دانشگاه سیستان و بلوچستان
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در عمران- مهندسی آب

عنوان:

مدلسازی بار معلق رسوب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی-عصبی مطالعه موردی: ایستگاه سیرا- رودخانه کرج

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین اکبری

استاد مشاور:

دکتر غلامرضا عزیزیان

تحقیق و نگارش:

عبدالمجید محمدی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

خرداد ۱۳۹۱

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان مدلسازی بار معلق رسوب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی– عصبی، مطالعه موردی: ایستگاه سیرا- رودخانه کرج قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران- آب توسط دانشجو عبدالمجید محمدی تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر غلامحسین اکبری تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

عبدالمجید محمدی

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی **امضاء** **تاریخ**

استاد راهنما:

استاد راهنما:

استاد مشاور:

داور ۱:

داور ۲:

نماینده تحصیلات تکمیلی:

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب عبدالمجید محمدی تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: عبدالمجید محمدی

امضاء

تقدیم به مادر عزیزم

او که ناتوان شد تا من به توانایی برسم، موهایش سپید شد تا من در اجتماع رو سپید شوم و عاشقانه سوخت تا راهم باشد و گرمابخش وجودم.

کسی که از دوران کودکی‌ام و از زمانی که پدرم به دیار حق شتافت، استوار ایستاد، هم پدر بود و هم مادر، تا بنیان خانواده را نگه دارد، همواره مشوق من و برادرانم بود و به ما درس زندگی و معرفت آموزاند و ما هم آموختیم که چگونه می‌بایستی از کسانی که علم و معرفت می‌آموزیم، حق و احترام او را ادا نماییم.

تقدیم به برادرانم عبدالله و عبدالحسین که پایه های زندگی‌ام را شکل دادند، سختی‌های زندگی را به جان خریدند تا من کمتر سختی بکشم و بتوانم گام‌های موفقیت را راحت‌تر بردارم، برایم هم برادر بودند و هم دوست و هم یاور.

تقدیم به شهدای انقلاب و شهدای جنگ تحمیلی.

تقدیم به آنان که رنج فراوان جستن و یافتن را بر خویش هموار می‌کنند شاید اندکی از رنج دردمندان بکاهند.

تقدیم به تمام آنانی که از محضرشان علم آموختم.

سپاسگزاری

حمد و سپاس بی‌کران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. پس از یاری خدا، پیمودن این راه ممکن نبود مگر در سایه راهنمایی اساتید ارجمندم جناب آقای **دکتر غلامحسین اکبری** به عنوان استاد راهنمای پایان نامه و جناب آقای **دکتر غلامرضا عزیزیان** به عنوان استاد مشاور پایان نامه که با راهنمایی‌های مفید و پیشنهادات سازنده خود، مرا در ارائه هر چه بهتر این پایان‌نامه یاری نمودند. همچنین از اساتید داور جناب آقای **دکتر علیرضا حسین نژاددوین** و جناب آقای **دکتر محمد رضا قاسمی** که قبول زحمت نموده و داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند سپاسگزاری می‌نمایم.

همچنین از کارمندان شرکت آب منطقه‌ای استان تهران، که همکاری لازم را با بنده نمودند کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

در آخر نیز از خانواده عزیزم تشکر می‌کنم که دعای خیر مادرم آرام بخش لحظات نگرانی و سخت زندگی و قوت قلب من بوده است.

عبدالمجید محمدی

اردیبهشت ۹۱

چکیده:

مطالعه حاضر به بررسی مدل های شبکه عصبی مصنوعی، سیستم استنتاج فازی- عصبی و منحنی سنجه رسوب برای مدلسازی بار معلق رسوب پرداخته است. در شبکه عصبی مصنوعی از روش پس انتشار و در سیستم استنتاج فازی- عصبی از سیستم استنتاج سوگنو استفاده شده است.

