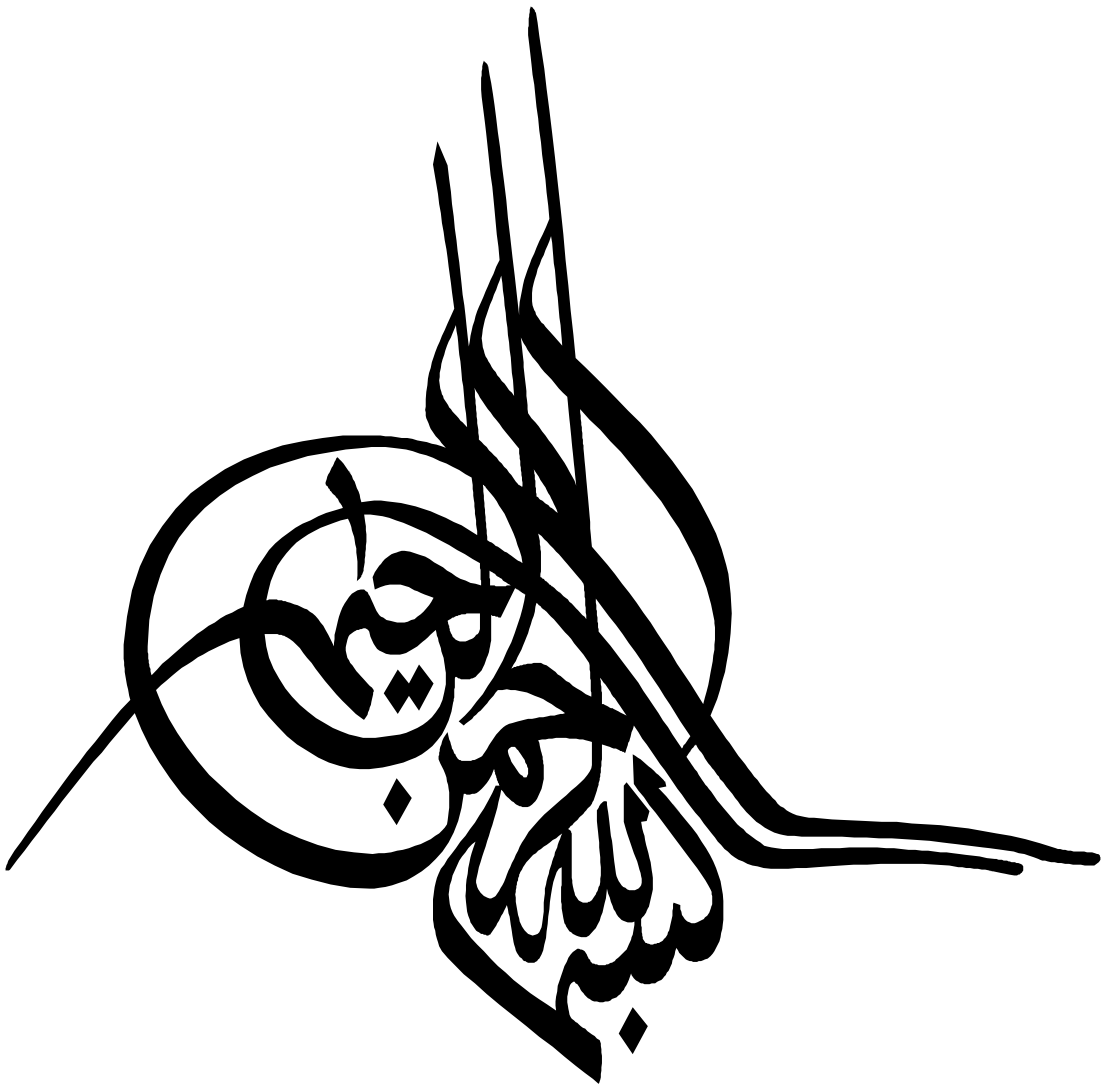

دانشگاه یزد

دانشکده عمران و مکانیک

گروه عمران

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

عمران - آب

بهینه‌سازی روابط دبی- رسوب با استفاده از روش‌های منحنی سنجه و فاکتورهای اصلاح اریب

(مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز استان فارس)

اساتید راهنما:

دکتر هادی پوردارا

دکتر علی طالبی

استاد مشاور :

دکترحمید سودائی زاده

پژوهش و نگارش :

مژگان بی پروا

مهر ماه ۱۳۹۱

تقدیم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می‌کنم.

