تحلیل تاثیر نرخ فرونشست زمین بر تخریب سرزمین در حوضه هامون جازموریان

مریم نعیمی*[۱]، پروانه عشوری[۲]، فرهاد خاکساریان[۳]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، ءموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، ءموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳- رییس آزمایشگاه خاکشناسی، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران.

*naeimi@rifr-ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه، ارزیابی میزان تخریب سرزمین در منطقه مورد بررسی با تمرکز بر نرخ فرونشست زمین، افت سطح آب زیرزمینی و تغییرات کیفیت آن در محدوده‌های حوضه آبریز هامون جازموریان است. در این راستا، از مدل توسعه یافته IMDPA بهره‌گیری شد. ابتدا، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی شامل افت سطح آب، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم تهیه و بر اساس شدت تخریب سرزمین، طبقه‌بندی گردیدند. در ادامه، بر اساس افزودن معیار فرونشست به این مدل، تحت عنوان IMDPAS، طبقه‌بندی نهایی این پارامترها انجام گرفت. سپس، با تلفیق نقشه‌های شدت تخریب کمی و کیفی آب زیرزمینی و نقشه فرونشست زمین، از طریق شکل‌گیری میانگین هندسی، نقشه نهایی شدت تخریب سرزمین تولید گردید. نتایج حاکی از آن است که نرخ فرونشست زمین در در محدوده‌های مطالعاتی جیرفت و رودبار جیرفت با حداکثر ۹ سانتیمتر، به همراه بیشترین تراکم چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، هدایت الکتریکی بالاتر از ۷۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر و افت تراز آب زیرزمینی تا ۳ متر وجود داشته که با توجه به نقشه کاربری اراضی و سطح اراضی کشاورزی موجود در این مناطق، توجیه‌پذیر است.

واژگان کلیدی: تخریب سرزمین، منابع آب زیرزمینی، نرخ فرونشست، هامون جازموریان.

مقدمه

تخریب سرزمین فرآیندی است که طی آن اراضی خشک و نیمه‌خشک به سمت بیابانی شدن حرکت کرده و معمولاً به دلیل عوامل طبیعی همچون تغییر اقلیم و علل انسانی همچون بهره‌برداری ناپایدار از منابع تأثیر مستقیم بر ساختارهای زیستی، پوشش گیاهی، خاک، منابع آب و کاربری اراضی دارد. از سوی دیگر، افزایش روزافزون بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی به ویژه در حوضه‌هایی که با نهشته‌های آبرفتی، دریایی کم‌عمق یا دریاچه‌ای تحکیم نیافته انباشته‌شده‌اند، می‌تواند به نشست یا فروریزش سطح زمین منجر شود. در طول ۳۰ سال اخیر حداقل ۱۵ متر از عمق سفره‌های آب زیرزمینی در ایران کاسته شده است؛ و به طور متوسط در هر سال نیم‌متر سطح آبخوان در کشور پایین رفته است رخدادی که منجر به فرونشست زمین و برجای ماندن خسارت‌های هنگفت به تاسیسات زیربنایی کشورشده است (زارع، ۱۴۰۱). اگر خشکسالی و روند برداشت بی‌رویه از منابع آبی ادامه یابد، با توجه به کم شدن درصد رطوبت خاک و تراکم لایه‌های زیرین خاک، پدیده فرونشست و شکاف‌های زمین که به آهستگی و به تدریج گسترش می‌یابد شاید همان تاثیر خطرهای ناگهانی و فاجعه‌بار مانند سیل و زلزله را نداشته باشد اما به طور معمول خسارات ناشی از این پدیده، ترمیم ناپذیر، پرهزینه و مخرب است(طالبی¬نیا، ۱۴۰۱).

