تحلیلی بر تهدیدهای منابع آب با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی با رویکرد پدافند غیرعامل

مرضیه عداللهی‌دهکی[۱] و زهرا عزیزی[۲*]

۱) دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲) استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: zazizi@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

چکیده

کمبود آب از مهمترین و اساسی‌ترین بحران‌های کشور است که علاوه بر مشکلات زیست محیطی در عرصه‌های اجتماعی و امنیتی نیز بروز کرده است. بررسی وضعیت بحران آب در مناطق مختلف برای پیش‌بینی اقدامات پدافندی مورد نیاز در مدیریت و جلوگیری از ایجاد تبعات اجتماعی ضروری است. تحقیق حاضر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل مشارکتی عوامل موثر در ایجاد و تشدید بحران آب در شهرستان بویین‌زهرا انجام شد. به این منظور ابتدا لایه‌های اطلاعاتی شامل خشکسالی، رده‌های خاک، میزان تبخیر و تعرق، میانگین مجموع بارش سالانه، رخنمون‌های زمین‌شناختی سطحی، فاصله از رودخانه‌های دایمی، میزان تخلیه یا دبی خروجی چاه‌های عمیق و کاربری تهیه و با به‌کارگیری تابع فازی مثلثی استانداردسازی شد و با استفاده از تابع تلفیق وزن‌دار خطی، لایه نهایی عرصه‌های بحران آب تولید گردید. نتایج بیانگر آن بود که سه مولفه اصلی میزان تخلیه آب توسط چاه‌های عمیق، میزان تبخیر و تعرق و تراکم جمعیت در سطح شهرستان، مهمترین عوامل دخیل در ایجاد و تشدید بحران کمبود آب بودند. همچنین سه طبقه بحران آب در سطح شهرستان شناسایی گردید که شامل طبقه با ریسک متوسط در بخش‌های شمالی شهرستان بویین‌زهرا (مساحت ۱۰۱۶ کیلومترمربع و حدود ۳۴ درصد از مساحت کل شهرستان)، طبقه دوم یا عرصه‌های بحرانی منابع آب که بیشتر نواحی شرقی و مرکزی شهرستان بویین‌زهرا را در برگرفته است (۳۹ درصد از مساحت شهرستان برابر ۱۱۵۵ کیلومترمربع) و طبقه سوم یا عرصه‌های در معرض بحران (مساحت آن حدود ۸۳۰ کیلومترمربع و ۲۷ درصد از مساحت شهرستان) می‌شوند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثرگذارترین فعالیت در ایجاد بحران کمبود آب در این مطالعه مربوط به بخش کشاورزی است، بنابراین موثرترین اقدامات پدافندی در کاهش اثرات بحران کمبود آب در منطقه مورد مطالعه نظارت و جلوگیری از حفر چاه‌های عمیق جدید و پرکردن چاه‌های غیرمجاز تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: بحران آب، بویین زهرا، پدافند غیرعامل، سامانه اطلاعات جغرافیایی.

مقدمه

منابع آب، منابع پایه طبیعی، استراتژیک و اقتصادی هستند. آنها مایه حیات توسعه اقتصادی و زیست محیطی و منابع مهم برای توسعه پایدار می‌باشند (Bao & Fang, 2008). از قرن بیست‌ویکم با رشد جمعیت، تغییرات محیط زندگی، تغییرات آب و هوایی، تغییرات ساختار صنعتی و عوامل دیگر، مصرف آب به شدت افزایش یافته است و تعداد فزاینده‌ای از کشورها با بحران آب مواجه شده‌اند. بیست و هشت کشور توسط سازمان ملل متحد جز مناطق با کمبود آب یا کمبود آب شدید طبقه‌بندی شده‌اند و این تعداد در حال افزایش است (Danny *et al.*, 2010). بیش از دو میلیارد نفر در معرض خطر کمبود آب شیرین در دسترس هستند و حداقل یک‌چهارم آنها ممکن است تا سال ۲۰۵۰ در کشورهایی زندگی کنند که تحت تاثیر کمبودهای دوره‌ای یا مکرر قرار گرفته‌اند (UNESCO, 2017). در این زمینه، کمبود آب نه تنها باید به عنوان کمبود منابع در نظر گرفته شود، بلکه باید به عنوان یک موضوع مربوط به اقتصاد، جامعه و بوم شناسی و همچنین بسیاری از جنبه‌های

دیگر مورد توجه قرار گیرد (Caizhi *et al*., 2016). برای دستیابی به بهره‌برداری پایدار و بلندمدت از منابع آبی سه عنصر جمعیت، محیط زیست و اقتصاد مورد توجه هستند، بنابراین برای رسیدن به این هدف توجه همه جانبه به شیوه بهره‌برداری از منابع آب، توسعه اقتصادی و ظرفیت تحمل زیست محیطی هر منطقه حایز اهمیت می‌باشد (Yang, 2022) بر این اساس استفاده از روش‌های علمی به منظور ارزیابی تهدیدهای کمبود آب و توسعه آن ضروری به نظر می‌رسد.

در همین راستا، یکی از موضوعات مهم و تاثیرگذار در دنیای امروز و در تمامی کشورها، بحث پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در مواقع اضطراری است (حاجی‌پور و پیاب، ۱۳۹۸). در چند دهه گذشته بحران‌های طبیعی، سیاسی، امنیتی و غیره در سطح جهانی افزایش یافته است و پدافند غیرعامل تنها به زمان جنگ یا صلح مربوط نمی‌شود، بلکه آمادگی لازم برای مقابله با حوادث و انواع بلایای طبیعی و غیرطبیعی مربوط است (شرفیه، ۱۳۹۲). در حال حاضر یکی از اهداف مهم مدیریت بحران، کاهش آسیب و ایمن‌سازی زیرساخت‌های ضروری جامعه و مردم است تا به کمک این اقدامات شرایط امن و بهتری را ایجاد نماید (Jha *et al*., 2020). طراحی و برنامه‌ریزی در سیستم اطلاعات جغرافیایی و تهیه بانک اطلاعاتی قبل از وقوع بحران یکی از راهکارهای مناسب برای تصمیم‌گیری در آینده و یا ارزیابی شرایط کنونی است (Noori *et al*., 2019; Mallik Pilevar *et al*., 2020 *et al*., 2021; Ghosh & Das, 2019;).

کیکاوسی و کسائی (۱۳۹۶) نیز در مطالعه خود تحت عنوان «کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مدیریت بحران با رویکرد پدافند غیرعامل» بیان کردند که در حال حاضر عمده‌ترین هدف پدافند غیرعامل، ایمن‌سازی و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های مورد نیاز مردم است تا شرایط ایمن را برای مردم فراهم سازد. مدیریت بحران با توجه به گستردگی معنایی و تعدد نوع آن در کشور به عنوان یکی از عوامل اصلی در پیشگیری سوانح غیرمترقبه و راهکارهای مناسب در حین بروز حوادث تلقی می‌شود.

