

Using of GIScience in the protection of ecosystems with an emphasis on the Rehabilitation and balancing of groundwater resources (Case study: Arak Plain)

Mehdi Mardian^{1✉}  | Mahmood Ghabd beygi² | Mitra Joodaki³ | Hosein Akbari⁴

1. Corresponding Author, Sari University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: mehdimardian@gmail.com
2. Deputy of protection and exploitation, Regional Water Company of Markazi, Arak, Iran. E-mail: m.ghadbeygi1975@gmail.com
3. Markazi regional water company, Arak, Iran. E-mail: mitrajoodaki2@gmail.com
4. Markazi regional water company, Arak, Iran. E-mail: hosseinakbari2@gmail.com

Article Info	Abstract	
Article type Research Article	Geographical information science (GIScience) by possessing location-based technologies such as Global Positioning System (GPS), Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS), has contributed greatly to various studies in earth sciences, including the protection of ecosystems. In the present study, the application of this science was discussed in the 15 projects of the rehabilitation and balancing of groundwater resources in Iran (case study: Arak Plain), whose purpose is to protect ecosystems for the health of the environment. The projects of this plan are defined in three parts: 1- production and verification of data and information, 2- control, monitoring and exploitation, 3- water storage in aquifers. In each section, while introducing the project and related sub-projects, the application of GIScience was specified. Also, general and thematic layers as well as decision-making models were introduced in some of these projects. In a general summary, it can be pointed out that most of the rehabilitation and balancing projects are location-oriented in the protection of ecosystems and data management from collection to display steps requires geographic technologies that GIScience can well manage these projects for the health of the environment of humans, plants and other animals in order to provide the required water.	
Article history Received: 30 December 2023 Revised: 12 March 2024 Accepted: 15 March 2024 Published: 22 March 2024		
Keywords Ecosystem Geographic Information Management Protection Rehabilitation and Balancing Water Resources		
Cite this article: Mardian, M., Ghadbeygi, M., Joodaki, M., & Akbari, H. (2024). Using of GIScience in the protection of ecosystems with an emphasis on the Rehabilitation and balancing of groundwater resources (Case study: Arak Plain). <i>Ethnobiology and Biodiversity Conservation</i> , 1(1), 45-58. https://doi.org/10.22091/ethc.2023.9711.1006		
		
©The Author(s). Publisher: University of Qom DOI: https://doi.org/10.22091/ethc.2023.9711.1006		

کاربرد GIScience در حفاظت از زیست‌بوم‌ها با تأکید بر احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت اراک)

مهدی مردیان^۱ | محمود قدیگی^۲ | میترا جودکی^۳ | حسین اکبری^۴

۱. نویسنده مسئول، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: mehdimardian@gmail.com

۲. معاونت حفاظت و بهره‌برداری شرکت آب منطقه ای مرکزی، اراک، ایران. رایانامه: m.ghadbeygi1975@gmail.com

۳. شرکت سهامی آب منطقه‌ای مرکزی، اراک، ایران. رایانامه: mitrajoodaki2@gmail.com

۴. شرکت سهامی آب منطقه‌ای مرکزی، اراک، ایران. رایانامه: hosseinakbari2@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله

پژوهشی

تاریخچه

دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹

بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۲۲

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۵

انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۰۳

کلیدواژه‌ها

احیاء و تعادل بخشی

اطلاعات جغرافیایی

حفاظت

زیست‌بوم

مدیریت

منابع آب

علم اطلاعات جغرافیایی (GIScience) با در اختیار داشتن فناوری‌های مکان‌محور همچون سیستم موقعیت‌یاب جهانی، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، کمک شایانی به مطالعات مختلف در علوم زمین از جمله حفاظت از زیست‌بوم‌ها داشته است. در پژوهش حاضر، به کاربرد این علم در پروژه‌های ۱۵ گانه طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی که هدف آن حفاظت از زیست‌بوم‌ها برای سلامت محیط‌زیست است، در دشت اراک پرداخته شد. پروژه‌های این طرح در سه بخش ۱- تولید و تدقیق داده‌ها و اطلاعات، ۲- کنترل، نظارت و بهره‌برداری، ۳- ذخیره‌سازی آب در آبخوان‌ها تعریف شده است. در هر بخش ضمن معرفی پروژه و زیرپروژه‌های مرتبط، کاربرد GIScience مشخص گردید. همچنین لایه‌های عمومی و موضوعی و نیز مدل‌های تصمیم‌گیری در برخی از این پروژه‌ها معرفی شدند. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان به این نکته اشاره کرد که بیشتر پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی مکان‌محور در حفاظت از زیست‌بوم‌ها هستند و مدیریت داده‌ها از مرحله جمع‌آوری تا نمایش نیازمند فن‌آوری‌های جغرافیایی است که GIScience به خوبی می‌تواند این پروژه‌ها را برای سلامت محیط‌زیست انسان، گیاه و سایر جانوران به منظور تأمین آب مورد نیاز مدیریت کند.

استناد: مردیان، مهدی؛ قدیگی، محمود؛ جودکی، میترا؛ و اکبری، حسین (۱۴۰۳). کاربرد GIScience در حفاظت از زیست‌بوم‌ها با تأکید بر احیاء و تعادل بخشی منابع

آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت اراک). *زیست‌قوم‌شناسی و حفاظت تنوع زیستی*، ۱(۱)، صفحه ۴۵-۵۸.

<https://doi.org/10.22091/ethc.2023.9711.1006>



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه قم

مقدمه

بهره‌برداری ناپایدار از منابع آب زیرزمینی یکی از معضلات اصلی مرتبط با ساختار حکمرانی آب زیرزمینی به شمار می‌رود که حفاظت از زیست‌بوم‌ها را به خطر انداخته است (Makanda et al., 2022)؛ تا جایی که روند روزافزون افت سطح ایستابی و تعداد دشت‌های ممنوعه با وجود سابقه طولانی سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، قانون‌گذاری و تلاش ساختار اجرایی کشور در زمینه حل این مشکل، به عنوان یکی از چالش‌های مهم محیط زیستی مطرح می‌باشد (Farzaneh et al., 2015). از طرف دیگر، فشار ناشی از نیازهای روزافزون آب و محدودیت منابع موجود، مدیران را وادار به اعمال مدیریت علمی و عملی در منابع آب زیرزمینی کرده است تا بتوانند سلامت محیط‌زیست انسان، جانوران و گیاهان را تأمین کنند (Gude, 2017). اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی دشت‌ها که یکی از مصوبات شورای عالی آب است، به عنوان راهکار برون‌رفت از بحران به تمامی شرکت‌های آب منطقه‌ای کشور اعلام شده است؛ اما این طرح با چالش‌ها و مشکلاتی رو به رو است که موجب عدم رسیدن به هدف فوق خواهد شد (Alipour et al., 2015). یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، تصمیم‌گیری درست در تشکیل پایگاه داده‌های مکان‌محور و مدیریت آن، نحوه نمایش اجرای پروژه‌ها و زیرپروژه‌های طرح و انعکاس عملکرد به صورت مطلوب با هدف حفاظت از زیست‌بوم‌ها است (Kolli et al., 2022).

