فصلنامه علمی آماد و فناوری دفاعی، سال سوم، شماره پنجم، بهار ۱۳۹۹

آنالیز بحران آب (کیفی و کمی) در حوضه کویر لوت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل IMDPA

سجاد باقری سیدشکری[۱] سامان معروف‌پور[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۰۲

چکیده

با توجه به اهمیت آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌باید تمهیداتی جهت مدیریت صحیح استفاده از آن به عمل آورد تا بتوان از ایجاد شرایط بحرانی در این مناطق جلوگیری کرد. مدیریت بهینه منابع آبی و حفظ و ارتقای کیفیت و کمیت آن‌ها نیازمند وجود داده‌هایی درزمینه موقعیت، مقدار و پراکنش آب در یک منطقه جغرافیایی معین می‌باشد. با توجه به این موضوع، در این تحقیق بررسی خطر تخریب کیفی و کمی منابع آبی در ۳۶ زیرحوضه واقع در حوضه کویر لوت با استفاده از مدل اصلاحی IMDPA و سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام شد. همچنین برای صحت‌سنجی مدل IMDPA از روش خوشه‌بندی Wards استفاده شد. در این پژوهش با استفاده از مجموع بارش سالانه، شاخص‌های هدایت الکتریکی (EC)، کلر (Cl) و نسبت جذب سدیم (SAR) به بررسی کلاس خطر شدت تخریب در دوره ۱۳۹۱-۱۳۷۰ در حوضه موردمطالعه پرداخته شد. در شاخص‌های کیفی پارامتر هدایت الکتریکی بیش‌تر سطح منطقه در محدوده شدید با مساحت ۶۴/۵۳ درصد، پارامتر نسبت جذب سدیم بیش‌تر سطح منطقه در محدوده ناچیز با مساحت ۹۱/۶۸ درصد و پارامتر کلر بیش‌تر سطح منطقه در محدوده متوسط با مساحت ۸۱/۸۵ درصد قرار گرفت. شاخص کمی شدت خطر بیابان‌زایی (مجموع بارندگی سالانه) نشان داد که منطقه در دو کلاس شدید و خیلی شدید به ترتیب با مساحت ۶۲/۱۴ و ۲۴/۰۶ درصد قرار دارد. نقشه تخریب کلی منابع آبی نشان داد که بیش‌تر سطح منطقه در کلاس شدید و خیلی شدید به ترتیب ۳۱/۶ و ۴۶/۸۱ درصد، تشکیل داده است. نتایج خوشه‌بندی نشان داد که منطقه به ۶ ناحیه همگن تبدیل و ۸۰ درصد با نتیجه نقشه تخریب انطباق داشته است.

کلمات کلیدی: بحران آب، خطر تخریب کمی، خطر تخریب کیفی، خوشه‌بندی، IMPDA.

---

[۱] دانش‌آموخته دکترای ژئومورفولوژی دانشگاه تهران

[۲] نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه تبریز، saman.maroofpoor@gmail.com

مقدمه

بر اساس آمار فائو، نیاز به آب شیرین هر ۲۱ سال ۲ برابر می‌شود. این در حالی است که نسبت به ۳۰ سال گذشته، منابع آب قابل‌استفاده به نصف کاهش یافته، و تا سال ۲۰۲۵ میلادی، منابع آب قابل‌استفاده به حدود یک‌چهارم این منابع در سال ۱۹۶۰ می‌رسد (Whitehead, & et al 2009; ۱۱۰). بااینکه رودخانه‌ها سهم کوچکی از آب موجود بر روی کره زمین (حدود ۲ درصد) را در بر می‌گیرند، اما نقش مهمی در تأمین آب موردنیاز فعالیت‌های مختلف مانند کشاورزی و صنعت دارند. آب‌های سطحی در مقایسه با آب‌های زیرزمینی به جهت دسترسی آسان برای دفع پساب‌ها در معرض آلودگی و آسیب‌پذیری بیشتری قرار دارند. تخلیه پساب‌های شهری نیز منجر به افزایش میزان مواد مغذی و دیگر آلاینده‌ها به داخل رودخانه‌ها و منابع آب سطحی می‌گردد. ازجمله پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه بررسی کیفی و کمی منابع آب می‌توان موارد زیر را نام برد:

