نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir

پهنه‌بندی اراضی برای اجرای سامانه آبیاری موضعی با ارزیابی مشخصه‌های آب و خاک (مطالعه موردی: شهرستان‌های بابل و بابلسر)

مجتبی چراغی‌زاده[۱] و *علی شاهنظری[۲]

[۱]دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: منابع آب در دسترس قادر به برآورده ساختن نیازهای مختلف در آینده نزدیک نخواهند بود و این امر به ناچار منجر به جستجو برای اراضی جدیدتر برای آبیاری خواهد شد؛ با توجه به محدودیت منابع آب و لزوم استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار برای استفاده بهینه از منابع آبی موجود، تعیین اراضی مناسب برای کشاورزی و آبیاری تحت فشار، ضروری می‌باشد. کلاس‌بندی اراضی، تعیین و گروه‌بندی محدوده‌های مشخص زمین با توجه به تناسب آن‌ها برای کاربری مورد نظر است. سامانه ارزیابی پارامتری با امتیازدهی به عوامل مختلف مؤثر بر پارامتر هدف، امکان اتخاذ بهترین تصمیم را با در نظر گرفتن عوامل مختلف ممکن می‌سازد. با توجه به این‌که مدیریت اصولی و برنامه‌ریزی درست و بهره‌وری بهینه از منابع نیازمند اطلاعات دقیق از عرصه مورد نظر می‌باشد، در این راستا سامانه اطلاعات جغرافیایی با توانایی تجزیه و تحلیل‌های مکانی، تحلیل و تلفیق اطلاعات نقشه‌ای، جدولی و گزارش‌گیری، می‌تواند نقش به‌سزایی را در رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده ایفا کند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش با ارزیابی پارامتری برخی مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و مشخصه‌های شیمیایی آب با کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پهنه‌بندی اولویت اجرای سامانه‌های آبیاری موضعی در محدوده اراضی شهرستان‌های بابل و بابلسر انجام شد. مشخصه‌های مرتبط با خاک شامل بافت (T)، عمق (D)، شیب (S)، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) بود. مشخصه‌های مرتبط با آب شامل مقدار کلر (Cl)، بر (B)، هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذبی سدیم (SAR) و شاخص کربنات سدیم باقی‌مانده (RSC) بود. داده‌های مربوط به این مشخصه‌ها از سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران گرفته شد.

یافته‌ها: بررسی شاخص پارامتری خاک برای آبیاری موضعی، نشان داد بیش‌ترین مساحت (حدود ۹۰٪ از کل سطح محدوده مورد مطالعه) در حالت مناسب قرار دارد. بیش‌ترین سطح برای شاخص پارامتری آب (حدود ۷۵٪) در وضعیت در حال حاضر نامناسب بود. بررسی زیرشاخص‌های شاخص پارامتری آب نشان داد بیش‌ترین سطح محدودیت (سطوح محدودیت زیاد و بسیار زیاد) مربوط به شاخص کربنات سدیم باقی‌مانده (RSC) بود (حدود

* مسئول مکاتبه: aliponh@yahoo.com

۹۰ درصد از کل سطح اراضی). این مقدار برای زیرشاخص‌های کلر، هدایت الکتریکی، بر و نسبت جذبی سدیم به‌ترتیب برابر با ۹/۴ درصد، ۸/۵ درصد، ۰ درصد و ۰٪ بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، در استفاده از سامانه‌های آبیاری موضعی در محدوده مورد مطالعه، ملاحظات پیش‌گیری (برای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها با توجه به بالا بودن RSC) مانند اسیدشویی ضروری خواهد بود. به علاوه، استفاده از قطره‌چکان‌هایی که نسبت به گرفتگی حساسیت کم‌تری دارند نیز، در جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در مناطق با احتمال آسیب بالا توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری موضعی، تصمیم‌گیری، حاصلخیزی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، کیفیت آب و خاک

مقدمه

ثبات و امنیت غذایی در جهان به مقدار زیادی به مدیریت منابع وابسته است. با توجه به تخلیه منابع آب و نیز افزایش در جمعیت، سرانه اراضی فاریاب کاهش داشته و اراضی فاریاب هم‌اکنون ۴۰ درصد از غذای مصرفی را تولید می‌کنند (۹). در نتیجه، منابع آب در دسترس قادر به برآورده ساختن نیازهای مختلف در آینده نزدیک نخواهند بود و این امر به ناچار منجر به جستجو برای اراضی جدیدتر برای آبیاری برای کسب امنیت غذایی خواهد شد. مناسب بودن اراضی در تعریف به قابلیت طبیعی اراضی برای پوشش دادن استفاده مشخص، اطلاق می‌شود. فرایند کلاس‌بندی مناسب بودن اراضی، تعیین و گروه‌بندی محدوده‌های مشخص زمین با توجه به مناسب بودن آن‌ها برای استفاده تعریف شده، می‌باشد (۲). با توجه به روش‌شناسی فائو (۱۹۷۶) مناسب بودن زمین به‌صورت قوی به مشخصه‌های کیفی زمین شامل مقاومت در برابر فرسایش، دسترسی به آب و خطرات سیل که مشخصه‌های کیفی غیرقابل اندازه‌گیری هستند، وابسته است (۸). از آن‌جایی که این مشخصه‌های کیفی از مشخصه‌های زمین شامل زاویه و طول شیب، بارش و بافت خاک که قابل اندازه‌گیری و یا تخمین می‌باشند، گرفته می‌شوند، استفاده از مشخصه‌های اخیر برای مطالعه مناسب بودن زمین و در ادامه استفاده از پارامترهای زمین برای تعیین مناسب بودن زمین برای اهداف آبیاری، سودمند خواهد بود. سیس و همکاران (۱۹۹۱) سامانه ارزیابی پارامتری را برای روش‌های آبیاری پیشنهاد کرده‌اند که این سامانه در ابتدا بر مبنای مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بوده است (۱۷). این سامانه این قابلیت را در اختیار کاربر قرار می‌دهد تا با امتیازدهی به عوامل مختلف مؤثر بر پارامتر هدف، امکان اتخاذ بهترین تصمیم با در نظر گرفتن عوامل مختلف وجود داشته باشد. در ارتباط با استفاده از سامانه ارزیابی پارامتری پژوهش‌هایی انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به پژوهش انجام شده توسط بریزا و همکاران (۲۰۰۱) اشاره کرد (۶). ایشان سامانه پارامتری را برای ارزیابی مناسب بودن زمین برای آبیاری سطحی و نیز آبیاری قطره‌ای در استان بن‌سلیمان مراکش مورد استفاده قرار دادند. محدوده‌های بسیار مناسب در این محدوده یافت نشد. بزرگ‌ترین قسمت از محدوده‌های کشاورزی به‌عنوان نسبتاً مناسب کلاس‌بندی شدند و بیش‌ترین عوامل محدودکننده شامل شیب، کلسیم کربنات خاک، بافت شنی خاک و عمق خاک بود. بازانی و اینچرتی (۲۰۰۲) نیز ارزیابی مناسب بودن اراضی برای سیستم‌های آبیاری سطحی