ضرورت مطالعه احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی به دلایلی مهم ازجمله حفظ و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی و مقابله با تغییرات اقلیمی از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعه احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی می‌تواند به مدیران صنعت آب کمک کند تا منابع آب زیرزمینی را به صورت پایدار مدیریت و از آن‌ها بهره‌برداری کنند. همچنین تأثیرات منفی محتمل روی محیط‌زیست و زیست‌بوم‌ها را به حداقل برسانند. اما ضرورت مهم‌تر اینکه در راستای دستیابی به این هدف، از چه فن‌آوری‌ها و ابزارهایی می‌توان استفاده کرد؟ با توجه به توسعه روز افزون علم داده‌کاوی، این فرضیه مورد توجه است که علوم وابسته به رایانه می‌توانند به سؤالات و چالش‌های پیرامون حفاظت از زیست‌بوم‌ها به خصوص در بخش مدیریت آب، به تصمیم‌گیرندگان کمک کنند. در این خصوص مطالعات متعددی انجام شده است. به عنوان نمونه، (Najafi Biameh et al., 2015) در پژوهش خود به وجود ابهامات و ایراداتی در رابطه با اعداد و ارقام مورد نیاز به منظور اجرایی نمودن دستورالعمل اجرای توأمان آئین‌نامه مصرف بهینه آب کشاورزی و قانون تعیین تکلیف چاه‌های آب فاقد پروانه بهره‌برداری اشاره داشته‌اند. این در حالی است که Hosseini and Karachian (2015) یکی از جنبه‌های مهم حفاظت از زیست‌بوم‌ها در طرح ملی احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی را تکمیل بانک‌های اطلاعاتی مربوط به وضعیت کمیت و کیفیت آبخوان‌های کشور و ارزیابی اثربخشی طرح عنوان کرده‌اند. (Kayhomayoon et al., 2022) با بررسی اثربخشی اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی و آسیب‌شناسی پروژه‌های آن در دشت اردستان - اصفهان، تأثیر تولید داده‌ها، نظارت و کنترل بهره‌برداری و ذخیره‌سازی مستقیم آب در آبخوان را از اقدامات مفید در بهبود نسبی مدیریت آب منطقه بیان کردند. (Alijani et al., 2022) با بررسی اثرات طرح احیاء و تعادل بخشی بر آب‌های زیرزمینی دشت قلعه‌تل خوزستان بر مبنای عملیات داده‌کاوی دریافتند اثرات مثبت اجرای طرح‌های احیاء و تعادل بخشی آبخوان در این دشت به صورت نسبی شکل گرفته است. (Khodadadi Benis et al., 2022) با ارزیابی طرح احیاء و تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی دشت شهریار با تأکید بر کنش‌های هوشمند نتیجه گرفتند به کارگیری کنشور هوشمند بدون محدود کردن میزان اضافه برداشت کارایی مثبتی بر احیاء و تعادل بخشی آبخوان ندارد و لازم است یک برنامه همه‌جانبه برای مدیریت منابع آب زیرزمینی اجرا کرد. کما اینکه (Mardian et al., 2017) به منظور اولویت‌بندی دشت‌های استان مرکزی برای نصب کنشور هوشمند نتیجه گرفتند، اضافه برداشت چاه‌های مجاز، بیشترین اهمیت را در پروژه نصب کنشور دارد. در پژوهشی دیگر نیز (Mardian et al., 2023) اهمیت اولویت‌بندی پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی را به عنوان یک رویکرد تسهیل‌گر برای حفاظت از زیست‌بوم‌ها و مدیریت بهتر منابع آب و هزینه‌کردها بیان کردند.

با توجه به مکان‌محور بودن بیشتر پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی، به کارگیری علم اطلاعات جغرافیایی (GIScience)^۱ می‌تواند مدیران اجرایی پروژه‌های طرح را در حفاظت از زیست‌بوم‌ها یاری نماید. علم اطلاعات جغرافیایی به

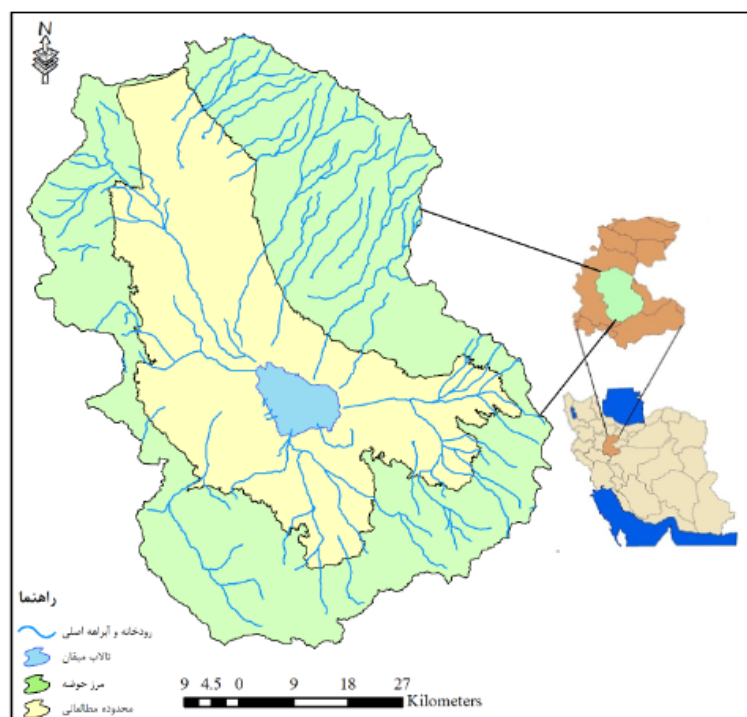
¹. Geographic Information Science

مسائل اساسی تحقیقاتی تکنولوژی‌های سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)^۱، سنجش از دور (RS)^۲ و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۳ در حفاظت از زیست‌بوم‌ها می‌پردازد که چهار بخش اساسی را شامل می‌شود: تعیین موقعیت، جمع‌آوری داده‌ها، انتشار داده‌ها و تحلیل داده‌ها (Goodchild, 2009). علم اطلاعات جغرافیایی در پی درک ماهیت پدیده‌های جغرافیایی و اطلاعات جغرافیایی است. در این علم دو هدف اصلی دنبال می‌شود: ۱- درک بهتر از چگونگی کارکرد طبیعت؛ ۲- سازماندهی بهتر از فعالیت‌های انسانی در سطح زمین (Blaschke et al., 2011). با توجه به اینکه پروژه‌های طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی در حفاظت از زیست‌بوم‌ها مکان‌محور هستند، علم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند عملکرد طرح را با توجه به اهداف تعریف شده فوق به خوبی سازماندهی و نمایش دهد. بنابراین مطالعه حاضر نیز با توجه به ضرورت و فرضیه پیشگفت، در دستیابی به دو هدف مهم انجام شده است: ۱- معرفی شفاف‌تر و دقیق‌تر طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی با دیدگاه حفاظت از زیست‌بوم‌ها؛ ۲- معرفی توانایی‌های GIScience در چگونگی تقویت کردن مطالعات کاربردی طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی در دشت اراک.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

محدوده مطالعاتی اراک با کد ۴۱۲۴ طبق تقسیم‌بندی وزارت نیرو که همان حوضه آبخیز کویر میقان است، با مساحت تقریبی ۵۵۰۰ کیلومترمربع به شکل بسته بوده که تمام جریان‌های سطحی آن به دریاچه میقان (با مساحت ۱۰۶ کیلومتر مربع) منتهی می‌شود (شکل ۱). ارتفاع بیشینه این حوضه ۳۱۱۸ متر، ارتفاع کمینه ۱۶۶۰ متر، ارتفاع متوسط ۱۹۲۶ متر و شیب متوسط سطح ۱/۹۷ درصد می‌باشد. تغییرات بارندگی سالانه از حدود ۲۱۰ تا ۴۳۰ میلی‌متر در تغییر است و میانگین دمای سالانه تقریباً ۱۲/۲ سانتی‌گراد می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی دشت اراک