آذرنگ و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی اقدام به ارزیابی کیفیت آب برای مصارف شرب و کشاورزی در رودخانه کرخه نمودند. اطلاعات کیفی این تحقیق شامل نسبت سدیم جذبی، هدایت الکتریکی، میزان نیترات و کل مواد جامد محلول از محل ۱۱ ایستگاه آب‌سنجی تهیه شد. نتایج نشان داد در قسمت‌های بالایی رودخانه کرخه، کیفیت آب از نظر مصارف شرب و کشاورزی مناسب‌تر است و مناطق پایین‌دست دارای کیفیت نامناسب می‌باشند. محتشمی و ناصری (۱۳۹۴)، نسبت به طبقه‌بندی کیفی آب جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت در دشت درمیان اسدآباد واقع در استان خراسان جنوبی اقدام نمودند. بدین منظور در ۲۱ نقطه از این دشت، نمونه‌گیری انجام و با نمودارهای ویلکوکس و شولر طبقه‌بندی‌های لازم انجام شد. نتایج نشان داد اکثر نمونه‌ها نامناسب برای کشاورزی و شرب می‌باشند. عباسعلی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل IMDPA[۱] که یکی از روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، حساسیت اراضی حوضهٔ مسجدسلیمان به بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که ازنظر درجهٔ بیابان‌زایی حدود ۲۷۷۴ کیلومترمربع از مساحت حوضه در کلاس متوسط و حدود ۲۳ کیلومترمربع باقی‌مانده نیز در دو کلاس کم و شدید قرار دارد. معیار اقلیم باارزش عددی ۲/۴۶

[۱] Iranian model of desertification potential assessment

بیش‌ترین تأثیر و معیار آب باارزش عددی ۱/۲۵ کم‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد. رضائی‌پور باغدر و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل IMDPA بررسی وضعیت بیابان‌زایی و ارائه نقشه بیابان‌زایی در منطقه باغدر از توابع شهرستان بافق در استان یزد انجام دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که منطقه ازنظر معیار خاک در کلاس شدید قرار داشته و بر اساس معیار پوشش گیاهی در کلاس متوسط تا شدید قرار دارد. از بین شاخص‌های معیار خاک، بافت خاک و شوری با میانگین وزنی۱/۷۹ و ۱/۲ به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را درروند بیابان‌زایی منطقه دارند. از بین شاخص‌های معیار پوشش گیاهی، شاخص‌های تجدید حیات و وضعیت پوشش گیاهی با میانگین وزنی۱/۵۳ و ۱/۵۴ تأثیر بیشتری درروند بیابان‌زایی منطقه داشته است. کاوه‌کار و همکاران (۱۳۹۵)، به ارزیابی کیفی آب‌های سطحی برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت(مطالعه موردی: حوضه آبخیز سلامت‌آباد) پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که آب منطقه موردنظر در محدوده در کلاس C2S1، C3S1 و C4S1 قرار داشته و لذا کیفیت آب از نظر کشاورزی در محدوده کمی‌شور تا خیلی‌شور قرار دارد و بررسی نمودار شولر در گزارش حاکی از آن است که نمونه آب آنالیزشده در محدوده خوب تا متوسط جهت شرب قرار می‌گیرد. هم‌چنین کیفیت آب ازنظر سختی، سخت تا کاملاً سخت بوده و بررسی نمونه آب آنالیز شده برای مصارف صنعتی نشان داد که آب رسوب‌گذار می‌باشد. آریان و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی کیفیت آب رودخانه بانو پاکستان با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره مانند رگرسیون خطی و غیرخطی نشان دادند که در این منطقه آب در بعضی مناطق، به دلیل افزایش قلیائیت، برای استفاده‌های شرب و آبیاری مناسب نمی‌باشد. دجیمی[1] و همکاران (۲۰۱۷) وضعیت فیزیکی و شیمیایی رودخانه‌ای در الجزایر را با استفاده از روش تحلیل عامل اصلی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کیفیت میانه و بالادست رودخانه موردنظر به دلیل توسعه محلی کاهش یافته است. اهداف این پژوهش عبارتند از: ۱- ارزیابی تخریب کیفی و کمی منابع آب سطحی با استفاده از مدل IMDPA، ۲- ترسیم نقشه پهنه‌بندی وضعیت هر یک از پارامترهای کیفی و کمی موردبررسی، ۳- نقشه پهنه‌بندی تخریب

