

عددی برابر ۲۰/۲۴ - میلیون مترمکعب کاهش پیدا خواهد نمود.  
**کلمات کلیدی:** روش تحلیل سلسله مراتبی، تغذیه مصنوعی، سفره آب زیرزمینی، کانال زهکشی، سراب نیلوفر

## تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی از طریق کانال‌های زهکش سطحی با استفاده از روش AHP

جلال جلیلی<sup>۱</sup>، خلیل جلیلی<sup>۲</sup>، همایون حصادی<sup>۳</sup> و مسلم حدیدی<sup>۴</sup>  
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۲

### مقدمه

توسعه پایدار نیازمند بهره‌برداری مناسب از منابع هیدرولوژیکی است و مدیریت صحیح آن ارتباط نزدیک و مستقیم با حوزه اقتصادی اجتماعی دارد که در این راستا تکنیک‌های مختلفی برای مدیریت آب و خاک توسعه یافته است [۷]. امروزه به سبب برداشت اضافی و نبود بهره‌برداری پایدار از منابع آبی، در ۱۶۳ دشت کشور سطح آب زیرزمینی افت پیدا کرده است و کشاورزی و توسعه اقتصادی پایدار را دچار چالش نموده است [۱۲]. لذا ذخیره‌سازی و حفظ منابع آب برای تداوم بهره‌برداری از این ذخایر در مواقع مصرف اجتناب‌ناپذیر است. یکی از راه‌های ذخیره‌سازی جریان استفاده از مخازن زیرزمینی است که به واسطه دارا بودن ظرفیت ذخیره‌سازی بالا، کم بودن تبخیر و تلفات آب، عدم نیاز به زمین وسیع و سرمایه‌گذاری اندک نسبت به راه حل‌های دیگر دارای برتری می‌باشد.

پالیوال [۹]، ارزیابی جامع منابع آب زیرزمینی را با هدف تشریح نقشه هیدروژئومورفولوژیکی برای تعیین مناطق دارای پتانسیل تغذیه در منطقه کالداس داکاواکا<sup>۵</sup> به انجام رساند. نتایج این پژوهش اهمیت ترسیم نقشه‌های هیدروژئولوژیکی و آب‌های زیرزمینی را با استفاده از GIS جهت حمایت از ذخائر آبی و هم‌چنین تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی مرتبط با منابع آب و خاک را بیان می‌کند. اسریدهارگاناپورام و همکاران [۱۰] با استفاده از GIS در کشور هندوستان، حمادی و همکاران [۴] در شمال شرق تونس با استفاده از GIS و MCDM<sup>۶</sup>؛ قیومیان و همکاران [۲] با تلفیق GIS و DSS<sup>۷</sup> در حوزه آبخیز میمه استان اصفهان در زمینه مکان‌یابی محل پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به تحقیق پرداخته‌اند. بوور [۱]، تعیین شدت نفوذپذیری خاک، بررسی مناطق آلوده و آلاینده، توجه به مسائل کیفیت آب و انجام تحقیقات میدانی گسترده جهت آگاهی از شرایط مذکور را جهت طراحی پروژه‌های تغذیه مصنوعی ضروری دانسته است. قیومیان و همکاران [۳]، نیز فاکتورهایی مانند شیب، سرعت نفوذ، عمق آب زیرزمینی، کیفیت

### چکیده

آب‌های زیرزمینی در فعالیتهای اقتصادی و زندگی روزمره مردم نقشی اساسی دارند و ذخیره‌سازی آب در مخازن زیرزمینی از لحاظ اقتصادی سرمایه‌گذاری کم‌تری را می‌طلبد. در این پژوهش، اولویت‌بندی کانال‌های زهکشی به منظور تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی دشت سراب نیلوفر به عنوان هدف اصلی مدنظر قرار گرفت و ۱۳ لایه مختلف اطلاعاتی مستخرج از گزارش‌های فیزیوگرافی، هواشناسی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، هیدرولوژی، آب‌های زیرزمینی، نفوذپذیری، زیست‌محیطی و فرسایش و رسوب تهیه و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نسبت به اولویت‌بندی کانال‌ها اقدام گردید.

معیارهای نفوذپذیری، بافت و ضخامت لایه بحرانی بالاترین ضرایب اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند. کانال‌ها بر اساس ارزش اختصاص یافته به آن‌ها، در هفت گروه تقسیم‌بندی شدند. چهار اولویت اول دارای اهمیت تغذیه‌ای هستند و سه اولویت پایانی به دلیل دارا بودن محدودیت‌های تغذیه قابل استفاده نیستند. نتایج نشان داد که ۶۵/۴۵ درصد از کانال‌های زهکشی موجود در منطقه قابل تغذیه می‌باشد. بر اساس تحلیل‌ها و محاسبات بیلان آبخوان آزاد دشت سراب نیلوفر، میزان تغذیه سالانه در دشت سراب نیلوفر در مجموع ۳۷/۴۱ میلیون مترمکعب و مجموع تخلیه ۶۶/۳۸ میلیون مترمکعب برآورد گردیده است که بر این اساس تغییرات حجم مخزن منفی و برابر ۲۸/۹۷ - میلیون مترمکعب می‌باشد. بنابراین تنها ۳۰/۱ درصد از اضافه برداشت از آبخوان آزاد این دشت قابل جبران است و تغییرات مخزن منفی و به

۱- مربی پژوهشی، کرمانشاه، پردیس دانشگاه رازی، jalili\_ja@yahoo.com

۲- مربی پژوهشی، کرمانشاه، پردیس دانشگاه رازی khaliljalili@yahoo.com

۳- استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه،

hhesadi@yahoo.com

۴- پژوهش‌گر، کرمانشاه، پردیس دانشگاه رازی، ir.ac.acecr@Hadidi

5- Caldas da Cavaca

6- Multiple Criteria Decision Analysis

7- Decision Support System

رسوبات و کاربری اراضی را در محیط GIS با استفاده از منطق بولین و فازی طبقه‌بندی، وزن‌دهی و مورد استفاده قرار داده‌اند. توو و همکاران [۱۱] در دشت پینگ تونگ<sup>۱</sup> تایوان، نبود مدیریت مناسب و بهره‌برداری پایدار را موجب افت شدید و فرونشست جدی زمین دانسته‌اند و در تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی با استفاده از حوزه‌های آبخیز با نفوذپذیری بالا، حجم نفوذ حوضه‌های بزرگ را ۶/۸ برابر حوضه‌های کوچک دانسته و بیان داشته‌اند که شن و ماسه باعث کاهش سرعت نفوذ به میزان حداقل ۵/۳ متر در روز شده است. به‌علاوه با گسترش زمان تغذیه، سرعت نفوذ به تدریج کاهش یافته است. لشکری پور و همکاران [۸]، در پژوهشی در دشت مشهد نشان داده است که نشست سطح زمین ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی بوده و در بخش‌هایی از شمال غرب دشت، شکاف‌ها و ترک‌هایی را در سطح زمین و ساختمان‌ها ایجاد کرده است. که رشد سریع جمعیت، برداشت بی‌رویه و فشار بر منابع آبی دشت و تغذیه کم آن را از جمله دلایل افت سطح آب در دهه اخیر در این دشت عنوان نموده است.

