Provision of early Desertification Warning System based on Climate and Groundwater Criteria Study area: Aq Qala and Gomishan counties

Abdolhossein Boali1[1], Dr. Hamid Reza Asgari[2*] , Dr. Ali Mohamadian Behbahani[3], Dr. Abdolrassoul Salmanmahiny[4], Dr. Babak Naimi, [5]

1-Ph.D Student in Desert Regions Management ,University of Agriculture and Natural Recourses Sciences of Gorgan.
2- Associate Professor of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3-Assistant Professor, of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
4-Professor of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
5-Assistant Professor, Department of Geosciences and Geography, The University of Helsinki

Boali1, A & Asgari, H R & Mohamadian Behbahani, A & Salmanmahiny, A R & Naimi, B. (2021). [Provision of early Desertification Warning System based on Climate and Groundwater Criteria Study area: Aq Qala and Gomishan counties]. *Geography and Development*, 19(63), 285-306.

doi: http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.6204

Received:11/07/2020
Accepted : 19/10/2020

Keywords:
MEDALUS,
Desertification,
Aq Qala and Gomishan,
Warning system,
Management.

ABSTRACT

In this research, the desertification process is evaluated using 3 climate indicators and 4 groundwater indices in the form of a modal model in a period of 20 years (2008-2017) in the west of Golestan province with the aim of providing a desertification warning system.Then, by determining the threshold limits for the influential indicators in the desertification process of the region, the desertification early warning system was presented based on four indicators. The results of the index change the trend showed that drought indices, total soluble materials, electrical conductivity, and groundwater depth had the greatest impact on desertification in the region, respectively. Desertification warning maps have shown an increase in drought indicators, total solubility, and electrical conductivity from west to east. Also, the groundwater depth index in the central areas has the highest warning range. According to the results obtained from monitoring desertification indicators, the electrical conductivity index during the years 1999, 2001, 2004 to 2006 and 2009, the Total dissolved solids index in the years 1998, 1999, 2001, 2004, 2006 and 2007, Groundwater depth index of 2001, 2002, 2006, 2008 and 2014, Finally, the drought index is in the warning range during the years 1999 to 2003, 2006 to 2008, 2011, 2014, 2015 and 2016. Irrigated lands, drylands and wetlands in the East region affected by desertification warning have been that on this basis is suggested for better management of the land, the threshold defined in this study as the basis for the work to be placed.

Copyright©2021, Geography and Development. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

1- Introduction

Today, desertification is recognized as one of the major forms of environmental degradation and a widespread and very serious problem around the world. Desertification assessment will be done based on the diagnosis and determination of suitable criteria and indicators related to the biophysical, economic and social parts and effective factors in the processes identify and parameters involved in land degradation. By identifying the criteria and indicators for each region, and also, the monitoring of them during periods of time, it is possible to analyze time series data to identify the main causes of desertification and its effects, as well as the development and innovation of initial warning systems of desertification. In other words, it can be said that criteria, indicators, monitoring, evaluation and early warning systems are

***Corresponding Author:**
Dr.Seyed Skandar Seidaiy
Address: Department of of Geography and Rural Planning, University of Isfahan
Tel: +98 (9131098975)
E-mail: s.seidiy@geo.ui.ac.ir

considered as inseparable components of a comprehensive desertification system. The structure of the forecasting system is based on the main components of ISDR: assessing the severity of desertification, monitoring, setting warning zones, and finally presenting management strategies to reduce the impact of desertification risk. this region is its uniqueness in terms of desert phenomena and desertification impacts at country and Caspian coastal basins scales. This study was evaluated in the west of Golestan province with the aim of providing a desertification warning system and desertification was compared in two 10-year periods.

2-Methods and Material

In this study, first the desertification process was evaluated using 3 climatic criteria and 4 groundwater criteria in the form of Modalus model in a period of 20 years (2017-2008) in the west of Golestan province. Desertification of the region was also compared in two 10-year periods. Then, by determining the threshold limits for the influential indicators in the desertification process of the region, the desertification early warning system was presented based on 4 indicators.

3-Results and Discussion

After performing the necessary analyzes on the information obtained from the region, based on the Medalus model, desertification intensity was calculated for each of the groundwater and climate criteria .The results of the index change trend showed that drought indices (162), total soluble materials (147), electrical conductivity (145) and groundwater depth (127) had the greatest impact on desertification in the region, respectively.

Desertification warning maps have shown an increase in drought indicators, total solubility and electrical conductivity from west to east. Also, the groundwater depth index in the central areas has the highest warning range. According to the results obtained from monitoring desertification indicators, the electrical conductivity index during the years 1999, 2001, 2004 to 2006 and 2009, the Total dissolved solids index in the years 1998, 1999, 2001, 2004, 2006 and 2007, Groundwater depth index of 2001, 2002, 2006, 2008 and 2014 , Finally, the drought index is in the warning range during the years 1999 to 2003, 2006 to 2008, 2011, 2014, 2015 and 2016. Irrigated lands, dry lands and wetlands in the East region affected by desertification warning.

4-Conclusion

In this research, an attempt was made to collect and present the principles of setting up an early desertification warning system in the region. Due to the fact that the initial desertification warning system is a new concept, it is necessary to test it in several parts of the country and after finalization, it will be used as a new initiative throughout the country. In general, the main purpose of providing such systems is to warn of the possibility of danger to people at risk of land degradation and its potential effects, and in fact, by providing information, it helps to reduce economic losses. Early warning information triggers actions when danger approaches, and if risk assessment studies and operational and communication plans are integrated and coordinated, early warning systems can bring substantial benefits. Therefore, it is suggested that in order to better manage the lands in the study area, the thresholds set in this study should be used as a basis.

Keywords: MEDALUS,Desertification, Aq Qala and Gomishan, Warning system, Management.

5-References

- Akbari, M, Ownegh, M., Asgari, H.R. Sadoddin, A &Khosravi H(2016). Design &Development of Early Warning System for Desertification and Land Degradation. Environmental Resources Research. 4 (2):112-129. https://ijerr.gau.ac.ir/article_3410.html
- Arami, Abdol Hossein (2013). Risk assessment, damage and development of desert management plan in Aqband semi-arid region, Golestan province, Master Thesis in Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 216 p. https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/315b403e4d122ffc193ac3c34ccc8f8a
- Ahmadi, Hassan; Mohammad Reza Ekhtsaci; Ali Golkarian; Elham abrishami.(2006). Evaluation and preparation of desertification map using modified Modalus model in Fakhrabad region of Mehriz, Yazd, Journal of the Faculty of Natural Resources, Volume 59, Number 3, PP:519-532 http://panel.agriis.ir/Attachments/Files/529201552664313691.pdf

- Boali, A., Bashari, H. and Jafari, R (2018). Evaluating the potential of Bayesian networksfor desertification assessment in arid areas of Iran. Land Degradation & Development. 30(4): 371- 390. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.3224
- Boali, Abdol Hossein; Hossein Bashari; Reza Jafari; Mohsen Soleimani (2017). Potential of Bayesian belief networks to evaluate the impact of soil quality criteria on desertification in the Segzi plain area of Isfahan. Journal of Soil and Water Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources) Year 21, No. 2, PP: 15-28. https://jstnar.iut.ac.ir/article-1-2825-fa.html
- Balis, B., Bartynski, T., Bubak, M., Dyk, G., Gubala, T., & Kasztelnik, M (2013). A development and execution environment for early warning systems for natural disasters. In Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid), 201313th IEEE/ACM International Symposium on (575-582 pp). https://dl.acm.org/doi/abs/10.1109/CCGrid.2013.101
- Grasso, F. V (2012). Early Warning Systems, State-of-Art Analysis and Future Directions, Draft report, United Nations Environment Programme (UNEP). 66 p. http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/newsletter12/883_eng.pdf
- Hosseini, Seyed Mahmoud; Mohammad Reza Ekhtsaci; Ali Reza Shahriari; Hamed Shafiee (2010). Investigation of actual and potential desertification status with emphasis on wind erosion criteria by MICD method (Case study: Niatak region of Sistan), Journal of Rangeland and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 63, Number 2, PP:165- 181. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=131877
- Kosmas, C., Kirkby, M. J., & Geeson, N (1999). The Medalus Project: Mediterranean desertification and land use: Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. European Commission,Brussels. https://www.researchgate.net/publication/262374822_Methodology_for_mapping_Environmentally_Sensitive_Areas_ESAs_to_desertification
- Khosravi, Hassan (2011). Presenting a monitoring model and early warning system for desertification, PhD thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, Karaj. 127 p.
- Moghaddam, M. H., Sedighi, A., Fasihi, S., & Karimi., M (2018). Effect of environmental policies in combating aeolian desertification over Sejzy Plain of Iran. Aeolian Research. 35:19-28. https://daneshyari.com/article/preview/11028527.pdf
- Masoudi, Reyhaneh (2011). Desertification early warning system based on two factors: water and climate (Case study: Kashan plain). Master Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. https://civilica.com/doc/322481/
- Mohammadifar, Fahimeh (2017). Quantitative and qualitative zoning of groundwater using geostatistics in a part of Gorgan plain. Master Thesis, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/47ff37e77df99d1a3a933f4f3b95a774
- Nunez, M., Pablo, p., Rieradevall, A., & Antón, A. J (2009). Assessing potential desertification environmental impact in life cycle assessment .Int J Life Cycle Assess, 15:67-78. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/93536
- Nafar, Fatemeh (2019). Evaluation and comparison of Madalus model and remote sensing in estimating desertification of Sefid Sefid-Borujen basin. Master Thesis. Shahrekord University. https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/fe8e364f5f68aa9ad73309772f9b829b
- Rahdari, Gholam Reza; Ali Akbar Fakhira; Ali Reza Shahriari; Hassan Khosravi (2014). Modeling land degradation assessment and providing early desertification warning system. Journal of Desert Ecosystem Engineering, (5) 3, PP: 63-71. https://deej.kashanu.ac.ir/article-1-184-fa.html
- Sharifabad, Javad (2017). Presenting a monitoring model and desertification risk forecasting system (case study of Yazd Ardakan plain). Ph.D. Thesis. Hormozgan University, Faculty of Agriculture &atural Resources. https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/1891cb8ed542ff966592d8d87b451c31
- Tiexin, C., Yiwang, W., & Yuefeng, S (2010). Development and application of tender evaluation decision-making and risk early warning system for water projects based on KDD. Advances in Engineering Software.34 (48) 58-69. https://dl.acm.org/doi/abs/10.1016/j.advengsoft.2012.02.003
- Timothy, M. (2013). What early warning systems are there for environmental shocks environment l science & policy. 27 (6) 0 –75. https://www.researchgate.net/publication/257587877_What_early_warning_systems_are_there_for_environmental_shocks
- UNEP (2012). Early Warning Systems. A State of the Art Analysis and Future Directions. Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programmer (UNEP), Nairobi. https://na.unep.net/siouxfalls/publications/early_warning.pdf
- Zehtabian, Gholam Reza; Hassan Ahmadi; Hassan Khosravi; Ammar Rafiei (2004). Method of preparing desertification map using Madalus model in Iran. Desert Magazine. Volume 10. PP: 205-223. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=32719