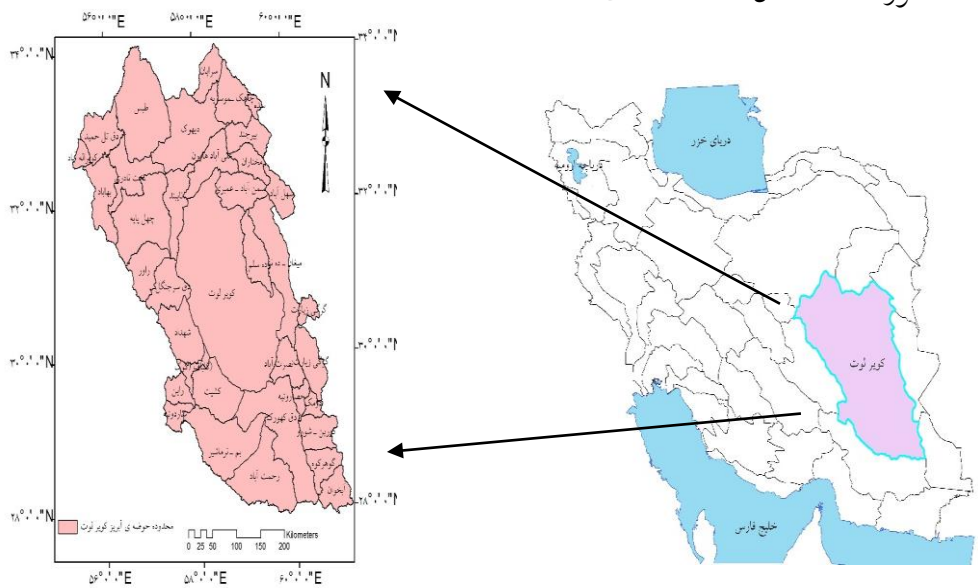
[1] Djemai

آب‌های سطحی به‌منظور مدیریت منطقه موردمطالعه و ۴- صحت‌سنجی مدل IMDPA با استفاده از روش خوشه‌بندی وارد[1]

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در پژوهش حاضر حوضه کویر لوت است. مساحت این حوضه که کم‌باران‌ترین و از خشک‌ترین حوضه‌های ایران است به ۲۰۶۷۱۷/۸ کیلومترمربع بالغ می‌گردد و در مختصات "۳۴ '۴۲ °۵۵ تا "۴۳ '۲۳ °۶۸ طول جغرافیایی و "۵ '۰۸ °۲۸ تا "۱۱ '۹۵ °۳۴ عرض جغرافیایی قرار دارد حوضه کویر لوت شامل ۳۶ زیرحوضه کوچک‌تر می‌باشد. در شکل شماره ۱ منطقه موردمطالعه نشان داده شده است.



شکل شماره (۱) موقعیت حوضه موردمطالعه

[1] wards

مدل IMDPA

برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی و تهیه نقشه آن از جنبه معیار آب زیرزمینی با توجه به شرایط منطقه از مدل جدید به نام مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (IMDPA) استفاده می‌شود که با همکاری معاونت امور مراتع و خاک سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۴ تعیین شده و جدیدترین مدل جهت ارزیابی شدت بیابان‌زایی می‌باشد (Zehtabian & et al 2013; 470). در این مدل ۹ معیار کلیدی شامل اقلیم، زمین شناسی-ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی، کشاورزی، فرسایش (آبی و بادی)، اقتصادی – اجتماعی و توسعه شهری – صنعتی به‌عنوان عوامل اصلی و کلیدی بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. کلاس‌های هر یک از شاخص‌ها و نیز نقشه نهایی بیابان‌زایی در چهار کلاس خطر کم (ناچیز)، خطر متوسط، خطر شدید و خیلی شدید می‌باشد به این صورت که به هر لایه بر اساس تأثیر آن بر بیابان‌زایی با توجه به بررسی منابع و استناد به کار محققین و با توجه به شرایط منطقه، وزنی بین ۱ تا ۴ داده می‌شود و نحوه وزن دهی به‌صورت برابر می‌باشد، به‌طوری‌که ارزش یک بهترین و ارزش چهار بدترین وزن بوده است. هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود به‌دست می‌آید.

روش وارد

وارد (۱۹۶۳) روشی برای خوشه‌بندی داده‌ها ارائه کرد که این روش یکی از روش‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی می‌باشد. در این روش ابتدا هریک از بردار به‌صورت خوشه جداگانه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. سپس در هر گام دو شیء باهم ادغام می‌شوند. این کار آن‌قدر تکرار می‌شود تا در پایان کار، خوشه یکتایی شکل گیرد. در این روش، در هر گام، همه ترکیب‌های دوتایی ممکن از ادغام دیده و شاخصی به نام مجموع مربعات خطا (sse)[1] محاسبه می‌شود. هر ترکیبی که خطای کمتری داشته باشد، برگزیده می‌شود و بر پایه آن ادغام انجام می‌پذیرد. روشن است که هر بار مقدار حداقل خطا افزایش می‌یابد. این کار آن‌قدر تکرار می‌شود تا همه بردار باهم

[1] Sum of squares error index

ادغام شوند و خوشه یکتایی به وجود آید. گاهی از این روش بانام روش «کمترین واریانس» یاد می‌شود.