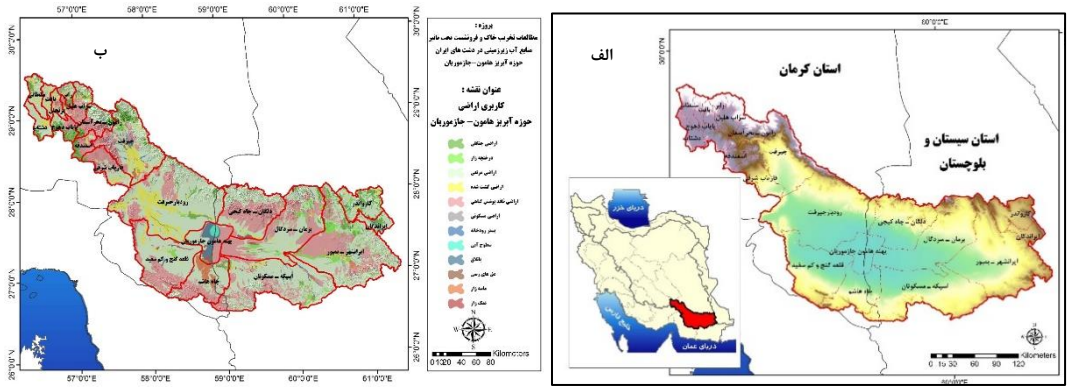
به منظور مدلسازی تخریب سرزمین در مناطق شکننده همچون اکوسیستم های بیابانی مدل‌های مختلفی در جهان و ایران ارائه شده است. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل طبقه‌بندی بیابان‌زایی ایرانی، نسخه اصلاح‌شده آن و مدل IMDPA اشاره کرد که توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و با همکاری گروهی از اساتید و محققان در سال ۱۳۸۴ ارائه شده است (زهتابیان و همکاران، ۱۳۹۳). در مناطق مواجه با فرونشست زمین ناشی از برداشت آب زیرزمینی، زنجیره ای از تخریب سرزمین شامل پیامدهای جدی همانند ایجاد ترک در ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها، تخریب جاده‌ها، پل‌ها، خطوط ریلی و خطوط انتقال

منابع نفت و گاز و آب، افزایش خطر سیل‌خیزی و گرد وغبار، کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی، گزارش گردیده است. این در حالیست که مطالعات پیشین نشان می دهند که نرخ فرونشست زمین در پایین دست محدوده های مطالعاتی آبخوان ها در دشت های مختلف حوضه های آبریز همچون سلمقان (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۹)، شاندیز مشهد (عابدینی و نظری ، ۱۴۰۳)، و سایر استان های کشور (حصارکی زاده، ۱۴۰۳) گزارش شده است. در عین حال، تا کنون ارزیابی روند تخریب سرزمین در مدل‌های عددی، در داخل دشت ها و به طور خاص با تمرکز بیشتر بر پوشش گیاهی یا و بدون در نظر گیری نرخ فرونشست زمین بعنوان یکی از معیارها یا شاخص‌های بوده است (نعیمی و همکاران، ۱۴۰۳). بر این اساس، هدف مطالعه حاضر، تحلیل تاثیر نرخ فرونشست زمین در تخریب سرزمین در حوضه هامون جازموریان می‌باشد. این پژوهش با هدف ارائه شواهد کمی دال بر ضرورت قرارگیری نرخ فرونشست زمین به عنوان یک شاخص نوین در فرآیندهای ارزیابی میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم های شکننده در مناطق پایین‌دست آبخوان ها، اهمیت این پارامتر را در بهبود فرآیندهای تصمیم‌سازی و مدیریت منطقه‌ای نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان منبعی کاربردی در اتخاذ تدابیر مؤثر و پیشگیرانه، توسط کارشناسان و مسئولان در مناطق آسیب‌پذیر، مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز هامون جازموریان بین مختصات جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ۲۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده که مساحت آن حدود ۷۰۴۱۴۱ هکتار است. شهرهای بافت، جیرفت، بمپور و ایرانشهر در این منطقه قرار دارند. حوضه آبریز هامون جازموریان با کد ۴۵ دارای ۲۱ محدوده مطالعاتی و ۴ زیر حوضه درجه ۳ و ۴ شهر بزرگ می باشد (شکل ۱).



شکل ۱- الف) موقعیت حوضه آبریز هامون جازموریان و محدوده‌های مطالعاتی آن؛ ب) کاربری اراضی در حوزه هامون جازموریان

روش تحقیق

در پژوهش حاضر برای ارزیابی شدت تخریب سرزمین در قدم اول از مدل IMDPA استفاده شد. در این پژوهش با استفاده از معیار نرخ فرونشست و آب زیرزمینی با توجه به (معادله ۱ و ۲) محاسبه شد. جداول ۱ و ۲ نمایشگر شاخص های ارزیابی معیار آب زیرزمینی، فرونشست و تخریب سرزمین است. پس از محاسبه، نقشه شدت اثر دو معیار بر تخریب سرزمین از میانگین هندسی معیارهای مذکور بر اساس معادلات ۱ و ۲ بدست آمد. نقشه چاه های حوضه در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین چاه ها در محدوده مطالعاتی جیرفت، رودبار جیرفت و قلعه گنج قرار دارند.

