سنجش از دور و GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳
Iranian Remote Sensing & GIS Vol. 6, No. 4, Winter 2015

۸۱-۹۲

کاربرد روش‌های زمین‌آمار و GIS در مکان‌یابی مناطق مستعد سیستم‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعهٔ موردی: دشت خالدآباد بادرود)

سیدجواد ساداتی‌نژاد[۱]، محمدرضا شکاری*[۲]

۱. دانشیار هیدرولوژی دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران
۲. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۶/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۵/۱۴

چکیده

در سال‌های اخیر، اهمیت آب زیرزمینی به‌مثابه منبع مهم تأمین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل برداشت بی‌رویه از آن دوچندان شده است. برداشت بی‌رویه سبب افت سطح ایستابی آب در بسیاری از مناطق کشور شده است و با جایگزین‌کردن روش‌های آبیاری نوین به‌جای روش آبیاری سنتی می‌توان از روند افت سفره و درنتیجه بیابان‌زایی جلوگیری کرد. کیفیت آب آبیاری از محدویت‌های مهم توسعهٔ آبیاری تحت فشار در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید. هدف پژوهش حاضر شناسایی مناطق مستعد آبیاری تحت فشار در دشت خالدآباد با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار و GIS است. به‌منظور پهنه‌بندی کیفیت آب دشت از پارامترهای کیفی ۱۱ چاه پیزومتری موجود در دشت استفاده شد. برای پهنه‌بندی نقشه‌های کیفی از بین روش‌های زمین‌آماری IDW و کریجینگ، روش کریجینگ به‌دلیل داشتن RMSE و MAE کمتر، انتخاب شد. با روی‌هم‌انداختن لایه‌های کیفیت آب براساس منطق بولین، مناطق با کیفیت آب مناسب برای اجرای سیستم آبیاری تحت فشار مشخص شدند. نتایج نشان دادند که ۲۱/۹ درصد از منطقه برای آبیاری بارانی مناسب و ۵۴/۴ درصد از منطقه برای آبیاری قطره‌ای مناسب است. پیزومترهای استفاده‌شده برای آبیاری قطره‌ای در محدودهٔ وسیع‌تری قرار گرفتند. بنابراین در بخش وسیعی از منطقهٔ مورد مطالعه، سیستم آبیاری قطره‌ای درمقایسه با روش آبیاری بارانی قابلیت اجرایی و راندمان آبیاری بالاتری دارد.

کلیدواژه‌ها: GIS، کیفیت آب زیرزمینی، آبیاری تحت فشار، مکان‌یابی، بادرود.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: استان اصفهان، شهرستان کاشان، دانشگاه کاشان. تلفن: ۰۹۱۷۱۳۵۹۳۵۰

Email: shekari.reza@gmail.com

۱- مقدمه

آب یکی از عوامل اصلی محدودکننده در روند توسعه و فعالیت‌های کشاورزی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید. منابع آب دنیا در حال کاهش است و استفاده از منابع آب برای تولیدات کشاورزی سهم بسزایی در کاهش سریع کمیت و کیفیت آب دارد (Gonzalez-Dugo et al., 2010, Forouzani et al., 2010). در کشور ایران، آب مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ توسعهٔ کشاورزی است، درحالی‌که بخش کشاورزی بیش از ۹۰ درصد آب استحصال‌شدهٔ کشور را به خود اختصاص می‌دهد (باغانی و همکاران، ۱۳۷۹). ازاین‌رو با صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی و افزایش راندمان آبیاری تا حدود زیادی می‌توان بر مشکل کمبود آب کشور غلبه کرد. به‌رغم پیشرفت‌های فراوان در علم کشاورزی، هنوز متوسط راندمان آبیاری سطحی و سنتی در دنیا از ۲۵ درصد فراتر نمی‌رود (Hillel, 1998). محدودیت منابع آب موجود با توجه به کمبود نزولات آسمانی در کشور ما و توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش‌ها، همچنین بروز خشکسالی‌های متعدد در ۲۰ سال گذشته (اخوان، ۱۳۸۵)، اهمیت آب را برای مقاصد مورد نیاز در زمان حاضر چندبرابر کرده و کارشناسان را بر آن داشته است که در جست‌وجوی روش‌ها و فنونی باشند که استفادهٔ مؤثر و با راندمان بالا را برای مصارف مختلف ارائه کنند. در این میان، ضرورت تبدیل روش‌های آبیاری سنتی به روش‌های نوین آبیاری (آبیاری تحت فشار) مانند آبیاری بارانی و قطره‌ای بیش از پیش احساس می‌شود. آبیاری تحت فشار به‌جای آبیاری سطحی، برنامه‌ای مناسب برای افزایش راندمان است. در مناطقی که تبخیر و تعرق شدید و وزش باد وجود دارد، از به‌کارگیری روش آبیاری بارانی صرف‌نظر می‌شود چراکه این روش به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیط قرار دارد و بهینه است که در چنین شرایطی از روش آبیاری قطره‌ای استفاده شود. کیفیت آب یکی از عوامل محدودکنندهٔ توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت فشار در این سیستم‌هاست، زیرا اگر کیفیت آب مطلوب نباشد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای باعث گرفتگی قطره‌چکان‌ها و در سیستم‌های آبیاری بارانی باعث واردآمدن صدماتی به گیاهان می‌شود. به همین دلیل پیش از توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت فشار، بررسی کیفیت آب مورد استفاده در این سیستم‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد (علیزاده، ۱۳۸۵). یکی از مهم‌ترین عوامل در تعیین نوع سامانهٔ آبیاری، کیفیت آب است که با در دسترس‌بودن سامانه‌های متنوع آبیاری تحت فشار و انجام کشت به‌صورت فشرده تأثیر خود را بیشتر نشان می‌دهد (نشاط و همکاران، ۱۳۹۰). ارزیابی کیفیت آب در برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری سیستم‌های آبیاری به‌منظور حصول اطمینان از نبود هرگونه نمک یا ترکیبات آسیب‌رسان در آب آبیاری ضروری است (Sangodoyin, 1991). با توجه به هزینه‌های امکان‌سنجی هر محل (آزمایش‌های خاک و آب و بررسی‌های اولیه) و صرف زمان که منجر به امکان‌پذیری یا امکان‌ناپذیری اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار در هر مزرعه می‌شود، می‌توان با جمع‌آوری اطلاعاتی جامع و دقیق از منطقه ـ شامل کلیهٔ فرایندهای مؤثر در اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار به‌کمک روش‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و توابع تحلیلی آن ـ با هزینه‌ای کمتر امکان اجرای این سامانه‌ها را بررسی کرد (Naseri et al., 2009). مأمن‌پوش و همکاران (۱۳۸۷) مکان‌یابی مناطق مستعد آبیاری تحت فشار را به‌کمک GIS برای دشت برخوردار اصفهان انجام دادند و مناطق مستعد اجرای طرح‌های آبیاری تحت فشار را شناسایی کردند. ابریشم‌دار و همکاران (۱۳۸۲)، امکان‌یابی اجرای روش‌های آبیاری تحت فشار در مناطق مختلف استان خوزستان را انجام دادند. نشاط و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی به بررسی مکان‌یابی مناطق مستعد برای اجرای آبیاری تحت فشار با استفاده از نرم‌افزار GIS در دشت کرمان پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که از کل زمین‌های مناسب و قابل آبیاری دشت کرمان، حدود ۵ درصد برای آبیاری بارانی و ۲۵ درصد برای آبیاری قطره‌ای مناسب شناخته شدند. روش‌های گوناگونی به‌صورت کمی، کیفی و