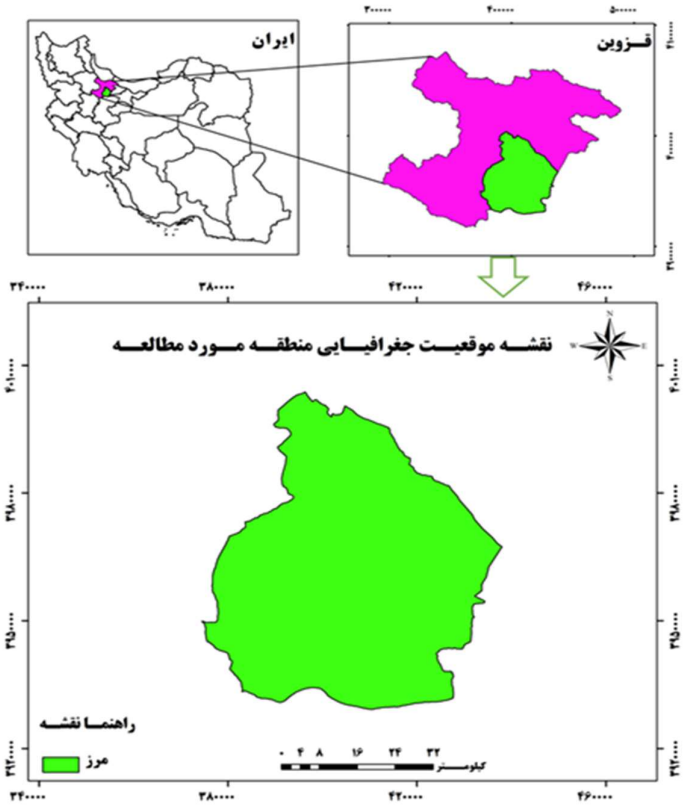
ذوالفقاری و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیقی با استفاده از روش مبتنی بر تدوین پرسشنامه محقق‌ساخته و بررسی اسناد کتابخانه‌ای و مدل‌های آماری استفاده از GIS را در مدیریت بحران پس از سیل ارزیابی نمودند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مکان‌های ایمن هنگام وقوع سیلاب و آماده‌سازی معیارها و زیرمعیارهای موجود شناسایی شد. سپس، با استفاده از اطلاعات آماری فازی- سلسله‌مراتبی (FAHP) مقادیر ارزش هر یک از معیارها و زیرمعیارها مشخص شده و وزن نهایی محاسبه شده و نقشه‌های مربوطه در محیط GIS برای نمایش هرچه بهتر تهیه و تدوین شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد شهرکرد کمترین میزان خطرپذیری را در بین شهرستان‌های استان در اختیار دارد و به‌ترتیب شمال و شمال شرق بروجن، اردل و قسمت‌های مرکزی و جنوب کوهرنگ و قسمت‌های شمالی لردگان ایمنی بیشتری نسبت به قسمت‌های شمالی شهرستان دارند.

در سه دهه اخیر به واسطه تغییرات آب و هوایی عمومی و گرمایش جهانی، رخدادهای حاد اقلیمی مانند خشکسالی‌های شدید، هم تشدید شده و هم فراوانی بیشتری پیدا کرده است. در کنار این خشکسالی‌ها، الگوی مصرف منابع آب در کشور نیز مناسب نیست. در بخش کشاورزی مقادیر زیادی از آب هدر می‌رود و آب موثر در رشد گیاه کمتر از ۵ درصد آب مصرفی است (عمادی، ۱۳۸۸)، با توجه به اینکه کشور ایران و به ویژه مناطق مرکزی کشور به‌طور کلی خشک بوده و بارشی بسیار کمتر از میانگین جهانی دارند و در کنار آن میزان تبخیر و تعرق بالقوه در کشور به ویژه ایران مرکزی ۲ الی ۳ برابر میانگین جهانی است، منابع آب همواره می‌تواند یکی از تهدیدات اساسی و عمده در سطح کشور به حساب آید و در بسیاری از نواحی کشور ایجاد تنش‌های اجتماعی، اقتصادی و امنیتی کند. همان طور که مشاهده می‌گردد در بسیاری از نواحی کشور از جمله استان های اصفهان، خوزستان، مرکزی و قم تنش‌های اجتماعی مربوط به بحران آب فزونی گرفته و در بسیاری از مواقع به درگیری‌ها و تنش‌های بین شهرها، بخش‌ها و یا دهستان‌های مختلف می‌گردد. بر این اساس بحران آب به مثابه یک تهدید، امروزه در نواحی مختلف کشور ظاهر شده و نیازمند اقدامات مدیریتی پدافندی برای مقابله می‌باشد. برنامه‌ریزی برای مدیریت بحران آب، به ویژه در ارتباط با آب شرب و مصارف شهری هم از لحاظ کمی و هم از لحاظ کیفی

بسیار حایز اهمیت است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر استفاده از GIS و تحلیل مشارکتی در بررسی عوامل موثر در ایجاد و تشدید بحران آب در شهرستان بویین‌زهرا با رویکرد پدافند غیرعامل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شهرستان بویین‌زهرا یکی از شهرستان‌های این استان است که از نظر جغرافیایی در ۵۰ درجه و ۴ دقیقه طول و ۳۷ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۲۱۰ متری از سطح دریا قرار دارد. آب و هوای این منطقه معتدل مایل به گرم‌وخشک است. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و در استان قزوین نشان داده شده است. همچنین موقعیت جغرافیایی منطقه نیز در پایین شکل قابل مشاهده است.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

برای نیل به هدف تحقیق ابتدا تمامی لایه‌های اطلاعاتی از طریق سازمان نقشه‌برداری و سایت‌های معتبری مانند USGS فراهم شد. سپس از تکنیک فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی و نیز تحلیل سلسله مراتبی به‌منظور بررسی عوامل تاثیرگذار در بحران آب منطقه مورد مطالعه استفاده شد. در ابتدا نقشه پهنه-بندی عوامل تاثیرگذار بدین شرح تهیه گردید: ۱. تهیه لایه‌های (نقشه‌های) عوامل موثر بر تهدید منابع آب؛ ۲. رستری نمودن لایه‌ها؛ ۳. طبقه‌بندی مجدد لایه‌ها؛ ۴. فازی نمودن لایه‌ها با استفاده از توابع فازی؛ ۵. وزن دادن به لایه‌ها؛ و ۶. همپوشانی نمودن لایه‌ها با استفاده از عملگرهای فازی و استخراج بهترین عملگر. پس از تهیه لایه‌های مربوطه آنها را به صورت رستری درآورده و طبقه‌بندی مکرر بر روی آنها انجام شد تا بتوان عوامل را به دامنه‌ای از مقادیر تقسیم نمود، سپس با استفاده از توابع فازی نقشه‌ها فازی‌سازی شدند.

در ادامه با کمک تکنیک‌های پدافند غیرعامل راهکارهای مناسب به‌صورت سناریوهای قابل اجرا ارایه شد. برای پژوهش حاضر، چهار جامعه مورد بررسی قرار گرفت که عبارت بودند از: ۱. متخصصین و خبرگان علمی حوزه پدافند غیرعامل؛

۲. متخصصان و خبرگان علمی حوزه آب و منابع آب؛ ۳. مسئولین اداری و مطلعین کلیدی؛ و ۴. اسناد و مدارک مرتبط با موضوع تحقیق.

برای تعیین وزن هر یک از معیارهای هفت‌گانه (در نمونه مطرح شده) ماتریس ۹×۹ به‌صورت جداول تعریف شد. با مقایسه دو به دو عناصر، ماتریس تشکیل شده و با استفاده از جدول ۱ که جدول ترجیحات یا قضاوت شفاهی در سیستم ۹تایی برای مقایسه زوجی در روش AHP نام دارد، همراه با نظر کارشناسی منطبق با پرسشنامه‌ها تکمیل شده و واسنجی اعداد نسبت به مقیاس ۹ تا ۷ تعیین شد.

جدول ۱. مقادیر ترجیحات یا قضاوت شفاهی در سیستم ۹تایی برای مقایسه زوجی

ترجیحات	مقدار عددی
کاملا مهم یا کاملا مطلوب‌تر	۹
اهمیت خیلی‌قوی	۷
اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر	۳
اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
اولویت بین فواصل	۲، ۴، ۶ و ۸

در روش مورد بحث، کلاس‌بندی خطر و تهدید منابع آب بر اساس جدول ۲ می‌باشد. این جدول، در ۵ کلاس به نام‌های بی‌خطر، خطر کم، متوسط، خطر زیاد و خطر بسیارزیاد تقسیم‌بندی شد و محدوده‌های امتیازی هر کلاس نیز مشخص گردید.

