به نام خدا

۱۱۲۱۸۴

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

عنوان

# تخمین میزان رسوبات معلق رودخانه لیقوان با استفاده از مدل تطبیقی عصبی-فازی (ANFIS) و مدل سری های زمانی

استاد راهنما

دکتر سید علی اشرف صدرالدینی

استادان مشاور

دکتر علی حسین زاده دلیر  دکتر احمد فاخری فرد

پژوهشگر

سمیرا نعمتی

بهمن ماه ۱۳۸۷

۱۳۸۸/۵/۱۲

مدارک

۱۱۶۱۸۳

## تقدیر و تشکر

**پروردگارا بر ما درهای رحمتت را بگشای و گنج های دانشت را بر ما بگستران**

پروردگار عالم را ستایش می کنم که لطف بیکران خویش را بر من ارزانی داشت تا این مجموعه را فراهم آورم و پس از دو سال تلاش بی وقفه مرحله ای دیگر از زندگی خود را با موفقیت سپری نمایم. سپاس می گویم خداوند بزرگ را که مرا شایسته انجام این خدمت کوچک-گردانیدو توانایی انجام این کار را اعطا نمود.

بی تردید تهیه این مجموعه فراتر از توانایی و بضاعت علمی این حقیر بوده است. وظیفه خود می دانم از همه عزیزانی که در اتمام این پروژه بنده را مرهون لطف و عنایت خود قرار داده اند تشکر و قدردانی نمایم.

از پدر و مادر بزرگوارم که همچون دو پروانه جانسوز سختی های زندگی را برایم گوارا و دلنشین نمودند.

از شریک زندگی ام که دلسوزانه با علم خود راه را برای من مسطح می ساخت و پا به پای من این ره را می پیمود.

از تنها برادر عزیزم بخاطر فداکاری ها و تشویق هایش تشکر می کنم.

از استادان گرانقدرم جناب آقایان دکتر صدرالدینی، دکتر حسین زاده دلیر، دکتر فاخری فرد، دکتر فرسادی زاده، دکتر ناظمی و دکتر سلماسی و دانشجویان دکترا ی گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز کمال تشکر را دارم.

از هم کلاسی ها و دوستان عزیزم مهندسین سمیرا طلوعی، سارا ضحاک، رضا نیکپور و کلیه عزیزانی که در تدوین این پایان نامه بنده را یاری نمودند کمال سپاس و قدردانی را دارم.

از تمامی عزیزانی که بنا به اشتباه اسمی از آنها برده نشده پوزش می طلبم و موفقیت روزافزون را برای همه آنها آرزومندم.

**سمیرا نعمتی- بهمن ماه ۱۳۸۷**

نام خانوادگی دانشجو: نعمتی خیابانیان نام: سمیرا

عنوان پایان‌نامه: تخمین میزان رسوبات معلق رودخانه لیقوان با استفاده از مدل تطبیقی عصبی-فازی (ANFIS) و مدل سری های زمانی

استاد راهنما: دکتر سید علی اشرف صدرالدینی

استادان مشاور: دکتر علی حسین زاده دلیر - دکتر احمد فاخری فرد

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی آب گرایش: آبیاری و زهکشی دانشگاه: تبریز

دانشکده: کشاورزی تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۷/۱۱/۲۶ تعداد صفحه: ۱۴۰

کلید واژه‌ها: مدل تطبیقی عصبی-فازی، سری زمانی، رگرسیون خطی، بار معلق، پیش بینی

چکیده:

برآورد صحیح بار رسوبی در طرحهای آبی بسیار حائز اهمیت است، رسوبگذاری در مخازن سدها و کاهش حجم مفید آنها، تغییر مسیر رودخانه‌ها به دلیل رسوبگذاری در بستر آنها، کاهش ظرفیت آبگذری کانال‌ها و تاسیسات انتقال آب، تغییر کیفیت آب به لحاظ مصارف شرب و کشاورزی از جمله مشکلات ناشی از این پدیده است. لذا ارائه راهکاری مناسب جهت برآورد دقیق بار معلق رودخانه ها، بسیار سودمند است. بدلیل تأثیر پارامترهای مختلف، تعیین معادلات حاکم بر بار معلق مشکل بوده و مدلهای ریاضی تطبیق داده شده معمولا از دقت کافی برخوردار نمی باشد. در این تحقیق از قابلیتهای مدل تطبیقی عصبی- فازی در پیش بینی بار معلق رودخانه لیقوان استفاده گردید. این مدل برای تخمین بار معلق از دبی جریان و داده های رسوب پیشین استفاده می کند. در مدل تطبیقی عصبی- فازی ANFIS با یک پروسه آموزش، عمل تخمین انجام می گیرد که برای این منظور از محیط نرم افزاری MATLAB استفاده می شود. مبنای این مدل استخراج روابط غیرخطی بین داده‌های ورودی و خروجی شبکه و تعمیم آنها در شرایط دیگر است. سیستم تطبیقی عصبی- فازی ANFIS یک نوع سیستم هوشمند می باشد که از الگوریتم آموزش شبکه عصبی و منطق فازی برای نگاشتن یک فضای ورودی به فضای خروجی استفاده می کند یعنی با توانایی و تطبیق منطق سیستم فازی با قدرت عددی

