بسم الله الرحمن الرحيم

١١٣٦٢٩

دانشگاه تربیت معلم تهران
دانشکده علوم

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته زمین شناسی (گرایش آبشناسی)

عنوان

پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت بیرجند ازطریق شبکه عصبی مصنوعی(ANN)

۱۳۸۸/۲/۲۸

تدوین

علی میرعربی

استاد راهنما

دکتر محمد نخعی

ماه و سال

بهمن ۸۷

۱۱۳۹۶۹

هذا من فضل ربي

تقدیم به

پدر صبورم

مادر مهربانم

و

همسر عزیزم

تقدیر و تشکر

علم دریایی است بی حد و کنار طالب علم است غواص بحار
گر هزاران سال باشد عمر او او نگردد سیر، خود از جستجو

بر خود لازم می دانم که در این مجال از زحمات استاد ارجمندم جناب آقای دکتر محمد نخعی که با راهنمایی ایشان این پایان نامه را تدوین کردم سپاسگزاری نمایم. و همچنین اساتید ارجمند جناب آقای دکتر محسن رضایی، جناب آقای دکتر فردی و جناب آقای دکتر محمدزاده که از محضر ایشان کسب علم نموده ام کمال سپاس و قدردانی را دارم.

از جناب اقای دکتر حمید رضا ناصری که داوری این پایان نامه را پذیرفتند کمال تشکر را دارم. همچنین از آقای مهندس بهروز اعتباری (شرکت آب منطقه ای خراسان جنوبی) که در جمع آوری اطلاعات با اینجانب همکاری صمیمانه داشته اند تشکر و قدردانی می نمایم.

از دوستان گرامی ام آقایان محمد فزونی، نادر چنانی، مهدی تلخابی، فرشاد پورنظری و هادی مدرس که در این چند سال همیشه نسبت به من لطف داشته اند صمیمانه تشکر می کنم و موفقیت شان را در تمام مراحل زندگی از خداوند منان خواستارم.

در پایان از خانواده دلسوز و مهربانم که در مراحل زندگی همیشه پیشتیبان و همراهم بوده اند تشکر کرده و امیدوارم جوابگوی محبتهای بی دریغشان باشم.

چکیده :

استفاده ازشبکه عصبی در پیش بینی متغیرهای منابع آبی از جمله آب زیرزمینی بطور گسترده رو به افزایش است. در این تحقیق از طریق شبکه عصبی مصنوعی سه هدف شامل تعیین پارامترهای موثر بر نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت بیرجند، بررسی تاثیر مکانی و زمانی پارامترهای سطح آب از طریق دادههای زمانی ۱۰ ساله و مدلسازی نوسانات سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای منتخب در دشت مورد مطالعه می باشد را دنبال می کند. بهترین مدلسازی نوسانات سطح آب با مدل شبکه عصبی *FNN-LM* از طریق انتخاب پارامترهای مناسب و با قابل قبول ترین تاخیر زمانی بدست آمد. سپس با تغییر درصدی ۱۲ ماه آخر داده های ورودی در مدل اقدام به ایجاد ۴ شرایط فرضی گردید و با توجه به مدلهای شبکه عصبی بدست آمده به پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی در این شرایط فرضی پرداخته شد.

فهرست

مقدمه ۱
فصل اول: مروری بر پیشینه پژوهش ۳
۱-۱- مقدمه ۳
۱-۲- مروری بر تحقیقات انجام یافته ۳
فصل دوم: روش پژوهش، ابزار و مواد ۱۱
۲-۱-مقدمه ۱۱
۲-۲- معرفی شبکه عصبی مصنوعی ۱۱
۲-۲-۱- مزیت های شبکه های عصبی: ۱۱
۲-۲-۲- کاربردهای شبکه عصبی: ۱۲
۲-۲-۳- اجزای کلی شبکه عصبی مصنوعی ۱۳
۲-۲-۴- ساختار های شبکه عصبی مصنوعی ۱۵
۲-۲-۴-۱- شبکه های پیشرو *(Feedforward)* ۱۵
۲-۲-۴-۲- شبکه های برگشتی *(Backforward)* ۱۵
۲-۲-۴-۳- شبکه های شعاعی *(Radial Basis Function Networks)* ۱۶
۲-۲-۵- معرفی انواع شبکه عصبی ساده: ۱۶
۲-۲-۵-۱- پرسپترون *(Perceptron)* ۱۶
۲-۲-۵-۲- شبکه همینگ *(Haming)* ۱۷
۲-۲-۵-۳- شبکه هاپفیلد *(Hopfield)* ۱۷
۲-۲-۶- الگوریتمهای مختلف آموزش ۱۷
۲-۲-۶-۱-الگوریتم لونبرگ-مارکورت *(LM) Levenberg-Marquardt* ۱۷
۲-۲-۶-۲-گرادیان نزولی انتشار خطا به عقب با ممنتم ۱۸
۲-۲-۶-۳-تنظیم بایزین *(BR) Bayesian Regulazation* ۱۸
۲-۲-۷- تقسیم بندی شبکه ها از نظر نوع توابع عملگر ۱۸
۲-۲-۸- تقسیم بندی شبکه ها از نظر نوع آموزش ۱۹
۲-۲-۸-۱- آموزش نظارت شده *(Supervised)* ۱۹
۲-۲-۸-۲- آموزش غیرنظارت شده *(Unsupervised)* ۱۹
۲-۲-۹- آموزش شبکه های عصبی مصنوعی ۲۰
۲-۲-۱۰- صحت سنجی ۲۱
۲-۲-۱۱- معیار ارزیابی کارایی و خطای مدل ۲۲
۲-۳- ویژگیهای منطقه مورد مطالعه ۲۲
۲-۳-۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ۲۲
۲-۳-۲- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه: ۲۴
۲-۳-۲-۱- تشکیلات کرتاسه ۲۶
۲-۳-۲-۲- رسوبات نوع فلیش ۲۷
۲-۳-۲-۳- تشکیلات پالئوژن ۲۷
۲-۳-۲-۴- تشکیلات نئوژن ۲۷
۲-۳-۲-۵- رسوبات کواترنر ۲۸
۲-۳-۳- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه ۲۸
۲-۳-۴- هواشناسی ۲۹
۲-۳-۴-۱- بارندگی ۲۹
۲-۳-۴-۲- درجه حرارت : ۳۲

