بسم الله الرّحمن الرّحيم

١٠٢٢٨٩

دانشکده علوم

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته زمین شناسی (گرایش آبشناسی)

تجزیه و تحلیل داده های هیدروژئولوژیکی با تکنیکهای سری زمانی و شبکه عصبی مصنوعی

بوسیله ی:

لیلا مهدوی

استاد راهنما:

دکتر نوذر سامانی

۱۳۸۷/۱/۱۸

شهریورماه ۱۳۸۶

۱۰۳۲۸۹

به نام خدا

تجزیه و تحلیل داده های هیدروژئولوژیکی با تکنیکهای سری زمانی و شبکه عصبی مصنوعی

به وسیله‌ی:

لیلا مهدوی

پایان‌نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از
فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

زمین‌شناسی-آبشناسی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر نوذر سامانی، استاد بخش زمین‌شناسی (رئیس کمیته).....

دکتر عزت الله رئیسی، استاد بخش زمین‌شناسی.....

دکتر سید علی اکبر صفوی ، دانشیار بخش مهندسی برق و الکترونیک.....

دکتر مزدا کمپانی زارع، استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی.....

شهریورماه ۱۳۸۶

تقدیم به فرشته های زمینی:

پدر و مادر فداکار و همسر مهربانم که در تمامی
لحظات زندگی ام با وجود پرمهرشان مرا یاری دادند .

سپاسگزاری

سپاس فراوان خدای بزرگ را که فرصت بهره گیری از دریای علم و معرفت را بـه مـن عطـا نمود. بدون تردید انجام این پژوهش میسر نبود، مگر با راهنمایی خردمندانه استاد عزیزم جناب آقای دکتر نوذر سامانی که بدینوسیله مراتب تشکر و سپاس قلبی خود را به ایشان تقدیم مـی نمایم. از اساتید ارجمند، آقایان دکتر عزت الله رییسی، دکتر سید علی اکبر صفوی و دکتر مزدا کمپانی زارع که مشاورت این پژوهش را به عهده داشته و با نظرات، پیشنهادات و راهنماییهـای ارزنده شان نقش بسزایی در هر چه پربارتر شدن این تحقیق داشته اند، صمیمانه سپاسگزارم. از همگی آنها که در مراحل مختلف این رساله اینجانب را یاری نموده اند، به ویژه کارکنان محترم بخش علوم زمین دانشگاه شیراز، سازمان آب منطقه ای و مرکز مطالعات کارست استان فارس و همچنین از آقایان دکتر گوهری مقدم و سلمان پور بخاطر مساعدت هایشان صمیمانه تشکر می نمایم. از دوستان و همکلاسیهای عزیزم، بخاطر تمامی محبتهایشان متشکرم. در نهایت از پدر و مادرم،خواهر و برادران عزیزم و همسر مهربانم که در این مدت مشوق و همراه من بـوده انـد از صمیم قلب سپاسگزارم.

چکیده

تجزیه و تحلیل داده های هیدروژئولوژیکی با تکنیکهای سری زمانی و شبکه عصبی مصنوعی

به وسیله ی:

لیلا مهدوی

برنامه ریزی، توسعه و مدیریت و بهره برداری بهینه از منابع آب، ضرورت دسترسی به اطلاعات متنوع و متعددی را در زمینه های هواشناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، اقتصادی، اجتماعی و ... را تداعی می نماید. در این تحقیق از شبکه های عصبی مصنوعی که ابزاری نیرومند برای شبیه سازی فرآیندهای غیرخطی است و همچنین از مدلهای آماری کلاسیک سریهای زمانی ایستا استفاده شده است. پتانسیل شبکه های عصبی مصنوعی در مقایسه با مدلهای آماری برای پیش بینی سریهای زمانی هیدروژئولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفته است. جهت حصول به آمار مناسب، آمار ماهانه بارندگی، آبدهی چشمه های کارستی و نوسانات سطح آب زیرزمینی چاهها و پیزومترهای واقع در حوضه مهارلو گردآوری شده و در مدل های آماری سری زمانی ایستا خورند گردیده است. با این مدلها آبدهی چشمه های کارستی و نوسانات سطح آب زیرزمینی برای مدت دو سال پیش بینی گردید. آمار بارندگی را به عنوان داده های ورودی و آمار آبدهی چشمه ها و سطح آب زیرزمینی چاهها یا پیزومترها، به عنوان خروجی در شبکه های عصبی مصنوعی چند لایه (MLP) و با تابع پایه شعاعی (RBF) در نظر گرفته شده است. برای آموزش و ساخت مدلهای شبکه های عصبی مصنوعی و آماری، از ده سال اول آمار و برای صحت سنجی آنها از دو سال آخر آمار استفاده گردید. نتایج پیش بینی دو مدل نشان می دهد که شبکه های عصبی مصنوعی از دقت بالاتری نسبت به مدلهای آماری کلاسیک در شبیه سازی فرآیندهای هیدروژئولوژیکی برخوردار می باشند. همچنین با توجه به کاربرد فراوان سریهای زمانی هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی در مطالعات و برنامه ریزیهای مدیریتی در بسیاری از علوم نظیر کشاورزی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی و ... در مناطقی که با کمبود داده‌های تاریخی از این سریها مواجه‌ایم، استفاده از این مدلها بسیار مفید و ارزشمند می باشد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول ۱
تئوری و مروری بر تحقیقات گذشته ۱
۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- بررسی مدلهای پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی : ۲
۱-۲-۱- بکار گیری مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی. ٤
۱-۲-۱-۱- ساختار و مفاهیم شبکه عصبی مصنوعی ۵
۱-۲-۱-۲- تاریخچه شبکه های عصبی ۵
۱-۲-۱-۳- ساختار بیولوژیکی مغز: ۶
۱-۲-۱-۴- مدل ریاضی نرون ۸
۱-۲-۱-۵- شبکه عصبی مصنوعی ۹
۱-۲-۱-۵-۱- شبکه های عصبی پیش خور ۱۰
۱-۲-۱-۵-۱-۱- شبکه های MLP ۱۳
۱-۲-۱-۵-۱-۲- شبکه های RBF ۱٤
۱-۲-۱-۵-۲- فرآیند آموزش در شبکه های پیش خور ۱۷
۱-۲-۱-۵-۲-۱- آموزش شبکه های MLP ۱۸
۱-۲-۱-۵-۲-۱-۲- جریان پیش خور اطلاعات: ۱۹
۱-۲-۱-۵-۲-۱-۳- پخش وارونه خطا ۲۰
۱-۲-۱-۵-۲-۲- مشکلات آموزش ۲۲
۱) کاهش ضریب بهره ۲۲
۲) افزایش تعداد نرون های داخلی ۲۳
۳) عبارت گشتاور ۲۳
۴) افزایش اغتشاش (نویز) ۲٤
۱-۲-۱-۵-۲-۲- آموزش شبکه های RBF ۲٤

عنوان

صفحه

الف)تعیین وزنهای لایه پنهان(تعیین مراکز RBF) ۲٤
ب) تعیین انحراف استاندارد ۲۵
پ) تعیین وزنهای خروجی ۲٦
۱-۲-۱-۵-۲-۱- شبکه RBF و نحوه تصحیح وزنهای لایه خروجی ۲۷
۱-۲-۲- بکار گیری مدلهای سری زمانی ایستا در پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی. ۲۹
۱-۲-۲-۱- فرآیندهای تصادفی ۲۹
۱-۲-۲-۲- ایستا سازی سری های نا ایستا ۲۹
۱-۲-۲-۳- مؤلفه های سریهای زمانی ۳۰
۱-۲-۲-۳-۱- مؤلفه های تعیینی ۳۰
۱-۲-۲-۳-۲- مؤلفه تصادفی ۳۱
۱-۲-۲-۴- تکنیکهای تجزیه و تحلیل سریهای زمانی ۳۱
الف- سریهای زمانی منفرد (یگانه) ۳۱
۱- تابع خود همبستگی ۳۱
۲- تابع چگالی طیفی ۳۲
ب- سریهای زمانی دوگانه ۳۲
۱- تابع همبستگی متقابل (CCF) ۳۳
۱-۲-۲-۵- تشخیص و حذف روند در سریهای زمانی: ۳۴
۱-۲-۲-۶- تشخیص و حذف مؤلفه تناوبی در سریهای زمانی: ۳۶
۱-۲-۲-۷- مدلهای سری زمانی ۳۷
ب- پس از حذف روند ۳۸
۱-۲-۲-۷-۱- الگوهای سری زمانی ایستا ٤۱
۱-۲-۲-۷-۲- فرآیندهای خطی کلی ٤۱
۱-۲-۲-۷-۳- فرآیندهای اتورگرسیو (خودبرگشت) ٤۱
۱-۲-۲-۷-۴- فرآیندهای میانگین متحرک ٤٤
۱-۲-۲-۷-۵- فرآیندهای مرکب ٤۷
۱-۲-۲-۷-۶- استراتژی الگوسازی ٤۹
۱-۲-۲-۷-۶-۱- معرفی مختصر روش باکس و جنکینس ٤۹
۱-۲-۲-۷-۶-۲- تشخیص یا شناسایی الگو ٤۹
۱-۲-۲-۷-۶-۳- برازش الگو ۵۲
۱-۲-۲-۷-۶-۳-۱- روش کمترین مربعات ۵۲
الف- الگوهای اتورگرسیو ۵۲
ب- الگوهای میانگین متحرک ۵۳
ج- الگوهای مرکب ۵٤