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ارائۀ سیستم هشدار اولیۀ بیابان‌زایی مبتنی بر معیار اقلیم و آب زیرزمینی
منطقۀ موردمطالعه: شهرستان آق‌قلا و گمیشان

عبدالحسین بوعلی[۱]، دکتر حمیدرضا عسگری[۲*]، دکتر علی محمدیان بهبهانی[۳]
دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی[۴]، دکتر بابک نعیمی[۵]

جغرافیا و توسعه، شمارۀ ۶۳، تابستان ۱۴۰۰
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۲۸
صفحات : ۳۰۶-۲۸۵

واژه‌های کلیدی:
مدالوس، بیابان‌زایی، آق قلا و گمیشـان، سیستم هشدار بیابان‌زایی.

چکیده

امروزه بیابان‌زایی به‌عنوان یکی از اشکال عمدۀ تخریب محیط‌زیست و یک مشکل فراگیر و بسیار جدی در سراسر جهان شناخته شده‌است. در این تحقیق نخست روند بیابان‌زایی با استفاده از ۳ شاخص اقلیم و ۴ شاخص آب زیرزمینی در قالب مدل مدالوس در یک دورۀ ۲۰ ساله (۱۳۹۶-۱۳۸۷) در غرب استان گلستان با هدف ارائۀ سیستم هشدار بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفته و بیابان‌زایی در دو دورۀ ۱۰ ساله مورد مقایسه قرار گرفت. سپس با تعیین حدود آستانه‌ای برای شاخص‌های تأثیرگذار در روند بیابان‌زایی منطقه، سیستم هشدار اولیۀ بیابان‌زایی برپایۀ ۴ شاخص ارائه شد. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی روند تغییرات شاخص‌ها نشان داد که به‌ترتیب شاخص‌های خشکی (۱۶۲)، کل مواد محلول (۱۴۷)، هدایت الکتریکی (۱۴۵) و عمق آب زیرزمینی (۱۲۷) بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشته‌اند. نقشه‌های هشدار بیابان‌زایی نشان از روند افزایشی غربی- شرقی شاخص‌های خشکی، کل مواد محلول و هدایت الکتریکی در منطقه داشته و شاخص عمق آب زیرزمینی نیز در نواحی مرکزی بیشترین محدودۀ هشدار را دربرگرفته‌اند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پایش شاخص‌های بیابان‌زایی، شاخص هدایت الکتریکی طی سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸، شاخص کل مواد محلول سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۷۸، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶، شاخص عمق آب زیرزمینی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۵، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳ و درنهایت شاخص خشکی طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲، ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ در محدودۀ هشدار قرار گرفته است. کاربری‌های اراضی آبی، دیم و تالاب‌ها در شرق منطقه تحت‌تأثیر هشدار بیابان‌زایی قرار گرفته‌اند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود درجهت مدیریت بهتر این اراضی، آستانه‌های تعیین‌شده در این تحقیق مبنای کار قرار داده شود.

مقدمه

امروزه بیابان‌زایی به‌عنوان یکی از اشکال عمدۀ تخریب محیط‌زیست و یک مشکل فراگیر و بسیار جدی در سراسر جهان شناخته شده‌است. این پدیده سالانه ۴۲ میلیارد دلار به اقتصاد جهانی زیان رسانده و حدود دو میلیارد نفر از مردم جهان را متأثر ساخته و سالانه مهاجرت پنج میلیون نفر از شهر و کاشانۀ خود را سبب می‌شود (*حسینی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۷۱و بوعلی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۳*). اهمیت موضوع بیابان‌زایی به‌عنوان یک نگرانی زیست‌محیطی و تأثیر آن بر کشورهای مواجه با خشکسالی، در کنفرانس اجلاس زمین در ریو (۱۹۹۲)، مطرح و باعث برگزاری مذاکرات مختلف تا رسیدن به امضای تعهدنامۀ کنوانسیون سازمان‌ملل‌متحد برای مقابله با بیابان‌زایی توسط کشورهای عضوملل‌متحد شد.در این‌کنوانسیون معیارها و شاخص‌ها، نظارت بر روند بیابان‌زایی، ارزیابی و سیستم‌های پیش‌آگاهی، به‌عنوان اجزای جدایی‌ناپذیر از رویکرد جامع مدیریت خشکسالی و

۱- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران Hossien.boali@yahoo.com
۲- دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران (نویسنده مسئول) Hamidreza.asgari@gau.ac.ir
۳- استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران Mohammadian @gau.ac.ir
۴- استاد گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران Mahini@gau.ac.ir
۵- استادیار گروه جغرافیا و علوم زمین، دانشگاه هلسینکی، فنلاند Naimi.b@gmailm

بیابان‌زایی با ویژگی‌های زمانی- مکانی آن‌ها مشخص شد (*Grasso, 2012: 55*). تعاریف بسیاری از سیستم‌های هشدار اولیه برای هدایت اقدامات افراد، گروه‌ها و دولت‌ها وجود دارد. تعریف رسمی دبیرخانهٔ کاهش مخاطرات طبیعی سازمان ملل به این شرح است: ارائهٔ اطلاعات به‌موقع و مؤثر ازطریق نهادهای شناسایی که به افراد در معرض خطر برای جلوگیری، کاهش خطر و آماده‌شدن برای پاسخ فرصت می‌دهد *(UNEP, 2012: 66)*. ویژگی‌های یک سیستم هشدار شامل‌استمرار در عملکرد،هشدارهای به‌موقع، شفافیت، یکپارچگی،انعطاف‌پذیری و غیرسیاسی بودن است *(راهداری و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۵)*. بسیاری معتقدند که سیستم‌های پیش‌هشدار یک فرایند اجتماعی برای تولید حداکثر اطلاعات دقیق دربارهٔ حوادث احتمالی در آینده است(*شریف‌آباد، ۱۳۹۶: ۲۵*).

یک سیستم هشدار اولیهٔ یک سیستم یکپارچه برای نظارت، جمع‌آوری، تجزیه‌وتحلیل، تفسیر و انتقال داده‌ها است که بعد از آن می‌تواند برای تصمیم‌گیری درجهت حفظ سلامت جامعه و محیط‌زیست و به‌حداقل‌رساندن نگرانی‌ها و ناراحتی‌های جامعه مورد استفاده قرار بگیرد *(Moghaddam et al, 2018:22)*. سیستم‌های پیش‌آگاهی، سیستم‌های پیچیده‌ای از ویژگی‌های برنامه‌های سازمانی مانند نظارت مستمر بر تغییر پدیده‌ها، مأموریت، واکنش و استراتژی‌های زمان بحران و برنامه‌های کاربردی- علمی هستند *(Balis et al, 2013:580)*. باید اشاره کرد مطالعات اندکی در ارتباط با سیستم هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی در خارج و داخل کشور انجام شده و اکثر مطالعات در ارتباط با سایر مخاطرات است. تیکسیم[1] و همکاران (۲۰۱۰) یک سیستم هشدار اولیه را برای کمبود آب براساس مدل KDD[2] و با استفاده از نرم‌افزار Stella ارائه کردند و درنهایت، از نسبت عرضه و تقاضا برای پیش‌بینی عرضه و تقاضای اجتماعی- اقتصادی آب استفاده شده‌است و یک شبیه‌سازی برای آن تحت سناریویی از کمبود آب محقق شد (*Tiexin et al, 2010: 60*). تیموسی و لنتون[3] در مطالعهٔ خود یک طبقه‌بندی جدید نسبت‌به شوک‌های محیطی به‌دست آمده از سیستم‌های دینامیک ارائه کردند و همچنین، سیستم‌های هشدار اولیه را نسبت‌به شوک‌های زیست‌محیطی به‌طورخاص در سیستم‌های اقلیمی و اکوسیستمی بررسی کرد. او همچنین سه دسته از شوک‌های محیط‌زیستی را حوادث شدید، نوسانات ناگهانی و نقاط اوج ذکر کرد. ارزیابی بیابان‌زایی براساس تشخیص و تعیین معیارها و شاخص‌های مناسب فیزیکی، بیولوژیک، اقتصادی- اجتماعی و عوامل مؤثر در تخریب اراضی عملی می‌شود *(Timothy & Lenton, 2013: 10)*. با مشخص‌شدن معیارها و شاخص‌ها و پایش آن‌ها در طی دوره‌های زمانی امکان تجزیه‌وتحلیل داده‌های سری زمانی برای پی‌بردن به عوامل اصلی بیابان‌زایی و اثرات ناشی از آن ارائه و توسعهٔ سیستم‌های هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی را فراهم می‌سازد *(Nunez et al, 2009: 70)*. در حال حاضر به‌طور کامل و دقیق نظام و سامانه‌ای برای پایش تغییرات معیارها و شاخص‌های پایداری عرصه در کشور وجود نداشته یا عملیاتی نشده‌است؛ بنابراین تا زمانی که عرصه کاملاً تخریب نشده، هیچ برنامه یا عکس‌العملی نیز برای کنترل عامل تخریب یا معکوس کردن روند آن درپیش گرفته نمی‌شود *(Boali et al, 2018:375)*.

