

## فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱
<b>فصل اول: مقدمه.....</b>	<b>۵</b>
۱-۱- مدل سازی و شبیه سازی.....	۵
۲-۱- مدل سازی پدیده های هیدرولوژیکی.....	۶
۱-۲-۱- مدل های مفهومی.....	۷
۲-۲-۱- مدل های آنالوگ.....	۸
۳-۲-۱- مدل های آماری.....	۸
۱-۳-۲-۱- پارامترهای آماری.....	۸
۲-۳-۲-۱- تحلیل همبستگی.....	۹
۴-۲-۱- مدل های فیزیکی.....	۹
۵-۲-۱- مدل های عددی.....	۱۰
۶-۲-۱- مدل های هوش مصنوعی.....	۱۰
<b>فصل دوم: سری های زمانی.....</b>	<b>۱۳</b>
۱-۲- مقدمه.....	۱۳
۲-۲- مروری بر مفاهیم سری زمانی.....	۱۴
۳-۲- بررسی و شناخت طبیعت غیرخطی متغیرها.....	۱۶
۱-۳-۲- ایستایی سری های زمانی.....	۱۶
۲-۳-۲- آماده سازی اطلاعات.....	۱۹
۳-۳-۲- عملگر تفاضل.....	۱۹
۴-۳-۲- حذف رفتار دوره ای.....	۲۰
۵-۳-۲- عملگر میانگین متحرک.....	۲۱
۶-۳-۲- نرمال سازی یک سری زمانی.....	۲۱
۷-۳-۲- تعیین پارامترهای مدل.....	۲۳
۸-۳-۲- صحت سنجی مدل ها.....	۲۳
۹-۳-۲- نظریه آشوب در سری های زمانی.....	۲۳
۱۰-۳-۲- سیستم های دینامیکی آشوبی.....	۲۴
۱۱-۳-۲- شاخص های تعیین ماهیت آشوبناکی.....	۲۵

## فصل سوم: روش‌های هوش مصنوعی در مدل‌سازی..... ۲۹

- ۲۹-۱-۳- شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)..... ۲۹
- ۲۹-۱-۱-۳- مدل ریاضی شبکه عصبی مصنوعی..... ۲۹
- ۳۰-۲-۱-۳- پرسپترون چند لایه..... ۳۰
- ۳۱-۳-۱-۳- آموزش شبکه..... ۳۱
- ۳۲-۴-۱-۳- الگوریتم پس انتشار خطا..... ۳۲
- ۳۴-۵-۱-۳- انواع مدل‌های شبکه عصبی..... ۳۴
- ۳۴-۱-۵-۱-۳- خودبازگشتی غیرخطی..... ۳۴
- ۳۵-۲-۵-۱-۳- مدل خودرگرسیون با ورودی‌های برون‌زا..... ۳۵
- ۳۷-۳-۵-۱-۳- مدل‌های رگرسیون عمومی عصبی (GRNN)..... ۳۷
- ۳۷-۴-۵-۱-۳- مدل‌های پایه شعاعی (RBF)..... ۳۷
- ۳۷-۵-۵-۱-۳- مدل‌های تبرید تدریجی عصبی (NDE)..... ۳۷
- ۳۸-۲- سیستم استنتاج تطبیقی عصبی فازی (ANFIS)..... ۳۸
- ۳۸-۱-۲-۳- قوانین اگر- آنگاه فازی و سیستم‌های استنتاج فازی..... ۳۸
- ۴۱-۳-۳- برنامه‌نویسی ژنتیک (GP)..... ۴۱
- ۴۴-۱-۳-۳- عملگرهای برنامه‌ریزی ژنتیک..... ۴۴
- ۴۴-۲-۳-۳- ساختار الگوریتم‌های ژنتیکی..... ۴۴
- ۴۵-۳-۳-۳- عملگرهای ژنتیکی..... ۴۵
- ۴۷-۴-۳-۳- مدل برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۴۷
- ۴۹-۱-۴-۳-۳- مراحل اصلی در برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۴۹
- ۵۰-۲-۴-۳-۳- ویژگی‌های برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۵۰
- ۵۱-۴-۳- ماشین بردار پشتیبان (SVM)..... ۵۱
- ۵۲-۱-۴-۳- ویژگی‌های ماشین بردار پشتیبان..... ۵۲
- ۵۳-۲-۴-۳- تئوری ماشین بردار پشتیبان..... ۵۳
- ۵۸-۳-۴-۳- دسته بندی غیرخطی ماشین بردار پشتیبان..... ۵۸
- ۵۹-۴-۴-۳- رگرسیون بردار پشتیبان..... ۵۹
- ۶۲-۵-۳- مدل شبکه بیزین..... ۶۲
- ۶۴-۱-۵-۳- دسته‌بندی الگوریتم‌های بیزین با روش‌های مختلف..... ۶۴
- ۶۴-۱-۱-۵-۳- الگوریتم‌های بهینه‌سازی بیزین..... ۶۴
- ۶۴-۲-۱-۵-۳- الگوریتم‌های بیزین ساده مثبت..... ۶۴
- ۶۵-۳-۱-۵-۳- شبکه‌های بیزین پویا..... ۶۵