عنوان

صفحه

۱-۲-۲-۷-۶-۴- بررسی درستی تشخیص و انتخاب الگو ۵۵
۱- بررسی درستی تشخیص ۵۵
۲- ملاک انتخاب الگو ۵۵
الف- محک آکاییکAIC و BIC ۵۵
ب- تجزیه و تحلیل باقیمانده ها ۵۶
۱-۲-۲-۸- پیش بینی ۵۸
۱-۳- مروری بر تحقیقات گذشته: ۶۰
فصل دوم ۶۸
زمین شناسی و هیدروژئولوژی ۶۸
۲-۱-مقدمه ۶۸
۲-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۶۸
۲-۳- آب و هوای منطقه ۶۹
۲-۴- زمین شناسی و چینه شناسی حوضه مهارلو ۶۹
۲-۴-۱- سری هرمز ۷۰
۲-۴-۲- گروه بنگستان ۷۰
۲-۴-۲-۱- سازند کژدمی ۷۰
۲-۴-۲-۲- سازند سروک ۷۱
۲-۴-۲-۳- سازند سورگاه ۷۱
۲-۴-۲-۴- سازند ایلام ۷۲
۲-۴-۳- سازند گورپی ۷۲
۲-۴-۴-سازند تربور ۷۳
۲-۴-۵- سازند ساچون ۷۳
۲-۴-۶- سازند پابده ۷۴
۲-۴-۷- سازند جهرم ۷۴
۲-۴-۸- سازند آسماری ۷۵
۲-۴-۹- سازند رازک ۷۶
۲-۴-۱۰- سازند آغاجاری ۷۷
۲-۴-۱۱- سازند بختیاری ۷۷
۲-۴-۱۲- رسوبات دوران چهارم ۷۸
۲-۵- ویژگی های منابع آب کارست در حوضه مهارلو ۸۰
۲-۶- زونهای کارستی منطقه مورد مطالعه ۸۰
۲-۶-۱- زون قره ۸۲

عنوان

صفحه

۲-۶-۱-۱- فیزیوگرافی حوضه ۸۲
۲-۶-۱-۲- زمین شناسی ۸۲
۲-۶-۱-۳- پدیده های کارستی ۸۲
۲-۶-۲- زون سبزپوشان ۸۳
۲-۶-۲-۱- فیزیوگرافی حوضه ۸۳
۲-۶-۲-۲- زمین شناسی ۸۳
۲-۶-۲-۳- پدیده های کارستی ۸۴
۲-۶-۳-زون کفترک ۸٤
۲-۶-۳-۱- فیزیوگرافی حوضه ۸۴
۲-۶-۳-۲- زمین شناسی ۸۵
۲-۶-۳-۳-پدیده های کارستی ۸۵
۲-۶-۴- زون تاقدیس پوک و قصرقمشه ۸٦
۲-۶-۴-۱- فیزیوگرافی حوضه ۸۶
۲-۶-۴-۲- زمین شناسی ۸۶
۲-۶-۴-۳- پدیده های کارستی ۸۶
۲-۶-۵- زون دراک ۸۷
۲-۶-۵-۱- فیزیوگرافی حوضه ۸۷
۲-۶-۵-۲- زمین شناسی ۸۷
۲-۶-۵-۳- پدیده های کارستی ۸۸
فصل سوم ۸۹
مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی و مدلسازی آماری ۸۹
۳-۱- مقدمه ۸۹
۳-۲- داده های مورد استفاده ۹۰
۳-۳- مدلسازی در شبکه های عصبی مصنوعی ۹۱
۳-۳-۱- پیش پردازش ها در مدلسازی شبکه های عصبی مصنوعی ۹۱
۳-۳-۱-۲ تابع corrcoef ۹۶
۳-۳-۲-آموزش شبکه های عصبی مصنوعی ۹۹
۳-۳-۲-۲-آموزش شبکه های RBF ۱۰۶
۳-۴- مدلسازی آماری در سریهای زمانی ۱۱۰
۳-۴-۱- پیش پردازش ها در مدلسازی آماری ۱۱۰
۳-۴-۱-۱- تجزیه و تحلیل سریهای زمانی ۱۱۰
۳-۴-۱-۱-۱- رسم نمودار زمانی سریها ۱۱۱