در این رابطه می‌توان به تعدادی از این پروژه‌ها (صرفاً باهدف پایش) درکشور اشاره کرد:سیستم پیش‌آگاهی سیل وزارت نیرو،سیستم پیش‌آگاهی زلزله پژوهشکدهٔ سوانح و حوادث طبیعی و سیستم

1-Tiexin
2-Knowledge Discovery in Database
3-Timothy and Lenton

پیش‌آگاهی خشکسالی کشاورزی پایگاه ملی مدیریت خشکسالی کشاورزی وابسته به مؤسسهٔ تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور؛ اما در زمینهٔ مطالعات پیش‌آگاهی بیابان‌زایی نیز می‌توان به تحقیقاتی ازجمله اکبری و همکاران اشاره کرد. یک سیستم پیش‌آگاهی خطر بیابان‌زایی را در دشت گرگان ارائه کرد. در این سیستم خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل ایرانی بیابان‌زایی ارزیابی می‌شود. مناطق تحت هشدار در این مطالعه ازطریق حد آستانه‌های محیطی مشخص شدند و برنامه‌های راهبردی پیشگیری و کنترل بیابان پیشنهاد شد *(Akbari et al, 2016: 115)*. خسروی (۱۳۹۱) در قالب رسالهٔ دکتری با استفاده از مدل IMDPA و با نرم‌افزار GISو با تأکید بر معیارهای اقلیم، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، منابع آب و پوشش گیاهی، روند و اثر تغییرات معیارها و شاخص‌های پایش بیابان‌زایی دشت کاشان را در چهار دورهٔ زمانی بررسی کرد و درجهت ارائهٔ سیستم هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی، اطلاعات معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی (خروجی پایش)، طی یک دورهٔ ۹ساله به‌طور سیستماتیک جمع‌آوری و آنالیز شد و درنهایت با توجه به معیارها و شاخص‌های اثرگذار در بیابان‌زایی، برای هر شاخص آستانهٔ قابل‌تحمل تعریف شد (*خسروی، ۱۳۹۱: ۱۲۷*).مسعودی (۱۳۸۹) به‌منظور ارائهٔ سیستم هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی در دشت کاشان، به مطالعه برروی دو معیار آب و اقلیم پرداخت. وی با استفاده از مدل IMDPA و با نرم‌افزار GIS سیستم هشدار را در قالب دو بُعد سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تعریف کرد. پس از ارزیابی بیابان‌زایی به این نتیجه رسید که معیار آب با ارزش عددی ۳/۳۶ بیشترین تأثیر را در شدت بیابان‌زایی منطقه داشت و در کلاس شدید قرار گرفت *(مسعودی، ۱۳۸۹: ۳۲)*. به‌منظور پی‌بردن به نقش عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی و پتانسیل بیابان‌زایی، تحقیقات زیادی انجام شده که حاصل آن ارائهٔ مدل‌های مختلف بیابان‌زایی است. مدل مدالوس[1] ازجمله مدل‌هایی است که به نحو وسیعی در ارزیابی بیابان‌زایی در کشورهای مختلف و ازجمله ایران استفاده شده‌است *(احمدی و همکاران، ۱۳۸۵: ۵۲۳)*. نفر در مطالعه‌ای درجهت ارزیابی بیابان‌زایی حوضهٔ آبخیز سفیددشت- بروجن به‌مساحت ۹۲۵۶۵ هکتار، واقع در استان چهارمحال و بختیاری، از مدل مدالوس استفاده کرد. نتایج نشان داد که معیار اقلیم با امتیاز ۱/۸۰ در دو کلاس شدید و خیلی شدید، بیشترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه دارد. وضعیت معیار مدیریت و سیاست، پوشش گیاهی و خاک منطقه به‌ترتیب با امتیاز ۱/۷۶، ۱/۷۱ و ۱/۵۵در دو کلاس شدید و خیلی شدید، آب زیرزمینی در کل سطح منطقه با امتیاز ۱/۳۳ در کلاس متوسط قرار گرفت. درنهایت مشخص شد که ۵۶ درصد منطقه با وضعیت بیابان‌زایی شدید و ۴۴ درصد با وضعیت خیلی شدید مواجه است (*نفر، ۱۳۹۸:۶۶*). بنابراین، در این تحقیق نیز از مدل MEDALUS استفاده شده‌است. این مدل از روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی چندعامله است که دراکثر کشورهای حاشیهٔ دریای مدیترانه و خاورمیانه اجرا شده و نتایج مثبتی به‌دنبال داشته است؛ بنابراین به‌دلیل سازگاربودن این مدل با شرایط بیابانی، استفاده از قابلیت GIS و سنجش‌ازدور در تعیین نقشه‌ها و امکان تجزیه و تحلیل آن‌ها، درجهت ارائهٔ سیستم هشدار بیابان‌زایی و تعیین مناطق بحرانی و غیربحرانی در گسترش بیابان‌زایی مناطق‌دشتی غرب استان گلستان استفاده شد. در منطقهٔ موردمطالعه باتوجه به اقلیم نیمه‌خشک، خشکسالی‌های اخیر و به‌دلیل محدودیت منابع آب و همچنین مصارف بالای آب در بخش‌های شرب و کشاورزی، ضرورت دارد با بررسی وضعیت اقلیمی و تغییرات کمّی و کیفی آب، مشکلات موجود شناسایی و با انجام تدابیر مناسب، سبب کاهش

1-Mediterranean Desertification and Land Use

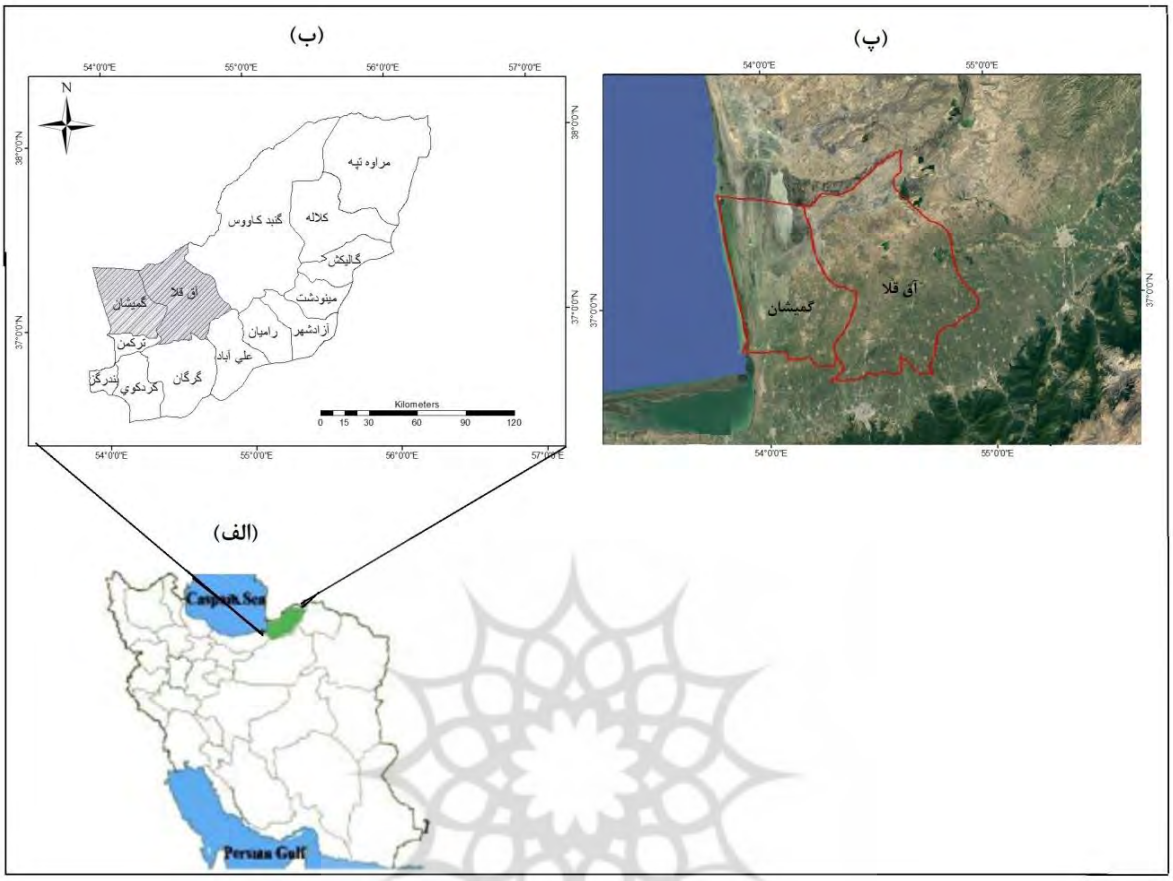
خطرات زیست‌محیطی شود؛ بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، هدف از پژوهش حاضر بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی و کمّیت و کیفیت آب زیرزمینی در بازۀ زمانی ۲۰ساله با استفاده از مدل مدالوس درجهت ارائۀ سیستم هشدار بیابان‌زایی در منطقۀ غرب استان‌گلستان است. نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد و مناسب در راستای کاهش اثرات تخریب زمین و توسعۀ بیابان‌زایی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش

منطقۀ موردمطالعه

منطقۀ موردمطالعه (غرب استان گلستان) در جنوب شرقی بزرگ‌ترین دریاچۀ جهان (دریای کاسپین) و در جنوب‌غربی بیابان قره‌قوم ترکمنستان واقع شده‌است، به‌طوری‌که همواره از دو منبع رطوبتی و خشکی یاده‌شده متأثر است. منطقه طی ادوار گذشته در معرض فرونشینی، پیش‌روی و پس‌روی‌های مکرر آب دریای خزر و سایر رخدادها ازجمله طوفان‌های بادی (عامل نهشته‌های لسی منطقه) و سیلاب‌های عظیم قرار داشته است. منطقۀ موردمطالعه با مساحتی درحدود ۳۰۹۴ کیلومتر مربع در شمال غرب استان گلستان (شهرستان‌های آق‌قلا و گمیشان) واقع شده و دارای مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقۀ عرض‌شمالی و ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۳ دقیقۀ طول‌شرقی است. این منطقه، از شمال به اراضی کویری و پلایایی کشور ترکمنستان، از غرب به‌جلگۀ ساحلی‌دریایی خزر،از جنوب به‌شهرستان‌های گرگان و بندر ترکمن و از شرق به شهرستان گنبد کاووس محدود می‌شود. بلندترین نقطه در منطقه با ارتفاعی در حدود ۳۰۸۸ متر از سطح آب‌های آزاد و در قسمت جنوبی و کمترین نقطۀ ارتفاعی در حدود ۳۲- متر از سطح آب‌های آزاد و در بخش غربی منطقه واقع شده‌است. شکل ۱ موقعیت منطقۀ موردمطالعه برروی نقشۀ ایران و استان گلستان را نشان می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱: الف) نقشهٔ موقعیت منطقهٔ موردمطالعه در ایران ب) موقعیت منطقهٔ موردمطالعه در استان گلستان
پ) تصویر گوگل‌ارث از منطقهٔ موردمطالعه
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