و قطره‌ای را در استان لارچه مراکش با استفاده از سامانه ارزیابی پارامتری ارایه نمودند (۵). اراضی مناسب برای آبیاری سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب برابر ۱۹ درصد بودند. علاوه بر این، اراضی بسیار مناسب برای آبیاری سطحی ۳/۲۹ درصد و برای آبیاری قطره‌ای ۳۸/۹۶ درصد بود. بیش‌ترین عوامل محدودکننده محدودیت‌های فیزیکی از قبیل شیب و بافت خاک شنی بودند. الباجی و حمادی (۲۰۱۱) مناسب بودن اراضی را برای سیستم‌های آبیاری مختلف بر مبنای ارزیابی پارامتری در دشت بزرگ ایران مورد بررسی قرار دادند (۱). نتایج نشان داد که با کاربرد آبیاری بارانی به‌جای آبیاری سطحی و قطره‌ای قابلیت کاشت به مقدار ۵۲/۵ درصد در اراضی دشت بزرگ ارتقا پیدا می‌کند. به علاوه، با کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای به‌جای آبیاری بارانی یا سطحی، مناسب بودن اراضی در ۰/۲ درصد از این دشت بهبود خواهد داشت. مقایسه سیستم‌های مختلف آبیاری در ارتقای حاصلخیزی اراضی نشان داد که سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی سودمندتر و موثرتر از آبیاری سطحی بوده‌اند. قابل‌توجه است که مهم‌ترین عامل محدودکننده برای آبیاری قطره‌ای و یا بارانی در این محل نسبت کلسیم کربنات خاک بوده و عوامل محدودکننده برای آبیاری سطحی نسبت کلسیم کربنات خاک به همراه زهکشی بود. از جمله عرصه‌هایی که مشخصه‌های مختلفی در هدف تأثیرگذارند، تصمیم‌گیری در طراحی سامانه‌های آبیاری می‌باشد. طراحی سامانه‌های آبیاری با توجه به اهداف آن کاری تلفیقی است که باید از علوم مختلف بهره برد تا از ترکیب عناصر آن‌ها مناسب‌ترین راه‌حل برای آبیاری مزارع انتخاب شود. با توجه به هزینه‌های امکان‌سنجی (آزمایش‌های خاک و آب و بررسی‌های اولیه) هر محل و صرف زمان که منجر به امکان یا عدم امکان اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار در هر مزرعه می‌شود، می‌توان با جمع‌آوری اطلاعاتی جامع و دقیق از منطقه شامل همه فراسنج‌های مؤثر در اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و توابع تحلیلی آن، با هزینه‌ای کم‌تر امکان اجرای این سامانه‌ها را بررسی کرد (۱۳). در عین‌حال مدیریت اصولی و برنامه‌ریزی درست و بهره‌وری بهینه از منابع نیازمند اطلاعات دقیق از عرصه مورد نظر می‌باشد. در این راستا سامانه اطلاعات جغرافیایی با توانایی تجزیه و تحلیل‌های مکانی، تحلیل و تلفیق اطلاعات نقشه‌ای، جدولی و گزارش‌گیری، می‌تواند نقش به‌سزایی را در رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده ایفا کند (۱۳). مشخص کردن موقعیت‌های دارای مشکل و نیز یافتن مشکل در محدوده‌های اجرایی برای سامانه‌های آبیاری تحت فشار و در ادامه یافتن راهکارهای لازم، امری ضروری می‌باشد. در این پژوهش با بهره‌گیری از روش ارزیابی پارامتری و نیز سامانه اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی اولویت اجرای سیستم‌های آبیاری موضعی در محدوده اراضی کشاورزی شهرستان‌های بابل و بابلسر انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در محدوده شهرستان‌های بابل و بابلسر انجام شده است. این محدوده از شمال به دریای خزر، از جنوب به رشته‌کوه‌های البرز (با توجه به این‌که تمامی نقطه‌های نمونه‌برداری آب و خاک در محدوده خط تراز ارتفاعی کم‌تر از ۲۰۰ متر واقع شده بودند، خط تراز ارتفاعی ۲۰۰ متر به‌عنوان مرز جنوبی انتخاب شد؛ این خط از مدل رقومی ارتفاعی (Digital Elevation Model (DEM)) منطقه استخراج شد)، از شرق به شهرستان قائمشهر و از

غرب به شهرستان آمل محدود می‌شود (شکل ۱). مشخصه‌های بافت (T)، عمق (D) و شیب (S) به‌عنوان مشخصه‌های فیزیکی خاک و مشخصه‌های اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) به‌عنوان مشخصه‌های شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفتند؛ هدایت الکتریکی آب آبیاری (ECiw)، نسبت جذب سدیم (SAR)، مقدار کربنات سدیم باقی‌مانده (RSC) و یون‌های کلر (Cl) و بر (B) به‌عنوان مشخصه‌های آب آبیاری بررسی شدند.

موقعیت جغرافیایی نقاط اندازه‌گیری مشخصه‌های خاک (۷۶ نقطه) و آب (۷۲ نقطه) در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

از راه‌های تبیین مشخصه‌های کیفی زمین در ارزیابی مقایسه‌ای، استفاده از محدودیت‌های زمین می‌باشد (۱۷) که در پژوهش حاضر از این روش برای امتیازدهی مشخصه‌های آب و خاک بهره جسته شده است (جدول‌های ۱ تا ۶).

جدول ۱- سطوح محدودیت و امتیاز آن‌ها (۱۷).

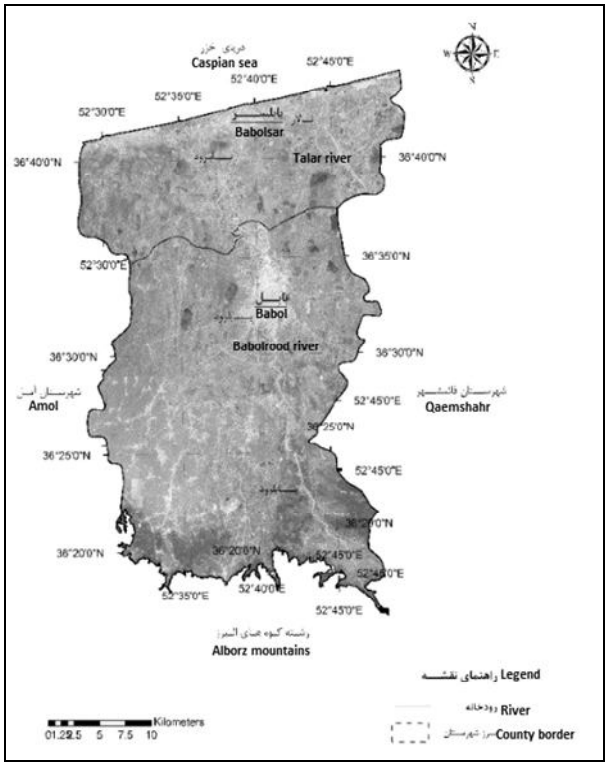
Table 1. Limitation levels and their rates (17).