۲-۳-۴-۳- تبخیر و تعرق ۳۳
۲-۳-۴-۴- رطوبت نسبی: ۳۴
۲-۳-۴-۵- طبقه بندی اقلیمی منطقه ۳۵
۲-۳-۵- بررسی های اکتشافی دشت بیرجند ۳۷
۲-۳-۵-۱- مطالعات ژئوفیزیک ۳۷
۲-۳-۵-۲- نقشه هم ضخامت آبرفت ۳۸
۲-۳-۵-۳- نقشه مقاومت عرضی ۳۹
۲-۳-۵-۴- نقشه هم ارتفاع سنگ کف دشت بیرجند ۳۹
۲-۳-۶- هیدروژئولوژی دشت بیرجند ۴۱
۲-۳-۶-۱- بررسی ضرایب هیدرودینامیکی: ۴۱
۲-۳-۶-۲- رفتار سنجی چاههای مشاهده ای ۴۳
۲-۳-۶-۳- هیدروگراف واحد دشت ۵۳
۲-۳-۷- نقشه های هیدروژئولوژی ۵۵
۲-۳-۷-۱- نقشه هم پتانسیل دشت بیرجند ۵۵
۲-۳-۷-۲- نقشه هم عمق دشت بیرجند ۵۷
۲-۳-۷-۳- نقشه هم افت دشت بیرجند ۵۸
۲-۳-۸- بهره برداری از منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند ۵۹
۲-۳-۸-۱- چاه ۵۹
۲-۳-۸-۲- چشمه ۶۱
۲-۳-۸-۳- قنات ۶۲
۲-۳-۹- محاسبه بیلان دراز مدت آبخوان دشت بیرجند ۶۲
۲-۳-۹-۱- مدت یا دوره بیلان ۶۳
۲-۳-۹-۲- مجموعه ورودی آب زیرزمینی ۶۳
۲-۳-۹-۳- مجموعه خروجی آب زیرزمینی ۶۵
۲-۳-۹-۴- تغییرات حجم مخزن در دوره بیلان (ΔX) ۶۶
۲-۳-۱۰- محاسبه بیلان کوتاه مدت آبخوان آبرفتی دشت ۶۷
۲-۳-۱۰-۱- مدت یا دوره بیلان: ۶۷
۲-۳-۱۰-۲- مجموعه ورودی آب زیرزمینی: ۶۷
۲-۳-۱۰-۳- مجموعه خروجی آب زیرزمینی ۶۹
۲-۳-۱۰-۴- تغییرات حجم مخزن در دوره بیلان (ΔX) ۷۰
فصل سوم: بحث، تجزیه و تحلیل ۷۱
۳-۱- مقدمه ۷۲
۳-۲- انجام آنالیز حساسیت و تعیین ساختار شبکه عصبی و پارامترهای موثر بر نوسانات سطح آب ۷۲
۳-۳- مدلسازی سطح آب زیرزمینی در چاه مشاهده ای محمدیه در منطقه مورد مطالعه ۷۹
۳-۴- مدلسازی سطح آب زیرزمینی در چاههای مشاهده ای موجود در منطقه مورد مطالعه ۸۳
۳-۵- پیش بینی سطح آب زیرزمینی در چاههای مشاهده ای موجود در منطقه مورد مطالعه ۹۱
۳-۶- پیش بینی سطح آب در مناطق فاقد چاه مشاهده ای در محدوده مورد مطالعه و ترسیم منحنی هم تراز ۹۹
فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهاد ۱۱۴
۴-۱- نتیجه گیری ۱۱۴
۴-۲- پیشنهادها ۱۱۶
منابع و ماخذ ۱۱۷
Reference ۱۱۸