روش تحقیق

مدل مدالوس

در این پژوهش تصمیم گرفته شد تا با توجه به وسعت محدودهٔ موردمطالعه، و محدودیت‌های زمان و هزینه، از دو معیار اقلیم و آب (در مدل مدالوس) استفاده شود و مهم‌ترین و اثرگذارترین شاخص‌ها برای بررسی آن‌ها انتخاب شوند. با راه‌اندازی و استقرار سیستم هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی، معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی به‌طور سیستماتیک، جمع‌آوری و آنالیز می‌شود و نسبت‌به آستانه‌ها کنترل می‌شوند تا در صورت بروز هرگونه تخریب احتمالی، هشدار لازم به اطلاع بهره‌بردار و دستگاه مرتبط رسانده شود تا تصمیمات لازم را اتخاذ کرده و از تخریب اراضی جلوگیری کنند (*مسعودی، ۱۳۸۹: ۳۲؛ خسروی، ۱۳۹۱: ۱۲۷ و راهداری و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۵*). به‌منظور تهیهٔ نقشه و ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی منطقهٔ موردمطالعه با استفاده از روش مدالوس، از معیار آب زیرزمینی و اقلیم استفاده شد. برای معیار آب زیرزمینی ۴ شاخص و برای معیار اقلیم ۳ شاخص مدنظر قرار گرفت تا با ارزیابی آن‌ها در هریک از کاربری‌های اراضی موجود در منطقه، میزان تأثیر این شاخص‌ها در فرایند بیابان‌زایی مشخص شود. هرکدام از شاخص‌ها با توجه به وضعیت کیفی، امتیازی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ خواهند گرفت. امتیاز مربوط به معیارها با میانگین هندسی شاخص‌های مربوط به آن مشخص می‌شود. جدول ۱ کلاس‌های شدت بیابان‌زایی براساس مدل مدالوس را

نشان می‌دهد. رابطهٔ ۱ نحوهٔ محاسبهٔ امتیاز مربوط به مدل مدالوس را مشخص می‌کند *(Kosmas et al, 1999: 157)*.

رابطهٔ ۱:

(معیار آب‌زیرزمینی× معیار اقلیم)$^{۱/۲}$= معیار بیابان‌زایی

جدول ۱: طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی براساس مدل مدالوس

کلاس	شدت بیابان‌زایی	حدود امتیاز
۱	ناچیز و کم	۱۰۰ – ۱۲۴
۲	متوسط	۱۲۴ – ۱۴۹
۳	شدید	۱۵۰ – ۱۷۴
۴	بسیار شدید	۱۷۵ – ۲۰۰

مأخذ: kosmas et al, 1999: 157

به‌منظور ارزیابی بیابان‌زایی، اقلیم به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در این پدیده، مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای بررسی این معیار سه شاخص بارش سالانه، شاخص خشکسالی و شاخص خشکی در نظر گرفته شد. با توجه به ایستگاه‌های مختلف در منطقهٔ موردمطالعه از ۵ ایستگاه با دورهٔ آماری ۲۰ساله (۱۳۹۶-۱۳۷۷) که از ادارهٔ آب‌منطقه‌ای استان گلستان تهیه شده‌بود، برای بررسی شاخص‌های اقلیمی استفاده شد. شاخص خشکسالی از شاخص بارش استاندارد برآورد می‌شد.شاخص بارش استاندارد، شاخصی است که براساس احتمال بارش، برای مقیاس‌های زمانی متفاوت به‌کار برده می‌شود. این شاخص برای هر منطقه براساس ثبت داده‌های بارش در بلندمدت برای یک دورهٔ دلخواه به‌دست می‌آید. دورهٔ خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت شود و مقادیر تجمعی SPI نیز بزرگی و شدت دورهٔ خشکسالی را نشان می‌دهد. دامنهٔ طبقات برای تعیین ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها براساس شاخص SPI در جدول ۲ آمده‌است.

جدول ۲: کلاس‌بندی مقادیر شاخص SPI

طبقه	بی‌نهایت مرطوب	مرطوب شدید	مرطوب متوسط	بارش نرمال	خشکی ملایم	خشکی شدید	خشکی حاد
SPI	۲ و بیشتر	۱/۹۹ تا ۱/۵	۱/۴۹ تا ۱	۰/۹۹ تا -۰/۹۹	۱/۴۹- تا ۱-	۱/۹۹- تا ۱/۵-	۲- و کمتر
کد طبقه	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱

مأخذ: خسروی، ۱۳۹۱ : ۱۵۴

به‌منظور بررسی شاخص خشکی در این تحقیق از شاخص ترانسو استفاده شده‌است که براساس رابطهٔ ۲ تعریف می‌شود.

رابطهٔ ۲: $$I = \frac{P}{\mathrm{ETP}}$$

که در آن P بارش سالانه و ETP مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه است. شاخص بارش سالانه از آمار بارش ایستگاه‌های درون و اطراف منطقه و با استفاده از آمار ۲۰ساله (۱۳۹۶-۱۳۷۷) به روش درون‌یابی و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌دست آمد. برای تهیهٔ نقشه و انتخاب بهترین روش از نرم‌افزار ArcGIS که توانایی انجام تکنیک ارزیابی متقابل را دارد و معیار آماری ریشهٔ دوم میانگین مربع خطا (RMSE)، استفاده شده‌است. در این مطالعه از روش

کرینجینگ به علت داشتن کمترین خطا استفاده شد. طبقه‌بندی کلاس‌های بیابان‌زایی از منظر معیار اقلیم در جدول ۳ آورده شده‌است. رابطهٔ ۳ میانگین هندسی شاخص‌های معیار اقلیم درجهت ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی اقلیمی مدل مدالوس را نشان می‌دهد.

رابطهٔ ۳:

$$\text{معیار اقلیم} = (\text{استمرار خشک‌سالی} \times \text{شاخص خشکی} \times \text{مقدار بارش سالانه})^{1/3}$$

جدول ۳: شاخص‌های ارزیابی معیار اقلیم

شماره	شاخص ارزیابی	کلاس	ناچیز و کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
		دامنه	۱۰۰ - ۱۲۴	۱۲۵ – ۱۴۹	۱۵۰ – ۱۷۴	۱۷۵ – ۲۰۰
۱	مقدار بارش سالانه		≥۲۸۰	۱۵۰ - ۲۸۰	۷۵ - ۱۵۰	< ۷۵
۲	شاخص خشکی		> ۰/۶۵	۰/۴۵ – ۰/۶۵	۰/۲ – ۰/۴۵	< ۰/۲
۳	استمرار خشکسالی		۱ تا ۳ سال	۴ تا ۵ سال	۶ تا ۷ سال	بیشتر از ۷ سال

مأخذ: *زهتابیان و همکاران،۱۳۸۴: ۲۱۰*

با توجه به اینکه اهمیت آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیش از سایر مناطق اقلیمی است، باید تمهیداتی درجهت مدیریت صحیح استفاده از این مایهٔ حیاتی، به‌عمل آورد تا بتوان از ایجاد شرایط بحرانی جلوگیری کرد. ازآنجاکه هیچ شاخصی درجهت ارزیابی معیار تخریب منابع آب در روش مدالوس لحاظ نشده و اصولاً این مدل دربارهٔ این معیار توجهی نکرده‌است، درحالی‌که از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک به‌ویژه منطقهٔ خاورمیانه و ایران را می‌توان کاهش کیفیت و اُفت آب زیرزمینی در این مناطق ذکر کرد. بدین‌منظور پس از بررسی و مطالعهٔ منابع موجود و نیز بازدیدهای صحرایی، شاخص‌های موردنیاز برای ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی از ۳۲ چاه آب زیرزمینی (آب منطقه‌ای استان گلستان) منطقهٔ موردمطالعه انتخاب شد. بررسی عمق آب‌زیرزمینی درمنطقهٔ مطالعاتی‌براساس چاه‌های پیزومتری که در منطقه موجود بود، انجام شد. درجهت بررسی وضعیت کیفیت آب منطقه از سه شاخص EC، SAR و غلظت املاح محلول استفاده شد. طبقه‌بندی کلاس‌های بیابان‌زایی از منظر معیار آب زیرزمینی در جدول ۴ آورده شده است. رابطهٔ ۴ میانگین هندسی شاخص‌های معیار آب زیرزمینی درجهت ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی آب زیرزمینی در مدل مدالوس را نشان می‌دهد.