معادله (۱) معیار آب زیر زمینی = (نسبت جذب سدیم × هدایت الکتریکی × افت آب زیرزمینی)$^{1/3}$

معادله (۲)
$$DM = (GWI \times SRI)^{1/2}$$

که در آن GWI معیار آب زیرزمینی، SRI معیار نرخ فرونشست و DM[1] نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی می‌باشد.

جدول ۱- شاخص‌های ارزیابی معیار آب زیرزمینی مؤثر بر تخریب سرزمین در مدل IMDPA

شاخص ارزیابی	کلاس	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید

1 - Desertification Mapping

امتیاز	0-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-4
افت آب زیرزمینی (سانتی متر در سال)	20>	30-20	50-30	50 <
نسبت جذب سدیم(SAR)	18>	26-18	32-26	32<
هدایت الکتریکی (EC) (میکروموس بر سانتی‌متر)	750>	2250-750	5000-2250	5000 <
نرخ فرونشست (cm)	1.5 >	1.5 - 3	3 - 6	6 < (6-18)

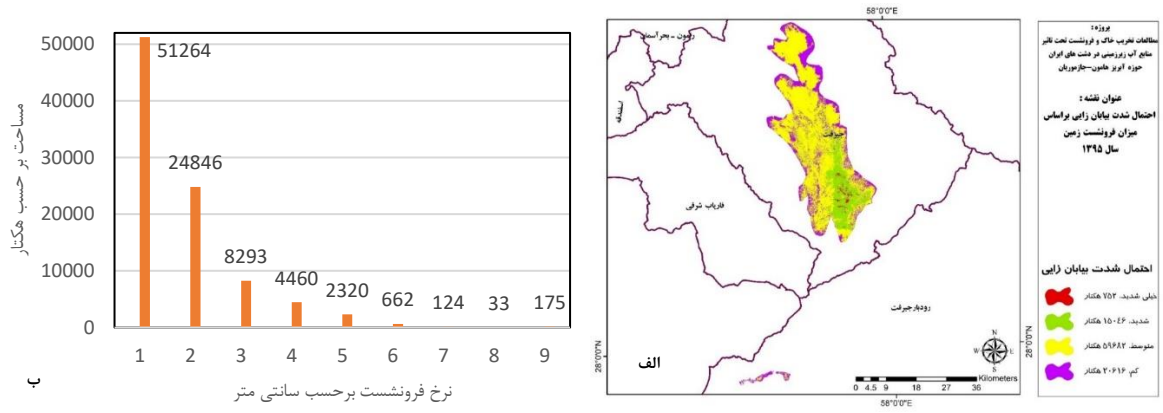
جدول ۲- طبقات کلاس‌های شدت بیابان‌زایی

کلاس شدت بیابان‌زایی	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
دامنه امتیاز	0-1.5	1.6-2.5	2.6-3.5	3.6-4