مقدمه:

یکی از فاکتورهای مهم در مدیریت صحیح هر زمینه، داشتن یک دید و نگرش مناسب از اتفاقات آینده در آن زمینه می باشد. در مدیریت منابع آب این امر مستثنی نبوده و آگاهی از وضعیت منابع آب در یک منطقه نقش تعیین کننده ای در برنامه ریزی های آبی، کشاورزی و ... آن دارد. خصوصا اگر بتوان با استفاده از تحلیل های آماری، مدلهای ریاضی و ... شرایط منابع آب در آینده را نیز پیش بینی نمود.

با توجه به کاهش نزولات جوی و خشکسالی دهه اخیر و در نتیجه کمبود آب در پهنه وسیعی از کشور، مدیریت آب‌های زیرزمینی از اهمیت و حساسیت بسیار زیادی برخوردار است. برای اعمال یک مدیریت صحیح نیاز به شناسایی و به مدل درآوردن و پیش بینی نوسانات سطح آب سفره های زیر زمینی در دشتها جهت برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و استفاده بیشتر و بهتر از پتانسیل‌های آبی دشتها عمیقاً احساس می‌شود. فاکتورها و عوامل مختلفی بر روی سطح آب زیرزمینی تاثیر گذار است که از جمله آنها، عوامل آب و هوایی(حرارت، میزان بارندگی، تبخیر)، میزان تخلیه و تغذیه از سفره و... می باشند، که تحلیل این پدیده را مشکل می سازند. مدلهای فیزیکی-مفهومی، رگرسیونی و سری های زمانی از معمولترین روشهای تحلیل نوسانات سطح آب زیرزمینی (هیدروگراف) می باشند.

اساس اکثر روش‌های پیش بینی بر پایه نوعی شبیه سازی از وضعیت موجود سیستم می‌باشد که اصطلاحاً به این موضوع مدل‌سازی (*Modeling*) گفته می‌شود. مدل‌های احتمالاتی یا مدل های آماری از رابطه مابین سری‌های زمانی و یک یا چند سری زمانی دیگر بهره می‌جویند.

امروزه به جهت پیش بینی و یافتن و درک روابط بین پارامترهای موثر در نوسانات سطح آب زیرزمینی (زمانی و مکانی)، از تکنیک های پیشرفته استفاده می گردد. یکی از این روشها استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می باشد، که این شبکه ها الهام گرفته از مغز انسان و چگونگی پردازش اطلاعات ؛ آموزش و یادگیری می باشد.

مدل شبکه عصبی مصنوعی در واقع یک مدل جعبه سیاه (*Black Box*) می باشد که فقط از طریق آموزش و یادگیری به ارتباط پیچیده و پنهان پدیده ها بخصوص پدیده های غیر خطی که بوسیله مدل های خطی و روابط آماری قابل درک و استنباط نیست، دست پیدا می کند.

مدلهای پیش بینی که از طریق شبکه های عصبی مصنوعی بدست می آید به نسبت مدلهای خطی نظیر *ARIMA* و یا حتی مدلهای غیر خطی دیگر مانند فازی مدلهای بسیار کارا بوده و نتایج بسیار خوبی را نشان می دهند.

در این تحقیق نیز با توجه به اهمیت موضوع مدیریت و بهره برداری بهینه از منابع آبهای زیرزمینی ، از طریق سری های زمانی به مدلسازی و شبیه سازی و در نهایت پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی در منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است. منطقه مورد مطالعه دشت بیرجند می باشد که منطقه ای خشک وبیابانی بوده و استفاده از آب زیرزمینی در آن از اهمیت بالایی برخوردار است.

فصل اول

مروری بر پیشینه پژوهش

۱-۱- مقدمه

در طی دهه اخیر استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی بطور روز افزونی در حیطه منابع آبی بویژه آبهای زیرزمینی در سراسر دنیا انجام شده است. با توجه به اینکه مدلهای شبکه عصبی نتایج خوبی ارائه می کنند استفاده از این مدلها در زمینه منابع آبی از مقبولیت خوبی برخوردار هستند. دراین فصل به بیان مختصری از کارها و تحقیقات قبلی در زمینه شبکه عصبی مصنوعی پرداخته شده است.

۱-۲- مروری بر تحقیقات انجام یافته

اخیراً از شبکه های عصبی مصنوعی که یکی از شاخه های هوش مصنوعی محسوب می شود، به عنوان روشی کارا در حل مسائل به روش معکوس به طور روز افزونی استفاده می شود.