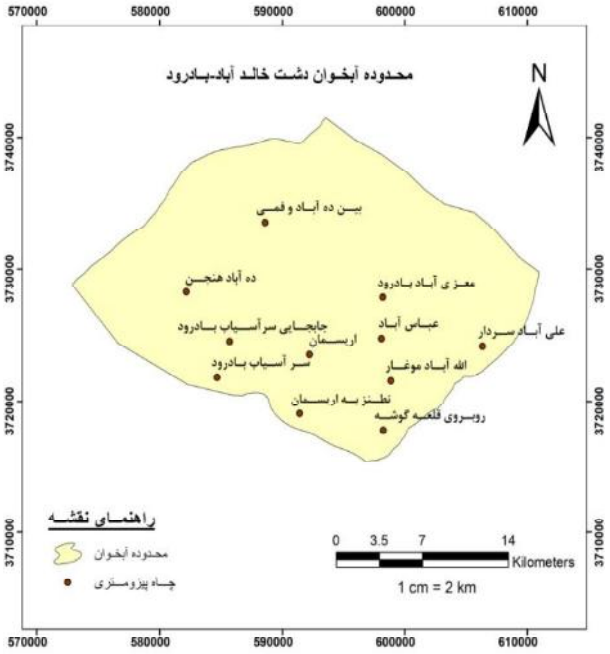
ترسیمی برای مکان‌یابی وجود دارند که از جملهٔ آنها منطق بولین است، که در پژوهش حاضر به‌کار گرفته شده است. در منطق بولین، ترکیب منطقی ارزش نقشه به‌صورت یک و صفر است و حد وسطی وجود ندارد، به‌گونه‌ای‌که یک و صفر به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ مکان‌های مناسب و نامناسب‌اند. این منطق براساس عملگرهای منطقی AND برای اشتراک نقشه‌ها و عملگر منطقی OR برای اجتماع نقشه‌ها استوار است. به‌طور کلی به‌منظور انتخاب مکانی برای فعالیتی مشخص می‌توان با به‌کارگیری این منطق عمل مکان‌یابی را انجام داد (آل‌شیخ و همکاران، ۱۳۸۱).

با توجه به اینکه ناحیهٔ مورد مطالعه در منطقهٔ خشک و نیمه‌خشک واقع شده و تأمین آب مشکل اساسی برای کشاورزی است، در پژوهش حاضر تلاش می‌شود با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی مناطق مستعد برای ایجاد یا اصلاح سیستم‌های آبیاری نوین تحت فشار بارانی و قطره‌ای، ضمن درنظرگرفتن ویژگی‌های کیفی منابع آب زیرزمینی، راهکارهایی به مدیران بخش کشاورزی ارائه شود تا برنامه‌ریزی مناسب‌تری در جهت اصلاح شیوه‌های آبیاری انجام دهند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقهٔ مورد مطالعه

دشت خالدآباد بادرود در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان نطنز و ۵۵ کیلومتری غرب شهرستان کاشان با مساحت تقریبی ۵۸هزار هکتار و مختصات جغرافیایی از °۵۱ و ´۴۷ تا °۵۲ و ´۱۲ دقیقهٔ طول شرقی و از °۳۳ و ´۳۴ دقیقه تا °۳۳ و´۴۸ دقیقهٔ عرض شمالی در شمال استان اصفهان قرار دارد. بخش عمدهٔ زمین‌های منطقه را نواحی هموار قابل کشت و زرع تشکیل می‌دهند. دشت خالدآباد دارای تابستانی نسبتاً گرم و بارندگی بسیار کم و شب‌های خنک، و زمستانی سرد و در بعضی اوقات با بارش برف همراه است. بیشترین دما در ماه تیر و اوایل مرداد و کمترین دما نیز آذر و دی و تا اواسط بهمن است. ارتفاع شهر بادرود از سطح دریا حدود ۹۵۵ متر و متوسط بارندگی سالانه در حدود ۱۰۸ میلی‌متر است. تولید محصولات کشاورزی بدون آبیاری غیرممکن است. شکل ۱ محدودهٔ مورد مطالعه و پیزومترهای موجود در آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱. محدودهٔ مورد مطالعه و پیزومترهای موجود در آن