عنوان صفحه

۳-۴-۱-۱-۲- آنالیز خودهمبستگی سریها ۱۱۱
۳-۴-۱-۱-۳- آنالیز چگالی طیفی ۱۱۱
۳-۴-۱-۱-۴- حذف روند از سریها ۱۱۲
۳-۴-۱-۱-۵- تجزیه و تحلیل سریهای زمانی دوگانه در قلمرو زمان ۱۱۸
۳-۴-۲- مدلهای سریهای زمانی یگانه ۱۲۰
فصل چهارم ۱۲۷
بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۲۷
۴-۱- مقدمه ۱۲۷
۴-۲- تفسیر نتایج حاصل از آنالیز سریهای زمانی یگانه ۱۲۷
۴-۲-۱- تفسیر نمودارهای زمانی سریهای مورد مطالعه ۱۲۷
۴-۲-۲- تفسیر همبستگی نگار سریهای زمانی مورد مطالعه ۱۲۸
۴-۲-۲- تفسیر دوره نگار سریهای زمانی مورد مطالعه ۱۲۹
۴-۲- تفسیر نتایج حاصل از آنالیز سریهای زمانی دوگانه ۱۳۰
۴-۲-۱- بررسی علت تفاوت تأخیر بین بارندگی و عکس العمل سطح آب زیرزمینی در چاهها و چشمه های مختلف ۱۳۱
۴-۳- تفسیر نتایج حاصل از مدلسازی آماری ۱۳۱
۴-۴- تفسیر نتایج حاصل از مدلسازی عصبی ۱۳۱
۴-۵- نتایج و پیشنهادات ۱۳۳
منابع فارسی ۱۳۵
منابع انگلیسی ۱۳۷
پیوست شماره (۱) ۱۳۹
پیوست شماره (۲) ۱۵۹

فهرست جداول

جدول صفحه

جدول ۱-۱ - خصوصیات نظری توابع خود همبستگی نمونه ای و خودهمبستگی جزئی نمونه ای فرآیندهای ایستا ۵۰
جدول- ۱-۲- نتایج شبیه سازی بارندگی ۶۴
جدول ۲-۱- مشخصات عمومی منابع آب کارست مورد استفاده در تحقیق ۸۱
جدول ۳-۱- مشخصات پیزومترها و چشمه های مورد مطالعه ۹۱
جدول ۳-۲- نتایج حاصل از تابع **lipschit** بین زوج سریهای بارندگی با سطح آب زیرزمینی در پیزومترها و دبی چشمه های کارستی مورد مطالعه. ۹۶
جدول۳-۳- ماتریس وابستگی دبی کنونی چشمه پیربنو به داده های گذشته خود ۹۷
جدول۳-۴- ماتریس وابستگی دبی کنونی چشمه پیربنو به داده های گذشته باران سنجی ایستگاه فرودگاه شیراز ۹۷
جدول۳-۵- ماتریس وابستگی سطح آب زیرزمینی کنونی پیزومتر قرآن به داده های گذشته خود ۹۸
جدول۳-۶- ماتریس وابستگی سطح آب زیرزمینی کنونی پیزومتر قرآن به داده های گذشته باران سنجی ایستگاه فرودگاه شیراز ۹۸
جدول ۳-۷- پارامترهای شبکه **MLP** برای پیزومترها یا چشمه های مورد مطالعه ۱۰۵
جدول ۳-۸- نتایج مراحل آموزش و آزمایش شبکه **MLP** برای پیزومترها یا چشمه های مورد مطالعه ۱۰۵
جدول ۳-۹- پارامترهای شبکه **RBF** برای پیزومترها یا چشمه های مورد مطالعه ۱۰۹
جدول ۳-۱۰- نتایج مراحل آموزش و آزمایش شبکه **RBF** برای پیزومترها یا چشمه های مورد مطالعه ۱۰۹
جدول ۳-۱۱- ضرایب معادلات روند سریهای زمانی سطح آب زیرزمینی پیزومترها و دبی چشمه های کارستی منطقه مورد مطالعه ۱۱۳

جدول

صفحه

جدول ۳-۱۲- نتایج حاصل از آنالیز همبستگی نگار متقابل بین زوج سریهای بارندگی با سطح آب زیرزمینی در پیزومترها و دبی چشمه های کارستی ۱۱۹
جدول۳-۱۳- نتایج مدل های برازش شده در سریهای زمانی مورد مطالعه ۱۲۵
جدول۳-۱۴- نتایج مرحله صحت سنجی مدلهای آماری سریهای مورد مطالعه ۱۲۶