شدت محدودیت (Limitation level)	توضیحات (Description)	امتیازدهی (Rating)
بسیار کم (Very slight)	مشخصه (کیفی) برای رویش گیاه بهینه است. (The characteristic (quality) is optimal for plant growth.)	95 - 100
کم (Slight)	مشخصه برای نوع بهره‌برداری نسبتاً بهینه بوده و برای تولید در مقایسه با حالت بهینه بیش از ۲۰٪ تأثیر نمی‌گذارد. (The characteristic is nearly optimal for the land utilization type and effects productivity for not more than 20% with regard to optimal yield.)	85 – 95
متوسط (Moderate)	مشخصه به‌صورت متوسط روی کاهش محصول تأثیر می‌گذارد؛ با این وجود همچنان سود قابل کسب بوده و استفاده از زمین سودمندی را در پی دارد. (The characteristic has moderate influence on yield decrease; however, benefit can still be made and use of the land remains profitable.)	60 - 85
زیاد (Severe)	مشخصه چنان اثری روی تولید زمین خواهد داشت که استفاده از زمین برای کاربری در نظر گرفته شده حالت مرزی پیدا خواهد کرد. (The characteristic has such an influence on productivity of the land that the use become marginal for the considered land utilization type.)	40 - 60
بسیار زیاد (Very severe)	چنین محدودیتی نه تنها تولید محصول را به زیر سطح سودمند کاهش خواهد داد، که حتی ممکن است به‌صورت کامل استفاده از خاک برای کاربری در نظر گرفته شده را مانع شود. (Such limitations will not only decrease the yields below the profitable level but even may totally inhibit the use of the soil for the considered land utilization type.)	0 - 40

برای به‌دست آوردن شاخص‌های پارامتری خاک (Soil Parametric Index (SPI)) و آب (Water Parametric Index (WPI)) از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد. اجزای این ۲ رابطه پیش‌تر معرفی شده‌اند و در این رابطه‌ها مقدار امتیاز داده شده به آن‌ها از روی جدول‌های ۲ تا ۶ قرار می‌گیرد.

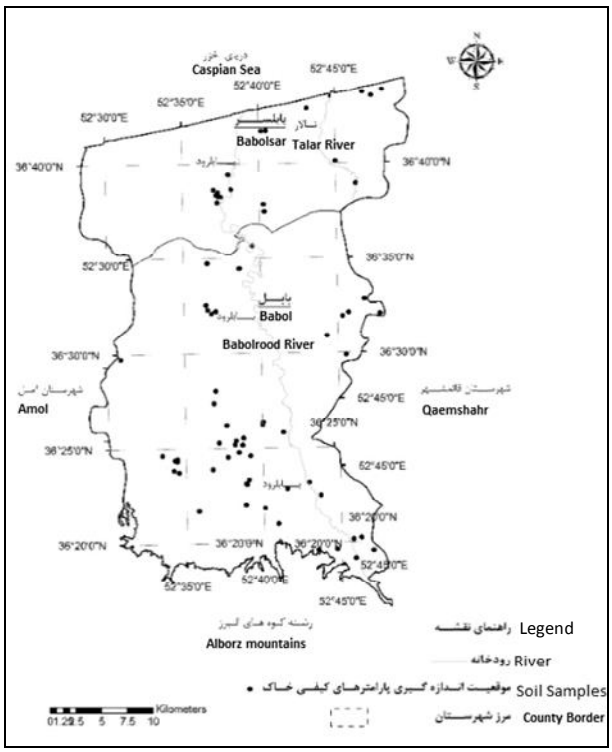
$$SPI=T\times D\times S\times pH\times EC_e \quad (۱)$$

$$WPI=Cl\times B\times EC_{iw}\times SAR\times RSC \quad (۲)$$



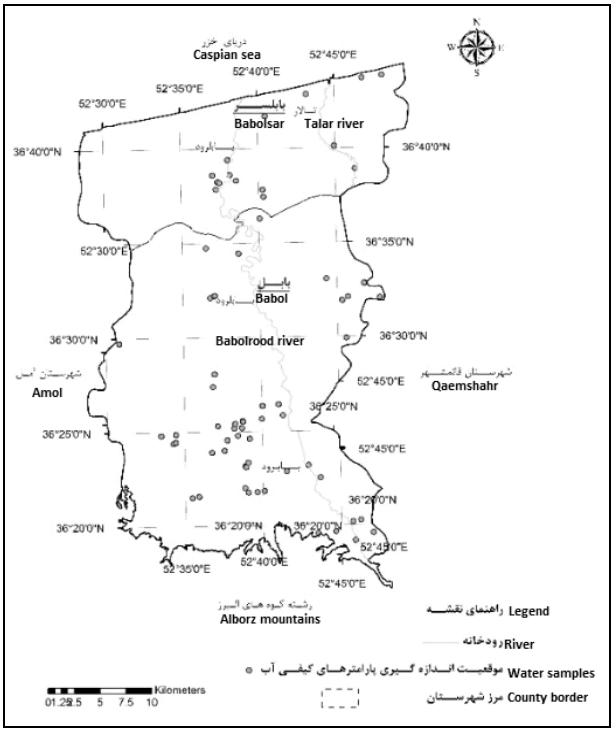
شکل ۱- محدوده جغرافیایی شهرستان‌های بابل و بابلسر در این پژوهش.

Figure 1. Geographical area of Babol and Babolsar counties at current study.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی نقاط استفاده شده برای به‌دست آوردن شاخص SPI.

Figure 2. Geographical location of used points to gain SPI.



شکل ۳- موقعیت جغرافیایی نقاط استفاده شده برای به‌دست آوردن شاخص WPI.

Figure 3. Geographical location of used points to gain WPI.

جدول ۲- شاخص حاصلخیزی برای بافت‌های مختلف خاک (۱۵).

Table 2. Productivity index for different soil textures (15).

شاخص نسبی حاصلخیزی Relative productivity index	بافت خاک Soil texture	
0.5	Clay	رسی
0.8	Loam	لومی
0.8	Clay loam	لوم رسی
0.8	Silt	سیلت
0.8	Silty clay	رس سیلتی
0.8	Silty clay loam	لوم رسی سیلتی
0.8	Silty loam	لوم سیلتی
1	Sandy clay	رس شنی
1	Sandy loam	لوم شنی
0.8	Loamy sand	شن لومی
0.5	Sand	شن

جدول ۳- شاخص حاصلخیزی برای عمق لایه خاک (۱۷).

Table 3. Relative productivity index (RPI) for soil layer depth (17).

RPI	عمق لایه خاک (cm) Soil layer depth (cm)
1	100 <
0.9	50 - 100
0.75	20 -50
0.55	< 20

جدول ٤- شاخص حاصلخیزی برای مقادیر مختلف شیب (۱۷).

Table 4. RPI for different slopes (17).

RPI	شیب (٪) Slope (%)
1	0 - 1
0.95	1 - 3
0.90	3 - 5
0.80	5 - 8
0.60	8 - 16
0.50	16 - 30
0.30	30 <

جدول ٥- شاخص نسبی حاصلخیزی خاک برای مختلف هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (۱۷).

Table 5. RPI for different soil statured electrical conductivity (ECe) (17).