در مدل های آموزش داده شده از داده های دبی جریان، اشل، دمای آب و غلظت رسوب معلق مربوط به ایستگاه سیرا واقع بر روی رودخانه کرج استفاده شده است.

نتایج تخمین های حاصل از سیستم استنتاج فازی- عصبی و شبکه عصبی مصنوعی یا روش منحنی سنجه رسوب مقایسه شده است. شاخص های آماری ضریب همبستگی، ریشه میانگین مربعات خطا و میانگین قدر مطلق خطا به عنوان معیارهای ارزیابی مدل ها مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج به دست آمده نشان می دهند که غلظت بار معلق رسوب حاصل از مدل های شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی- عصبی به داده های واقعی غلظت رسوب نزدیک تر هستند زیرا ضریب همبستگی حاصل از سیستم استنتاج فازی- عصبی ۹۴/۵۶٪ می باشد این در حالی است که ضریب همبستگی برای مدل های شبکه عصبی مصنوعی و منحنی سنجه رسوب به ترتیب ۹۲/۲۵٪ و ۸۵/۰۱٪ می باشد. بنابراین شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی- عصبی نتایج بهتری از منحنی سنجه رسوب نشان می دهند..

به طورکلی نتایج نشان می دهند که مدل سیستم استنتاج فازی- عصبی کارایی بهتری در پیش بینی بار معلق رسوب دارد.

کلمات کلیدی: سیستم استنتاج فازی عصبی- شبکه عصبی مصنوعی- غلظت بار معلق رسوب- منحنی سنجه رسوب