نتایج و بحث

بررسی نرخ فرونشست زمین تحت تاثیر آب زیرزمینی

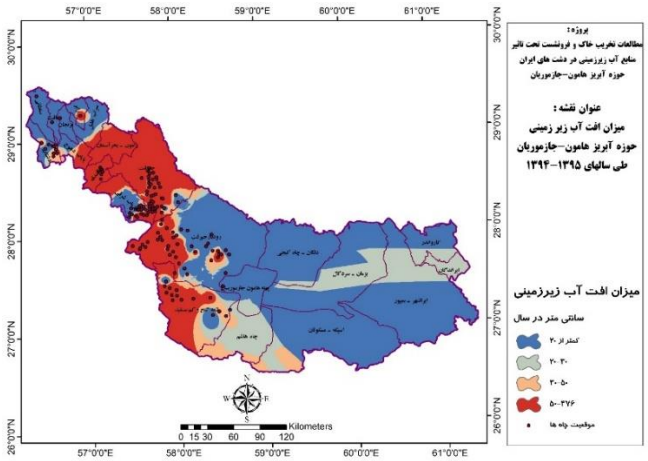
بررسی نقشه فرونشست در حوضه آبریز هامون جازموریان نشان داد که تنها دو واحد مطالعاتی جیرفت و رودبار جیرفت دچار فرونشست شده اند (شکل ۲) میزان فرونشست تا ۸/۵ سانتی متر در دشت جیرفت برآورد شده است. لازم به ذکر است که تنها ۲ عدد از ۲۱ محدوده های مطالعاتی حوضه آبریز در گیر فرونشست بوده و امکان ارزیابی معیار نرخ فرونشست در آنها وجود داشت. با امتیازدهی به مقادیر فرونشست، شدت بیابان-زایی از نظر معیار نرخ فرونشست محاسبه شد. شکل ۴، طبقات شدت بیابان زایی حوضه آبریز هامون جازموریان را از منظر معیار نرخ فرونشست نشان می‌دهد. بیشترین مقدار امتیاز نرخ فرونشست در محدوده های جیرفت و رودبار جیرفت وجود دارد. مناطق با شدت بیابان زایی خیلی شدید ۷۵۲ هکتار از اراضی مناطقی از محدوده مطالعاتی جیرفت را دربرمی گیرند. همچنین احتمال شدت بیابان زایی شدید در ۱۵۰۴۶ هکتار و متوسط در ۵۹۶۸۲ هکتار از اراضی جیرفت و رودبار جیرفت وجود دارد (شکل ۲).



شکل ۳- الف)شدت تخریب سرزمین بر اساس میزان فرونشست در حوضه آبریز هامون جازموریان و ب) مساحت (هکتار) اراضی دارای فرونشست با نرخ مشخص (سانتی متر)

بررسی معیار آب زیرزمینی

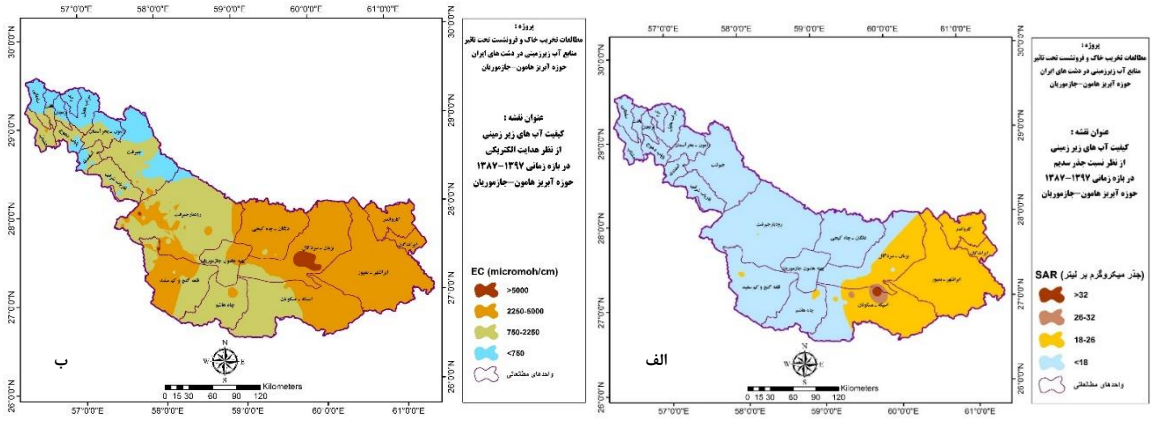
نقشه طبقات شدت بیابان زایی حوضه آبریز هامون جازموریان از منظر شاخص افت آب زیرزمینی نشان می‌دهد که در اکثر نواحی نیمه غربی حوضه از منظر شاخص افت آب زیرزمینی شدت تخریب سرزمین در کلاس‌های شدید می‌باشد. اما در نواحی شرقی شرایط کاملا متفاوت است و مساحت کلاس‌های شدت کم و متوسط بیشتر می‌باشد که البته شاید این موضوع به دلیل عدم وجود اطلاعات در مورد چاه های حوضه در قسمت استان سیستان بلوچستان است (شکل ۳).



شکل ۳- طبقات مختلف میزان افت آب زیرزمینی در حوضه هامون جازموریان

در ادامه، نقشه طبقات شدت بیابان زایی حوضه آبریز هامون جازموریان از منظر شاخص هدایت الکتریکی نشان می‌دهد که با توجه به این نقشه، در نواحی استان سیستان بلوچستان از منظر شاخص هدایت الکتریکی شدت تخریب سرزمین در کلاس‌های شدید و خیلی شدید قرار دارد و نواحی استان کرمان در کلاس های کم تا متوسط قرار می گیرند (شکل ۴).