تقدیر و تشکر

خالصانه ترین قدردانی خود را تقدیم جناب آقای دکتر پوردارا وجناب آقای دکتر طالبی که زحمت راهنمایی این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و در طول مدت تدوین این پایان‌نامه مرا از راهنمایی‌های ارزشمند خود بهره‌مند کردند می‌نمایم. از زحمات و راهنمایی های جناب آقای دکتر سودائی‌زاده استاد مشاور کمال تشکر را دارم.

از کمک‌ها و راهنمایی‌های بی‌دریغ جناب آقای مهندس رئوفت که در مراحل تدوین پایان‌نامه مرا همراهی نمودند سپاسگزارم.

چکیده

برآورد صحیح حجم رسوبات حمل شده توسط رودخانه‌ها در پروژه های آبی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این میان معادله سنجه رسوب بیشترین کاربرد را در برآورد رسوبدهی حوزه های آبخیز دارد. لذا معادله سنجه بهینه بایستی با دقت قابل‌قبولی تهیه شود. بدین منظور در این تحقیق ۱۰ ایستگاه هیدرومتری (۸ ایستگاه هیدرومتری استان فارس و۲ ایستگاه هیدرومتری استان بوشهر) مورد بررسی قرارگرفت، برای هر ایستگاه ۶ منحنی سنجه (۴منحنی سنجه فصلی، منحنی سنجه سالانه، منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها) در نظرگرفته شد، مجذور میانگین مربع خطاها (RMSE) محاسبه شدو با بکارگیری فاکتورهای اصلاحی FAO، QMLE، Smearing، MVUE و β ، رابطه بهینه دبی جریان- غلظت رسوب معلق در منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین گردید.

نتایج نشان داد با توجه به معیار ناش– ساتکلیف و RMSE در۴۰٪ ایستگاه‌ها ضریب اصلاحی MVUE نسبت به سایر روش‌ها در برآورد رسوب از صحت بیشتری برخوردار است. در ۳۰٪ ایستگاه‌ها ضریب اصلاحی β نسبت به سایر روش‌ها در برآورد رسوب از صحت بیشتری برخوردار است. در ۲۰٪ ایستگاه‌ها ضریب اصلاحی QMLE نسبت به سایر روش‌ها در برآورد رسوب از صحت بیشتری برخوردار است. در ۱۰٪ ایستگاه ها ضریب اصلاحی Smearing نسبت به سایر روش‌ها در برآورد رسوب از صحت بیشتری برخوردار است. در هیچ کدام از ایستگاه ها ضریب اصلاحی FAO برای اصلاح منحنی سنجه مناسب نیست، که بین روش‌های اصلاحی وخصوصیات فیزیکی حوضه رابطه‌ای مشاهده نشد.

فهرست مطالب **صفحه**

فصل اول: مقدمه وکلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهمیت موضوع ۳