در تحقیق حاضر جهت تعیین تعداد خوشه بهینه از شاخص عرض سیلهوت استفاده می‌شود. این شاخص توسط روسیو (۱۹۸۷) به‌صورت رابطه زیر معرفی گردید:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \qquad (۱)$$

در این رابطه متوسط فاصله i امین عضو موجود در یک خوشه با دیگر اعضاء آن خوشه، b(i) حداقل متوسط فاصله i امین عضو موجود در یک خوشه با تمامی اعضاء خوشه بوده و همواره ۱ > s(i) >۱- است. پس از محاسبه s(i) هریک از اعضا در هر خوشه، مقادیر متوسط عرض سیلهوت برای تعداد مشخص خوشه به دست می‌آید. خوشه‌بندی که منجر به تولید حداکثر عرض سیلهوت متوسط شود، خوشه‌بندی بهینه خواهد بود.

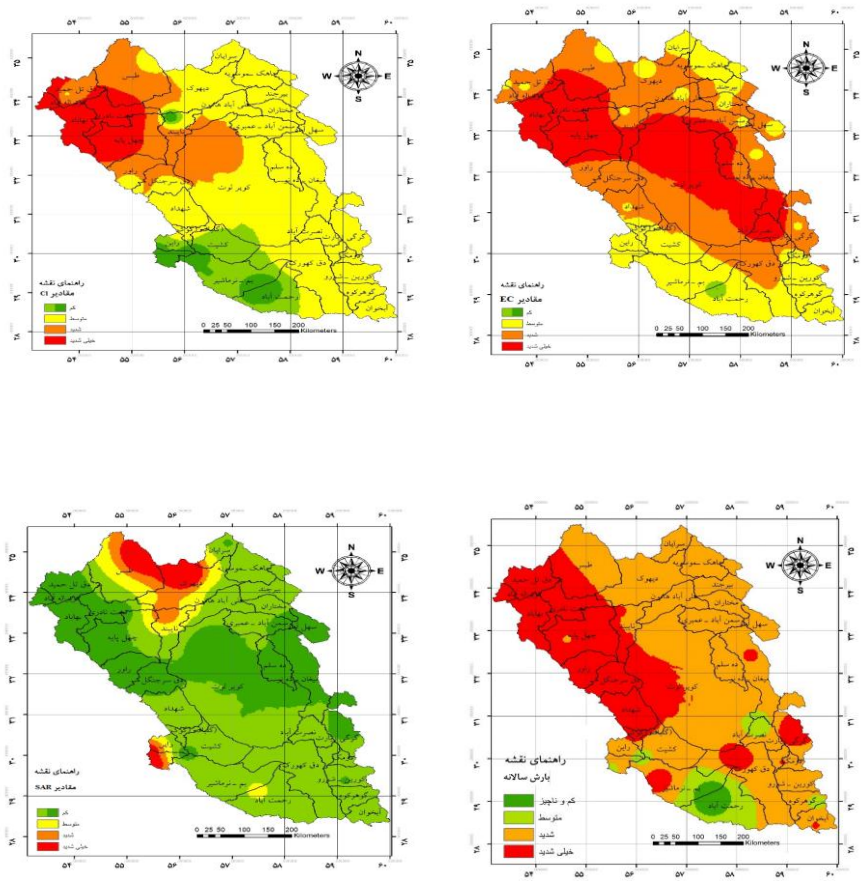
نتایج و بحث

در این پژوهش جهت آنالیزهای کیفی و کمی از پارامترهای مجموع بارندگی سالانه، میزان کلر، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم استفاده شد. برای ارزیابی کیفی و کمی از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری در ۳۶ زیرحوضه در بازه زمانی سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ که توسط روش‌های آماری تکمیل گردید، استفاده شد. کلاس‌بندی و درجات خطر شاخص‌های کیفی (EC[۱]، CL و SAR[۲]) و کمی (مجموع بارش سالانه) براساس مدل IMDPA در جدول شماره ۱ آمده. با توجه به این جدول‌ها و نمونه‌برداری‌های کیفی و کمی، منطقه موردمطالعه ازنظر شدت تخریب هر شاخص کلاس‌بندی شد و نتایج به لایه منطقه در نرم‌افزار GIS اضافه شده و با انتخاب روش عکس فاصله وزنی جهت مکان‌یابی، نقشه‌های پهنه‌بندی هر شاخص رسم گردید (شکل شماره ۲). نتایج پهنه‌بندی تخریب شاخص‌ها در جدول شماره ۲ آمده است.