RPI	ECe (ds/m)
1	0 - 8
0.72	8 - 16
0.48	16 -24
0.24	24 <

جدول ٦- شاخص نسبی حاصلخیزی در مشخصه‌های مختلف کیفی آب با توجه به سطح محدودیت ممکنه آن‌ها.

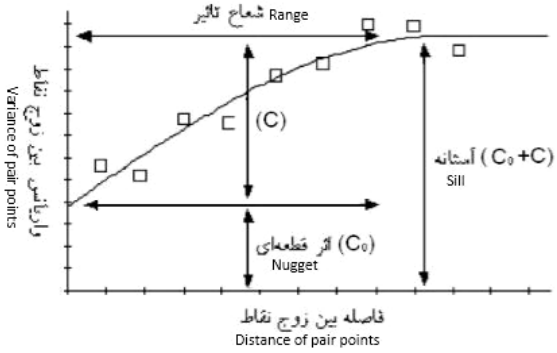
Table 6. RPI at different water qualitative characteristics according to their possible limitation level.

RPI (17)	سطح محدودیت Limitation level	مشخصه کیفی Qualitative characteristic				
		B (ppm) (14)	Cl (ppm) (4)	RSC (meq/L) (16)	SAR (7)	EC (mmhos/cm) (10)
0.95 - 1	Very slight	<0.67	<70	< 0	1 - 10	< 0.25
0.85 - 0.95	Slight	0.67 - 1.33	70 - 140	0 - 1	10 - 18	0.25 – 0.75
0.60 - 0.85	Moderate	1.33 - 2	140 - 350	1 - 2.5	18 - 26	0.75 - 2
0.40 - 0.60	Severe	2 - 2.5	350 <	2.5 <	26 <	2 - 3
0 - 0.40	Very Severe	2.5 <				3 <

آنالیز زمین‌آماری: بعد از بررسی نرمال بودن داده‌های شاخص‌های WPI و SPI با آزمون کولموگوروف-اسمیرونوف در نرم‌افزار SPSS نسبت به پهنه‌بندی آن‌ها اقدام شد. برای این منظور از آنالیز زمین‌آمار (Geostatistical Analyst) سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد. در این مطالعه برای بررسی تغییرات مکانی از نیم‌تغییرنما (Semivariogram) استفاده شده است (۱۱). نیم‌تغییرنما عدم تشابه بین داده‌ها را هرچه فواصل بین آن‌ها افزایش می‌یابد، بیش‌تر نشان می‌دهد. نیم‌تغییرنمای تجربی (Semivariogram Experimental) که با $\gamma^*(h)$ نشان داده می‌شود به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۳).

$$\gamma^*(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}\{Z(x_i)-Z(x_{i+h})\}^2 \qquad (۳)$$

که در آن، N(h) تعداد کل جفت نقاط می‌باشد و $Z(x_i)$ و $Z(x_{i+h})$ به‌ترتیب مقادیر مشاهده شده متغیر در نقاط x_i و x_{i+h} می‌باشد. از نظر تئوری، مقدار نیم‌تغییرنما به‌ازای h=0 بایستی به‌سمت صفر میل کند ولی در عمل عوامل مختلفی از جمله خطاهای نمونه‌برداری و آماده‌سازی داده‌ها و همچنین تغییرات کوچک مقیاس باعث بروز پرشی در مبدأ نیم‌تغییرنما می‌شود که به مقدار این پرش، اثر قطعه‌ای (Nugget effect) می‌گویند. همان‌گونه که در شکل ۴ نیز مشخص است، با افزایش فواصل بین جفت نقاط، مقدار نیم‌تغییرنما نیز افزایش یافته و سپس به حد ثابتی می‌رسد که به آن حد آستانه گفته می‌شود و فاصله‌ای که در آن حد آستانه رخ می‌دهد شعاع تأثیر نامیده می‌شود (۱۱).



شکل ٤- اجزای مختلف نیم‌تغییرنما.

Figure 4. Different parts of semivariogram.

برای سنجش شدت و ضعف همبستگی مکانی، معیارهای متلفی وجود دارد که یکی از آن‌ها نسبت بخش ساختاردار (C) به کل واریانس یا حد آستانه (C_0+C) نیم‌تغییرنما است. با زیاد شدن مقدار C، مقدار C_0 (بخش بدون ساختار نیم‌تغییرنما) کم می‌شود و این امر نشان‌دهنده همبستگی مکانی بالاتر متغیر مورد نظر می‌باشد که در بهترین حالت این نسبت می‌تواند برابر یک شود. به‌طور کلی اگر این نسبت بزرگ‌تر از ۷۵ درصد باشد، یعنی داده‌ها همبستگی مکانی خوبی دارند. اگر بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد یعنی داده‌ها همبستگی مکانی متوسط دارند و اگر کم‌تر از ۲۵ درصد باشد این مفهوم را می‌رساند که داده‌ها دارای همبستگی مکانی ضعیفی می‌باشند (۱۱). اطلاعات مربوط به مدل استفاده شده برای پهنه‌بندی شاخص‌های SPI و WPI در جدول ۷ ارایه شده است.

جدول ۷- مشخصات مدل‌های برازش داده شده به نیم‌تغییرنماهای مربوط به شاخص‌های SPI و WPI.

Table 7. The models' details of SPI and WPI semivariograms.

ردیف Row	شاخص Index	مدل Model	شعاع تأثیر Range	آستانه جزئی (C) Partial sill (C)	اثر قطعه‌ای (C_0) Nugget (C_0)	$C/(C+C_0)$	MBE	RMSE
1	SPI	کروی Spherical	45075	0.00704	0.00637	0.53	0.00002	0.108
2	WPI	دایره‌ای Circular	43212	0.021804	0.00390	0.85	0.00142	0.108

برای ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی، روش اعتبارسنجی متقابل (Cross Validation) استفاده شد. از دو معیار مجذور میانگین مربعات خط (RMSE) (رابطه ۴) و میانگین انحراف خطا (MBE) (رابطه ۵) برای سنجش روش‌ها استفاده شد (۱۱). در شکل‌های ۵ و ۶ برای دسته‌بندی شاخص‌های SPI و WPI از روش الباجی و همکاران (۲) استفاده شده است (جدول ۸).

جدول ۸- دسته‌بندی کلاس‌های مختلف شاخص مناسب بودن اراضی (۲).

Table 8. Classification of land suitability index (2).

