

Spatial Modeling of Groundwater Well Distribution and Identification of Critical Groundwater Decline Zones Using Logistic Regression and GIS

Reza Jafarinia^{1*}, Gholamreza Goodarzi¹, Elham Jafarian²

¹ Department of Water Engineering, Ar.c., Islamic Azad University, Arak, Iran.

² Forestry department, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Objective: Increasing pressure on groundwater resources caused by population growth, agricultural expansion, and excessive or unauthorized extraction has become a serious challenge in water resource management, leading to consequences such as declining groundwater levels, increasing salinity, reduced water quality, and land subsidence. Analysis of the spatial distribution of deep wells and the factors influencing their location is an important tool for sustainable groundwater resource management. Therefore, this study aimed to analyze the spatial distribution of deep wells and identify critical groundwater extraction zones in Lorestan Province.
Article history: Received 10 May 2026 Revised 25 June 2026 Accepted 29 June 2026 Published online 23 September 2026	Methods: An integrated framework combining Geographic Information Systems (GIS) and statistical modeling was applied to investigate the relationship between the spatial distribution of deep wells and environmental factors. The datasets included spatial coordinates of deep wells, a Digital Elevation Model (DEM), stream network layers, and average precipitation data for the most recent 10-year period. After preprocessing in ArcGIS Pro, physiographic and climatic variables—including elevation, slope, aspect, distance from streams, and precipitation—were extracted as explanatory variables. A logistic regression model was used to estimate the probability of deep well occurrence, and a probability zoning map was generated in five classes. Model performance was evaluated using the ROC curve, the Hosmer–Lemeshow test, and the Nagelkerke R ² index.
Keywords: Groundwater Logistic regression ArcGIS Pro Hazard zoning Deep wells	Results: The modeling results showed that the spatial distribution of deep wells in Lorestan Province was significantly influenced by physiographic and climatic factors. The largest portions of the study area fell within the moderate (37.2%) and high (35.1%) probability classes. Approximately 12.6% of the area was classified as critical, mainly concentrated in low-elevation regions, flat plains, and areas adjacent to stream networks. Model evaluation using the ROC curve yielded an AUC value of 0.801, indicating acceptable predictive accuracy and a satisfactory model fit for predicting the spatial distribution of deep wells.
	Conclusions: The concentration of deep wells in high-probability and critical zones indicates substantial pressure on groundwater resources, which may lead to declining groundwater levels, increasing salinity, and deterioration of aquifer water quality. Therefore, implementing management strategies such as restricting new well permits, controlling groundwater extraction, continuous monitoring, and artificial aquifer recharge is essential. The findings of this study can support the identification of sensitive zones and provide valuable insights for management decision-making aimed at the sustainable utilization of groundwater resources.

*Corresponding author, Email: reza.jafarinia@iau.ac.ir

Cite this article: Jafarinia, R., Goodarzi, Gh., Jafarian, E. (2026). Spatial Modeling of Groundwater Well Distribution and Identification of Critical Groundwater Decline Zones Using Logistic Regression and GIS, *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*. 5(3), 94-109.
<https://doi.org/10.22034/nawee.2026.565619.1184>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22034/nawee.2026.565619.1184>

Publisher: Gonbad Kavous University.

Introduction

Groundwater resources play a fundamental role in supplying drinking water and supporting agricultural irrigation, particularly in arid and semi-arid regions. In recent decades, population growth, agricultural expansion, and increasing water demand have intensified pressure on groundwater systems in many parts of the world, including Iran. Excessive groundwater abstraction through deep wells, combined with reduced natural recharge and climate variability, has resulted in declining groundwater levels, water quality deterioration, and environmental consequences such as land subsidence. Physiographic and hydro-climatic factors significantly influence groundwater recharge and distribution. Variables such as elevation, slope, aspect, precipitation, and proximity to stream networks affect infiltration processes, runoff dynamics, and groundwater storage potential. Typically, mountainous areas with steep slopes have limited infiltration capacity, whereas low-lying plains with gentle slopes provide more favorable conditions for groundwater accumulation. Lorestan Province in western Iran, characterized by complex topography, dense drainage networks, and climatic variability from semi-humid to semi-arid conditions, provides a suitable environment for examining these relationships. Therefore, this study aims to analyze the spatial distribution of deep wells and identify groundwater extraction risk zones in Lorestan Province using GIS-based spatial analysis and statistical modeling to support sustainable groundwater management.

Method

The study area comprises Lorestan Province, located in western Iran between $46^{\circ}51' - 50^{\circ}03'$ E longitude and $32^{\circ}37' - 34^{\circ}22'$ N latitude, covering approximately 28,500 km². The province is characterized by semi-humid to semi-arid climatic conditions, with an average annual precipitation of approximately 450 mm. Its pronounced topographic variability and diverse hydro-climatic conditions make it an appropriate setting for examining the environmental determinants of deep well distribution. A comprehensive set of spatial and descriptive datasets was employed in this study. The geographic coordinates of deep and semi-deep agricultural wells were obtained from the Lorestan Regional Water Authority and processed as point shapefiles within a GIS environment. Elevation data were derived from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Digital Elevation Model (DEM) provided by the United States Geological Survey (USGS), from which elevation, slope, and aspect layers were generated. The stream network layer was extracted from national hydrographic maps and processed as polyline features. Ten-year mean precipitation data (2013–2023) were collected from synoptic and climatological stations and interpolated to produce a continuous rainfall surface. All spatial datasets were projected to the UTM coordinate system and processed in ArcGIS Pro. Independent variables included elevation, slope, aspect, distance to streams, and precipitation. To ensure comparability, all variables were standardized to a 0–1 scale. Spatial modeling was conducted using stepwise logistic regression (likelihood ratio method). A total of presence points (deep wells) and 500 absence points were used for model calibration. The dataset was randomly divided into 80% for model training and 20% for validation. Well presence locations were coded as 1 and absence locations as 0. Model validation was performed using independent test data to assess predictive performance.

Results

Spatial analysis revealed that physiographic and hydro-climatic factors strongly influence the distribution of deep and semi-deep agricultural wells in Lorestan Province. Wells are predominantly concentrated in low-elevation areas (below 2000 m) and on gentle slopes, while

steep and high-altitude terrain shows minimal well occurrence. Flat terrains exhibit the highest well density, reflecting the preference for stable and agriculturally suitable landscapes. Most wells are located within 1000 m of stream networks, highlighting the importance of hydrographic proximity. Areas receiving 450–600 mm of annual precipitation also show higher well density, indicating the role of moderate rainfall conditions in supporting groundwater abstraction. Logistic regression analysis identified elevation, precipitation, and distance to streams as statistically significant predictors ($p < 0.05$), with distance to streams exerting the strongest influence. The resulting probability surface classified the study area into five risk categories, with the largest proportions falling within moderate (37.2%) and high (35.1%) classes, while 12.6% was identified as critical—primarily in low-lying plains near stream networks. Model validation demonstrated satisfactory predictive performance (training accuracy = 81.4%, validation accuracy = 79%, AUC = 0.801). The Hosmer–Lemeshow test ($p = 0.614$) and Nagelkerke R^2 (0.666) confirmed good model fit and strong explanatory power.

Conclusions

The results of hazard modeling and spatial zoning indicate that the study area can be classified into five groundwater extraction risk classes: very low, low, moderate, high, and critical. Most parts of the region fall within the moderate (37.2%) and high (35.1%) risk categories, while about 12.6% of the area is located in the critical zone. The high density of deep and semi-deep wells in these areas reflects significant pressure on groundwater aquifers. It suggests that several parts of the region are experiencing a persistent negative groundwater balance. The concentration of intensive groundwater abstraction in low-lying plains has resulted in groundwater-level decline, drying of shallow wells, reduced qanat discharge, and, in some locations, the initiation of land subsidence. If the current trend of overexploitation continues, further hydrogeochemical deterioration and aquifer depletion are likely to occur. The spatial risk map derived from the logistic regression model provides a scientific basis for identifying restricted zones for groundwater extraction and can support groundwater management policies aimed at controlling abstraction and promoting sustainable use of water resources.

