

## کاربرد مدل شبکه عصبی در برآورد میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی (نمونه موردی: شرق جلگه اصفهان)

صدیقه کیانی سلمی<sup>۱\*</sup>، مینو نظیفی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۶

### چکیده

پیش‌بینی میزان مصرف آب کمک مؤثری به مدیران و بهره‌برداران سیستم‌های آب زیرزمینی است تا بتوانند نسبت به مدیریت صحیح مصرف اقدام کنند. هدف از انجام این پژوهش، پیش‌بینی میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی شرق جلگه اصفهان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Networks) به‌عنوان ابزاری توانمند در مدل‌سازی فرایندهای غیرخطی و نامعین است. داده‌های استفاده‌شده در این مطالعه برای تحلیل وضعیت منابع آب زیرزمینی و پیش‌بینی وضعیت آینده، برداشت از آن با استفاده از روش شبکه عصبی، میزان تخلیه هریک از چاه‌های موجود در روستاهای منطقه مورد مطالعه به تفکیک سال‌های مختلف در فاصله زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۰ و به تعداد ۱۶۲۲۲ حلقه چاه است. نتایج به‌دست‌آمده از مدل با ۷ لایه ورودی و خطای کمتر از ۰/۰۰۱ در نمونه یادگیری و ۰/۰۲ در نمونه آزمون، مؤید آن است که تا سال ۱۳۹۴ میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه به میزان ۵۱۹ میلیون متر مکعب افزایش خواهد یافت. این مسئله با توجه به ناپایداری وضعیت منابع آب سطحی در منطقه لزوم طراحی برنامه‌ریزی مدیریت بحران را دوچندان می‌کند.

**کلمات کلیدی:** آب‌های زیرزمینی، بحران آب، پیش‌بینی، شبکه عصبی مصنوعی، شرق جلگه اصفهان.

۱. استادیار گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران / Email: s.kiani@kashnu.ac.ir

۲. کارشناس ارشد اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، ایران

## مقدمه

در دو دهه اخیر و به ویژه در سال‌های پایانی قرن بیستم، آب و مدیریت آن به یک دغدغه بزرگ بین‌المللی تبدیل شده است. تشکیل نشست‌های متعدد در سطوح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی در رده‌های مختلف کارشناسی، مدیریتی و سیاستی همه حاکی از تشدید این نگرانی‌هاست (جهانی، ۱۳۷۹). خشکسالی‌ها هم بر منابع آب سطحی و هم آب زیرزمینی تأثیر می‌گذارد که می‌تواند منجر به کاهش تأمین آب، بدتر شدن کیفیت آب، از بین رفتن محصول، کاهش سطح بهره‌وری، کاهش تولید نیرو، بر هم خوردن زیستگاه‌های کنار رودخانه، تعویق فعالیت‌های تفریحی و نیز حمل‌ونقل، آبرسانی شهری و دیگر فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی شود (هیم، ۲۰۰۲). تأثیرات این رخداد اقلیمی در سرزمین‌های خشک و کم‌آب نظیر ایران با بارندگی معادل یک‌سوم متوسط جهانی (عزیزی، ۱۳۸۱) شدیدتر بوده و امروزه به مسئله‌ای جهانی تبدیل شده است. بر پایه تحلیل‌های انجام شده از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۲، کشور با روند خشکسالی به‌ویژه در مناطق جنوب و جنوب شرق و تا حدودی جنوب غرب مواجه بوده است (کاوسی، ۱۳۸۹). همچنین در سال‌های آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ کمبود بارش، به‌طور میانگین ۲۳ درصد برآورد شده است. (صمدی بروجنی، ۱۳۸۹). در چنین شرایطی و با کاهش آب‌های سطحی برداشت از آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد، به‌گونه‌ای که در حال حاضر در سطح ملی، حجم برداشت از آب‌های زیرزمینی از سقف مجاز بهره‌برداری عبور نموده (سامانی، ۱۳۸۲) و عملاً میزان بهره‌برداری بیش از تغذیه آب‌های زیرزمینی بوده است (باب الحوائجی، ۱۳۸۴). در ایران استفاده از منابع آب زیرزمینی، قسمت عظیمی از نیازهای آب کشور (حدود ۵۵ درصد) را برطرف می‌کند. با توجه به اینکه زمان وقوع بارش و جریانات سطحی در اکثر مناطق کشور با زمان نیاز آبی بخش کشاورزی تطابق نداشته (سامانی، ۱۳۸۲) و توزیع میزان بارش در فصل زراعی حدود ۳۰ درصد و در فصل غیرزراعی، ۷۰ درصد کل بارش است، اغلب مناطق گفته شده از نظر بهره‌برداری و توسعه منابع آب زیرزمینی در