جدول ۲. کلاس‌بندی خطر و تهدید منابع آب بر اساس روش AHP

کلاس درجه‌بندی (M)	محدوده امتیاز	ارزیابی
۱	۲۰-۰	بی‌خطر
۲	۴۰-۲۰	خطر کم
۳	۶۰-۴۰	خطر متوسط
۴	۸۰-۶۰	خطر زیاد
۵	۱۰۰-۸۰	خطر بسیار زیاد

به‌طور کلی عوامل و عناصر محیطی دخیل در ایجاد بحران آب از قبیل عوامل اقلیمی (دمای سالانه، بارش، میزان تبخیر و تعرق بالقوه سالانه)، عوامل توپوگرافی (شیب، ارتفاع)، ویژگی‌های زمین‌شناسی و خاک‌شناسی (به لحاظ نفوذپذیری و نگهداشت آب در خاک)، کاربری اراضی (به لحاظ تاثیر در میزان تبخیر و تعرق، کنترل میزان رواناب و میزان نفوذپذیری خاک)، همگی از عواملی هستند که می‌توانند در شناسایی نواحی مستعد بحران آب در سطح شهرستان بویین‌زهرا ایفای نقش کنند. در کنار این عوامل محیطی عوامل مربوط به توزیع تراکم جمعیت شهری و روستایی (جمعیت کل) در سطح شهرستان مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد با بکارگیری الگوریتم فازی‌سازی مثلثی، کلیه نقشه‌های دخیل در شناسایی و آشکارسازی نواحی مستعد بحران آب در سطح شهرستان بویین‌زهرا استانداردسازی گردید. در مرحله نهایی با استفاده از طراحی پرسشنامه و تکمیل آن به وسیله کارشناسان سازمان آب منطقه‌ای و کارشناسان منابع طبیعی این شهرستان، میزان ترجیح یا اهمیت هر کدام از این عوامل در شناسایی نواحی مستعد بحران آب در سطح شهرستان شناسایی و اولویت‌بندی شدند. با بکارگیری قابلیت‌های نرم‌افزار ARC GIS با استفاده از مدل همپوشانی وزن‌دار، پهنه‌های مستعد بحران آب در سطح شهرستان شناسایی گردید.

نتایج

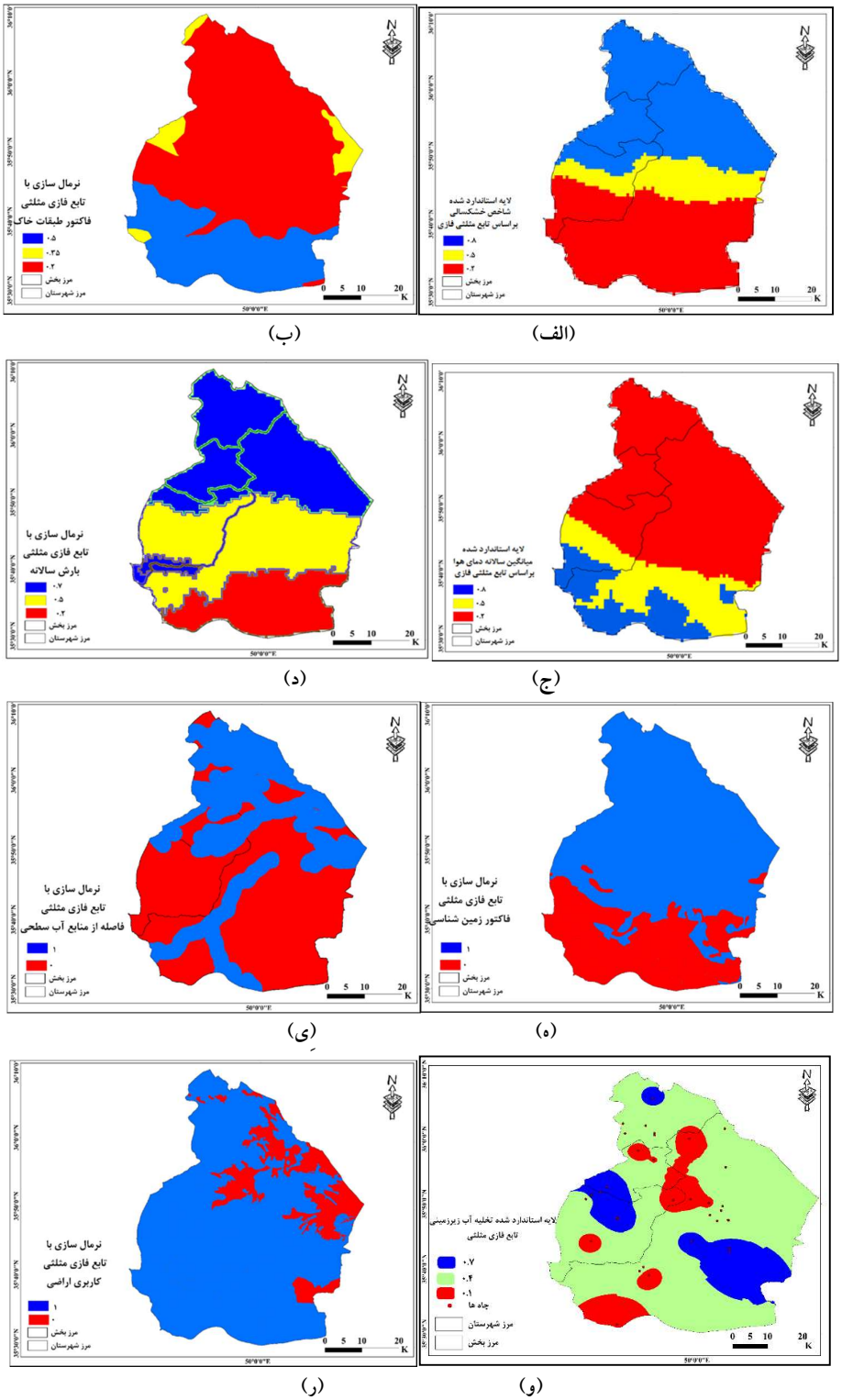
نتایج نشان داد الگوریتم استانداردسازی فازی مثلثی در پهنه‌بندی عوامل تاثیرگذار در بحران آب منطقه بویین زهرا و نرمال‌سازی نقشه‌های این عوامل مناسب است. در نقشه‌های ارایه شده در شکل ۲ (الف) لایه فازی شاخص خشکسالی SPI

استاندارد شده مشاهده می‌شود. همان‌طور که در این نقشه دیده می‌شود، بخش‌های شمالی شهرستان بویین‌زهرا از لحاظ شاخص خشکسالی و نقش آن در بیلان آب امتیاز بالایی را به خود اختصاص داده است (میزان عضویت ۰/۸ از عضویت کامل ۱). درحالی‌که بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه که عموما منطبق بر ناهمواری‌های شهرستان نیز می‌باشد، از لحاظ این شاخص دارای امتیاز پایینی بوده است (میزان عضویت ۰/۲ از عضویت کامل ۱). بخش‌های مرکزی شهرستان بویین زهرا نیز دارای امتیاز بینابینی (میزان عضویت ۰/۵ از عضویت کامل ۱) است.