[۱] Electrical conductivity
[۲] Sodium adsorption ratio

جدول شماره (۱) کلاس‌بندی و درجات خطر شاخص‌های کیفی و کمی

کلاس خطر	کم	متوسط	شدید	خیلی شدید
امتیاز	۱–۱/۵	۱/۵۱–۲/۵	۲/۵۱–۳/۵	۳/۵۱–۴
EC (میکروموس بر سانتی‌متر)	<۵۰۰	۵۰۰–۱۵۰۰	۱۵۰۰–۳۰۰۰	>۳۰۰۰
SAR	<۱۵	۱۵–۲۶	۲۶–۳۲	>۳۲
Cl (میلی‌گرم بر لیتر)	<۵۰۰	۵۰۰–۱۵۰۰	۱۵۰۰–۳۰۰۰	>۳۰۰۰
بارش سالانه	>۲۸۰	۱۵۰–۲۸۰	۷۵–۱۵۰	<۷۵



شکل شماره (۲) پهنه‌بندی خطر شاخص‌های بارش سالانه، EC، Cl و SAR

جدول شماره (۲) درصد خطر تخریب کیفی و کمی منابع در منطقه موردمطالعه

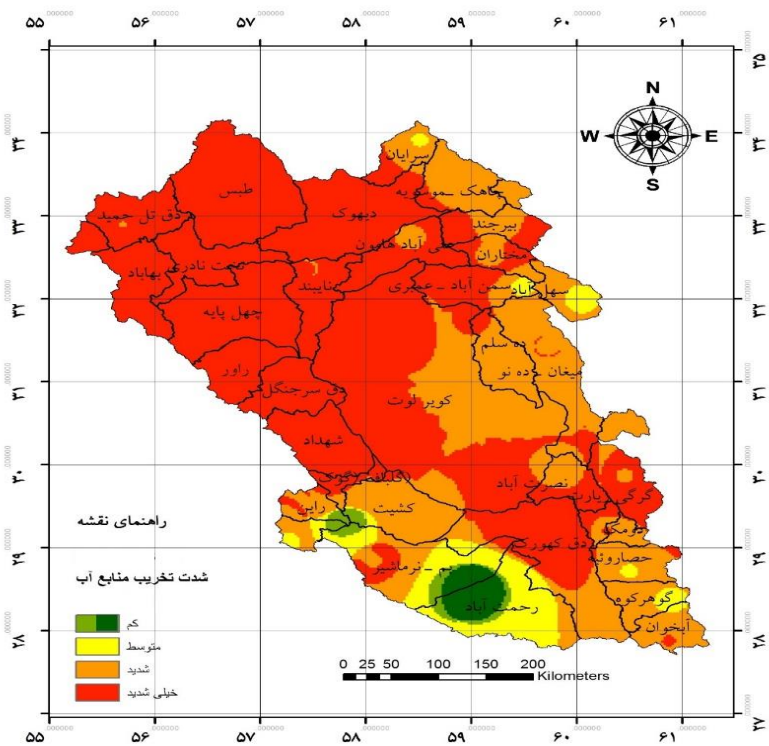
کلاس‌بندی	ناچیز	متوسط	شدید	خیلی شدید
درصد مساحت بارش سالانه	۲/۱۴	۱۱/۶۶	۶۲/۱۴	۲۴/۰۶
درصد مساحت EC	۰/۱۰	۱۶/۱۵	۶۴/۵۳	۱۹/۲۲
درصد مساحت SAR	۹۱/۶۸	۵/۲۱	۱/۸۴	۱/۲۷
درصد مساحت Cl	۲/۶۱	۸۱/۸۵	۱۳/۵۷	۱/۹۷

جدول شماره ۲ درصد مساحت کلاس‌بندی‌های شدت خطر بیابان‌زایی برای معیارهای کیفی و کمی را نشان می‌دهد. مطابق شکل شماره ۲ و جدول شماره ۲ اکثر زیر حوضه‌های منطقه موردمطالعه بارندگی بین ۷۵ تا ۱۵۰ میلی‌متر با مساحت ۶۲/۱۴ درصد کلاس سوم یا شدید شاخص شدت بیابان‌زایی قرارگرفته است و زیر حوضه‌های غربی حدود ۲۴ درصد در کلاس خیلی شدید و میزان بارش سالانه در آن‌ها کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر است. بر اساس شاخص هدایت الکتریکی ۶۴/۵۳ درصد از گستره منطقه در کلاس خطر شدید و ۱۶/۱۵ درصد آن در کلاس خطر متوسط واقع‌شده است. برای شاخص نسبت جذب سدیم ۱/۲۷ درصد از گستره منطقه در کلاس خطر خیلی شدید و ۵/۲۱ درصد آن در کلاس خطر متوسط واقع‌شده است. هم‌چنین برای شاخص کلر نتایج نشان می‌دهد که شدت آلودگی منابع آب سطحی ازنظر کلر در ۱۳/۵۷ درصد از گستره منطقه کلاس خطر شدید و در ۸۱/۸۵ درصد از منطقه کلاس خطر متوسط را دارد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد شاخص هدایت الکتریکی در بین متغیرهای کیفی بیشترین خطر آلودگی را ایجاد کرده است که این نتیجه با پژوهش مسعودی و برزگر (۱۳۹۴) که در دشت فیروزآباد معیار کیفی را بررسی کردند و هدایت الکتریکی بیشترین نقش را داشت و حداکثر محدودیت را ایجاد نمود، تطابق دارد.بر اساس مدل IMDPA برای ارزیابی شدت نهایی تخریب از میانگین هندسی استفاده‌شده و امتیاز هر زیر حوضه مشخص خواهد شد که این امتیاز بر اساس جدول شماره ۱ کلاس‌بندی و میزان تخریب معلوم می‌شود. درنهایت پس از تعیین امتیاز هر زیرحوضه بر اساس معیارهای کیفی (EC، SAR و Cl) و کمی (بارش سالانه) کلاس‌بندی تخریب بیابان‌زایی کلی