از قرن نوزدهم به طور همزمان اما جداگانه از سویی نروفیزیولوژیستها سعی کردند سیستم یادگیری و تجزیه و تحلیل مغز را کشف کنند و از سوی دیگر ریاضیدانان تلاش کردند تا مدل ریاضی بسازند که قابلیت فراگیری و تجزیه و تحلیل عمومی مسائل را دارا باشد. اولین کوششها در شبیه سازی با استفاده از یک مدل منطقی توسط *McCulloch and Pitts(1984)* انجام شد که امروز بلوک اصلی سازنده‌ی اکثر شبکه های عصبی مصنوعی است . این مدل فرضیه‌هایی در مورد عملکرد نرونها ارائه می کند. عملکرد این مدل مبتنی بر جمع ورودیها و ایجاد خروجی است . چنانچه حاصل جمع ورودی‌ها از مقدار آستانه بیشتر باشد اصطلاحا نرون برانگیخته می‌شود. نتیجه این مدل اجرای توابع ساده منطقی مثل *OR* و*AND* بود.

نه تنها نروفیزیولوژیستها بلکه روانشناسان و مهندسان نیز در پیشرفت شبیه سازی شبکه‌های عصبی تأثیر داشتند. اولین بار توسط *Rosenblatt (1985)* شبکه پرسپترون معرفی شد. این شبکه نظیر واحدهای مدل شده‌ی قبلی بود. این سیستم می‌تواند یاد بگیرد که به ورودی داده شده خروجی تصادفی متناظر را اعمال کند.

سیستم دیگری از مدل خطی تطبیقی نرون توسط *Widrow and Hoff(1960)* به نام *Adalalin* ایجاد شد که اولین شبکه های عصبی بکار گرفته شده در مسائل واقعی بود. *Adalaline* یک دستگاه الکترونیکی بود که از اجزای ساده‌ای تشکیل شده بود روشی که برای آموزش استفاده می‌شد با پرسپترون فرق داشت.

کتابی توسط *Minisky and Papert (1969)* نوشته شد که محدودیتهای سیستمهای تک لایه و چند لایه پرسپترون را تشریح میکرد. نتیجه این کتاب پیشداوری و قطع سرمایه گذاری برای تحقیقات در زمینه شبیه سازی شبکه‌های عصبی بود. آنها با طرح اینکه طرح پرسپترون

قادر به حل هیچ مساله مهمی نمی‌باشد تحقیقات در این زمینه را برای مدت چندین سال متوقف کردند.

با وجود اینکه اشتیاق عمومی و سرمایه گذاری های موجود به حداقل خود رسیده بود برخی محققان تحقیقات خود را برای ساخت ماشینهایی که توانایی حل مسائلی از قبیل تشخیص الگو را داشته باشند ادامه دادند. از جمله *Grossberg(1980)* که شبکه‌ای تحت عنوان *Avalanch* را برای تشخیص صحبت پیوسته و کنترل دست ربات مطرح کرد. همچنین او شبکه های *ART(Adaptive resonance theory)* را بنا نهاد که با مدلهای طبیعی تفاوت داشت. *Anderson* و *Kohonen* نیز از اشخاصی بود که تکنیکهایی برای یادگیری ایجاد کردند. *Werbos(1974)* شیوه آموزش پس انتشار خطا*(Back Propagation)* را ایجاد کرد که یک شبکه پرسپترون چند لایه البته با قوانین نیرومندتر آموزشی بود.

پیشرفتهایی که در ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ بدست آمد برای جلب توجه به شبکه‌های عصبی بسیار مهم بود. برخی فاکتورها نیز در تشدید این مسئله دخالت داشتند از جمله کتابها و کنفرانسهای وسیعی که برای مردم در رشته‌های متنوع ارائه شد. امروز نیز تحولات زیادی در تکنولوژی *ANN* ایجاد شده است.

شبکه های عصبی مصنوعی برای اولین بار درآبهای زیرزمینی توسط *Aziz & Wong(1992)* جهت تعیین پارامترهای آبخوان استفاده شده است. دراین مطالعه که بر اساس توانائی شبکه های عصبی مصنوعی در شناسائی روندها و الگوها صورت گرفت، داده های افت انداز ه گیری شده به عنوان ورودی به منظور آموزش شبکه برای به دست آوردن قابلیت انتقال، ضریب ذخیره و نسبت فاصله چاه مشاهد ه ای از چاه پمپاژ به ضخامت آبخوان به کار برده شد. آنها جهت آموزش مدل خود که شامل الگوریتم *BP (Back-Propagation)* بود ازآموزش با ناظر استفاده کردند . آنها دو آبخوان تحت فشار و نشتی را مورد بررسی قرار دادند . پارامترهای پیش بینی شده توسط این شبکه عصبی مصنوعی سه لایه با نتایج بدست آمده از روشهای قدیمی و سنتی مثل تایس و ژاکوب قابل مقایسه بود و نتایج قابل قبولی را حاصل نمود.