بر اساس نقش هر کدام از رده‌های خاک منطقه مورد مطالعه در میزان بحران آب، تابع فازی مثلثی استانداردسازی گردید. بر این اساس نقشه عضویت استاندارد لایه رده‌های خاک به صورت شکل ۲ (ب) تشکیل گردید که بر اساس آن، بخش وسیعی از نواحی شمالی شهرستان بویین‌زهرا دارای مقادیر عضویت پایین (میزان عضویت ۰/۲ از عضویت کامل ۱) بوده است. خاک این مناطق همان‌طور که در نقشه شکل (۲- الف) مشاهده شد از نوع اریدی‌سول بوده و قابلیت نفوذ و نگهداشت رطوبت را ندارد. بخش‌های محدودی از نواحی شرقی و غربی که دارای خاک‌های اینسپتی‌سول بوده‌اند از لحاظ نفوذ و نگهداشت خاک شرایط مطلوب‌تری نسبت به بخش‌های مرکزی داشته‌اند و میزان عضویت آنها در تابع مثلثی فازی برابر ۰/۳۵ از ۱ بوده است. بالاترین امتیاز استاندارد شده از لحاظ فاکتور خاک مربوط به بخش‌های جنوبی منطقه بوده که این مناطق دارای میزان عضویت ۰/۵ از ۱ بوده‌اند.

یکی دیگر از فاکتورهای تاثیرگذار در میزان تبخیر و تعرق و میزان موثر بودن بارش در شارژ منابع آب زیرزمینی، دمای هوا است که لایه استاندارد شده این فاکتور بر اساس تابع فازی مثلثی در شکل ۲ (ج) ارایه شده است. همان‌طور که در این لایه مشاهده می‌شود، این عامل در بخش‌های شمالی شهرستان دارای کمترین نقش (عضویت ۰/۲ از ۱) و در بخش‌های جنوبی و ناهمواری‌های شهرستان، بیشترین میزان وزن عضویت فازی را دارا است (عضویت ۰/۸ از ۱). در مناطق شمالی و ناهمواری-های شهرستان، پایین بودن دما مانع از تبخیر بخش زیادی از بارش فصل سرد شده و این بارش مازاد به صورت بارش موثر عمل کرده و فرصت نفوذ در زمین را داشته و آب‌های زیرزمینی منطقه را تقویت می‌کند.

یکی از فاکتورهای عمده و اساسی تاثیرگذار در وضعیت بحران آب، به ویژه در شهرستان بویین‌زهرا که میانگین بارش آن ۲۵۰ میلی‌متر در سال (آستانه بارش نواحی بیابانی) است، فاکتور بارش می‌باشد. علاوه بر مقدار کلی بارش، نوسان و تاخیرات سالانه آن نیز می‌تواند منجر به ایجاد بحران آب در شهرستان شود. بر اساس توزیع فضایی بارش که نقشه آن در شکل ۲ (د) ارایه شده است، لایه نرمال شده فاکتور بارش بر اساس الگوریتم فازی مثلثی به صورت شکل ۲ (د) تولید گردیده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بر اساس مجموع بارش سالانه، بخش‌های شمالی منطقه مورد مطالعه که بارشی بین ۲۷۰ تا ۲۹۰ میلی‌متر دریافت کرده است، دارای بیشترین میزان عضویت بوده است، درحالی‌که بخش‌های جنوبی منطقه بارش کمتری دریافت می‌کنند و کمترین میزان تابع عضویت فازی مثلثی را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۲. لایه‌های استاندارد شده بر اساس الگوریتم فازی مثلثی

الف) فاکتور خشکسالی SPI، ب) فاکتور رده‌های خاک، ج) فاکتور میانگین دمای سالانه، د) فاکتور میانگین مجموع بارش سالانه، ه) فاکتور رخنمون‌های زمین‌شناختی سطحی، ی) فاکتور فاصله از رودخانه‌های دایمی، و) فاکتور میزان تخلیه یا دبی خروجی چاه‌های عمیق، ر) فاکتور کاربری/ پوشش اراضی

عوامل زمین‌شناختی نقشی اساسی و مهم در ایجاد آبخوان‌های زیرزمینی دارند. رخنمون‌های نفوذپذیر زمین‌شناختی در سطح زمین می‌تواند منجر به نفوذ آب بارش شده و منابع آب زیرزمینی را تقویت کند. این رخنمون‌ها

می‌توانند باعث ایجاد بیلان آب مثبت در آب‌های زیرزمینی منطقه شوند. اما وجود رخنمون‌های نفوذناپذیر مانع از نفوذ آب‌های سطحی و رواناب‌های ناشی از بارش شده و نقش منفی در آب‌های زیرزمینی منطقه دارند. در نقشه شکل ۲ (ه) لایه استاندارد شده زمین‌شناسی منطقه بر اساس نقش آنها در ایجاد بحران آب با استفاده از مدل فازی مثلثی، ارایه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد این فاکتور در بخش‌های شمالی منطقه که عموما سازندهای آبرفتی جوان از قبیل تراس‌ها و پادگانه‌ها و دشت آبرفتی بویین زهرا رخنمون دارند و این سازندها از قابلیت نفوذپذیری بالایی برخوردار هستند، بنابراین بالاترین امتیاز عضویت فازی که برابر ۱ است را داشته است، درحالی‌که سازندهای منطبق بر ناهمواری‌های استان که عموما شامل سازندهای بازالتی و گدازه‌ای بوده است و از قابلیت نفوذپذیری ضعیفی برای تقویت منابع آب زیرزمینی برخوردار است، بنابراین هیچ امتیاز عضویتی از این لحاظ دریافت ننموده اند (میزان عضویت صفر).

فاصله از رودخانه‌های دایمی (خررود و حاجی‌عرب) و سرشاخه‌های آبدار دایمی آنها یکی از فاکتورهای تاثیرگذار در شناسایی نواحی در معرض بحران آب در سطح شهرستان بویین‌زهرا هستند که در نقشه شکل ۲ (ی) لایه نرمال‌سازی شده فاصله از منابع آب سطحی ارایه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد نواحی شمالی شهرستان بویین زهرا دارای تراکم منابع آب سطحی بالاتری بوده و از این نظر دارای امتیاز بالاتری از لحاظ میزان عضویت تابع فازی مثلثی بوده است، درحالی‌که نواحی جنوبی دارای میزان عضویت صفر می‌باشند.

میزان دبی یا آبدهی چاه‌های عمیق در شهرستان یکی از مهمترین عوامل ایجاد کننده بحران آب در سطح شهرستان می‌باشد. همان‌طور که در بخش تحلیل تخلیه و مصرف آب شهرستان اشاره شد، بیش از ۰/۶۰ از منابع آب زیرزمینی منطقه از طریق چاه‌های عمیق سطح شهرستان تخلیه می‌گردد، بنابراین این چاه‌ها یکی از اساسی‌ترین فاکتورهای ایجادکننده بحران آب در منطقه می‌باشند. لایه میزان تخلیه آب‌های زیرزمینی منطقه که با استفاده از تابع فازی مثلثی استانداردسازی شده در شکل ۲ (و) ارایه شده است.

کاربری اراضی یا پوشش اراضی علاوه بر اثرگذاری بر میزان نفوذپذیری سطحی خاک، در ایجاد ضریب رواناب بارش، میزان تبخیر و تعرق از سطح، میزان نگهداشت آب خاک و میزان فرسایش و سرعت رواناب نیز نقش اساسی ایفا می‌کند. لایه کاربری اراضی شهرستان (شکل ۲، ر) با استفاده از مدل فازی مثلثی استاندارد شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، به جز زمین‌های بایر و پهنه‌های کویری و برخی نواحی کشاورزی که امکان نفوذ آب در زمین را فراهم نمی‌کنند و امتیاز پایینی در تابع عضویت فازی مثلثی گرفته‌اند، سایر کاربری‌های شهرستان دارای امتیاز کامل هستند.

