

ارزیابی پتانسیل استحصال آب از آبخوان از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: دشت نیشابور)

عباس خاشعی سیوکی^{۱*}، بیژن قهرمان^۲ و مهدی کوچک زاده^۳

چکیده

رشد روز افرون صنعت و کشاورزی در دشت نیشابور از یک طرف و افت سطح آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب از سویی دیگر باعث شده است که نیاز به شناسایی مکان‌های مناسب جهت استحصال آب زیرزمینی در سطح این دشت امری مهم تلقی شود. هدف از این مطالعه ارایه روش فرآیند سلسله مراتبی فازی (FAHP) است که با توجه به خصوصیات کمی و کیفی آبخوان، نواحی مناسب برداشت آب را مشخص می‌کند. بدین منظور با استفاده از اطلاعات موجود آبخوان، پارامترهای کمی و کیفی مانند ضریب انتقال، هم افت سطح ایستابی و هم شوری آب آبخوان بررسی شد. در ابتدا تابع عضویت فازی برای هر پارامتر تعیین و با روش AHP با نرخ سازگاری ۰/۰۵ نقشه پهنه بندی شاخص استحصال تهیه شد. نتایج نشان داد که ۸/۵۲ درصد دارای قابلیت استحصال خیلی زیاد، ۵۵/۷۲ درصد از سطح دشت دارای قابلیت استحصال زیاد، ۳/۸۵ درصد دارای قابلیت استحصال کم و ۰/۴۲ درصد از مساحت دشت در کلاس نامناسب قرار گرفته است. نقشه پهنه بندی شاخص حاکی از این بود که نواحی جنوب شرقی دشت قابلیت خیلی زیاد و حاشیه شرق دشت قابلیت زیادی در استحصال آب دارند و بهترین نواحی برای برداشت آب زیرزمینی هستند.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، FAHP، دشت نیشابور، شاخص پتانسیل استحصال آب

ارجاع: خاشعی سیوکی ع. قهرمان ب. و کوچک‌زاده م. ۱۳۹۰. ارزیابی پتانسیل استحصال آب از آبخوان با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: دشت نیشابور). مجله پژوهش آب ایران. (۹)۵: ۱۷۱-۱۸۰.

۱- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند و دانشجوی سابق دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس

۲- استاد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

* نویسنده مسئول: abbaskhashei@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۷/۰۶

مقدمه

افزایش بی رویه جمعیت و توسعه صنایع در جوامع بشری، انسان را نسبت به تأمین منابع آبی مورد نیاز ملزم نموده و تعیین مکان‌های مناسب استحصال آب همواره یکی از مهمترین چالش‌های مورد بحث در این امور بوده است. منابع آب زیرزمینی همواره یکی از مهمترین و مطمئن‌ترین منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک است و استحصال آب از این منابع نسبت به اقلیم‌های دیگر اهمیت ویژه‌ای دارد. مدیریت و بهره‌برداری بهینه این منابع بدون شناخت آنها ممکن نیست. مطالعات زیادی برای بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی صورت گرفته است. بهترین روش برای بررسی وضعیت آبخوان از نظر کمی و کیفی، شبیه‌سازی آبخوان با استفاده از مدل‌های رایانه‌ای و ریاضی است که به علت نیاز به داده‌های زیاد معمولاً واسنجی و شبیه‌سازی آن بسیار مشکل و وقت‌گیر است (رجاز و داسارگوس، ۲۰۰۷؛ پیسیناراس و همکاران، ۲۰۰۷).

از اطلاعات جغرافیایی نیز برای بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی استفاده‌های زیادی شده است. در اغلب این روش‌ها از شاخص DRASTIC برای پهنه بندی و تعیین نواحی آسیب پذیر استفاده شده است. (رحمان، ۲۰۰۸؛ مارگان، ۲۰۰۳؛ کیم و هام، ۱۹۹۹). نیکنام و همکاران (۱۳۸۶) برای پهنه بندی آسیب پذیری دشت تهران در برابر آلودگی از روش فازی و DRASTIC استفاده کردند ولی جهت تعیین وزن‌های پارامترها از قضاوت شخصی استفاده کرد. استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای کاربرد زیادی در تعیین نواحی مناسب استحصال آب‌های زیرزمینی دارد. جین و همکاران (۱۹۹۸) در تحقیقی با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای، نقشه‌های ژئومورفولوژیکی و توپوگرافی را استخراج و به تقسیم بندی مراکز استحصال آب پرداختند.

در مطالعه‌ای توسط گاناپورام و همکاران (۲۰۰۹) در ایالت آندهر پرادش در هند، به بررسی و تعیین مناطق دارای پتانسیل مناسب استحصال آب زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شد. در این مطالعه نقشه‌های مختلف کاربری

اراضی، هیدروژئومورفولوژی، شیب، پوشش گیاهی، ژئولوژی را با استفاده از تحلیل عکس‌های ماهواره‌ای تهیه و به کلاس‌های مختلف (خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و بد) تقسیم‌بندی شد. سپند و همکاران (۱۳۸۵) برای تعیین پتانسیل بهره‌برداری آبخوان‌های کارستی دشت لالی از عکس‌های ماهواره‌ای استفاده کردند. در تحقیق آنها با توجه به کارستی بودن آبخوان و مناسب بودن کیفیت آب، خصوصیات کیفی آب زیرزمینی بررسی نشد.