1. Global Position System

2. Remote Sensing

3. Geographic Information System

تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت اراک علاوه بر تغییرات اقلیم، مرتبط با فعالیت‌های انسانی بوده است. در این زمینه افزایش سطح زیر کشت محصولات آبی همگام با اضافه برداشت چاه‌های مجاز به همراه حفر و برداشت آب از چاه‌های غیرمجاز، منجر به افت چشمگیر سطح آب زیرزمینی شده است. لذا ادامه این روند و تشدید بحران آب در دشت اراک که در حاشیه غربی کویر مرکزی ایران است، می‌تواند در سال‌های آینده منجر به کاهش قابل توجه مساحت اراضی آبی و حتی نابودی این اراضی در منطقه شود. همچنین مخاطراتی از جمله فرونشست زمین، مهاجرت، پدیده گرد و غبار و سایر مشکلات محیط زیستی می‌تواند در این منطقه شکل گیرد و زیست‌بوم منطقه را بیش از این به خطر بیندازد. با توجه به این که دشت اراک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دشت‌های اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی استان مرکزی قلمداد می‌شود، لازم است اجرای پروژه‌های این طرح با توجه و حمایت بیشتر به منظور حفاظت از زیست‌بوم‌ها به اجرا درآیند.

روش تحقیق

با توجه به نقش تعیین‌کننده آب زیرزمینی در تأمین آب مورد نیاز برای مصارف مختلف از جمله شرب، صنعت و کشاورزی در مناطق مختلف کشور، حفاظت از زیست‌بوم‌های مرتبط با مدیریت آب از ارزش و اهمیت بالایی برخوردار است (Loomisa et al., 2018). آب زیرزمینی حیاتی‌ترین منبع تأمین آب در ایران به منظور حفاظت از زیست‌بوم‌ها است که بهره‌برداری پایدار از آن، از ضروریات اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود. متأسفانه در چندین دهه گذشته، منابع آبی کشور از نظر کمیت و کیفیت در وضعیت بحرانی است و تشدید افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌ها، ممنوعیت بیش از ۴۰۳ محدوده از ۶۰۹ محدوده مطالعاتی و کسری مخزن تجمعی ۱۳۵ میلیارد مترمکعب را به دنبال داشته است (Samani, Rostamizad and Khanbabai, 2018; 2020). روش تحقیق حاضر به صورت مروری و توصیفی است که ضمن معرفی طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی، چگونگی کاربرد GIScience را در حفاظت از زیست‌بوم‌ها بیان می‌کند و می‌تواند به مدیران و کارشناسان پروژه‌های محیط زیستی، آب، کشاورزی و... در مدیریت پیاده‌سازی برنامه‌ها و تحلیل عملکرد اقدامات اجرایی کمک کند. بنابراین روش تحقیق پژوهش حاضر به صورت توصیفی - تحلیلی منطبق با اهداف پژوهش بیان شده است. در بخش اول روش تحقیق با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی تحت وب و مصاحبه با کارشناسان خبره، ضمن معرفی طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی با دیدگاه حفاظت از زیست‌بوم‌ها، توانایی‌های GIScience در چگونگی تقویت کردن مطالعات کاربردی طرح احیاء و تعادل بخشی جزء به جزء تحلیل شده است. در بخش دوم روش تحقیق نیز، خلاصه چند مطالعه موردی پیرامون اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی با به‌کارگیری توانایی‌های GIScience در دشت اراک ارائه شده است که در این بخش نیز، از مطالعات کتابخانه‌ای و جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی تحت وب استفاده شد.

نتایج و بحث

طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی

در راستای چاره‌اندیشی برای حفاظت از زیست‌بوم‌ها با رویکرد کنترل افت و کسری مخزن حادث شده در آبخوان‌ها، وزارت نیرو با تعریف طرح تعادل بخشی، تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب در سال ۱۳۸۴، برنامه‌های خود در زمینه بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی را آغاز کرد. ولی با توجه به عدم حمایت دستگاه‌های دیگر که همکاری آن‌ها در این زمینه الزامی است و همچنین نبود عزم جدی میان مقامات عالی کشور در سال‌های قبل و عدم تأمین اعتبار کافی، نتایج مطلوبی از طرح حاصل نشد. مجدداً با فعال شدن شورای عالی آب در دولت یازدهم، وزارت نیرو برنامه‌های خود را در جلسه هشتم شورای عالی آب در سال ۱۳۹۲ ارائه نمود و ابتدا مصوبه‌ای تحت عنوان برخورد قانونی با برداشت‌های غیرمجاز و نهایتاً تبدیل به طرحی شد تحت عنوان "طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی" مشتمل بر ۱۵ پروژه که در جلسه پانزدهم شورای عالی آب کشور در تاریخ ۲۵ شهریور ۹۳ تصویب شد و در کنار این طرح، تکالیفی نیز برای وزارتخانه‌های نیرو، جهاد کشاورزی، صنعت، معدن، تجارت و کشور مشخص گردید (Habibi, 2014).

به منظور حفاظت از زیست‌بوم‌ها، پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

- دسته اول: پروژه‌هایی که منجر به تولید و تدقیق داده‌ها و اطلاعات در خصوص منابع و مصارف وضعیت آبخوان‌ها می‌شوند که عبارت‌اند از:

- ۱- حفر چاه‌های پی‌زومتری و اکتشافی
- ۲- تجهیز چاه‌های پی‌زومتری به ابزارهای سنجش
- ۳- تهیه بیلان و بهنگام‌سازی بانک اطلاعاتی محدوده‌های مطالعاتی کشور

- دسته دوم: پروژه‌هایی که نقش کنترل، نظارت و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی را بر عهده دارند و عبارت‌اند از:

- ۱- تقویت و استقرار گروه‌های گشت و بازرسی
- ۲- ساماندهی شرکت‌های حفاری
- ۳- مطالعه ایجاد و استقرار بازار آب
- ۴- ایجاد تشکل‌های آب‌بران و انجام حمایت‌های فنی و مالی از آن‌ها (وزارت جهاد کشاورزی)
- ۵- به‌روز نمودن سند ملی آب (وزارت جهاد کشاورزی)
- ۶- مطالعات فرونشست در دشت‌های کشور (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)
- ۷- اطلاع‌رسانی و آگاه‌سازی افکار عمومی

- دسته سوم: پروژه‌هایی هستند که مستقیماً منجر به ذخیره‌سازی آب در آبخوان‌ها می‌شود و عبارت‌اند از:

- ۱- خرید و انسداد چاه‌های کشاورزی
- ۲- جایگزینی پساب با چاه‌های کشاورزی در دشت‌های ممنوعه
- ۳- تهیه و نصب کنتورهای حجمی و هوشمند روی چاه‌ها
- ۴- اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب
- ۵- مطالعه و اجرای طرح‌های آبخیزداری (وزارت جهاد کشاورزی)

کاربرد GIS در پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی

مطابق با شکل ۲، GIScience از طریق سه فرآیند اساسی می‌تواند در حفاظت از زیست‌بوم‌ها برای پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی نقش داشته باشد.



شکل ۲. سه فرآیند اساسی GIScience در پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی

الف- تولید و تدقیق داده‌ها و اطلاعات

تولید و تدقیق داده‌ها و اطلاعات به عنوان بستر و مبنای تصمیم‌گیری‌ها در حفاظت از زیست‌بوم‌ها با رویکرد احیاء و تعادل بخشی محسوب می‌شوند. علم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند در سه پروژه ذیل، منجر به افزایش دقت و صحت داده‌های پایه گردد.