یک شبکه عصبی مصنوعی برای مطالعات بهینه سازی در بهبود کیفیت آب زیرزمینی توسط *Rogers (1992)* ارائه داد. هدف این مطالعه پائین نگه داشتن میزان غلظت آلوده کننده ها در برخی چاهها بوده و بدین منظور از یک شبکه چند لایه پیشرو با الگوریتم *BP* استفاده کرد . ورودی ها، نسبت چاههای در حال پمپاژ به تعداد کل چاهها بودند ، بطوریکه چاههای در حال پمپاژ را یک و چاههای خاموش را صفر نامیدند . برای بدست آوردن نتایج مناسب، این روش با روش الگوریتم ژنتیک *(GA)* ترکیب شد . نتایج بدست آمده از این روش بسیار قابل قبول بود به طوری که این روش برای مناطق دیگر به کار برده شد *(Rogers et al., 1993; Rogers .&*

Dowla, 1994 ; Rogers et al., 1995) بر اساس این سه تحقیق که بوسیله ترکیبی جدیدی از *GA* و *ANNs* صورت گرفت، این روش ترکیبی بعنوان روشی کارا برای مطالعات بعدی معرفی گردید.

از شبکه عصبی مصنوعی *(ANN)* همچنین برای تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع و پارامتر توزیع اندازه دانه ها استفاده شده است *(Morshed & Kaluarachchi ,1998)*. آنها در این تحقیق به این نتیجه رسیدند که استفاده از الگوریتم ژنتیک به عنوان یک کنترل کننده *ANN* نتایج قابل قبول تری را حاصل می کند.

اولین بار یک مفهوم جدیدی به عنوان کریجینگ عصبی را برای بدست آوردن هدایت هیدرولیکی در یک سفره توسط *Rizzo and Dovgherty(1994)* معرفی شد. به این صورت که آنها از یک شبکه عصبی سه لایه کوهنن*(Kohonen)* با ورودی هائی مربو ط به مختصات نقاط و خروجی هائی به عنوان دسته های مختلفی از هدایت هیدرولیکی در منطقه مطالعاتی استفاده کردند .در این شبکه از الگوریتم بدون ناظر کوهنن استفاده شد. خروجی های شبکه توسط کریجینگ مدل شدند و به این ترتیب توانستند در کل منطقه هدایت هیدرولیکی را درون یابی کنند.

از یک شبکه عصبی سه لایه برای پیش بینی زمان عبوری در یک لایه تثبیت شده سیستم جذب استفاده شد *(Basheer & Najjar ,1995)*. داده های صحت سنجی در آموزش توسط مدل *HSDM* ساخته شده بودند. آنها با استفاده از آنالیز سیتماتیک توانستند سه ورودی را که بسیار در تعیین زمان عبوری مؤثر هستند ، تعیین کنند. این عوامل شامل غلظت ورودی، وزن مخصوص مواد جذب کننده و قطرذرات لایه نفوذپذیر بودند. آنها بوسیله آزمون و خطا ۱۰ نود برای لایه میانی شبکه انتخاب کردند وهمچنین نتیجه گرفتند که پیش بینی قابل اعتماد، بستگی به دامنه ورودی ها دارد.

جهت تعیین کیفیت و شوری آب رودخانه نیز از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. *Maier & Dandy (1996)* توسط شبکه عصبی مصنوعی با ۱۴۱ ورودی (مقادیر شوری روزانه سطوح آب و جریانها در ایستگاه بالادست و زمانهای قبلی) توانستند شوری رودخانه ای را در ۱۴ روز آینده پیش بینی نمایند. این شبکه شامل دو لایه مخفی بود که با الگوریتم *BP* آموزش داده شده بود. در این مطالعه برای تعیین ورودی های لازم و غلبه برای آموزش بیش از حد به ترتیب آنالیز حساسیت و صحت سنجی انجام گرفت. متوسط درصد خطا برای پیش بینی ۱۴ روزه داده هائی در باز ه زمانی چها ساله ۳,۳ تا ۷ درصد متغیر بود. آنها نتیجه گرفتند که تأثیر ساختار و نوع شبکه و,سرعت آموزش نسبتاً کم است.

جمعی از محققین برای پیش بینی آبشویی حشره کشها در خاک دارای پوشش گیاهی از شبکه های عصبی مصنوعی استفاده کردند *(Starret et al,1996)* . بعد از بررسی های گسترده، حلالیت حشره کشها، سرعت کاربرد آنها، فاصله زمانی استفاده از آنها و نوع آبیاری به عنوان ورودی شبکه انتخاب شده و خروجی شبکه عبارت از درصد حشره کشهای آبشویی شده در عمق ۵۰ سانتی متر از خاک بود. آنها از ۷۵ و۲۵ درصد داده ها به ترتیب برای آموزش و صحت سنجی شبکه ای با سه نود برای لایه مخفی استفاده کردند.