گروه مناطق ممنوعه بحرانی قرار دارند، لذا مهار کردن سیلاب‌ها و جریانات زیر سطحی در مناطق مذکور اهمیت زیادی دارد (سلامی و همکاران، ۱۳۸۵). از این رو در پژوهش حاضر، برای آگاهی از حجم تخلیه آب‌های زیرزمینی در سال‌های آتی اقدام به برآورد میزان تخلیه آب‌های زیرزمینی با استفاده از آنالیز شبکه عصبی شده است. در سال‌های اخیر نیز تحقیقات بسیاری در زمینه برآورد حجم آب‌های زیرزمینی صورت پذیرفته که در ادامه به مواردی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

مختاری و همکاران (۱۳۹۱) پژوهشی با عنوان پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: دشت شبستر) انجام داده‌اند. یافته‌ها حاکی از آن است شبکه عصبی مصنوعی با تابع آموزشی TRAINLM و تابع محرک TANSIG قادر به پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی ماهانه در بازه زمانی ۳ ساله با دقت بالای ( $R_2 = 99/63$ ,  $RMSE = 1/43$ ) در مرحله آموزش و ( $R_2 = 99/16$ ,  $RMSE = 1/167$ ) در مرحله صحت‌سنجی در محدوده است.

درخشان و همکاران (۱۳۹۲) به شبیه‌سازی شوری آب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در سواحل استان مازندران پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داد ضریب همبستگی بین مقادیر شبیه‌سازی‌شده و مقادیر واقعی ۰/۷۵ است. همچنین عوامل شوری آب سطحی، قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان (بافت و نوع تشکیلات) و فاصله از دریا، بهترین ورودی‌ها برای شبیه‌سازی شوری آب زیرزمینی و عوامل اصلی شوری آب زیرزمینی در سواحل استان مازندران هستند.

غلامی و همکاران در پژوهش با عنوان بررسی روش رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی ((ANN در شبیه‌سازی شوری آب زیرزمینی در سواحل استان مازندران دریافتند نتایج حاصل از هر دو روش، حاکی از آن است که عوامل نوع تشکیلات آبخوان، فاصله از دریا و شوری آب سطحی از عوامل اصلی میزان شوری آب زیرزمینی می‌باشند، اما کارایی شبکه عصبی مصنوعی در برآورد شوری آب

طی بیست سال آینده، با کاهش حدود ۱۷/۵ متر نسبت به وضع فعلی سفره مواجه خواهیم شد.

در شرایط کنونی، برداشت از آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه از سقف مجاز بهره‌برداری عبور نموده است. لذا در این پژوهش، به منظور آمادگی هرچه بیشتر به دنبال پاسخ به فرضیه «به نظر می‌رسد با توجه به وضعیت کنونی حجم برداشت از آب‌های زیرزمینی، افزایش خواهد یافت» با استفاده از آنالیز شبکه عصبی اقدام به برآورد میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی در سال‌های آتی شده است.

### روش‌شناسی پژوهش

توجه به پدیده‌ها و عوارض موجود در سیستم‌ها از یک طرف و پیچیدگی سیستم‌ها از طرف دیگر، محافل علمی را به ساده‌سازی سیستم‌ها متمایل ساخته است تا با شناخت روابط ساده و کارآمد و راه حل‌های ساده، بهتر بتوانند با صرف هزینه و زمان کمتر مسائل پیچیده را مورد ارزیابی قرار داده، آن‌ها را کنترل و مدیریت کنند. (هوک<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷) امروزه بهره‌گیری از فناوری‌های جدید و همچنین سامانه‌های پشتیبان پردازش اطلاعات می‌تواند نقش بسزایی در مدیریت منابع به‌خصوص منابع محدود آب که یکی از منابع باارزش و حیاتی به‌شمار می‌رود و همچنین مدل‌سازی ریاضی و فضایی آن داشته باشد (دامز<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸).

یکی از الگوهای غیرخطی که توانایی بالقوه خوبی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی از خود نشان داده، شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)<sup>۳</sup> است که می‌تواند درک چگونگی رفتار یک سیستم را میسر سازند. (کیانی‌مهر، ۱۳۹۲) روش شبکه عصبی مصنوعی، یک روش نوین در حل مسائل پیچیده است که یا الگوریتم مشخصی برای حل آن‌ها وجود ندارد یا از روش‌های متعارف دارای راه حلی طولانی و زمان‌بر است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۱). شبکه‌های عصبی مدل‌های ریاضی انعطاف‌پذیری هستند که قادرند با توجه به خصوصیت غیرخطی، بین ورودی و خروجی‌ها در

زیرزمینی بیشتر از روش رگرسیون چندمتغیره است.

لشکری‌پور و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی کمی آب‌های زیرزمینی دشت قوچان - شیروان با استفاده از GIS پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روش کریشنامتری همخوانی بهتری با نتایج چاه‌های این دشت نشان می‌دهد.