**ادامه چکیده**

سیستم شبکه عصبی این سیستم استنتاجی حاصل می شود. از روشهای متداول دیگر برای تخمین بار معلق استفاده از سریهای زمانی است که در این تحقیق از محیط نرم افزاری Minitab برای مدل سری زمانی استفاده شده است. جهت انجام این مطالعه آمار و اطلاعات مورد نیاز از سازمان آب استان آذر بایجان شرقی تهیه شده است. ارزیابی میزان دقت و قابلیت های سه مدل تطبیقی عصبی — فازی، مدل سری های زمانی و مدل رگرسیون خطی در پیش بینی رسوب معلق در رودخانه لیقوان از مقادیر مشاهداتی و مقایسه آن با مقادیر محاسبه شده توسط هر یک از مدل ها با کاربرد معیارهای آماری نظیر $R^2$ و RMSE استفاده گردیده و در نهایت مدل تطبیقی عصبی- فازی که مقادیر $R^2$=۰/۹۹ و RMSE =۰/۰۳ برای مجموعه صحت سنجی آن حاصل گردید، بعنوان بهترین مدل جهت پیش بینی مقادیر بار معلق توصیه شده است.

فهرست مطالب

صفحه


فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ..... ۲

۱-۲- هدف تحقیق ..... ۵

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- منابع و فرآیندهای تولید و انتقال مواد رسوبی ..... ۷