۱- حفر چاه‌های پیرومتری و اکتشافی

با توجه به پیچیدگی‌های محیط‌زیست به خصوص آب زیرزمینی و هزینه‌های قابل توجه روش‌های مرسوم پایش، ابداع فن‌آوری‌های نو و بهره‌گیری از روش‌های پیشرفته در این انتخاب تعداد چاه‌های پیرومتری و اکتشافی دشت‌ها کمک شایانی در بهبود سامانه‌های آب زیرزمینی خواهد نمود. تا آنجایی که شبکه حاصل به طور کافی مبین شرایط هیدرولوژیکی در منطقه موردنظر باشد. با استفاده از علم اطلاعات جغرافیایی می‌توان شبکه‌ای را ارائه داد تا به اندازه قابل توجهی میزان وقت و هزینه صرف شده در اندازه‌گیری سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای را کاهش و دقت داده‌های تولیدی را افزایش دهد (Kheyri et al., 2014). بدین منظور، الحاقیه زمین‌آمار Geostatistical Analyst در نرم‌افزار ArcGIS می‌تواند با عمل درون‌یابی و با استفاده از روش‌های مختلف از جمله کریجینگ و نیز ارزیابی مقاطع، شبکه بهینه پایش را ارائه دهد (Kaur and Rishi, 2018).

۲- تجهیز چاه‌های پیرومتری به ابزارهای سنجش

یکی از مناسب‌ترین ابزار به منظور اندازه‌گیری و سنجش تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، استفاده از GIS Online است. در علم اطلاعات جغرافیایی با تلفیق ArcGIS و GPS و بانک اطلاعاتی، نرم‌افزارهای متعددی تهیه شده‌اند که با استفاده از آن‌ها ضمن اطمینان از صحت اطلاعات و بازدید از محل مورد نظر، شناسایی و برداشت موقعیت منابع به صورت اتوماتیک انجام می‌پذیرد (Esmaili and Rajabpour, 2014).

۳- تهیه بیلان و بهنگام‌سازی بانک اطلاعاتی محدوده‌های مطالعاتی کشور

در تهیه بیلان محدوده‌های مطالعاتی، متغیرهای هیدرولوژیکی و خصوصیات حوضه‌های آبخیز نقش اصلی را دارند. به منظور محاسبه بیلان، مدل‌هایی ارائه یافته‌اند که قادرند رفتار و خصوصیات حوضه را تقلید نموده و مقادیر رواناب و سایر مؤلفه‌های بیلان حوضه را برآورد و یا شبیه‌سازی نمایند. یکی از مدل‌های هیدرولوژیکی مهم، مدل ارزیابی آب و خاک ArcSWAT است که یکی از الحاقیه‌های نصب شده بر روی نرم‌افزار ArcGIS می‌باشد (Gholami et al., 2014). این مدل در تلفیق با علم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به خوبی بیلان جریان را در حوضه‌های آبخیز محاسبه کند. همچنین رفع نواقص و معایب داده‌ها و یکپارچه شدن اطلاعات، جلوگیری از دوباره‌کاری در تولید داده، فراهم‌سازی زمینه لازم به منظور بررسی و ارزیابی عملکرد واحدها و مراکز مختلف، افزایش سطح خدمات از طریق دستیابی به اطلاعات جامع و بهنگام از دیگر ویژگی‌های GIS است. با تهیه بانک اطلاعاتی بهنگام با استفاده از GIS می‌توان به صورت پویا چگونگی پراکنش و پایش منابع بهره‌برداری آب از جمله چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات را از لحاظ کمی و کیفی بررسی کرد. قابلیت‌هایی از جمله زون‌بندی تراز آب زیرزمینی، زون‌بندی داده‌های کیفی منابع آب، بررسی توانایی آبدهی چاه‌ها از اهم این موارد است.

ب- کنترل، نظارت و بهره‌برداری

کنترل، نظارت و بهره‌برداری صحیح از منابع آب زیرزمینی به عنوان یکی از ارکان مهم حفاظت از زیست‌بوم‌ها در طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی است (Tzanakakis, 2020). علم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند در شش پروژه ذیل کاربرد مفیدی داشته باشد.

۱- تقویت و استقرار گروه‌های گشت و بازرسی

یکی از ابعاد مدیریت حفاظت از زیست‌بوم‌ها، وجود نظم و امنیت به خصوص در شرایط وقوع تخلفات منابع آب است که از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. گروه‌های گشت و بازرسی که وظیفه جلوگیری و ثبت تخلفات منابع آب (از جمله حفر چاه‌های غیرمجاز و تردد دستگاه‌های حفاری غیرمجاز) را بر عهده دارند، بایستی بتوانند در مواقع بروز تخلف، به خوبی از عهده کار خود

برآیند. لذا در گشت‌زنی‌های شبانه‌روزی باید در مناطقی استقرار یابند که بتوانند در اسرع وقت خود را به محل‌های وقوع تخلف برسانند. این امر نیازمند مکان‌یابی بهینه مراکز استقرار اکیپ‌های گشت و بازرسی بر اساس معیارها و زیرمعیارهای مختلف است. در این زمینه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در تلفیق با GIS می‌توانند در مکان‌یابی بهینه استقرار کمک شایانی نمایند که الحاقیه AHP در نرم‌افزار ArcGIS یکی از ابزارهای مفید در این تصمیم‌گیری است.

۲- ساماندهی شرکت‌های حفاری

در خصوص ساماندهی شرکت‌های حفاری، تشکیل یک پایگاه اطلاعاتی ضروری است. با توجه به موقعیت و آدرس شرکت‌های حفاری، ثبت و بهنگام‌سازی مشخصات عمومی شرکت‌های حفاری، وضعیت رتبه‌بندی، مشخصات دستگاه‌های حفاری، دستگاه‌های حفاری نقل و انتقال داده شده طی ماه، مشخصات مسئولین فنی شرکت‌های حفاری، سوابق تخلفات و... می‌تواند در نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی ثبت و مدیریت شوند. با توجه به نصب دستگاه‌های GPS بر روی دستگاه‌های حفاری، با اتصال آن از طریق GIS-WEB به مرکز مدیریت داده‌ها (دفتر گروه‌های گشت و بازرسی امور منابع آب) می‌توان تردد دستگاه‌های حفاری را کنترل کرد.

۳- مطالعه ایجاد و استقرار بازار آب

در مورد مناطق مستعد بازار آب و طراحی شبکه‌ها، علم اطلاعات جغرافیایی کاربرد مؤثری دارد. همانگونه که قبلاً توضیح داده شد، تکنیک AHP در تلفیق با GIS می‌توانند در مکان‌یابی بهینه استقرارها از جمله بازار آب مفید باشد. در طراحی شبکه‌ها نیز می‌توان از GIScience بهره گرفت. محاسبه پارامترهای متعددی از قبیل: شیب زمین، جنس خاک، مسیرهای دسترسی، کاربری اراضی، قیمت زمین، میزان فاصله تا تأسیسات دیگر، همسایگی‌ها، کوتاه‌ترین مسیر، کمترین عمق لوله‌ها، میزان آسیب‌پذیری با استفاده از آن امکان پذیر است.