فهرست اشکال

شکل صفحه

شکل ۱-۱- ساختمان سلول عصبی ۷
شکل ۱-۲- ساختار یک نرون تک ورودی ۹
شکل ۱-۳- شبکه عصبی پیش خور ۱۰
شکل۱-۴- شکل نمونه یک شبکه عصبی MLP ۱۲
شکل ۱-۶- تابع انتقال ساز گاوسی ۱۵
شکل۱-۷- شکل نمونه یک شبکه عصبی RBF ۱۶
شکل ۱-۸- نحوه پردازش اطلاعات در نرونهای لایه پنهان ۱۷
شکل۱-۹- نحوه اصلاح نقص وارد شده به شبکه با عبارت گشتاور ۲۳
شکل ۱-۱۰- فرآیند آموزش در شبکه MLP ۲۸
شکل۱-۱۱ همبستگی نگار متقابل سری زمانی بارندگی در ایستگاه باران سنجی فرودگاه با آبدهی چشمه پیربنو پس از حذف روند ۳۵
شکل ۱-۱۲- نمودار سری زمانی سطح آب زیرزمینی در پیزومتر قرآن ۳۸
شکل۱-۱۳- همبستگی نگار سری زمانی سطح آب زیرزمینی در پیزومتر قرآن ۳۹
الف- قبل از حذف روند ۳۹
شکل۱-۱۴- دوره نگار سری زمانی سطح آب زیرزمینی در پیزومتر قرآن ۴۰
شکل۱- ۱۵- تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی برای مدل AR(1) با $\phi > 0$ و $\phi < 0$ ۴۳
شکل ۱-۱۶- تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی برای مدل MA(1) با $\theta_1 > 0$ و $\theta_1 < 0$ ... ۴۶
شکل ۱-۱۷ - مراحل ساخت الگو ۴۹
شکل ۱-۱۸- نمودار زمانی، همبستگی نگار و همبستگی نگار جزئی دبی چشمه پیربنو ۵۱
شکل۱-۱۹- نمودارهای تجزیه و تحلیل باقیمانده های دبی چشمه پیربنو ۵۹
شکل۱-۲۰- مقایسه بین دبی های شبیه سازی شده چشمه و دبی های مشاهده شده چشمه ۶۳
شکل ۲-۱- نقشه زمین شناسی حوضه مهارلو (تهیه شده براساس نقشه ۱:۵۰۰۰۰ سازمان آب شیراز) ۷۹

شکل

صفحه

شکل ۳-۱- تعیین میزان وابستگی متغیرها به گذشته خود برای چشمه پیربنو ۹۴
شکل ۳-۲- تعیین میزان وابستگی متغیرها به گذشته خود برای پیزومتر قرآن ۹۵
شکل ۳-۳- ساختار شبکه عصبی مصنوعی MLP چشمه پیربنو ۱۰۱
شکل ۳-۴ - نتایج مدل MLP برای شبیه سازی دبی چشمه پیربنو. ۱۰۳
شکل ۳-۵- نتایج مدل MLP برای شبیه سازی سطح آب زیرزمینی یزومتر قرآن ۱۰۴
شکل ۳-۷- نتایج مدل RBF برای شبیه سازی سطح آب زیرزمینی پیزومتر قرآن ۱۰۸
شکل ۳-۸- نمودارهای آنالیز یک متغیره سری زمانی دبی چشمه پیربنو ۱۱۴
شکل ۳-۹- نمودارهای آنالیز یک متغیره سری زمانی سطح آب زیرزمینی در پیزومتر P2 ..... ۱۱۵
شکل ۳-۱۰- نمودارهای آنالیز یک متغیره سری زمانی بدون روند دبی چشمه پیربنو ۱۱۶
شکل ۳-۱۱- نمودارهای آنالیز یک متغیره سری زمانی بدون روند سطح آب زیرزمینی در پیزومتر P2 ..... ۱۱۷
شکل ۳-۱۲- نمودار همبستگی نگار متقابل چشمه پیربنو و بارندگی ایستگاه فرودگاه شیراز ۱۱۹
شکل ۳-۱۳- نمودار همبستگی نگار متقابل سطح آب زیرزمینی پیزومتر P2 و بارندگی ایستگاه فرودگاه شیراز ۱۲۰
شکل ۳-۱۴- نمودار زمانی، همبستگی نگار و همبستگی نگار جزئی سری زمانی دبی ماهانه چشمه پیربنو، پس از تفاضلی کردن ۱۲ ماهه. ۱۲۲
شکل ۳-۱۵- نمودار زمانی، همبستگی نگار و همبستگی نگار جزئی سطح آب زیرزمینی پیزومتر قرآن پس از ایستایی ۱۲۳
شکل ۳-۱۶- نمودارهای تجزیه و تحلیل باقیمانده های سطح آب زیرزمینی پیزومتر قرآن ۱۲۴

فصل اول
تئوری و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه

در طول تاریخ زندگی مدنی بشر، همواره آب به عنوان یک منبع استراتژیک مطرح بوده و با ورود انسان به عصر صنعتی و فرا صنعتی، اهمیت آن افزایش قابل توجهی یافت است. اگر اهمیت آب را در عصر کشاورزی تنها در زمینه های شرب و آبیاری بتوان تصور نمود، در عصر صنعتی و فرا صنعتی، علاوه بر مصارف سنتی، این منبع به عنوان یک عامل زیر بنایی در رشد دیگر صنایع نیز نقش روزافزون بازی می کند. امروزه پیشرفت ملتهای ساکن در مناطق با اقلیم خشک، که در آن تولید غذا به شدت توسط مقدار و توزیع زمانی بارندگی کنترل می شود، به میزان تلاش این ملتها در زمینه مهار منابع محدود آب بستگی دارد.