تولید تابع تلفیق لایه‌ها

پس از آنکه نقش هر کدام از فاکتورهای تعیین شده امتیازدهی شد، در نهایت بر اساس وزن‌دهی‌هایی که پس از تکمیل ۲۵ پرسشنامه مربوط به تحقیق حاضر به دست آمد، ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شد. سپس با توجه به وزن (اهمیت) که به کمک روش AHP در محیط Arc/MAP حاصل شد، ماتریس دودویی هر یک از لایه‌ها به ترتیب اهمیت در محیط تحت وبAHP-Calculator Online وارد گردید و بردار وزن نهایی هر یک از عناصر یا لایه‌ها در ایجاد بحران آب مشخص شد. مقدار توافق لایه‌های وزن‌گذاری شده ۰/۰۵ به‌دست‌آمد که نشان‌دهنده آن است که سازگاری لازم در بین قضاوت‌ها رعایت شده است. جدول ۳ ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای مورد ارزیابی را به ترتیب اهمیت نشان می‌دهد. سپس عمل روی‌هم‌گذاری لایه‌ها در محیط Arc/GIS و با استفاده از توابع برهم نهی وزن‌دار انجام شد و بدین ترتیب نواحی یا عرصه‌هایی از شهرستان بویین زهرا که در معرض ریسک بحران آب هستند، شناسایی شد. در جدول۳ ماتریس مقایسه زوجی عوامل و فاکتورهای تعیین‌کننده بحران آب در سطح شهرستان بویین زهرا بر اساس نظرات ۲۵ کارشناس از دو اداره منابع طبیعی و آب منطقه‌ای شهرستان بویین زهرا ارایه شد.

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی جهت استخراج وزن‌های نهایی بر اساس الگوریتم AHP

ماتریس دودویی	ارتفاع از سطح دریا	شیب	تبخیر و تعرق	دما	بارندگی	خاک	زمین‌شناسی	کاربری زمین	فاصله از رودخانه	میزان تخلیه چاه‌ها	تراکم جمعیت
ارتفاع از سطح دریا	۱	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۴	۰/۱	۰/۴
شیب		۱	۰/۲	۰/۶	۰/۳	۰/۶	۱	۰/۶	۰/۳	۰/۲	۰/۵
تبخیر و تعرق			۱	۲	۱	۳	۴	۳	۲	۱	۲
دما				۱	۰/۴	۰/۷	۲	۰/۸	۰/۶	۰/۳	۰/۴
بارندگی					۱	۳	۵	۳	۲	۱	۳
خاک						۱	۲	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۶
زمین‌شناسی							۱	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۵
کاربری زمین								۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵
فاصله از رودخانه									۱	۰/۵	۱
میزان تخلیه چاه‌ها										۱	۰/۶
تراکم جمعیت											۱

با وارد کردن ماتریس فوق در نرم‌افزار AHP-Calculator Online که یک نرم‌افزار تحت وب می‌باشد، بردار وزن‌های نهایی هر کدام از فاکتورها و اولویت‌بندی آنها تولید گردید. در جدول ۴ وزن‌های اختصاص داده شده به هر کدام از فاکتورهای دخیل در شناسایی عرصه‌های در معرض بحران آب شهرستان بویین زهرا ارایه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد دو عامل میزان تخلیه آب زیرزمینی توسط چاه‌های عمیق سطح شهرستان و نیز تراکم جمعیت و سپس مجموع بارش سالانه مهمترین و تعیین‌کننده‌ترین فاکتورهایی هستند که بر اساس نظر کارشناسان (۲۵ پرسشنامه تکمیل‌شده توسط کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای شهرستان و اداره منابع طبیعی شهرستان بویین زهرا) می‌توانند سطح بحران آب در شهرستان را کنترل کنند. وزن این فاکتورها بر اساس بردار وزن نهایی (جدول ۴) به‌ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۱۵ و ۰/۱۴۵ بوده است. درحالی که دو فاکتور زمین‌شناسی و ارتفاع بر اساس نظر این کارشناسان در بین فاکتورهای دخیل در بحران آب در سطح شهرستان کمترین نقش را داشته‌اند.

جدول ۴. بردار وزن‌های نهایی هر کدام از عناصر تاثیرگذار در شناسایی عرصه‌های مستعد بحران آب در شهرستان بویین زهرا

نام لایه	اولویت (درصد)	(±) درصد	رتبه
ارتفاع از سطح دریا	۱۲/۶	۰/۵	۴
شیب	۳/۷	۰/۸	۱۰
تبخیر و تعرق	۱۲/۴	۳/۷	۵
دما	۴/۵	۰/۹	۹
بارندگی	۱۲/۸	۵/۵	۳
خاک	۵/۰	۱/۳	۸
زمین‌شناسی	۳/۲	۰/۸	۱۱
کاربری زمین	۶/۵	۱/۷	۷
فاصله از رودخانه	۹/۴	۲/۲	۶
میزان تخلیه چاه‌ها	۱/۹	۶/۲	۱
تراکم جمعیت	۱۳/۰	۴/۹	۲

بنابراین بر اساس بردار وزن‌دهی که در جدول فوق از نرم‌افزار AHP-Calculator Online به‌دست آمد، ترکیب خطی بر هم تلفیق لایه‌های فازی استاندار شده کلیه عوامل دخیل در آشکارسازی عرصه‌های در معرض بحران آب در شهرستان بویین زهرا به صورت رابطه ۱ ارایه شده است.

رابطه (۱)

$$CAW = 0.15(Pop) + 0.20(Discharch) + 0.094(Riverdist) + 0.065(Landuse) + 0.032(Geology) + 0.05(Soil) + 0.148(Rainfall) + 0.045(TAnnual) + 0.144(ETp) + +0.032(Slop) + 0.026(Elev)$$

که در آن CAW، عرصه‌های در معرض بحران آب است.

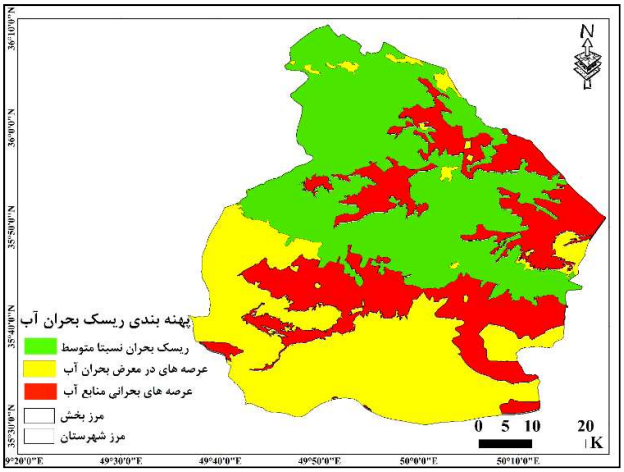
تولید لایه پهنه‌بندی بحران آب در سطح منطقه مورد مطالعه