۴- ایجاد تشکلهای آب بران و مدیریت مشارکتی

Mirabolghasemi (2022) عدم توجه به استقرار تشکلهای بهره‌برداران و پیاده‌سازی مدیریت مشارکتی منابع آب زیرزمینی را یکی از دلایل کارایی پایین طرح معرفی کرده است. تشکلهای آب بران به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت مشارکتی حفاظت از زیست‌بوم‌ها، ساز و کاری سازمانی برای جلب مشارکت سازمان‌یافته آب بران در مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی است (Zarei, 2014). یکی از چالش‌های اساسی در این بخش، نحوه پیوند خوردن اطلاعات اراضی کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی با اطلاعات منابع آب وزارت نیرو می‌باشد که در نهایت بتوان موفقیت پروژه را تضمین کرد. علم اطلاعات جغرافیایی از طریق ارتباط دادن اطلاعات توصیفی اراضی کشاورزی با منابع آب می‌تواند کمک شگرفی به اجرایی کردن برنامه‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی کند. در این خصوص تهیه بانک داده رقومی توسط شرکت‌های مشاور که با هدف امکان‌سنجی این پروژه فعالیت می‌کنند ضروری است.

۵- به‌روز نمودن سند ملی آب

در حفاظت از زیست‌بوم‌ها، تخصیص آب برای دشت‌های کشاورزی کشور، بر اساس سطح کشت و ارقام سند ملی آب صورت می‌گیرد. برای تهیه این سند از داده‌های آب و هوایی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور در دوره آماری ۲۵ ساله از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۵ و روش توصیه شده توسط سازمان فائو استفاده شده است. از آنجا که حداقل ۱۵ سال به طول دوره آماری ثبت داده‌های هواشناسی کشور افزوده شده است، به نظر می‌رسد به‌روز کردن این سند، به ویژه در مناطقی که با کمبود آب مواجه شده‌اند، از ضروریات کشاورزی کشور باشد (Faqi and Behmanesh, 2015). تجزیه و تحلیل داده‌های اقلیمی برای محدوده‌های مطالعاتی حوضه‌های آبریز درجه ۱ و ۲ و تهیه نقشه‌های مربوطه از قبیل خطوط هم‌باران و هم‌دما، می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها به کمک مدیران آید. در این زمینه استفاده از الحاقیه زمین‌آمار Geostatistical Analyst در نرم‌افزار ArcGIS می‌تواند نقشه‌های پهنه‌بندی از تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی را ارائه دهد. همچنین برنامه‌ریزی برای ارائه الگوی کشت مناسب و نیز

کشت گلخانه‌ای و سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر اساس سند ملی به‌روز شده ضروری است. با رقومی و همپوشانی کردن عوامل فیزیوگرافی، اقلیمی، هیدرولوژیکی، خاکشناسی، زمین‌شناسی، اجتماعی و اقتصادی، مکان‌یابی مناطق مستعد را برای کشت‌های گلخانه‌ای و سیستم‌های آبیاری تحت فشار ارائه داد و الگوی کشت بهینه را ارائه داد.

۶- مطالعات فرونشست در دشت‌های کشور

رشد جمعیت و تکنولوژی زراعی، استفاده بیش از گنجایش منابع آب زیرزمینی برخی از نقاط ایران را به دنبال داشته است که پی آمد این پدیده، فرونشست زمین در برخی از مناطق کشور و تهدید محیط‌زیست گیاهی و جانوری بوده است (Yamani et al., 2009). به منظور بررسی تغییرات به وجود آمده تراز ارتفاعی سطح زمین و نیز احتمال فرونشست، از اشل چاه‌های مشاهده‌ای استفاده می‌شود که می‌توان با بهره‌گیری از تکنیک‌های RS و GIS، نقشه فرونشست دشت را تهیه کرد. همچنین می‌توان با تلفیق لایه‌های میزان بارش، شیب، هیدرولوژی، لیتولوژی، ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی و عوامل انسانی در محیط GIS، نقشه پیش‌بینی مناطق افت آب‌های زیرزمینی در آینده و پتانسیل فرونشست را تهیه کرد (Amirahmadi et al., 2014).

۷- اطلاع‌رسانی و آگاه‌سازی افکار عمومی

پروژه اطلاع‌رسانی طرح احیاء و تعادل بخشی شامل ۱۳ زیرپروژه می‌باشد که دربرگیرنده برگزاری نشست‌ها و جلسات، تشکیل کارگروه‌ها، اخبار رسانه‌ای و انتشار بروشور و بنر و ... می‌باشد. مهم‌ترین کاربرد علم اطلاعات جغرافیایی در این بخش به منظور حفاظت از زیست‌بوم‌ها می‌تواند در تهیه بروشورها و کاتالوگ‌ها باشد. به‌طوری که انواع خروجی از GIS به شکل نقشه و عکس، نمودار و گراف به منظور چاپ در بروشورها و پوسترها تهیه گردد. استفاده از اطلاعات خروجی GIS در بروشورها و پوسترها به خوبی دانش و هنر کارتوگرافی را بازگو می‌کند.

ج- ذخیره‌سازی آب در آبخوان‌ها

یکی از ارکان مهم مربوط به عملکرد طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی به منظور حفاظت از زیست‌بوم‌ها، ذخیره‌سازی آب در آبخوان‌ها می‌شود. کاربرد علم اطلاعات جغرافیایی در پروژه‌های پنج‌گانه این بخش به صورت ذیل تشریح می‌گردد:

۱- خرید و انسداد چاه‌های کشاورزی

پروژه خرید و انسداد چاه‌های کشاورزی بیشتر شامل چاه‌های کم بازده می‌باشد که هدف نیز، انسداد این چاه‌ها با توجه به عملکرد معادل آن‌هاست. تهیه بانک داده‌ای این چاه‌ها شامل مشخصات منبع و نیز نوع مصرف و عملکرد، لازمه تصمیم‌گیری صحیح است تا با اولویت‌بندی این نوع از منابع، هدف پروژه را تأمین کرد. لذا GIS می‌تواند با مدیریت داده‌ها در این بخش، به مدیران کمک کند تا با شناسایی و موقعیت‌یابی صحیح، اقدام به خرید چاه‌های کم‌بازده کشاورزی به منظور تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی نمایند.

۲- جایگزینی پساب با چاه‌های کشاورزی در دشت‌های ممنوعه

استفاده از پساب یکی از پتانسیل‌ها برای مصارف کشاورزی در گونه‌های گیاهی غیر مثمر و بعضاً مثمر به منظور حفاظت از زیست‌بوم‌ها است. در این پروژه، پساب قابل‌استفاده در مصارف غیرشرب به عنوان منبع جایگزین از برداشت آب‌های زیرزمینی معرفی می‌شود. به‌طوری که در دشت‌های بحرانی و ممنوعه که احتمال فرونشست زمین و تبعات اقتصادی و اجتماعی بیشتر است، تخلیه از چاه‌ها متوقف گردیده و پساب جایگزین آن گردد. راه دیگر نیز استفاده ترکیبی و تلفیقی از آبدهی چاه و پساب می‌باشد که درجه آسیب‌پذیری دشت را کاهش دهد. با این حال امکان‌سنجی این پروژه و شناسایی مکانی چاه‌های الویت‌دار و نیز طراحی‌ها و محاسبات شبکه جمع‌آوری، انتقال و توزیع در دشت با استفاده از علم اطلاعات جغرافیایی سهل‌الوصول خواهد شد.