سیستم‌های فازی سیستم‌هایی مبتنی بر دانش و قواعد است و از مشخصه‌های آن توانایی تقسیم بندی اطلاعات بوده و به علت زیادی قدرت تبیین بیشتر نسبت به یک عدد استفاده از آن در علوم مختلف برای تعمیم اطلاعات رواج دارد. مدل فازی یکی از بهترین مدل‌هایی است که برای تهیه انواع نقشه‌ها استفاده می‌شود. این مدل نیاز به پارامترهای کمتری دارد و با توجه به کاهش در وقت و هزینه، از دقت زیادی برای تهیه نقشه برخوردار است (کریم‌نوف، ۲۰۰۰). لذا می‌توان از این مدل برای تهیه نقشه مربوطه استفاده کرد. به دلیل اینکه پارامترهای مورد استفاده هر کدام دارای تأثیر متفاوتی بر انتخاب محل، جهت استحصال آب دارد، نیاز است هر عنصر بر اساس درجه اهمیتش، ارزش‌گذاری شود. که برای این منظور از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۱ AHP استفاده می‌شود این روش، دربرگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی است، به طوری که می‌توان گفت این تکنیک از یک طرف وابسته به تصورات شخصی و طرح ریزی سلسله مراتبی یک مسأله است و از طرف دیگر با منطق، درک و تجزیه، برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۵). روش AHP اولین بار توسط ساعتی، (۱۹۸۰) مطرح شد. تمامی عملیات‌های بالا در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پیاده سازی و آنالیز می‌شود. استفاده از منطق فازی، در دهه‌های اخیر توجه بسیاری از متخصصان رشته‌های مختلف را به خود معطوف ساخته است، تا آنجا که پژوهش‌های مختلفی در زمینه

1 - Analytic hierarchy process (AHP)

۲) استفاده از روش منطق فازی در پهنه‌بندی پارامترهای موثر بر استحصال آب
۳) استفاده از روش AHP در وزن دهی پارامترهای موثر
۴) ترکیب روش‌های فوق و استفاده از روش FAHP در تعیین مکان‌های مناسب استحصال آب

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز دشت نیشابور با وسعت ۷۲۹۳/۰۸ کیلومتر مربع جزئی از حوضه آبریز کویر مرکزی بوده که ۳۴۰۰ کیلومتر مربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. از نظر موقعیت جغرافیایی حوضه مذکور در حد فاصل ۱۳' ۵۸° تا ۳۰' ۳۰° طول شرقی و ۴۰' ۳۵° تا ۳۹' ۳۶° عرض شمالی قرار دارد.

این حوضه از جهات شمال، جنوب، غرب و شرق بترتیب به ارتفاعات بینالود، تپه ماهورهای نیزه بند، سیاه کوه و کوه نمک (حوضه آبریز دشت رخ)، حوضه آبریز دشت سبزوار و بلندی‌های لیلا جوق و یال پلنگ محدود شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه بترتیب با ۳۳۰۵ و ۱۰۶۵ متر درقله بینالود و خروجی رودخانه کال شور از حوضه واقع شده است (ولایتی، ۱۳۷۸). شکل ۱ موقعیت حوضه آبریز دشت نیشابور را در استان خراسان رضوی و کشور ایران نشان می‌دهد.

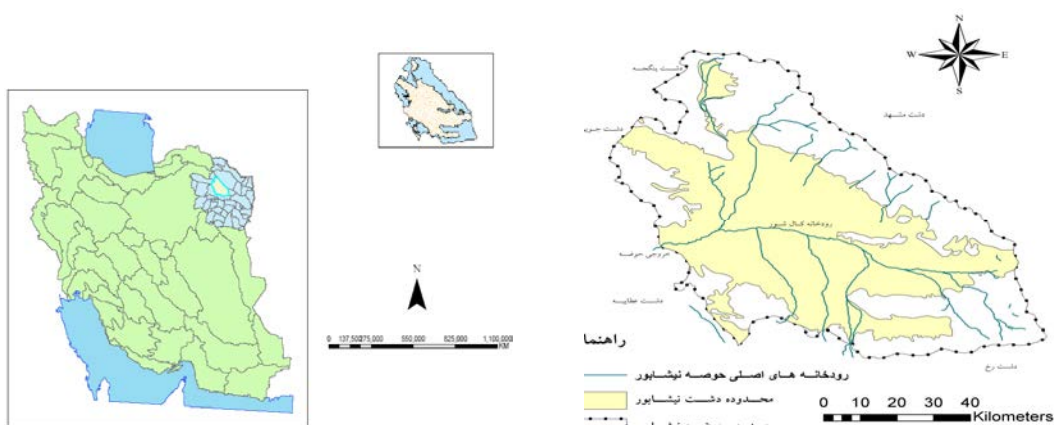
برای بررسی وضعیت منابع آبی دشت نتایج حاصل از چاه‌های اکتشافی و آزمایش‌های پمپاژ دشت بررسی شد. در پهنه دشت نیشابور جهت ثبت نوسانات سطح ایستابی آبخوان تعداد ۵۷ حلقه پیزومتر حفر شده که داده آنها بطور ماهیانه برداشت می‌شود. با استفاده از داده‌های پیزومتر نقشه‌های هم‌افت دشت ترسیم و وضعیت تغییرات منابع آب زیرزمینی دشت تحلیل شد. هیدروگراف واحد با استفاده از روش تیسن بر اساس اطلاعات پیزومتری در بازه زمانی مهر ۱۳۷۹ تا شهریور ۱۳۸۷ ترسیم شد.