۱-۳- فرضیه‌های تحقیق و سوال‌های پژوهشی ۵

۱-۴- تعاریف ومفاهیم ۵

۱-۴-۱ رسوب ۵

۱-۴-۲- بار انحلالی ۶

۱-۴-۳- بارکف ۷

۱-۴-۴- بار معلق ۷

۱-۴-۵- روش E.T.R برای نمونه برداری از مواد معلق ۱۱

۱-۴-۶- روش E.D.I برای نمونه برداری از مواد معلق ۱۲

۱-۴-۷- روش‌های برآورد رسوبات معلق ۱۲

۱-۴-۸- محاسبه رسوب معلق با استفاده از منحنی سنجه رسوب و دبی های متوسط روزانه ۱۳

۱-۴-۹- محاسبه رسوب معلق با استفاده از روش اداره عمران ایالات متحده (USBR) ۱۴

فصل دوم: بررسی منابع ۱۵

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲- در ایران ۱۶

۲-۳- در جهان ۲۰

فصل سوم: مواد وروش‌ها ۲۷

۳-۱- منطقه مورد مطالعه ۲۸

۳-۲- مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌ها ۳۱

۳-۳- روش تحقیق ۳۲

۳-۳-۱- منحنی سنجه یک خطی یا روش(USBR) ۳۳

۳-۳-۲- منحنی سنجه چند خطی ۳۴

۳-۳-۳- منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها ۳۵

۳-۳-۴- اریب منحنی سنجه ۳۶

۳-۳-۵- انواع فاکتورهای اصلاحی ۳۸

۳-۳-۵-۱- فاکتور اصلاحی FAO ۳۸

۳-۳-۵-۲- فاکتور اصلاحی QMLE ۳۹

۳-۳-۵-۳- فاکتور اصلاحی Smearing ۳۹

۳-۳-۵-۴- فاکتور اصلاحی MVUE ۴۰

۳-۳-۵-۵- فاکتور اصلاحی β ۴۱

۳-۳-۶- معیارهای ارزیابی ۴۱

۳-۳-۶-۱- معیار ناش- ساتکلیف ۴۱

۳-۳-۶-۲- مجذورمیانگین مربع خطاها (RMSE) ۴۲

۳-۳-۶-۳- شاخص صحت (P) ۴۲

فصل چهارم : نتایج وبحث ۴۵

۴-۱- مقدمه ۴۶

۴-۱-۱- ایستگاه سرقنات ۴۶

۴-۱-۲- ایستگاه درب قلعه ۴۸

۴-۱-۳- ایستگاه گوزون ۵۳

۴-۱-۴- ایستگاه دشتبال ۵۳

۴-۱-۵- ایستگاه جمال بیگ ۵۶

۴-۱-۶- ایستگاه بندبهمن ۵۸

۴-۱-۷- ایستگاه علی آبادخفر ۶۱

۴-۱-۸- ایستگاه چمریز ۶۳
۴-۱-۹- ایستگاه تنگ کارزین ۶۵
۴-۱-۱۰- ایستگاه قنطره ۶۸
۴-۲- تعیین رابطه معادله سنجه رسوب بهینه با توجه به فاکتورهای اصلاحی ۷۰
فصل پنجم : نتیجه‌گیری وپیشنهادات ۷۵
۵-۱- نتیجه‌گیری ۷۶
۵- ۲-پیشنهادات ۷۷
مراجع ۷۹