توسط جدول شماره ۱ انجام گرفت و نقشه تخریب منابع آبی محدوده موردمطالعه ترسیم شد (شکل شماره ۳). با توجه به نتایج میزان تخریب منابع آبی در ۴ کلاس (ناچیز، متوسط، شدید و خیلی شدید) به ترتیب عبارت‌اند از: ۷/۲۱، ۱۴/۳۸، ۳۱/۶ و ۴۶/۸۱؛ بنابراین غالب منطقه درخطر خیلی شدید قرار دارد (جدول شماره ۳).

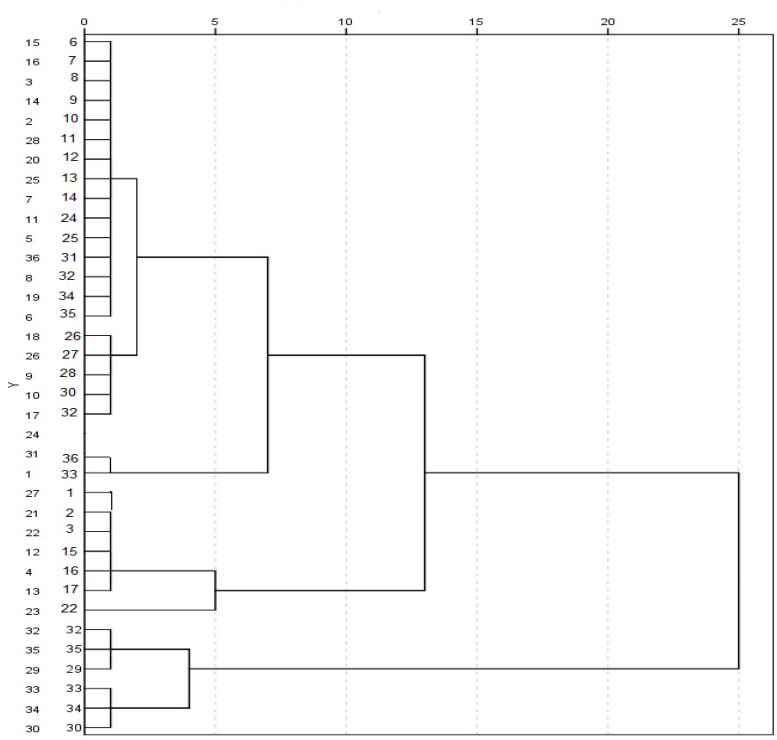
جدول شماره (۳) مساحت تخریب منابع آبی در منطقه موردمطالعه

کلاس‌بندی	ناچیز	متوسط	شدید	خیلی شدید
مساحت (کیلومترمربع)	۱۴۳۴۷/۹	۲۸۶۱۶/۲	۶۲۸۸۴	۹۳۱۵۱/۹
درصد مساحت	۷/۲۱	۱۴/۳۸	۳۱/۶	۴۶/۸۱