منطقه مطالعاتی دشت سراب نیلوفر قبل از دهه ۷۰، زه‌دار بوده و به‌منظور مدیریت آن، بیش از ۹۰ کیلومتر کانال زه‌کش سطحی احداث گردید. طی دو دهه اخیر به دلیل افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، سطح ایستابی به شدت کاهش یافته است. تخلیه‌ی آبخوان و افت سطح سفره آب زیرزمینی سبب گردیده تا توجه به استفاده از زهکش‌های بدون استفاده موجود این بار برای تغذیه مصنوعی معطوف گردد، بنابراین پتانسیل وجود کانال‌ها به‌عنوان بستر نفوذ و چشمه نیلوفر در بالادست آن‌ها با آبدهی متوسط ۹۷۲ لیتر بر ثانیه (دوره آماری ۳۰ ساله) به‌عنوان منبع تغذیه، سبب انجام پژوهش حاضر گردید که شناخت مناطق قابل تغذیه و اولویت‌بندی کانال‌های زهکشی سطحی جهت تغذیه، به‌عنوان هدف اصلی، مدنظر قرار گرفت تا راهکار استفاده از حجم آب خروجی چشمه نیلوفر در طی چهار ماه فصل غیرآبیاری جهت کاهش روند افت سطح سفره مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور با استفاده از AHP، ۱۳ فاکتور تأثیرگذار در اولویت‌بندی کانال‌ها جهت تغذیه ارزش‌گذاری گردید که جزئیات و نتایج حاصل از این پژوهش در ادامه بیان خواهد شد.

## مواد و روش‌ها

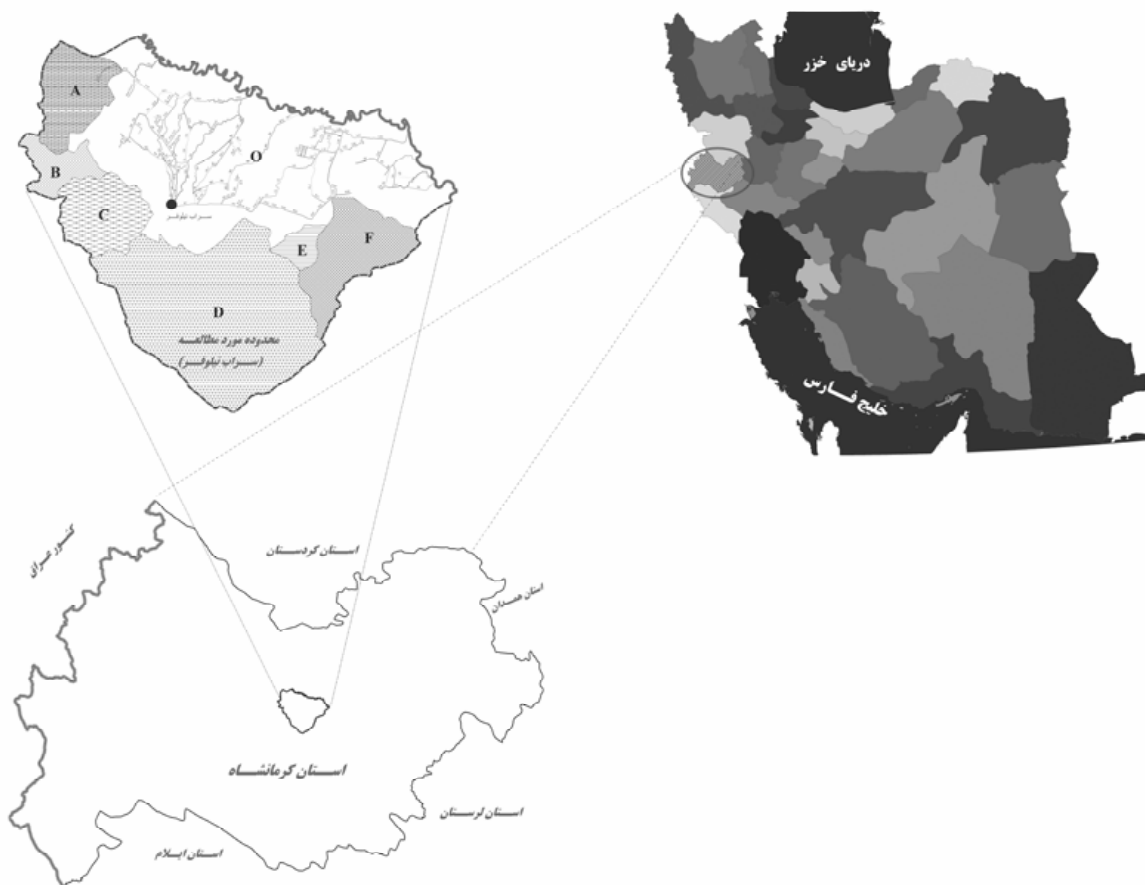
منطقه مطالعاتی سراب نیلوفر، به مساحت ۲۷۴/۵ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط ۱۳۹۴/۸ متر از سطح دریا، بخشی از حوضه قره‌سو است که در بین طول‌های ۴۹° ۴۵' ۶۶" تا ۱۳° ۰۱' ۴۷" و عرض‌های ۱۵° ۱۸' ۳۴" تا ۳۷° ۲۹' ۳۴" شمالی و در فاصله ۱۵ کیلومتری غرب شهر کرمانشاه واقع شده است. رودخانه قره‌سو در شمال منطقه و پایین‌دست دشت قرار گرفته است. فصل زمستان با ۱۸۱/۸ میلی‌متر (۴۳/۶ درصد) دارای بیش‌ترین مقدار ریزش است. متوسط