استفاده از روش منطق فازی و روش^۱ FAHP به صورت توام یا مجزا صورت گرفته است. فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی خطر زمین لغزش با استفاده از روش منطق فازی در منطقه رودبار پرداختند. ازغدی و همکاران (۱۳۸۹) به ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از روش‌های FAHP پرداختند. آنها از روش‌های خطی در نوع تابع عضویت فازی استفاده کردند و نتیجه گرفتند که روش فازی AHP روش مناسبی برای پهنه بندی پارامترهای حاصلخیزی خاک است. آنها تفاوت این مدل با مدل کلاسیک AHP را بررسی نکردند.

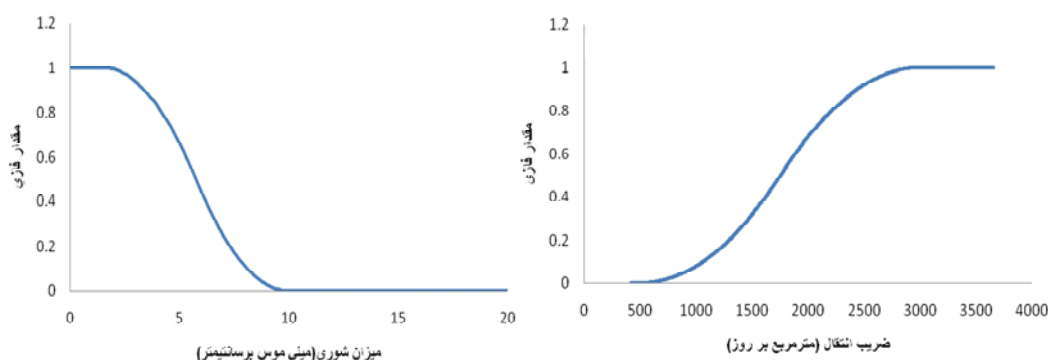
با توجه به هزینه زیاد حفر و تجهیز چاه، پایداری استحصال منابع آب همواره یکی از مهمترین پارامترها در استحصال منابع آب زیرزمینی محسوب می‌شود. تعیین مکان‌های مناسب استحصال آب در یک منطقه با استفاده از برداشت‌های میدانی، تجهیزات ژئوالکترونیک، ژئوفیزیک و دیگر روش‌ها نیازمند صرف وقت و هزینه قابل توجه‌ای می‌باشد.

تعیین محدوده و مکان‌های مناسب با استفاده از داده‌های موجود می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی داشته باشد. بررسی منابع نشان داد که مطالعات کمی برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی صورت گرفته است و از آنجا که هنوز روشی بر مبنای علمی قوی برای این منظور وجود ندارد در این مطالعه برای اولین بار با استفاده از تکنیک فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نقشه پهنه بندی مکان‌های مناسب استحصال آب زیرزمینی، بر اساس سه فاکتور افت، کیفیت آب و خصوصیات هیدرولیکی آبخوان در دشت نیشابور تهیه شد. با توجه به مطالب فوق و اهمیت منابع آب زیرزمینی نیشابور که سال‌های طولانی از استحصال آن می‌گذرد تحقیقی با اهداف زیر صورت گرفت:

۱) بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور با استفاده از داده و اطلاعات روز



شکل ۱- موقعیت حوزه نیشابور و نمایی از رودخانه‌ها و دشت در این حوزه



شکل ۲- نمودار توابع فازی مورد استفاده برای پارامترهای شوری و ضریب انتقال آبخوان

گرفته شد، مدل‌های مذکور بر اساس تأثیر پارامتر مورد بررسی بر شاخص استحصال آب انتخاب شد (شکل ۲ و معادلات ۱ و ۲). جهت فازی سازی پارامترها از بخش فازی نرم افزار MATLAB استفاده شد.

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(b - \frac{x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(b - \frac{x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

تابع فازی بکار رفته تابع غیر خطی نامتقارن است که در آن حدود a و b ارزش‌های بکار رفته برای هر یک از

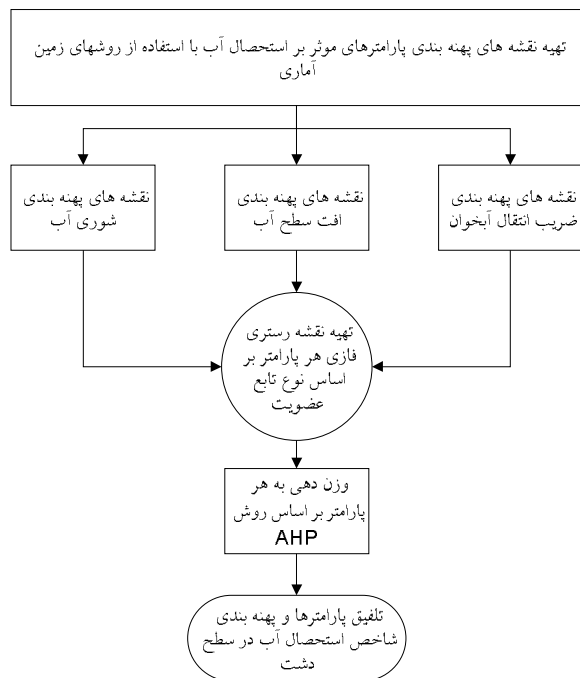
با توجه به اهمیت کیفیت آب در استحصال آب از جدیدترین نتایج آزمایشگاهی ۵۷ نمونه آب از آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور که در اردیبهشت ۱۳۸۷ صورت گرفت استفاده شد. در این تحقیق در گام اول از روش-های زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ خطوط هم مقدار بدست آمد. برای این منظور ابتدا مدل مناسب برازش برای هر پارامتر توسط نرم افزار GS^+ تعیین شد و با استفاده از نرم افزار Arc-GIS9.3 ترسیم شد. برای خطوط سطح ایستابی و شوری به ترتیب از مقادیر تراز سطح زمین و میزان کلر استفاده شد.

تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند و در واقع تابعی که میزان درجه عضویت اعضای مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد، تابع عضویت می‌گویند (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۵). در گام دوم تابع عضویت در مدل فازی برای فاکتورهای مورد نظر به صورت غیرخطی در نظر

رامچران، ۲۰۰۰). در صورتی که مقدار ضریب بیشتر باشد می‌بایست در اهمیت نسبی پارامترها تجدید نظر صورت گیرد (چانگا، ۲۰۰۷). در گام چهارم بعد از تهیه نقشه فازی برای هر یک از پارامترها، با استفاده از تکنیک AHP وزن‌های تهیه در این سه لایه ضرب و از حاصل جمع آنها شاخص و نقشه نهایی استحصال آب بدست می‌آید (معادله ۳).

$$s = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \mu_i \quad (3)$$

μ تابع عضویت مربوط به هر یک از پارامترها و W وزن اختصاص داده شده به هر یک از پارامترها می‌باشد. در گام پنجم به منظور کلاس بندی نقشه نهایی می‌توان با الهام از تغییرات ناگهانی این عوامل در ذات طبیعی خود، استفاده کرد. می‌توان تغییرات ناگهانی شاخص را در نظر گرفت و این تغییرات را از طریق رسم منحنی‌های تجمعی بین مقادیر این عوامل در مقابل فراوانی پیکسل‌های مربوط به آنها مشخص کرد (ناگارجان، ۱۹۹۸). تمامی مراحل ذکر شده در بالا در فلوجارت شکل ۳ ارائه شده است. در پایان نقشه پهنه بندی شاخص استحصال با اطلاعات دبی چاه‌های موجود مقایسه شد.



شکل ۳- فلوجارت مراحل پهنه بندی شاخص استحصال آب با استفاده از روش FAHP

فاکتورهای مورد مطالعه است. برای تعیین این حدود می‌توان حد بحرانی این فاکتورها را به عنوان معیار انتخاب کرد حد بحرانی پارامترها مقادیری هستند که در ازای مقادیر کمتر یا بیشتر از آن، میزان تأثیر پارامتر در استحصال قابل توجه نباشد. این مقدار بر اساس نظر کارشناسی اعمال می‌شود و در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مقادیر حدود a و b توابع عضویت فازی (معادله ۱ و ۲)

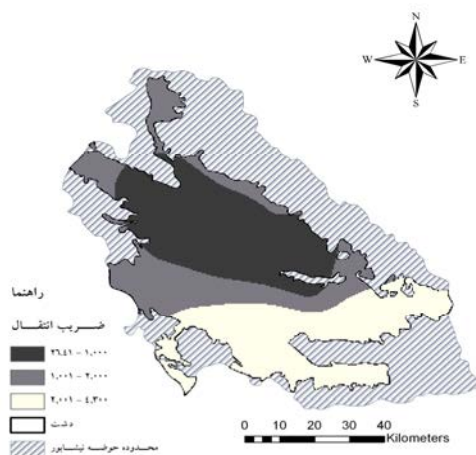
شوری (ds/cm)	ضریب انتقال (m ² /day)	افت ساله (m)	حدود تابع عضویت فازی
۱/۵	۵۰۰	۰/۲	a
۱۰	۳۰۰۰	۵	b

در گام سوم برای آنکه وزن دهی معیارها و قضاوت‌ها با ذهن و طبیعت بشری مطابق و همراه باشد، از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شد. از آنجا که ارجحیت فاکتورها نسبت به هم سنجیده می‌شوند از روش مقایسه زوجی بهره برده شد. در روش مقایسه زوجی، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آنها نسبت به یکدیگر بر اساس نظر کارشناسی تعیین می‌شود، سپس یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن همان وزن‌های تعیین شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارها است (مالک‌زوسکی، ۱۹۹۹). در این مطالعه به دلیل اینکه هر یک از پارامترها تأثیر متفاوتی روی استحصال آب دارند هستند و پارامترهای موثر بیش از یک فاکتور است از روش مقایسه زوجی استفاده شد. برای مقایسه زوجی پارامترها به صورت طبقه بندی کمی بین ۱ تا ۹ از جدول قیاسی که توسط ساعتی بیان شده است استفاده شد. حال برای محاسبه وزن هر پارامتر از ماتریس مقایسه زوجی از روش تقریبی (میانگین حسابی) استفاده شد (برتیلینی و برگلیا، ۲۰۰۶). یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، امکان برای سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارهاست. سازوکارهای که برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته است محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری است (ساعتی، ۱۹۹۷). تجزیه و تحلیل سازگاری صورت می‌پذیرد. این معیار باید از ۰/۱ کمتر باشد (دی و