- ۶۵..... شبکه‌های بیزین گوسین.....۴-۱-۵-۳
- ۶۶..... آموزش بیزین با شبکه عصبی (شبکه‌های عصبی بیزین).....۲-۵-۳
- ۶۶..... شبکه‌های بیزین ساده.....۳-۵-۳
- ۶۷..... درخت تصمیم.....۶-۳

### **فصل چهارم: تکنیک‌های ترکیبی هوش مصنوعی در مدل‌سازی.....۷۱**

- ۷۱..... مقدمه.....۱-۴
- ۷۲..... روش‌های ترکیبی موجک-هوش مصنوعی.....۲-۴
- ۷۲..... تبدیل فوریه.....۱-۲-۴
- ۷۳..... تبدیل موجک.....۲-۲-۴
- ۷۵..... تبدیل موجک پیوسته.....۱-۲-۲-۴
- ۷۸..... تبدیل موجک گسسته.....۲-۲-۲-۴
- ۸۰..... مدل ترکیبی شبکه عصبی موجک.....۳-۲-۴
- ۸۲..... مدل‌های تلفیقی شبکه‌ی عصبی-فازی تطبیقی-موجکی.....۴-۲-۴
- ۸۳..... مدل ماشین بردار پشتیبان-موجک (WLSSVM).....۵-۲-۴
- ۸۳..... سایر مدل‌های ترکیبی هوش مصنوعی.....۳-۴
- ۸۳..... روش ترکیبی شبکه خودسازمانده- هوش مصنوعی (SOM-AI).....۱-۳-۴
- ۸۴..... روش ترکیبی برنامه‌نویسی ژنتیک-هوش مصنوعی (GP-AI).....۲-۳-۴
- ۸۵..... روش ترکیبی کریجینگ-هوش مصنوعی (AI-Kriging).....۳-۳-۴

### **فصل پنجم: تحلیل آماری و مدل‌سازی.....۸۷**

- ۸۷..... مقدمه.....۱-۵
- ۸۸..... پیش‌پردازش داده‌ها.....۲-۵
- ۸۸..... پاک‌سازی داده.....۱-۲-۵
- ۸۸..... یکپارچه‌سازی داده.....۲-۲-۵
- ۸۹..... کاهش داده.....۳-۲-۵
- ۸۹..... تبدیل داده.....۴-۲-۵
- ۸۹..... تحلیل آماری.....۳-۵
- ۸۹..... تحلیل آماری توصیفی.....۱-۳-۵
- ۸۹..... شاخص‌های تمایل مرکزی.....۱-۱-۳-۵
- ۹۰..... شاخص‌های پراکندگی.....۲-۱-۳-۵