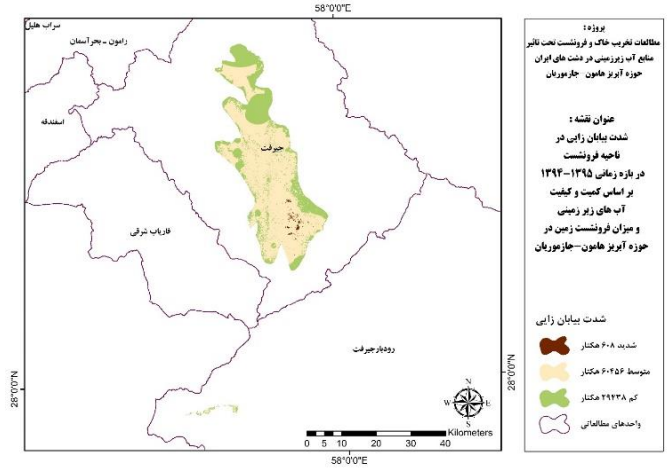
نقشه طبقات شدت بیابان زایی حوضه آبریز هامون جازموریان از منظر شاخص نسبت جذبی سدیم نشان می‌دهد که با توجه به این نقشه، در اکثر نواحی حوضه آبریز هامون جازموریان در مناطق استان کرمان از منظر شاخص نسبت جذبی سدیم شدت تخریب سرزمین در کلاس‌های کم قرار دارد، در حالی که در شرق حوضه در نواحی متعلق به استان سیستان بلوچستان در محدوده مطالعاتی ایرانشهر، ایراندگان، کاروانسر، بزمان، و اسپکه از منظر شاخص نسبت جذبی سدیم شدت تخریب سرزمین در کلاس‌های متوسط تا شدید قرار دارد (شکل ۴).



شکل ۴- طبقات مختلف شدت بیابان زایی از منظر هدایت الکتریکی و نسبت جذر سدیم در کل حوضه آبریز

بررسی تخریب سرزمین

نقشه طبقات شدت تخریب سرزمین از منظر معیار آب زیرزمینی و نرخ فرونشست زمین که با استفاده از میانگین هندسی شاخص‌های افت، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم و نرخ فرونشست زمین است، در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تخریب سرزمین با استفاده از نرخ فرونشست زمین احتمال شدت بیابان زایی طبقه متوسط با ۶۰۴۵۶ هکتار بیشترین سهم را دارد و حدود ۶۰۸ هکتار از منطقه جیرفت نیز در دارای احتمال شدید بیابان زایی می باشند.



شکل۵- شدت تخریب سرزمین در ناحیه فرونشست محدوده های هامون جازموریان

نتیجه گیری

در این پژوهش، فرونشست زمین به عنوان یک شاخص جدید وارد مدل ارزیابی IMDPA شد. فرونشست زمین، یکی از مخاطرات محیطی است که در دهه‌های اخیر، به‌دلیل برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی، به طور فزاینده‌ای با آن مواجه شده است و یکی از اشکال تخریب سرزمین محسوب می‌گردد. نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که بیشترین تراکم چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در محدوده‌های مطالعاتی جیرفت و رودبار جیرفت قرار دارد، که این امر با توجه به سطح اراضی کشاورزی موجود در این مناطق، توجیه‌پذیر است. همچنین، نرخ فرونشست در این مناطق حداکثر ۹ سانتی‌متر در سطح ۱۷۵ هکتار برآورد شده است. علاوه بر این، میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی در این محدوده‌ها بالاتر از ۷۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر ثبت شده است که نشان‌دهنده افزایش شوری و کاهش کیفیت آب زیرزمینی در منطقه است. در مناطق با نرخ بالای فرونشست، افت سطح آب زیرزمینی بین ۵۰ سانتی‌متر تا بیش از ۳ متر گزارش شده است، که رابطه مستقیم بین کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و پدیده فرونشست را تأیید می‌کند. در نهایت، با توجه به تمرکز مناطق دارای فرونشست در نواحی با تراکم چاه‌ها و اراضی کشاورزی، می‌توان استنتاج نمود که عامل اصلی کاهش کمی وکیفی آب‌های زیرزمینی و به تبع آن پدیده فرونشست، افزایش بهره‌برداری از چاه‌های عمیق به منظور توسعه کشاورزی در منطقه جیرفت است.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بخشی از پروژه " مطالعات تخریب خاک و فرونشست تحت تاثیر منابع آب زیرزمینی در دشت های ایران (مطالعه موردی: هامون جازموریان) " با کد مصوب ۹۸۰۴۳۳-۰۲۰-۰۹-۰۹-۲ است. نویسندگان مقاله از مجری طرح جامع آقای دکتر عادل جلیلی و سرکار خانم ها دکتر سمیرا زندی فر و سکینه لطفی نسب اصل مجریان طرح های ملی وابسته به طرح جامع بابت در اختیار گذاشتن به ترتیب داده های تراز و کیفیت آب زیرزمینی کمال تشکر را دارد. همچنین، نویسندگان از زحمات بی دریغ آقای دکتر رضا شهبازی مشاور طرح ملی، جهت تهیه نقشه های فرونشست سپاسگذاری می نمایند.