۲-۲- طبقه بندی مواد رسوبی ..... ۱۰

۲-۳- اصول و پایه های نظری ..... ۱۳

۲-۳-۱- سریهای زمانی ..... ۱۳

۲-۳-۱-۱- مقدمه ..... ۱۳

۲-۳-۱-۲- بررسی فرآیند های غیر قطعی ..... ۱۴

۲-۳-۱-۳- آماده سازی اطلاعات ..... ۱۷

۲-۳-۱-۴- عملگر تفاضل ..... ۱۷

۲-۳-۱-۵- حذف رفتار تناوبی ..... ۱۸

۲-۳-۱-۶- نرمال سازی یک سری زمانی ..... ۱۹

۲-۳-۱-۷- انتخاب مدل ..... ۲۱

۲-۳-۱-۸- تعیین نوع مدل ..... ۲۲

۲-۳-۱-۹- تعیین پارامتر های مدل ..... ۲۲

۲-۳-۱-۱۰- صحت سنجی مدل ها ..... ۲۲

۲-۳-۱-۱۱- مدل های خود همبسته ( AR ) و خود همبسته میانگین متحرک ( ARMA ) ..... ۲۳

۲-۳-۱-۱۲- ضرایب خود همبستگی و خود همبستگی جزئی ..... ۲۶

۲-۳-۱-۱۳- خواص توابع خود همبسته و خود همبسته جزئی ..... ۲۷

۲-۳-۱-۱۴- آزمون معیار اطلاعات آکائیکه ..... ۲۸

۲-۳-۱-۱۵- تعیین پارامتر های مدل ARMA ..... ۲۹

۲-۳-۱-۱۶- شروط پذیرش مقادیر محاسبه شده برای پارامتر های مدل ARMA ..... ۲۹

۲-۳-۱-۱۷- ارتباط بین انحراف معیار خطاهای مدل AR و ضرایب خود همبستگی ..... ۳۰

۲-۳-۱-۱۸- روابط ساخت و پیش بینی اطلاعات با استفاده از مدل های ARMA ..... ۳۱

۲-۳-۱-۱۹- پارامتر تصحیح میانگین در مدل ARMA ..... ۳۲

۲-۳-۱-۲۰- مدل های ARIMA ..... ۳۲

۲-۳-۱-۲۱- تخمین پارامتر های مدل ساده آریما ..... ۳۴

۲-۳-۱-۲۲- تخمین پارامتر های مدل مکثر آریما ..... ۳۵

۲-۳-۱-۲۳- پیش بینی با استفاده از مدل آریما ..... ۳۵

۲-۴- سیستم های فازی تطبیقی ..... ۳۷

۱-۴-۲- مقدمه..... ۳۷
۲-۴-۲- قوانین اگر- آنگاه فازی و سیستم های استنتاج فازی..... ۳۸
۱-۲-۴-۲- قوانین اگر- آنگاه فازی ..... ۳۸
۲-۲-۴-۲- سیستم های فازی ..... ٤۱
۳-۴-۲- ساختار و الگوریتم آموزش شبکه های تطبیقی..... ۴۵
۴-۴-۲- توصیف شبکه های تطبیقی..... ۴۶
۵-۴-۲- سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه های عصبی-تطبیقی..... ۴۷
۱-۵-۴-۲- ساختار *ANFIS*: ..... ٤۷
۲-۵-۴-۲- ANFIS در نرم افزار MATLAB..... ٥٤
۵-۲- پیشینهٔ تحقیقات ..... ٥٥
۱-۵-۲- پیشینه تحقیقات مربوط به سری های زمانی..... ۵۵
۲-۵-۲-پیشینه تحقیقات مربوط به شبکه های فازی- عصبی..... ۶۱
**فصل سوم: مواد و روشها**
۱-۳- منطقه مورد مطالعه ..... ٦٤
۱-۱-۳- مشخصات عمومی حوضه آبریز لیقوان..... ۶۴
۲-۱-۳- زمین شناسی..... ۶۵
۳-۱-۳- هوا شناسی..... ۶۶
۴-۱-۳- بارندگی..... ۶۷
۵-۱-۳- تبخیر..... ۶۷
۶-۱-۳- هیدرولوژی..... ۶۷
۲-۳- داده های هیدرولوژیکی مورد استفاده ..... ٦٨
۳-۳- پیش تحلیل داده ها ..... ۷۰
۱-۳-۳- پردازش داده ها..... ۷۰
۲-۳-۳- بررسی سازگاری داده ها..... ۷۰
۴-۳- مدل سازی با استفاده از داده های دبی جریان- دبی بار معلق ماهانه ..... ۷۲
۱-۴-۳- تشکیل ساختار سیستم استنتاج فازی..... ۷۲
۲-۴-۳- شکل توابع عضویت..... ۷۶
۳-۴-۳- غیر فازی سازی..... ۷۶
۴-۴-۳- استفاده از داده های نرمال شده..... ۷۶
۵-۴-۳- تعداد توابع عضویت..... ۷۷
۶-۴-۳- عملگر ترکیب..... ۷۷
۵-۳- مدل های خود همبسته ( AR ) ، ( ARMA ) و ( ARIMA ) ..... ۷۷
۱-۵-۳- آماده سازی اطلاعات..... ۷۸
۲-۵-۳- انتخاب مدل..... ۷۸