علیمحمدی و همکاران (۱۳۸۵) در کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی بیان می‌کنند که تنها با استفاده از مختصات مکانی چاه‌های پمپاژ می‌توان ضرایب پاسخ را با دقت کافی تولید کرد. نتایج حاصل حاکی از دقت بالای روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و عملکرد ضعیف روش رگرسیونی در تولید ضرایب پاسخ آبخوان برای مجموعه‌ای ثابت از داده‌های موجود است.

درزی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهش کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدیریت تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی، نحوه استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی رفتار یک آبخوان در اندرکنش هیدرولیکی با آب‌های سطحی را ارائه کرده‌اند. نتایج حاکی از دقت قابل قبول مدل تدوین شده و امکان اتصال آن به هر الگوریتم بهینه‌سازی در راستای حل مدل‌های مدیریتی است.

رحیمی (۱۳۹۰) در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت شهرکرد) بیان کرد ۵۹۰۰ هکتار از دشت دارای پتانسیل بالا برای برداشت و تغذیه مصنوعی و مناسب برای حفر چاه، ۱۶۰۰ هکتار پتانسیل متوسط و ۴۸۰۲ هکتار پتانسیل کم است.

خیرخواه زرکش و همکاران (۱۳۹۰) در تخمین حجم آب‌های زیرزمینی در حوضه‌های آبریز محورهای سد زیرزمینی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی استان قزوین) به برآورد و تخمین حجم آب‌های زیرزمینی به‌منظور استفاده در محورهای مستعد احداث سدهای زیرزمینی پرداخته‌اند.

رحمانی و همکاران (۱۳۸۳) در پیش‌بینی تغییرات آب زیرزمینی دشت بهار همدان دریافتند در صورت ثابت ماندن الگوی مصرف و همچنین عدم تغییرات در روند تغذیه سفره

1. Hook

2. Dams

3. Artificial Neural Networks

(البرزی، ۱۳۸۸)

در تحقیق حاضر با در نظر داشتن فرضیه «به نظر می‌رسد با توجه به وضعیت کنونی حجم برداشت از آب‌های زیرزمینی افزایش خواهد یافت»، میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه پیش‌بینی شده است.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. (معاونت برنامه ریزی استانداری اصفهان، ۱۳۹۱) مساحت این حوضه در حدود ۱۶۵۵۰ کیلومتر مربع از کل مساحت ۴۱۵۲۴ کیلومتر مربعی حوضه آبخیز زاینده‌رود را تشکیل می‌دهد. منطقه مورد مطالعه طبق نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵ دارای ۱۳۵۴۴۷ نفر جمعیت بوده که در قالب ۳۴۷۸۶ خانوار و در ۱۶۴ روستا توزیع شده‌اند. منطقه دارای یک رژیم بارشی زمستانه است. متوسط دمای روزانه ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد، معدل حداکثر مطلق ۲۴/۸ و معدل حداقل مطلق ۷/۷۵ درجه سانتی‌گراد، همچنین حداقل مطلق درجه حرارت منطقه که به شدت تحت تأثیر عوامل میکروکلیماتولوژی می‌باشد، برابر با ۱/۹۳- درجه سانتی‌گراد و حداکثر مطلق درجه حرارت مطلق ۴۱/۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. حداکثر رطوبت سالانه ۵۳/۰۵ درصد و کمترین مقدار آن برابر با ۱۷/۶ درصد در فصل تابستان به ثبت رسیده است (سازمان هواشناسی استان اصفهان، ۱۳۹۱).

در این منطقه به دنبال وقوع خشکسالی، پیامدهایی چون خشک شدن رودخانه زاینده‌رود، پایین رفتن سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی و در نتیجه از رونق افتادن کشاورزی ایجاد شده است (میرحاج، ۱۳۸۵). شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را ارائه می‌دهد.

شبیه‌سازی جریان رودخانه‌ها به‌طور مؤثری به‌کار روند (رستم افشار و همکاران، ۱۳۸۵). استفاده از شبکه عصبی کاربرد زیادی در علوم مختلف و از جمله در بررسی روابط و پیش‌بینی اهداف مختلف در زمینه هیدرولوژی و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی دارد. در واقع کلی بودن مدل، سازگاری آن با شرایط مختلف، مستقل و همچنین غیرخطی بودن از جمله ویژگی‌های بارز شبکه عصبی مصنوعی است. (سahoo<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۴) شبکه‌های عصبی دارای ویژگی‌های فراوانی از جمله انطباق‌پذیری، قابلیت یادگیری و تعمیم هستند (نمین و همکاران، ۱۳۹۲) و می‌توانند براساس طراحی خود، سیگنال‌های ورودی را پردازش و به سیگنال‌های خروجی مورد نظر تبدیل کنند (منهاج<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷). در سال‌های اخیر، شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌منظور مدل‌سازی در بسیاری از علوم به‌ویژه علوم مهندسی به‌کار گرفته شده است.