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- بیان موضوع ۲

۱-۳- اهمیت موضوع ۳

۱-۴- اهداف مطالعه ۴

۱-۵- تقسیم بندی موضوعی پایان نامه ۵

فصل دوم: پیشینه تحقیق ۶

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- پژوهش‌های فارسی ۷

۲-۳- پژوهش‌های لاتین ۱۰

۲-۴- نوآوری در تحقیق حاضر ۱۲

۲-۵- رسوب و نقش آن ۱۳

فصل سوم: منطقه مورد مطالعه ۱۵

۳-۱- موقعیت جغرافیایی ۱۶

۳-۲- رودخانه‌های حوزه کرج ۱۷

۳-۵- وضعیت توپوگرافی حوزه ۱۸

۳-۷- جمع آوری اطلاعات ایستگاه سیرا ۲۰

فصل چهارم: شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی- عصبی ۲۱

عنوان **صفحه**

۴-۱- مقدمه ۲۲

۴-۲- تابع عضویت ۲۳

۴-۲-۱- چند ویژگی توابع عضویت ۲۴

۴-۲-۲- تابع عضویت گوسی (gaussmf) ۲۴

۴-۳- سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی ۲۵

۴-۳-۱- شبکه‌های تطبیقی(Adaptive Networks) ۲۵

۴-۳-۲- معماری مدل ANFIS ۲۶

۴-۳-۳- الگوریتم هیبرید و برآورد پارامترها در مدل ANFIS ۲۸

۴-۳-۴- خوشه‌بندی کاهشی(Subtractive Clustering) ۳۰

۴-۴- مقدمه‌ای بر شبکه‌های عصبی مصنوعی ۳۲

۴-۵- شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه ۳۲

۴-۵-۱- قانون یادگیری شبکه پرسپترون چند لایه ۳۴

۴-۵-۱-۱- الگوریتم لونبرگ ـ مارکوارت ۳٤

۴-۶- شبکه‌های پس انتشار ۳۵

فصل پنجم: کاربرد سیستم های هوش مصنوعی در تخمین بار معلق رسوب ۳۷

۵-۱- مقدمه ۳۸

۵-۳- داده‌های ورودی و خروجی ANN و ANFIS ۳۸

۵- ۴- کنترل داده‌ها ۳۹

۵- ۵- نرمال کردن داده‌ها ۳۹

۵- ۶- شاخص‌های ارزیابی ۴۰

عنوان **صفحه**

۵-۷- شبکه عصبی مصنوعی(ANN) ۴۱

۵-۷-۱- مدل ANN مورد استفاده ۴۲

۵-۷-۲- بررسی تعداد بهینه داده‌های آموزش خام مشاهده‌ای برای شبکه عصبی مصنوعی ۴۲

۵- ۷- ۳- نتایج مدل ANN به ازای ورودی داده‌های خام مشاهده‌ای ۴۳

۵-۷-۴- بررسی درصد بهینه داده‌های آموزش نرمالیزه برای شبکه عصبی مصنوعی ۴۶

۵- ۷- ۵- نتایج مدل ANN به ازای ورودی داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای ۴۶

۵- ۷- ۶- نتایج حاصل از قابلیت پیش بینی ANN برای داده‌های مشاهده‌ای ۴۹

۵-۸- سیستم استنتاج فازی – عصبی(ANFIS) ۵۰

۵-۸-۱- مدل ANFIS مورد استفاده ۵۰

۵- ۸- ۳- نتایج مدل ANFIS به ازای ورودی داده‌های خام مشاهده‌ای ۵۲

۵-۸-۴- بررسی درصد بهینه داده‌های نرمالیزه آموزش برای سیستم استنتاج فازی- عصبی ۵۵

۵- ۸- ۵- نتایج مدل ANFIS به ازای ورودی داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای ۵۶

۵- ۸- ۶- نتایج حاصل از قابلیت پیش بینی ANFIS برای داده‌های مشاهده‌ای ۵۹

۵- ۹- مدل منحنی سنجه رسوب(SRC) ۶۰

۵- ۱۰- تحلیل داده‌های خام مشاهده‌ای ۶۳

۵- ۱۱- تحلیل داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای ۶۹

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۴

۶-۱- مقدمه ۷۵

۶-۲- نتایج حاصل از تحلیل داده‌های مشاهده‌ای ۷۵

۶-۳- پیشنهادات ۷۷

عنوان **صفحه**

مراجع ۷۹

پیوست(الف): الگوریتم و کدهای متلب مورد استفاده برای شبکه عصبی مصنوعی به ازای داده‌های خام ۸۲

الف-۱- الگوریتم مورد استفاده برای شبکه عصبی مصنوعی به ازای داده‌های خام ۸۲

الف-۲- کدهای مورد استفاده برای شبکه عصبی مصنوعی به ازای داده‌های خام..... ۸۳

پیوست(ب): الگوریتم و کدهای متلب مورد استفاده برای شبکه عصبی مصنوعی به ازای داده‌های نرمالیزه .. ۸۵

ب-۱- الگوریتم مورد استفاده برای شبکه عصبی مصنوعی به ازای داده‌های نرمالیزه..... ۸۵

ب-۲- کدهای مورد استفاده برای شبکه عصبی مصنوعی به ازای داده‌های نرمالیزه ۸۶

پیوست(ج): کدهای مورد استفاده برای سیستم استنتاج فازی- عصبی به ازای داده‌های خام..... ۸۹

ج-۱- الگوریتم مورد استفاده برای سیستم استنتاج فازی- عصبی به ازای داده‌های خام ۸۹

ج-۲- کدهای مورد استفاده برای سیستم استنتاج فازی- عصبی به ازای داده‌های خام..... ۹۰

پیوست(د): کدهای مورد استفاده برای سیستم استنتاج فازی- عصبی به ازای داده‌های نرمالیزه ۹۲

د-۱- الگوریتم مورد استفاده برای سیستم استنتاج فازی- عصبی به ازای داده‌های نرمالیزه..... ۹۲

د-۲- کدهای مورد استفاده برای سیستم استنتاج فازی- عصبی به ازای داده‌های نرمالیزه ۹۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱. اطلاعات آماری مربوط به داده‌های خام مشاهده‌ای ۲۰

جدول ۵-۱. نتایج شبیه سازی با ANN به ازای داده‌های خام مشاهده‌ای..... ۴۳

جدول ۵-۲. نتایج شبیه سازی با ANN به ازای داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای ۴۶