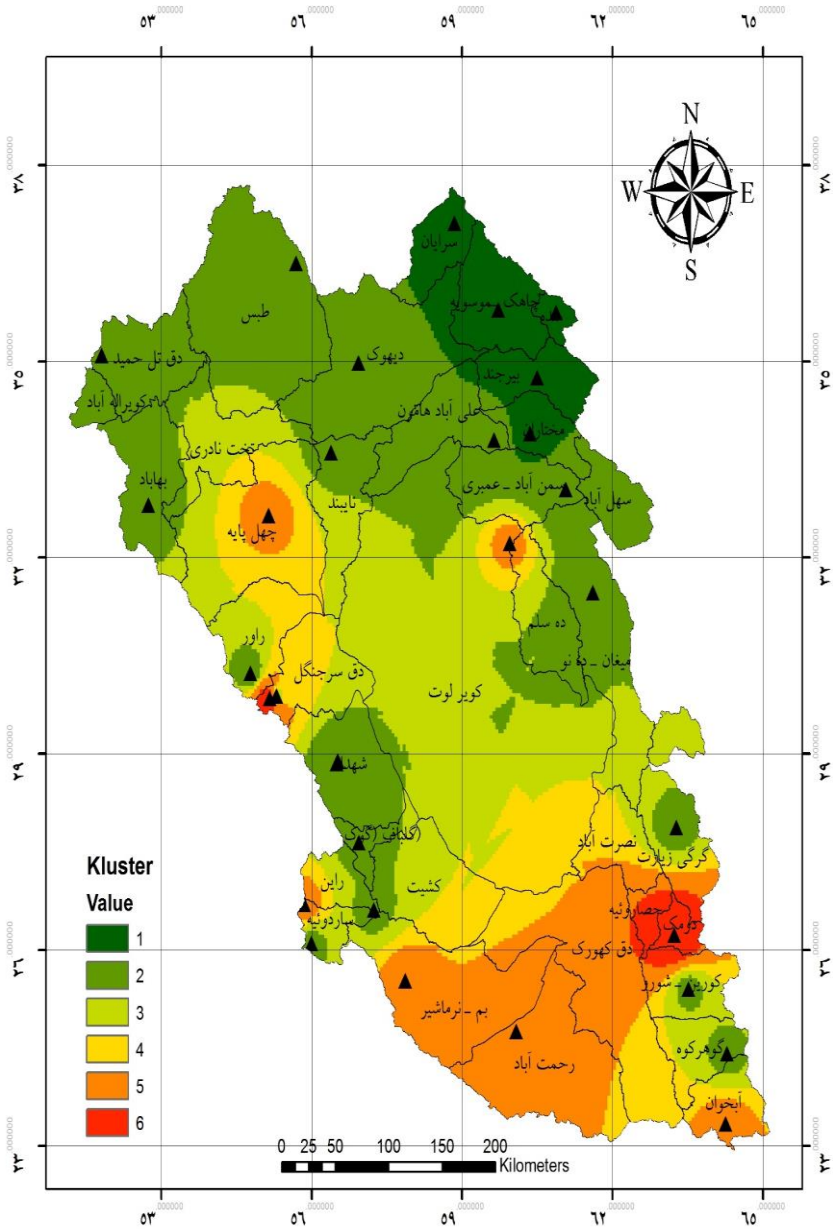


شکل شماره (۳)- کلاس‌بندی تخریب منابع آب در زیرحوضه‌های موردمطالعه

در این پژوهش خوشه‌بندی زیرحوضه‌های موردمطالعه بر اساس شاخص‌هایی که برای ارزیابی در مدل IMDPA استفاده گردید، انجام شد. شکل شماره ۴ دندوگرام مربوط به خوشه‌بندی روش وارد را نشان می‌دهد. بر اساس دندوگرام می‌توان مشاهده کرد دو خوشه کامل مجزا وجود دارد که هریک به خوشه‌هایی تقسیم می‌شوند. برای تعیین تعداد خوشه بهینه از شاخص سیلهوت استفاده شد که تعداد بهینه خوشه برای زیرحوضه‌های موردمطالعه ۶ خوشه می‌باشد. درنهایت در شکل شماره ۵ نقشه شماتیک خوشه‌بندی با ۶ خوشه آمده است و این نقشه تطابقی ۸۰ درصدی با نقشه تخریب منابع آبی (شکل شماره ۳) دارد؛ بنابراین مدل IMDPA به‌کاررفته از صحت کامل برخوردار بوده و قابل استناد می‌باشد.