جدول ۴: شاخص‌های ارزیابی معیار آب زیرزمینی

شماره	شاخص ارزیابی	کلاس	ناچیز و کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
		دامنه	۱۰۰ - ۱۲۵	۱۲۵ – ۱۵۰	۱۵۰ – ۱۷۵	۱۷۵ – ۲۰۰
۱	هدایت الکتریکی (ds/m)		< ۷۵۰	۷۵۰ - ۲۲۵۰	۲۲۵۰ - ۵۰۰۰	> ۵۰۰۰
۲	نسبت جذب سدیم		<۱۸	۱۸ – ۲۶	۲۶ – ۳۲	> ۳۲
۳	عمق آب زیرزمینی (cm)		>۲۵۰	۱۵۰- ۲۵۰	۱۰۰ - ۱۵۰	<۱۰۰
۴	کل مواد جامد محلول (mg/l)		< ۴۵۰	۴۵۰ - ۱۰۰۰	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	> ۲۰۰۰

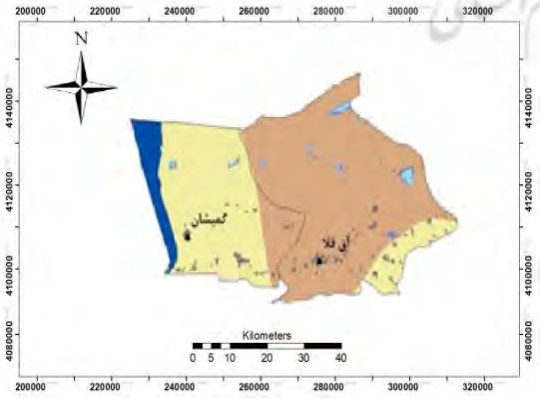
مأخذ: زهتابیان و همکاران،۱۳۸۴: ۲۱۰

رابطهٔ ۴:

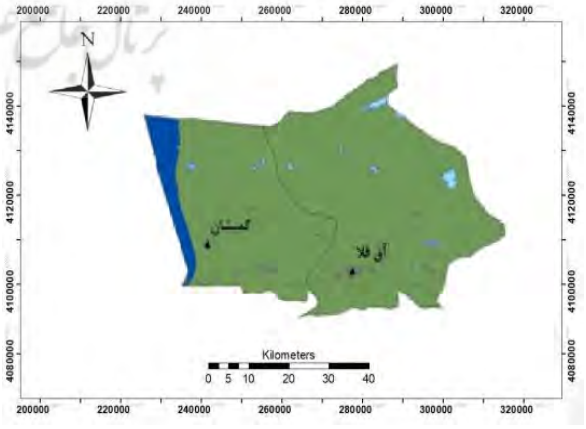
$$\text{معیارآب‌های زیرزمینی} = (\text{هدایت الکتریکی} \times \text{کل مواد جامد محلول} \times \text{نسبت جذب سدیم} \times \text{عمق آب زیرزمینی})^{1/4}$$

یافته‌های تحقیق

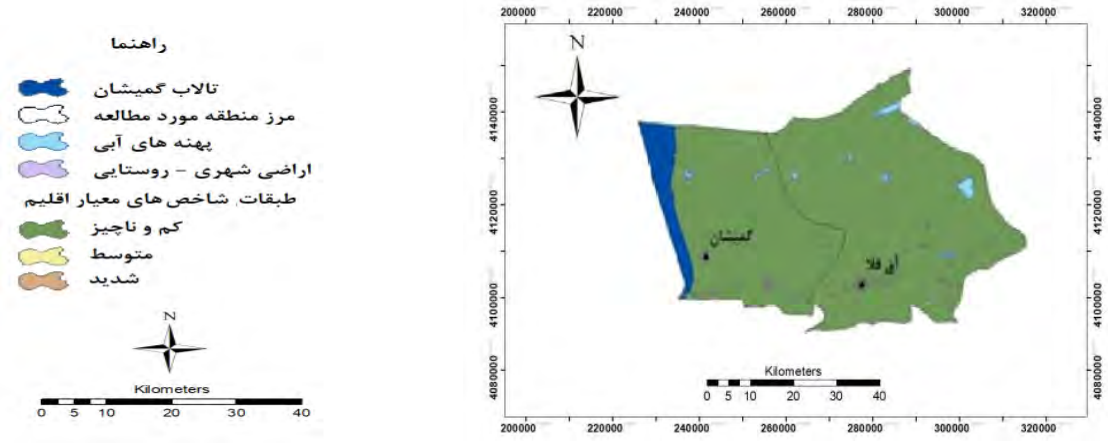
پس از انجام تحلیل‌های لازم برروی اطلاعات به‌دست‌آمده از منطقهٔ نخست براساس مدل مدالوس، شدت بیابان‌زایی برای هرکدام از شاخص‌های معیار آب زیرزمینی و اقلیم محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی ۲۰سالهٔ بارش در ۵ ایستگاه در منطقه نشان داد که مقدار حداقل بارش ۳۳۹ میلی‌متر و مربوط به ایستگاه سد گرگان است. براین‌اساس و با توجه به کلاس‌بندی این شاخص در منطقه، کل منطقه در محدودهٔ کلاس با ارزش کم و ناچیز قرار گرفت. درجهت بررسی شاخص خشکی در این تحقیق از شاخص ترانسو استفاده شده‌است. براساس این شاخص منطقه در دو کلاس متوسط با درصد فراوانی ۴۱ و شدید با درصد فراوانی ۵۹ درصد قرار گرفت. پس از بررسی مقدار عددی شاخص SPI در طول دورهٔ آماری در منطقهٔ موردمطالعه مشخص شد که تکرار خشکسالی کمتر از ۳ سال است؛ بنابراین براساس آن ارزش عددی این شاخص برابر با ۱۲۴ و در محدودهٔ کلاس کم و ناچیز قرار گرفت. شکل ۲ نقشهٔ شاخص‌های معیار اقلیم در منطقهٔ موردمطالعه را نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)

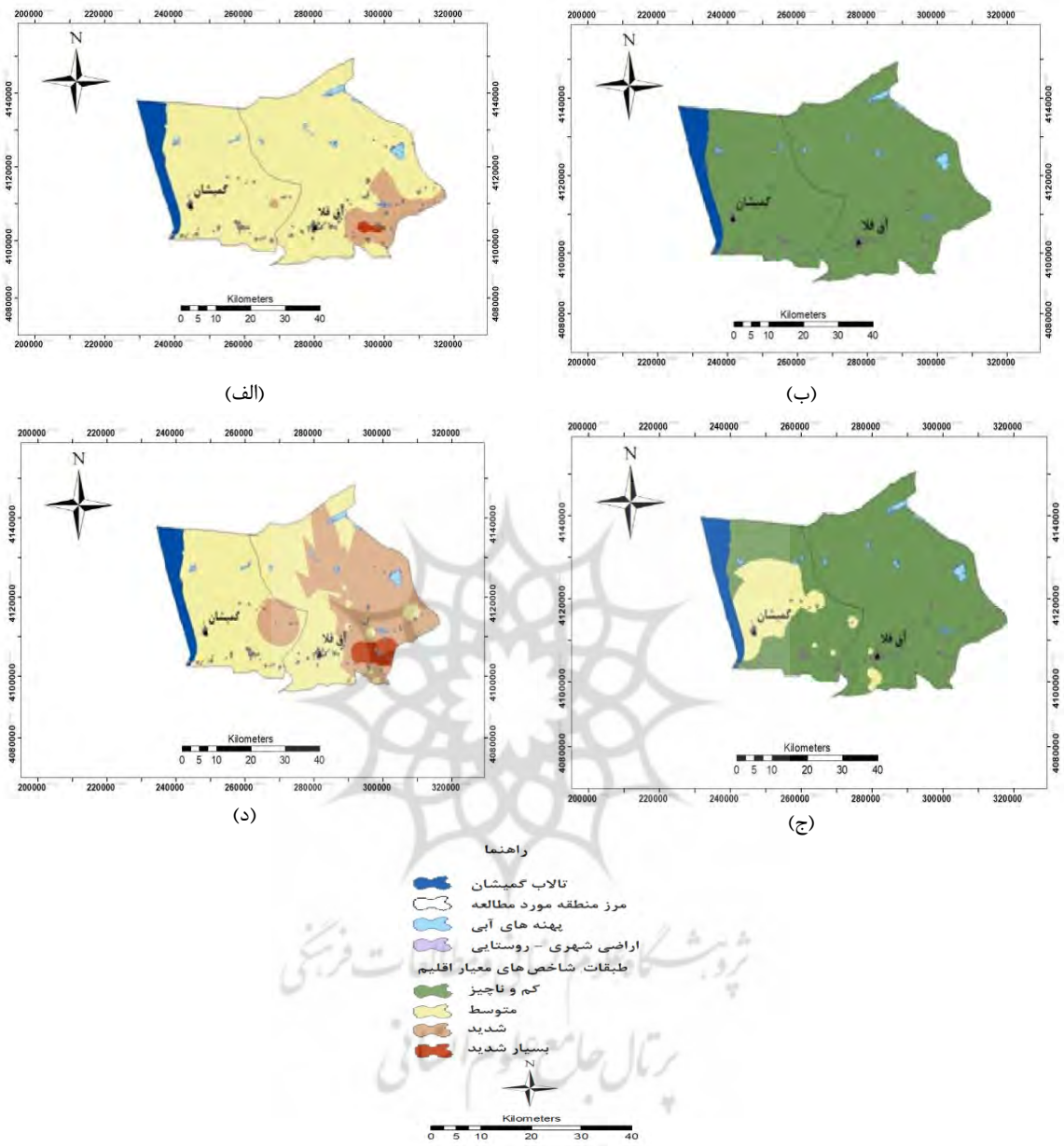


(ج)

شکل۲: نقشه طبقات بیابان‌زایی شاخص‌های معیار اقلیم در منطقه مورد مطالعه. الف): خشکی، ب): بارش، ج): خشکسالی

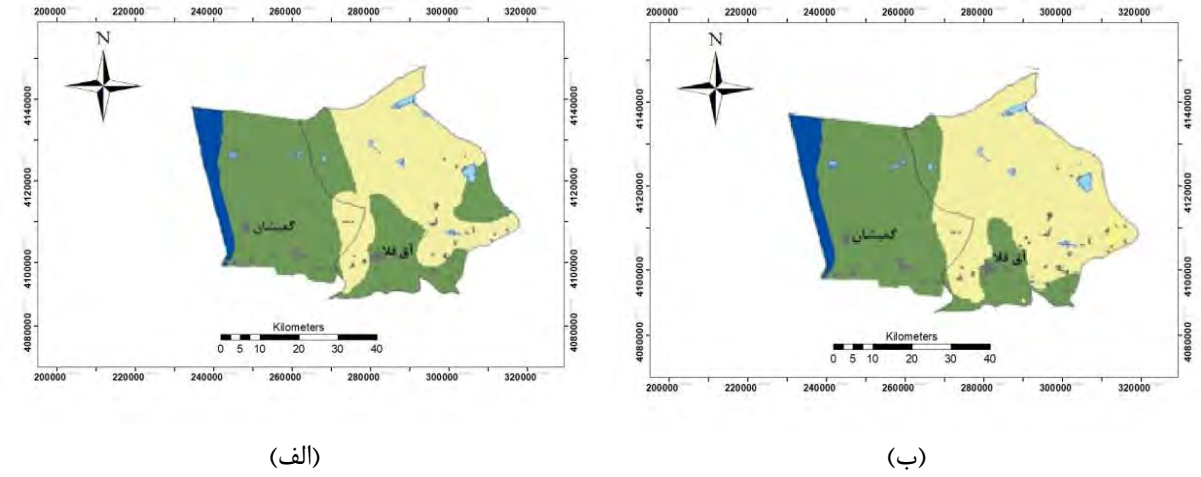
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