درجه حرارت سالانه ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر، متوسط و حداقل رطوبت سالانه به‌ترتیب ۶۶/۶، ۴۶/۳ و ۲۶/۳ درصد می‌باشد. بر اساس نظریه اشتوکلین- روتنر در تقسیم‌بندی زمین‌شناسی ساختمانی ایران، چشمه نیلوفر دقیقاً در محل برخورد زون زاگرس مرتفع در شمال شرق و زون زاگرس چین‌خورده در جنوب غرب می‌باشد، این چشمه در بالادست دشت و در دامنه کوه‌های کماجار قرار گرفته است. به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی قبل از دهه ۷۰، در محدوده این دشت بیش از ۹۰ کیلومتر کانال زهکش سطحی احداث شده است که در حال حاضر به دلیل افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی، این زهکش‌ها بدون استفاده بوده و در واقع به‌عنوان یک پتانسیل جهت تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی منطقه در این پژوهش- که در سال ۱۳۹۰ انجام پذیرفت- مورد توجه قرار گرفته است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه و پراکنش کانال‌های زهکش را در دشت سراب نیلوفر نشان می‌دهد.

به‌منظور تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در این پژوهش، مطالعات فیزیوگرافی، هواشناسی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، هیدرولوژی، فرسایش و رسوب، آب‌های زیرزمینی، نفوذپذیری و زیست‌محیطی در منطقه مطالعاتی سراب نیلوفر انجام شد. نقشه پراکنش کانال‌ها استخراج و موقعیت مکانی آن‌ها طی عملیات صحرائی با استفاده از GPS نهایی و به چند شاخه اصلی که با حروف بزرگ انگلیسی از K تا S نام‌گذاری شده‌اند مشخص گردید.

پس از نمونه‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه، آنالیز شیمیایی صورت گرفته و لایه‌های رقوم کیفیت شیمیایی نیز تهیه شد که با استفاده از آن مناطقی که به لحاظ کیفیت مناسب نبوده و در صورت انجام تغذیه در کانال‌ها، سبب آلودگی آب آبخوان می‌گردند تعیین و از اولویت تغذیه مصنوعی حذف گردیدند. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مختلف که در این بخش لیست شده است با استفاده از روش AHP نسبت به اولویت‌بندی کانال‌ها اقدام گردید. نفوذپذیری سطحی که در واحدهای همگن اجزاء واحد اراضی و در یک شبکه‌بندی منظم ۲×۲ کیلومتری در دشت مورد مطالعه با استفاده از استوانه مضاعف بررسی گردید و بر اساس معادله فیلیپ ضریب نفوذ<sup>۲</sup> (IF) به‌دست آمد و نیز بافت خاک و ضخامت لایه بحرانی نفوذ به‌عنوان پارامترهای خاک تحلیل و ارزش‌گذاری گردیدند. تراکم چاه، دبی برداشت از محدوده (پلی‌گون چاه مشاهده‌ای)، عمق و افت آب‌های زیرزمینی در طول دوره، دبی برداشت ویژه، فاصله کانال از چاه‌های کشاورزی، شیب کانال تغذیه، سطح مقطع و پیرامون مرطوب کانال، فاصله از زهکش اصلی منطقه، دوری و نزدیکی به روستا و کانال مسیر آبراهه اصلی به‌عنوان پارامترهای تأثیرگذار در اولویت‌بندی کانال‌های زهکشی بررسی و ارزش‌گذاری گردیدند.

بر اساس ویژگی‌ها و پارامترهای مختلف تأثیرگذار در منطقه، نقشه‌های مختلف مورد نیاز تهیه گردید. سپس کلیه اطلاعات توصیفی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و پراکنش کانال‌های زهکشی در دشت سراب نیلوفر

خصوصیات هر کانال و نیز ارزش کسب شده توسط هر شاخص؛ کانال‌های مختلف دارای ارزش گردیدند. مجموع ارزش‌های کسب شده توسط هر کانال، اساس اولویت‌بندی قرار گرفت و کانال‌هایی که ارزش بالاتری را به خود اختصاص داده بودند در رأس قرار گرفته و بقیه بر حسب میزان ارزش کسب شده مرتب شدند. سپس حداقل و حداکثر امتیازات را در نظر گرفته و کانال‌ها در ۷ گروه در اولویت‌بندی تغذیه مصنوعی قرار گرفتند.

### نتایج

#### نتایج مربوط به پارامترهای مدل جهت ارزش‌گذاری

منطقه‌ی مطالعاتی دشت سراب نیلوفر به زیرحوضه‌های اصلی A، B، C، D، E و F و یک ناحیه داخلی تفکیک و مورد تحلیل سیلابی قرار گرفت. بیش‌ترین دبی متوسط سالانه ۵۰ مترمکعب بر ثانیه و مربوط به زیر حوضه D است که نسبت به سایر زیرحوضه‌ها از احتمال دو برابری برای وقوع سیلاب برخوردار است. بررسی‌های میدانی اثرات سیلاب‌های گذشته در دهانه پل‌ها و دیوار ساختمان‌ها و نتایج حاصل از مصاحبه با ساکنین روستا در مورد سیلاب‌های به‌وقوع پیوسته در منطقه نشان داد که سیلاب‌های دارای دبی بیش از ۱۵ مترمکعب بر ثانیه هر چند سال یکبار در خروجی زیر حوضه D

لایه‌ها، به تک تک کانال‌های موجود در منطقه افزوده شد لذا هر لایه کانال شامل مجموعه‌ای از اطلاعات توصیفی است که در مدل ارزش قرار گرفته است. در این تحقیق لایه‌های اطلاعاتی به‌عنوان معیار و زیرمجموعه هر معیار، که شاخص‌ها را تشکیل می‌دهند نیز به روش AHP ارزش‌گذاری شدند. جدول ضرایب اهمیت نسبی معیارها بر اساس روش ساعتی<sup>۱</sup> و به صورت ماتریس مقایسات زوجی تکمیل و ضرایب ارزش معیارها، به‌روش بردار ویژه (EM)<sup>۲</sup> محاسبه شد. هم‌چنین برای شاخص‌های هر معیار نیز جداول ضرایب وزنی تکمیل و پس از آنالیز، ضرایب ارزش مربوط به آن‌ها به‌دست آمد. پس از محاسبه ضریب نرمال شاخص‌های هر معیار- که نسبت تعداد شاخص‌های معیار به تعداد کل شاخص‌ها می‌باشد- این ضریب، در مقدار ارزش شاخص‌ها ضرب گردید. بنابراین ارزش نرمال کل شاخص، از حاصل ضرب ارزش معیار در ارزش شاخص‌های آن در ضریب نرمال شاخص به دست می‌آید. برای ممانعت از گرد شدن داده‌های اعشاری و افزایش دقت محاسبات در نرم‌افزار ArcGIS 9.2 عدد به‌دست آمده نهایی را در عدد ۱۰۰۰ ضرب نموده که بتوان از ارقام بیش‌تری در محاسبات استفاده نمود [۵]. با توجه به

1- Saaty

2- Eigenvector Method

جاری و خسارت‌هایی را در روستای دایی‌چی در نزدیکی خروجی این زیر حوضه، برجای گذاشته‌اند.