نتایج و بحث

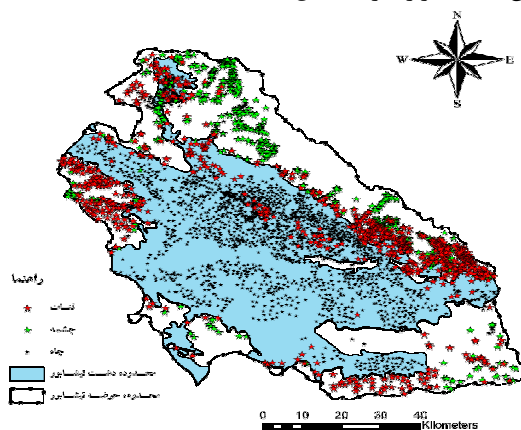
در محدوده دشت نیشابور از سال ۱۳۳۸ تا کنون حدود ۲۵۸۹ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق به منظور استفاده در مصارف مختلف (عمدتاً کشاورزی) حفر شده است. پراکندگی چاه‌ها در سطح دشت یکنواخت نبوده و در قسمت‌های شمال و مرکز دشت تمرکز بیشتری دارند. در حالی که در قسمت جنوب و جنوب غرب تعداد و تراکم چاه‌ها به حداقل می‌رسد. چاه‌هایی با حداکثر دبی ۸۷ و ۸۵ لیتر در ثانیه و عمق حفر ۱۰۰ و ۱۲۰ متر در این ناحیه قرار دارد (شکل ۴).

تعدد بالای چاه‌ها در این قسمت دبی میانگین برداشت ۱۱/۲۳ لیتر در ثانیه است که از میانگین دبی مجاز ۲/۵ لیتر بر ثانیه کمتر است. میانگین عمق حفاری چاه‌ها در این قسمت مشابه نواحی غرب ۸۰ متر است. کم بودن میانگین دبی چاه‌ها در این ناحیه با پایین بودن ضریب انتقال آبخوان در این قسمت همخوانی دارد.



شکل ۵- نقشه تغییرات ضریب انتقال آبخوان دشت نیشابور

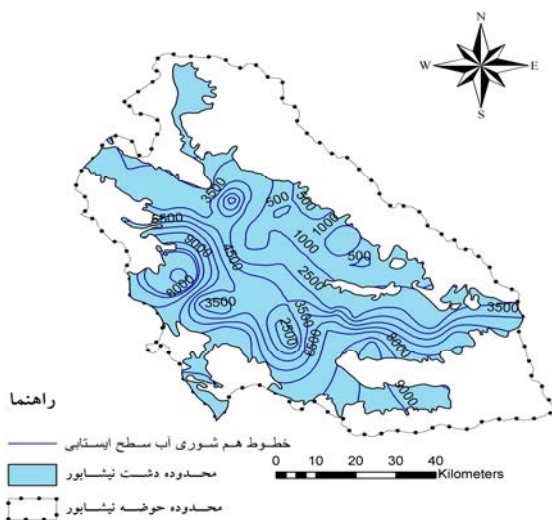
شکل ۶، هیدروگراف آبخوان دشت نیشابور را در چند سال اخیر نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات جمع آوری شده و مطالعات صورت گرفته، سطح آب زیر زمینی دشت نیشابور به علت کاهش بارندگی‌ها در چند سال اخیر و افزایش برداشت توسط چاه‌های بهره‌بردار دارای پروانه و چاه‌های غیر مجاز محفوره در دشت دارای میانگین افت سالانه سطح آب به مقدار ۰/۸۴ متر در چند سال اخیر است که رقم زیادی است و تداوم آن وضعیت پایداری منابع آبی دشت را به خطر خواهد انداخت. نتایج شکل ۷ نشان می‌دهد که بیشترین افت در قسمت‌های جنوب شرقی و کمترین افت در نواحی مرکزی دشت رخ داده است. روند تغییرات خطوط هم‌افت نشان می‌دهد که هر چه از سمت حاشیه‌های ارتفاعات به سمت مرکز دشت حرکت می‌کنیم از میزان افت سطح آب کاسته می‌شود. این امر با نقشه پراکندگی چاه‌ها شکل ۴ مطابق بوده در در شکل مذکور تراکم چاه‌ها از شرق دشت به سمت مرکز و غرب دشت کاهش می‌یابد.