۳-۵-۳- تشخیص مدل آزمایشی..... ۷۸
۴-۵-۳- بررسی پایایی واریانس سری..... ۷۹
۵-۵-۳- دیفرانسیل گیری فصلی..... ۷۹
۶-۵-۳- برآورد پارامتر های مدل آزمایشی..... ۸۰
۷-۵-۳- بررسی مناسبت مدل..... ۸۰
۱-۷-۵-۳- تجزیه و تحلیل باقیمانده ها ..... ۸۰
۲-۷-۵-۳- برازش جامع تر ..... ۸۱
۶-۳- رگرسیون خطی..... ۸۲
۷-۳- مقایسه نتایج حاصل از سه مدل-سیستم استنتاج فازی-عصبی، سریهای زمانی و رگرسیون خطی ..... ۸۳
**فصل چهارم: نتایج و بحث**
۱-۴- مقدمه ..... ۸۵
۲-۴- مدل سازی با استفاده از داده های دبی جریان- دبی بار معلق ماهانه ..... ۸۵
۱-۲-۴- تشکیل ساختار سیستم استنتاج فازی..... ۸۵
۲-۲-۴- محاسبه شبکه با داده های دبی جریان درماه جاری..... ۸۶
۳-۲-۴- شکل توابع عضویت..... ۸۷
۴-۲-۴- غیر فازی سازی..... ۸۸
۵-۲-۴- استفاده از داده های نرمال شده..... ۸۸
۶-۲-۴- تعداد توابع عضویت..... ۸۹
۷-۲-۴- عملگر ترکیب..... ۹۰
۸-۲-۴- محاسبه شبکه با سه متغیر ورودی دبی جریان ماه جاری،دبی جریان یک ماه قبل و دبی جریان دو ماه قبل...۹۳
۹-۲-۴- محاسبه شبکه با چهار متغیر ورودی دبی جریان ماه جاری،دبی جریان یک ماه قبل، دبی جریان دو ماه قبل و دبی جریان سه ماه قبل..... ۹۴
۱۰-۲-۴- محاسبه شبکه با یک متغیر ورودی دبی رسوب یک ماه قبل..... ۹۴
۱۱-۲-۴- محاسبه شبکه با دو متغیر ورودی دبی رسوب یک ماه و دو ماه قبل..... ۹۵
۱۲-۲-۴- محاسبه شبکه با سه متغیر ورودی دبی رسوب یک، دو و سه ماه قبل..... ۹۶
۱۳-۲-۴- محاسبه شبکه با پنج متغیر ورودی..... ۹۷
۱۴-۲-۴- نتایج بدست آمده از روش سیستم استنتاج فازی(ANFIS):..... ۹۹
۳-۴- مدل های خود همبسته ( AR ) ، ( ARMA ) و ( ARIMA ) ..... ۱۰۴
۱-۳-۴- تشخیص مدل آزمایشی..... ۱۰۴
۲-۳-۴- بررسی پایایی واریانس سری..... ۱۰۵
۳-۳-۴- دیفرانسیل گیری فصلی..... ۱۰۸
۴-۳-۴- برازش مدل اتورگرسیو فصلی ARIMA (1,0,0) 12 یا همان ARI (1,1 ) ..... ۱۱۱
۵-۳-۴- بررسی مناسبت مدل..... ۱۱۴
۱-۵-۳-۴- تجزیه و تحلیل باقیمانده ها ..... ۱۱۴

۲-۵-۳-۴- برازش جامع تر ..... ۱۲۰
۶-۳-۴- نتایج بدست آمده از مدل سریهای زمانی:..... ۱۲۵
۴-۴- رگرسیون خطی..... ۱۲۶
۵-۴- مقایسه نتایج حاصل از سه مدل سیستم استنتاج فازی-عصبی، سریهای زمانی و رگرسیون خطی ..... ۱۳۰
۶-۴- نتایج ..... ۱۳۲
۷-۴- پیشنهادات..... ۱۳۴
فهرست منابع ..... ۱۳۵

## فهرست جداول

صفحه


جدول۱-۳- مشخصات ایستگاههای حوضه لیقوان ..... ٦٦
جدول۲-۳- مشخصات آماری دبی جریان و رسوب حوضه لیقوان چای(داده های ماهانه) ..... ٦٨
جدول۳-۳- مشخصات آزمون همگنی ..... ۷۱
جدول۴-۳-مشخصات آزمون همگنی ران تست ..... ۷۲
جدول۱-۴- مقایسه و بررسی تاثیر شکل تابع عضویت در کارایی مدل ..... ۸۷
جدول۲-۴- اعمال روش غیر فازی سازی ..... ۸۸
جدول۳-۴- بررسی تاثیر نوع داده ها ..... ۸۸
جدول۴-۴- بررسی تاثیر تعداد توابع عضویت ..... ۸۹
جدول۵-۴- مشخصات مدل های ایجاد شده ..... ۹۱
جدول۶-۴- نتایج مدلهای جدول۵-۴- ..... ۹۲
جدول۷-۴- نتایج مدلهای با ساختار سه ورودی دبی جریان ماه جاری،یک ماه قبل و دو ماه قبل ..... ۹۳
جدول۸-۴- نتایج مدلهای با ساختار چهار ورودی دبی جریان ماه جاری،یک ماه، دو ماه و سه ماه قبل ..... ۹٤
جدول۹-۴- نتایج مدلهای با ساختار یک ورودی دبی رسوب یک ماه قبل ..... ۹۵
جدول۱۰-۴- نتایج مدلهای با ساختار دو ورودی دبی رسوب یک ماه و دو ماه قبل ..... ۹٦
جدول۱۱-۴- نتایج مدلهای با ساختار سه ورودی دبی رسوب یک ، دو و سه ماه قبل ..... ۹۷
جدول۱۲-۴- نتایج مدل با ساختار پنج ورودی ..... ۹۸
جدول۱۳-۴- نتایج حاصل از برازش مدل های ARIMA(1,1,0) 12 و ARIMA(2,1,0) 12 ..... ۱۲۳
جدول۱٤-٤- نتایج حاصل از برازش مدل رگرسیون خطی برای ورودی های مختلف ..... ۱۲۸
جدول۱۵-۴- مقایسه سه روش anfis ، سری زمانی و رگرسیون خطی در برآورد رسوب ماهانه حوضه لیقوان ..... ۱۳۱