جدول ۱. نتایج توصیف آماری روی پارامترهای کیفی منطقهٔ مورد مطالعه

پارامتر	سال	واحد	میانگین	انحراف معیار	مینیمم	ماکزیمم	چولگی	کشیدگی
Na	۱۳۹۱	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	۱۸/۰۲	۱۷/۲۳	۴/۷۵	۶۳/۴۸	۲/۰۲	۳/۰۷
Na*	۱۳۹۱		۲/۶۰	۰/۷۵	۱/۵۶	۴/۱۵	۰/۶۵	-۰/۱۱
Ph	۱۳۹۱		۷/۵۳	۰/۲۶	۷/۲	۸/۱	۰/۹۳	۰/۰۵
pH*	۱۳۹۱		۲/۰۱	۰/۰۳	۱/۹۷	۲/۰۹	۰/۸۷	-۰/۰۵
EC	۱۳۹۱	میلی‌موس بر سانتی‌متر	۲۶۰۹/۲۵	۸۵۲/۳۳	۱۲۷۱	۴۱۱۰	۰/۰۸	-۰/۶۷
EC*	۱۳۹۱		۷/۸۱	۰/۳۵	۷/۱۵	۸/۳۲	-۰/۵۳	-۰/۵۶
SAR	۱۳۹۱	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	۵/۲۸	۲/۵۵	۲/۳۵	۱۰/۳۲	۰/۷۱	-۰/۵۱
SAR*	۱۳۹۱		۱/۵۶	۰/۴۷	۰/۸۵	۲/۳۳	۰/۰۹	-۱/۱۰
Cl	۱۳۹۱	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	۱۱/۳۲	۵/۶۲	۳/۶	۲۰/۲	۰/۳۶	-۱/۰۱
Cl*	۱۳۹۱		۲/۳	۰/۵۵	۱/۲۸	۳/۰۱	-۰/۴۴	-۰/۶۸
TDS	۱۳۹۱	میلی‌گرم‌برلیتر	۱۷۹۱	۶۰۶/۴۵	۸۹۰	۲۸۷۷	۰/۲۴	-۰/۷۷
TDS*	۱۳۹۱		۷/۳۴	۰/۳۵	۶/۷۹	۷/۹۶	-۰/۳۴	-۰/۷۳
HCO_3	۱۳۹۱	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	۳/۸۰	۰/۸۸	۲/۹۰	۶/۱	۱/۸۹	۲/۸۹
HCO_3*	۱۳۹۱		۱/۳۱	۰/۲	۱/۰۶	۱/۸۱	۱/۴۵	۱/۸۷

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

به‌منظور مکان‌یابی مناطق مستعد آبیاری بارانی و قطره‌ای دشت خالدآباد از آمار و اطلاعات ۱۱ چاه پیزومتری مربوط به سال آماری ۱۳۹۱ که سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان آنها را برداشت کرده و آنالیزهای کیفی روی آنها انجام شده بود، استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نظر برخی خصوصیات آماری، ابتدا هر کدام از پارامترهای کیفی تحقیق از لحاظ آمار توصیفی، تحلیل و بررسی شدند. شکل هیستوگرام‌ها و پارامترهای مرتبط نشان می‌دهند که همهٔ متغیرهای مورد تحقیق دارای چولگی هستند، بنابراین به‌منظور نرمال‌سازی داده‌ها از انتقال لگاریتمی داده‌ها در نتایج مربوط به هر متغیر استفاده شد. توصیف آماری پارامترها در جدول ۱ آمده است.

پس از نرمال‌سازی داده‌ها که با روش لگاریتم‌گیری انجام شد، به‌منظور بررسی پیوستگی مکانی و ساختار فضایی پارامترهای کیفی آب شامل EC، Cl، PH، SAR، Na، HCO_3 و TDS در سال آماری مورد مطالعه بهترین مدل واریوگرام‌ها ترسیم شد. پس از این مرحله، پارامترهای کیفی مهم دشت پهنه‌بندی گردید و به‌منظور انتخاب و ارزیابی مناسب‌ترین روش میان‌یابی، از دو معیار میانگین مطلق خطا[1] (MAE) و ریشهٔ مجذور مربعات خطا[2] (RMSE) استفاده و نقشهٔ پارامترهای کیفی آب ترسیم شد. میانگین مطلق خطا (MAE) و ریشهٔ مجذور مربعات خطا (RMSE) و نحوهٔ محاسبهٔ آنها در رابطه‌های (۱) و (۲) نشان داده شده‌اند.

$$RMSE = (\Sigma(z^*(xi) - Z(xi))^2/n)^{1/2}$$ رابطه (۱)

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|Z^*(x_i) - Z(x_i)\right|$$ رابطه (۲)

Z*(x): مقدار محاسباتی متغیر مورد نظر، Z(xi): مقدار مشاهداتی متغیر مورد نظر و n: تعداد داده‌هاست.

پارامترهای کیفی مهم و تأثیرگذار در هر نوع آبیاری متفاوت‌اند. در جدول ۲ پارامترهای کیفیت آب و تعیین حد مجاز برای هر نوع سیستم آبیاری بارانی و قطره‌ای نشان داده شده است (علیزاده، ۱۳۷۶).

1. Mean Absolute Error
2. Root Mean Square Error

جدول ۲. مقادیر مجاز عناصر مهم در انواع آبیاری بارانی و قطره‌ای

عناصر مهم در انواع آبیاری	Ph	HCO_3 (meq/lit)	EC (µmhos/cm)	CL (meq/lit)	NA (meq/lit)	TDS (mg/lit)	SAR
مقادیر مجاز در آبیاری بارانی	۶/۵-۸/۴	۸/۵>	۲۵۰۰>	۱۰>	۹>	-	۳>
مقادیر مجاز در آبیاری قطره‌ای	۶-۸	۶>	۸۰۰۰>	۱۰>	-	۲۰۰۰ >	-

در این مرحله با استفاده از تکنیک GIS9.3 نقشه‌های پهنه‌بندی با به‌کارگیری روش میان‌یابی کریجینگ براساس مقادیر هر پارامتر کیفی آب ترسیم شد. درواقع پس از تهیهٔ این نقشه‌های خروجی برای هر پارامتر کیفی، و مقادیر مجاز و غیرمجاز برای هر نوع آبیاری، نقشه‌هایی با مقادیر یک و صفر تهیه شد که به‌ترتیب مناطق مناسب و نامناسب را نشان می‌دهند. در نهایت با استفاده از عملگر اشتراکی منطق بولین در GIS، جداسازی مناطق برای هر دو نوع سیستم آبیاری بارانی و قطره‌ای با هم‌پوشانی و تلفیق این نقشه‌های کیفی صورت پذیرفت.