- ۹۰.....۳-۱-۳-۵- شاخص‌های چولگی
- ۹۰.....۴-۱-۳-۵- شاخص‌های کشیدگی
- ۹۰.....۲-۳-۵- آمار استنباطی
- ۹۱.....۱-۲-۳-۵- ویژگی آمار تحلیلی یا استنباطی
- ۹۱.....۲-۲-۳-۵- آزمون‌های پارامتریک
- ۹۱.....۳-۲-۳-۵- آزمون‌های ناپارامتریک
- ۹۲.....۳-۳-۵- آماره‌های تقریبی و تست فرضیه‌ها
- ۹۲.....۱-۳-۳-۵- آمار تقریبی
- ۹۲.....۲-۳-۳-۵- تست فرضیه
- ۹۳.....۴-۳-۵- مهم‌ترین آزمون‌های آماری
- ۹۳.....۱-۴-۳-۵- آزمون نرمال بودن یا نبودن
- ۹۴.....۲-۴-۳-۵- آزمون کلموگروف- اسمیرنوف
- ۹۴.....۳-۴-۳-۵- آزمون من- کندال
- ۹۵.....۴-۵- آماده‌سازی اطلاعات
- ۹۵.....۱-۴-۵- دیفرانسیل‌گیری فصلی
- ۹۶.....۲-۴-۵- نرمال‌سازی داده‌ها
- ۹۶.....۵-۵- ارزیابی پیچیدگی سری زمانی
- ۱۰۱.....۶-۵- تعیین ورودی‌های مناسب
- ۱۰۲.....۱-۶-۵- ضریب خودهمبستگی
- ۱۰۲.....۲-۶-۵- میانگین اطلاعات متقابل (آنتروپی شانون)
- ۱۰۳.....۷-۵- تقسیم داده‌ها
- ۱۰۳.....۱-۷-۵- کالیبراسیون مدل (واستجی مدل)
- ۱۰۴.....۲-۷-۵- صحت‌سنجی مدل
- ۱۰۵.....۳-۷-۵- تعیین مدل پیش‌بینی مناسب
- ۱۰۵.....۸-۵- مروری بر انواع معیارهای ارزیابی مدل‌ها
- ۱۰۵.....۱-۸-۵- ضریب کارایی نش- ساتکلیف
- ۱۰۶.....۲-۸-۵- جذر میانگین مربعات خطا
- ۱۰۶.....۳-۸-۵- میانگین قدر مطلق خطا
- ۱۰۷.....۴-۸-۵- میانگین قدرمطلق درصد خطا
- ۱۰۷.....۵-۸-۵- میانگین خطای نسبی
- ۱۰۷.....۶-۸-۵- ضریب همبستگی

- ۱۰۸-۷-۸-۵- میانگین مربعات خطا.....
- ۱۰۸-۸-۸-۵- مجموع مربعات خطا.....
- ۱۰۸-۹-۸-۵- ضریب جرم باقیمانده.....
- ۱۰۹-۱۰-۸-۵- میانگین قدرمطلق خطای نسبی.....
- ۱۰۹-۱۱-۸-۵- معیار اطلاعات آکائیک.....
- ۱۱۰-۱۲-۸-۵- شاخص نسبت میانگین مجذور مربعات خطا به انحراف معیار.....
- ۱۱۰-۱۳-۸-۵- خطای نسبی.....
- ۱۱۰-۱۴-۸-۵- خطای استاندارد.....