پس از محاسبه وزن نهایی لایه‌های اطلاعاتی اقلیمی و غیراقلیمی، روی‌هم‌گذاری این لایه‌ها با توجه به وزن‌های اختصاص داده شده به آنها بر اساس الگوریتم AHP انجام شد. بدین منظور ابتدا با استفاده از قابلیت نرم‌افزار GIS تمامی لایه‌ها تبدیل به لایه‌های رستری با اندازه پیکسلی یکسان گردیدند. به‌طوری‌که با بکارگیری تابع باز نمونه‌گیری[1] ابتدا تمامی لایه‌ها به ابعاد ۱ کیلومتری تبدیل شدند. در نهایت فرآیند برهم‌نهی صورت گرفت و نقشه نهایی که به برآیند کلی تمامی لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر با تاثیر وزن‌های ارایه شده می‌باشد، به صورت شکل ۳ به‌دست آمد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، به‌طور کلی بر اساس برهم‌نهی و تلفیق کلیه عوامل دخیل در تعیین نواحی و عرصه‌های در معرض ریسک بحران آب، سه طبقه بر اساس ریسک بحران آب شناسایی شد که توزیع فضایی این طبقات در شکل ۳ ارایه شده است. طبقه با ریسک متوسط، بخش‌های شمالی شهرستان بویین زهرا را در برگرفته است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، این منطقه با مساحت ۱۰۱۶ کیلومترمربع، حدود ۳۴ درصد از مساحت کل شهرستان بویین زهرا را در برگرفته است. از لحاظ شاخص‌های اصلی دخیل در شناسایی عرصه‌های بحران آب یعنی شاخص میزان تخلیه توسط چاه‌های عمیق، شاخص خشکسالی استاندارد شده SPI و بارش، این پهنه دارای میزان تخلیه بالایی نمی‌باشند، به‌طوری که متوسط چاه‌های عمیق واقع شده در این پهنه به‌طور متوسط آبدهی برابر یک تا ۶ لیتر بر ثانیه دارند که نسبت به سایر مناطق شهرستان کمتر بوده است. از لحاظ میزان بارش این پهنه از شهرستان دارای میانگین بارش سالانه بیش از ۲۶۰ میلی‌متر در سال است و از لحاظ میزان تبخیر و تعرق سالانه نیز این پهنه درای ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق سالانه است که حدود ۸ برابر میزان بارش میانگین سالانه است. به‌طور کلی رخنمون سازندهای زمین‌شناختی این پهنه از نوع آبرفت‌های متخلخل و نفوذپذیر است که با داشتن شیب کم (نقشه شیب) امکان ماندگاری و نفوذ آب ناشی از بارش را در فصل سرد می‌دهد. علاوه بر آن در این بخش از شهرستان رودخانه خررود نیز جاری است که فاصله از این رودخانه نیز به عنوان یک فاکتور در پهنه‌بندی ریسک بحران آب دخیل بوده است. از لحاظ شاخص خشکسالی SPI این منطقه به‌طور نسبی (نسبت به کل شهرستان بویین زهرا) دارای بارش نرمال یا خشکسالی خفیف بوده است. برآیند کلی همه موارد دخیل در پهنه‌بندی ریسک بحران آب در سطح شهرستان بیانگر آن بود که این بخش از شهرستان بویین زهرا که مساحت آن برابر ۱۰۱۶ کیلومترمربع است و عموما بخش‌های شمالی و مرکزی شهرستان را در برگرفته دارای ریسک متوسطی از لحاظ بحران آب است.

پهنه دوم که بیشتر نواحی شرقی و مرکزی شهرستان بویین زهرا را در برگرفته است عرصه‌های بحرانی منابع آب می‌باشد. در این عرصه‌ها که کاربری غالب آنها کشاورزی و زمین‌های بایر است، میزان نفوذ آب داخل خاک بسیار پایین بوده و خاک منطقه دارای ساختارهای رسی با نفوذپذیری کم می‌باشد (نقشه پهنه‌های خاک). میزان بارش در این بخش‌ها از شهرستان بین ۲۲۰ تا ۲۴۰ میلی‌متر است و از خشکسالی متوسط رنج می‌برند. میزان تبخیر و تعرق بالقوه سالانه در این پهنه بین ۲۰۰۰ تا ۲۲۰۰ میلی‌متر در سال است که تقریبا ۱۰ برابر میزان بارش سالانه است و از این لحاظ این پهنه دارای بالاترین میزان تبخیر و تعرق سالانه در سطح شهرستان می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، این عرصه‌های بحرانی منابع آب حدود ۳۹ درصد از مساحت شهرستان بویین زهرا که برابر ۱۱۵۵ کیلومترمربع می‌باشد را در برگرفته است. بخشی از این عرصه‌ها که در نواحی جنوبی شهرستان واقع شده است، عموما دارای شیب‌های تند بوده که موجب تبدیل شدن بارش به رواناب شده و آب حاصل از بارش فرصت کافی برای نفوذ به زمین نخواهد داشت. درحالی‌که در بخش‌های شرقی این شهرستان، عموما

1 Resampeling

زمین‌های بدون شیب است که آب قابلیت ماندگاری در سطح زمین را دارد؛ اما به دلیل اینکه ساختار خاک این منطقه دارای ترکیبات رسی زیادی بوده، نفوذپذیری خاک بسیار پایین می‌باشد. از لحاظ میزان تخلیه توسط چاه‌های عمیق، چاه‌های این منطقه دارای دبی ۸ تا۱۳ لیتر برثانیه هستند که از نظر میزان تخلیه آب نقش مهمی در ایجاد بحران آب دارند. از لحاظ کاربری اراضی نیز این منطقه غالبا دارای زمین‌های بایر یا مراتع فقیر است. در نهایت پهنه سوم که عرصه‌های در معرض بحران را که مساحت آنها حدود ۸۳۰ کیلومترمربع از شهرستان بویین‌زهرا است (۲۷ درصد از مساحت شهرستان)، نشان می‌دهد.



شکل ۳. نقشه نهایی ارزیابی ریسک بحران آب در سطح شهرستان بویین زهرا

شکل ۴. مساحت هر کدام از عرصه‌های بحران آب سطح شهرستان بویین‌زهرا

این پهنه در واقع در صورت عدم رعایت اقدامات مدیریتی و برنامه‌ریزی در شرف تبدیل به عرصه‌های بحرانی می‌باشد. این پهنه بیشتر در نواحی جنوبی شهرستان و منطبق بر ناهمواری‌ها و دامنه‌های پرشیب شهرستان است. بارش نسبتا کم نسبت به بخش‌های شمالی شهرستان، رخنمون‌های زمین‌شناختی نفوذناپذیر و فاقد خاک عمیق است که قابلیت نگهداشت آب را داشته و نشان از وجود طیف خشکسالی نسبتا شدید می‌باشد. در برخی نواحی این پهنه بالا بودن میزان تبخیر و تعرق بالقوه سالانه (به میزان ۲۰۰۰ تا ۲۲۰۰میلی‌متر در سال) باعث بالا رفتن ریسک بحران آب در این عرصه‌ها شده است.

تحلیل پدافند غیرعامل بحران آب

در جدول ۵ توزیع فضایی جمعیت و مراکز شهری و روستایی شهرستان بویین زهرا در پهنه‌های سه‌گانه بحران آب شهرستان که به صورت نقشه (شکل۳) ارایه شد، مشاهده می-گردد. بر اساس این جدول، در عرصه‌های دارای بحران آب متوسط تعداد ۴ روستا قرار گرفته است. روستاهای ابراهیم‌آباد با ۴۲۰۹ نفر جمعیت، زین‌آباد با ۴۳۳۵ نفر جمعیت، قلعه‌هاشم با ۴۲۱۸ نفر جمعیت و دشت آبی شرقی و غربی به‌ترتیب با ۹۶۰۰ و ۱۰۴۴۰ نفر جمعیت در این پهنه قرار گرفته‌اند. مراکز شهری شال، بویین زهرا، ارداق و زهرای پایین نیز در این پهنه قرار گرفته‌اند. به‌طور کلی جمعیت روستایی موجود در این عرصه که دارای ریسک متوسط بحران آب است برابر ۳۲۸۰۲ نفر می‌باشد که در واقع ۸۵ درصد از کل جمعیت روستایی این شهرستان می‌باشند. از لحاظ جمعیت شهری نیز تعداد ۵۲۵۵۷ نفر از جمعیت شهری شهرستان بویین زهرا در این پهنه قرار گرفته‌اند که برابر ۴۱ درصد از کل جمعیت شهری شهرستان بویین زهرا می‌باشند. این عرصه بیشتر به فعالیت‌های کشاورزی اختصاص دارد و در صورت تداوم استخراج منابع آب زیرزمینی با روند کنونی تخلیه آن، این عرصه نیز در چند سال آینده جز عرصه‌های دارای بحران آب به شمار خواهد رفت. بنابراین اقدامات پدافندی از قبیل مدیریت منابع آب به‌ویژه در بخش کشاورزی که فعالیت عمده این پهنه به شمار می‌رود و بیش از ۹۰ درصد از مصرف منابع آب شهرستان برای مصارف کشاورزی است، با مدیریت آب در بخش کشاورزی، تغییر الگوی کشت، عدم کشت گیاهان آب‌بر، بهینه‌سازی روش آبیاری، عدم استفاده از روش‌های غرقابی، تنظیم زمان آبیاری به ساعات با کمینه تبخیر و تعرق، می‌تواند فرآیند بحران آب در عرصه شهرستان بویین زهرا را کنترل نماید.