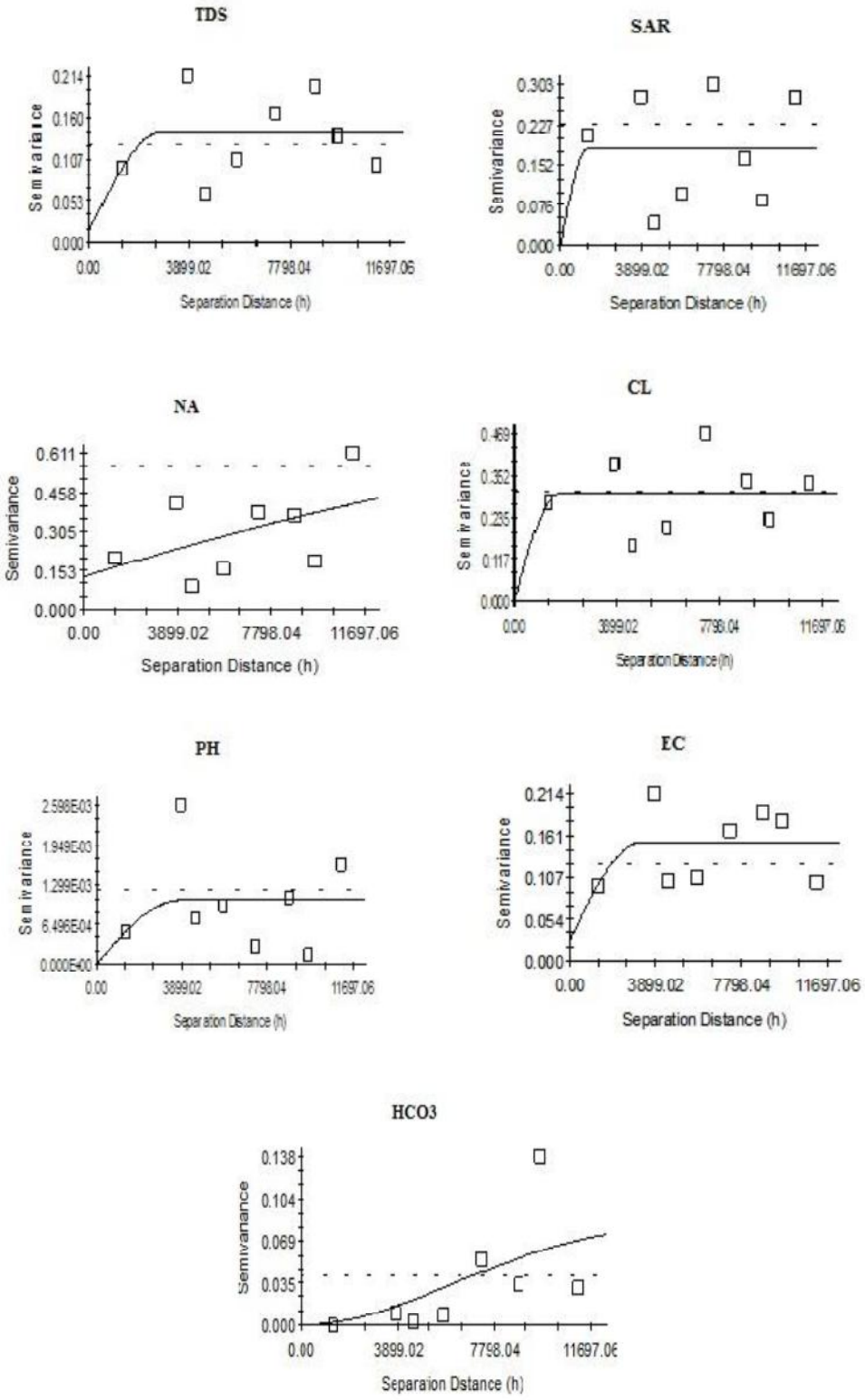
۳- نتایج و بحث

به‌منظور تعیین بهترین مدل واریوگرام در ساختار فضایی داده‌ها از رفتار واریوگرام در نزدیکی مبدأ مختصات، مجموع مربعات باقی‌مانده، و نسبت مؤلفهٔ ساختاری به کل واریانس مدل استفاده شد. نتایج حاصل از برازش مدل واریوگرام به واریوگرام تجربی نشان می‌دهند که بهترین مدل برازش داده‌شده برای پارامترهای کیفی Na مدل نمایی و برای پارامتر pH مدل گوسین و برای بقیهٔ پارامترها مدل کروی است. واریوگرام‌های مرتبط در شکل ۲ و پارامترها نیز در جدول ۳ آمده‌اند و با نتایج تقی‌زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۰۸) و ادهیکاری[1] و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارند.

به‌منظور انتخاب بهترین روش درون‌یابی برای تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی منطقه، از بین دو روش درون‌یابی IDW و کریجینگ، روش کریجینگ معمولی به‌عنوان بهترین روش براساس معیار RMSE و MAE کمتر برای پهنه‌بندی پارامترهای کیفیت آب انتخاب شد (جدول‌های ۴ و ۵). نظری‌زاده و همکاران (۱۳۸۵)، احمد (۲۰۰۲)، تقی‌زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۰۸) و البابجی[2] (۲۰۰۸) به‌منظور انتخاب یکی از روش‌های پهنه‌بندی کریجینگ نسبت به IDW از دو معیار RMSE و MAE استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که خطای روش کریجینگ کمتر بود و آن را برای تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی برگزیدند.