جدول ۵-۳. نتایج حاصل از قابلیت پیش بینی ANN برای مجموعه داده‌های مشاهده‌ای ۴۹

جدول ۵-۴. نتایج شبیه سازی با ANFIS به ازای داده‌های خام مشاهده‌ای ۵۲

جدول ۵-۵. نتایج شبیه سازی با ANFIS به ازای داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای.....۵۶

جدول ۵- ۶. نتایج حاصل از قابلیت پیش بینی ANFIS برای مجموعه داده‌های مشاهده‌ای..... ۵۹

جدول ۵-۷. نتایج حاصل از قابلیت پیش بینی SRC برای مجموعه داده‌های مشاهده‌ای ۶۱

جدول ۵-۸. نتایج حاصل از قابلیت پیش بینی ANFIS، ANN و SRC برای داده‌های خام مشاهده‌ای ۶۳

جدول ۵-۹. مقادیر برآوردی بار معلق، بار بستر، بارکل(بر حسب میلیون تن) و حجم رسوب(میلیون متر مکعب) انتقال یافته در ایستگاه هیدرومتری سیرا طی سال‌های ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ به ازای داده‌های خام ۶۶

جدول ۵-۱۰. مقادیر بار معلق، بار بستر، بارکل(بر حسب میلیون تن) و حجم رسوب(میلیون متر مکعب) انتقال یافته در ایستگاه هیدرومتری سیرا طی سال‌های ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ در ماه‌های مختلف سال ۶۸

جدول ۵-۱۱. نتایج حاصل از قابلیت پیش بینی ANFIS، ANN و SRC برای داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای ۶۹

جدول ۵-۱۲. مقادیر برآوردی بار معلق، بار بستر، بارکل(بر حسب میلیون تن) و حجم رسوب(میلیون متر مکعب) انتقال یافته در ایستگاه هیدرومتری سیرا طی سال های ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ به ازای داده‌های نرمالیزه.. ۷۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱. نقشه موقعیت حوزه آبریز کرج ۱۶

شکل۳-۲. رودخانه‌های ورودی به رود کرج ۱۷

شکل۳-۳. نقشه توپوگرافی حوزه آبریز سد کرج ۱۹

شکل ۳-۴. نقشه سه بعدی حوزه آبریز سد کرج..... ۱۹

شکل ۴-۱. انواع تابع عضویت..... ۲۴

شکل۴-۲. تابع عضویت گوسین ۲۵

شکل ۴-۳. شمای کلی یک شبکه تطبیقی (Adaptive Network) ۲۶

شکل ۴- ۴. (a) سیستم استنتاج فازی سوگنو با دو ورودی، دو قانون و یک خروجی؛ (b) معماری مدل ANFIS معادل سیستم استنتاجی سوگنوی بخش a ۲۷

شکل ۴- ۵. شبکه پرسپترون سه لایه ۳۳

شکل ۴- ۶. شبکه پس انتشار دو لایه با توابع tansig و purelin ۳۶

شکل ۵-۱. مقایسه نتایج حاصل از مدل ANN با مقادیر خام مشاهده‌ای برای مرحله آموزش ۴۵

شکل ۵-۲. مقایسه نتایج حاصل از مدل ANN با مقادیر خام مشاهده‌ای برای مرحله آزمون ۴۵

شکل ۵-۳. مقایسه نتایج حاصل از مدل ANN با مقادیر نرمالیزه مشاهده‌ای برای مرحله آموزش..... ۴۸

شکل ۵-۴. مقایسه نتایج حاصل از مدل ANN با مقادیر نرمالیزه مشاهده‌ای برای مرحله آزمون ۴۸

شکل ۵-۵. مقایسه نتایج حاصل از مدل ANFIS با مقادیر خام مشاهده‌ای برای مرحله آموزش ۵۴

شکل ۵-۶. مقایسه نتایج حاصل از مدل ANFIS با مقادیر خام مشاهده‌ای برای مرحله آزمون ۵۵