## فهرست اشکال

صفحه


شکل۱-۲- فرآیندهای اصلی فرسایش (رفاهی،۱۳۷۵) ..... ۸
شکل۲-۲- ساختاریک سیستم فازی ..... ٤۲
شکل۳-۲- قوانین و مکانیزم های فازی ..... ٤٤
شکل۴-۲- ساختار یک شبکه تطبیقی ..... ٤٥
شکل۵-۲- (a): فازی(نوع۳) (b): معادل *ANFIS* آن(نوع۳) ..... ٤۹
شکل۶-۲- (a): فازی نوع(۱) (b): معادل *ANFIS* (نوع۱) ..... ٥۲
شکل۷-۲- (a): ANFIS نوع۳ با دو ورودی و۹ قانون - (b): فضای فازی معادل آن ..... ٥۳
شکل ۱-۳- موقعیت حوضه آبریز لیقوان ..... ٦٥
شکل ۲-۳- سری زمانی دبی جریان و رسوب ماهانه ..... ٦۹
شکل ۳-۳- نمودار پراکنش دبی جریان و رسوب ..... ٦۹
شکل۱-۴- سری زمانی دبی رسوب مشاهداتی و محاسباتی(حالت واسنجی) ..... ۱۰۰
شکل ۲-۴- سری زمانی دبی رسوب مشاهداتی و محاسباتی (حالت صحت سنجی) ..... ۱۰۰
شکل۳-۴- نمودار نکوئی برازش دبی رسوب مشاهداتی و محاسباتی برای داده های واسنجی(آموزش) ..... ۱۰۱
شکل۴-۴- نمودار پراکنش دبی رسوب مشاهداتی و محاسباتی برای داده های آزمون (تست) ..... ۱۰۲
شکل۵-۴- نمودار پراکنش دبی رسوب مشاهداتی و محاسباتی برای داده های صحت سنجی ..... ۱۰۲
شکل۶-۴- نمودار سری زمانی دبی رسوب ..... ۱۰٤
شکل ۷-۴- نمودار خود همبستگی (acf) دبی رسوب ..... ۱۰٥
شکل۸-۴- نمودار تبدیلات باکس-کاکس برای سری دبی رسوب ..... ۱۰٦
شکل۹-۴- نمودار هیستوگرام داده های اولیه دبی رسوب ..... ۱۰۷
شکل۱۰-۴- نمودار هیستوگرام داده ها بعد از پایایی واریانس ..... ۱۰۸
شکل۱۱-۴- نمودار تابع خود همبستگی سری تفاضلی شده ..... ۱۰۹
شکل۱۲-۴- نمودار تابع خود همبستگی جزئی سری تفاضلی شده ..... ۱۱۰
شکل۱۳-۴- نمودار احتمال نرمال باقیمانده ها ..... ۱۱٥
شکل۱۴-۴- نمودار هیستوگرام باقیمانده ها ..... ۱۱٦
شکل۱۵-۴- نمودار خود همبستگی(acf ) باقیمانده های سری دبی رسوب ..... ۱۱۷
شکل۱۶-۴- نمودار خود همبستگی جزئی( pacf ) باقیمانده های سری دبی رسوب ..... ۱۱۷
شکل۱۷-۴- نمودار باقیمانده ها در مقابل مقادیر برازش شده ..... ۱۱۸
شکل ۱۸-۴- نمودار باقیمانده ها در طول زمان ..... ۱۱۹
شکل ۱۹-۴- نمودار سری زمانی مدل ARIMA(2,1,0) 12 برای داده های وا سنجی ..... ۱۲٤
شکل۲۰-۴- نمودار سری زمانی مدل ARIMA(2,1,0) 12 برای داده های صحت سنجی ..... ۱۲٤
شکل۲۱-۴- نمودار پراکنش داده های آموزش ..... ۱۲٦
شکل۲۲-۴- نمودار سری زمانی دبی رسوب محاسباتی و مشاهداتی برای داده های صحت سنجی ..... ۱۲۹