### فصل ششم: مدل سازی رسوب با روش های هوش مصنوعی..... ۱۱۱

- ۱۱۱-۱-۶- مقدمه.....
- ۱۱۲-۲-۶- مفهوم رسوب.....
- ۱۱۳-۱-۲-۶- واژه های کلیدی در هیدرولیک رسوب.....
- ۱۱۶-۲-۲-۶- طبقه بندی مواد رسوبی.....
- ۱۱۶-۱-۲-۲-۶- بار رسوبی بستر.....
- ۱۱۶-۲-۲-۲-۶- بار رسوبی معلق.....
- ۱۱۷-۳-۲-۲-۶- مواد محلول.....
- ۱۱۷-۳-۶- مدل سازی رسوب.....
- ۱۱۹-۱-۳-۶- کاربرد مدل شبکه عصبی مصنوعی برای مدل سازی رسوب.....
- ۱۲۴-۲-۳-۶- کاربرد روش برنامه ریزی ژنتیک در مدل سازی رسوب.....
- ۱۲۶-۳-۳-۶- کاربرد منطق فازی در مدل سازی رسوب.....
- ۱۲۹-۴-۳-۶- کاربرد ماشین بردار پشتیبان برای مدل سازی رسوب.....
- ۱۳۰-۵-۳-۶- کاربرد روش های ترکیبی در مدل سازی رسوب.....
- ۱۳۶-۶-۳-۶- کاربرد مدل های هوش مصنوعی در تخمین مقادیر بیشینه.....
- ۱۴۰-۷-۳-۶- کاربرد مدل های هوش مصنوعی در بررسی پدیده هیستریزیس.....
- ۱۴۰-۱-۷-۳-۶- مفهوم هیستریزیس.....
- ۱۴۲-۲-۷-۳-۶- بررسی پدیده هیستریزیس در پژوهش های پیشین.....
- ۱۴۳-۸-۳-۶- نتایج عمومی.....
- ۱۵۵-۱-۸-۳-۶- توزیع پژوهش های انجام شده با سال انتشار و منطقه مورد مطالعه.....
- ۱۵۹-۲-۸-۳-۶- تقسیم بندی داده ها.....
- ۱۶۰-۳-۸-۳-۶- معیارهای ارزیابی مدل.....
- ۱۶۱-۴-۶- نتیجه گیری و چشم انداز پژوهش های آینده.....

## فصل هفتم: مدل سازی تراز آب زیرزمینی با روش های هوش مصنوعی ..... ۱۶۵

- ۱-۷- مقدمه..... ۱۶۵
- ۲-۷- کاربرد شبکه عصبی در مدل سازی تراز آب زیرزمینی..... ۱۸۱
- ۳-۷- کاربرد سیستم استنتاج تطبیقی عصبی فازی در مدل سازی تراز آب زیرزمینی..... ۱۸۸
- ۴-۷- کاربرد برنامه نویسی ژنتیک در مدل سازی تراز آب زیرزمینی..... ۱۹۰
- ۵-۷- کاربرد ماشین بردار پشتیبان در مدل سازی تراز آب زیرزمینی..... ۱۹۱
- ۶-۷- کاربرد تکنیک های ترکیبی هوش مصنوعی در مدل سازی تراز آب زیرزمینی..... ۱۹۲
- ۷-۷- نتایج عمومی..... ۲۰۰
- ۱-۷-۷- انتخاب گام زمانی..... ۲۰۰
- ۲-۷-۷- انتخاب داده های ورودی..... ۲۰۱
- ۳-۷-۷- اندازه ی سری داده ها..... ۲۰۲
- ۴-۷-۷- تقسیم کردن داده ها..... ۲۰۳
- ۵-۷-۷- منطقه مورد مطالعه و نوع آبخوان..... ۲۰۵
- ۶-۷-۷- نرم افزارهای استفاده شده..... ۲۰۶
- ۷-۷-۷- توسعه نادرست مدل های هوش مصنوعی برای پیش بینی تراز آب زیرزمینی..... ۲۰۷
- ۸-۷- نتیجه گیری و چشم انداز پژوهش های آینده..... ۲۰۹

### پیوست: برنامه یک مدل ترکیبی شبکه عصبی و موجک برای پیش بینی تراز آب زیرزمینی

## (با زبان برنامه نویسی نرم افزار متلب):..... ۲۱۳

- فهرست منابع..... ۲۱۹