شکل ۵-۷. مقایسه نتایج حاصل از مدل ANFIS با مقادیر نرمالیزه مشاهده‌ای برای مرحله آموزش ۵۸

شکل ۵-۸. مقایسه نتایج حاصل از مدل ANFIS با مقادیر نرمالیزه مشاهده‌ای برای مرحله آزمون ۵۹

شکل ۵-۹. منحنی سنجه رسوب برای دادههای خام مشاهده‌ای ۶۲

شکل ۵-۱۰. منحنی سنجه رسوب برای داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای.....۶۳

شکل۵-۱۱. مقادیر مشاهده‌ای و پیش بینی شده توسط مدل‌های ANFIS، ANN و SRC برای داده‌های خام مشاهده‌ای.....۶۵

شکل۵-۱۲. مقادیر مشاهده‌ای و پیش بینی شده توسط مدل ANFIS برای داده‌های خام مشاهده‌ای.....۶۶

شکل۵-۱۳. مقادیر مشاهده‌ای و پیش بینی شده توسط مدل ANN برای داده‌های خام مشاهده‌ای ۶۷

شکل۵-۱۴. مقادیر مشاهده‌ای و پیش بینی شده توسط مدل ANN برای داده‌های خام مشاهده‌ای ۶۷

شکل۵-۱۵. مقادیر مشاهده‌ای و پیش بینی شده توسط مدل‌های ANFIS، ANN و SRC برای داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای ۷۰

شکل۵-۱۶. مقادیر مشاهده‌ای و پیش بینی شده توسط مدل ANFIS برای داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای... ۷۲

شکل۵-۱۷. مقادیر مشاهده‌ای و پیش بینی شده توسط مدل ANN برای داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای ۷۲

شکل۵-۱۸. مقادیر مشاهده‌ای و پیش بینی شده توسط مدل ANN برای داده‌های نرمالیزه مشاهده‌ای ۷۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

تمامی رودخانه‌ها به واسطه عبور از حوزه‌های رسوبی، رسوبات را منتقل می‌کنند و در طی مسیر خود باعث فرسایش کناره و کف و همچنین رسوب گذاری می‌شوند. فهم درستی از خصوصیات و رفتار رودخانه‌ها به منظور اجرای برنامه‌های نگهداری و مدیریت صحیح برای سلامت رودخانه‌ها ضروری و اجتناب ناپذیر است. طبق گزارشات، در حال حاضر بسیاری از سدهای کشورمان با مشکل رسوب و پر شدن پیش از موعد مخازن مواجه هستند. از جمله گزارشی که در مورد رسوب گذاری در سد سفید رود منتشر شده است نشان می‌دهد که در هفدهمین سال بهره برداری، رسوبات ورودی، نزدیک به نیمی از حجم مخزن را اشغال کرده‌اند. این در حالی است که مشاورین این سد، عمر مفید آن را صد ساله دانسته‌اند. همچنین سد شهید عباسپور که تخمین اولیه برای رسوب ورودی آن دو میلیون متر مکعب در سال بود، در حالی که نتایج هیدرو گرافی در سال ۱۳۶۲ در مخزن این سد نشان می‌دهد در طی هفت سال اول بهره برداری از این سد، سالیانه به طور متوسط، ۳۸ میلیون متر مکعب رسوب وارد مخزن شده است.

بدیهی است که با توجه به اهمیت موضوع، توجه بیشتر به این مسئله می‌تواند نقش بزرگی در توسعه اقتصادی کشور ایفا کند و عدم توجه به اندازه گیری و محاسبه دقیق آن باعث اتلاف سرمایه‌های ملی می‌شود.

۱-۲- بیان موضوع

برآورد بار رسوبی در رودخانه‌ها یکی از مشکل‌ترین مطالعات مربوط به انتقال رسوب است که با وجود تلاش‌هایی که محققین انجام داده‌اند، هنوز روش جامع و دقیقی برای محاسبه آن ارائه نگردیده و همچنان میزان بار رسوبی منتقل شده توسط رودخانه‌ها یکی از مشکلات اساسی طرح‌های آبی می‌باشد. در دهه‌های گذشته مطالعات زیادی در خصوص درک فرایند انتقال رسوب در رودخانه‌های طبیعی انجام یافته و شاخه ای تحقیقاتی به نام هیدرولیک انتقال رسوب به وجود آمده که به مسایل تخمین رسوب رودخانه‌ها می‌پردازد.

برای تخمین رسوب انتقالی توسط رودخانه‌ها، روش‌ها و مطالعات زیادی انجام شده است که یکی از این روش‌ها، استفاده از مدل‌های ریاضی است. مدل‌های ریاضی با توجه به مفاهیم فیزیکی انتقال ذرات و حل معادلات هیدرودینامیک رسوب به همراه حل میدان جریان به دست آمده‌اند. این مدل‌ها معمولاً به داده‌های

متنوعی از قبیل دانه بندی مصالح، دما، وزن مخصوص، لزجت آب، سرعت جریان، شکل مقطع رودخانه و شیب رودخانه نیازمند هستند. در اکثر موارد چنین داده‌هایی به اندازه کافی یافت نمی‌شود. از طرف دیگر نتایج حاصل از روابط ارائه شده توسط مدل‌های ریاضی، حتی در یک ایستگاه از رودخانه مشخص معمولاً یکسان و مشابه نبوده و انتخاب یکی از آن‌ها مشکل می‌باشد. به هر حال مدل‌های ریاضی به تنهایی برای تخمین بار رسوب کافی نیست.

عدم کفایت روش‌های ارائه شده برای تخمین رسوب انتقالی توسط رودخانه‌ها محققان را به استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی نظیر شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی– عصبی ترغیب کرد. استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی– عصبی به عنوان مدل‌های غیر خطی می‌تواند در این راستا مفید باشد.

شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی– عصبی ساختارهای غیر خطی هستند که می‌توانند فرایندهای غیر خطی پیچیده ای را که میان ورودی و خروجی هر سیستمی ارتباط برقرار می‌سازند، توصیف نماید. در سال‌های اخیر در گرایش‌های مختلف علوم، کاربردهای متفاوتی از روش سیستم‌های هوش مصنوعی ارائه شده است. به عنوان نمونه مسایلی که در سال‌های اخیر توسط شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی– عصبی بررسی شده‌اند عبارتند از: پیش بینی به هنگام سیلاب، تخمین و پیش بینی مکانی بارندگی، پیش بینی زمانی بارندگی، تخمین دبی رسوبی رودخانه‌ها، مدل سازی روا ناب و پیش بینی تقاضای آب.

۱-۳- اهمیت موضوع

با توجه به نقش و اهمیت مسئله رسوب در عمر مفید سدها، رسوبات در مخازن سدها به عنوان حجم مرده منظور شده و اساس آورد رسوبات به دریاچه سد مشخص می‌گردد. بدیهی است که ممکن است تخمین پایین از حجم رسوبات، باعث ناکافی بودن ظرفیت مخزن برای رسوبات وارد شده شود و از طرفی تخمین دست بالا نیز باعث زیاد از حد شدن حجم مخزن گردد. بنابراین تنها یک تخمین درست و مناسب از مسئله رسوب گذاری می‌تواند باعث ایجاد یک طرح اقتصادی مطمئن و مطلوب شود. این تحقیق به لحاظ تأثیر انتقال رسوب بر روی کارهای مهندسی رودخانه، مدیریت رودخانه، طراحی سازه‌های آبی و ورودی نیروگاه‌های آبی حائز اهمیت است. درک تعادل دینامیکی بین رسوبات فراهم شده از بالا دست و قابلیت انتقال رسوب یک رودخانه، همواره در طراحی مهندسی رودخانه اهمیت ویژه ای دارد. تخلیه پسماندهای صنعتی و کشاورزی در

سیستم‌های آبی، موجب آلودگی آب و تغییر در ماهیت رسوبات توسط مواد سمی می‌گردد. بدین ترتیب هنگامی که رودخانه مسیر خود را تغییر می‌دهد این نوع رسوبات به شاخه‌های پایین دست رودخانه انتقال می‌یابد. تخمین میزان دبی این رسوبات اولین گام در زمینه حفظ کیفیت آب می‌باشد.