فهرست منابع

رفیعی، فاطمه و قره چلو، سعید و گلیان، سعید. (۱۳۹۹). ارزیابی تاثیر افت آبهای زیرزمینی بر میزان فرونشست دشت سملقان با استفاده از تداخل سنجی راداری،اولین کنفرانس ملی داده کاوی در علوم زمین.

طالبی‌نیا، م. (۱۴۰۱). بررسی روند فرونشست زمین متاثر از شاخص‌های تخریب زمین با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری InSAR (مطالعه موردی: دشت اصفهان). رساله دکتری. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران. ۱۸۰ صفحه.

نعیمی، مریم، جلیلی، عادل، شهبازی، رضا، زندی فر، سمیرا، لطفی نسب اصل، سکینه، گوهردوست، آزاده. (۱۴۰۳). ارزیابی عددی تخریب سرزمین با درنظرگیری معیار نرخ فرونشست زمین در یازده حوزهٔ آبریز داخلی ایران، آمایش سرزمین ، ۱۶ (۲)، ص ۳۶-۳۳۸۲.

عابدینی، موسی، و نظری گزیک، زهرا. (۱۴۰۳). تجزیه و تحلیل میزان فرونشست زمین واثرات آن بر ژئو مورفوسایت‌های گردشگری شهر توریستی شاندیز خراسان رضوی. پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی. ۱۲ (۴)، ص ۱۷۱-۱۹۲.

حصارکی زاد، عاطفه، یمانی، مجتبی، گورابی، ابوالقاسم. (۱۴۰۳). تحلیل جامع فرونشست زمین در ایران: مروری سیستماتیک به وضعیت فعلی. پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی، ۱۳ (۳) ص ۲۳-۴۵.

Analysis of the impact of land subsidence rate on land degradation in the Hamoon-Jazmurian Basin

Maryam Naeimi*[1], Parvaneh Ashouri[2], Farhad Khaksarian3

1. Research Assistant Professor, Desert Research Department, Research Institute of Foresta and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran.
2. Research Assistant Professor, Range Research Department, Research Institute of Foresta and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran.
3. Head of Soil Science Laboratory, Desert Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, Iran.

*naeimi@rifr-ac.ir

Abstract

The primary objective of this study is to assess land degradation in the examined region, emphasizing the rates of land subsidence, groundwater level decline, and changes in groundwater quality within the Hamoun Jazmourian basin. To achieve this, the developed IMDPA model was employed. Initially, spatial data layers related to quantitative and qualitative groundwater parameters—including water level decline, electrical conductivity, and sodium absorption ratio—were prepared and classified based on the severity of land degradation. Subsequently, by incorporating the subsidence criterion into this model—referred to as IMDPAS—the final classification of these parameters was performed. Then, by integrating the maps of groundwater qualitative and quantitative degradation with the land subsidence map through geometric mean calculations, the final land degradation severity map was generated. The results indicate that the land subsidence rate in the study areas of Jiroft and Roudbar Jiroft reaches a maximum of 9 centimeters, accompanied by the highest density of deep and semi-deep wells, electrical conductivity exceeding 750 µs/cm, and groundwater level declines of up to 3 m. These findings are consistent with land use maps and existing agricultural land cover in these regions, which justify the observed subsidence and degradation patterns.

Keywords: Hamon Jazmourian, subsidence rate, groundwater resources, land degradation.