با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ، نقشه‌های پهنه‌بندی منطقه برای تمام پارامترهای کیفی آب تهیه شدند (شکل ۲). نقشه‌های توزیع متغیر می‌توانند در نحوهٔ مدیریت آب یا مدیریت کاربرد آن مفید باشد. همان‌طورکه در شکل ۲ نشان داده شده است پس از ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفیت آب، غلظت اکثر عناصر در بخش‌های شمالی دشت از بخش‌های جنوبی آن کمتر است و این مسئله در مکان‌یابی به‌وسیلهٔ منطق بولین مؤثر است. علت اصلی این امر فعالیت‌های کشاورزی و ورود پساب‌هاست.

1. Adhikary
2. Albaji



شکل ۲. واریوگرام‌های مربوط به پارامترهای کیفی آب زیرزمینی

جدول ۳. مشخصات مدل واریوگرام برای پارامترهای کیفی آب زیرزمینی

پارامتر	سال	مدل	RSS	C0	C0+C	A0	C/C0+C	R2
Na (meq/lit)	۱۳۹۱	نمایی	۰/۱۵۸	۰/۱۲۷	۱/۰۸	۳۱۱۰	۰/۸۸۲	۰/۲۴۲
PH	۱۳۹۱	کره‌ای	۴/۲e-۰۶	۰/۰۲۶	۷e-۰۰۶	۳۸۱۰	۰/۹۹	۰/۰۵۸
HCO_3 (meq/lit)	۱۳۹۱	گوسین	۸/۹e-۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۸	۸۷۳۰	۰/۹۹	۰/۴۰
Cl (meq/lit)	۱۳۹۱	کره‌ای	۰/۰۷	۰/۰۰۳	۰/۳۰	۱۷۳۰	۰/۹۹	۰/۰۰۷
SAR	۱۳۹۱	کره‌ای	۰/۰۷	۰/۰۰۴	۰/۱۸	۱۳۱۰	۰/۹۹	۰/۱۲
EC (µmhos/cm)	۱۳۹۱	کره‌ای	۰/۰۱	۰/۰۲۵	۰/۱۵	۳۲۲۰	۰/۸۳	۰/۱۶
TDS (mg/lit)	۱۳۹۱	کره‌ای	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۰/۱۴	۲۷۹۰	۰/۸۹	۰/۰۸

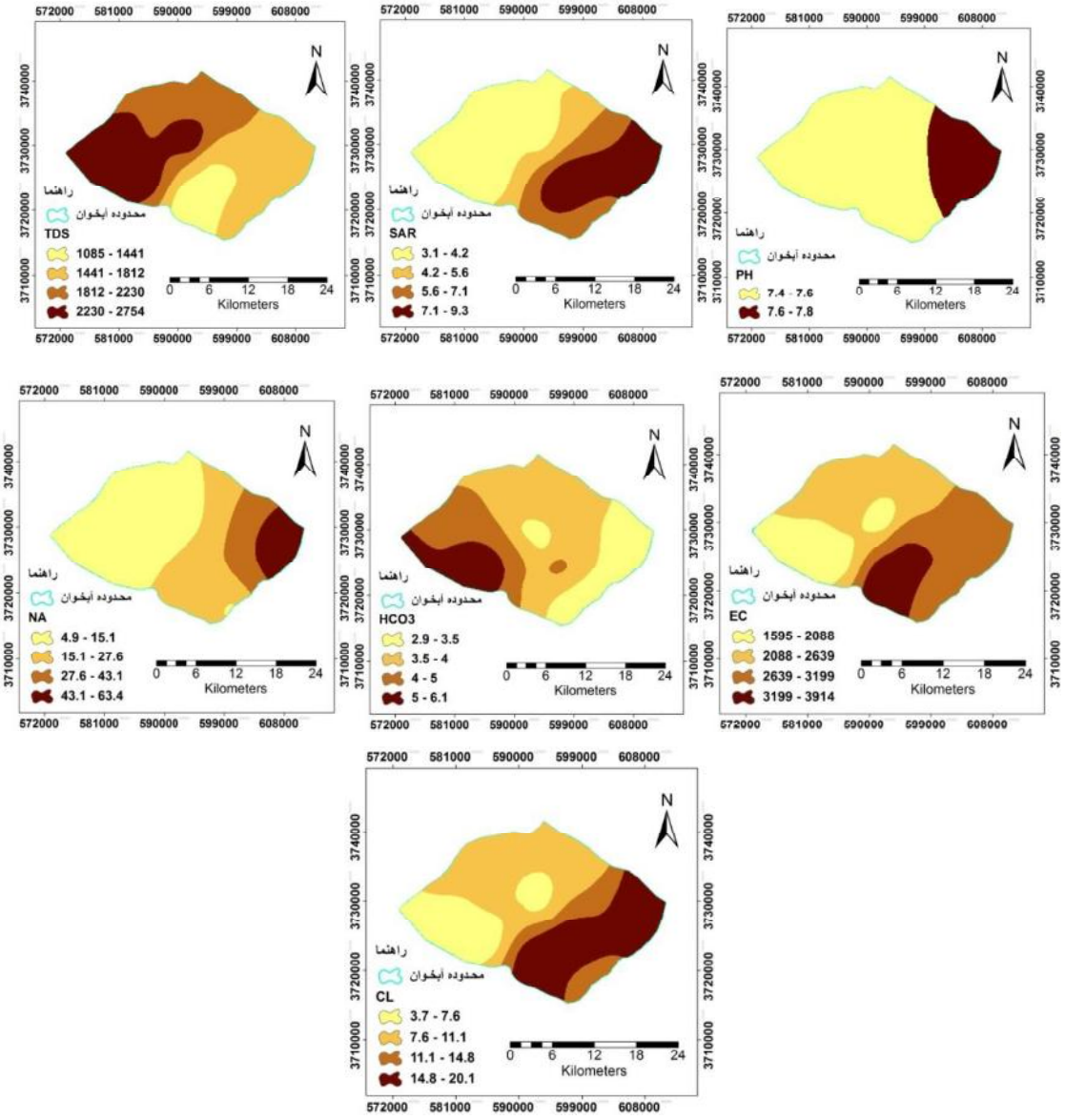
جدول ۴. مقدار RMSE پارامترها برای تعیین بهترین روش زمین‌آماری