دیدگاه جدید شبکه عصبی در دهه ۴۰ قرن بیستم با تحقیق آقایان والتر پیتز<sup>۳</sup> و مک کلوک<sup>۴</sup> آغاز شد. ایشان نشان دادند که شبکه عصبی می‌تواند هر تابع حسابی و منطقی را محاسبه کند (منهاج، ۱۳۷۹). مدل پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی در سال ۱۹۴۶ توسط مک کالوخ و پیت مطرح شد که یک مدل ساده خطی بود. در سال ۱۹۴۹، هب قانون آموزش را بیان کرد و استفاده از آن را در آموزش شبکه عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار داد (شکاری، ۱۳۷۹).

نخستین کاربرد عملی شبکه‌های عصبی در اواخر دهه ۵۰ قرن بیستم مطرح شد. این شبکه قادر بود الگوها را از هم شناسایی کند. در خلال دهه ۸۰، تحقیقات روی شبکه‌های عصبی افزایش پیدا کرد و ایده‌های بسیار جدیدی مطرح شد. از نیمه دهه ۹۰، نسل بعدی شبکه‌های عصبی مطرح شد. در نهایت امروزه استفاده عملی و پیاده‌سازی تجاری و سخت‌افزاری شبکه‌های عصبی مصنوعی ممکن شده است.

1. Sahoo & et al
2. Menhaj
3. Walter pitz
4. Mac Clock



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

### نتایج

خشکسالی، عمق چاه‌ها در منطقه مورد مطالعه افزایش یافته و کشاورزان برای دسترسی به آب بیشتر اقدام به کف‌شکنی‌های متعدد کرده‌اند، به طوری که طبق مطالعات میدانی انجام گرفته عمق چاه‌های عمیق از حدود ۱۲۰-۱۳۰ متر به بیش از ۲۰۰ متر افزایش یافته است. علی‌رغم افزایش عمق چاه‌ها، میزان آب استحصال شده قابل توجه نبوده و با وجود صرف هزینه زیاد، کشاورزان با افت کیفیت آب به موازات افزایش عمق مواجه بوده‌اند (مطالعه میدانی و مصاحبه، ۱۳۹۱).

آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه به سه دسته چاه (عمیق، نیمه عمیق)، چشمه و قنات تقسیم می‌شوند. چنان‌که در جدول (۱) مشخص است، طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸ درباره چاه‌های عمیق و نیمه عمیق با روند افزایشی مواجه هستیم، ولی در مورد قنات، روند به صورت کاهشی بوده که عمدتاً ناشی از خشک شدن قنات است (سازمان آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۱). شایان ذکر است به تبع رخداد

جدول (۱): وضعیت منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

سال	تعداد چاه عمیق	متوسط تخلیه چاه عمیق (میلیون متر مکعب)	تعداد چاه نیمه عمیق	متوسط تخلیه چاه نیمه عمیق (میلیون متر مکعب)	تعداد قنات	متوسط تخلیه قنات (میلیون متر مکعب)	جمع کل تخلیه (میلیون متر مکعب)
۸۳-۸۲	۶۴۲	۹۲/۴	۴۴۲۰	۵۵۷/۴	۲۶۳	۲۲/۲	۶۷۲/۹
۸۴-۸۳	۶۷۸	۸۳/۹	۴۵۶۰	۵۵۴/۴	۲۶۳	۳۴/۴	۶۷۳/۵
۸۵-۸۴	۷۰۸	۷۸/۸	۴۷۵۴	۵۱۲/۸	۲۶۳	۲۵/۳	۶۱/۶
۸۶-۸۵	۸۳۳	۱۳۰	۱۵۱۹۳	۹۵۹/۵	۱۸۵	۱۴/۶	۱۱۰/۶
۸۷-۸۶	۸۵۲	۱۱۷	۱۵۶۲۴	۸۸۹/۶	۱۸۵	۱۶/۶	۱۰۲۴/۳۶
۸۸-۸۷	۸۷۵	۹۴/۶	۱۶۰۹۱	۷۴۵/۵	۱۸۵	۱۶/۳	۸۵۷/۷

منبع: سازمان آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۱

افت کند. در جدول (۲) تغییرات سطح آب ارائه شده است.

برداشت بی‌رویه از مخازن آب زیرزمینی موجب شده میزان تغذیه آبخوان جواب‌گویی برداشت نبوده و سطح آب زیرزمینی

با استفاده از روش شبکه عصبی، میزان تخلیه هریک از چاه‌های موجود در روستاهای منطقه و به تفکیک سال‌های مختلف (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۰) به تعداد ۱۶۲۲۲ چاه است. نتایج در جدول (۳) ارائه شده است. برای مدل سازی از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. با توجه به اطلاعات در دسترس، مدل‌های شبکه عصبی، انواع معماری‌ها و ساختارهای متفاوت و با تعداد لایه‌های میانی متفاوت و تعداد متفاوت گره‌های هر لایه برای داده‌های موجود به منظور محاسبه و بررسی اجرا شد و مدلی که کمترین خطا را داشت، به عنوان مدل شبکه عصبی برازش شده به داده‌ها تعیین شد. به دلیل قرار گرفتن دنباله‌ها در محدوده مجاز می‌توان استنتاج کرد که داده‌های اندازه‌گیری شده در پژوهش حاضر همگن می‌باشند.

جدول ۲: مجموع تخلیه از منابع آب زیرزمینی و تغییرات سطح آب

سال	جمع کل تخلیه (میلیون متر مکعب)	تغییرات سطح آب
۸۳-۸۲	۶۷۲/۹	+۰/۲۸
۸۴-۸۳	۶۷۳/۵	+۰/۱۵
۸۵-۸۴	۶۱/۶	+۰/۲۱
۸۶-۸۵	۱۱۰/۶	+۰/۴۴
۸۷-۸۶	۱۰۲۴/۳۶	-۱/۱۲
۸۸-۸۷	۸۵۷/۷	-۰/۹۸

منبع: سازمان آب منطقه‌ای اصفهان (واحد آب‌های زیرزمینی) و محاسبات نگارنده، ۱۳۹۱

### پیش‌بینی میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش شبکه عصبی

داده‌های استفاده شده در این مطالعه برای تحلیل وضعیت منابع آب زیرزمینی و پیش‌بینی وضعیت آینده برداشت از آن

جدول (۳): میزان تخلیه آب‌های زیرزمینی (میلیون متر مکعب)

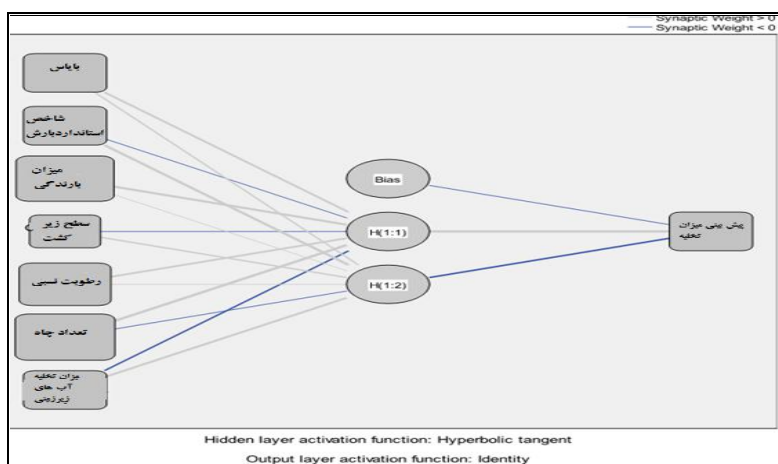
سال	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰
برآآن جنوبی	۹۵/۷	۱۱۰/۱	۷۹/۳	۱۳۴/۸	۱۲۴	۱۴۹/۵	۱۷۷/۹	۲۰۲/۸	۲۱۰/۹
برآآن شمالی	۹۸	۱۱۰/۳	۱۱۹	۲۰۲/۱	۱۷۱/۹	۲۰۷/۱	۲۴۶/۵	۲۸۱	۲۹۲/۲
جی	۱/۲	۱/۳	۱/۲۴	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۶	۰/۶۹	۰/۷۲
قهاب جنوبی	۲/۱	۲/۲	۲/۰۷	۱/۵۸	۱/۴۵	۱/۷	۲/۰۸	۲/۳۷	۲/۴۷
قهاب شمالی	۰/۱	۰/۱	۰/۱۱	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۵۳	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۷۵
کرارج	۱۲۷	۱۳۴/۲	۱۲۳/۱	۱۶۰	۱۱۷/۴	۱۴۱/۵	۱۶۸/۴	۱۹۱/۹	۱۹۹/۶
رودشت شرقی	۲۰/۳	۲۱	۵۲/۵	۱۷۵/۴	۱۳۰/۸	۱۵۷/۶	۱۸۷/۵	۲۱۳/۸	۲۲۲/۳
گاوخونی	۴۳/۷	۳۷/۷	۳۴/۶	۶۶/۹	۴۹/۶	۵۹/۸	۷۱/۱	۸۱/۱	۸۴/۳
امامزاده عبدالعزیز	۲۲/۹	۳۲/۹	۳۲/۳	۳۳/۶	۳۰/۹	۳۷/۲	۴۴/۳	۵۰/۵	۵۲/۵
رودشت	۳/۳	۳/۵	۱/۹۶	۵/۹۸	۵/۵	۶/۶	۷/۸	۸/۹	۹/۳۵
کل	۴۱۴/۵	۴۵۳/۷	۴۴۶/۴	۷۸۱/۶	۶۳۲/۷	۷۶۲/۶	۹۰۷/۱	۱۰۳۴	۱۰۷۵/۴

منبع سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان، ۱۳۹۱

### لایه‌های ورودی شبکه عصبی

۱. میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی (به تفکیک دهستان)
۲. شاخص SPI (شاخص استاندارد خشکسالی)
۳. متوسط بارندگی دریافتی طی سال‌های گذشته
۴. سطح زیرکشت طی سال‌های گذشته
۵. متوسط رطوبت نسبی
۶. تعداد چاه‌های موجود در منطقه
۷. AR که متغیر کلی میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی (جمع ده دهستان) در یک دوره قبل است.
- متغیر وابسته یا پاسخ (لایه خروجی شبکه عصبی)

متغیر پاسخ یا لایه خروجی، متغیری است که هدف اصلی پیش‌بینی آن بوده و پیش‌بینی آن برای ما اهمیت دارد که در این مطالعه، متغیر میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی در آینده خواهد بود.