Author Contributions

The conceptualization of the study, methodological design, supervision, and preparation of the original manuscript were carried out by Reza Jafarinia. Gholamreza Goodarzi and Elham Jafarian contributed to data collection, research implementation, and the review and editing of the manuscript.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.



مدل سازی مکانی پراکنش چاه های آب و شناسایی پهنه های بحرانی افت آب زیرزمینی با استفاده از رگرسیون لجستیک و GIS

رضا جعفری نیا^{۱*}، غلامرضا گودرزی^۱، الهام جعفریان^۲

^۱ گروه مهندسی آب، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

^۲ گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	مقدمه: افزایش فشار بر منابع آب زیرزمینی ناشی از رشد جمعیت، توسعه کشاورزی و برداشت های غیرمجاز، به چالشی جدی در مدیریت آب تبدیل شده و پیامدهایی نظیر افت سطح ایستایی، کاهش کیفیت آب و فرونشست زمین را به همراه داشته است. تحلیل پراکنش مکانی چاه های عمیق و عوامل مؤثر بر مکان یابی آن ها، ابزاری مهم برای مدیریت پایدار این منابع محسوب می شود. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف تحلیل پراکنش چاه های عمیق و شناسایی پهنه های بحرانی برداشت در استان لرستان انجام شده است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱	مواد و روش ها: در این پژوهش، با استفاده از رویکرد GIS و مدل سازی آماری، رابطه بین پراکنش چاه های عمیق و عوامل محیطی بررسی شد. داده ها شامل مختصات چاه ها، DEM، شبکه آبراهه ها و میانگین بارندگی ده ساله اخیر بود که پس از پیش پردازش در ArcGIS Pro، متغیرهای فیزیوگرافی استخراج شدند. برای پیش بینی احتمال وقوع چاه ها از رگرسیون لجستیک استفاده و نقشه پهنه بندی احتمال در پنج طبقه تهیه گردید. ارزیابی مدل نیز با شاخص های ROC، آزمون هوسمر-لمشاو و ضریب Nagelkerke R ² انجام شد.
کلیدواژه ها: آب زیرزمینی رگرسیون لجستیک ArcGIS Pro پهنه بندی خطر چاه های عمیق	نتایج و بحث: نتایج مدل سازی نشان داد که پراکنش چاه های عمیق در استان لرستان به طور معناداری تحت تأثیر عوامل فیزیوگرافی و اقلیمی قرار دارد. بیشترین سهم مساحت استان در طبقات «متوسط» (۲/۳۷ درصد) و «زیاد» (۱/۳۵ درصد) قرار گرفت و حدود ۶/۱۲ درصد از منطقه نیز در طبقه «بحرانی» واقع شد که عمدتاً در نواحی کم ارتفاع، دشت های هموار و مجاورت آبراهه ها متمرکز هستند. ارزیابی مدل با استفاده از منحنی ROC مقدار AUC برابر با ۰.۸۰۱ را نشان داد که بیانگر دقت قابل قبول مدل و برازش مناسب آن در پیش بینی پراکنش چاه ها است.
	نتیجه گیری: تمرکز چاه های عمیق در پهنه های با احتمال بالا و بحرانی نشان دهنده فشار قابل توجه بر منابع آب زیرزمینی است که می تواند به افت سطح آب، افزایش شوری و کاهش کیفیت آبخوان ها منجر شود. از این رو، اجرای سیاست هایی مانند محدودیت در صدور مجوزهای جدید، کنترل برداشت، پایش مستمر و تغذیه مصنوعی آبخوان ها ضروری است. نتایج این پژوهش می تواند در شناسایی پهنه های حساس و پشتیبانی از تصمیم گیری های مدیریتی برای بهره برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد.

*نویسنده مسئول، Email: reza.jafarinia@iau.ac.ir

استناد: جعفری نیا، رضا؛ گودرزی، غلامرضا؛ جعفریان، الهام (۱۴۰۵). مدل سازی مکانی پراکنش چاه های آب و شناسایی پهنه های بحرانی افت آب زیرزمینی با استفاده از رگرسیون لجستیک و GIS. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*. ۵ (۳)، ۹۴-۱۰۹.

<https://doi.org/10.22034/nawee.2026.565619.1184>



مقدمه

با توجه به توسعه جوامع بشری، آب‌های زیرزمینی نقش بسیار مهمی در بخش‌های شرب و آبیاری ایفا می‌کنند (قره محمودلو و شیرزادینیا، ۱۴۰۲). افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی، به‌ویژه از طریق حفر چاه‌های عمیق، در دهه‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی و مدیریتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران تبدیل شده است. در سال‌های اخیر، برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، کاهش تغذیه طبیعی و تغییرات اقلیمی باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی گردیده است. بنابراین پایش و محافظت از این منابع آسیب پذیر امری ضروری است (آقازاده و ذکایی، ۱۴۰۵). این روند، ضمن برهم‌زدن تعادل هیدرولوژیکی سفره‌های زیرزمینی، پیامدهایی مانند فرونشست زمین، افت تراز آب، کاهش کیفیت منابع آب و تهدید پایداری کشاورزی را به همراه داشته است. شناسایی و تحلیل الگوی پراکنش مکانی چاه‌های عمیق و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های طبیعی و فیزیوگرافی محیط، ابزاری کارآمد برای مدیریت پایدار منابع آب و کنترل برداشت بی‌رویه از سفره‌های زیرزمینی محسوب می‌شود (طاهری سودجانی و عابدی کوپایی، ۱۳۹۴). تأثیر خشکسالی‌های طولانی مدت بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی بسیار جدی است (ده‌مرده و همکاران، ۱۴۰۵). ویژگی‌های فیزیوگرافی از جمله ارتفاع، شیب و جهت شیب، و همچنین عوامل اقلیمی و هیدروگرافی نظیر بارندگی و فاصله از رودخانه‌ها، نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری و پایداری منابع آب زیرزمینی دارند. مناطق مرتفع با شیب زیاد و زهکشی سریع، ظرفیت محدودتری برای تجمع و نفوذ آب دارند، در حالی‌که نواحی کم‌ارتفاع و با شیب ملایم، شرایط بهینه‌تری برای تغذیه و پایداری سفره‌های آب زیرزمینی فراهم می‌کنند (زندفر، ۱۴۰۵). جهت شیب در نواحی کوهستانی و نزدیکی به شبکه آبراهه‌ها نیز بر میزان نفوذ و تغذیه منابع آب تأثیرگذار است؛ مناطقی که دور از آبراهه‌ها قرار دارند و یا شرایط فیزیوگرافی نامطلوب دارند، به‌ویژه در اقلیم‌های خشک، حساس‌تر و آسیب‌پذیرتر هستند (آرا و ملاشاهی، ۱۳۹۵).

استان لرستان به دلیل تنوع توپوگرافی، گستردگی شبکه آبراهه‌ها و تغییرات اقلیمی از نیمه‌مرطوب تا نیمه‌خشک، نمونه‌ای مناسب برای بررسی ارتباط میان عوامل فیزیوگرافی و هیدروگرافی با پراکنش چاه‌های عمیق محسوب می‌شود. تحلیل مکانی در محیط GIS امکان شناسایی مناطق بحرانی برداشت آب زیرزمینی و ارائه راهکارهای مدیریتی مؤثر برای استفاده پایدار از منابع آب را فراهم می‌آورد (کشیری و روشن، ۱۳۹۹).

در سال‌های اخیر، به‌کارگیری مدل‌های آماری و مکانی برای تحلیل پراکنش پدیده‌های طبیعی و مدیریت منابع آب گسترش یافته است. مدل‌سازی مکانی بر اساس ارتباط بین نقاط وقوع پدیده و متغیرهای محیطی، امکان پیش‌بینی توزیع فضایی پدیده را فراهم می‌کند (براریان و محسنی، ۱۴۰۵). از جمله مدل‌های کاربردی می‌توان به رگرسیون لجستیک و مدل‌های درخت تصمیم اشاره کرد که توانایی نمایش روابط غیرخطی میان متغیرها را دارند و دقت بالاتری در پیش‌بینی مناطق مستعد یا بحرانی ارائه می‌کنند (Tarkesh & Jetschke, 2012؛ جافریان و همکاران، ۱۳۹۲).