با این توضیح می توان دریافت که در آینده نیز اندر کنش میان رشد شهرنشینی (مدنیت) که پیشرفت تمدن بشری مدیون آن است و گسترش سیستمهای مهار منابع آب همچنان ادامه خواهد داشت. در همین راستا، برنامه ریزی، طراحی و مدیریت هوشمندانه و دقیق سیستمهای منابع آب دارای اهمیت بسیاری می باشد.

ارتفاع سطح ایستابی منابع آبهای زیرزمینی متأثر از عوامل مختلفی مانند میزان، شدت و توزیع بارش، تأثیر رواناب سطحی و بطور ویژه میزان تغذیه به آبخوان زیرزمینی می باشد. علاوه بر اینها تغییرات سطح آب زیرزمینی به عوامل طبیعی مانند تبخیر و تعرق، جذر و مد اقیانوسها و حتی زمین لرزه، باد و عوامل مصنوعی مانند دخالت بشر در اعمال فشارهای خارجی بر آبخوان و تغییرات پوشش گیاهی و جنگلی، آبیاری و مقدار پمپاژ بستگی دارد. در این رابطه خصوصیات محیط کارستی و تخلخل آن نیز از عوامل مهم است. به هر صورت تغییرات سطح آب زیرزمینی مبین تغییرات فشار بر روی آن بوده و می تواند بصورت دراز مدت، فصلی و یا کوتاه مدت باشد. آبخوانهای کارستی، منابع مهمی از آبهای زیرزمینی در سرتاسر دنیا هستند که ساختار بسیاری از آنها بسیار پیچیده بوده و لذا جهت مدیریت و ارزیابی ذخیره و حفاظت

کمی وکیفی آنها به مطالعات ویژه ای نیاز می باشد. اصولاً پیچیدگی های هیدرولوژیکی آبخوانهای کارستی بعلت شرایط تغذیه متغیر و وجود جریانهای زیرسطحی و ساختار ناهمگن آنهاست. آب از طریق خاکها، از میان منافذ و شکستگی های وسیع شده سنگهای کارستی و مناطق ریزشی وارد آبخوان می گردد. پس از آن آب از طریق شبکه ایی از منافذ و شکستگیها و دالانهای انحلالی مرتبط با هم عبور می کند و به بخش اشباع آبخوان می پیوندد. در بسیاری از این آبخوانها بخشی از آب از طریق چشمه ها به خارج جریان می یابد و بخش دیگر بصورت ذخیره در سیستم باقی می ماند.

بعلت ویژگیهای خاص سیستمهای کارستی از جمله ماهیت ناهمگن و ناهمسویی و نقش مهم شکستگیها به عنوان مناطق تراوا برای عبور و انتقال آبهای زیرزمینی که آنها را از سایر سیستم ها هیدرولوژیکی مانند آبخوانهای آبرفتی شاخص و متمایز نمود است، بهره برداری از این منابع ارزنده باید با برنامه ریزی دقیق و مطالعات ویژه توأم باشد.

امروزه دیدگاه دیگری به موازات مدلهای سریهای زمانی، در زمینه پیش بینی مطرح شده است. بر طبق این دیدگاه، می توان روابط موجود بین متغیرها را با استفاده از روشهای جستجو در اطلاعات از طریق کامپیوتر فرا گرفت و از آنها برای پیش بینی مقادیر آینده، استفاده نمود.

پیش بینی، یک فرآیند بسیار پیچیده می باشد، به این دلیل که ما اغلب با سیتمهایی سر و کار داریم که دارای تعداد بسیار زیادی ورودی می باشند و این ورودیها تحت یک رابطه پیچیده غیر خطی با یکدیگر ارتباط دارند. اغلب با یک زیر مجموعه بسیار کوچک از ورودیهای موجود سیستم، رفتار آن سیستم در آینده تخمین زده میشود. چیزی که تضمین کافی برای حل اغلب مسائل دشوار پیش بینی را به ما می دهد این است که ورودیها برای سری های زمانی یکی پس از دیگری به هم مربوط می باشند که این امر منجر به ایجاد الگوهای سری زمانی ای میشود که می تواند اطلاعاتی را درباره آینده سیستم بدست دهد. فرآیند های آب زیر زمینی به طور شدیدی رفتار غیر خطی نشان می دهند و اگر مدلهای تحلیلی برای حل این مسائل بکار روند، در ازای رخداد یک اختلال غیر معمول در این مدلها، به سختی می توانند پیش بینی دقیقی داشته باشند. در طول دهه گذشته روشهای جدید کامپیوتری به ویژه در رابطه با هوش مصنوعی مانند سیستمهای عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک و منطق فازی در بخشهای مختلف مربوط به مهندسی آب و هیدرولوژی مانند رابطه بارندگی- رواناب، پیش بینی دبی و ارتفاع جریان و غیره مورد استفاده قرار گرفته است.