در محاسبهٔ معیار آب زیرزمینی از شاخص کیفی هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR) و کل مواد جامد محلول (TDS) و همچنین شاخص کمّی عمق آب زیرزمینی استفاده شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، EC آب‌های زیرزمینی منطقه در سه کلاس متوسط با درصد فراوانی ۹۱/۶۳، کلاس شدید با درصد فراوان ۷/۸۷ و کلاس بسیار شدید با درصد فراوانی ۰/۵ طبقه‌بندی شد. با توجه به اینکه حداکثر میزان نسبت جذب سدیم در منطقه ۱۳ دسی زیمنس بر متر است، تمامی منطقه در کلاس بیابان‌زایی کم و ناچیز از نظر این شاخص قرار گرفت و امتیاز آن در مدل مدالوس ۱۰۰ برای تمامی منطقه در نظر گرفته شد. با بررسی‌های انجام‌شده میزان کل مواد جامد محلول در آب زیرزمینی منطقه در سه کلاس متوسط با درصد فراوانی ۶۱/۹۰، کلاس شدید با درصد فراوانی ۳۵/۳۵ و کلاس بسیار شدید با درصد فراوانی ۲/۷۵ طبقه‌بندی شد. عمق آب زیرزمینی به‌عنوان شاخص کمّی درنظر گرفته شد و در طول دورهٔ آماری در منطقهٔ مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده عمق آب زیرزمینی در دو کلاس کم و ناچیز با درصد فراوانی ۸۵/۸۶ و کلاس متوسط با درصد فراوانی ۱۴/۱۴ طبقه‌بندی شد (شکل ۳).



شکل۳: نقشهٔ طبقات بیابان‌زایی شاخص‌های معیار آب زیرزمینی در طول دورهٔ ۲۰ساله (۱۳۹۶-۱۳۷۷)
الف) هدایت الکتریکی، ب) نسبت جذب سدیم، ج) عمق آب زیرزمینی، د) کل مواد جامد محلول
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

پس از بررسی شاخص‌های معیار اقلیم و آب زیرزمینی در منطقه، با استفاده از مدل مدالوس نقشهٔ بیابان‌زایی در دو دورهٔ ۱۰ساله تهیه شد (شکل ۴). نتایج این مطالعه بیانگر آن است که روند بیابان‌زایی منطقه روند غرب به شرق است و هرچه از دریا دور می‌شویم، مناطق بیابانی در منطقه بیشتر به چشم می‌خورد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، ۱۲۵۴ کیلومتر مربع از منطقه در دورهٔ اول در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار داشته که با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در دورهٔ دوم به ۱۵۵۴ کیلومتر مربع افزایش پیدا کرده‌است.



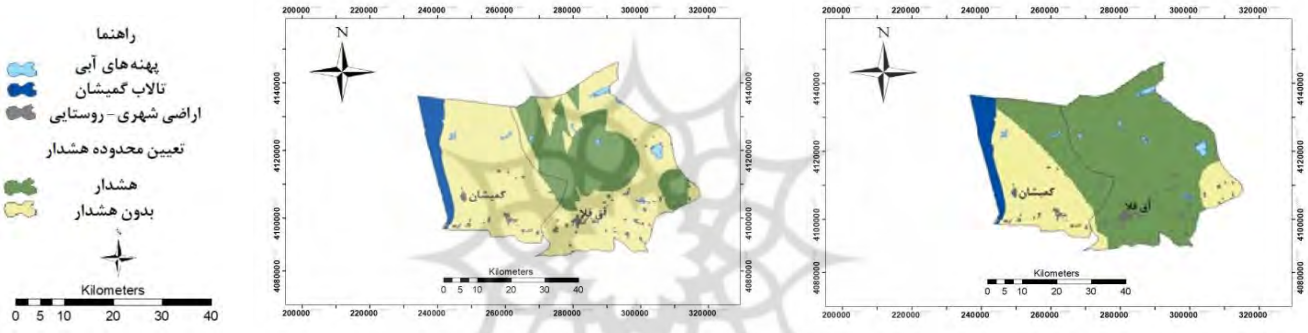
(الف) (ب)

شکل۴: الف) نقشهٔ بیابان‌زایی منطقهٔ موردمطالعه در دورهٔ زمانی (۱۳۸۶-۱۳۷۷)
ب)- نقشهٔ بیابان‌زایی منطقهٔ موردمطالعه در دورهٔ زمانی (۱۳۹۶-۱۳۸۷)
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

تجزیه‌وتحلیل معیارها و شاخص‌های سیستم هشدار پیش‌آگاهی بیابان‌زایی

بر طبق نتایج تجزیه‌وتحلیل شاخص‌ها و معیارها در منطقهٔ موردمطالعه، از بین دو معیار درنظرگرفته‌شده، معیار آب زیرزمینی با میانگین وزنی ۱۳۲ از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در کلاس متوسط قرار گرفت. میانگین وزنی معیار اقلیم در منطقه نیز ۱۲۴ به‌دست‌آمده و در کلاس کم و ناچیز قرار گرفت. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده برروی امتیازات شاخص‌های معیار اقلیم در هریک از کاربری‌های موجود در منطقه، مشخص شد شاخص خشکی ترانسو با امتیاز ۱۶۲ نقش اصلی را در بیابان‌زایی منطقه ایفا کرده‌است و درجهت پایش در نظر گرفته شد. از میان شاخص‌های معیار آب زیرزمینی در منطقه نیز به‌ترتیب شاخص‌های کل مواد محلول (۱۴۷)، هدایت‌الکتریکی (۱۴۵) و عمق آب زیرزمینی (۱۲۷) دارای بیشترین نقش در بیابان‌زایی منطقه بودند و درجهت پایش بیابان‌زایی در نظر گرفته شدند. تأثیر شاخص نسبت جذب سدیم در منطقه بسیار جزئی بوده (۱۱۰) و تأثیری در بیابان‌زایی منطقه نداشته‌است. با توجه به تغییرات زمانی (سالانه) و مکانی شاخص‌های مؤثر در روند توسعهٔ بیابان‌زایی منطقه، سیستم هشدار اولیه براساس تغییر شاخص‌ها نسبت‌به حد آستانهٔ تغییرات مورد بررسی قرار گرفت. حد آستانهٔ هر شاخص براساس استانداردهای موجود و تغییرات محلی و منطقه‌ای

محاسبه شده‌است. با توجه به اینکه شاخص ترانسو از رابطهٔ کلی I=P\ETP که P بارش سالانه و ETP مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه تعیین می‌شود. حد آستانهٔ شاخص خشکی از میانگین طولانی‌مدت بارش به تبخیر و تعرق پتانسیل به‌دست آمد. براین‌اساس شاخص خشکی کمتر از ۰/۳۳ به‌عنوان محدودهٔ هشدار در منطقهٔ موردمطالعه در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده منطقه از نظر شاخص خشکی طی سال‌های ۱۳۷۸ تا۱۳۸۲، ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ در محدودهٔ هشدار قرار گرفت. شکل ۵ موقعیت مکانی مناطق تحت هشدار شاخص خشکی در ۲ دورهٔ موردمطالعه درمنطقه را نشان می‌دهد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، روند افزایشی محدوده‌های هشدار از نظر شاخص خشکی در طی دو دوره در منطقه به‌وضوح قابل مشاهده بوده و روند افزایشی آن از غرب به شرق است.



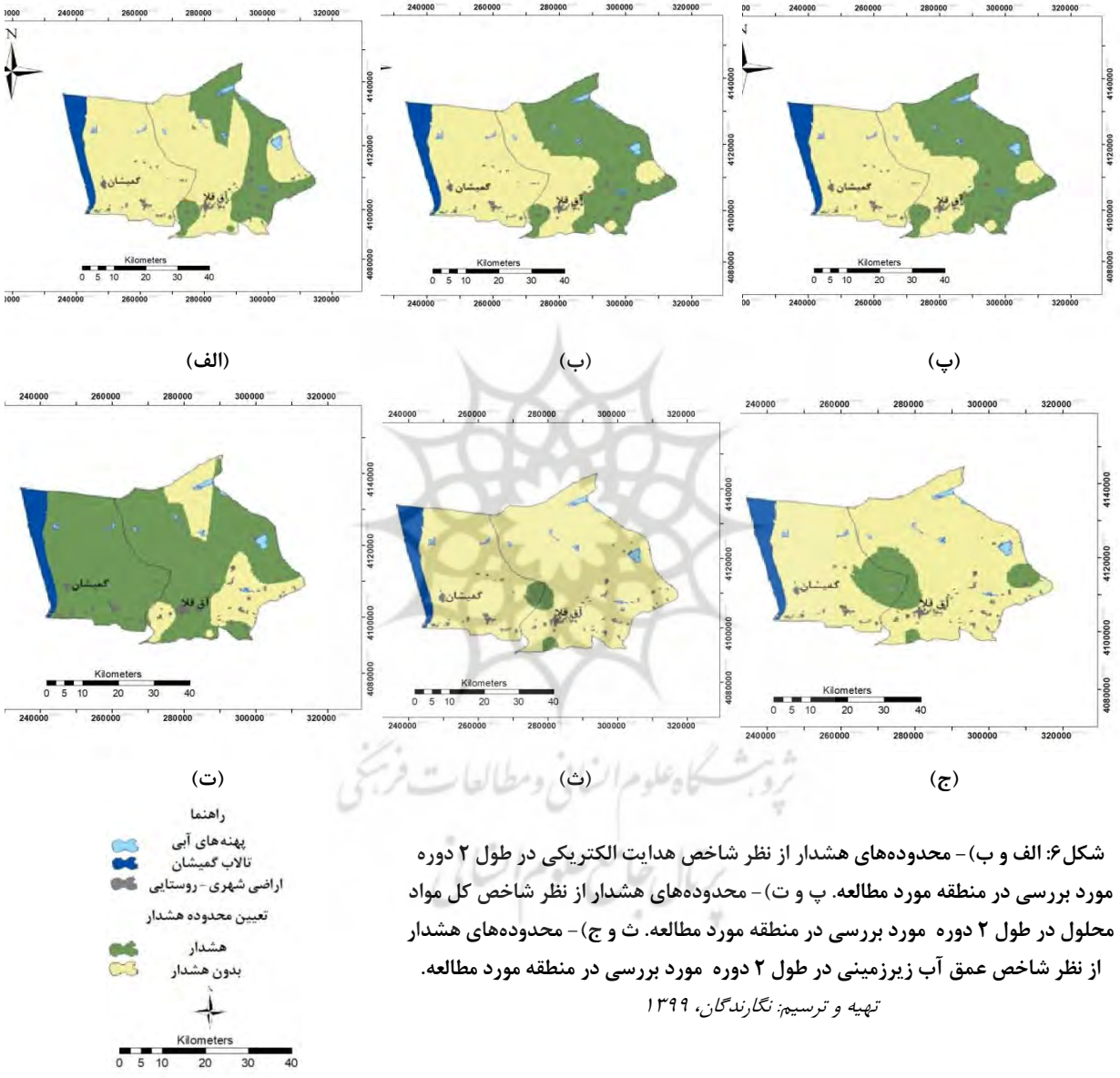
الف (۱۳۷۷-۱۳۸۶) ب (۱۳۸۷-۱۳۹۶)