پژوهش حاضر با هدف تحلیل پراکنش مکانی چاه‌های عمیق استان لرستان و تعیین مناطق بحرانی برای جلوگیری از برداشت غیرمجاز آب زیرزمینی انجام شده است. در این تحقیق، با استفاده از داده‌های مکانی و مدل‌سازی در محیط ArcGIS Pro، الگوی فضایی استقرار چاه‌ها و عوامل مؤثر بر آن تحلیل شده است. نتایج این مطالعه به‌ویژه بر شناسایی مناطقی با احتمال حضور چاه‌های آب بین ۰ تا ۲۵ درصد تمرکز دارد؛ مناطقی که حفر چاه‌های جدید در آن‌ها در مرحله بحرانی قرار دارد و باید از برداشت آب زیرزمینی در آن‌ها اجتناب شود تا پایداری منابع آب و اکوسیستم منطقه حفظ گردد.

مواد و روش ها

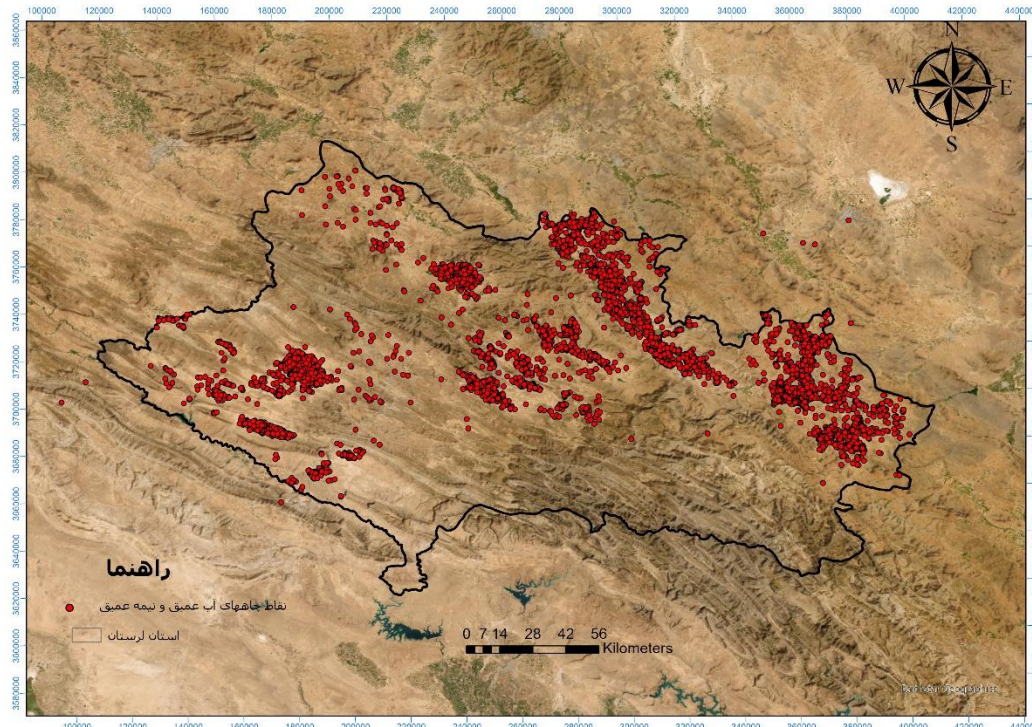
محدوده مورد مطالعه

استان لرستان در غرب ایران و بین طول های جغرافیایی ۵۱°۴۶' تا ۳۵°۵۰' شرقی و عرض های جغرافیایی ۳۲°۳۷' تا ۳۴°۲۳' شمالی واقع شده است. این استان با وسعتی حدود ۲۸'۵۰۰ کیلومتر مربع، دارای اقلیمی نیمه مرطوب تا نیمه خشک بوده و میانگین بارندگی سالانه آن در حدود ۴۵۰ میلی متر برآورد می شود. تنوع ارتفاعی و اقلیمی گسترده این استان شرایط مناسبی برای بررسی اثر عوامل طبیعی بر پراکنش مکانی چاه های عمیق فراهم می کند.

داده ها و منابع مورد استفاده

برای انجام این پژوهش از مجموعه داده های مکانی و توصیفی متنوعی استفاده شد که شامل موارد زیر است:

- **موقعیت مکانی چاه های عمیق و نیمه عمیق** اطلاعات مربوط به مختصات جغرافیایی چاه ها از اداره کل منابع آب استان لرستان دریافت و در قالب فایل نقطه ای (Point Shapefile) در محیط GIS مورد استفاده قرار گرفت.
- **مدل رقومی ارتفاع (DEM)** داده های ارتفاعی از پایگاه داده ی USGS (SRTM) تهیه و برای استخراج پارامترهای ارتفاع، شیب و جهت شیب استفاده گردید.
- **لایه شبکه آبراهه ها و رودخانه ها** از نقشه های هیدروگرافی سازمان نقشه برداری کشور استخراج و به صورت لایه خطی (Polyline) در محیط ArcGIS مورد استفاده قرار گرفت.
- **داده های بارندگی** میانگین بارش ده ساله اخیر (۱۳۹۲-۱۴۰۲) از ایستگاه های سینوپتیک و کلیماتولوژی سازمان هواشناسی استان لرستان جمع آوری و در محیط GIS به نقشه هم بارش تبدیل شد.



شکل ۱- پراکنش مکانی چاه های آب عمیق و نیمه عمیق کشاورزی در منطقه مورد مطالعه

تهیه و پردازش لایه‌های اطلاعاتی

با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS Pro کلیه لایه‌های مورد نیاز به سیستم مختصات UTM تبدیل و پردازش گردیدند. مراحل تولید و تحلیل لایه‌ها شامل گام‌های زیر بود:

- استخراج لایه ارتفاع
- تولید نقشه شیب
- استخراج جهت شیب
- محاسبه فاصله از رودخانه‌ها
- بارندگی

پراکنش مکانی چاه‌های آب کشاورزی با استفاده از رگرسیون لجستیک

در این پژوهش تجزیه رگرسیون بر اساس روش گام به گام انجام و بر اساس ضریب آماره‌ها نسبت به انتخاب بهترین مدل اقدام شد.

مدل‌سازی و اعتبارسنجی مدل پراکنش چاه‌ها توسط تعدادی از مشاهدات (نقاط نمونه از مناطق حضورچاه‌های آب کشاورزی و ۵۰۰ نمونه از مناطق عدم حضور) صورت گرفت. در این مطالعه به مناطق حضورچاه‌های آب کشاورزی (مناطق برداشت شده با GPS) کد یک و به مناطق عدم حضور کد صفر تعلق گرفت. از هر کدام از این مناطق نمونه‌برداری و ارزش هر نمونه بوسیله توابع مخصوصی در نرم‌افزار Arc GIS تعیین شد. مدل‌سازی به روش گام به گام (نسبت احتمال) و با انتخاب ۸۰ درصد از نمونه‌ها برای مدل‌سازی و ۲۰ درصد نمونه‌ها جهت اعتبارسنجی مدل انجام گرفت.

از آنجا که عوامل مختلف (شیب، ارتفاع از سطح دریا، جهت دامنه و فاصله از آبراهه) دارای ارزش‌های متفاوتی می‌باشند؛ ارزش تمامی عوامل بین صفر و ۱ استاندارد شد. این روش راه حل مناسب برای تهیه نقشه پراکنش، ایجاد لایه‌های با مقادیر دو دویی صفر و ۱ برای هر پارامتر مستقل است.