به دلیل پیچیدگی ذاتی مسایل و ضعف مدل‌های فیزیکی در مدل کردن فرایندهای رسوبی، به نظر می‌رسد شبکه عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی– عصبی می‌توانند روابط غیر خطی حاکم بر فرایندهای رسوبی را بدون حل معادلات دیفرانسیل حاکم بر مسایل تعیین نمایند. در طرح‌های مهندسی رودخانه‌ها مسئله فرسایش و رسوب در محدوده رودخانه از مسایل مهمی است که منتج از رفتار کلی رودخانه است. همچنین کنده شدن، انتقال و تجمع رسوبات در رودخانه‌ها یکی از پیچیده‌ترین مسایل هیدرودینامیکی است که بسیاری از سیستم‌های فیزیکی و تأسیسات عمرانی را تحت تأثیر قرار داده و به عنوان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات بهره برداری از منابع آب‌های سطحی در جهان مطرح است.

۱-۴- اهداف مطالعه

با داشتن اطلاعات و متغیرهای موثر در پدیده رسوب که از طریق اندازه گیری به دست آمده باشند و در اختیار قرار دادن آن‌ها برای شبکه‌های عصبی مصنوعی و یا سیستم استنتاج فازی- عصبی مناسب، می‌توان رفتار حاکم بر این پدیده را با آموزش دادن شبکه، تعیین و از آن برای پیش بینی موارد بعدی استفاده کرد. وجود چنین قابلیت‌هایی در شبکه‌های عصبی مصنوعی ما را به استفاده از آن‌ها در مدل کردن فرایند تخمین دبی رسوب رودخانه‌ها که مهم‌ترین کار در مهندسی رودخانه می‌باشد، واداشته است. بدین منظور از داده‌های ایستگاه سیرا واقع بر رودخانه کرج استفاده گردیده است. این داده‌ها شامل دبی آب، اشل و دمای آب و غلظت رسوب می‌شود. نهایتاً در این تحقیق، استفاده از سیستم استنتاج فازی– عصبی به عنوان یک ابزار قدرتمند در برآورد بار رسوبی رودخانه‌ها معرفی می‌گردد و نتایج مدل ارائه شده نشان از برتری روش مذکور بر روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و تجربی دارد.

۱-۵- تقسیم بندی موضوعی پایان نامه

به منظور دستیابی به هدف مورد نظر در این تحقیق، مراحل و روال در پیش گرفته شده به صورت زیر در شش فصل آورده می‌شود.

در فصل اول مقدمه، بیان موضوع، اهمیت موضوع و اهداف مطالعه آورده شده است.

در فصل دوم پیشنه تحقیق آورده شده است و به شرح پژوهش های فارسی و لاتین انجام گرفته در این زمینه پرداخته شده است.

در فصل سوم به معرفی خصوصیات منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است. از قبیل موقعیت جغرافیایی،رودخانه‌ها، وضعیت توپوگرافی و اقلیم شناسی حوزه. همچنین در این فصل و داده‌های مورد مطالعه در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل چهارم به معرفی پارامترهای ضروی در مدل های سیستم استنتاج فازی– عصبی و شبکه عصبی مصنوعی که مورد استفاده قرار گرفته، پرداخته شده است. از قبیل تابع عضویت گوسی، معماری مدل سیستم استنتاج فازی- عصبی، الگوریتم هیبرید، خوشه بندی کاهشی، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، الگوریتم لونبرگ مارکوارت و شبکه های پس انتشار.