پارامتر	سال	کریجینگ	توان ۱ IDW	توان ۲ IDW	توان ۳ IDW
PH	۱۳۹۱	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳
Na	۱۳۹۱	۱۶	۱۶/۱۲	۱۶/۰۶	۱۶/۰۵
HCO_3	۱۳۹۱	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸
Cl	۱۳۹۱	۵/۰۶	۵/۲۶	۵/۲	۵/۲۶
EC	۱۳۹۱	۸۳۰/۹	۸۵۳/۹	۸۳۵/۹	۸۳۹/۶
SAR	۱۳۹۱	۲/۰۷	۲/۲۸	۲/۳۲	۲/۳۷
TDS	۱۳۹۱	۵۷۱	۵۷۹/۹	۵۷۱/۷	۵۷۴/۴

جدول ۵. مقدار MAE پارامترها برای تعیین بهترین روش زمین‌آماری

پارامتر	سال	کریجینگ	توان ۱ IDW	توان ۲ IDW	توان ۳ IDW
PH	۱۳۹۱	-۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۱
Na	۱۳۹۱	-۴/۰۸	-۴/۳۱	-۴/۶۵	-۴/۵
HCO_3	۱۳۹۱	-۰/۰۸	-۰/۱۲	-۰/۱۵	-۰/۱۵
Cl	۱۳۹۱	-۰/۱۳	-۰/۲۷	-۰/۴۵	-۰/۴۴
EC	۱۳۹۱	-۱۶/۵۳	-۳۸/۰۶	-۸۶/۲۲	-۹۵/۸۵
SAR	۱۳۹۱	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۴	-۰/۰۱
TDS	۱۳۹۱	-۳/۰۲	-۲۱/۲۲	-۵۱/۷۸	-۵۸/۱۳

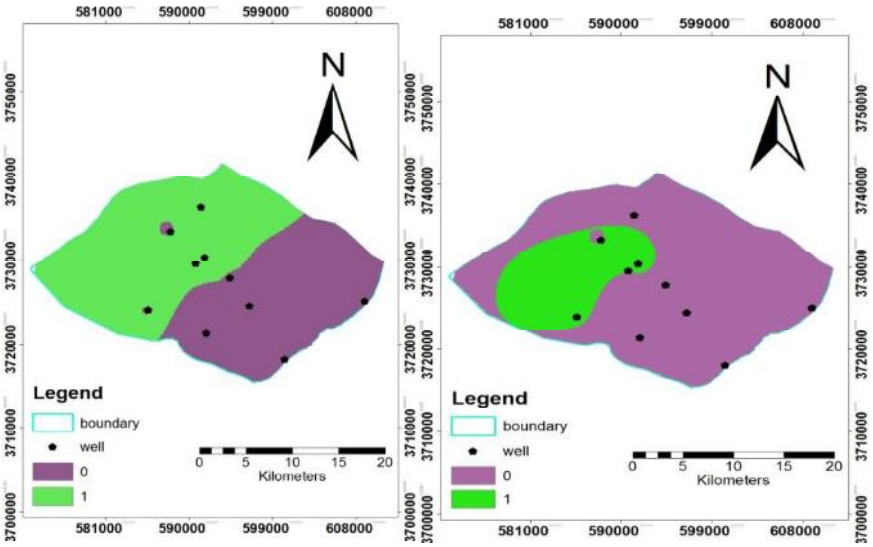
مکان‌یابی مناطق دشت به‌منظور آبیاری با تلفیق لایه‌های مختلف کیفیت آب برای هر کدام از سیستم‌های آبیاری براساس منطق بولین اجرا شد و مناطق مناسب و نامناسب جداسازی و برای هرکدام آبیاری تحت فشار پهنه‌بندی و شناسایی شد (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳. نقشهٔ پهنه‌بندی پارامترهای‌کیفی آب زیرزمینی دشت خالدآباد

مکان‌یابی مناطق دشت به‌منظور آبیاری با تلفیق لایه‌های مختلف کیفیت آب برای هر کدام از سیستم‌های آبیاری براساس منطق بولین اجرا شد و مناطق مناسب و نامناسب جداسازی و برای هرکدام آبیاری تحت فشار پهنه‌بندی و شناسایی شد (شکل‌های ۳ و ۴).

همان طور که در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، محدودهٔ استفاده‌شده برای آبیاری قطره‌ای وسیع‌تر از محدودهٔ آبیاری بارانی است و نشان می‌دهد که کیفیت آب محدودهٔ مورد نظر با اجرای آبیاری قطره‌ای تناسب بیشتری دارد. ازآنجا که کیفیت آب دشت‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک از مناطق دیگر پایین‌تر است، بیشتر مناسب آبیاری قطره‌ای است. نشاط و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی مناطق مستعد برای اجرای آبیاری تحت فشار دشت کرمان را با استفاده از نرم‌افزار GIS مکان‌یابی کردند.



شکل ۴. پهنه‌بندی مناطق مستعد آبیاری قطره‌ای

شکل ۵. پهنه‌بندی مناطق مستعد آبیاری بارانی

جدول ۶. مساحت و درصد مناطق مربوط به آبیاری قطره‌ای و بارانی براساس کیفیت آب

انواع آبیاری	وضعیت	درصد	مساحت (کیلومترمربع)
قطره‌ای	مناسب	۵۴/۴۶	۳۱۶/۲۲
	نامناسب	۴۵/۵۴	۲۶۴/۵۰
بارانی	مناسب	۲۱/۹	۱۲۷/۱۷
	نامناسب	۷۸/۱	۴۵۳/۵۹

نتایج پژوهش آنان نشان داد که کل زمین‌های مناسب و قابل آبیاری دشت کرمان بیشتر برای آبیاری قطره‌ای مناسب‌اند تا آبیاری بارانی، که با نتایج این بخش از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