۳- تهیه و نصب کنتورهای حجمی و هوشمند روی چاه‌ها

یکی از مهم‌ترین پروژه‌ها در طرح احیاء و تعادل بخشی، کنترل اضافه برداشت از چاه‌های پروانه دار است. بدین منظور نصب کنتورهای حجمی و هوشمند در حال اجرا می‌باشد. با این حال اولویت‌بندی دشت‌های یک حوضه آبخیز وسیع یا محدوده سیاسی استان می‌تواند در مدیریت منابع نقش بسزایی داشته باشد. این اولویت‌بندی می‌تواند با استفاده از الحاقیه AHP در نرم‌افزار ArcGIS بر اساس لایه‌های اضافه برداشت، کسری مخزن سالانه، سطح اراضی زیرکشت و... انجام گیرد. به عنوان مطالعه موردی، (Mardian et al. (2017 با اولویت‌بندی دشت‌های استان مرکزی برای نصب کنتور هوشمند با هدف مدیریت اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی نتیجه گرفتند دشت‌های ساوه، کمیجان و نوبران در اولویت اول برای نصب کنتور هوشمند قرار دارند.

۴- اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب

پروژه‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب با هدف جلوگیری از هدر رفتن جریان‌های سیلابی منطقه، نفوذ سیلاب به درون زمین، بهبود کیفیت آب زیرزمینی در محدوده اجرایی از طریق رقیق نمودن این آب‌ها و بالا بردن توان آبخوان پایین دست به منظور حفاظت از زیست‌بوم‌ها انجام می‌شوند. لازمه اجرای این پروژه‌ها، مطالعه دقیق از وضعیت هیدرولوژیکی آبخیز بالادست می‌باشد. تهیه نقشه پتانسیل تولید رواناب حوضه آبخیز و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس لایه‌های بارش، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، شیب و... بر اساس داده‌های GPS، GIS و RS در این مطالعه ضروری است.

۵- مطالعه و اجرای طرح‌های آبخیزداری

طرح‌های آبخیزداری با هدف حفاظت از زیست‌بوم‌ها در حال اجرا می‌باشند و شامل اقدامات مکانیکی، بیولوژیکی، مدیریتی و نیز ترکیبی می‌باشند. انتخاب نوع طرح و اجرا و عملکرد موفق آن نیازمند مدیریت مشارکتی بر اساس منافع ذی‌مدخلان می‌باشد. لذا در پروژه‌های تفصیلی آبخیزداری، ترکیبی از فصول شامل مطالعات فیزیوگرافی، اقلیم، هیدرولوژی، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، فرسایش و رسوب، اقتصادی، اجتماعی و تلفیق مدنظر قرار می‌گیرد. در هر یک از این مطالعات، مبنای تهیه داده‌ها، از مشاهدات صحرایی و GPS، GIS و RS است که دقت مطالعه را افزایش می‌دهد.

طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی در دشت اراک

در این بخش خلاصه پنج مطالعه موردی پیرامون اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی با به کارگیری توانایی‌های GIScience در دشت اراک ارائه شده است که نتایج در جدول ۱ آمده است. با تحلیل مطالعه‌های انجام شده جدول ۱ و انطباق آن با شکل ۲ مشخص شد GIScience در پروژه‌های مختلف طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کاربرد مؤثری داشته است. مطابق

جدول ۱. نحوه کاربرد اجرای GIScience در طرح احیاء و تعادل بخشی دشت اراک

پژوهشگران	سال پژوهش	هدف	مدل	نتیجه
Mohseni Sajadi et al.	۲۰۱۱	توزیع مکانی فلوراید در آب‌های زیرزمینی	داده کاوی در بستر GIS	تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی فلوراید در آب زیرزمینی و منحنی‌های ایزوپیزومتر
Mohammadi et al.	۲۰۱۲	توزیع مکانی و ارتباط بین خشک‌سالی‌های هواشناسی و آب‌های زیرزمینی	داده کاوی و پهنه‌بندی در بستر GIS	پهنه‌بندی متناظر نقشه‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی
Ganji Khoramdel et al.	۲۰۱۵	طراحی و توسعه شبکه پایش سطح آب زیرزمینی	پهنه‌بندی در بستر GIS	بهنه‌سازی تعداد شبکه چاه‌های مشاهده‌ای
Poursaeid et al.	۲۰۲۰	تخمین پارامترهای کیفی و کمی آب زیرزمینی	داده کاوی و مدل‌های عددی در بستر GIS	شبیه‌سازی بهینه پارامترهای کیفی و کمی آب زیرزمینی
Sadeghi and Akhoundi	۲۰۲۳	بررسی افت منابع آب زیرزمینی	پهنه‌بندی در بستر GIS	تهیه پهنه افت سطح ایستابی آب زیرزمینی

نتیجه‌گیری

به منظور حفاظت از زیست‌بوم‌ها، علم اطلاعات جغرافیایی که دربرگیرنده سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، تکنولوژی‌ها، تجزیه و تحلیل‌های مکانی، تئوری‌ها و نظریه‌های مرتبط با آن است، با سرعت و دقت توانسته است به مدیریت منابع آب، خاک، گیاهان و جانوران کمک کند. این علم در رشته‌های مختلف اعم از علوم فیزیکی، علوم زیستی و علوم زمین و مهندسی علوم اجتماعی و... کاربرد روز افزون پیدا کرده است. در علوم زمین و مدیریت منابع و چشم‌اندازها، توجه به داده‌های مکانی برداشت شده که از دقت و صحت برخوردار باشند کمک شایانی به تصمیم‌گیری‌ها می‌کند. در این پژوهش نیز به طور اجمالی به کاربرد GIScience در طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور پرداخته شد. این طرح مشتمل بر پانزده پروژه می‌باشد و زیرپروژه‌های متعدد مکان‌محور در آن‌ها تعریف شده است.

این پژوهش با تحلیلی بر لزوم به‌کارگیری GIScience در حفاظت از زیست‌بوم‌ها با تأکید بر احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی نشان داد فناوری‌های GPS، GIS و RS می‌تواند در فرآیند جمع‌آوری، تولید، مدیریت، تجزیه و تحلیل داده‌ها و نمایش اطلاعات این طرح ملی و حیاتی کشور به کار گرفته شود تا تصمیم‌گیری‌ها در خصوص نحوه مدیریت منابع آب زیرزمینی با درجه اطمینان بالاتری به مرحله اجرا درآیند و از طرفی عملکرد و خروجی طرح نیز بهتر نشان داده شود. از طرفی مشخص شد دو فرآیند اساسی GIScience در پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی شامل ۱- کنترل، نظارت و بهره‌برداری و ۲- تولید و تدقیق داده‌ها و اطلاعات در چند مطالعه موفق برای دشت اراک به اجرا درآمده‌اند که منطبق با اهداف GIScience توانسته‌اند به شفاف‌سازی چالش‌های پیش روی مدیریت منابع آب کمک کنند. نتیجه شفاف‌سازی چالش‌های بخش آب و حل مسائل، به خودی خود می‌تواند مطابق با شکل ۲، اهداف فرآیند سوم GIScience در پروژه‌های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی که همان ذخیره آب در آبخوان‌ها است را تأمین کند. بنابراین فرضیه پژوهش حاضر مبنی بر این که علوم وابسته رایانه می‌توانند به سؤالات و چالش‌های پیرامون حفاظت از زیست‌بوم‌ها به خصوص در بخش مدیریت آب، به تصمیم‌گیرندگان کمک کنند، مورد تأیید است. با این حال، با توجه به اینکه طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی در ابتدای راه می‌باشد، لازم است در اجرای طرح به فناوری‌های علم اطلاعات جغرافیایی بیش از پیش توجه شود. به‌طوری که در دستورالعمل‌های تعریف شده برای پروژه‌های طرح، مدل‌ها و روش‌های اجرایی از بانک داده و اطلاعات مکانی مدیریت شوند تا نتایج و عملکردها به‌صورت پویا در محیط جغرافیایی یک محدوده مطالعاتی به خوبی دیده شوند.