برای این که دامنه مقادیر لایه‌های مستقل مورد استفاده برای تهیه مدل احتمال پراکنش بین ۰ و ۱ قرار گیرد با استفاده از رابطه ۱ عمل استانداردسازی صورت گرفت.

$$X_{standard} = \frac{map - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad \text{رابطه ۱}$$

map : نقشه ورودی

X_{max} : ماکزیمم ارزش خام هر نقشه

X_{min} : مینیمم ارزش خام هر نقشه

نقشه‌های عوامل فیزیوگرافی بعد از عمل استانداردسازی به عنوان متغیرهای پیشگو برای ایجاد مدل رگرسیون لجستیک مورد استفاده قرار گرفتند.

رگرسیون لجستیک با این فرض به کار می‌رود که احتمال یک بودن متغیر وابسته از منحنی لگاریتمی پیروی می‌کند و مقدار آن توسط رابطه ۲ تخمین زده می‌شود (Das et al, 2019).

$$P(y = 1 | X) = \exp(MAP) / 1 + \exp(MAP) \quad \text{رابطه ۲}$$

MAP: نقشه احتمال پراکنش

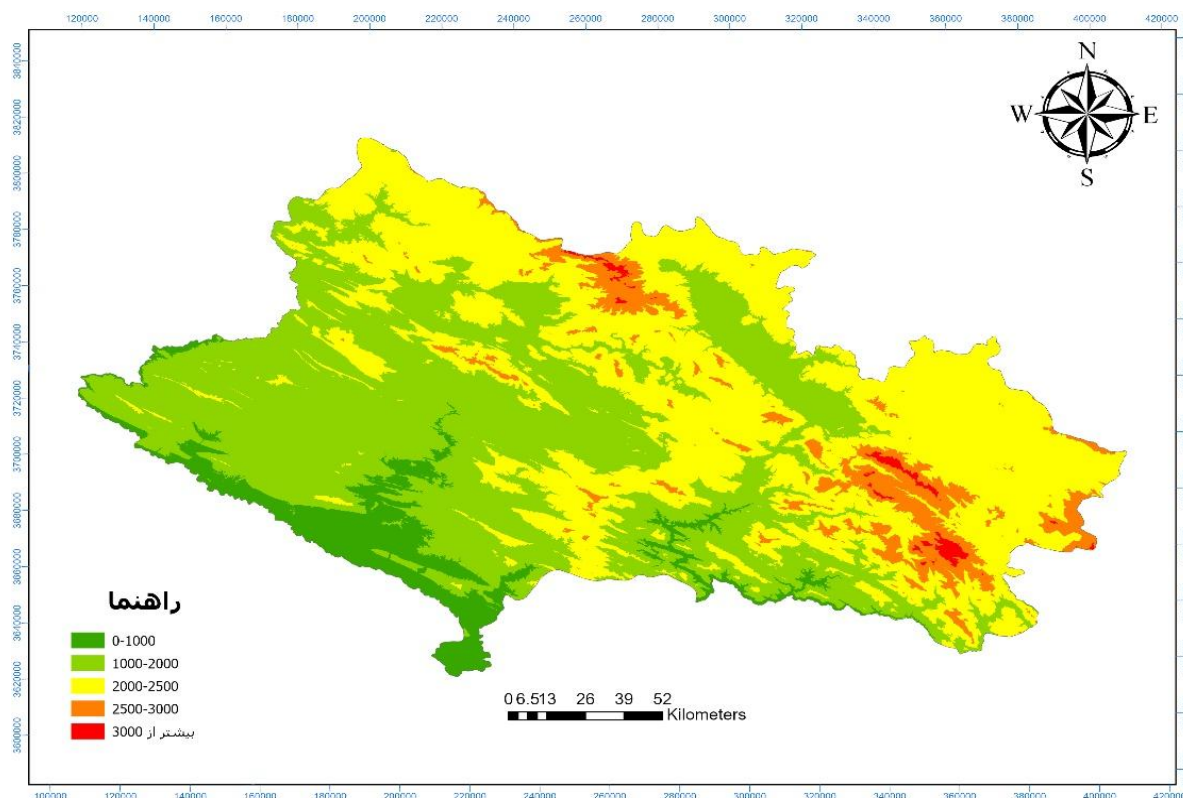
در این پژوهش اعتبار مدل‌های به دست آمده توسط ۲۰ درصد نمونه‌های باقی‌مانده، به صورت سطح زیر منحنی راک و آزمون هوسمر- لمشاو ارزیابی شد.

نتایج و بحث

نقشه طبقات ارتفاعی

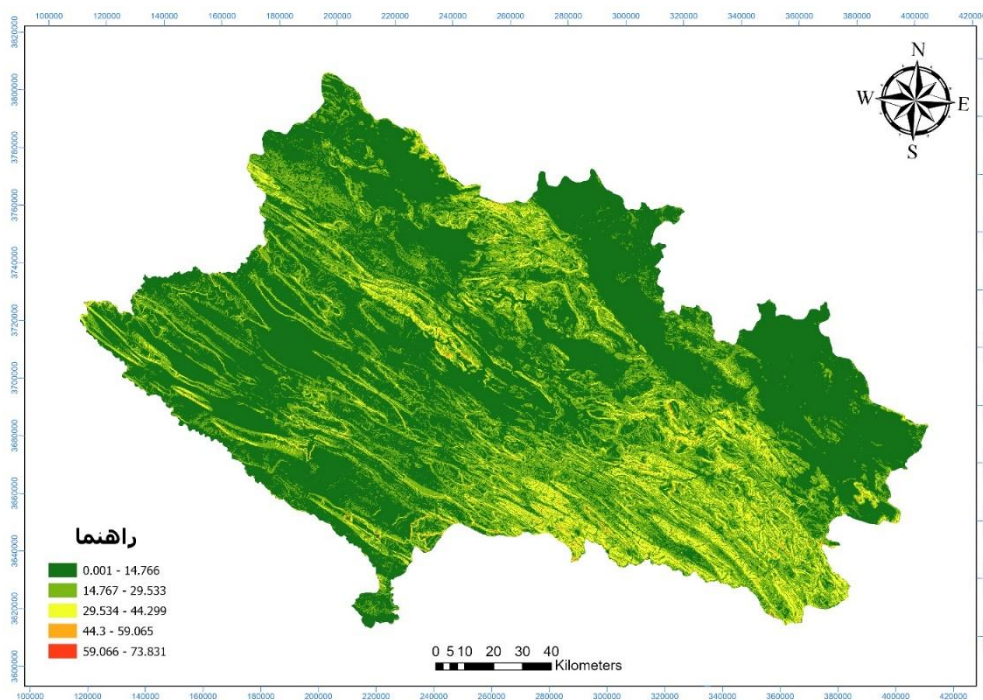
از مدل رقومی ارتفاع، نقشه ی ارتفاع استان استخراج و بر اساس طبقات ارتفاعی مناسب (کمتر از ۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۵۰۰، ۲۵۰۰-۳۰۰۰ و بیش از ۳۰۰۰ متر) طبقه بندی شد (شکل ۲). بیشترین تعداد چاه ها در طبقات پایین ارتفاعی قرار دارند.