بررسی نقشه‌ها و نتایج به‌دست‌آمده از آنها نشان می‌دهد که سامانهٔ آبیاری تحت فشار قطره‌ای با توجه به کیفیت آب بیشتر در بخش‌های شمال، شمال‌غرب و شمال‌شرق دشت مناسب اجراست. سیستم‌های آبیاری بارانی نیز در مناطق محدودی در بخش غربی و شمال‌غربی دشت قابلیت اجرا دارند، که مساحت آن کمتر از آبیاری قطره‌ای است. باید توجه داشت که تقریباً در نیمی از زمین‌های این منطقه ـ یعنی در نیمهٔ جنوبی دشتـ هیچ‌کدام از روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای اجراشدنی نیستند. دلیل این امر غلظت زیاد املاح است که برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی در اثر فعالیت‌های کشاورزی، زهاب‌های کشاورزی و سازندهای زمین‌شناسی می‌توانند از عوامل اصلی آن باشند. مساحت‌های مربوط به مکان‌یابی مناطق مناسب و نامناسب برای اجرای هرکدام از انواع سیستم‌های آبیاری تحت فشار در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

با توجه به اینکه مناطق مستعد آبیاری بارانی و قطره‌ای در منطقهٔ مورد مطالعه در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند، به‌دلیل تبخیر و تعرق زیاد که باعث افزایش تلفات و کاهش راندمان آب مصرفی کشاورزی می‌شود، توصیه می‌گردد زمان آبیاری از روز به شب تغییر یابد تا میزان تلفات تبخیر و سرعت باد به حداقل برسد. نتایج پژوهش شیخ‌اسماعیلی (۱۳۹۱) در بررسی تلفات تبخیر و باد در روش آبیاری بارانی در منطقهٔ گرم و خشک خوزستان نشان دادند که این

روش در مناطق گرم و خشک خوزستان امکان‌پذیر است و برای کاهش تلفات تبخیر و باد، آبیاری باید در غروب و پس از آن تا صبح زود صورت گیرد. به این ترتیب، میزان تلفات تبخیر به ۱ تا ۲ درصد تنزیل می‌یابد. تلفات تبخیر و باد در شرایط وزش بادهای شدید و با سرعت بالاتر از ۴/۲ متربرثانیه یا ۱۵ کیلومتربرساعت در جنوب خوزستان از ۲۰/۸ درصد فراتر می‌رود؛ ازاین‌رو، کاربرد آبیاری بارانی در شرایط بادهای شدید توصیه نمی‌شود.

روش آبیاری قطره‌ای به‌دلیل وابستگی کمتر به شرایط محیطی و بازده بالاتر ۹۰ تا ۹۵ درصد در مقایسه با روش آبیاری بارانی با بازده ۶۰ تا ۸۰ درصد کاربرد بیشتری دارد و می‌توان آن را بهترین روش صرفه‌جویی در مصرف آب به‌شمار آورد (پذیرا و همکاران، ۱۳۸۴). یکی دیگر از ویژگی‌های این روش، صرفه‌جویی در میزان آب کاربردی تا حد ۵۰ درصد کمتر در دورهٔ رشد گیاه در مقایسه با روش‌های غرقابی، جوی‌پشته و حتی سیستم آبیاری بارانی است (Troeh et al., 2004).

به‌منظور افزایش راندمان و کاهش تلفات تبخیر در روش‌های آبیاری قطره‌ای، می‌توان خطوط لوله‌های قطره‌ای را زیر سطح خاک قرار داد تا آب با تناوب کوتاه‌مدت از طریق روزنه‌ها در اختیار گیاه قرار گیرد. تدبیر دیگر برای کاهش اثرات تبخیر و تعرق این است که روش آبیاری قطره‌ای توأم با مالچ انجام شود. استفاده از مالچ یعنی پوشاندن سطح خاک اطراف گیاهان (بوته‌ها) به‌وسیلهٔ مواد آلی، کاه و کلش برای صرفه‌جویی بیشتر در مصرف آب. بدین ترتیب، محیط مناسب‌تری برای رشد گیاه فراهم می‌شود و عملکرد افزایش می‌یابد (Campbell et al., 2000).

۴- نتیجه‌گیری

برای دستیابی به عملکرد بهینهٔ آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک، یکی از گزینه‌های تازه شناخته‌شده، به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری است. یکی از ابزارهای مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت بهینهٔ به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری، استفاده از تکنیک GIS در هر منطقه است. در پژوهش حاضر، به‌کمک GIS دو نوع روش آبیاری قطره‌ای و بارانی مکان‌گزینی شدند. تحلیل و بررسی نقشه‌ها نشان داد که آبیاری قطره‌ای در محدودهٔ گسترده‌تری درمقایسه با آبیاری بارانی قابلیت اجرا داشت. برای هر دو نوع آبیاری، بخش‌های شمالی دشت شرایط مساعدتری درمقایسه با مناطق جنوبی آن دارند، که نشان‌دهندهٔ غلظت زیاد املاح (بیش از حد مجاز آبیاری) در قسمت‌های جنوبی دشت است. به‌علت خشک‌بودن و تبخیر زیاد منطقه، این دو روش آبیاری با درنظرگرفتن شرایطی توصیه می‌شوند و قابلیت اجرا دارند و برای تعدیل تأثیر شرایط محیطی منطقه راهکارهایی اتخاذ می‌شوند که باعث کاهش میزان تلفات و افزایش راندمان آبیاری شوند.

ضروری است با برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه و مطالعه درخصوص روش‌های آبیاری و درصورت لزوم اصلاح و تغییر آنها در جهت تبدیل روش‌های آبیاری سنتی به روش‌های نوین آبیاری تحت فشار، می‌توان میزان مصرف را تا حدودی کاهش داد و از روند رو به رشد کاهش کمیت و کیفیت آب زیرزمینی منطقه جلوگیری کرد. با ارائه راهکارهایی برای کاهش تأثیرات تبخیر و تعرق و شرایط جوی می‌توان با استفاده از تکنیک زمین‌آمار و GIS از هر دو روش آبیاری نوین در منطقهٔ مطالعه‌شده در تحقیق بهره جست.