فهرست شکل ها **صفحه**

شکل ۱-۱- نمونه بردار از مواد معلق از نوع U.S.P.G.61 ۸

شکل ۱-۲- نمونه بردار رسوب نوع U.S.D.H.48 ۹

شکل ۱-۳- نمونه بردار رسوب نوع U.S.D.H.59 ۹

شکل ۱-۴- نمونه بردار مواد معلق لحظه ای ۱۰

شکل ۱-۵- نمونه بردارهای سری ارتفاعی ۱۱

شکل ۳-۱- نقشه ایران، استان فارس ۲۸

شکل ۳-۲- موقعیت ایستگاه‌ها ۲۸

شکل ۳-۳- مرز حوضه‌ها ۲۹

شکل ۳-۴- منحنی سنجه یک خطی ۳۴

شکل ۳-۵- منحنی سنجه دو خطی ۳۵

شکل ۳-۶- منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها ۳۶

شکل ۳-۷- خط مستقیم و منحنی برازش دبی رسوب ۳۷

شکل ۴-۱- منحنی سنجه‌های فصلی دالکی - سرقنات ۴۶

شکل ۴-۲- منحنی سنجه سالانه دالکی - سرقنات ۴۷

شکل ۴-۳- منحنی سنجه حد وسط دالکی - سرقنات ۴۷

شکل ۴-۴- منحنی سنجه‌های فصلی رودبال – درب قلعه ۴۹

شکل ۴-۵- منحنی سنجه سالانه رودبال – درب قلعه ۴۹

شکل ۴-۶- منحنی سنجه حد وسط رودبال – درب قلعه ۵۰

شکل ۴-۷- منحنی سنجه‌های فصلی رودبال - گوزون ۵۱

شکل ۴-۸- منحنی سنجه سالانه رودبال - گوزون ۵۲

شکل ۴-۹- منحنی سنجه حد وسط رودبال – گوزون ۵۲

شکل ۴-۱۰- منحنی سنجه‌های فصلی سیوند - دشتبال ۵۴

شکل ۴-۱۱- منحنی سنجه سالانه سیوند - دشتبال ۵۴

شکل ۴-۱۲- منحنی سنجه حد وسط سیوند – دشتبال ۵۵
شکل ۴-۱۳- منحنی سنجه‌های فصلی شورشیرین – جمال بیگ ۵۶
شکل ۴-۱۴- منحنی سنجه سالانه شورشیرین – جمال بیگ ۵۷
شکل ۴-۱۵- منحنی سنجه حد وسط شورشیرین – جمال بیگ ۵۷
شکل ۴-۱۶- منحنی سنجه‌های فصلی قره آغاج – بندبهمن ۵۹
شکل ۴-۱۷- منحنی سنجه سالانه آغاج – بندبهمن ۵۹
شکل ۴-۱۸- منحنی سنجه حد وسط آغاج – بندبهمن ۶۰
شکل ۴-۱۹- منحنی سنجه‌های فصلی قره آغاج – علی آبادخفر ۶۱
شکل ۴-۲۰- منحنی سنجه سالانه آغاج – علی آبادخفر ۶۲
شکل ۴-۲۱- منحنی سنجه حد وسط آغاج – علی آبادخفر ۶۲
شکل ۴-۲۲- منحنی سنجه‌های فصلی کر – چمریز ۶۳
شکل ۴-۲۳- منحنی سنجه سالانه کر – چمریز ۶۴
شکل ۴-۲۴- منحنی سنجه حد وسط کر – چمریز ۶۴
شکل ۴-۲۵- منحنی سنجه‌های فصلی مند – تنگ کارزین ۶۶
شکل ۴-۲۶- منحنی سنجه سالانه مند – تنگ کارزین ۶۶
شکل ۴-۲۷- منحنی سنجه حد وسط مند – تنگ کارزین ۶۷
شکل ۴-۲۸- منحنی سنجه‌های فصلی مند – قنطره ۶۸
شکل ۴-۲۹- منحنی سنجه سالانه مند – قنطره ۶۹
شکل ۴-۳۰- منحنی سنجه حد وسط مند – قنطره ۶۹

فهرست جدول ها **صفحه**

جدول ۳-۱- موقعیت ایستگاه‌ها ۲۹

جدول ۳-۲- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها ۳۰

جدول ۳-۳- تعداد داده ها وسال آماری ۳۰

جدول ۳-۴- میانگین آبدهی درازمدت فصلی به متر مکعب بر ثانیه – ایستگاه‌ها ۳۱

جدول ۳-۵- مشخصات ایستگاه‌ها ۳۱

جدول ۴-۱- RMSE و R^2 ایستگاه سرقنات ۴۷

جدول ۴-۲- RMSE و R^2 ایستگاه درب قلعه ۵۰

جدول ۴-۳- RMSE و R^2 ایستگاه گوزون ۵۳

جدول ۴-۴- RMSE و R^2 ایستگاه دشتبال ۵۵

جدول ۴-۵- RMSE و R^2 ایستگاه جمال بیگ ۵۸

جدول ۴-۶- RMSE و R^2 ایستگاه بندبهمن ۶۰

جدول ۴-۷- RMSE و R^2 ایستگاه علی آبادخفر ۶۲

جدول ۴-۸- RMSE و R^2 ایستگاه چمریز ۶۴

جدول ۴-۹- RMSE و R^2 ایستگاه تنگ کارزین ۶۷

جدول ۴-۱۰- RMSE و R^2 ایستگاه قنطره ۶۹

جدول ۴-۱۱- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه سرقنات ۷۱

جدول ۴-۱۲- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه درب قلعه ۷۱

جدول ۴-۱۳- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه گوزون ۷۱

جدول ۴-۱۴- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه دشتبال ۷۲

جدول ۴-۱۵- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه جمال بیگ ۷۲

جدول ۴-۱۶- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه بندبهمن ۷۲

جدول ۴-۱۷- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه علی آبادخفر ۷۳

جدول ۴-۱۸- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه چمریز ۷۳

جدول ۴-۱۹- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه تنگ کارزین ۷۳
جدول ۴-۲۰- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه قنطره ۷۴
جدول ۴-۲۱- معادله سنجه رسوب بهینه ۷۴