نتایج حاصل از برداشت‌ها و نمونه برداری‌های صحرائی، پرسش‌نامه‌ها و بازدیدها و عکس‌های تهیه شده بخصوص وضعیت کف بستر کانال‌های مورد نظر برای پروژه تغذیه مصنوعی دشت سراب‌نیلوفر مشخص نمود که به لحاظ مسئله رسوب معلق و ته‌نشست آن زیرحوضه‌های D و F مشکل‌ساز بوده که نتایج مطالعات فرسایش و رسوب به‌منظور کنترل رسوبات معلق، احداث سدهای تاخیری به‌عنوان یک گزینه مناسب پیشنهاد نموده است که علاوه بر کنترل سیلاب زیرحوضه، زمینه ترسیب رسوبات معلق را نیز فراهم نموده و در نتیجه آب حاصل از سیلاب با رسوب کم‌تری به شبکه تغذیه مصنوعی وارد شود.

به‌منظور اندازه‌گیری نفوذپذیری سطحی، لایه تیپ خاک‌های منطقه به‌عنوان منطقه همگن خاک‌شناسی با لایه پراکنش کانال‌های زهکشی در منطقه تلفیق و مکان‌های مناسب بر روی کانال‌ها تعیین گردید. با استفاده از استوانه مضاعف، مقادیر نفوذ در فرم نفوذپذیری ثبت گردیده با استفاده از مناسب‌ترین معادلات نفوذ، نفوذپذیری هر کانال تعیین و ضریب نفوذ نهایی (IF) مطابق معادله فیلیپ محاسبه و در ارزش‌گذاری مورد استفاده قرار گرفت. عمق لایه نفوذ ناپذیر یا ضخامت لایه بحرانی با استفاده از لوگ زمین‌شناسی چاه‌های مشاهده‌ای و بهره‌برداری منطقه به‌دست آمد.

بر اساس آمار و اطلاعات آب‌های زیرزمینی و به کمک نرم‌افزار Land-Development نقشه هم‌سطح منطقه تهیه گردید. بر این اساس جهت جریان آب‌های زیرزمینی از قسمت جنوبی به سمت مرکز و شمال دشت و از غرب به سمت ناحیه مرکز دشت می‌باشد. بر اساس منحنی‌های تراز آب زیرزمینی تهیه شده، شیب هیدرولیکی در آبخوان در قسمت‌های جنوبی و غربی دشت بیش‌تر بوده و در قسمت‌های شمالی کم‌تر می‌گردد و از ۰/۰۷ تا ۰/۵۴ درصد در نقاط مختلف آبخوان متغیر است. ضریب قابلیت انتقال در اکثر نواحی این محدوده نسبتاً بالا بوده و به‌همین لحاظ آبدهی چاه‌ها نسبتاً خوب است. مقدار ضریب قابلیت انتقال لایه آبدار در دشت از ۱۸۲/۹۲ مترمربع در روز در منطقه و حاشیه دشت تا ۵۰۶/۴۷ مترمربع در روز در نواحی مرکز دشت متغیر می‌باشد.

با استفاده از پیمایش صحرائی اطلاعات دقیق بهره‌برداری و برداشت آب زیرزمینی تعداد ۲۷۶ حلقه چاه نیمه عمیق و ۲۸۲ حلقه چاه عمیق دشت ثبت گردید. بر این اساس سالانه متجاوز از ۶۵ میلیون مترمکعب آب از سفره برداشت و به مصرف می‌رسد. اما مقدار بهره‌برداری سالانه افزون بر مقادیر تغذیه آبخوان‌ها بوده و در اثر آن سطح آب زیرزمینی با افت مداوم مواجه می‌باشد. براساس اندازه‌گیری‌های ۱۵ سال قبل تا سال پایه ۱۳۸۶، مقدار افت سطح آب‌های زیرزمینی در این دشت به‌طور متوسط در سال پایه برابر ۱/۷۰- متر بوده است. سطح برخورد به آب در حاشیه‌های جنوبی دشت ۱۱/۲ متر و در نواحی مرکزی دشت ۱۰/۰۴ متر است.

بنابراین بهره‌برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی زمانی ممکن می‌گردد که حداکثر بهره‌برداری برابر میزان تغذیه (۳۷/۴ میلیون متر مکعب در سال) باشد. این در حالی است که در حال حاضر مصارف کشاورزی از این منابع در سراب‌نیلوفر سالانه متجاوز از ۶۶ میلیون متر مکعب است. برای تداوم آبدهی و حفظ آبخوان منطقه، یکی از راه‌های مفید، تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها می‌باشد که این مهم می‌تواند با استفاده از کانال‌های زهکشی پایین‌دست چشمه و استفاده از آب چشمه نیلوفر که فاقد هرگونه رسوب معلق است به‌دست آید.

### ارزش‌گذاری معیارها و شاخص‌های مورد نظر در مدل

لایه‌های اطلاعاتی (معیارها) و شاخص‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارزش‌گذاری شدند. جداول ضرایب اهمیت نسبی آن‌ها بر اساس روش ساعتی تکمیل و ضرایب ارزش، به روش بردار ویژه محاسبه شد. هم‌چنین جداول ضرایب وزنی شاخص‌های هر معیار آنالیز و ضرایب ارزش مربوط به آن‌ها نیز به‌دست آمد. این نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.