شکل ۴- نقشه پراکندگی منابع آب در دشت نیشابور

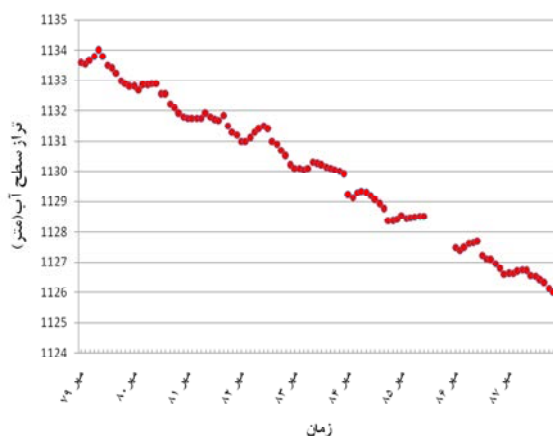
با توجه به شکل ۵ می‌توان دشت نیشابور را به سه ناحیه تقسیم ناحیه‌ی اول قسمت‌های جنوب و جنوب شرق نیشابور که عموماً دارای قابلیت انتقال بیشتر از ۲۰۰۰ مترمربع در روز است و میانگین دبی برداشت چاه‌های این ناحیه ۳۰ لیتر در ثانیه است که ۳/۵ لیتر از میانگین دبی مجاز بیشتر است. میانگین عمق حفاری این قسمت ۱۰۶ متر است که با نتایج ضریب انتقال تطابق دارد. ناحیه دوم قسمت‌های غرب و مرکز دشت است که دارای قابلیت انتقال متوسط ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ مترمربع در روز است. میانگین دبی استحصالی چاه‌ها ۱۳/۱۷ لیتر در ثانیه می‌باشد که ۶/۳ لیتر در ثانیه کمتر از میانگین دبی مجاز، آب برداشت می‌شود، متوسط عمق حفاری در این ناحیه ۸۱/۸ متر است. ناحیه سوم شامل قسمت‌های مرکز و شمال شرق دشت است که دارای قابلیت انتقال پایین و کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع در روز است. با توجه به

بتدریج کاهش پیدا نموده و هدایت الکتریکی آن به حدود 7 dS/m افزایش پیدا می‌نماید و این امر با نتایج ولایتی (۱۳۷۸) مطابقت دارد چرا که آبرفت در محدوده نواحی منتهی الیه شرق آبخوان، نواحی جنوب و غرب آبخوان از نظر دانه بندی وضعیت مطلوبی ندارد و این امر کیفیت را شدیداً تحت تأثیر قرار داده و آن را کاهش می‌دهد.

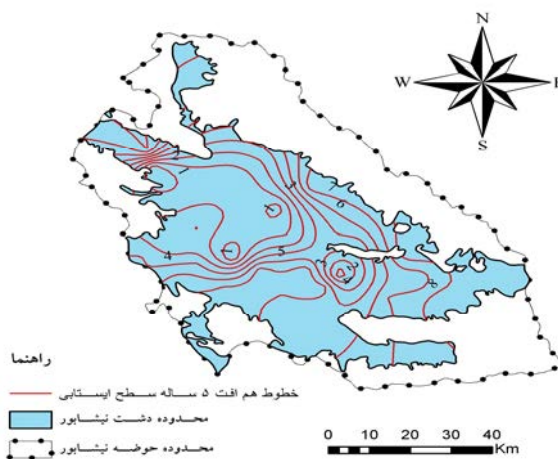


شکل ۸- نقشه تغییرات خطوط هم شوری آب زیرزمینی دشت نیشابور (میکرو موس بر سانتیمتر)

برای تعیین وزن‌های نسبی پارامترهای موثر در شاخص استحصال آب اهمیت نسبی پارامترها نسبت به هم تعیین و ضریب ناسازگاری آنها تعیین شد میزان ضریب ناسازگاری وزن‌های نسبی 0.05 بدست آمد که از 0.1 کمتر بوده و قابل قبول می‌باشد (ازغدی و همکاران، ۱۳۸۹). جدول ۲ اهمیت نسبی و وزن فاکتورها را نشان می‌دهد نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که کیفیت آب با وزن 0.539 بیشترین تأثیر و افت سطح آب با وزن 0.164 کمترین تأثیر را بر استحصال آب بین عوامل ذکر شده دارا است. بعد از تهیه نقشه پتانسیل استحصال آب، فراوانی تجمعی طبق شکل ۹ رسم و محدوده کلاس‌های طبقه بندی در جدول ۳ ارایه شد. همانطور که در شکل ۹ ملاحظه می‌شود تغییرات فراوانی تجمعی شاخص در 0.229 ، 0.52 و 0.71 بارزتر می‌باشد. نتایج نشان داد که $55/77$ درصد از سطح دشت دارای قابلیت استحصال زیاد و 0.42 درصد از مساحت دشت

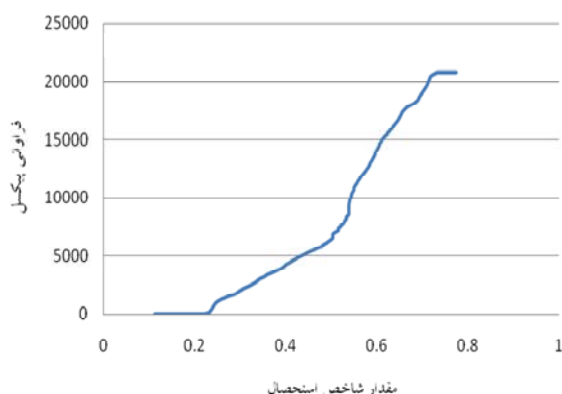


شکل ۶- هیدروگراف آبخوان دشت نیشابور از مهر ۷۹ تا شهریور ۸۷



شکل ۷- تغییرات خطوط هم افت ۵ ساله (متر) سطح ایستابی دشت نیشابور

با توجه به شکل ۸ تغییرات شوری آب حاصل از ۵۷ نمونه آب که در اردیبهشت ۱۳۸۷ صورت گرفته است نشان می‌دهد که حداقل و حداکثر مقدار هدایت الکتریکی محدوده آبخوان بترتیب 0.39 dS/m تا 7 dS/m است. در نواحی شمال شرق دشت که آبخوان تحت تأثیر تغذیه زیرزمینی و سطحی مناسبی قرار دارد و دانه بندی آن نیز مناسب‌تر (دانه درشت‌تر) است آبخوان دارای بهترین کیفیت آب زیرزمینی می‌باشد، آب زیرزمینی در این محدوده‌ها دارای مقدار هدایت الکتریکی کمتر 1 dS/m دارا است. از محدوده ذکر شده به طرف نواحی مرکزی شمالی دشت، کیفیت آبخوان