فهرست شکل ها	شماره صفحه
شکل ۱-۱- نمونه بردار از مواد معلق از نوع U.S.P.G.61	۸
شکل ۱-۲- نمونه بردار رسوب نوع U.S.D.H.48	۹
شکل ۱-۳- نمونه بردار رسوب نوع U.S.D.H.59	۹
شکل ۱-۴- نمونه بردار مواد معلق لحظه ای	۱۰
شکل ۱-۵- نمونه بردارهای سری ارتفاعی	۱۱
شکل ۳-۱- نقشه ایران، استان فارس	۲۸
شکل ۳-۲- موقعیت ایستگاه‌ها	۲۸
شکل ۳-۳- مرز حوضه‌ها	۲۹
شکل ۳-۴- منحنی سنجه یک خطی	۳۴
شکل ۳-۵- منحنی سنجه دو خطی	۳۵
شکل ۳-۶- منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها	۳۶
شکل ۳-۷- خط مستقیم و منحنی برازش دبی رسوب	۳۷
شکل ۴-۱- منحنی سنجه‌های فصلی دالکی - سرقنات	۴۶
شکل ۴-۲- منحنی سنجه سالانه دالکی - سرقنات	۴۷
شکل ۴-۳- منحنی سنجه حد وسط دالکی - سرقنات	۴۷
شکل ۴-۴- منحنی سنجه‌های فصلی رودبال – درب قلعه	۴۹
شکل ۴-۵- منحنی سنجه سالانه رودبال – درب قلعه	۴۹
شکل ۴-۶- منحنی سنجه حد وسط رودبال – درب قلعه	۵۰
شکل ۴-۷- منحنی سنجه‌های فصلی رودبال - گوزون	۵۱
شکل ۴-۸- منحنی سنجه سالانه رودبال - گوزون	۵۲
شکل ۴-۹- منحنی سنجه حد وسط رودبال – گوزون	۵۲
شکل ۴-۱۰- منحنی سنجه‌های فصلی سیوند - دشتبال	۵۴
شکل ۴-۱۱- منحنی سنجه سالانه سیوند - دشتبال	۵۴

شکل ۴-۱۲- منحنی سنجه حد وسط سیوند – دشتبال ۵۵
شکل ۴-۱۳- منحنی سنجه‌های فصلی شورشیرین – جمال بیگ ۵۶
شکل ۴-۱۴- منحنی سنجه سالانه شورشیرین – جمال بیگ ۵۷
شکل ۴-۱۵- منحنی سنجه حد وسط شورشیرین – جمال بیگ ۵۷
شکل ۴-۱۶- منحنی سنجه‌های فصلی قره آغاج – بندبهمن ۵۹
شکل ۴-۱۷- منحنی سنجه سالانه آغاج – بندبهمن ۵۹
شکل ۴-۱۸- منحنی سنجه حد وسط آغاج – بندبهمن ۶۰
شکل ۴-۱۹- منحنی سنجه‌های فصلی قره آغاج – علی آبادخفر ۶۱
شکل ۴-۲۰- منحنی سنجه سالانه آغاج – علی آبادخفر ۶۲
شکل ۴-۲۱- منحنی سنجه حد وسط آغاج – علی آبادخفر ۶۲
شکل ۴-۲۲- منحنی سنجه‌های فصلی کر – چمریز ۶۳
شکل ۴-۲۳- منحنی سنجه سالانه کر – چمریز ۶۴
شکل ۴-۲۴- منحنی سنجه حد وسط کر – چمریز ۶۴
شکل ۴-۲۵- منحنی سنجه‌های فصلی مند – تنگ کارزین ۶۶
شکل ۴-۲۶- منحنی سنجه سالانه مند – تنگ کارزین ۶۶
شکل ۴-۲۷- منحنی سنجه حد وسط مند – تنگ کارزین ۶۷
شکل ۴-۲۸- منحنی سنجه‌های فصلی مند – قنطره ۶۸
شکل ۴-۲۹- منحنی سنجه سالانه مند – قنطره ۶۹
شکل ۴-۳۰- منحنی سنجه حد وسط مند – قنطره ۶۹