از شبکه های عصبی مصنوعی برای توضیح موقعیت جریان آب شور در محیط متخلخل و کانالی توسط *Sandhu & finch (1996)* در درون و در طول مرز دلتای *Sacramento San Joaquin* استفاده کردند. آنها نتیجه گرفتند که شبکه های عصبی مصنوعی می تواند کارائی بالائی در این گونه مطالعات داشته باشد. آنها ازداده های قدیمی ایستگاههای اندازه گیری جریان ورودی به دلتا به عنوان ورودی استفاده کردند و غلظت مواد جامد حل شده در بازه زمانی ۲۰ ساله ر ا به عنوان خروجی مدل در نظر گرفتند و از این شبکه برای پیش بینی شوری در قسمتهای مختلف دلتا استفاده کرده و نتایج قابل قبولی بدست آوردند.

توسط *Hutton et al.(1996)* از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی تشکیل و انتقال تر ی هالومتان *(THM)* در آبهای دلتائی استفاده شد و شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده برای پیش بینی *(THM)* بوسیله ورودی هائی مثل کلرید برم، زمان واکنش، دما و اسیدیته آموزش داده شد . آنها بدین منظورشبکه ای با ۲ لایه میانی، اولی با پنج نود و دومی با سه نود بکار بردند و نتیجه گرفتند که شبکه های عصبی مصنوعی توانائی پیش بینی گونه های متنوع *THM* و غلظت آن را در آب دلتائی دارند.

از طریق شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی و ارزیابی سطح ایستابی در زهکشی زیر سطحی مزارع نیز استفاده شده است*(Yang et al,1997)* . بارش روزانه، پتانسیل تبخیر و سطح ایستابی قبلی به عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شدند و خروجی، سطح ایستابی در زمان آینده بود. آنها نشان دادند که شبکه های عصبی می توانند توانائی بالائی در پیش بینی سطح ایستابی داشته باشند. کاربردهای دیگر ازشبکه های عصبی در آبیاری و زهکشی توسط یانگ و همکاران مورد بررسی قرار گرفت.

با استفاده از شبکه های عصبی پیشرو جهت مدلسازی متغیرها در پیش بینی منابع آب توسط *Coulibaly et al.(1999)* استفاده شد. مقایسه روشهای مختلف مدلسازی توسط *ANNs* در مقابل مدلهای مختلف با جزئیات کامل بوسیله بسیاری از مقالات بیان شده است. این مدلهای کارا در مسائل هیدرولوژیکی توسط *Karunanithi et al.(1994)* ، *Coulibaly et al.(2001)* و ... ارائه شده است.

در سال ۲۰۰۰ با توجه به گسترش روزافزون استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی انجمن مهندسین آمریکا *(ACSE)* مبانی و کاربردهای این مدلها در هیدرولوژی را تحت ۲ مقاله ارائه دادند. در این مقالات بسیاری از مفاهیم اساسی این مدلها و نیز روشها ئی که در آینده می توان از این مدلها و توانائی های مختلف آنها را که تا آن زمان مورد مطالعه قرار نگرفته بودند، ارائه کردند که از آن جمله می توان به آشکار ساختن فیزیک و عوامل مؤثر بر بسیاری از مسائل هیدرولوژیکی، شناسائی پارامترها و بررسی بسیاری از معادلات حاکم که حل عددی آنها با مشکلات فراوانی روبه رو است، تجزیه و تحلیل سری های زمانی مختلف، و تخمین پدیده های مختلف هیدرولوژیکی اشاره نمود. مطالعات بعدی که از این مدل بهره جسته اند، توسعه زیادی پیدا کردند.

جهت ازریابی توانائی های چندین ساختار و الگوریتم اجرای شبکه های عصبی مصنوعی به همت *Coulibaly et al. (2001)* برای تغییرات سطح ایستابی در آبهای زیرزمینی مورد بررسی قرار داده شد. این مطالعه توانائی بالای شبکه های عصبی مصنوعی در پیش بینی سطح ایستابی ماهانه را در آبخوانهای آبرفتی نشان داد . در این مطالعه آنها بهترین شبکه را برای پیش بینی سطح ایستابی از بین ساختارهای مورد بررسی از شبکه های عصبی مصنوعی را *RNN-BP* معرفی نمودند و به این نتیجه رسیدند که این ساختار برای ارزیابی سطح ایستابی با عمق زیاد بسیار مناسب هست و برای موارد زیر توانائی بالائی دارند: ۱- داده های کافی برای مدلسازی سفره در اختیار نباشد ، ۲- داده های موجود از اعتبار کمی برخوردار باشد ، و ۳- نیازی به مدلسازی درون سیستم آبخوان وجود نداشته باشد.