شکل شماره (۴) دندوگرام مربوط به خوشه‌بندی توسط روش وارد



شکل شماره (۵) نقشه شماتیک خوشه‌بندی منطقه مورد مطالعه با ۶ خوشه

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از مدل IMDPA برای ارزیابی شدت تخریب منابع آبی در ۳۶ زیرحوضه واقع در حوضه کویر لوت استفاده شد. ازجمله قابلیت‌های مدل IMDPA به قابل تفکیک بودن شاخص‌های کیفی و کمی می‌توان اشاره کرد. در این پژوهش شاخص‌های کیفی (EC، CL و SAR) و کمی (مجموع بارش سالانه) موردبررسی قرار گرفت. نقشه پهنه‌بندی هر شاخص رسم و درنهایت نقشه تخریب منابع آبی با میانگین‌گیری به‌صورت هندسی از شاخص‌های کیفی و کمی به‌دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین خطر به ترتیب ۴۶/۸۱ و ۷/۲۱ درصد از مساحت کل منطقه در وضعیت خطر تخریب خیلی شدید و ناچیز قرار دارد. برای اطمینان از صحت مدل IMDPA از روش خوشه‌بندی وارد استفاده گردید. تعداد خوشه بهینه با استفاده از شاخص عرض سیلهوت تعیین و براساس آن حوضه کویر لوت به ۶ خوشه تقسیم گردید. نتایج خوشه‌بندی تطابق ۸۰ درصد را با نتایج مدل IMDPA داشته و تأییدی بر صحت این مدل می‌باشد. درنهایت پیشنهاد می‌شود به‌منظور آمایش سرزمین (برنامه‌ریزی و مدیریت منطقه) از نقشه تهیه‌شده استفاده گردد.

منابع

آذرنگ، فرهنگ؛ تلوری، عبدالرسول، صدقی، حسین و شفاعی‌بجستان، محمود. (۱۳۹۴). ارزیابی کیفیت آب برای مصارف شرب و کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی کرخه پایین‌دست سد مخزنی)»، مجموعه مقالات اولین همایش ملی کیفیت منابع آب و توسعه‌ی پایدار، اراک.

رضائی‌پور باغدر، عبدالحسین؛ بهرامی، حسین؛ رفیع شریف‌آباد، جواد و خسروی، حسن (۱۳۹۴)، "ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA (مطالعه موردی:منطقه باغدر، یزد)" مطالعات جغرافیای مناطق خشک، ۵(۱۹)، ۵۴-۴۲.

عباسعلی، ولی؛ موسوی، سیدحجت و سادات‌احمدی، سیدموسی. (۱۳۹۴)، "ارزیابی شدت بیابان زایی حوضه مسجدسلیمان با استفاده از مدل IMDPA"، مهندسی اکوسیستم بیابان، ۹(۴)، ۵۶-۴۳.

کاوه‌کار، شهاب؛ جوادی، سامان؛ یوسفی، راضیه و عبادی‌فر، مجید (۱۳۹۵). "ارزیابی کیفی آب‌های سطحی برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سلامت‌آباد)" ششمین کنفرانس مدیریت منابع آب، ۱-۳ اردیبهشت ۱۳۹۵، دانشگاه کردستان.

محتشمی، علی و ناصری، مهدی (۱۳۹۴). "طبقه‌بندی کیفی آب جهت مصارف شرب و کشاورزی و صنعت (مطالعه‌ی موردی: دشت درمیان اسدآباد استان خراسان جنوبی)"، مجموعه مقالات اولین همایش ملی کیفیت منابع آب و توسعه‌ی پایدار، اراک.

مسعودی، مسعود و برزگر، سعیده (۱۳۹۴)، "ارزیابی و پهنه‌بندی شدت تخریب کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل اصلاحی بیابان‌زایی IMDPA و GIS ؛ مطالعه موردی دشت فیروزآباد استان فارس"، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال پنجم، ش ۲۰، ۹۵-۸۸

Arain, M. B., Ullah, I., Niaz, A., Shah, N., Shah, A., Hussain, Z. & Kazi, T. G. (2015), "Evaluation of Water Quality Parameters in Drinking Water of District Bannu, Pakistan: Multivariate study", Sustainability of Water Quality and Ecology, 3, pp 114-123.

Djemai, M. Saibi, H. Mesbah, M. & Robertson, A. (2017), "Spatio-Temporal Evolution of the Physico-Chemical Water Characteristics of the Sebaou river valley (Great Kabylia, Algeria)", Journal of Hydrology: Regional Studies, 12, pp 33-49.

Mesbahzadeh, T. Ahmadi, H. Zehtabian, Gh. Sarmadian, F. and Moghimi Nezhad F. (2013), "Calibration of IMDPA Model with Regarding to Land criteria to Present Regional Model for Desertification Intensity (Case study: Abuzaidabad, Kashan)". Journal of Range and Watershed Management, 66(3): pp 469-476.

Ward Jr. (1963), "Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. Journal of the American Statistical Asssociation", 58 (301): pp 236-244.

Rousseeuw, P.J. (1987), "Silhouette: A Graphical aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analasis", Journal of Computational and Applied

Whitehead, P. G. Wilby, R. L. Battarbee, R. W. Kernan, M. & Wade, A. J. (2009), "A Review of the Potential Impacts of Climate Change on Surface Water Quality", Hydrological Sciences Journal, 54(1), pp 101-123.