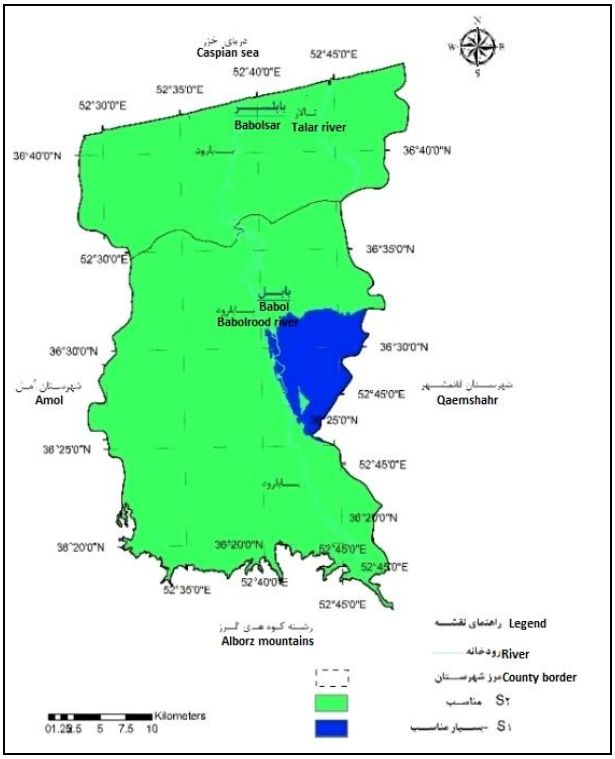
تعریف Definition	نماد برای دسته Symbol	مقدار شاخص مناسب بودن اراضی Capability index
بسیار مناسب Highly suitable	S_1	80 <
مناسب Suitable	S_2	60 - 80
نسبتاً مناسب Marginally suitable	S_3	45 - 59
در حال حاضر نامناسب Currently not suitable	N_1	30 - 44
به‌طور کلی نامناسب Permanently not suitable	N_2	< 29

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left\{Z^*(x_i) - Z(x_i)\right\}^2} \quad (۴)$$

$$MBE = \left(\sum_{i=1}^{n}(Z^*(x_i) - Z(x_i))\right)/n \quad (۴)$$

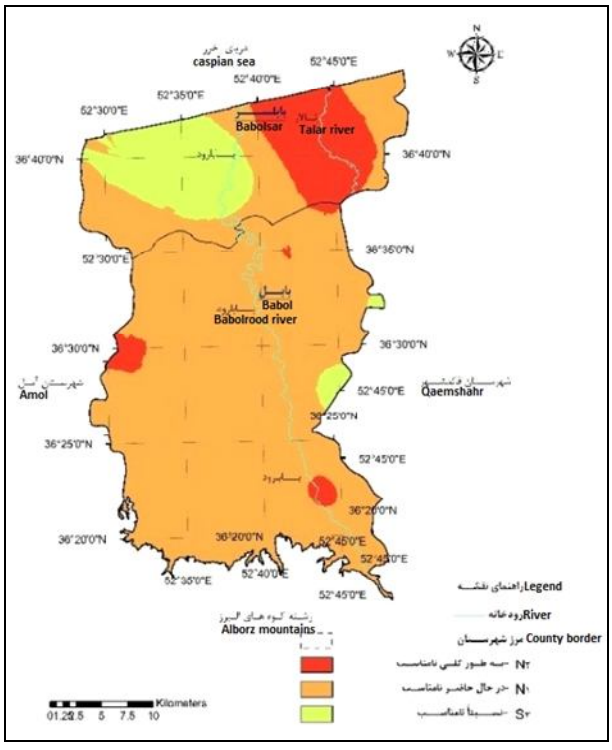
که در آن‌ها، $Z^*(X_i)$ برابر مقدار برآورد شده متغیر در نقطه X_i، $Z(X_i)$ برابر مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه X_i و n تعداد نقاط مشاهده‌ای است.

پس از استخراج نقشه‌های پهنه‌بندی شده برای شاخص‌های SPI و WPI، این شاخص‌ها برای کسب شاخص نهایی حاصلخیزی (Suitability Index (SI))، در محیط نرم‌افزاری GIS با یکدیگر تلاقی داده شدند (شکل ۷).



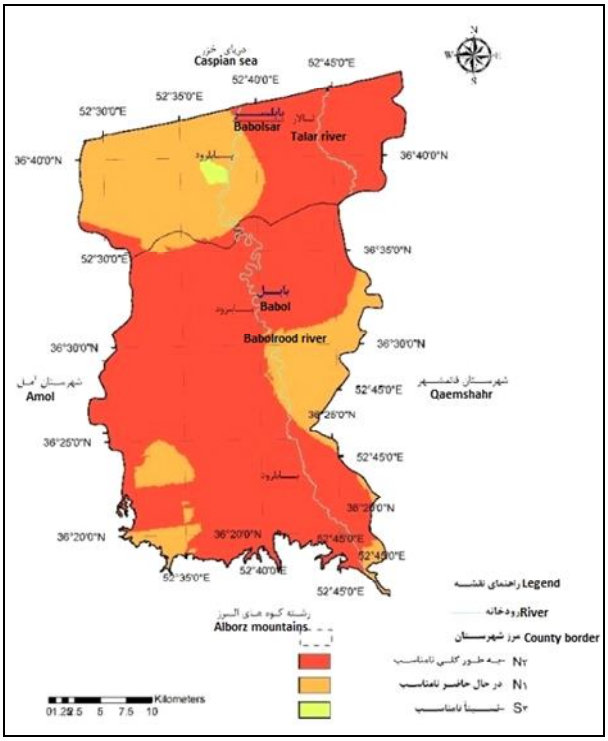
شکل ۵- میان‌یابی شاخص SPI در محدوده مورد مطالعه.

Figure 5. SPI interpolation within studied area.



شکل ٦- میان‌یابی شاخص WPI در محدوده مورد مطالعه.

Figure 6. WPI interpolation within studied area.



شکل ۷- تلاقی شاخص‌های SPI و WPI برای به‌دست آوردن شاخص نهایی حاصلخیزی در محیط نرم‌افزاری GIS.

Figure 7. Overlaying SPI and WPI to gain final suitability index at GIS.

نتایج و بحث

با بررسی نقشه‌های میان‌یابی‌شده برای شاخص‌های پارامتری خاک و آب (به‌ترتیب SPI و WPI) (شکل‌های ۵ و ۶) و ترکیب این دو شاخص (شکل ۷)، مساحت مربوط به اراضی با قابلیت مختلف مشخص شد (جدول ۹). بررسی چگونگی مناسب بودن اراضی (SI)، به نامناسب بودن سطح قابل‌توجهی از محدوده برای استفاده در آبیاری موضعی منتج شد (شکل ۷). با بررسی زیرشاخص‌های شاخص مناسب بودن اراضی (زیرشاخص‌های SPI و WPI) مشخص شد در ارتباط با شاخص SPI قابلیت اراضی S_2 (مناسب) بیش‌ترین مساحت (حدود ۹۱ درصد از مساحت کل اراضی) را به خود اختصاص داده است. بیش‌ترین مساحت در شاخص WPI مربوط به قابلیت اراضی N1 (در حال حاضر نامناسب) می‌باشد (حدود ۷۵ درصد از مساحت کل اراضی)؛ در نتیجه مشکل اصلی را می‌توان به آب نسبت داد. در ادامه برای یافتن مشکل اصلی در محدوده، پهنه‌بندی سطح آسیب ناشی از شاخص‌های کیفی آب انجام شد (جدول ۱۰).