نخعی (۱۳۸۱) به تعیین منحنی هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک از روی منحنی دانه بندی آن با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی *RBFN* پرداخت. در این کار تحقیقاتی ازپنج نوع شبکه های شبکه عصبی مصنوعی جهت ساخت مدل تعیین هدایت هیدرولیکی بخش غیر اشباع خاک برای ۹۵ نمونه از خاک هایی که داده های مربوط به توزیع اندازه ذرات و ضریب هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک در بانک اطلاعاتی موجود بود ، استفاده شد . بعدا در خلال آموزش اطلاعات مربوط به هدایت هیدرولیکی اشباع *(Ksat)* نیز به داده ها افزوده شد. از این مدل ها در تلاش های مربوط به کشف داده ها جهت تشخیص حد اکثر دقت در پیش بینی هدایت هیدرولیکی غیر اشباع از روی داده های توزیع اندازه ذرات خاک استفاده شد، که برای این شبکه ها ۱۲ متغیر ورودی و ۱۶ متغیر خروجی معرفی شد که به ترتیب معرف منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات خاک و منحنی هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک بودند.

محمدی (۱۳۸۱) جهت شبیه سازی سطح آب زیرزمینی در دشت چمچال در استان کرمانشاه با استفاده از مدل شبکه عصبی انجام شده است. در این مطالعه در شبکه های پیشخور شبکه های پرسپترون توانستند سطح آب زیرزمینی را با استفاده از تمام پارامترهای

موثر بر چاه و حداقل چهار پارامتر قابل اندازه گیری نرخ آبیاری، بارندگی، برداشت از چاهها و تبخیر برآورد کنند. اما نیاز بود تا برای هر چاه مشاهده ای از یک شبکه استفاده شود. در شبکه های برگشتی هر شبکه به راحتی توانست سطح آب زیرزمینی را با حداقل چهار پارامتر ورودی برآورد کند.

دانشمندانی چون *Copola & Szidarovszky (2003)* نشان دادند که شبکه های عصبی مصنوعی دارای توانائی بالائی در پیش بینی دقیق سطح ایستابی در حالت غیرماند گار در سیستم در حال پمپاژ و موقعیتهای آب و هوائی مختلف دارند . آنها بیان کردند که نتایج پیش بینی شبکه های عصبی مصنوعی دقت بسیار بالاتری نسبت به مدلهای عددی نشان می دهند و این باعث شناسائی بهتر پارامترهای آبخوان در آزمایش پمپاژ می شود که می توان در بهینه سازی و مدیریت آبهای زیرزمینی از آن استفاده نمود . آنها نشان دادند که این مدلها برای مدلسازی آبخوانهای آهکی نشتی و کارستی که مدلهای عددی از مدلسازی آنها ناتوان هستند ، بسیار مورد تأیید می باشند.

برای اولین بار توسط *Lallahem, et al. (2005)* از شبکه های عصبی مصنوعی برای ارزیابی سطح ایستابی در سازند سخت استفاده شد . آنها بدین منظور از یک شبکه *MLP* استفاده کرده و سطح ایستابی در پیزومتر مرکزی را پیش بینی کردند . پس از انجام حساسیت سنجی ، آنها توانستند تنها با در دست داشتن سطح ایستابی از دو پیزومتر مجاور پیزومتر مرکزی و میزان بارش مؤثر، سطح ایستابی در دو پیزومتر دیگر علاوه بر پیزومتر مرکزی ر ا نیز پیش بینی کنند . آنها با توجه به نتایج بدست آمده نشان دادند این مدلها دارای برتری محسوسی نسبت به مدلهای عددی برای مدلسازی سطح ایستابی در مناطق کارستی می باشند. داده های ورودی در این تحقیق شامل حرارت متوسط ماهانه، تبخیر متوسط ماهانه، باران، باران موثر و نوسانات سطح آب ۱۳ پیزومتر موجود در دشت مورد مطالعه بوده است.

با استفاده از ۷ ساختار مختلف شبکه های عصبی مصنوعی در منطقه *Messara* واقع در جنوب یونان را که بر اثر اضافه برداشت از آبخوان برای مصارف کشاورزی با مشکل مواجه شده بود،توسط *Daliakopoulos & coulibaly(2004)* تهیه شد و توانستند مدلی ایجاد کرده و با استفاده از آن سطح ایستابی این آبخوان آبرفتی را پیش بینی نمایند. در این تحقیق از داده های ماهانه باران، دما و جریانات سطحی به مدت ۱۵ سال بعنوان ورودی شبکه و سطح آب سفره زیرزمینی بعنوان خروجی در نظر گرفته شده است. در این مطالعه آنها با استفاده از ساختار *FNN-LM* پیش بینی ۱۸ ماهه ای از سطح ایستابی در چاه مرکزی این حوضه ارائه دادند . نتایج بدست آمده از این مطالعه دارای دقت قابل قبولی بود.