۱-۲- بررسی مدلهای پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی :

اکثر فرآیندهای هیدرولوژیکی شدیداً غیر خطی هستند و از نظر زمانی و مکانی بسیار متغیر می باشند. رابطه بارندگی سطح آب زیرزمینی را به عنوان فرآیندهای بشدت غیرخطی متغیر با زمان و توزیع شده در مکان می شناسند و این مسأله سبب شده است این رابطه را یکی از پیچیده ترین پدیده های هیدرولوژیکی بدانند. بطور کلی مدلهایی را که امروزه در هیدرولوژی بکار گرفته می شوند، می توان به سه دسته کلی طبقه بندی کرد (انجمن کاربردی شبکه های عصبی مصنوعی در هیدرولوژی[1]، ۲۰۰۰).

الف) مدلهای تجربی

ب) مدلهایی با اساس ژئومورفولوژی

ج) مدلهایی با اساس فیزیکی

مدلهای تجربی به سیستمهای هیدرولوژیکی مشابه یک جعبه سیاه می نگرند. این مدلها سعی دارند ارتباط میان ورودیهای تاریخی سیستم (بارندگی، دما و ...) و خروجی های سیستم (دبی چشمه، ارتفاع سطح آب زیرزمینی و ...) را بیابند. در تفکر جعبه سیاه - که نخستین بار توسط شرمن[2] پیشنهاد شد - تأکید اصلی و عمده روی توصیف رفتار سیستم بر اساس ورودی و خروجی سیستم است، لذا مدلهای تجربی که مبتنی بر همین طرز تفکر هستند نیازمند ثبت طولانی داده های تاریخی می باشند و به دلیل نداشتن اساس فیزیکی، برای حوضه های فاقد اطلاعات تاریخی عموماً قابل اعمال نیستند.

در این مدلها یک سیستم را صرفاً به منظور برقرار کردن رابطه بین ورودی - خروجی که بتوان از آن رابطه برای بازسازی وقایع گذشته یا پیش بینی وقایع آینده استفاده کرد بررسی می کنیم. در این نگرش سیستمی به نحوه عمل سیستم توجه می شود و نه به طبیعت آن یا قوانین حاکم بر عمل آن، بنابراین میل به فائق شدن بر مشکلاتی که ناشی از پیچیدگی های ورودی، پیچیدگی ساختار سیستم و پیچیدگی فیزیکی حاکم می باشد. رشد مدلهای تجربی در نهایت به پدیدار شدن مدلهایی با اساس ژئومورفولوژیکی انجامید که علیرغم اینکه ساختار حوضه آبریز و شبکه آبراهه ای را بخوبی توصیف می کند، اما دارای فرضیاتی می باشند. مدلهایی با اساس فیزیکی سعی دارند پدیده در دست بررسی را به بهترین و دقیق ترین شکل ممکن توصیف نمایند. این مدلها بر اساس تفکر جعبه سفید- که نخستین بار توسط هورتون[3] پیشنهاد شد- بنا شده اند. تفکر جعبه سفید هورتون بدون کمترین توجهی به داده های در دسترس، تأکید خود را روی شرح فرآیند و توصیف دقیق پدیده در دست بررسی قرار می دهد. این مدلها که به مدلهای مفهومی[4] نیز مرسوم هستند با ترکیب قوانین فیزیکی و استفاده از روشهای ریاضی، حل مسأله را به حل دستگاه معادلات دیفرانسیل جزئی مبدل می سازند و

---

[1]:Task Committee on Application of Artificial Neural Networks in Hydrology
[2]:Sherman
[3]:Horton
[4]:Conceptual models

نهایتاً مسأله را با تکنیک های حل عددی - که با گسسته کردن دامنه زمـان و مکـان بـه یـک دسته نقاط گره ای صورت می گیرد - حل می کننـد، ایـن مـدلها عمـدتاً تعیینـی[1] بـوده انـد. همانگونه که پیشتر گفته شد در مدلهای تجربی میان ورودی و خروجی سیستم، بدون نگـرش جزئی به ساختار درونی فرآیند فیزیکی مربوطه، ارتباط برقرار می شود.

اخیراً پیشرفت قابل ملاحظه ای در زمینه شناسـائی الگوهـای غیرخطـی[2] صـورت پذیرفتـه است. این مسأله به سبب پیشرفتهای بوجود آمده در شاخه مدلسازی تجربی غیر خطی بـه نـام شبکه عصبی مصنوعی می باشد. شبکه عصبی مصنوعی یک ساختار ریاضی غیر خطی است که این توانایی را دارد که روابط غیر خطی پیچیده مرتبط کننده ورودی و خروجی هر سیستمی را شبیه سازی نماید.