شکل۲۳-۴- نمودار پراکنش دبی رسوب محاسباتی و مشاهداتی داده های صحت سنجی .....۱۳۰

# فصل اول

## کلیات

۱-۱- مقدمه:

انسان برای ادامه حیات خود به مواد غذایی نیاز دارد که در اثر وجود آب و خاک به دست می آید. حذف یک یا هر دو منبع فوق زندگی را برای مردم آن ناحیه غیر ممکن می سازد. فرسایش از جمله مهمترین عواملی است که منابع تامین نیاز بشری را به خطر می اندازد. به همین جهت مبارزه با فرسایش در سطح جهان مورد توجه قرار گرفته است. به طور کلی فرسایش یک پدیده اجتناب ناپذیر بوده و نمی توان آن را کاملاً از بین برد، ولی فعالیت های انسان می تواند آن را تشدید نموده و یا کاهش دهد. برای مبارزه با هر پدیده مضر، باید آن را شناخت، از این رو بررسی میزان کمی فرسایش و تغییرات آن متخصصین را کمک می نماید تا با آگاهی کامل از مقادیر کمی و کیفی رسوبات حاصل، توسط آب و باد در جهت کنترل ومبارزه با این پدیده مخرب برآید (رفاهی،۱۳۷۵).

فرسایش و انتقال مواد رسوبی از جهات مختلفی مورد توجه قرار می گیرد که مهمترین آنها از بین رفتن اراضی حاصلخیز کشاورزی و پرشدن مخازن سدها و بندها، کانال های آبرسانی، پرشدن سریع مرداب ها و مدفون شدن آبادیها و اراضی با رسوبات جدید می باشد. این انتقال مواد رسوبی، منابع آب وخاک را محدود تر ساخته و مشکلات اقتصادی و اجتماعی زیادی را بوجود می آورد. استفاده از آبهای سطحی با ایجاد بندها و سدهای ذخیره ای، کشورها را واداشته است که

هزینه های زیادی را به این امر اختصاص دهند، اما پر شدن منابع ذخیره آب از گل و لای، این گونه سرمایه گذاری ها را به خطر انداخته است. اهمیت رسوب و انتقال آن هنگامی روشن می شود که بدانیم برای ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر خاک زراعی چند هزار سال از تاریخ یک سرزمین نیاز است، ولی انهدام این قشر از لایه خاک، به بیش از سالی یا فصلی یا حتی ماه و هفته ای زمان نیاز ندارد. فرسایش و انتقال مواد رسوبی تحت شرایط بخصوصی انجام می گیرد، لذا بایستی عوامل مؤثر در این فرآیند شناخته شود تا بتوان به نحو مؤثری با آن مبارزه کرد. بنابراین اطلاع از چگونگی فرسایش و توانایی حمل رسوب در آبراهه های مختلف حوضه از جمله موارد بسیار ضروری و مهم می باشد که در طراحی سدها، مخازن، تأسیسات آبرسانی و طراحی کانال های آبیاری و زهکشی می بایست مد نظر قرار بگیرد (نجمایی،۱۳۶۹).

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی هر کشور محسوب می شود. فرسایش خاک، انتقال مواد فرسایش یافته به داخل آبراهه ها، حرکت و ترسیب آن در طول مسیر، مسائل زیادی را درسیکل هیدرولوژی یک حوضه آبریز به همراه دارد. مطالعه و بررسی انتقال رسوب و نیز روش های کاهش فرسایش پذیری و رسوب زائی از ابعاد مختلف برنامه ریزی و مدیریتی در بسیاری از امور سازه ای در طول مسیر رودخانه ها و مسیل ها اهمیت بسزائی دارد. از بین رفتن خاک و در نتیجه کاهش حاصلخیزی خاکها و کاهش سطح زیرکشت از اثرات محلی فرسایش می باشد. اثرات غیرمحلی فرسایش که نقش آن را رسوب به عهده دارد، می تواند به اثرات رودخانه ای و غیر رودخانه ای تقسیم شود. اثرات رودخانه ای شامل: کاهش تولیدات آبزیان و در نتیجه تقلیل تنوع گونه ها در محیط رودخانه در اثرگل آلودگی، محدود کردن شنا، قایقرانی، ماهی گیری و کاهش زیبایی کلی منطقه، رسوبگذاری در رودخانه ها، سازه های ذخیره آب مانند سدهای مخزنی،

افزایش سایش تجهیزات هیدرولیکی مانند توربین ها و اثرات غیر رودخانه ای شامل: رسوبگذاری در رودخانه که باعث بالا آمدن بستر رودخانه شده و موجب بروز سیل و در نتیجه ایجاد خسارت به زمین های اطراف از طریق آب گل آلود می شود، رسوبگذاری درشبکه های انتقال آب مانند کانال های آبیاری و زهکشی و درنتیجه کاهش ظرفیت آنها، افزایش هزینه تصفیه آب، آسیب به آب مصرفی برای صنعت، مثلاً کاهش راندمان خنک کنندگی، سایش پمپ ها و توربین ها و سله بستن خاک های آبیاری شده می باشد (حکیم خانی،۱۳۷۷).