منابع

- اسماعیلی، علی؛ و رجب پور، حسین (۱۳۸۹). پایش و مدیریت کیفی منابع آب با استفاده از GIS Online، همایش ملی آب با رویکرد آب پاک، تهران.
- امیراحمدی، ابوالقاسم؛ معالی اهری، نسیم؛ و احمدی، طویه (۱۳۹۲). تعیین مناطق فرونشست احتمالی دشت اردبیل با استفاده از GIS. *جغرافیا و برنامه ریزی*، ۱۷ (۴۶)، ۱-۲۳.
- پورسعید، مجتبی؛ مستوری، رضا؛ شعبانلو، سعید؛ و نجارچی، محسن (۱۳۹۹). تخمین پارامترهای کیفی و کمی آب زیرزمینی توسط مدل‌های عددی: مطالعه موردی حوضه آبریز میقان در دشت اراک. *تحقیقات آب و خاک/ایران*، ۵۱ (۱)، ۲۰۱-۲۱۶.
- حبیبی، جهانگیر (۱۳۹۴). برنامه‌های سه گانه برای احیای منابع آب، روزنامه ایران، سال یست و یکم، شماره ۵۹۶۳.
- حسینی سجادی، مریم؛ افیونی، مجید؛ خادمی، حسین؛ محسنی موحد، سید اسدالله؛ و ایوبی، شمس الله (۱۳۹۰). توزیع مکانی فلوراید در آب‌های زیرزمینی و خاک بخشی از اراضی دشت اراک. *آب و خاک*، ۲۵ (۵)، ۱۰۳۳-۱۰۴۱.
- حسینی، مرجان؛ کراچیان، رضا (۱۳۹۵). بهنگام‌سازی سامانه‌های پایش منابع آب زیرزمینی، پیش‌نیازی برای طرح ملی احیاء و تعادل بخشی آبخوان‌ها: ارائه یک الگوی جدید. *ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران*، سنجند.
- خدادادی بنیس، ملیحه؛ ناصری، حمیدرضا؛ نیک پیمان، یاسر (۱۴۰۱). ارزیابی طرح احیاء و تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی دشت شهریار با تأکید بر کنتورهای هوشمند. *آب و توسعه پایدار*، ۹ (۳)، ۴۹-۵۶.

- خیری، هوشنگ؛ خادمی، سحاب؛ و محبوبی، فاطمه (۱۳۹۴). کاربرد GIS در بهینه سازی شبکه پایش آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت قایم شهر - جویبار. نخستین کنگره بین المللی کاربرد علوم نوین در مطالعات جغرافیایی ایران، مشهد.
- رستمی زاد، قباد؛ و خانباایی، زهرا (۱۳۹۸). بررسی اثرات احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی و تجمع چاه های غیر مجاز (منطقه مورد مطالعه: دشت رزین کرمانشاه). هشتمین همایش ملی سامانه های سطوح آبیگر باران، مشهد.
- زارعی، حمیده (۱۳۹۴). طراحی تشکلهای آب بران در محدوده طرح شبکه آبیاری و زهکشی و تجهیز و نوسازی واحدهای عمرانی ۲ و ۳ دشت اریض. اولین همایش ملی بررسی ابعاد اجرای طرح توسعه کشاورزی ۵۵۰ هزار هکتاری، اهواز.
- سامانی، سعیده (۱۳۹۹). ارائه الگوهای جهانی مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی جهت بهبود طرح احیاء و تعادل بخشی در کشور. تحقیقات منابع آب/ایران، ۱۶ (۲)، ۲۷۱-۲۹۱.
- صادقی، ساويز؛ آخوندی، امید (۱۴۰۱). بررسی افت منابع آب زیرزمینی در حوزه تالاب میقان اراک. مدیریت جامع حوزه های آبخیز، ۲ (۴)، ۷۹-۹۳.
- علی پور، اکبر؛ حسنی، خلیل؛ و لگزبان، رضا (۱۳۹۵). بررسی طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت پایلوت ممنوعه بحرانی نیشابور)، دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران، اصفهان.
- علی جانی، فرشاد؛ موسوی، سیده فاطمه؛ و محمدی، هادی (۱۴۰۱). بررسی اثرات طرح احیاء و تعادل بخشی بر آب های زیرزمینی دشت قلعه تل، شمال شرق خوزستان. آب و توسعه پایدار، ۹ (۳)، ۳۹-۴۸.
- غلامی، فریناز؛ شمسایی فر، محمدرضا؛ و منصوری، علیرضا (۱۳۹۴). کاربرد سیستم اطلاعات مکانی و مدل ARCSWAT در شبیه سازی رواناب سطحی. اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، تهران.
- فرزانه، محمدرضا؛ باقری، علی؛ و مؤمنی، فرشاد (۱۳۹۵). تجویزات نهادی مرتبط با پیاده سازی طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی رفسنجان. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران، اصفهان.
- فقیه، همایون؛ بهمنش، جواد (۱۳۹۵). لزوم به روز رسانی سند ملی آب. دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه خشک، سنجند.
- کی همایون، زهرا؛ حاجی زاده، میثم؛ علیجانی، فرشاد (۱۴۰۱). بررسی اثربخشی اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی و آسیب شناسی پروژه های طرح (مطالعه موردی: دشت اردستان-اصفهان). آب و توسعه پایدار، ۹ (۳)، ۲۵-۳۸.
- گنجی خرم دل، ناصر؛ کیخایی، فاطمه؛ مردیان، مهدی (۱۳۹۵). طراحی و توسعه شبکه پایش سطح آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار و روش های آماری در دشت اراک. ژئوفیزیک/ایران، ۹ (۳)، ۱۷-۲۹.
- محمدی، محسن؛ مرادی، حمیدرضا؛ و وفاخواه، مهدی (۱۳۹۱). توزیع مکانی و ارتباط بین خشکسالی های هواشناسی و آب های زیرزمینی در دشت اراک. جغرافیای طبیعی، ۵ (۱۵)، ۷۷-۸۴.
- مردیان، مهدی؛ عظیمی، رضا؛ باقری، احمد؛ و اکبری، حسین (۱۴۰۱). اولویت بندی پروژه های طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی با هدف افزایش کارایی و بهره وری آب. سومین کنفرانس دوسالانه اقتصاد آب، ۸ ص.
- مردیان، مهدی؛ کریمی، رحمان؛ و جباری، رحیم (۱۳۹۶). اولویت بندی دشت های استان مرکزی برای نصب کنتور هوشمند با هدف مدیریت اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی. چهارمین کنفرانس ملی کاربرد سامانه اطلاعات مکانی GIS در صنعت آب و برق، اراک.
- میرابوالقاسمی، هادی (۱۴۰۱). یادداشت تحلیلی: احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور از نگاهی دیگر. آب و توسعه پایدار، ۹ (۳)، ۱۵۷-۱۵۵.
- نجفی بیامه، مهدی؛ مرادی، علی؛ شهلائی، محمدرضا؛ و جلیلیان، علی (۱۳۹۵). آسیب شناسی فرآیند بازنگری در صدور پروانه های بهره برداری از منابع آب زیرزمینی در طرح احیاء و تعادل بخشی مطالعه موردی استان کرمانشاه. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- یمانی، مجتبی؛ نجفی، اسماعیل؛ و عابدینی، محمد حسین (۱۳۸۸). ارتباط فرونشست زمین و افت سطح آب های زیرزمینی در دشت قره بلاغ استان فارس. جغرافیا، ۳، ۲۷-۹.