شکل ۲- نقشه طبقات ارتفاع به متر

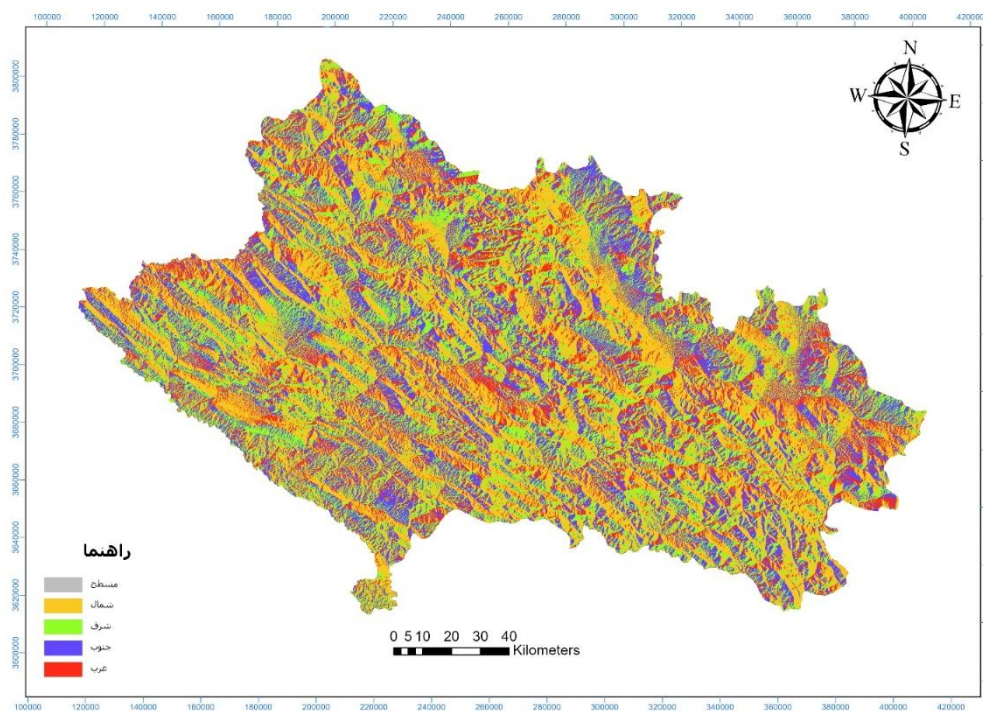


نقشه شیب

برای تهیه نقشه شیب از مدل رقومی زمین استفاده شد (شکل ۳). در بخش ملاوی ۷۰ درصد از مناطق حضور در کلاسه شیب ۰-۱۴، ۱۴-۲۹، ۲۹-۴۴، ۴۴-۵۹ و بیشتر از ۵۹ درجه قرار دارند و کمتر از ۵ درصد از این مناطق در شیب بالاتر از ۵۰ درجه قرار دارند (شکل ۳). بیشترین تعداد چاه ها در شیب کم قرار داشتند.



شکل ۳- نقشه طبقات شیب منطقه



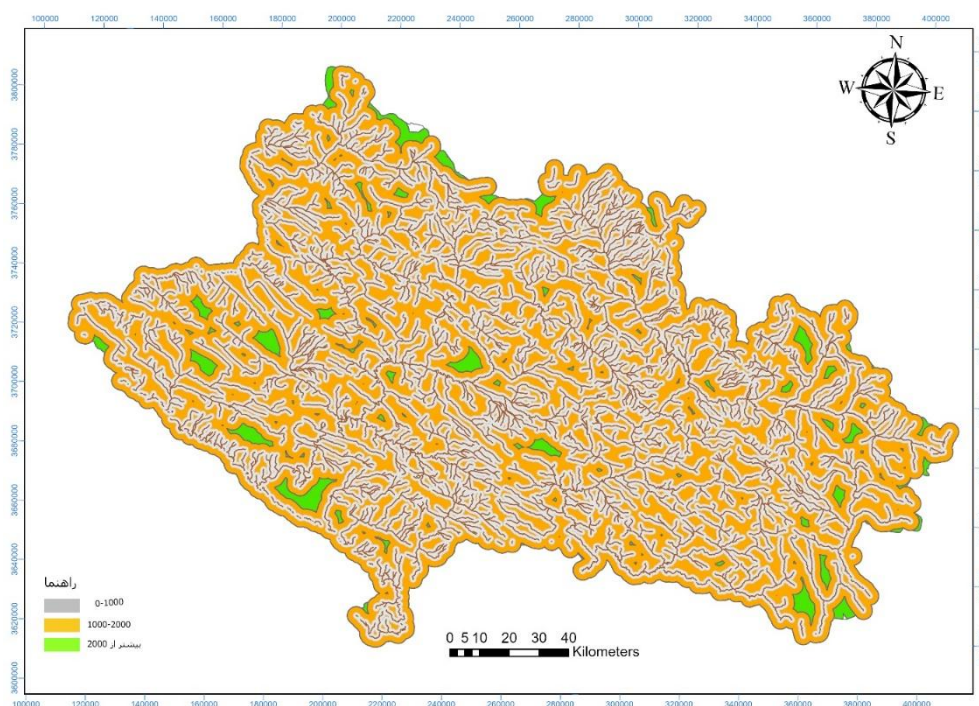
شکل ۴- نقشه طبقات جهت دامنه منطقه

نقشه جهت دامنه

از دیگر عوامل فیزیوگرافی مهم می‌توان به جهت دامنه اشاره کرد. نقشه جهت دامنه از نقشه مدل رقومی ارتفاع به دست آمد (شکل ۴). بیشترین چاههای آب در جهت مسطح قرار داشتند.

نقشه فاصله از آبراهه‌ها

فاصله از آبراهه‌ها به میزان ۱۰۰۰ متر تهیه شد. بیشترین مساحت در فواصل کمتر از ۱۰۰۰ متر از آبراهه‌ها قرار دارد (شکل ۵). بیشترین تعداد چاه‌ها در فاصله کمتر از ۱۰۰۰ متر قرار داشتند.



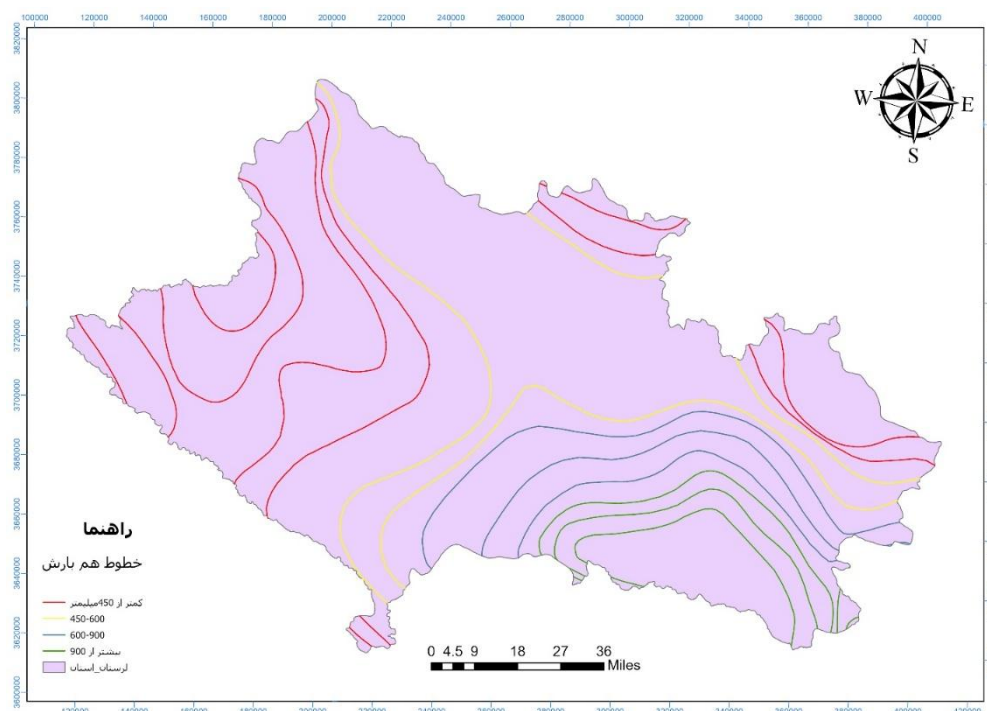
شکل ۵- نقشه فاصله از آبراهه منطقه

نقشه بارندگی

نقشه بارندگی به صورت خطوط هم بارش به میلی‌متر تهیه شد. بیشترین تعداد در بارندگی های ۴۵۰-۶۰۰ میلی‌متر بودند (شکل ۶).

ارائه مدل به وسیله رگرسیون لجستیک

مدل‌سازی به وسیله رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی مناسب است (Weiser et al, 1998). نتایج مدل سازی به وسیله رگرسیون لجستیک در (جدول ۲) نشان داده شده است. با توجه به آماره والد مهمترین متغیرها برای مدل‌سازی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی و فاصله از آبراهه‌ها تعیین شدند. در مرحله انتخاب مهمترین متغیرها برای مدل‌سازی، اگر آماره والد معنی‌دار باشد (یعنی سطح معنی داری (p-value) آن از ۰/۰۵ کوچک‌تر باشد) آن متغیر در مدل انتخاب می‌شود.