پهنه‌بندی شاخص کربنات سدیم باقی‌مانده (RSC) نشان داد که از شمال‌شرقی به‌سمت جنوب‌غربی سطح آسیب افزایش می‌یابد (شکل ۸). در مورد شاخص‌های کلر (Cl) و هدایت الکتریکی (EC) روند افزایش آسیب از سمت جنوب‌غربی به‌سمت شمال‌شرقی بود (شکل‌های ۹ و ۱۰)؛ به این صورت که با فاصله گرفتن از مناطق کوهستانی و نزدیک شدن به دریا بر شدت محدودیت ناشی از این دو شاخص افزوده می‌شد. در مورد شاخص B، سطح آسیب در تمام محدوده کم و بسیار کم بود (شکل ۱۱)؛ بنابراین با توجه به عدم وجود مشکل ناشی از این مشخصه، پاشش آب روی برگ‌ها بدون ایجاد مسمومیت خواهد بود و در نتیجه این امکان وجود خواهد داشت که در کل محدوده از سیستم‌های آبیاری موضعی که پاشش

آب در آن‌ها وجود دارد (مانند گسیلنده‌های میکروجت که برای باغ‌های کیوی کاربرد دارند) استفاده نمود. بررسی SAR نشان داد که آسیبی ناشی از این مشخصه در محدوده وجود ندارد (شکل ۱۲).

نسبت مجموع مساحت‌های اراضی با سطوح آسیب بسیار زیاد و زیاد در شاخص‌های RSC، EC، Cl، B و SAR به‌ترتیب برابر با ۹۰ درصد، ۸/۵۳ درصد، ۹/۳۵ درصد، ۰ درصد و ۰ درصد از مساحت کل اراضی بود؛ بنابراین اصلی‌ترین مشکل در محدوده را می‌توان به شاخص کربنات سدیم باقی‌مانده نسبت داد. در مطالعه انجام شده توسط لاله‌زاری و انصاری سامانی (۲۰۱۴) که در آن نواحی آسیب‌پذیر برای اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای با استفاده از ArcGIS تعیین شدند نیز پتانسیل رسوب کربنات در حدود ۹۰ درصد از مساحت اراضی مطالعه شده وجود داشت (۱۲) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

جدول ۹- مساحت مربوط به اراضی با قابلیت مختلف (۳) برای شاخص‌های SPI، WPI و ترکیب این دو شاخص (کیلومترمربع).

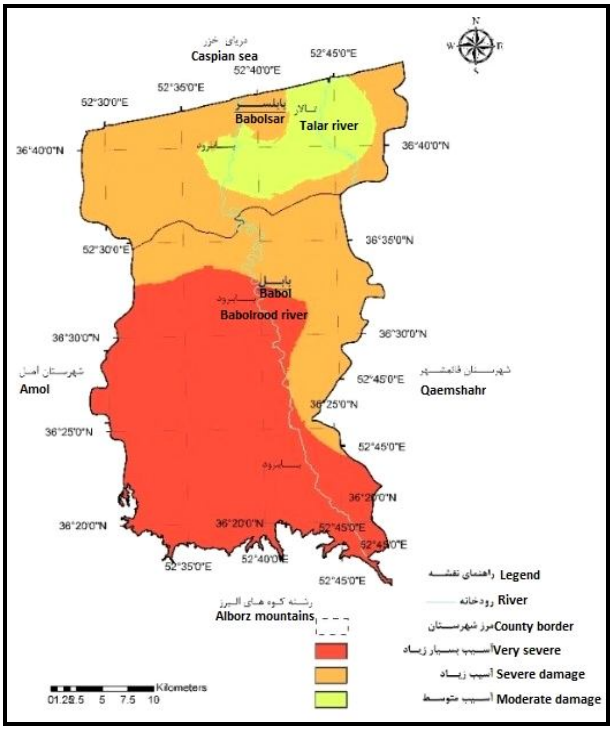
Table 9. Area of lands with different land suitability (LS) (3) for SPI, WPI and the combination of these two indexes (sq. km).

SI=SPI×WPI	WPI	SPI	شاخص (Index) / قابلیت اراضی (LS)
-	-	148.86	S_1
-	-	1498.01	S_2
4.99	266.77	-	S_3
572.74	1227.54	-	N_1
1069.13	152.55	-	N_2
1647	1647	1647	جمع Sum

جدول ۱۰- فراوانی مساحت شدت‌های مختلف سطح محدودیت، در پارامترهای کیفی آب (کیلومترمربع).

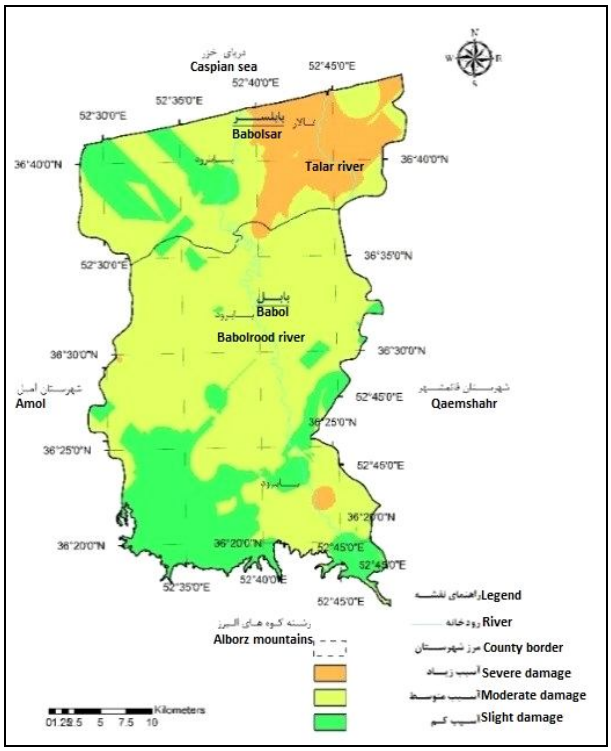
Table 10. Area frequency of different limitation levels at water qualitative parameters (sq. km).

پارامترهای کیفی آب Water qualitative parameters					سطح محدودیت ممکنه Possible limitation level
SAR	B	Cl	EC	RSC	
0	0	0	0	726.26	بسیار زیاد Very severe
0	0	154.23	140.64	758.58	زیاد Severe
0	0	1011.34	1241.57	128.90	متوسط Moderate
0	481.52	492.18	266.54	0	کم Slight
1648.75	1167.23	0	0	0	بسیار کم Very slight
1648.75	1648.75	1648.75	1648.75	1648.75	جمع Sum



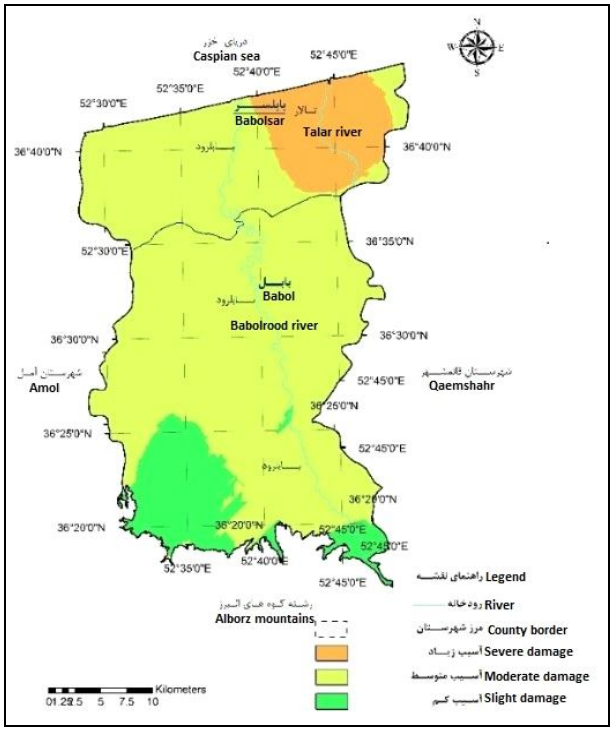
شکل ۸- میان‌یابی آسیب ممکنه ناشی از پارامتر RSC.