فهرست جدول ها

شماره صفحه

جدول ۳-۱- موقعیت ایستگاه‌ها ۲۹

جدول ۳-۲- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها ۳۰

جدول ۳-۳- تعداد داده ها وسال آماری ۳۰

جدول ۳-۴- میانگین آبدهی درازمدت فصلی به متر مکعب بر ثانیه – ایستگاه‌ها ۳۱

جدول ۳-۵- مشخصات ایستگاه‌ها ۳۱

جدول ۴-۱- RMSE و R^2 ایستگاه سرقنات ۴۷

جدول ۴-۲- RMSE و R^2 ایستگاه درب قلعه ۵۰

جدول ۴-۳- RMSE و R^2 ایستگاه گوزون ۵۳

جدول ۴-۴- RMSE و R^2 ایستگاه دشتبال ۵۵

جدول ۴-۵- RMSE و R^2 ایستگاه جمال بیگ ۵۸

جدول ۴-۶- RMSE و R^2 ایستگاه بندبهمن ۶۰

جدول ۴-۷- RMSE و R^2 ایستگاه علی آبادخفر ۶۲

جدول ۴-۸- RMSE و R^2 ایستگاه چمریز ۶۴

جدول ۴-۹- RMSE و R^2 ایستگاه تنگ کارزین ۶۷

جدول ۴-۱۰- RMSE و R^2 ایستگاه قنطره ۶۹

جدول ۴-۱۱- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه سرقنات ۷۱

جدول ۴-۱۲- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه درب قلعه ۷۱

جدول ۴-۱۳- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه گوزون ۷۱

جدول ۴-۱۴- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه دشتبال ۷۲

جدول ۴-۱۵- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه جمال بیگ ۷۲

جدول ۴-۱۶- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه بندبهمن ۷۲

جدول ۴-۱۷- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه علی آبادخفر ۷۳

جدول ۴-۱۸- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه چمریز ۷۳
جدول ۴-۱۹- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه تنگ کارزین ۷۳
جدول ۴-۲۰- نتایج فاکتورهای اصلاحی در ایستگاه قنطره ۷۴
جدول ۴-۲۱- معادله سنجه رسوب بهینه ۷۴

فصل اول
مقدمه وکلیات

۱-۱- مقدمه

رسوبات رودخانه‌ای یکی از مهم‌ترین تهدیدات اکوسیستمی هستند که خسارات وارده از آنها به طبیعت، کشاورزی و سازه‌های آبی ساخته‌شده بر روی یا در کنار رودخانه‌ها بسیار گسترده و زیان‌آور است. فرایند تولید رسوب، حمل و رسوبگذاری در رودخانه‌ها بخشی از سیکل هیدرولوژی به حساب می‌آید به طوری که ممکن است قانون طبیعی حرکت رسوب، پراکنش مکانی و زمانی و روند آن تحت تأثیر تغییرات جهانی اقلیم قرار گیرد [۳۸]. مقدار تولید رسوب، چگونگی و زمان رسوبدهی، اندازه و ترکیب دانه های رسوبی، انتقال آن در بین شبکه آبراهه هااز ویژگی های مهم رژیم رسوبدهی حوزه‌های آبخیز به شمار می‌رود [۶۶،۷۱].

هر ساله بالغ بر ۲۰ میلیارد تن رسوب توسط رودخانه‌های جهان انتقال یافته و در سواحل ته نشین می‌شوند [۳۶،۲۵]. رودخانه‌های ما در مقایسه با رودخانه‌های جهان بدلیل شرایط آب و هوائی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و فشار بیش از حد به اراضی حوزه‌های آبخیز، رسوبات بالاتری را حمل می کنند که همواره آسیبها و خسارات زیادی را به دنبال دارند، مهمترین این خسارات عبارتند از:

۱- تخریب پلها و سازه های کنار رودخانه

۲- عمیق تر شدن بستر کانالها

۳- کاهش پتانسیل انتقال رسوب در پائین دست

۴- پر شدن کانالهای آبرسانی و کاهش عمق رودخانه ها

۵- رسوب‌گذاری در مخازن پشت سد و کاهش ظرفیت مخزن و...

۶- انتقال آلودگی‌ها [۱۰].

رسوبات ناشی از فرسایش حوزه‌های آبخیز معمولا پس از بارندگی‌ها به رودخانه رسیده و با رسوبات ناشی از فرسایش دیواره و بستر رودخانه همراه می شوند و تأسیسات آبی موجود در مسیر رودخانه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و عمر مفید مخازن سدها را کاهش می‌دهند.

از این رو مطالعه کمی و کیفی فرسایش ورسوبات تولید شده جهت برنامه‌ریزی و مدیریت