در فصل پنجم نحوه ایجاد مدل‌های تخمین دبی رسوب معلق جهت انجام این تحقیق آورده می‌شود. در این قسمت به منظور پیکربندی مناسب شبکه و رسیدن به بهترین جواب ممکنه شبکه، آزمون‌های مختلفی انجام می‌گیرد. این آزمون‌ها به این صورت است که برای سیستم استنتاج فازی– عصبی با تغییر دادن شعاع تأثیر و تعداد توابع عضویت در لایه ورودی و خروجی و برای شبکه عصبی با تغییر دادن تعداد نرون‌ها در لایه مخفی، شبکه آموزش داده شده و سپس شبکه با داده‌های جدید صحت سنجی می‌شود و با استفاده از شاخص های ضریب همبستگی، ریشه میانگین مربعات خطا و میانگین قدر مطلق خطا، عملکرد شبکه صحت سنجی می شود.

در فصل ششم که فصل پایانی است، نتیجه گیری کلی حاصل از تحقیق آورده شده و سپس به منظور افزایش دامنه کاربرد و توانایی‌های مدل، پیشنهاداتی ارائه می‌شود.

فصل دوم

پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه

در این بخش تاریخچه مطالعات انجام شده بر روی بار معلق رسوب بررسی شده است. دو دسته فعالیت در این زمینه وجود دارد. دسته اول پژوهش‌های فارسی هستند و دسته دیگر پژوهش‌های لاتین می‌باشند. در ادامه به شرح خلاصه وار این دو دسته از فعالیت‌های انجام گرفته خواهیم پرداخت.

۲-۲- پژوهش‌های فارسی

عبدی دهکردی و همکاران(۱۳۹۰) مقاله ای با عنوان "کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی ضرایب معادله‌ی سنجه‌ی رسوب " تدوین نمودند . در این تحقیق به منظور افزایش دقت برآوردها، ضرایب معادله منحنی سنجه با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک بهینه گردید. نتایج نشان داد که استفاده از روش‌های جستجوی هوشمند عملکرد روش مرسوم منحنی سنجه را به میزان قابل توجهی بهبود می‌بخشد.

ابراهیمی محمدی و همکاران(۱۳۸۹) مقاله ای با عنوان "مقایسه کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون چند متغیره و سنجه-رسوب در برآورد بار معلق رودخانه هراز" تدوین نمودند. در این تحقیق کار آیی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون چند متغیره و سنجه رسوب در برآورد بار معلق روزانه ایستگاه کره سنگ واقع در رودخانه هراز بر اساس بارش و دبی روزانه و با توجه به معیارهای R و RMSE مقایسه گردید که نشان از عملکرد بهتر مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی داشت. همچنین با در نظر گرفتن مقادیر بارش و دبی روزهای قبل، تأثیرپذیری رسوب معلق نسبت به این مقادیر بررسی شد. نتایج نشان داد که مقادیر رسوب معلق روزانه رودخانه هراز متأثر از مقادیر بارش و دبی روزانه تا ۳ روز قبل بوده است.

نجفی نژاد و همکاران(۱۳۸۹) مقاله ای با عنوان " مقایسه منحنی‌های سنجه رسوب معلق فصلی و بار معلق ماهانه در تعدادی از رودخانه های استان گلستان " تدوین نمودند . در این تحقیق، با استفاده از آمار دبی آب و رسوب معلق متناظر و دبی متوسط روزانه در پایه مشترک ۲۳ ساله (۱۳۵۳ تا ۱۳۸۶)، منحنی سنجه بار معلق با بیشترین همبستگی را برای سه ایستگاه هیدرومتری واقع در حوزه گرگانرود استان گلستان تهیه شد و بار معلق ماهانه در دو دوره شش ماهه اول و دوم سال بدست آمد. نتایج نشان داد که تابع توانی بهترین برازش را بین بار معلق و دبی جریان رسوب معلق برای همه ایستگاه می‌باشد. از سوی