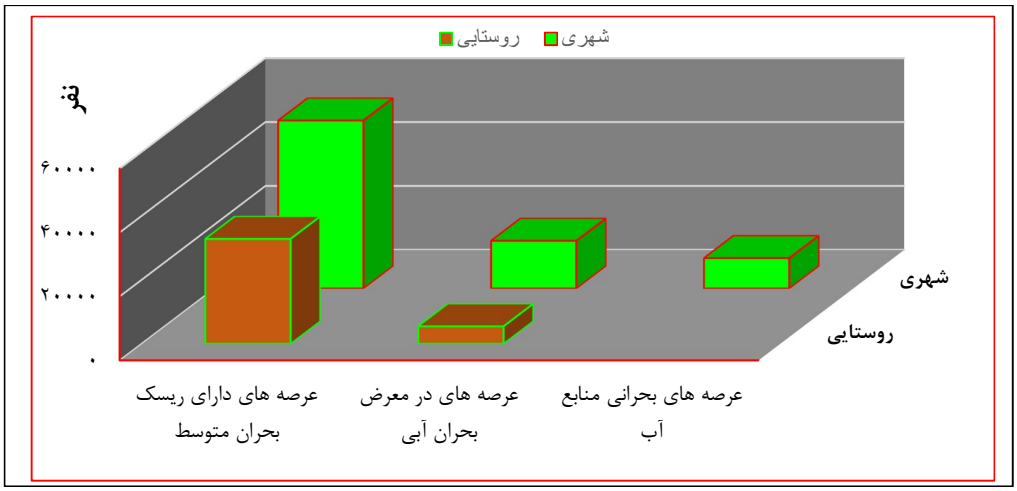
پهنه دوم که شامل نواحی در معرض بحران آب است، حدود ۲۷ درصد از مساحت کل شهرستان را در برگرفته است. میزان جمعیت واقع شده در این عرصه‌ها کمتر از پهنه با خطر متوسط است. روستای رامند جنوبی با جمعیت ۵۴۴۰ نفر در این عرصه قرار گرفته است. دو مرکز بخش و شهر شامل دانسفهان و سکزی‌آباد در این عرصه در معرض بحران آب قرار گرفته‌اند. میزان تخلیه منابع آب در این عرصه بین ۸ تا ۱۳ لیتر در ثانیه به ازای هر چاه عمیق است. به‌طور کلی در این نواحی که عموما منطبق بر ناهمواری‌ها و نواحی پرشیب شهرستان است، هم دارای بارش کمتری بوده و هم امکان گسترش فعالیت کشاورزی مانند طبقه اول وجود ندارد. بسیاری از آب‌های این منطقه به صورت رواناب‌های سطحی به پایین دست زهکش می‌شوند. این پهنه در واقع نیاز به مدیریت و برنامه‌ریزی بیشتر دارد و میزان حساسیت این پهنه بسیار بالا است، زیرا در معرض تبدیل به عرصه‌های دارای بحران آب شدید قرار دارد. در این عرصه بیشتر فعالیت‌های باغداری توسعه دارد و تراکم جمعیت شهری و روستایی در این عرصه کم بوده و بیشتر کاربری آن شامل مراتع است که می‌تواند از لحاظ چرای دام آسیب‌پذیر باشد. اقدامات پدافند غیرعامل در این عرصه می‌تواند به جلوگیری از تخریب مراتع، جلوگیری از چرای بیش از حد دام‌ها، جلوگیری از حفر چاه عمیق و اقدامات آبخیزداری برای جلوگیری از فرسایش خاک باشد. عدم اجرای این اقدامات پدافندی می‌تواند به سرعت این عرصه را وارد عرصه‌هایی کند که با بحران آب شدید درگیر هستند.

در پهنه سوم که به صورت ملموس و واقعی درگیر بحران آب است، شهر یا مرکز بخش زهرای پایین با ۹۵۰۸ نفر جمعیت قرار گرفته است. در شکل ۵ چگونگی توزیع جمعیت شهری و روستایی در هر کدام از عرصه‌های بحران آب شهرستان بویین زهرا ارایه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، بیشترین جمعیت شهری و روستایی در عرصه‌های با بحران آب متوسط واقع شده‌اند. در عرصه‌های بحرانی منابع آب نیز کمترین میزان جمعیت شهری قرار گرفته است درحالی‌که جمعیت روستایی در این عرصه وجود ندارد.

جدول ۵. تعداد مراکز شهری، روستایی و جمعیت واقع شده در عرصه‌های ریسک بحران آب

بحران آب	روستاهای موجود در عرصه		مراکز شهری موجود در عرصه	
	نام روستا	جمعیت	نام شهر	جمعیت
عرصه‌های دارای ریسک بحران متوسط	ابراهیم‌آباد	۴۲۰۹	شال	۱۵۲۹۰
			بویین زهرا	۲۰۸۲۳
	زین‌آباد	۴۳۳۵	ارداق	۵۰۴۳
	قلعه‌هاشم	۴۲۱۸	زهرای بالا	۱۱۴۰۱
	دشتابی شرقی	۹۶۰۰	–	–
	دشتابی غربی	۱۰۴۴	–	–
عرصه‌های در معرض بحران آبی	رامند جنوبی	۵۴۴۰	دانسفهان	۹۴۳۴
			سگزی آباد	۵۴۹۲
عرصه‌های بحرانی منابع آب	–	–	زهرای پایین	۹۵۰۸
مجموع	۶ روستا	۳۸۲۴۲	۷ مرکز بخش و شهر	۷۸۹۹۱

مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵



شکل ۵. توزیع جمعیت شهری و روستایی در هر کدام از عرصه‌های بحران آب سطح شهرستان بویین زهرا

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی ریسک کمبود آب، به عنوان ابزاری برای درک پیچیدگی مسایل آب نشان داد بهبود تاب‌آوری در برابر کم‌آبی یک استراتژی موثر برای ارتقا استفاده پایدار از منابع است و در نتیجه سیستمی باز، شفاف و ابزاری قدرتمند برای اولویت‌بندی نیازهای بخش آب را برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران فراهم می‌کند (Yang, 2022). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد وضعیت خطر کمبود آب در عرصه مورد مطالعه در مناطق روستایی بیشتر از مناطق شهری است. Garrick و همکاران (۲۰۱۹) نیز در تحقیقی که با هدف بررسی مناطق شهری و روستایی در رقابت بر سر آب شیرین انجام شده بود به نتایج مشابهی دست یافتند. تخصیص آب از مناطق روستایی به شهری به یک استراتژی رایج برای رفع نیازهای آب شیرین در شهرهای در حال رشد در سراسر جهان تبدیل شده است (Wang et al., 2010;). استفاده موثر از آب مستلزم خود مدیریتی معنادار، بر اساس مقررات روشن و حمایت از سوی نهادها و مقامات محلی است. پیچیدگی کلی سیستم های آب شهری و روستایی و پیوند آنها با سیستم های انسانی نیز حایز اهمیت است(بدیعی و سیفی، ۱۳۹۷). یافته های این تحقیق نشان داد مداخلات سیاستی و برنامه‌های مدیریتی هدفمند برای بهبود خطر کمبود آب در منطقه مورد مطالعه مورد نیاز است. خطر کمبود آب را می‌توان از طریق سیاست‌های هدفمند و عملیاتی که عواملی مانند حقوق آب، ظرفیت آب و توسعه اقتصادی را در نظر می‌گیرد، بهبود بخشید. به این ترتیب، ترکیب نتایج حاصل از مناطق شهری و روستایی به احتمال زیاد کمک می‌کند تا بر روی کدام مناطق تمرکز شود. این نتایج بیشتر

به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در مطالعه تاثیرات بالقوه برنامه‌های جایگزین برای مداخلات در این زمینه‌های تحقیقاتی کمک می‌کند.