بر اساس ضرایب اهمیت ارائه شده در جدول ۱، کانال‌ها بر اساس ویژگی‌های خود ارزش‌های متفاوتی کسب نمودند. دامنه امتیازات از ۴/۷ تا ۲۳/۴ متغیر و در ۷ گروه دسته‌بندی شدند. کانال‌هایی که دامنه امتیازی آن‌ها بیش‌تر از ۱۸ بود به‌عنوان اولویت اول تغذیه و دامنه امتیازی ۱۶-۱۸، ۱۶-۱۴ و ۱۴-۱۲ به‌عنوان اولویت‌های بعدی تغذیه تفکیک گردیدند. کانال‌هایی که در دامنه امتیازی کم‌تر از ۱۲ قرار گرفتند به‌عنوان مناطق دارای محدودیت تغذیه مصنوعی معرفی شدند. سپس در هر اولویت با توجه به طول، سطح مقطع و پیرامون مرطوب، حجم تغذیه کانال‌ها محاسبه شد. نمونه‌ای از نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

از مجموع ۱۶۸۴۴۸۶/۹ مترمکعب حجم کانال‌های زهکشی موجود در منطقه ۱۱۰۲۴۴۹/۲ مترمکعب معادل ۶۵/۴۵ درصد از حجم کل کانال‌ها قابل تغذیه می‌باشد. از این میزان به‌ترتیب ۸/۵، ۷/۰، ۲۷/۴ و ۵۷/۱ درصد مربوط به اولویت‌های تغذیه اول تا چهارم در کانال‌های زهکشی می‌باشد. با احتساب متوسط دراز مدت آبدهی چشمه سراب‌نیلوفر (۹۶۲ لیتر در ثانیه) و در طول ۱۰۵ روز - از ۱۵ آذر ماه تا پایان اسفند ماه که فصل بدون آبیاری در منطقه به حساب می‌آید از طریق رودخانه قره‌سو به خارج از منطقه هدایت می‌شود، حجم آب مازاد بالغ بر ۸۷۲۷۲۶۴ مترمکعب خواهد شد که قابلیت ۸ بار تأمین آب کانال‌های قابل تغذیه منطقه را دارا است. به عبارت دیگر با این قابلیت حتی اگر ۱۳/۲۶ روز آب در کانال‌های زهکشی قابل تغذیه باقی بماند باز هم این پتانسیل وجود دارد که کلیه آب خروجی از سراب‌نیلوفر را مهار کرده و در سفره‌های آب زیرزمینی تزریق نماید.

بر اساس تحلیل‌ها و محاسبات بیلان آبخوان آزاد دشت سراب‌نیلوفر، میزان تغذیه سالانه در دشت سراب‌نیلوفر حاصل از تغذیه ناشی از بارش، نفوذ جریانات سطحی، آب برگشتی کشاورزی

جدول ۱- تعیین ضرایب اهمیت معیارها و شاخص‌های مربوط به آن‌ها

معیار و ارزش آن	محدوده شاخص	ضریب شاخص	ارزش کل با اعمال ضریب شاخص	معیار و ارزش آن	محدوده شاخص	ضریب شاخص	ارزش کل با اعمال ضریب شاخص
نفوذپذیری (in/hr)	۰-۱	۰/۰۳۳۱	۰/۵۳۷۷	عمق آب	۰-۵	۰/۰۳۳۱	۰/۱۱۴۰۱
۰/۲۰۴۷	۱-۲	۰/۰۶۳	۱/۰۲۳۵	زیرزمینی (متر)	۵-۱۰	۰/۰۶۳	۰/۲۱۷
	۲-۳	۰/۱۲۸۸	۲/۰۹۲۵	۰/۰۴۳۴	۱۰-۱۵	۰/۱۲۸۸	۰/۴۴۳۶
	۳-۴	۰/۲۶۱۴	۴/۲۴۶۷		۱۵-۲۰	۰/۲۶۱۴	۰/۹۰۰۴
	۴-۵	۰/۵۱۳۷	۸/۳۴۵۶		۲۰-۲۵	۰/۵۱۳۷	۱/۷۶۹۴
بافت خاک	سنگین	۰/۰۹۵۸	۰/۹۱۴	فاصله کانال	۰-۵۰	۰/۰۹۵۸	۱/۴۹۵۴۸
۰/۲۰۰۳	نیمه سنگین	۰/۲۴۹۳	۲/۳۷۷۸	از چاه‌های	۵۰-۱۰۰	۰/۲۴۹۳	۰/۸۱۰۹۶
	متوسط	۰/۶۵۴۹	۶/۲۴۶۵	کشاورزی (متر)	۱۰۰-۱۵۰	۰/۱۰۸۶	۰/۳۳۸
	۰-۱۰	۰/۵۱۳۷	۶/۰۹۵۱	۰/۰۳۲۷	۱۵۰-۲۰۰	۰/۰۷۰۷	۰/۲۲۰۱۸
ضخامت لایه	۱۰-۲۰	۰/۲۶۱۴	۳/۱۰۱۵		۲۰۰-۲۵۰	۰/۰۴۷	۰/۱۴۶۳۷
بحرانی (متر)	۲۰-۳۰	۰/۱۲۸۸	۱/۵۲۸۲		۲۵۰-۳۰۰	۰/۰۳۳۱	۰/۱۰۳
۰/۱۴۹۵	۳۰-۴۰	۰/۰۶۳	۰/۷۴۷۵	شیب کانال	۰/۰۰۰۱-۰/۰۰۰۵	۰/۴۷۲۲	۰/۹۷۵۸۸
	۴۰-۵۰	۰/۰۳۳۱	۰/۳۹۲۷	تغذیه	۰/۰۰۰۵-۰/۰۰۱	۰/۲۷۲۸	۰/۵۶۳۷۹
	۱-۲	۰/۰۳۳۱	۰/۲۹۵۵	(متر/ متر)	۰/۰۰۱-۰/۰۰۲	۰/۱۵۳۲	۰/۳۱۶۶
تراکم چاه‌ها (لیتر در کیلومتر مربع)	۲-۳	۰/۰۶۳	۰/۵۶۲۵	۰/۰۲۱۷	۰/۰۰۲-۰/۰۱	۰/۰۶۷	۰/۱۳۸۵
	۳-۴	۰/۱۲۸۸	۱/۱۵		۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۳۴۸	۰/۰۷۱۹
	۴-۵	۰/۲۶۱۴	۲/۳۳۳۹	پیرامون مرطوب (متر)	۰-۱۰	۰/۰۲۶۶	۰/۰۴۵۸۵۳
۰/۱۱۲۵	۵-۶	۰/۵۱۳۷	۴/۵۸۶۶	۰/۰۱۸۱	۱۰-۲۰	۰/۰۴۸۲	۰/۰۸۳۰۸۸
	۳۰-۴۰	۰/۰۴۸۸	۰/۲۲۷۷		۲۰-۳۰	۰/۰۹۲۷	۰/۱۵۹۷۹۷
تراکم دبی برداشت در واحد سطح (لیتر در کیلومتر مربع)	۴۰-۵۰	۰/۰۹۹۱	۰/۴۶۲۵		۳۰-۴۰	۰/۱۴۶۸	۰/۲۵۳۰۵۵
۰/۰۷۳۵	۵۰-۶۰	۰/۲۷۷۷	۱/۲۹۵۹		۴۰-۵۰	۰/۲۵۳۵	۰/۴۳۶۶۹
	۶۰-۷۰	۰/۵۷۴۴	۲/۶۸۰۵		۵۰-۶۰	۰/۴۳۲۳	۰/۷۴۵۲
دبی برداشت از محدوده پلیگون چاه مشاهده‌ای (لیتر در کیلومتر مربع)	۳۰۰-۴۵۰	۰/۰۲۴۳	۰/۱۵۶۶۸	سطح مقطع کانال	۰-۲۰	۰/۰۳۳۱	۰/۰۴۲۲۹
۰/۰۶۷۷	۴۵۰-۶۰۰	۰/۰۴۰۸	۰/۲۶۳۱	(متر مربع)	۲۰-۴۰	۰/۰۶۳	۰/۰۸۰۵
۰/۰۶۷۷	۶۰۰-۷۵۰	۰/۰۷۴۹	۰/۴۸۲۹	۰/۰۱۶۱	۴۰-۶۰	۰/۱۲۸۸	۰/۱۶۴۵۸
	۷۵۰-۹۰۰	۰/۱۴۶۴	۰/۹۴۳۹		۶۰-۸۰	۰/۲۶۱۴	۰/۳۳۴
	۹۰۰-۱۰۵۰	۰/۲۶۴۵	۱/۷۰۵۴	فاصله از	۸۰-۱۰۰	۰/۵۱۳۷	۰/۶۵۶۳۹
	۱۰۵۰-۱۲۰۰	۰/۴۴۹۱	۲/۸۹۵۶	زهکش‌های	۰-۲	۰/۰۶۵۳	۰/۰۵۱۴
افت آب زیرزمینی در طول دوره (متر)	۰-۵	۰/۰۵۴۹	۰/۱۶۵۲۲	خروجی منطقه (کیلومتر)	۲-۴	۰/۱۴۶۷	۰/۱۱۵۵
۰/۰۴۷۴	۵-۱۰	۰/۱۱۷۳	۰/۳۵۳۰	۰/۰۱۲۴	۴-۶	۰/۲۳۸۶	۰/۱۸۷۸۵
	۱۰-۱۵	۰/۲۶۱۹	۰/۷۸۸۲		۶-۸	۰/۵۴۹۴	۰/۴۳۲۵۴
	۱۵-۲۰	۰/۵۶۴۹	۱/۷۰۳				