شکل ۶- نقشه هم بارش

جدول ۱- آماره والد متغیرهای مستقل

متغیرها	انحراف معیار	آماره والد	درجه آزادی	سطح معنی داری
ارتفاع از سطح دریا	۰/۲۱۰	۶/۷۴۴	۱	۰/۰۰۹**
نقشه بارندگی	۰/۲۲۲	۲۰/۲۲۲	۱	۰/۰۰۰**
فاصله از آبراهه‌ها	۰/۳۹۷	۳۷/۴۶۸	۱	۰/۰۰۰**
ضریب ثابت	۰/۷۴۴	۱۹/۰۵۴	۱	۰/۰۰۰**

جدول ۲- ضرایب حاصل از مدل رگرسیون لجستیک

ضرایب	متغیرهای مستقل	نماد
۳/۰۰۷	عدد ثابت	A
۵/۵۶۶	بارندگی	D
-۳/۴۲۰	ارتفاع	H
۰/۷۴۵	فاصله از آبراهه	R

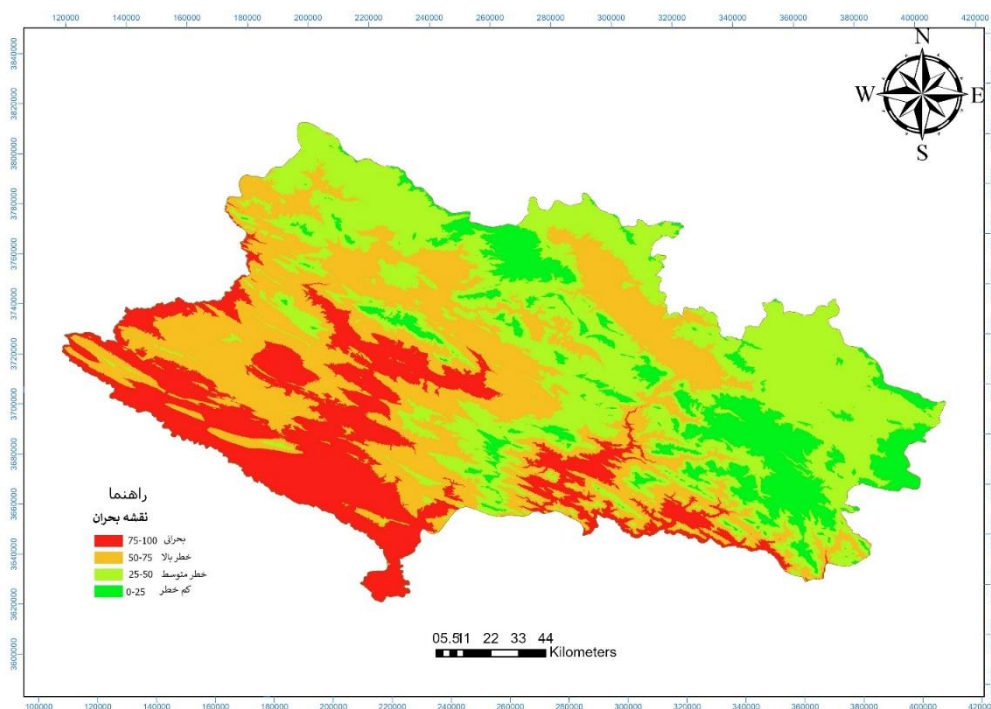
بنابراین با توجه به ضرایب ارائه شده در (جدول ۲) و آماره والد (جدول ۱)، معادله رگرسیون لجستیک به صورت (رابطه ۳) می‌باشد.

$$MAP = 3.007 + 5.566D + 0.545R - 3.42H \quad (۳)$$

که نهایتاً احتمال وقوع به صورت رابطه ۴ ارائه شد.

$$P = \exp(3.007 + 5.566D + 0.545R - 3.420H) / 1 + \exp(3.007 + 5.566D + 0.545R - 3.420H) \quad (۴)$$

بر اساس نقشه حاصل از اجرای مدل رگرسیون لجستیک مقادیر احتمال وقوع به دست آمده از ۰ تا ۱ متغیر می باشد. جهت پهنه بندی لایه احتمال وقوع در نهایت منطقه مورد مطالعه از نظر پراکنش چاه های آب کشاورزی به ۵ طبقه بحرانی، پراکنش زیاد، پراکنش متوسط، پراکنش کم و پراکنش بسیار کم تقسیم گردید (جدول ۴). مساحت هر کدام از سطوح مختلف پراکنش در شکل ۷ نمایش داده شده است. همچنین درصد پراکنش در هر کدام از سطوح در (جدول ۴) ارائه شده است.



شکل ۷- نقشه مدل پراکنش مکان های مستعد

جدول ۳- مساحت پهنه ها به درصد در هر طبقه

کلاس پراکنش	مساحت به درصد
۲۵-۰	۱۶/۱
۵۰-۲۵	۳۷-۲
۷۵-۵۰	۳۷/۱
۳۰-۷۵	۱۲/۶

در این تحقیق از بین عوامل فیزیوگرافی ارتفاع از سطح دریا، بارندگی و فاصله از آبراهه، بیشترین ارتباط را به صورت با پراکنش چاه های آب کشاورزی داشت. پس از آن عامل بارندگی، ارتباط بیشتری را به صورت مثبت با استقرار و گسترش پراکنش این گونه دارا بود. از آنجا که آماره والد عامل های شیب و جهت دامنه معنی دار نبود؛ این عوامل وارد مدل نشدند و ضریبی به آنها تعلق نگرفت.

جدول ۴- درصد صحت طبقه‌بندی برای داده‌های مدل‌سازی و اعتبار سنجی رگرسیون لجستیک

مشاهدات	پیش‌بینی					
	طبقه بندی موارد اعتبار سنجی			طبقه بندی نمونه‌ها برای مدل‌سازی		
	چاه آب		درصد صحت	چاه آب		درصد صحت
	۰	۱		۰	۱	
عدم وجود	۰	۱۶۲	۱۱۴	۸۰	۱۱۸	۱۰۶
وجود	۱	۱۲۰	۱۵۹	۸۲/۸	۱۰۳	۱۲۰
درصد صحت نهایی	۸۱/۴					۷۹

نتایج اعتبارسنجی مدل آماری حاصل از رگرسیون لجستیک، به صورت مقدار سطح زیر منحنی راک، آماره‌های آزمون هوسمر-لمشاو و آماره Nagelkerke R Squar بیان شد.

مقدار سطح زیر منحنی راک بیانگر قدرت پیش‌بینی مدل می‌باشد. مقدار $0/801$ بدست آمده برای این معیار (جدول-۵) در این مطالعه نشان دهنده‌ی همبستگی خوب بین متغیر مستقل و وابسته است.

جدول ۵- نتایج دقت پیش‌بینی مدل توسط متغیرهای انتخابی در منحنی راک

سطح زیر منحنی راک	اشتباه معیار	سطح معنی دار بودن	سطح اعتماد ۹۵٪	
			حداقل سطح منحنی	حداکثر سطح منحنی
$0/801$	$0/025$	$0/000$	$0/821$	$0/920$

آماره‌های آزمون هوسمر - لمشاو: برای آزمون معنی‌داری مدل، آماره‌های آزمون هوسمر - لمشاو در جدول ۷ ارائه شده است. بر اساس مقدار این آماره ($0/614$) اعتبار مدل بدست آمده مناسب ارزیابی شد.

آماره Nagelkerke R square: مقدار آماره Nagelkerke R square نشان می‌دهد که چگونه مدل، مجموعه داده‌ها را برازش می‌دهد. در این تحقیق مقدار شاخص $0/666$ Nagelkerke R square محاسبه شد که چون بیشتر از مقدار آستانه آن $0/2$ می‌باشد، مدل برازش قابل قبولی را نشان می‌دهد (جدول-۶).