۱-۲-۱- بکار گیری مدل شبکه عصبی مصنوعی در پـیش بینـی نوسـانات سطح آب زیرزمینی

همانگونه که در بخش پیشین گفته شد، در بسیاری از مسائل عملـی بکـارگیری یـک مـدل تجربی ساده که بجای نگرش جزئی به ساختار درونی فرآیند فیزیکی، تنها به ایجاد ارتباط میان ورودیها و خروجیهای تاریخی سیستم بپردازد، کارساز می باشد. مدل شبکه عصبی مصنوعی که در زیرمجموعه روشهای مدلسازی تجربـی غیـر خطـی اسـت- امـروزه بـه عنـوان نمونـه ای از فرآیندهای بشدت غیرخطی و متغیر با زمان شناخته می شوند وجهت مدلسازی سیـستم هـای پویا و پیچیده غیرخطی پذیرفته شده اند. دلیل این امر آن است که شبکه های عصبی مصنوعی به طور عادی و بدون اینکه نیاز به حل معادلات دیفرانسیل جزئـی داشـته باشـند، غیـر خطـی بودن فرآیند مورد نظر را شبیه سازی می نمایند. همچنین از آنجایی که در شبکه های عـصبی مصنوعی این امکان وجود دارد که پارامترهای مدل به صورت پویا با وقایعی که در طـول زمـان مشاهده می شود روزآمد شوند; لذا این مدلها جهت مدلسازی سیستمهای پویا ابـزار توانمنـدی می باشند. در حقیقت می توان گفت که مدل شبکه عصبی مصنوعی جایگزین مدلهای آمـاری شده است با این برتری که در مدل شبکه عصبی مصنوعی برخلاف مـدلهای آمـاری نیـازی بـه انتخاب اولیه شکل تابع ریاضی مرتبط کننده ورودی و خروجی سیستم وجود ندارد.

---

[1]:Determnistic
[2]:Nonlinear pattern recognition

۱-۲-۱-۱- ساختار و مفاهیم شبکه عصبی مصنوعی

در سالیان اخیر شاهد حرکتی مستمر، از تحقیقات صرفاً تئوری به تحقیقات کابردی بخصوص در زمینه پردازش اطلاعات، که برای آنها راه حلی موجود نیست و یا براحتی قابل حل نیستند بوده ایم و با عنایت به این امر، علاقه فزاینده ایی در توسعه تئوریک سیستمهای دینامیکی هوشمند مدل- آزاد- که مبتنی بر داده های تجربی هستند ایجاد شده است، شبکه های عصبی مصنوعی جزء این دسته از سیستمهای دینامیکی قرار دارد، که با پردازش روی داده های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را به ساختار شبکه منتقل می کند به همین خاطر به این سیستمها هوشمند گویند، چرا که بر اساس محاسبات روی داده های عددی یا مثالها، قوانین کلی را فرا می گیرند، این سیستمها در مدلسازی ساختار نرو- سیناپتیکی مغز بشر می کوشند. در این فصل بصورت خلاصه و کلی مفاهیم اولیه مدلهای شبکه عصبی توضیح داده شده، سپس دو پارادایم مشهور از شبکه های عصبی پیشخور معرفی و با یکدیگر مقایسه خواهند شد. در این مطالعه از شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک ابزار توانمند در مدلسازی فرآیندهای غیر خطی، جهت پیش بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی استفاده شده است.

۱-۲-۱-۲- تاریخچه شبکه های عصبی

این فصل به بحث تاریخچه پیدایش شبکه های عصبی مصنوعی می پردازد. لازم به ذکر است که از این پس هر جا از شبکه های عصبی نام بردیم، منظور همان شبکه عصبی مصنوعی می باشد. تلاش برای فهم چگونگی عملکرد مغز و ساختار محاسباتی آن، از قرنها پیش در میان دانشمندان مطرح بوده است. این موضوع با شناختن عناصر اصلی ساختار مغز به نام نرون در اوائل قرن بیستم قوت یافت دیدگاه جدید شبکه های عصبی در دهه ۴۰ قرن بیستم شروع شد. زمانیکه وارن مک کلوث[۱] و والترپیتز[۲](۱۹۴۳) نشان دادند که شبکه های عصبی می توانند هر تابع حسابی و منطقی را محاسبه نمایند. تحقیقات این دو نفر را می توان سرآغاز شروع حوزه علمی شبکه های عصبی نامید. این موضوع با دونالد هب[۳] (۱۹۵۸)که روش شرط گذاری مکانیسمی را جهت یادگیری نرونهای بیولوژیکی ارائه داد، ادامه یافت.

۱: Warren McCulloch
۲: Walter pitts
۳: Donald Hebb