علاوه بر موارد فوق شواهد زیادی در مورد نقش رسوبات در انتقال مواد معدنی و آلوده کننده وجود دارد. با توجه به این موارد همه ساله خسارات هنگفتی به اقتصاد کشور وارد می شود، بنابراین لزوم مدیریت صحیح درحوضه های آبریز وکاهش میزان فرسایش و رسوبدهی احساس می شود. به لحاظ گستره وسیع حوضه های آبریز کشور و محدودیت زمانی، منابع مالی و نیز انسانی به خصوص نیروی متخصص، اولویت بندی حوضه های آبریز برای اجرای طرح های آبخیزداری و اداره بهینه منابع آب و خاک ضروری است. از آنجائی که اندازه گیری فرسایش در طبیعت با مشکلات خاص و صرف هزینه و زمان زیاد همراه است، لذا برآورد شدت این فرآیند در طبیعت با اندازه گیری میزان رسوبات حمل شده، عمدتاً بار معلق صورت می پذیرد. مقدار تولید رسوب حوضه های آبریز بعنوان معیاری سهل الوصول و قابل قبول برای درجه بندی آبریزها و شناخت حوضه های بحرانی می باشد. برآورد رسوب در حوضه های آبریز دارای آمار رسوب و جریان به آسانی امکان پذیر است، اما در حوضه های آبریز فاقد آمار و حوضه های دارای آمارکوتاه مدت و ناکافی، روش های خاصی را می طلبد.

متأسفانه در کشور ما عدم مدیریت صحیح مسائل مربوط به آبخیزداری، قطع درختان، از بین رفتن مراتع، نحوه کاشت نامناسب در شیب ها، جوان بودن رودخانه ها و مواردی از این قبیل موجب فرسایش شدید در سطح حوضه های آبریز می شود و هرگاه در چنین مسیل هایی سد و سایر پروژه های آبی احداث گردیده، مشکل رسوب بطور چشم گیری خودنمایی کرده است. اطلاعات موجود از سدهای احداث شده مختلف در ایران و سایر نقاط جهان نشان می دهندکه مقدار رسوبی که مرحله طراحی برای این سدها برآورد شده به مراتب کمتر از مقدار واقعی ته نشین شده در مخزن بوده است، لذا مشکلات عدیده ای را در مرحله بهره برداری و نگهداری سدها بوجود آورده است که بخش عمده ای از این مشکلات به دلیل تخمین نادرست حجم مرده سد (در اثر برآورد غلط بار معلق یا بار بستر) بروزکرده اند. چه بسا برآورد واقعی مقدار رسوب در یک رودخانه، احداث سد را از نظر اقتصادی غیرقابل توجیه نماید. همچنین برآورد نسبتاً دقیق بار رسوبی رودخانه می تواند در برآورد شدت فرسایش حوضه آبریز مورد استفاده قرار گیرد و بر اساس آن تصمیم های مقتضی برای جلوگیری از فرسایش حوضه در نظر گرفته شود (ضیایی،۱۳۸۰).