جدول ۶- آماره‌های آزمون هوسمر - لمشاو و آماره‌های مدل برای بررسی دقت مدل آماری رگرسیون

لجستیک			
کای اسکور	Nagelkerke R square	سطح معنی‌داری (هوسمر - لمشاو)	درجه آزادی
۹/۱۱۱	۰/۶۶۶	۰/۶۱۴	۶

نتایج حاصل از مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر نشان داد که منطقه مورد مطالعه از نظر پراکنش و تراکم چاه‌های آب کشاورزی در پنج طبقه کم‌خطر، خطر متوسط، خطر بالا و بحرانی تقسیم‌بندی شده است. بیشترین سطح منطقه در طبقات خطر متوسط ($2/37$ درصد) و خطر بالا ($1/35$ درصد) قرار دارد، در حالی که حدود $6/12$ درصد از مساحت کل در پهنه بحرانی واقع شده است. تمرکز بالای چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در این نواحی، بیانگر فشار بیش‌ازحد بر آبخوان‌ها و قرار گرفتن آنها در آستانه بیلان منفی پایدار است. چنین الگویی نشان می‌دهد که این بخش‌ها از مرحله تنش آبی عبور کرده و وارد فاز بحرانی هیدروژئولوژیکی شده‌اند؛ مرحله‌ای که در آن هرگونه حفر چاه جدید یا افزایش برداشت، خطر تخلیه کامل سفره‌های آب زیرزمینی را به دنبال دارد.

مطالعات مشابه در دشت‌های مختلف کشور از جمله گرگان (پاکدل و همکاران، ۱۴۰۱)، سده (شاطری و همکاران، ۱۴۰۴)، اردبیل (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳) و نمدان (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶) نیز به صورت هم‌گرا تأیید می‌کنند که حفر بی‌رویه چاه‌های عمیق مهم‌ترین عامل افت سطح ایستابی و شور شدن آب‌های زیرزمینی است. بر اساس یافته‌های این پژوهش‌ها، افت

پی در پی سطح ایستابی موجب تغییر تیپ های هیدروشمیایی آب از نوع بی کربناته کلسیک به کلروره سدیک، افزایش هدایت الکتریکی (EC) و شاخص جذب سدیم (SAR) شده و به تدریج منابع آب را برای مصارف کشاورزی و شرب نامناسب می سازد. در پهنه های بحرانی منطقه حاضر نیز، چنین روندی به وضوح مشاهده می شود. افزایش تراکم چاه های عمیق در مناطق دشتی و کم ارتفاع باعث افت چشمگیر سطح ایستابی، خشک شدن چاه های کم عمق، کاهش تغذیه قنات و در نهایت بروز نشست زمین شده است. این پدیده ها، علاوه بر تهدید پایداری فیزیکی آبخوان، تبعات اجتماعی و اقتصادی گسترده ای نظیر کاهش درآمد کشاورزان و افزایش مهاجرت روستایی را در پی دارد.

از دیدگاه مدیریتی، نواحی با خطر بالا و بحرانی باید به عنوان مناطق ممنوعه برای حفر چاه جدید شناخته شوند. هرگونه مجوز جدید در این مناطق می تواند منجر به خالی شدن کامل سفره ها، افزایش غیرقابل بازگشت شوری و نابودی اکوسیستم های وابسته به آب شود. به جای توسعه برداشت، لازم است سیاست های آبی بر کنترل و کاهش برداشت از چاه های موجود، انسداد چاه های غیرمجاز، و جایگزینی روش های آبیاری با فناوری های نوین کم مصرف (نظیر قطره ای و زیرسطحی) متمرکز گردد. در این چارچوب، تغییر الگوی کشت به محصولات کم مصرف و مقاوم به خشکی در پهنه های بحرانی ضروری است. نتایج مطالعات شاطری و همکاران، (۱۴۰۴) در دشت سده نشان داد که گرچه حفر چاه های جدید ممکن است در کوتاه مدت رفاه اقتصادی را بهبود بخشد، اما در بلندمدت منجر به زوال اکولوژیکی و اجتماعی می شود. بنابراین، پایداری توسعه کشاورزی تنها در صورتی تضمین خواهد شد که برنامه ریزی منابع آب بر اساس ظرفیت تجدیدپذیری آبخوان ها و با رویکرد مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) انجام گیرد.

با توجه به ماهیت هیدرولوژیکی و اقلیمی منطقه، لازم است توجه شود که بسیاری از فرآیندهای مرتبط با تغذیه و بهره برداری از آب های زیرزمینی، رفتار ایستا نداشته و تحت تأثیر نوسانات زمانی، رخداد های حدی مانند خشکسالی ها و ترسالی های شدید، و تغییرات اقلیمی دچار تغییر می شوند. این شرایط می تواند سبب شود که واکنش آبخوان در مقادیر حدی با روندهای میانگین متفاوت باشد و در نتیجه، تحلیل هایی که صرفاً بر مبنای شاخص های متوسط انجام می شوند، نتوانند تمامی پیچیدگی های سیستم را منعکس کنند. در پژوهش حاضر، به دلیل محدودیت دسترسی به داده های بلندمدت و پیوسته زمانی، مدل سازی بر پایه متغیرهای نماینده و شرایط میانگین دوره مطالعه انجام شد؛ از این رو نتایج بیشتر بیانگر الگوی کلی و نسبی پراکنش خطر هستند. بنابراین، پیشنهاد می شود در مطالعات آتی با بهره گیری از سری های زمانی طولانی تر و روش های تحلیل نایستایی و مقادیر حدی، ارزیابی دقیق تری از رفتار دینامیک آبخوان ها صورت گیرد تا عدم قطعیت ها کاهش یابد و تصمیم گیری های مدیریتی با اطمینان بیشتری انجام شود.

به طور کلی، نتایج این پژوهش هشدار می دهد که منطقه مورد مطالعه در مسیر فروپاشی هیدروژئوشیمیایی قرار دارد و تداوم روند فعلی برداشت، موجب نابودی تدریجی آبخوان ها خواهد شد. نقشه های پهنه بندی حاصل از مدل رگرسیون لجستیک می تواند مبنای تصمیم گیری در تعیین محدوده های بحرانی و ممنوعه برای حفر چاه های جدید قرار گیرد. اتخاذ سیاست های بازدارنده در این مناطق، همراه با بازسازی ظرفیت طبیعی تغذیه آبخوان، تنها راهکار مؤثر برای جلوگیری از تشدید بحران و حفظ پایداری منابع آب زیرزمینی در دهه های آینده است.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی، به ویژه از طریق افزایش تعداد چاه های عمیق و نیمه عمیق، مهم ترین عامل بروز بحران در منطقه مورد مطالعه است. تحلیل مکانی با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک نشان داد که بخش قابل توجهی از منطقه در طبقات خطر بالا و بحرانی قرار دارد که این امر بیانگر فشار بیش از حد بر ذخایر زیرزمینی و عبور منطقه از مرحله تنش آبی به بحران کامل است. تمرکز چاه ها در نواحی کم ارتفاع موجب تشدید بیلان منفی آبخوان، افزایش شوری، تغییر تیپ های یونی و در نهایت کاهش قابلیت استفاده منابع آب شده است. بنابراین، تداوم روند فعلی بهره برداری، خطر فروپاشی اکوسیستم های وابسته به آب و بحران های اجتماعی و اقتصادی گسترده را در پی خواهد داشت. بر این اساس، ضروری است که مدیریت منابع آب در منطقه با رویکرد پیشگیرانه، شامل ممنوعیت حفر چاه های جدید در پهنه های بحرانی،

کنترل برداشت‌های موجود، و اصلاح الگوی کشت به سمت محصولات کم‌مصرف، مورد بازنگری اساسی قرار گیرد تا پایداری منابع آب زیرزمینی در بلندمدت حفظ شود.