شکل۵: الف و ب)- محدوده‌های هشدار از نظر شاخص خشکی در طول ۲ دوره در منطقه مورد مطالعه.

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

با توجه به نظر کارشناسان، مطالعات قبلی و دیاگرام شولر و ویلکاکس با استفاده از پایش شاخص‌ها در طول دورهٔ ۲۰ساله حد آستانهٔ شاخص‌های آب زیرزمینی تعیین شد. مقدار کل مواد محلول بیش از ۱۱۴۶ میلی‌گرم در لیتر و مقدار هدایت الکتریکی بیش از ۱۸۲۱ دسی زیمنس بر متر به‌عنوان حد آستانهٔ شاخص‌ها تعیین شد. براساس نظر کارشناسان آب منطقه‌ای استان گلستان اُفت ۵۰ سانتی‌متری عمق آب زیرزمینی به‌عنوان محدودهٔ هشدار در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پایش شاخص‌های معیار آب زیرزمینی، شاخص هدایت الکتریکی طی سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ و براساس شاخص کل مواد محلول سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۷۸، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در محدودهٔ هشدار قرار گرفت. از نظر عمق آب زیرزمینی نیز سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۵، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳ در محدودهٔ هشدار قرار گرفت. شکل ۶ موقعیت مکانی مناطق تحت هشدار شاخص‌های معیار آب زیرزمینی در ۲ دورهٔ موردمطالعه در منطقه را نشان می‌دهد. براساس نتایج به‌دست‌آمده روند تغییرات شاخص هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در طول ۲ دوره از غرب به شرق افزایشی بوده و در دورهٔ دوم (۱۳۹۶-۱۳۸۷) نزدیک به نیمی از منطقه در محدوهٔ هشدار قرار گرفته‌است. روند افزایشی محدوده‌های هشدار از نظر شاخص کل مواد محلول در طی دو دوره در منطقه به‌وضوح قابل‌مشاهده بوده

و روند افزایشی آن در همهٔ سطح منطقه قابل‌مشاهده است. با بررسی عمق آب زیرزمینی در طول دو دوره، مشخص شد که نواحی مرکزی منطقه در محدودهٔ هشدار قرار داشته و در دورهٔ دوم با افزایشی نسبی همراه بوده‌است.



شکل۶: الف و ب)- محدوده‌های هشدار از نظر شاخص هدایت الکتریکی در طول ۲ دوره مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه. پ و ت)- محدوده‌های هشدار از نظر شاخص کل مواد محلول در طول ۲ دوره مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه. ث و ج)- محدوده‌های هشدار از نظر شاخص عمق آب زیرزمینی در طول ۲ دوره مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه.

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

بحث

با توجه به شرایط خاص اقلیمی و اکوسیستمی منطقه در طی چند دهۀ گذشته با مشکل تخریب زمین، فرسایش آبی و بادی، تبدیل کاربری اراضی و کاهش آب زیرزمینی که از نشانه‌های بیابان‌زایی است، روبه‌رو بوده‌ایم. براین‌اساس در این تحقیق از مدل مدالوس درجهت ارزیابی و پایش شاخص‌های تأثیرگذار در بیابان‌زایی منطقه استفاده شد. براساس تجزیه‌وتحلیل داده‌های ۵ ایستگاه هواشناسی در دورۀ ۲۰ساله، مشخص شد متوسط بارش سالانه در تمامی ایستگاه‌ها بیش از ۲۸۰ میلی‌متر است؛ بنابراین براساس مدل مدالوس شاخص بارش در منطقه هیچ محدودیتی ایجاد نکرده‌است؛ اما می‌بایست این نکته را در نظر داشت که متوسط بارش در طی دورۀ مطالعاتی ۴۵۰ میلی‌متر است که براین‌اساس هر ایستگاه در طی چند سال با خشکسالی روبه‌رو بوده‌است. نتایج شاخص استمرار خشکسالی نشان داد که تمامی ۵ ایستگاه هواشناسی به‌طور متوسط دوره‌های کوتاه‌مدت یک، دو و سه سالۀ خشکسالی را تجربه کرده‌اند؛ اما از نظر کلاس بیابان‌زایی همانند شاخص بارش در طبقۀ کم و ناچیز قرار گرفت. براساس شاخص خشکی نیز منطقه به دو قسمت تقسیم شده و نیمۀ غربی که شامل شهرستان آق‌قلا است، بیش از ۹۰ درصد آن در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار گرفته‌است. نتیجۀ این نوسانات، تغییرات اقلیمی سال‌های اخیر بوده‌است که برروی عملکرد محصولات کشاورزی، تخریب پوشش گیاهی، افزایش شوری خاک، پایین‌آمدن کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی تأثیر گذاشته‌است. نتایج به‌دست آمده با مطالعات مسعودی (۱۳۸۹)، خسروی (۱۳۹۱) و راهداری (۱۳۹۳) مطابقت داشته‌است. از میان شاخص‌های معیار آب زیرزمینی که از نظر کمّی و کیفی مورد بررسی قرار گرفته، شاخص نسبت جذب سدیم در طی دورۀ ۲۰ساله در منطقه هیچ محدودیتی از نظر بیابان‌زایی ایجاد نکرده‌است. شاخص‌های هدایت الکتریکی و کل مواد محلول در آب زیرزمینی رفتاری مشابه داشته و روند افزایشی این شاخص‌ها از غرب به شرق و در جنوب‌شرقی منطقه به حداکثر میزان خود رسیده‌اند. از مهم‌ترین عواملی که سبب این تغییرات شده‌اند، می‌توان به فعالیت‌های انسانی مانند: کشاورزی زیاد در منطقه، احداث کارخانه‌های متعدد و عوامل دیگری مثل وجود دریاچه‌های متعدد آب شور در منطقه اشاره کرد (*محمدی‌فر، ۱۳۹۶: ۱۲۴*). نتایج نشان داد در بخش‌های غربی منطقه به‌دلیل بالاآمدن سطح آب زیرزمینی، دارای نوسان بوده و شرایط بحرانی را به‌وجود آورده‌است. علت اصلی آن را می‌توان تغییرات سطح تراز آب دریای خزر دانست که برروی عمق ایستابی سفره‌های سطحی آب زیرزمینی بخش غربی منطقه تأثیر می‌گذارد که این شرایط باعث افزایش شوری خاک می‌شود و درنتیجه میزان عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. درنهایت پس از بررسی شاخص‌های معیار اقلیم و آب زیرزمینی در منطقه، نقشۀ بیابان‌زایی در دو دورۀ ۱۰ساله تهیه شد. نتایج نشان داد به‌دلیل عوامل ذکرشده در پایش شاخص‌ها، منطقه با روند بیابان‌زایی غرب به شرق روبه‌رو شده‌است و هرچه از دریا دور می‌شویم، مناطق بیابانی در منطقه بیشتر به چشم می‌خورد. با توجه به تغییرات زمانی (سالانه) و مکانی شاخص‌های مؤثر در روند توسعۀ بیابان‌زایی منطقه، سیستم هشدار اولیه براساس تغییر شاخص‌ها نسبت‌به حد آستانۀ تغییرات مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین تغییرات سالانه مربوط به شاخص خشکی از معیار اقلیم با حد آستانۀ ۰/۳۳ بوده که بخش‌های شرقی و مرکزی منطقه با کاربری‌های اراضی آبی، دیم و تالاب‌ها و دریاچه‌های موقتی تحت‌تأثیر هشدار دوره‌های خشکی قرار گرفته‌اند. این شرایط باعث کاهش پوشش گیاهی و بخش حفاظتی خاک شده و در طولانی‌مدت، منجر به فرسایش بادی و آبی خاک و

کم‌شدن کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه شده‌است. این نتایج با گزارشات هواشناسی استان گلستان (۱۳۹۵) درخصوص افزایش تبخیر و تعرق به میزان ۴ برابر بارش و تأثیر آن بر کاهش منابع آب سطحی و اُفت تراز سطح آب در بخشی از مناطق دشتی منطقه هم‌خوانی دارد. حد آستانهٔ پارامترهای کیفی آب زیرزمینی به‌ترتیب برای مقدار کل مواد محلول بیش از ۱۱۴۶ میلی‌گرم در لیتر و مقدار هدایت‌الکتریکی بیش از ۱۸۲۱ میکروموس بر سانتی‌متر تعیین شد.