شکل (۴): مدل‌سازی شبکه عصبی از متغیرهای مستقل، میانگر و پاسخ

غیرخطی نسبت به روش‌های خطی به‌طور بهتر عمل می‌کند. در جدول (۵)، میزان اهمیت متغیرهای ورودی در مدل‌سازی شبکه عصبی و پیش‌بینی میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی نشان داده شده و بیانگر آن است که متغیر تعداد چاه در پیش‌بینی برداشت از آب‌های زیرزمینی و در نتیجه، برآورد حجم کل تخلیه به روش شبکه عصبی بسیار اهمیت دارد و بیشترین ضریب اهمیت در جدول نیز متعلق به همین متغیر است. متغیرهای میزان بارندگی، رطوبت نسبی، شاخص خشکسالی، متوسط برداشت از منابع آب زیرزمینی و سطح زیر کشت در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

جدول (۵): ضریب اهمیت متغیرهای مستقل یا ورودی‌ها		
متغیر مستقل	ضریب اهمیت	ضریب اهمیت نرمال‌شده
شاخص خشکسالی	۰/۱۳۲	%۵۰/۶
میزان بارندگی	۰/۲۴۶	%۹۴/۴
سطح زیر کشت	۰/۰۳۵	%۱۳/۵
رطوبت نسبی	۰/۱۹۶	%۷۵/۴
تعداد چاه	۰/۲۶۰	%۱۰۰
متوسط برداشت از منابع آب زیرزمینی	۰/۱۳۱	%۵۰/۴

منبع: یافته‌های حاصل از کاربرد مدل شبکه عصبی، ۱۳۹۱

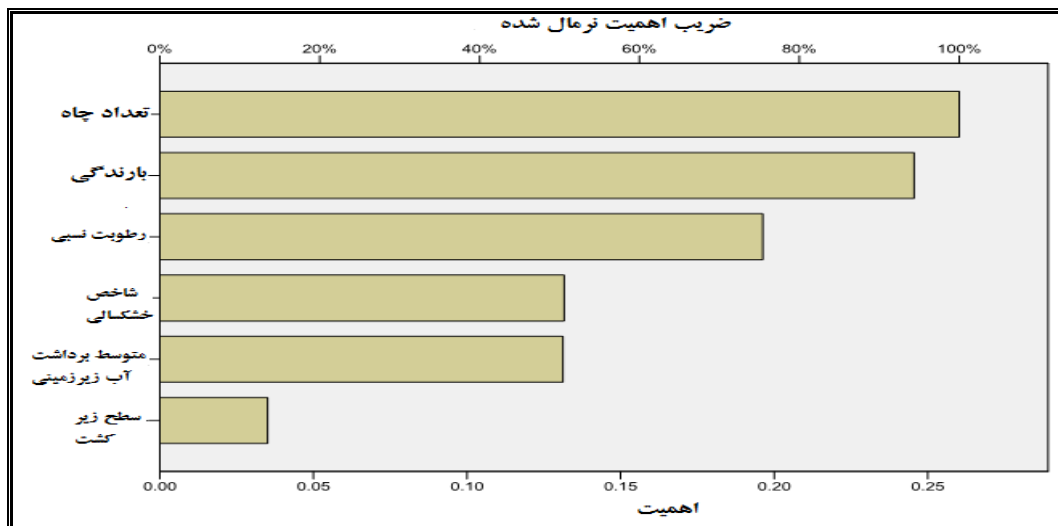
بنابراین در مدل مورد استفاده شبکه پیش‌خور<sup>۱</sup> با تعداد ۱ لایه پنهان با ۲ عنصر و تابع غیرخطی تانژانت هیپربولیک استفاده شد. تعداد تکرار آموزش توسط نرم‌افزار به‌صورت خودکار تاجایی که خطا پس از کم شدن شروع به افزایش می‌کند، انتخاب می‌شود. شبکه به صورت اتفاقی<sup>۲</sup> و غیرقابل بازگشت به شبکه<sup>۳</sup> تدوین شده است. نتایج به‌دست‌آمده از مدل شبکه عصبی در جدول (۴) خلاصه شده است:

جدول ۴: نتایج مدل شبکه عصبی		
نتایج مدل شبکه عصبی		
مجموع مربعات خطا	۰/۰۰۱	نمونه یادگیری
خطای نسبی	۰/۰۰۳	
مجموع مربعات خطا	۰/۰۰	نمونه آزمون
خطای نسبی	۰/۰۰	

مأخذ: محاسبات نگارنده

طبق جدول (۵) مشخص است که خطای پیش‌بینی در شبکه عصبی طراحی شده در مطالعه حاضر، کمتر از ۰/۰۰۱ در نمونه یادگیری و ۰/۰۲ در نمونه آزمون می‌باشد. این در حالی است که روش‌های رگرسیون معمولی و سری زمانی، خطایی حدود ۰/۰۵ خواهند داشت. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر این است که شبکه عصبی به‌عنوان تکنیکی برای الگوسازی

1. Feed-forward
2. randomize
3. batch



شکل (۵): نمودار ضریب اهمیت نرمال شده متغیرهای مستقل

جدول (۶): پیش‌بینی میزان برداشت تا سال ۹۴

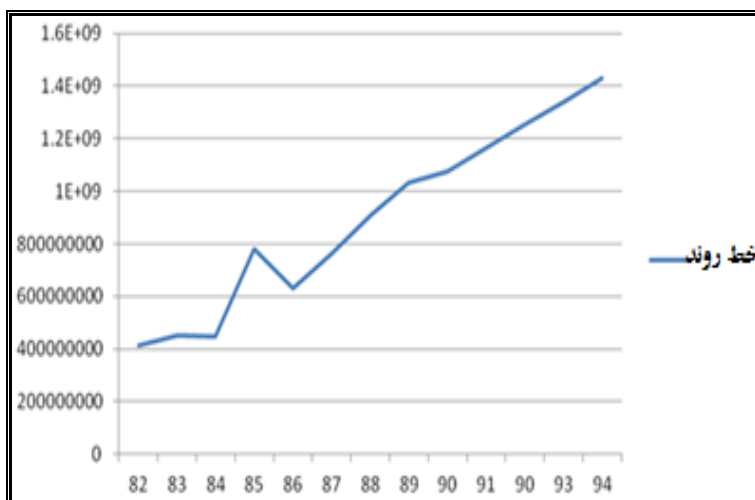
سال	میلیون متر مکعب
۱۳۹۱	۱۱۷
۱۳۹۲	۱۲۵
۱۳۹۳	۱۳۴
۱۳۹۴	۱۴۳
کل	۵۱۹

منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۱

### تحلیل روند برداشت از منابع آب زیرزمینی

در جدول (۶) نتایج حاصل از کاربرد مدل شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. چنان‌که ملاحظه می‌شود ارقام به‌دست‌آمده تأییدکننده فرضیه تحقیق و حاکی از تشدید فشار بر منابع آب زیرزمینی و روند افزایش برداشت و تخلیه از آب‌های زیرزمینی در سال‌های آتی است.

شکل (۶) روند تخلیه آب‌های زیرزمینی را نمایش می‌دهد.



شکل (۶): نمودار پیش‌بینی روند تخلیه منابع آب زیرزمینی با استفاده از شبکه عصبی



## نتیجه‌گیری

مصنوعی به‌منظور تقویت و تعادل بخشی آبخوان‌ها، کنترل و استفاده بهینه از منابع آب‌های سطحی موجود، جلوگیری از بهره‌برداری و انسداد چاه‌های غیرمجاز، کنترل بهره‌برداری چاه‌های دارای پروانه، جلوگیری از توسعه بی‌رویه چاه‌ها و مهاجرت به شهرهای بزرگ از جمله اصفهان و رعایت سقف تخصیص تعیین‌شده جهت توسعه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، شاهد کاهش روند افت سطح آب زیرزمینی بوده و از مخاطرات ناشی از افت سطح آب زیرزمینی از جمله کاهش حجم مخازن آب زیرزمینی، کاهش آبدهی و خشک شدن چاه‌ها و قنوت، نشست سطح زمین و تخریب مخازن آب زیرزمینی، هجوم آب شور، تنزل و تخریب کیفیت آب شیرین منابع آب زیرزمینی و انتشار و پخش آلودگی‌های بیش از وضع موجود جلوگیری کرد.

با توجه به پیش‌بینی‌های شبکه عصبی در آینده نیز حجم برداشت از آب‌های زیرزمینی به میزان ۵۱۹ میلیون متر مکعب خواهد رسید. پیش‌بینی افزایش برداشت از آب‌های زیرزمینی، به معنی تشدید مشکلات منابع آب زیرزمینی در آینده و در نتیجه، تشدید ناپایداری در منطقه مورد مطالعه خواهد بود. افت سطح آب زیرزمینی مشکلاتی همچون خشک شدن چاه‌های آب، کاهش دبی رودخانه، تنزل کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و استحصال آب را به دنبال دارد. امید می‌رود با اجرای برنامه‌های به تعادل رساندن آبخوان‌ها از جمله افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی با استفاده از روش‌های مدرن آبیاری به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب، اعمال مدیریت صحیح مصرف آب در بخش‌های شرب و صنعت، مطالعه و اجرای طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه

## منابع

1. Alborzi, M., 2009, Basic understanding of the neural network, Sharif University of Technology Publishers.
2. Alimohammadi, S., Afshar, A., 2006, Application of artificial neural network to simulate groundwater, the second Conference on Water Resources Management, Isfahan, Isfahan University of Technology, Community of Science and Water Resources Engineering
3. Azizi, Gh., Safarkhani, E., 2002, Evaluation of drought and its impact on the yield of wheat in the province with an emphasis on recent drought, lecturer, Volume 6, Number 2,
4. Babolhavaeji, M., 2009, Drought disaster management in the Hormozgan province, MSc Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran.
5. Dams J, Woldeamlak T.S, Batelaan o (2008) Forecasting land-use change and its impact on the groundwater system of the Kleine Nete catchment, Belgium.
6. Darzi, F., Safavi, H. 2008, The use of artificial neural networks in the integrated management of surface water and groundwater, the Fourth National Congress of Civil Engineering.
7. Derakhshan, s., Gholami, V., Deravari, Z., 2013, Simulation of groundwater salinity using artificial neural network (ANN), science and engineering, irrigation, Volume 32, Issue 2, pp. 61-68.
8. Department of Planning Isfahan Governor, 2012.
9. Jahani, A., 2000, Water security and demand management, Tenth Conference National Committee on Irrigation and Drainage.
10. Gholami, V., Derakhshan, SH., Deravari, Z.,

- 2012, Study of multivariate regression analysis and artificial neural network (ANN) to simulate groundwater salinity in the Mazandaran coastal province, *Journal of Water in Agriculture*, Volume 26, Number 3.
11. Hosseini, S.M., Mirsalehi, M.M, saghi, H., 2002, Application of neural network in a centralized routing Flood, *Engineering Journal*, Issue II.
  12. Hosseini Abari, S.H., An approach on the rural geography of Iran, *Isfahan University Publication*.
  - 13-Hook, J.M.,2007, complexity selforganization and variation in behavior in meandering rivers. *Journal of geomorphology* 91.
  14. Isfahan Regional Water Authority, 1391. *Statistics and information unit*.
  15. Kavosi, N., 2010, Drought report, the measures taken.
  16. Kiani Mehr, Kh., 2013, Neuro-fuzzy modeling of time series of rainfall - runoff Navrood, Master's thesis, University of Kashan.
  17. Kheir Khah Zarkesh, M., Tafreshi,GH., Majidi, A., Asadian, F., Mohebbi Tafreshi, A., 2011, Estimating the volume of ground water In basins Underground dam Using RS and GIS (Case study of Qazvin Province), *Journal of land and resources Lahijan Branch*, Issue IV.
  - 18- Lashkaripoor gh., Nakhaee, M., Behzadifar, V., 2012, Quantitative groundwater in Shirvan plain Ghochan by GIS, *Journal of Water and Irrigation*, Issue VII.
  19. Menhaj M., 2007, Artificial Neural Network. Amirkabir university of Technology Publishers.
  20. Mokhtari, Z., Nazemi, A., Nadiri, A., 2012, Prediction of groundwater level by using artificial neural networks, *Journal of Applied Geology*, Vol. 8, No. 4, pp. 345-353.
  21. Namin, H., Nazemi, A.,2013, The use of artificial neural networks in modeling GMDH porous media flow, *Thirteenth Annual Conference of Mechanical Engineering*.
  22. Rahmani, A., Sedehi, M., 2006, Prediction of changes in groundwater level by using time series in spring Hamadan, *water and sanitation*, Volume 15, Number 3, Number 51, pp. 42-49.
  23. Rahimi,D., 2011, Potential evaluation of groundwater resources (Case study: Shahr –e-kord plain), *Journal of Geography and Environmental Planning*, year 22, Serial 44, Issue 4.
  24. Rostam Afshar,N., Fahimi,H., Pireh, A., 2006, Simulation and prediction stream flow using neural networks and Fooriye model, *Iran Water Resources Research*, Issue 1.
  25. Sahoo G.B, Ray C,Wade H.F., 2004, Pesticide prediction in ground water in North Carolina domestic wells using artificial neural networks. *Ecological Modelling*, 183 ,29– 46.
  26. Samani, J., 2003, *Water Resources Management and Sustainable Development Report*, Office of Research Infrastructure, Water Research Center.
  27. Salami, H., 2006, Exclusion criteria for identifying suitable sites for construction of underground dams, the twenty-fifth meeting of Geological Sciences, Geological Survey of Iran.
  28. Samadi Boroujeni,H., Ebrahimi, A., 2010,

The consequences of the drought and how to cope with it, Water Resources Research Center, Shahrekord University.  
29. Shekari, M., 2011, The application of neural

network in modeling of Wind suspended sediment, Master's thesis desertification, Kashan University, Department of Natural Resources and Earth Sciences.