منابع

- آقازاده، ن.، ذکایی، ف. (۱۴۰۵). مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی آبخوان ساحلی قالقاچی جهت ارزیابی نفوذ آب شور با استفاده از مدل *GMS*. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست*، ۵(۱)، ۱۶۲-۱۷۷.
- آرا، ه.، قاسم‌نژاد، م.، ملاشاهی، م. (۱۳۹۶). بررسی چینه‌شناسی نیکاها برای تشخیص نوسان‌های اقلیمی (مطالعه موردی: حوضه علاء در حاشیه کویر مرکزی). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۸(۱)، ۸۳-۹۸.
- برابریان، ا.، محسنی، ن. (۱۴۰۴). مدل‌سازی زمانی-مکانی فرسایش خاک با استفاده از مدل *RUSLE* و اثرات آن بر کیفیت خاک. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۶(۲)، ۱۱۳-۱۴۰.
- پاکدل، م.، قره‌محمودلو، م.، جندقی، ن.، فتح‌آبادی، ا.، نیک‌قوجق، ی. (۱۴۰۲). تأثیر برداشت از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق بر افت سطح ایستابی و پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در دشت گرگان مدیریت بیابان. ۹(۲)، ۶۳-۷۸.
- تقی‌زاده، م.، حلبیان، ا.، عالی‌پور، م.، کیومرثی، ح. (۱۳۹۶). شناسایی و پهنه‌بندی میزان شوری آب‌های زیرزمینی با استفاده از *GIS* (مطالعه موردی: دشت نمدان شهرستان اقلید). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۸(۳)، ۱۳۳-۱۴۶.
- جافریان، الف.، پیریابوقار، م.، قهرمانی، ل. (۱۳۹۴). تعیین مهم‌ترین عوامل فیزیوگرافی تأثیرگذار بر پراکنش گونه ارغوان افغانی (*Cercis griffithii*) به‌منظور معرفی مدل پراکنش مکانی. *مجله جنگل ایران*، ۱۷(۱)، ۳۳-۴۴.
- جعفریان، ز.، ارزانی، ح.، جعفری، م.، زاهدی، ق.، آذرینوند، ح. (۱۳۹۹). تهیه نقشه پیش‌بینی مکانی گونه‌های گیاهی با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: مراتع رینه، کوه دماوند). *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۷۹، ۱-۱۸.
- ده‌مدره، ا.، حشمت‌پور، ع.، فتح‌آبادی، ا.، جندقی، ن. (۱۴۰۵). بررسی تأثیر خشکسالی و ترسالی بر کیفیت و کمیت آب زیرزمینی شهرستان کلالة. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست*. ۵۷-۳۹.
- شاطری، م.، قدیری، ع.، میکائیکی، ج. (۱۴۰۴). اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق بر سکونتگاه‌های روستایی دشت سده. *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، ۱۹(۱)، ۱۸۳-۱۹۴.
- قره‌محمودلو، م.، شیرزادینیا، ج. (۱۴۰۲). ارزیابی و مقایسه کیفیت منابع آبی چشمه و چاه از نظر قابلیت شرب و آبیاری (مطالعه موردی: شرق دشت گرگان). *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست*، ۲(۱)، ۴۷-۶۶.
- کثیری، ز.، حبیب‌نژاد،، روشن، س. (۱۳۹۹). پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی بر پایه *GIS* و *RS* با استفاده از *ANP* مطالعه موردی: دشت ناز ساری). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۱(۱)، ۱۰۳-۱۲۰.
- نعیمی، م.، جلیلی، ع.، زندی‌فر، س. (۱۴۰۴). بررسی اثرات فعالیت‌های انسانی بر کمیت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: حوضه کویر مرکزی ایران). *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۳۲(۲)، ۱۶۰-۱۸۴.
- طاهری سودجانی، ه.، عابدی کوپایی، ج. (۱۳۹۴). بررسی کیفیت آب چاه‌های دشت‌های استان چهارمحال و بختیاری به منظور کشت گلخانه‌ای در این مناطق. *کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران*. مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱۰(۳)، ۲۶۲-۲۷۵.
- Aghazadeh, N., Zakaie, F., 2026. Modelling groundwater flow in the Qalqachi coastal aquifer to evaluate saltwater intrusion using the *GMS* model. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 5(1), 162–177. (In Persian)
- Ara, H., Ghasemnejad, M., Mallashahi, M., 2017. Stratigraphic investigation of nebkhas for detecting climatic fluctuations (Case study: Alaa Basin, Central Desert margin). *Environmental Planning and Management Geography*, 28(1), 83–98. (In Persian)
- Barabarian, A., Mohseni, N., 2025. Spatio-temporal modeling of soil erosion using *RUSLE* model and its impacts on soil quality. *Environmental Planning and Management Geography*, 36(2), 113–140. (In Persian)
- Das, B., Pal, S.C., Malik, S., Chakraborty, R., 2019. Modeling groundwater potential zones of Puruliya district, West Bengal, India using remote sensing and *GIS* techniques. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(3), 223–237.
- Dehmardeh, A., Heshmatpour, A., Fathabadi, A., Jandaghi, N., 2026. Investigation of drought and wet periods effects on groundwater quantity and quality in Kalaleh County. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 5(1), 39–57. (In Persian)

- Esfandiari Darabad, F., Ghaffari Gilandeh, A., Ata, ..., Lotfi, Kh., Khodadad, ..., 2014. Seismic vulnerability assessment of cities using TOPSIS method in GIS environment (Case study: Ardabil city). *Natural Environmental Hazards*, 3(4), 17–33. (In Persian)
- Ghareh Mahmoudlou, M., Shirzadenia, J., 2023. Assessment and comparison of spring and well water quality for drinking and irrigation purposes (Case study: Eastern Gorgan Plain). *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 2(1), 47–66. (In Persian)
- Jafarian, E., Pirbaavqar, M., Ghahremani, L., 2015. Determination of the most important physiographic factors affecting the distribution of Afghan ironwood (*Cercis griffithii*) to introduce a spatial distribution model. *Iran Forest Journal*, 7(1), 33–44. (In Persian)
- Jafarian, Z., Arzani, H., Jafari, M., Zahedi, G.H., Azarnivand, H., 2012. Mapping spatial prediction of plant species using logistic regression (Case study: Rineh rangeland; Damavand Mountain). *Physical Geography Research*, 44(1), 1–18. (In Persian)
- Kasiri, Z., Habibnejad, ..., Roshan, S., 2020. Groundwater potential mapping using GIS and RS with ANP method (Case study: Naz Plain, Sari). *Environmental Planning and Management Geography*, 31(1), 103–120. (In Persian)
- McCune, B., Grace, J.B., 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software, Glenden Beach, OR, USA.
- Moazeni, S., Salajegheh, A., Khalighi Sigaroodi, S., Golkarian, A., Cerdà, A., 2025. Identification of key factors influencing soil infiltration in semi-arid watershed. *Hydrological Processes*, 39(7), e70210.
- Naemi, M., Jalili, A., Zandi-Far, S., 2025. Effects of human activities on groundwater quantity resources (Case study: Central Desert Basin of Iran). *Iranian Rangeland and Desert Research*, 32(2), 160–184. (In Persian)
- Pakdel, M., Ghareh Mahmoudlou, M., Jandaghi, N., Fathabadi, A., Nikghojagh, Y., 2023. Impact of deep and semi-deep well extraction on groundwater level decline and water quality parameters in Gorgan Plain. (In Persian)
- Shateri, M., Ghadiri, A., Mikaneki, J., 2025. Environmental, economic and social impacts of deep and semi-deep wells on rural settlements of Sedeh plain. *Geographical Land Engineering*, 9(1), 183–194. (In Persian)
- Taghizadeh, M., Halabian, A., Alipour, M., Kiumarhi, H., 2017. Zoning groundwater salinity using GIS (Case study: Namdan Plain, Eghlid). *Environmental Planning and Management Geography*, 28(3), 133–146. (In Persian)
- Taheri Soudjani, H., Abedi Koopaei, J., 2014. Investigation of groundwater quality in wells of Chaharmahal and Bakhtiari province for greenhouse cultivation. *Proceedings of the National Irrigation and Drainage Congress*. (In Persian)
- Tarkesh, M., Jetschke, G., 2012. Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. *Environmental and Ecological Statistics*, 19(3), 437–457.