced Spatial Analysis Models (Remote Sensing and GIS) in Land Use Planning, Yazd, Iran. Available at <https://civilica.com/doc/365163>. [In Persian]
25. NCCDCM (2021). Yearbook of the National Center for Climate and Drought Crisis Management (2020-2021). Ministry of Roads and Urban Development, Iran Meteorological Organization, National Center for Climate and Drought Crisis Management (NCCDCM). [In Persian]
26. Oluwaseun, S. O., Michael, A. A., & Sibongile, S. T. (2020). Farmers' willingness to pay for index-based livestock insurance in the North West of South Africa. *Climate*, 8(3), 1-13. DOI: 10.3390/cli8030047.
27. Rahmani, S., Naderi, A., & Rezaei, M. (2019). Analysis of livelihood vulnerability of nomads to drought. *Geography and Planning*, 24(3), 55-78. [In Persian]

28. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 1, 309-317.
29. Sharifi Pichoon, M., Behzadi, Z., & Mohammadi, F. (2022). Spatiotemporal evaluation of drought trends and their effects on vegetation changes in Fars province. *Geographical Studies of Arid Regions*, 13(50), 40-57. DOI: 10.22034/jargs.2023.375644.1000. [In Persian]
30. Skees, J. R. (2008). Innovations in index insurance for the poor in lower income countries. *Agricultural and Resource Economics Review*, 37(1), 1-15. DOI: 10.1017/S106828050000282X.
31. Skees, J. R., Varangis, P., Larson, D., & Siegel, P. (2002). Can financial markets be tapped to help poor people cope with weather risks? Policy Research Working Paper No. 2577. World Bank.
32. Torkaman Pary, A., Rastgoo, P., Opp, C., Zeuss, D., & Abera, T. A. (2024). Impacts of drought severity and frequency on natural vegetation across Iran. *Water*, 16(22), 3334. DOI: 10.3390/w16223334.
33. Ye, T., Li, Y., Gao, Y., Wang, J., & Yi, M. (2017). Designing index-based livestock insurance for managing snow disaster risk in Eastern Inner Mongolia, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 23, 160-168. DOI: 10.1016/j.ijdr.2017.04.012.