۲-۱- هدف تحقیق

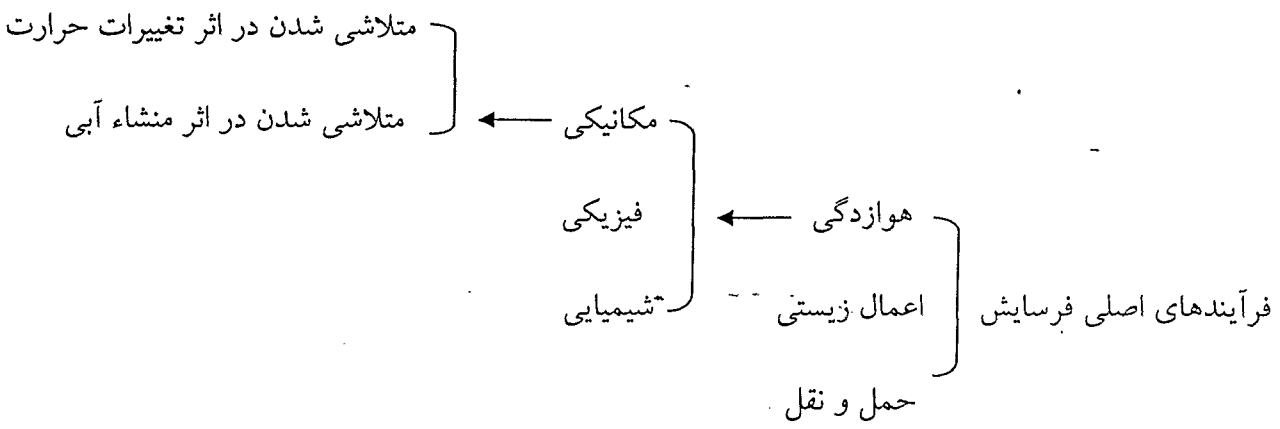
هدف از این تحقیق بررسی قابلیت های سه مدل تطبیقی عصبی – فازی، مدل سری های زمانی و رگرسیون خطی به منظور پیش بینی رسوب معلق در رودخانه لیقوان بوده است. به منظور ارزیابی میزان دقت هر یک از مدل ها ی فوق، از مقادیر مشاهداتی و مقایسه آن با مقادیر محاسبه شده توسط هر یک از مدل ها با کاربرد معیارهای آماری نظیر $R^2$و RMSE استفاده گردیده و در نهایت مدلی که دارای بیشترین دقت و کمترین خطا بود شناسایی و برای کاربرد جهت پیش بینی مقادیر بار معلق توصیه گردیده است.

# فصل دوم

# بررسی منابع

## ۱-۲- منابع و فرآیندهای تولید و انتقال مواد رسوبی

عامل اصلی تولید مواد رسوبی جمل شده توسط رودخانه ها، فرسایش است. فرسایش می تواند از لایه سطحی حوضه آبریز و یا از بستر رودخانه ها صورت گیرد. منظور از فرسایش، از هم گسیختگی، جدا یا کنده شدن ذرات خاک از محل اولیه خود و حرکت از آن محل به مکان دیگر است، مواد فرسایش یافته دارای ویژگی های خاصی هستند که می توانند در ته نشینی، انتقال و یا تشدید فرسایش بستر مؤثر باشند. عمل فرسایش به آرامی و به صورت مداوم پوسته خارجی زمین را دستخوش تغییر و تحول می کند. نتیجه این تغییرات هزاران هزار تن مواد جامد و عموماً حاصلخیزی زمین است که قرنهاست از نقطه ای به نقطه دیگر منتقل می شوند و مشکلات مختلفی را با خود به همراه می آورند. فرسایش به شکلهای گوناگون و تحت تأثیر عوامل مختلف بوجود می آید. در شکل ۱-۲- فرآیندهای اصلی که منجر به فرسایش می شوند ارائه شده است (رفاهی،۱۳۷۵).




شکل۱-۲- فرآیندهای اصلی فرسایش (رفاهی،۱۳۷۵)

متلاشی شدن سنگ های پوسته زمین در اثر هوازدگی از مهمترین فرآیندهای فرسایش است که تحت تأثیر عوامل جوی بوجود می آید. متلاشی شدن سنگها در اثر تغییرات درجه حرارت بدین صورت انجام می گیرد که تناوب یخبندان و ذوب یخ در داخل حفره سنگها حدود ۱۰ درصد افزایش حجم بوجود آورده و فشاری معادل ۱۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در حفره سنگ اعمال می نماید که باعث ترک خوردن و در نهایت متلاشی شدن سنگ می گردد و همچنین تخریب در اثر تغییرات زیاد دما در طول شبانه روز نیز نمونه دیگری از این نوع متلاشی شدن است که بیشتر در بیابان های گرم و سوزان مناطق حاره مطرح است. اما در بعضی موارد تخریب بوسیله عمل آب صورت می پذیرد. بعنوان نمونه می توان به جذب آب توسط بعضی رس ها و افزایش قابل توجه حجم و انقباض ناشی از خارج شدن سریع آب از آنها اشاره کرد و همچنین قطرات باران که تحت تأثیر نیروی وزن سقوط می کنند و لذا در هنگام برخورد با زمین حاوی انرژی جنبشی[1] هستند که

[1] Kinetic Energy