چندین محدودیت برای این تحقیق وجود داشت: اولاً، معیارهای مختلف انتخاب شاخص و روش‌های وزن‌دهی ممکن است نتایج متفاوتی ایجاد کنند. در تحقیقات آتی، نیاز به استفاده از انواع دیگر شاخص‌ها، معیارها و روش‌های ارزیابی و تحلیل پایایی نتایج وجود دارد. در مرحله دوم، این مقاله انتخاب شاخص برای خطرات کمبود آب شهری و روستایی در منطقه بویین زهرا را مورد بحث قرار داد. با این حال، به دلیل فقدان داده‌ها یافتن یک شاخص یکسان و مقایسه‌ای بین شهر و روستا دشوار است. همچنین این مطالعه قیمت آب یا حق آبه را در نظر نمی‌گیرد. فرآیند انتخاب شاخص باید شامل داده‌های سطح کلان و خرد در مورد توسعه سایر عوامل و خطرات کمبود آب شهری و روستایی برای بحث بیشتر و ارایه یک دیدگاه تحقیقاتی معنی‌دار باشد.

در نهایت، بر اساس چارچوب پدافند غیرعامل به‌کار گرفته شده در این مطالعه چارچوبی پویا برای تعیین دیدگاه‌ها و محتوای جدیدی را برای تحقیق در مورد روابط و تعاملات بین سیستم‌های مصرف آب شهری و روستایی ارایه می‌دهد. با این وجود، در حالی که مدل پیشنهادی جدید است، رویکردهای دیگری مانند تعاملات سیستم مرکب و اثرات آنها در فضا هنوز نیاز به مطالعه جدی دارد.

منابع

بدیعی، منصور. سیفی، حسین. (۱۳۹۷). ساختار سازمانی نهاد آب برای رفع بحران آب ایران، کنفرانس ملی الگوهای نوین در مدیریت و کسب و کار، ۱۴ تیر، تهران، ص ۱-۱۱.

حاجی‌پور، خ. و پیاب، آ. (۱۳۹۸) تحلیل آسیب‌پذیری پدافندی مناطق شهر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مطالعه موردی منطقه ۲ شیراز. نشریه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۳(۱): ۵۱-۸۴.

ذوالفقاری، ا.، عزیزی، ز. و آقامحمدی، ح. (۱۴۰۰) شناسایی محل اسکان اضطراری در زمان وقوع سیلاب با استفاده از GIS، مطالعه موردی استان چهارمحال و بختیاری. نشریه اکوهیدرولوژی، ۸(۱): ۱۲۷-۱۴۲.

شرفیه، م. (۱۳۹۲) بررسی کاربرد GIS در مدیریت بحران و پدافند غیرعامل در مناطق شهری. اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران، صفحات ۱-۲۲.

عمادی، ع. (۱۳۸۸) آب، گیاه و اثرات کمبود آب بر بعضی صفات و رفتارهای فیزیولوژیک گیاه، مطالعه موردی گندم. همایش ملی مدیریت بحران آب، مرودشت، صفحات ۱-۱۳.

مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). سرشماری نفوس و مسکن، درگاه ملی آمار ایران، تهران.

کیکاوسی، م. و کسائی، م. (۱۳۹۶) کاربرد سیستم‌های اطلاعات مکانی (RS_GIS) در مدیریت بحران با رویکرد پدافند غیرعامل. اولین همایش ملی رویکردهای نوین آمایش سرزمین در ایران، سمنان، ۱۲-۱.

Bao, C. and Fang, C.L. (2008) Impact of water resources exploitation and utilization one co-environment in arid area: Progress and prospect. Progress in Geography, 26(3): 38–46.

Caizhi, S., Wenxin, L. and Wei, Z. (2016) Water poverty in urban and rural China considered through the harmonious and developmental ability model. Water Resources Management, 30(1): 2547–2567.

Danny, I.C., Tomson, O. and Christopher, O. (2010) Simplifying the water shortage risk index. social indicators research journal, 97(2): 257–267.

Garrick, D., Stefano, L., Yu, W., Jorgensen, I., O'Donnell, E., Turley,L., 2019: Rural water for thirsty cities: a systematic review of water reallocation from rural to urban regions, Environ,ment Ressearch Letter, Vol. 14(4):1-14.

Ghosh, S. and Das, A. (2019) Urban expansion induced vulnerability assessment of East Kolkata Wetland using Fuzzy MCDM method. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 13(1): 191–203.

Jha, M.K., Shekhar, A. and Jenifer, M.A. (2020) Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index. Water Research, 179(1): 115867.

Mallik, S., Mishra, U. and Paul, N. (2021) Groundwater suitability analysis for drinking using GIS based fuzzy logic. Ecological Indicators, 121(2021): 107179.

Noori, A.M., Pradhan, B. and Ajaj, Q.M. (2019) Dam site suitability assessment at the Greater Zab River in northern Iraq using remote sensing data and GIS. Journal of Hydrology, 574(1): 964–979.

Pilevar, A.R., Matinfar, H.R., Sohrabi, A. and Sarmadian, F. (2020) Integrated fuzzy, AHP and GIS techniques for land suitability assessment in semi-arid regions for wheat and maize farming. Ecological Indicators, 110(1): 105887.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). (2017) The United Nations Water Resources Development Report, World Water Assessment Programme, New York, NY, USA.

Wang H, Luo YZ, Lou GL. 2010: China's water resource problems and sustainable development stratigy research. Beijing: China Electric Power Press.

Yang, Y. (2022) Dynamic relationship of urban and rural water shortage risks based on the economy–society–environment perspective. Agriculture 2022, 12(2): 148-148. Retrieved from https://doi.org/10.3390/agriculture12020148/

Analysis of water resources threats using geographic information system with passive defense approach

Marzieh Abdollahi Dehaki[1] and Zahra Azizi[2*]

1) M.Sc. Student, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
*Corresponding Author Email Address: zazizi@srbiau.ac.ir

Date of Submission: 2021/12/15 Date of Acceptance: 2022/03/12

Abstract

Water shortage is one of the most important and fundamental crises in the country, which in addition to environmental problems, has also occurred in the social and security fields. Investigating the water crisis status in different areas is necessary to predict the defensive measures needed in management and to prevent social consequences. The present study was conducted using geographic information system (GIS) and participatory analysis of factors affecting the creation and intensification of the water crisis in Boenzahra city. For this purpose, the information layers including drought, soil categories, rate of evapotranspiration, average annual rainfall, surface geological outcrops, distance from permanent rivers, discharge rate or discharge of deep wells, and the applications were firstly prepared and standardized using a triangular fuzzy function, and the final layer of the water crisis areas was generated using a linear weighted integration function. The results showed that the three major components of the water discharge through deep wells, evapotranspiration, and population density in the city are the most important factors involved in creating and exacerbating the water shortage crisis. Also, three water crisis classes were identified in the city, the middle-risk class including the northern parts of Boenzahra city (area of 1016 km^2 and about 34% of the total area of the city), the second class or critical areas of water resources, which covers most of the eastern and central areas of Boenzahra city (39% of the city area equals to 1155 km^2) and the third class or the areas in the crisis (its area is about 830 km^2 and 27% of the city area). Based on the results, the most effective activity in creating a water shortage crisis in this study is related to the agricultural sector, so the most effective defensive measures in reducing the effects of the water shortage crisis in the study area are monitoring and preventing the drilling of new deep wells and filling of illegal wells were distinguished.

Keywords: Boenzahra city, Geographic information system, Passive defense, Water crisis.