References

- Alijani, F., Musavi, S. F., & Mohammadi, H. (2022). The study of the effects of restoration and resilience plan on groundwater of Qaleh Tol Plain, North East Khuzestan. *Journal of Water and Sustainable Development*, 9(3), 39-48. (in Persian)
- Alipour, A., Hosni, K., & Lagzian, R. (2015). Review of the Rehabilitation and balancing plan of groundwater resources (Case study: Neyshabur critical prohibited pilot plain). *2nd National Irrigation and Drainage Congress of Iran*, Esfahan. (in Persian)
- Amirahmadi, A., Maali Ahari, N., & Ahmadi, T. (2014). The determination of probable subsidence areas of Ardebil Plain by the use of GIS. *Geography and Planning*, 17(46), 1-23. (in Persian)
- Blaschke, T., Strobl, J., & Donert, K. (2011). Geographic information science: building a doctoral programme integrating interdisciplinary concepts and methods. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 21, 139-146.
- Esmaili, A., & Rajabpour, H. (2014). Quality monitoring and management of water resources using GIS Online. *National Conference of Clean Water*, Tehran. (in Persian)
- Faqih, H., & Behmanesh, J. (2015). The necessity of updating the water national document. *The Second National Conference on Hydrology of Semi-Arid Regions*, Sanandaj. (in Persian)
- Farzaneh, M. R., Bagheri, A., & Momeni, F. (2015). Institutional regulations related to the implementation of the Rehabilitation and balancing plan of groundwater resources in the study area of Rafsanjan. *The second National Congress of Irrigation and Drainage of Iran*, 10 p. (in Persian)
- Ganji Khoramdel, N., Keykhaei, F., & Mardian, M. (2015). Design and development of groundwater level monitoring network using geostatistical and statistical methods in Arak plain. *Iranian Journal of Geophysics*, 9(3), 17-29. (in Persian)
- Gholami, F., Shamsaifar, M. R., & Mansouri, A. (2014). Application of spatial information system and ARCSWAT model in simulating surface runoff. *The First Conference on Spatial Information Technology Engineering*, Tehran. (in Persian)
- Goodchild, M. F. (2009). Geographic information systems and science: today and tomorrow. *Procedia Earth and Planetary Science*, 1(1), 1037-1043.
- Gude, V. G. (2017). Desalination and water reuse to address global water scarcity. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(4), 591-609.
- Habibi, J. (2014). Triple programs for the Rehabilitation of water resources, *Iran newspaper*, 21, 5963. (in Persian)
- Hosseini, M., & Karachian, R. (2015). Modernization of groundwater resources monitoring systems, a prerequisite for the national plan of Rehabilitation and balancing in aquifers: presenting a new model. *The 6th National Conference on Water Resources Management of Iran*, Sanandaj. (in Persian)
- Kaur, L., & Rishi, M. S. (2018). Integrated geospatial, geostatistical, and remote-sensing approach to estimate groundwater level in North-western India. *Environmental Earth Sciences*, 77, 1-13.
- Kayhomayoon, Z., Hajizadeh, M., & Alijani, F. (2022). Investigating the effectiveness of the implementation of the reclamation and balancing plan and the vulnerability of the plan projects (Case Study: Ardestan Plain– Isfahan Province). *Journal of Water and Sustainable Development*, 9(3), 25-38. (in Persian)
- Kheyri, H., Khademi, S., & Mehboobi, F. (2014). Applying of GIS in the optimization of the groundwater monitoring network, a case study of Ghaemshahr-Joibar plain. *The First International Congress on the Application of Modern Sciences in Geographical Studies of Iran*, Mashhad. (in Persian)
- Khodadadi Benis, M., Nassery, H. R., & Nikpeyman, Y. (2022). Assessment of the groundwater rehabilitation and balancing with emphasis on smart meters in Shahriar Plain. *Journal of Water and Sustainable Development*, 9(3), 49-56. 1197. (in Persian)
- Kolli, M. K., Opp, C., Karthe, D., & Kumar, N. M. (2022). Web-Based decision support system for managing the food–water–soil–ecosystem nexus in the kolleru freshwater lake of Andhra Pradesh in South India. *Sustainability*, 14(4), 2044.

- Loomisa, J., Kentb, P., Strangec, L., Fauschc, K., & Covichc, A. (2018). Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. In *Economics of Water Resources* (pp. 77-91). Routledge.
- Makanda, K., Nzama, S., & Kanyerere, T. (2022). Assessing the role of water resources protection practice for sustainable water resources management: a review. *Water*, 14(19), 3153.
- Mardian, M., Azimi, R., Bagheri, A., & Akbari, H. (2023). Prioritization of projects for the Rehabilitation and balancing of groundwater resources with the aim of increasing the efficiency and productivity of water. *The third biennial conference on water economy, Iran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture*, 6 p. (in Persian)
- Mardian, M., Karimi, R., & Jabbari, R. (2017). Prioritization of plains in Markazi province for installing a smart meter with the aim of managing the overdraft of underground water resources. *4th National Conference on of Geospatial Information System GIS*, Arak. (in Persian)
- Mirabolghasemi, H. (2022). Analytical note: Restoring and transpooning the subterranean water supply system from another look. *Journal of Water and Sustainable Development*, 9(3), 155-157. (in Persian)
- Mohammadi, M., Moradi, H. R. & Vafakhah, M. (2012). Spatial distribution and relationship between meteorological droughts and groundwater in Arak plain. *Physical Geography Quarterly*, 5(15), 77-84. (in Persian)
- Mohseni Sajadi, M., Afyuni, M., Khademi, H., Mohseni Movahed, S. A., & Ayoubi, S. (2011). Spatial variability of fluoride in groundwater and soils in some areas of Arak Plain. *Water and Soil*, 25(5), 1033-1041. (in Persian)
- Najafi Biameh, M., Moradi, A., Shahlai, M. R., & Jalilian, A. (2015). Pathology of the revision process in the issuance of licenses for the use of groundwater resources in the Rehabilitation and balancing project of Kermanshah province. *The Second National Congress of Irrigation and Drainage of Iran*. (in Persian)
- Poursaeid, M., Mastouri, R., Shabanlou, S., & Najarchi, M. (2020). Estimation of quantity and quality parameters of groundwater using numerical models (Case Study: Mighan Desert Basin, Arak). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(1), 201-216. (in Persian)
- Rostamizad, Q., & Khanbabai, Z. (2018). Investigating the effects of restoring and balancing groundwater sources and pooling unauthorized wells (study area: Kermanshah razin plain). *The 8th National Conference on Rain Catchment Surface Systems*, Mashhad. (in Persian)
- Sadeghi, S., & Akhoundi, O. (2023). Assessing groundwater level declination in Meighan Playa Catchment. *Integrated Watershed Management*, 2(4), 79-93. (in Persian)
- Samani, S. (2020). Providing sustainable global groundwater resources management models to improve the sustainability plan in Iran. *Iran-Water Resources Research*, 16(2), 271-291. (in Persian)
- Tzanakakis, V. A., Angelakis, A. N., Paranychianakis, N. V., Dialynas, Y. G., & Tchobanoglous, G. (2020). Challenges and opportunities for sustainable management of water resources in the island of Crete, Greece. *Water*, 12(6), 1538.
- Yamani, M., Najafi, I., & Abedini, M. H. (2009). The relationship between land subsidence and the decreasing in the level of groundwater in the Qarre-Bolagh plain of Fars province, *Geografia*, 3(8-9), 9-27. (in Persian)
- Zarei, H. (2014). Designing of water body's organization for the irrigation and drainage network plan and equipping and renovating civil units 2 and 3 of Araiz plain. *The First National Conference on the Dimensions of the Implementation of the 550 Thousand Hectare Agricultural Development Plan*, Ahvaz. (in Persian)