Figure 8. Interpolation of possible damage by RSC parameter.



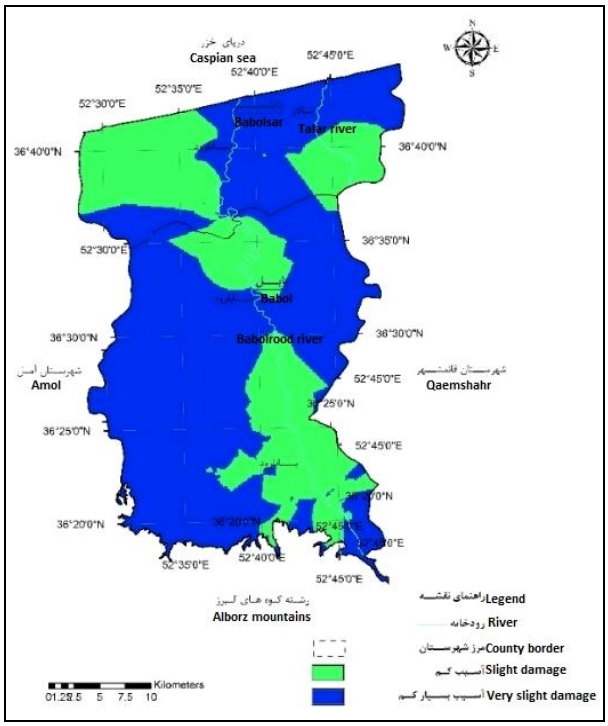
شکل ۹- میان‌یابی آسیب ممکنه ناشی از پارامتر Cl.

Figure 9. Interpolation of possible damage by Cl parameter.



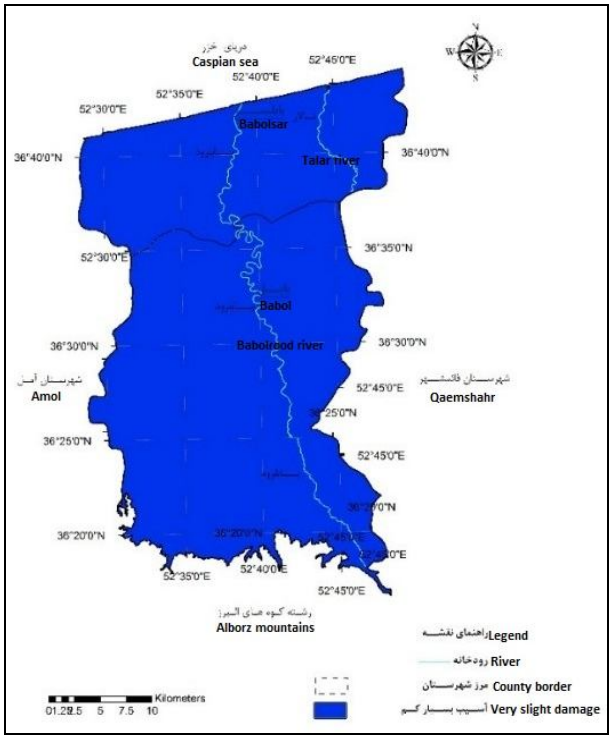
شکل ۱۰- میان‌یابی آسیب ممکنه ناشی از پارامتر EC.

Figure 10. Interpolation of possible damage by EC parameter.



شکل ۱۱- میان‌یابی آسیب ممکنه ناشی از پارامتر B.

Figure 11. Interpolation of possible damage by B parameter.



شکل ۱۲- میان‌یابی آسیب ممکنه ناشی از پارامتر SAR.

Figure 12. Interpolation of possible damage by SAR parameter.

نتیجه‌گیری

برآورد شاخص‌های مورد نیاز در طراحی آبیاری موضعی در سطح یک منطقه با ممکن ساختن صرفه‌جویی در وقت و هزینه برای انجام اندازه‌گیری‌ها بسیار مفید می‌باشد. بنابراین در این پژوهش پهنه‌بندی مناسب بودن اراضی شهرستان‌های بابل و بابلسر برای اجرای سیستم‌های آبیاری موضعی با ارزیابی پارامتری برخی مشخصه‌های خاک و آب انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد برآورد یک شاخص با دقت مناسب را می‌توان با استفاده از آنالیزهای زمین‌آماری و ارایه نقشه‌های پهنه‌بندی‌شده ممکن ساخت. نقشه‌های ارایه شده در این پژوهش این امر را میسر ساختند که با در اختیار داشتن مختصات یک نقطه، در سطح منطقه بتوان یک برآورد عمومی از چگونگی قابلیت اراضی برای اجرای سامانه‌های آبیاری موضعی را به‌دست آورد. نتایج ارزیابی پارامتری به مناسب بودن شرایط خاک برای اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار موضعی منتج شد؛ به‌صورتی‌که از مجموع حدود ۱۶۵۰ کیلومترمربع مساحت تحت مطالعه حدود ۱۵۰ کیلومترمربع در حالت بسیار مناسب (S_1) و حدود ۱۵۰۰ کیلومتر مربع در حالت مناسب (S_2) ارزیابی شد. نتایج این پژوهش نشان داد، مشکلات موجود در منطقه مربوط به شاخصه‌های کیفی آب بوده و اصلی‌ترین مشکل در محدوده را می‌توان به شاخص کربنات سدیم باقی‌مانده نسبت داد؛ در نتیجه با توجه به این‌که اصلی‌ترین مشکل ناشی از این شاخص گرفتگی قطره‌چکان‌ها در نتیجه رسوب‌گذاری می‌باشد، در صورت اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار موضعی، باید تمهیدات لازم برای مقابله با این مشکل را در نظر گرفت. نقشه پهنه‌بندی شده برای شاخص کربنات سدیم باقی‌مانده نشان داد که مناطق مشکل‌دار بیش‌تر در قسمت‌های جنوبی و در شهرستان بابل می‌باشند؛ بنابراین برای این مناطق

پایش نفوذپذیری و قلیاییت خاک و همچنین کاربرد مواد اصلاحی چون گچ ضروری می‌نماید؛ همچنین در مناطق با سطح آسیب بالا توصیه می‌شود که از قطره‌چکان‌های حساس به گرفتگی استفاده نشود؛ در عین‌حال برای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها باید نسبت به انجام اسیدشویی در سامانه آبیاری تحت فشار موضعی اقدام کرد (۱۶). از دیگر مشکلات مشخص شده در این محدوده، مشکلات مربوط به هدایت الکتریکی آب آبیاری و کلر بود. با توجه به این مشکلات، این ضرورت وجود خواهد داشت تا نسبت به انجام مطالعات برای اجرای سیستم‌های زهکشی اقدام کرد تا در صورت لزوم با اجرای سیستم‌های زهکشی از شور شدن و نیز کاهش کیفیت خاک پیشگیری شود. به علاوه در اراضی که شاخص کیفی آب در حالت بسیار نامناسب قرار گرفته است، ملاحظاتی چون استفاده از منابع آب جایگزین برای آبیاری مزارع کشاورزی و باغات را نیز می‌توان مورد بررسی قرار داد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از معاونت آب و خاک و امور فنی و مهندسی سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران، برای در اختیار قرار دادن نتایج آزمایش‌های آب و خاک مطالعات پروژه آبیاری تحت فشار در شهرستان‌های بابل و بابلسر، نهایت سپاسگزاری را دارند.