۵- منابع

ابریشمدار ع.، کشکولی، ح.، مستوفی‌زاده، ن.، ۱۳۸۲، **بررسی امکان‌یابی اجرای روش‌های آبیاری تحت فشار در مناطق مختلف استان خوزستان**، مجموعه مقالات سومین همایش کمیتهٔ منطقه‌ای آبیاری و زهکشی، استان خوزستان.

اخوان ک.، ۱۳۸۵، **بررسی وضعیت آبیاری نحت فشار در استان اردبیل**، فصلنامهٔ نظام مهندسی کشاورزی و

منابع طبیعی، سال سوم، شمارهٔ ۱۲، تابستان، ص. ۳۰.

آل‌شیخ ع. ا.، سلطانی، م.ج.، هلالی، ح. ۱۳۸۱، **کاربرد GIS در مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب**، مجلهٔ تحقیقات جغرافیایی، شمارهٔ ۶۷، صص. ۳۸-۲۲.

باغانی ج.، علیزاده، ا.، ۱۳۷۹، **عملکرد محصول و کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای و شیاری**، نشریهٔ تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۵، شمارهٔ ۱۸، صص. ۱۰-۱.

پذیرا ا.، همایی، م.، ۱۳۸۴، **گزینه‌های نوین و برنامه‌های جایگزین در توسعهٔ پایدار کشاورزی مناطق نیمه‌خشک**، ویژه‌نامهٔ مجلهٔ علمی و پژوهشی علوم کشاورزی، سال ۱۱، شمارهٔ ۱، صص. ۵۲-۴۳.

شیخ‌اسماعیلی ا.، ۱۳۹۱، **بررسی اثرات باد و فشار آب بر تلفات تبخیر و باد در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در شرایط گرم و نیمه‌خشک**، نشریهٔ آبیاری و زهکشی ایران، شمارهٔ ۲، جلد ۶، صص. ۹۲-۸۷.

علیزاده ا.، ۱۳۷۶، **زهکشی اراضی**، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

علیزاده ا.، ۱۳۸۳، **کیفیت آب در آبیاری**، انتشارات آستان قدس رضوی.

علیزاده ا.، ۱۳۸۵، **اصول طراحی سیستم‌های آبیاری**، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

مأمن‌پوش ع.، تفنگ‌ساز، ر.، ۱۳۸۷، **مکان‌یابی مناطق مستعد جهت اجرای طرح‌های آبیاری تحت‌فشار به‌کمک سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS)**، سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعهٔ پایدار.

نشاط ع.، نیکپور، ن.، ۱۳۹۰، **مکان‌یابی مناطق مستعد برای اجرای آبیاری تحت فشار با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی؛ مطالعهٔ موردی دشت کرمان (GIS)**، مجلهٔ مهندسی منابع آب، سال چهارم، شمارهٔ هشتم، صص. ۸۳-۷۷.

نظری‌زاده ف.، ارشادیان، ب.، زندوکیلی، ک.، ۱۳۸۵، **بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بالارود در استان خوزستان**، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود (فرصت‌ها و چالش‌ها).

Adhikary, P., Dash, Ch.J., Chandrasekharan, H., Rajput TBS & Dubey S.K., 2012, **Evaluation of Groundwater Quality for Irrigation and Drinking Using GIS and Geostatistics in a Peri-urban Area of Delhi**, India, Arab J Geosci, 5, PP. 1423–1434.

Ahmed, S., 2002, **Groundwater monitoring network design: Application of case studies from a granitic aquifer in a semi-arid region**, **Groundwater Hydrology**, Balkema, Tokyo, Japan, PP. 37-57.

Albaji, M., Landy, A., Boroomand Nasab S. & Moravej, K., 2008, **Land Suitability Evaluation for Surface and Drip Irrigation in Shavoor Plain, Iran**, J. Food Agric. Environ, 7, PP. 955-960.

Baalousha, H., 2010, **Assessment of a Groundwater Quality Monitoring Network Using Vulnerability Mapping and Geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand**, Agricultural Water Management, 97, PP. 240–246.

Campbell, G.S. & Norman, J.M., 2000, **Environmental Biophysics,** Springer-Verlag, P. 286.

Gonzalez-Dugo, V. Durand, J.L. & Gastal, F., 2010, **Water Deficit and Nitrogen Nutrition of Crops,** A review, Agronomy for Sustainable Development, 30, PP. 529-544.

Forouzani, M. & Karami, E., 2011, **Agricultural Water Poverty Index and Sustainability**, A**gronomy for Sustainable Development,** springer ver lag (Germany), 31, PP. 415-432.

Hillel, D., 1998, **The Efficient Use of Water in Irrigation**, World bank technical paper No. 65, Washington D.C., P. 107

Nas B., 2009, **Geostatistical Approach to Assessment of Spatial Distribution of Ground water Quality**, Polish J. of Environ. Stud, 18(6), PP. 1073-1082.

Naseri, A., Rezania A.R. & Boroomand Nasab, M., 2009, **Investigation of Soil Quality for Different Irrigation System in Lali plain,** J. Appl. Sci, 8(2), PP. 654-659.

Sangodoyin, A.Y. & Ogedengbe K., 1991, **Surface Water Quality and Quantity from the Standpoint of Irrigation and Livestock, Intern,** J. Environ. Studies, 38(1), PP. 251-262.

Siska P. & Kuai Hung I., 2001, **Assessment of Kriging Accuracy in the GIS Environment**, The 21st Annual ESRI International User Conference, San Diego, CA.

Taghizadeh Mehrjerdi R., Zareian M., Mahmodi Sh. & Heidari A., 2008, **Spatial Distribution of Groundwater Quality with Geostatistics (Case study: Yazd-Ardakan plain)**, World Applied Science Journal, 4(1), PP. 9-17.

Troeh, F.R., Hobbs J.A. & Donahue, R.L., 2004, **Soil and Water Conservation for Productivity and Environmental Protection,** Prentice Hall, London, P. 656.