شکل ۹- نمودار فراوانی تجمعی پیکسل‌های مربوط به نقشه پهنه بندی شاخص استحصال آب با استفاده از روش FAHP

در کلاس نامناسب قرار گرفته است. این مطلب نشان می‌دهد که آبخوان دشت نیشابور قابلیت زیادی در استحصال آب دارد و کثرت چاه‌های مجاز و غیر مجاز در این دشت این را تأیید می‌کند. نقشه پتانسیل بهره‌برداری دشت نیشابور در شکل ۱۰ ارائه شده است.

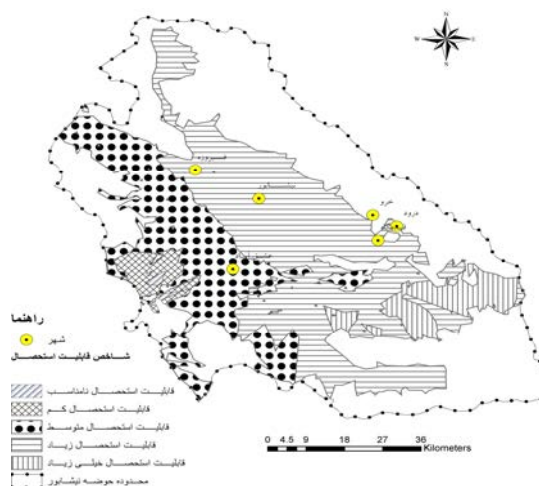
جدول ۲- اهمیت نسبی و تعیین وزن هر پارامترها

پارامتر	شوری	افت	ضریب انتقال	وزن معیارها
شوری	۱	۳	۲	۰/۵۳۹
افت	۰/۳	۱	۰/۵	۰/۱۶۴
ضریب انتقال	۰/۵	۲	۱	۰/۲۹۷

جدول ۳- تغییرات شاخص استحصال و درصد مساحت هر کلاس از دشت

محدوده شاخص	سهم مساحت اختصاص داده از دشت (%)	کلاس استحصال
۰-۰/۲۲	۰/۴۲	قابلیت استحصال نامناسب
۰/۲۲-۰/۲۴	۳/۸۵	قابلیت استحصال کم
۰/۲۴-۰/۵۲	۳۱/۴۹	قابلیت استحصال متوسط
۰/۵۲-۰/۷۱	۵۵/۷۲	قابلیت استحصال زیاد
۰/۷۱-۰/۸۰	۸/۵۲	قابلیت استحصال خیلی زیاد

همانطور که در شکل ملاحظه می‌شود محدوده شرق و جنوب دشت مقدار شاخص بیشتری را نشان می‌دهد و شرایط مناسبی برای استحصال دارند همانطور که وضعیت پارامترها در نقشه‌های قبلی این را تأیید می‌کند. محدوده شرق و مرکز دشت به علت بالا بودن کیفیت و کم بودن شوری آب دارای شاخص بالایی است و علت بالا بودن شاخص در ناحیه جنوب مناسب بودن کیفیت آب و بالا بودن ضریب انتقال است. دبی چاه‌های این محدوده دارای دبی متوسط ۳۰ لیتر در ثانیه است که دو برابر دبی متوسط چاه‌های دشت است. مقدار شاخص در محدوده مرکزی دشت قابلیت متوسطی در استحصال آب دارد که علت اصلی کاهش شاخص، افزایش شوری آب است. نواحی غرب دشت از قابلیت نامناسبی برای استحصال آب برخوردار است که این امر



شکل ۱۰- پهنه بندی شاخص استحصال آب در آبخوان دشت نیشابور

- ۲- کوره‌پزان دزفولی ا. ۱۳۸۵. اصول تئوری مجموعه-های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسایل مهندسی آب، واحد صنعتی امیرکبیر.
- ۳- سپند س. چیت سازان م. رنگزن ک و میرزایی ی. ۱۳۸۸ استفاده از سنجش از راده دور و GIS جهت تعیین پتانسیل آب زیرزمینی دشت لالی. کنفرانس ژئوماتیک تهران، ۲۰ اردیبهشت ۱۳۸۸ دانشگاه تهران.
- ۴- فاطمی عقدا س. م. غیومیان ج. تشنه لب م. و اشقلی فراهانی ع. ۱۳۸۴. بررسی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی _ مطالعه موردی منطقه (رودبار). مجله علوم دانشگاه تهران. شماره ۱: ۶۴-۴۳.
- ۵- قدسی پور س. ح. ۱۳۸۵. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). چاپ پنجم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۶- نیکنام ر. محمدی ک و جوهری مجد و. ۱۳۸۶. ارزیابی آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی تهران کرج با روش DRASTIC و منطق فازی. مجله تحقیقات منابع آب ایران. جلد ۳ (۲): ۳۹-۴۷
- ۷- ولایتی س. ۱۳۷۸. بررسی عوامل موثر بر تغییرات کیفی آبخوان نیشابور. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۱۴۹. ص ۱۱۹
- 8- Bertolini M. Braglia M. 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, International Journal of Project Management, 24(5):422-430.
- 9- Changa K.F. Chiangb C.M. and Chouc P.C. 2007. Adapting aspects of GB Tool 200`searching for suitability in Taiwan, Building and Environment 42:310-316.
- 10- Christakos G. 2000. Modern spatiotemporal geostatistics. New York, USA: Oxford University Press.
- 11- Dey P.K and Ramcharan. E.K. 2008. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Management. 88(4):1384-1395
- 12- Jain P. K. 1998. Remote sensing techniques to locate ground water potential zones in upper Urmil River basin, district Chatarpur-