منابع

1.Albaji, M., and Hemadi, J. 2011. Investigation of different irrigation systems based on the parametric evaluation approach on the Dasht Bozorg Plain. Transactions of the Royal Society of South Africa. 66: 3. 163-169.
2.Albaji, M., Boroomand-Nasab, S., and Hemadi, J. 2012. Comparison of Different Irrigation Methods Based on the Parametric Evaluation Approach in West North Ahwaz Plain. Problems, Perspectives and Challenges of Agricultural Water Management, Pp: 259-274.
3.Albaji, M., Shahnazari, A., Behzad, M., Naseri, A.A., Boroomandnasab, S., and Golabi, M. 2010. Comparison of different irrigation methods based on the parametric evaluation approach in Dosalegh plain: Iran. Agricultural water management. 97: 1093-1098.
4.Ayers, R.S., and Westcot, D.W. 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. Rome, Italy, 184p.
5.Bazzani, F., and Incerti, F. 2002. Land evaluation in the province of larache, Morocco. 22nd Course Professional Master. Geometric and Natural Resources Evaluation. 12 November 2001–21 June 2002, Vol. 17, IAO, Florence, Italy, Pp: 29-48.
6.Briza, Y., Dileonardo, F., and Spisni, A. 2001. Land evaluation in the province of Ben Slimane, Morocco. 21st Course Professional Master. Remote Sensing and Natural Resource Evaluation. 10 November 2000-22 June 2001, vol. 21. IAO, Florence, Italy, Pp: 28-53.
7.Fipps, G. 2003. Irrigation water quality standards and salinity management. Texas A and M. Agrilife extension service. United States department of agriculture and country commissioners courts of Texas cooperating, 18p.
8.Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1976. A Framework for Land Evaluation. Soil Bulletin No. 32. FAO, Rome, Italy, 72p.
9.Hargreaves, H.G., and Mekley, G.P. 1998. Irrigation fundamentals. Water Resource Publication, Limited Library Company, 200p.
10.Hopkins, B.G., Horneck, D.A., Stevens, R.G., Ellsworth, J.W., and Sullivan, D.M. 2007. Managing Irrigation Water Quality for crop production in the Pacific Northwest. A Pacific Northwest Extension publication, Oregon State University, University of Idaho, Washington State University, 24p.

11.Kayedani, M., and Delbari, M. 2011. Zoning of the soil's salinity and evaluation of salinity's risk at Miankangi area (Sistan) by using geostatistical methods. J. Irrig. Sci. Engin. (Sci. J. Agric.). 35: 1. 49-59. (In Persian)
12.Lalezari, R., and Ansari Samani, F. 2014. Identifying the vulnerable lands to execute the drip irrigation system based on the groundwater quality with ArcGIS. J. Water Res. Agric. 28: 2. 285-294. (In Persian)
13Neshat, A., and Nikpour, N. 2011. Positioning the potential areas for pressurized irrigation by using geographic information systems (GIS) (Case study: Kerman plain). Water resources engineering. 4: 77-83. (In Persian)
14.Rowe, D.R., and Abdel-Magid, I.M. 1995. Handbook of Wastewater Reclamation and Reuse. CRC Press, Inc. 550p.
15.Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Broderson, W.D. 1998. Field book for describing and sampling soils. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, 164p.
16.Stevens, R.G. 1994. Water quality and treatment considerations, P 115-125. In: K.E. Williams and T.W. Ley (Eds.), Tree Fruit Irrigation: A Comprehensive Manual of Deciduous Tree Fruit Irrigation Needs. Good Fruit Grower Publishing (Washington State Fruit Commission). Yakima, WA.
17.Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, J. 1991. Land evaluation, part 1. Principles in land evaluation and crop production calculations. Agricultural publications. Number 7. GADC, Brussels, Belgium, 274p.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(2), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

The land zonation for applying drip irrigation system by evaluation of water and soil characteristics (Case study: Babol and Babolsar counties)

M. Cheraghizade[1] and *A. Shahnazari[2]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, [2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Received: 04/30/2015; Accepted: 12/09/2015

Abstract

Background and Objectives: The accessible water resources would not be able to meet the different needs erelong. Inevitably this would cause to search for newer lands for irrigation. According to the water resources' limitation and the necessity of using the pressurized irrigation systems to gain the optimum use of the available water resources, it would be necessary to determine suitable lands for agriculture and pressurized irrigation. The land suitability (LS) classification is defined as the determination and classification of specific land areas according to their suitability for the desire use. The parametric evaluation system (PES) makes it possible to have the best decision by ranking different effective factors on the goal parameter. By considering that the underlying management and proper planning and optimum use of resources requires accurate and detailed information of the area of interest, in this context, Geographical information system with the ability of spatial analysis capabilities, analyzing and integrating the map information, tables and reports, can play a great role in achieving the set goals.

Materials and Methods: At the current study the zonation of priority of applying drip irrigation systems (DIS) within Babol and Babolsar counties is done by parametric evaluation of some of soil physicochemical characteristics and water chemical characteristics by geographic information system (GIS). The soil characteristics were Texture (T), Depth (D), Slope (S), Acidity (pH), and Electrical Conductivity of soil saturation extract (ECe). The water characteristics were Chloride (Cl), Boron (B), Electrical Conductivity (EC), Sodium Adsorption Ratio (SAR) and Residual Sodium Carbonate (RSC). These data were obtain from Jahad e Keshavarzi (agriculture) organization of Mazandaran.

Results: The evaluation of the soil parametric index (SPI) indicated that the most area (approximately 90% of the total studied area (TSA)) is "suitable". The most area for water parametric index (WPI) (approximately 75% of the total studied area) was "currently not suitable". The evaluation of WPI's sub-indexes indicated that the most limitation levels (severe and very severe levels) were related to residual sodium carbonate (RSC) index (approximately 90% of TSA). It was 9.4%, 8.5%, 0% and 0% for chlorine (Cl), electrical conductivity (EC), boron (B) and sodium adsorption ratio (SAR) sub-indexes respectively.

Conclusions: According to the results to apply DIS at the studied area, the prevention considerations (to prevent emitters from clogging due to high levels of RSC), like pickling would be necessary. In addition using drippers which have less sensibility to clogging is suggested, in order to preventing drippers clogging at very severe damage possibility locations.

Keywords: Drip irrigation, Decision making, Productivity, Geographic information system (GIS), Water and soil quality

* Corresponding Author; Email: aliponh@yahoo.com