برای اولین بار *Lin & chen(2005)* از طریق تلفیق معادله تایس و مدل شبکه های عصبی یک روش جدیدی جهت تعیین پارامترهای سفره پیشنهاد کردند. آنها در این تحقیق فقط از دادههای افت – زمان بعنوان ورودی شبکه استفاده کردند، و تابع عملگر را بصورت معادله تایس درآوردند و در آخر پارامترهای سفره *(T,S)* را بعنوان خروجی از مدل دریافت کردند.مدل ارائه شده توسط آنها دارای ساختاری شامل لایه ورودی با ۲۱ نود، لایه مخفی با۳۲ نود و لایه خروجی با ۱ نود داشته و زمان آموزش شبکه در حدود ۱۷ دقیقه طول کشیده است که نسبت به مدلهای ارائه شده قبلی دارای تعداد لایه ها و زمان آموزش کمتر دارد. از مزایای این روش تعیین پارامترهای سفره با دقت زیاد و با کمترین زمان جهت آموزش شبکه می باشد. تست کردن خروجی ها و شبکه عصبی مصنوعی ایجاد شده از طریق ۱۰۰۰ داده ساختگی*(synthetic)* نیز اثباتی بر مزایای این روش می باشد.

بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی سفره های کم عمق توسط *Nayak(2005)* پرداخته شد. بهترین و مناسبترین دادهها برای مدل شبکه عصبی از طریق تحلیل آماری *Cross correlation)* انجام پذیرفت. مدل ارائه شده شبکه عصبی با استفاده از دادههای۱۰ ساله باران، میزان خروجی سفره، و سطح آب زیرزمینی توانست به پیش بینی نوسانات ۴ ماه از ۲ چاه مشاهده ای موجود در یک سفره کم عمق ساحلی واقع در هند بپردازد.

در مطالعه ای دیگر توسط *Samani et al.(2007)* از طریق شبکه عصبی مصنوعی و معادله تایس به تعیین هدایت هیدرولیکی، ضریب انتقال و ضریب ذخیره پرداخته شد. مدل ارائه شده توسط آنها دارای ۱ نود در لایه ورودی، ۸ نود در لایه مخفی و ۱ نود درلایه خروجی می باشد. در این کار برای آموزش شبکه از ۱۰۲۰۵ داده استفاده نمودند و از ۲۰۰۰ داده ساختگی جهت تست و آزمودن شبکه بهره جستند.

مکنونی گیلانی(۱۳۸۵) نیز به منظور برآورد سطح آب زیرزمینی از مدل شبکه عصبی *RBFN* در معدن سنگ آهن گل گهر سیرجان استفاده کرد.. که در این مطالعه با استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی ، فایل داده ها در هر مورد شامل دو پارامتر طول و عرض شبکه محلی بعنوان متغیرهای ورودی و یک پارامتر ارتفاع سطح آب زیرزمینی در معدن بعنوان متغیر خروجی بود و تعیین ارتفاع سطح آب زیرزمینی با خطای کم *RMS=0.0063* انجام پذیرفت.

در تحقیقی دیگر برای تخمین پارامترهای آبخوان توسط *Garcia,, Shigid (2006)* نیز از شبکه های عصبی مصنوعی استفاده نمودند . در این مطالعه آنها با استفاده از بار هیدرولیکی و هدایت هیدرولیکی در محیط آبخوان گسسته شده مدلی از شبکه های عصبی مصنوعی ر ا برای تخمین پارامترهای آبخوان ارائه دادند و بیان نمودند که روش ارائه شده توسط آنها می تواند کمک بزرگی برای مدلسازی در یک محدود ه مطالعاتی دو بعدی برای حل مسائل معکوس باشد.

ندیری (۱۳۸۶) به ارزیابی توانائی های شبکه های عصبی مصنوعی در مدل سازی آبخوان کمپلکس تبریز پرداخت. در این مطالعه از ساختار های مختلف شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی سطح ایستابی این آبخوان در پیزومتر مرکزی استفاده شده است. از میان ساختارهای مختلف مورد استفاده بهترین نتایج مربوط به شبکه های عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونبرگ- مارکورت *(FNN-LM)* می باشد. در مرحله بعد، از این ساختار برای پیش بینی سطح ایستابی ۸ پیزومتر منتخب در منطقه استفاده شد. نتایج بدست آمده از ارائه مدلی واحد برای پیش بینی سطح ایستابی ۸ پیزومتر منتخب مطلوب به نظر نمی رسید به این منظور پیزومترهای منتخب به دو دسته تقسیم شده و برای هر دسته مدلی واحد ارائه شد. با افزایش تعداد نودهای خروجی هر مدل به تعداد پیزومترهای موجود در هر دسته، دو مدل با نتایج قابل قبولی بدست آمد. این نتایج توانست پیش بینی ماهیانه از سطح ایستابی آبهای زیر زمینی در پیزومترهای منتخب در بازه زمانی دو ساله را ارائه نماید.

فصل دوم

روش پژوهش، ابزار و مواد