بیش از ۳۷ میلیون متر مکعب در سال) که در حال حاضر مورد بهره‌برداری قرار دارند، وجود ندارد. نتیجتاً در این دشت چون مقدار بهره‌برداری سالانه افزون بر مقادیر تغذیه آبخوان‌ها می‌باشد در سطح آب زیرزمینی این دشت‌ها افت ایجاد گردیده، به طوری که بر اساس اندازه‌گیری‌های ۱۵ سال قبل تاکنون مقدار این افت سطح آب‌های زیرزمینی در سراب نیلوفر به‌طور متوسط در سال پایه برابر ۱/۷۰- متر بوده است [۶].

بنابراین در فصول غیرزراعی که قابلیت استفاده از آب چشمه نیلوفر

(چشمه و قنات)، تغذیه جانبی ورودی و تغذیه از حاشیه دشت و رودخانه قره‌سو در مجموع ۳۷/۴۱ میلیون مترمکعب می‌باشد. از طرف دیگر مجموع تخلیه که در واقع حاصل جمع تخلیه چاه‌های کشاورزی و شرب، تخلیه خروجی جانبی و تبخیر از سطح آب زیرزمینی می‌باشد ۶۶/۳۸ میلیون مترمکعب برآورد گردیده است که بر این اساس تغییرات حجم مخزن منفی بوده و برابر ۲۸/۹۷- میلیون مترمکعب می‌باشد [۶]. با توجه به بیلان منفی آبخوان، امکان هر گونه توسعه و افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی



جدول ۲- ویژگی‌های مختلف کانال‌های دارای اولویت اول تغذیه

نام کانال	امتیازبندی و ارزش نهایی	طول کانال (متر)	سطح مقطع کانال (متر مربع)	پیرامون مرطوب کانال (متر)	حجم کانال (مترمکعب)
M۳	۱۸/۱	۳۰۹/۷	۱۶/۵	۱۳/۰	۵۱۱۰/۰
S۵	۱۸/۱	۵۵/۷	۶/۲	۷/۱	۳۴۵/۰
M۱	۱۸/۱	۵۹۰/۹	۴/۶	۶/۴	۲۶۹۴/۶
M۲	۱۸/۱	۷۳۰/۲	۱۳/۱	۱۴/۴	۹۵۴۱/۵
S۶	۱۸/۳	۳۰۷/۳	۸/۳	۹/۳	۲۵۵۶/۲
S۶	۱۸/۳	۷۱۶/۵	۸/۳	۹/۳	۵۹۶۰/۸
S۱	۱۸/۳	۵۸۴/۰	۱۴/۸	۱۲/۲	۸۶۳۳/۷
S۱	۱۸/۳	۱۱۴/۰	۱۴/۸	۱۲/۲	۱۶۸۶/۱
R۶	۱۸/۴	۱۱۱/۳	۳/۲	۵/۲	۳۵۸/۳
S۳	۱۹/۰	۲۱۰۶/۷	۱۴/۸	۱۲/۲	۳۱۱۴۶/۵
Q۸	۱۹/۲	۱۰۷/۱	۸/۴	۱۳/۷	۸۹۷/۷
Q۸	۱۹/۲	۶۱۸/۰	۸/۴	۱۳/۷	۵۱۷۹/۰
R۵	۱۹/۴	۴۰۳/۱	۴/۹	۶/۴	۱۹۵۶/۴
R۷	۱۹/۴	۶۸۲/۳	۳/۲	۵/۲	۲۱۹۷/۱
S۵	۱۹/۵	۱۶۵۸/۸	۶/۲	۷/۱	۱۰۲۶۶/۲
R۶	۲۰/۸	۱۱۵۰/۳	۳/۲	۵/۲	۳۷۰۴/۰
R۶	۲۰/۸	۱۴۸/۲	۳/۲	۵/۲	۴۷۷/۲
S۵	۲۳/۴	۴۴/۲	۶/۲	۷/۱	۲۷۳/۵
جمع کل					۹۲۹۸۳/۷

ارزش اختصاص یافته به هر کانال، کانال‌های دارای اولویت معین گردیدند.

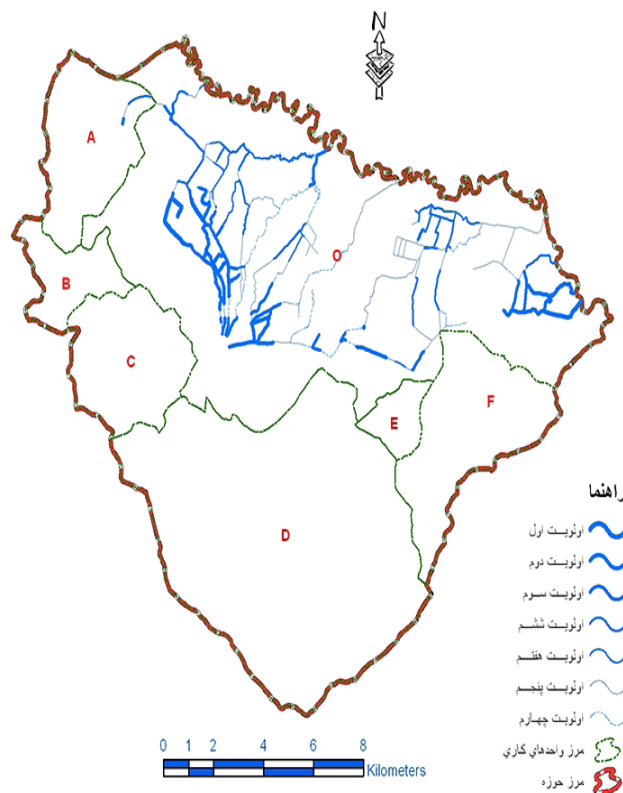
با توجه به جدول ۱، معیارهای نفوذپذیری، بافت، ضخامت لایه بحرانی و پارامترهای مربوط به دبی برداشت و میزان افت سطح سفره آب زیرزمینی بالاترین ضرائب اهمیت را به خود اختصاص داده اند. لذا نتایج پالیوال [۹] را در اهمیت و ضرورت نقشه‌های هیدروژئولوژیکی و آب‌های زیرزمینی جهت حمایت از ذخائر آبی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی تأیید می‌نماید.

هم‌چنین توو و همکاران [۱۱] در کشور تایوان نبود مدیریت مناسب و بهره‌برداری پایدار را دلیل افت شدید سفره در دشت پینگ تونگ دانسته‌اند. لشکری پور و همکاران [۸]، افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت مشهد را به دلیل برداشت بی‌رویه و فشار بر منابع آبی ذکر نموده‌اند. افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری از دهه هفتاد تاکنون در دشت سراب نیلوفر و افت بیش از ۳۵ متری سطح آبخوان در طی ۲۰ سال نیز بیان‌کننده مدیریت

جهت نفوذ در کانال‌های موجود در این دشت وجود دارد در مجموع می‌توان حجم آبی برابر ۸/۷۳ میلیون مترمکعب آب را در سفره این دشت نفوذ داد. با انجام این عملیات و روند تغذیه‌ای که در طول ۱۰۵ روز از سال صورت خواهد گرفت تنها ۳۰/۱ درصد از اضافه برداشت از آبخوان آزاد این دشت قابل جبران است و همچنان میزان تغییرات مخزن منفی باقی خواهد ماند اما به عددی برابر ۲۰/۲۴- میلیون مترمکعب کاهش پیدا خواهد نمود.

### بحث

اولویت‌بندی کانال‌های زهکشی به‌منظور تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی دشت سراب نیلوفر به‌عنوان هدف اصلی این پژوهش مورد نظر قرار گرفت. پس از تهیه لایه‌های مختلف اطلاعاتی، کلیه اطلاعات توصیفی این لایه‌ها به‌تک‌تک کانال‌های موجود در منطقه افزوده شد. بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی ارزش‌گذاری لایه‌های مختلف اطلاعاتی انجام شد و بر حسب میزان



شکل ۲- موقعیت زیرحوضه‌ها و اولویت‌بندی کانال‌ها بر اساس ارزش‌گذاری صورت گرفته به روش AHP

و بهره‌برداری از آبخوان دشت سراب‌نیلوفر بوده و برنامه‌ریزی‌های صحیح مدیریتی در راستای استفاده بهینه از منابع محدود و در حال کاهش آب زیرزمینی از مهم‌ترین اولویت‌های سازمان‌های مرتبط با منابع آب سطحی و زیرزمینی استان و کشور خواهد بود. در این راستا شرکت آب منطقه‌ای استان و امور آب شهرستان کرمانشاه باید با نظارت دقیق و برنامه‌ریزی اصولی و تصمیم‌گیری مناسب در تخصیص آب و صدور مجوزهای بهره‌برداری گامی استوار در مدیریت پایدار دشت سراب‌نیلوفر که در واقع نمونه‌ای کوچک از دشت‌های گسترده و حاصلخیز استان است، بردارند و از طرف دیگر سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه با ترویج و آموزش اصول و شیوه‌های صحیح آبیاری و برنامه‌ریزی اصولی به منظور استقرار الگوی کشت مناسب با شرایط موجود در منطقه و افزایش بهره‌وری تلاش نمایند تا وضعیت آبخوان از این حد بحرانی‌تر نگردد. این امر جز با جدیت و تلاش دلسوزانه روز افزون مدیران و تصمیم‌گیران بخش آب و کشاورزی در استان میسر نخواهد شد که اگر در این باره اقدام مؤثر و تأثیرگذاری صورت نپذیرد نه تنها هدررفت غیر قابل بازگشت منابع آب را نظاره‌گر خواهیم بود بلکه کاهش تولیدات

ناپایدار بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در این دشت بوده و نتایج ارائه شده توسط توو و همکاران [۱۱] و لشکری پور و همکاران [۸] را تأیید می‌نماید.

این پژوهش هم‌چنین نتایج پژوهش بوور [۱] را مبنی بر ضرورت تعیین شدت نفوذپذیری خاک، بررسی مناطق آلوده و آلاینده، توجه به مسائل کیفیت آب و انجام تحقیقات میدانی گسترده جهت آگاهی از شرایط مذکور جهت طراحی پروژه‌های تغذیه مصنوعی و نیز قیومیان و همکاران [۳] در استفاده از فاکتورهای شیب، سرعت نفوذ، عمق آب زیرزمینی، کیفیت رسوبات و کاربری اراضی جهت وزندهی با منطق بولین و فازی در تعیین مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی را تأیید می‌نماید زیرا همان‌طور که در بخش روش پژوهش تبیین گردید این پژوهش پارامترهای مورد نظر کلیه تحقیقات پیش گفته را در نظر گرفته و این فاکتورهای تأثیرگذار با عملیات گسترده میدانی به دست آمده و تحلیل گردیده است.

### نتیجه‌گیری

مقایسه ساده این اعداد و ارقام نشان‌دهنده مدیریت نامناسب توزیع

65pp. (In Persian)

7- Jha, M. Chowdhury, A. Chowdary, V. and Peiffer, S. 2007. Groundwater Management and Development by Integrated Remote Sensing and Geographic Information Systems: Prospects and Constraints, *Eater Resources Management* 21(2):427-467.

8- Lashkaripour, Gh.R. Ghafouri, M. Soizi, Z. and Pirandi, Z. Declining of Groundwater Level and Land Subsidence in Mashhad Plain, *Proceeding of 9th Symposium of Geological Society of Iran Conference*, 13pp. (In Persian)

9- Paliwal, B. S. 2008. Global Groundwater and Management, 33<sup>th</sup> International Geological Congress, General Symposium: Hydrology, Oslo (Norway). Scientific Publishers (India), Jodhpur 227-249.

10- Sreedhar Ganapuram, G. T. Vijaya Kumar, I. V. and Murali Krishna, M. 2008. Mapping of Groundwater Potential Zone in the Musi Basin using Remote Sensing Data and GIS. *Journal of Environmental Engineering* 122(6):515-523.

11- Tu, Y.Ch. Ting, Ch.sh. Tsai, H. T. Chen, J.W. and Lee, Ch. H. 2011. Dynamic Analysis of the Infiltration Rate of Artificial Recharge of Groundwater: A Case Study of Wanglong Lake, Pingtung, Taiwan. *Environmental Earth Science* 63:77-85.

12- Yousefirad, M. Safaee, R. and Bakhshae, M. 2008. Calculate the Volume of Alluvial Aquifers (Groundwater Aquifers) using GIS (Case Study of Komijan Plain of Arak), *Proceeding of 2008 Geomatic Conference*, 11pp. (In Persian)

کشاورزی را نیز در بر خواهد داشت که تأثیرات اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی ناشی از آن، بحران مهار ناشدنی فقر را در پی دارد. به این امید که برنامه‌ریزی صحیح در مدیریت بهینه منابع آب، تولید پایدار بخش کشاورزی و رفاه و آسایش اجتماعی را به کشاورزان و بهره‌برداران اهدا نماید.

#### منابع:

1- Bouwer, H. 2002. Artificial Recharge of Groundwater, *Hydrology and Engineering. Hydrogeology Journal*10:121-142.

2- Ghayoumian, J. Ghermez Cheshmeh, B. Feiznia, S. and Noroozi, A. A. 2004. Integrating GIS and DSS for Identification of Suitable Areas for Artificial Recharge, Case Study: Meimeh Basin, Isfahan, Iran, *Environmental Geolog* 47:493-500.

3- Ghyoumian, J. mohseni saravi, M. Feiznia, S. Nouri, B. and Malekian, A. 2007. Application of GIS Techniques to Determine Areas Most Suitable for Artificial Groundwater Recharge in a Coastal Aquifer in Southern Iran, *Journal of Asian Earth Science* 30(2):364-374.

4- Hamadi, K. Makram, A. Jallali, S. and Tarhouni, J. 2007. GIS based Multi Criteria Analysis for Potential Waste Water Aquifer Recharge Sites. *Desalination* 215(1-3):111-119.

5- Jalili, J. Jalili, Kh. and Hesadi H. 2011. Appropriate Method for Revising of Subcriterias Error in Valuation using AHP, *Proceeding of 4th Iranian Water Resources Management Conference*, 10pp. (In Persian)

6- Jalili, J. Jalili, Kh. and Yousefvand, F. 2011. Study of Groundwater and Water Balance of Sarab-Niloufar Plain Aquifer, Final Research Report of Feasibility of Artificial Recharge of Groundwater in Sarab-Niloufar Aquifer, *Jahade-Daneshgahi, Kermanshah Province*,



*Abstract*

## Artificial Recharge of Groundwater Aquifers by Surface Drainage Canals Using AHP Method

J. Jalili<sup>1</sup>, Kh. Jalili<sup>2</sup>, H. Hesadi<sup>3</sup> and M. Hadidi<sup>4</sup>

Received: 2012. 08. 25    Accepted: 2014. 01. 22

Groundwater has a fundamental role in economic activities and daily life of people and water storage in aquifer (underground reservoirs) requires less investment economically. The main purpose of research is prioritizing of canals in order to artificially recharge groundwater in Sarab Niloufar area in the Kermanshah Province. Therefore, various studies were conducted such as physiography, meteorology, geology, pedology, hydrology, groundwater, permeability, environmental condition, and erosion and sedimentation in the region. Canals have been prioritized by analyzing of 13 information layers. Permeability, texture and thickness of critical layer had the highest values. Different canals were divided into seven groups based on the value assigned to them. The first four priorities are important for recharge and the others due to their recharge restrictions are not applicable. Results showed that 65.45% of the total volume of existing drainage canals in the plain can be rechargeable. Based on analysis and water balance of aquifer in Sarab Niloufar plain; total annual recharge and discharge of Sarab Niloufar plain were estimated. 37.41 Mm<sup>3</sup> and 66.38 Mm<sup>3</sup>, respectively. So the reservoir volume change is negative (equal to -28.97 Mm<sup>3</sup>) and only 30.1% of overdraft of the plain aquifer is compensated and the variation of the reservoir will remain negative, but it will be reduced equal to -20.24 Mm<sup>3</sup> numerically.

**Keywords:** *Analytical Hierarchy Process, Artificial recharge, Groundwater aquifer, Drainage canal, Sarab Niloufar.*

1- Researcher of hydraulic and Water Resources Department, Academic Center for Education, Culture and Research, Kermanshah Branch. Jalili\_ja@yahoo.com

2- Researcher of Hydraulic and Water Resources Department, Academic Center for Education, Culture and Research, Kermanshah Branch. khaliljalili@yahoo.com

3- Assistant professor of Agriculture and Natural Resources Research Institute, Kermanshah Province.

4- Researcher of Hydraulic and Water Resources Department, Academic Center for Education, Culture and Research, Kermanshah Branch. Hadidi@acecr.ac.ir