با پراکندگی چاه‌های برداشت آب نیز تطابق دارد. میزان شوری آب زیرزمینی حدود ۵ dS/m تا ۱۳ dS/m در این ناحیه تعیین شده است. با توجه به شکل ۴ و تمرکز چاه‌های حفر شده در سطح دشت می‌توان مدل FAHP را در پهنه بندی دشت نیشابور از نظر پتانسیل استحصال آب مناسب ارزیابی کرد چرا که در آن با افزایش میزان شاخص استحصال، تمرکز و دبی چاه‌های موجود افزایش و با کاهش آن دبی، کیفیت و تمرکز چاه‌ها کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری

از آنجا که هنوز روش علمی قوی برای تعیین مکان‌های مناسب استحصال آب زیرزمینی بر اساس اطلاعات کمی و کیفی آبخوان وجود ندارد در این مطالعه برای اولین بار با استفاده از تکنیک فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نقشه پهنه بندی مکان‌های مناسب استحصال آب زیرزمینی، بر اساس سه فاکتور افت، کیفیت آب و خصوصیات هیدرولیکی آبخوان در دشت نیشابور تهیه شد. با توجه به شاخص مذکور و نتایج ارائه شده در شکل ۱۰ نواحی جنوب غربی دشت و حاشیه شرق دشت قابلیت بالایی در استحصال آب دارند و بهترین ناحیه برای برداشت آب زیرزمینی هستند. مقدار شاخص از سمت شرق به غرب دشت کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش در محدوده غرب دشت مشاهده شد. محدوده‌های مرکزی دشت دارای پتانسیل متوسطی در برداشت آب هستند وضعیت پتانسیل بهره‌برداری محدوده شهر نیشابور در کلاس قابلیت استحصال زیاد قرار دارد.

منابع

- ۱- ازغدی ع. ا. خراسانی ر. مکرم م و معزی ع. ۱۳۸۹. ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای سفره، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از GIS و - AHP تکنیک فازی. نشریه آب و خاک، ۲۴(۵): ۹۷۳-۹۸۴.

- 20- Malczewski J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis, Willy and Son.
- 21- Nagarajan R.A. Mukherjee A. R and Khire M.V. 1998. Temporal remote sensing data and GIS application in landslide hazard zonation of part of western ghat, India. *Int. J. Remote Sensing*, 19(4). 573-585
- 22- Pisinaras V. Petalas C. Tsihrintzis V.A and Zagana E. 2007. A groundwater flow model for water resources management in the Ismarida plain, North Greece, *Environmental Modeling and Assessment*, 12: 75-89.
- 23- Rahman A. 2008. A GIS based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in shallow aquifer in Aligarh, India *Applied Geography* 28 32-53
- 24- Rojas R. and Dassargues A. 2007. Groundwater flow modelling of the regional aquifer of the Pampa del Tamarugal, northern Chile, *Hydrogeology Journal*. 15: 537-551.
- 25- Saaty T. 1977. A scaling method for priorities in hierarchic structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15:234-281.
- 26- Saaty T. 1980. *The analytic hierarchy process* McGraw Hill.
- 27- Shiati K. 1999. World water vision for food: country case study Iran. Paper presented at the MENA Consultation Meeting, , Bari, Italy.
- 28- Ganapuram S. Kumar V. Krishna M. Kahya E. and Demirel C. 2009. Mapping of groundwater potential zones in the Musi basin using remote sensing data and GIS. *Advances in Engineering Software*, 40(7): 506-518.
- 13- Hill M. C. and Tiedeman C.R. 2007. *Effective groundwater model calibration*, Wiley Interscience, USA.
- 14- Kim Y. J. and Hamm S. 1999. Assessment of the potential for groundwater contamination using the DRASTIC/EGIS technique, Cheongju area, South Korea. *Hydrogeology Journal*, 7(2): 227-235.
- 15- Krishnamurthy J. and Venkatesesa K.N. 1996. An approach to demarcate ground water potential maps through remote sensing and GIS. *Int Journal Remote Sens*;7:1867-84.
- 16- Křremenov' O. 2004. Fuzzy modeling of soil maps. Helsinki university of Technology Department of Surveying. Pp 81.
- 17- Malczewski J. 1999. *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons. Pp 392.
- 18- Oberthür T. Dobermann A and Aylward M. 2000. Using auxiliary information to adjust fuzzy membership functions for improved mapping of soil quality. *International journal of Geographical Information System*, 14: 431- 454.
- 19- Margane A. 2003. guideline for Groundwater vulnerability mapping and risk assessment for the susceptibility of groundwater resources to contamination Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD) Management, Protection and Sustainable Use of Groundwater and Soil Resources in the Arab Region Project. 4 (122917):4-177.