نتیجه

براین اساس و مطابق با نقشه‌های به‌دست‌آمده، نواحی شرقی منطقه در طول دورهٔ ۲۰سالهٔ تحقیق در محدودهٔ هشدار قرار گرفته و از نظر بیابان‌زایی روندی افزایشی داشته‌است. در طی سال‌های گذشته، میزان تغییر پارامترهای اقلیمی و نوسانات دریای خزر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی تأثیر گذاشته و میزان کیفیت آن‌ها را کاهش داده‌است. این کاهش کیفیت نیز با پارامترهایی مانند: شوری خاک، تغییر آنیون‌ها و کاتیون‌ها، بر کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، تغییر نوع کشت و محصول مؤثر بوده‌است.

محدوده‌های هشدار از نظر عمق آب زیرزمینی نواحی مرکزی منطقه است که علت آن را می‌توان تعداد چاه‌های غیرمجاز در طی چند سال گذشته در منطقه دانست که افزایش چشمگیری داشته و این تعداد حلقه چاه، میزان بهره‌برداری از سطح آب زیرزمینی را افزایش داده و مدیریت غیراصولی در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی برای توسعهٔ کشاورزی، باعث اُفت سطح تراز آب و کاهش کمّی و ارزش کیفی منابع آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و شرقی منطقه شده‌است. با استناد به مطالعات مسعودی(۱۳۸۹)، خسروی، ۱۳۹۱)، راهداری (۱۳۹۳) و این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به آمار و اطلاعات موجود در کشور، این ۲ معیار و ۷ شاخص برای ارزیابی بیابان‌زایی، پایش و ارائهٔ سیستم هشدار بیابان‌زایی مناسب است؛ اما به‌منظور کافی‌بودن این شاخص‌ها باید در سایر مناطق با اقلیم مشابه مورد آزمایش قرار گیرد. براین‌اساس پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه آستانه‌ها از محلی به محل دیگر و در طول زمان تغییر می‌کنند، لازم است هرچند سال یک بار شاخص‌ها پایش و آستانهٔ آن‌ها مشخص شوند تا سیستم هشدار واقعی‌تری ارائه شود. برای پایش، کافی است تنها شاخص‌هایی محدود که در منطقه اثرگذارترند، تعیین شوند تا هم هزینه‌ها به‌صورت منطقی برآورد شوند و هم آماربرداری و هماهنگی بین واحدها و دستگاه‌ها آسان‌تر شود. استان گلستان و به‌ویژه منطقهٔ موردمطالعه در غرب استان به‌دلیل شرایط خاص اقلیمی و اکوسیستمی در طی چند دههٔ گذشته با مشکل تخریب زمین، کاهش کیفی و کمّی آب زیرزمینی، تغییر اقلیم و تبدیل کاربری اراضی که از نشانه‌های بیابان‌زایی است، روبه‌رو می‌باشد. در این تحقیق تلاش شد تا اصول راه‌اندازی سیستم هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی در منطقه گردآوری و ارائه شود. با توجه به اینکه سیستم هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی مفهومی نوین بوده، لازم است در چند نقطه از کشور آزمون و پس از نهایی‌شدن به‌عنوان ابتکاری نوین در سراسر کشور مورد استفاده قرار گیرد. به‌طورکلی هدف اصلی ارائهٔ چنین سیستم‌هایی، اخطار وقوع احتمال خطر به مردم در معرض تخریب زمین و اثرات بالقوهٔ آن است و درحقیقت با ارائهٔ اطلاعات، کمک به کاهش خسارات اقتصادی را درپی دارد. اطلاعات هشدار اولیه باعث انجام اقداماتی در هنگام نزدیک‌شدن خطر می‌شود و اگر مطالعات ارزیابی ریسک و برنامه‌های عملیاتی و ارتباطی، یکپارچه و هماهنگ شود، سیستم‌های هشدار اولیه می‌تواند باعث منافع اساسی شود.

منابع

- آرامی، عبدالحسین (۱۳۹۱). ارزیابی خطر، خسارت و تدوین برنامهٔ مدیریت بیابان در منطقهٔ نیمه‌خشک آق‌بند، استان گلستان، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مدیریت‌مناطق بیابانی.دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۲۱۶ص.
https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/315b403e4d122ffc193ac3c34ccc8f8a
- احمدی، حسن؛ محمدرضا اختصاصی؛ علی گلکاریان؛ الهام ابریشم (۱۳۸۵). ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس تغییریافته در منطقهٔ فخرآباد مهریز یزد، نشریهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی. جلد ۵۹. شمارهٔ ۳. صفحات ۵۳۲-۵۱۹.
http://panel.agriis.ir/Attachments/Files/529201552664313691.pdf
- بوعلی، عبدالحسین؛ حسین بشری؛ رضا جعفری؛ محسن‌سلیمانی (۱۳۹۶). پتانسیل‌یابی شبکه‌های باور بیزین درجهت ارزیابی تأثیر معیار کیفیت خاک در بیابان‌زایی منطقهٔ دشت سگزی اصفهان. نشریهٔ علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی) سال بیست‌ویک. شمارهٔ ۲. صفحات ۲۸-۱۵.
https://jstnar.iut.ac.ir/article-1-2825-fa.html
- حسینی، سید محمود؛ محمدرضا اختصاصی؛ علی‌رضا شهریاری؛ حامد شفیعی (۱۳۸۹). بررسی وضعیت بالفعل و بالقوهٔ بیابان‌زایی با تأکید بر معیار فرسایش بادی به روش MICD (بررسی موردی: منطقهٔ نیاتک سیستان)، نشریهٔ مرتع و آبخیزداری. مجلهٔ منابع طبیعی ایران. دورهٔ ۶۳. شمارهٔ ۲. صفحات۱۸۱-۱۶۵.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=131877
- خسروی، حسن (۱۳۹۱). ارائهٔ مدل پایش و سیستم هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی، رسالهٔ دکترا. دانشگاه تهران. دانشکدهٔ منابع طبیعی کرج. ۱۲۷ ص.
- راهداری، غلامرضا؛ علی‌اکبر فخیره؛ علی‌رضا شهریاری؛ حسن خسروی (۱۳۹۳). مدل‌سازی ارزیابی تخریب‌سرزمین و ارائهٔ سیستم‌هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی، مجلهٔ مهندسی اکوسیستم بیابان، (۵)۳. ۷۱-۶۳.
https://deej.kashanu.ac.ir/article-1-184-fa.html
- زهتابیان، غلامرضا؛ حسن احمدی؛ حسن خسروی؛ عمار رفیعی امام (۱۳۸۴). روش تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس در ایران. مجلهٔ بیابان. جلد ۱۰. صفحات ۲۲۳-۲۰۵.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=32719
- شریف‌آباد، جواد (۱۳۹۶). ارائهٔ مدل پایش و سیستم پیش‌آگاهی خطر بیابان‌زایی (مطالعهٔ موردی دشت یزد اردکان)،رسالهٔ دکتری.دانشگاه هرمزگان. دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی.
https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/1891cb8ed542ff966592d8d87b451c31
- مسعودی، ریحانه (۱۳۸۹). سیستم هشدار اولیهٔ بیابان‌زایی براساس دو فاکتور آب و اقلیم (مطالعهٔ موردی: دشت کاشان)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشکدهٔ منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
https://civilica.com/doc/322481/
- محمدی‌فر، فهیمه (۱۳۹۶). پهنه‌بندی کمّی و کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین آمار در بخشی از دشت گرگان. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ مرتع و آبخیزداری. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/47ff37e77df99d1a3a933f4f3b95a774
- نفر، فاطمه (۱۳۹۸). ارزیابی و مقایسهٔ مدل مادالوس وسنجش‌ازدور در برآورد بیابان‌زایی حوزهٔ سفیددشت-بروجن. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشگاه شهرکرد.
https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/fe8e364f5f68aa9ad73309772f9b829b
- Akbari, M, Ownegh, M., Asgari, H.R. Sadoddin, A &Khosravi H(2016). Design &Development of Early Warning System for Desertification and Land Degradation. Environmental Resources Research. 4 (2):112-129.
https://ijerr.gau.ac.ir/article_3410.html
- Boali, A., Bashari, H. and Jafari, R (2018). Evaluating the potential of Bayesian networksfor desertification assessment in arid areas of Iran. Land Degradation & Development. 30(4): 371- 390.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.3224

- Balis, B., Bartynski, T., Bubak, M., Dyk, G., Gubala, T., & Kasztelnik, M (2013). A development and execution environment for early warning systems for natural disasters. In Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid), 201313th IEEE/ACM International Symposium on (575-582 pp). https://dl.acm.org/doi/abs/10.1109/CCGrid.2013.101
- Grasso, F. V (2012). Early Warning Systems, State-of-Art Analysis and Future Directions, Draft report, United Nations Environment Programme (UNEP). 66 p. http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/newsletter12/883_eng.pdf
- Kosmas, C., Kirkby, M. J., & Geeson, N (1999). The Medalus Project: Mediterranean desertification and land use: Manual on key indicators of desertification and mapping environmentallysensitive areas to desertification. European Commission,Brussels. https://www.researchgate.net/publication/262374822_Methodology_for_mapping_Environmentally_Sensitive_Areas_ESAs_to_desertification
- Moghaddam, M. H., Sedighi, A., Fasihi, S., & Karimi., M (2018). Effect of environmental policies in combating aeolian desertification over Sejzy Plain of Iran. Aeolian Research. 35:19-28. https://daneshyari.com/article/preview/11028527.pdf
- Nunez, M., Pablo, p., Rieradevall, A., & Antón, A. J (2009). Assessing potential desertification environmental impact in life cycle assessment .Int J Life Cycle Assess, 15:67-78. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/93536
- Tiexin, C., Yiwang, W., & Yuefeng, S (2010). Development and application of tender evaluation decision-making and risk early warning system for water projects based on KDD. Advances in Engineering Software.34 (48) 58-69. https://dl.acm.org/doi/abs/10.1016/j.advengsoft.2012.02.003
- Timothy, M. (2013). What early warning systems are there for environmental shocks environment l science & policy. 27 (6) 0 –75. https://www.researchgate.net/publication/257587877_What_early_warning_systems_are_there_for_environmental_shocks
- UNEP (2012). Early Warning Systems. A State of the Art Analysis and Future Directions. Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programmer (UNEP), Nairobi. https://na.unep.net/siouxfalls/publications/early_warning.pdf

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی