



دانشگاه یزد
دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی
گروه مرتع و آبخیزداری

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری

**برآورد رسوبات معلق با استفاده از روش درختان تصمیم گیری رگرسیونی
(مطالعه موردی حوزه سد ایلام)**

اساتید راهنما : دکتر علی طالبی
دکتر محمد تقی دستورانی

استاد مشاور: مهندس جواد محجوبی

پژوهش و نگارش: زینب اکبری

مهرماه 1389

تقدیم بہ

ہمدی "عج" ،

معنای عشق

پدرم ،

تمام ہستی ام ، دیہائی عشق

مادرم ،

تمام مستی ام ، آوای عشق

جمال طبیعت که جلوه جلال و جمال آفریدگار جهان است در بهاران تجلی زیباتر و درخشان تری می یابد و هر پدیده ای در عالم کمال حسن زیبایی نشانی از زیبایی مطلق خداوند است. "حمد و سپاس مخصوص اوست".

بر خود لازم میدانم از تمام کسانی که به شرفشستن این پژوهش حاصل بهنگاری و همکاری و همراهی آنها بوده است تقدیر بنمایم:

از جناب آقای دکتر طالبی و جناب آقای دکتر دستورانی به عنوان راهنمایان پایان نامه، جناب آقای مهندس مجوبی که مشاوره ایشان در این راستا ارزنده بود. همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر ملکی نژاد به عنوان داور داخلی و جناب آقای دکتر سودانی زاده به عنوان داور خارجی، از کارکنان شرکت آب منطقه ای استان ایلام بویژه مهندس رستی، مساعدت بی دریغ آقای مهندس نیازی، و همراگان همیشگی لحظه های غربت و تحصیل مهندس ایزد دوست، مهندس حاجی بیگلو، مهندس نعمت الهی، مهندس احمدی، مهندس امیری و مهندس ایمان طلب و همچنین از سرکار خانم مهندس بهار اکبری و مهندس حدیث شفیعی و تمام دوستان و همکلاسی هایم کمال تشکر و امتنان را دارم.

در نهایت سپاس میگذارم یار و یاوران همیشگی ام، خانواده عزیزم را که حمایتشان نتیجه بخش بود.

چکیده

تخمین درست حجم رسوبات حمل شده توسط رودخانه ها در پروژه های آبی از اهمیت بسیاری برخوردار است. در حقیقت حصول روشهایی برای محاسبه دبی رسوبات مهمترین هدف تحقیقات مربوط به فرآیند رسوب شده است. از جمله این روشها می توان به روشهای یادگیری ماشین از قبیل مدل درختان تصمیم گیری که مبتنی بر اصول یادگیری می باشند، اشاره کرد. روش درخت تصمیم یک روش سلسله مراتبی یا چند مرحله ای است که در آن به صورت بازگشتی مجموعه داده ها به روش دودویی به تقسیمات فرعی و کوچکتر تقسیم بندی می شود تا زمانی که تقسیمات فرعی نهایی نتوانند بیشتر از آن تجزیه شوند. درختان تصمیم استقرایی مجموعه ای از داده های معلوم را می گیرد و یک درخت تصمیم را از آن استنتاج می کند. سپس درخت می تواند به صورت مجموعه قوانینی برای پیش بینی نتیجه ویژگی های معلوم استفاده شود. در این تحقیق میزان آورد رسوبات رودخانه گل گل حوضه سد ایلام با استفاده از مدل درخت های تصمیم گیری رگرسیونی و منحنی سنج رسوب در سه حالت مدل سازی شد. در حالت نخست، تمامی داده های اندازه گیری شده بدون هیچ گونه تفکیکی مدل سازی گردید و در حالت دوم مجموعه داده ها به دو زیر مجموعه با غلظت رسوبات کمتر و بیشتر از 100 تن در روز و در حالت سوم به دو زیر مجموعه با مقادیر کمتر و بیشتر از میانگین غلظت رسوبات دسته بندی شدند. سپس هر زیر مجموعه جداگانه توسط روش های مذکور شبیه سازی شد. جهت ارزیابی دقت و صحت نتایج معیارهای آماری R ، r^2 ، RMSE، BIAS و MAE مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که به طور کلی و بر اساس تمامی معیارهای آماری مدل درخت تصمیم گیری در مقایسه با روش منحنی سنج رسوب تطابق بسیار بیشتری با مقادیر اندازه گیری شده داشته و دسته بندی داده ها بر اساس غلظت رسوب، نتایج مطلوبتری را سبب شده است.

کلمات کلیدی: رسوبات معلق، برآورد، درخت تصمیم گیری، سد ایلام

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
فصل اول - مقدمه و کلیات	
2	1-1- مقدمه.....
4	2-1- اهداف تحقیق.....
4	3-1- فرضیات (یا سئوالات پژوهشی) تحقیق.....
4	4-1- اهمیت و ضرورت تحقیق.....
5	1-4-1- تخمین طول عمر مفید سازه های آبی.....
6	2-4-1- برآورد مواد موجود در آب و کیفیت آب.....
6	3-4-1- برآورد میزان فرسایش حوزه آبخیز.....
7	4-4-1- کمک به سلامت جامعه.....
7	5-1- کلیات.....
10	6-1- اشکال مختلف حمل رسوب توسط رودخانه.....
11	7-1- منابع تامین رسوب.....
12	8-1- چرخه رسوبی.....
13	9-1- طبقه بندی روش های کلی بر آورد بار معلق.....
14	1-9-1- روش های هیدرولیکی.....
14	2-9-1- روشهای هیدرولوژیکی.....
فصل دوم - پیشینه تحقیق	
16	1-2- در جهان.....

2-2- در ایران..... 21

فصل سوم - مواد و روشها

1-3- معرفی منطقه مورد مطالعه..... 28

2-3- معرفی ویژگیهای منطقه مورد مطالعه..... 29

1-2-3- آب و هوا..... 29

1-1-2-3- بارش 29

2-2-3- اقلیم..... 30

1-2-2-3- تعیین اقلیم منطقه به روش دومارتن..... 30

2-2-2-3- اقلیم نمای آمبروزه..... 31

3-2-3- زمین شناسی..... 32

1-3-2-3- سازندهای دوران مزوزوئیک..... 32

2-3-2-3- سازندهای دوران سنوزوئیک..... 34

3-3- داده ها و روشها

1-3-3- مقدمه..... 38

2-3-3- درخت تصمیم..... 39

3-3-3- یادگیری درخت تصمیم گیری..... 40

4-3-3- ایجاد درخت..... 41

5-3-3- انواع درختان تصمیم گیری..... 44

6-3-3- الگوریتم CATR..... 45

1-6-3-3- ساخت درخت حداکثر..... 46

الف) درختان طبقه بندی..... 46

ب) درخت رگرسیونی 47

- 48..... 2-6-3-3- انتخاب اندازه درست درخت.....
- 48..... الف-بهینه سازی به وسیله حداقل تعداد نقاط.....
- 48..... ب-اعتبار سنجی.....
- 49..... 3-6-3-3- طبقه بندی داده های جدید.....
- 50..... 7-3-3- مزایا و معایب درختان تصمیم گیری طبقه بندی و رگرسیونی.....
- 50..... 1-7-3-3- مزایا.....
- 52..... 2-7-3-3- معایب.....
- 52..... 4-3- نرم افزار متلب.....
- 52..... 1-4-3- مقدمه.....
- 53..... 2-4-3- درخت تصمیم گیری در متلب.....
- 54..... 5-3- بررسی اعتبار مدل.....

فصل چهارم - نتایج و بحث

- 57..... 1-4- مقدمه.....
- 57..... 2-4- حالت اول (بدون تفکیک داده های اندازه گیری).....
- 77..... 3-4- حالت دوم (تفکیک داده ها بر اساس معیار غلظت رسوبی برابر با 100 تن در روز).....
- 77..... 1-3-4- گروه اول (مقادیر کمتر از 100 تن در روز).....
- 85..... 2-3-4- گروه دوم (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز).....
- 94..... 4-4- حالت سوم (تفکیک داده ها بر اساس میانگین غلظت رسوبات).....
- 95..... 1-4-3- گروه اول (مقادیر کمتر از میانگین).....
- 104..... 2-4-4- گروه دوم (مقادیر بیشتر از میانگین).....

فصل پنجم - نتیجه گیری و پیشنهادات

109.....	1-5- نتیجه گیری.....
112.....	2-5- پیشنهادات.....

پیوست

منابع و مأخذ

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول 4-1- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامترهای مختلف (داده های آموزش).....	58
جدول 4-2- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامترهای مختلف (داده های آزمون).....	58
جدول 4-3- مقادیر معیارهای مختلف خطا در برآورد بار معلق برای داده های آزمون.....	60
جدول 4-4- مقادیر معیارهای مختلف خطا برای هر کلاس در روش منحنی سنجه رسوب.....	62
جدول 4-5- مقادیر معیارهای مختلف خطا برای هر کلاس در روش درخت تصمیم گیری.....	62
جدول 4-6- نتایج معیارهای آماری مربوط به مدل درخت تصمیم گیری در ترکیبات ورودی مختلف.....	64
جدول 3-7- نتایج معیارهای آماری مربوط به مدل درخت تصمیم گیری در ترکیبات ورودی مختلف، برگرفته از جدول 4-6.....	71
جدول 4-8- مقادیر معیارهای مختلف خطا در برآورد بار معلق برای بهترین ترکیب ورودی.....	76
جدول 4-9- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامترهای مختلف (داده های آموزش مقادیر کمتر از 100 تن در روز).....	78
جدول 4-10- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامترهای مختلف (داده های آزمون مقادیر کمتر از 100 تن در روز).....	78
جدول 4-11- مقادیر معیارهای مختلف خطا در برآورد بار معلق برای داده های آزمون (مقادیر کمتر از 100 تن در روز).....	80
جدول 4-12- نتایج مربوط به مدل درخت تصمیم در ترکیبات ورودی مختلف (مقادیر کمتر از 100 تن در روز).....	82

- جدول 4-13- مقادیر معیارهای مختلف خطا در برآورد بار معلق برای داده های آزمون در بهترین ترکیب ورودی (مقادیر کمتر از 100 تن در روز).....85
- جدول 4-14- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامتر های مختلف (داده های آموزش مقادیر بیشتر از 100 تن در روز).....86
- جدول 4-15- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامتر های مختلف (داده های آزمون مقادیر بیشتر از 100 تن در روز).....86
- جدول 4-16- مقادیر معیارهای مختلف خطا در برآورد بار معلق برای داده های آزمون (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز).....88
- جدول 4-17- نتایج معیارهای آماری مربوط به مدل درخت تصمیم در ترکیبات ورودی مختلف (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز).....90
- جدول 4-18- نتایج معیارهای آماری مربوط به مدل درخت تصمیم در ترکیبات ورودی مختلف برگرفته از جدول 3-17 (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز).....92
- جدول 4-19- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامتر های مختلف (داده های آموزش مقادیر کمتر از میانگین)95
- جدول 4-20- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامتر های مختلف (داده های آزمون مقادیر کمتر از میانگین).....96
- جدول 4-21- مقادیر معیارهای مختلف خطا در برآورد بار معلق برای داده های آزمون (مقادیر کمتر از میانگین).....98
- جدول 4-22- نتایج معیارهای آماری مربوط به مدل درخت تصمیم در ترکیبات ورودی مختلف (مقادیر کمتر از میانگین).....99
- جدول 4-23- نتایج معیارهای آماری مربوط به مدل درخت تصمیم در ترکیبات ورودی مختلف برگرفته از جدول 4-22 (مقادیر کمتر از میانگین)101

جدول 4-24- مقادیر معیارهای مختلف خطا در برآورد بار معلق برای داده های آزمون در بهترین

ترکیب ورودی (مقادیر کمتر از میانگین) 103.....

جدول 4-25- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامتر های مختلف (داده های آموزش مقادیر

بیشتر از میانگین)..... 105.....

جدول 4-26- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین پارامتر های مختلف (داده های آزمون مقادیر

بیشتر از میانگین)..... 105.....

جدول 4-27- مقادیر معیارهای مختلف خطا در برآورد بار معلق برای داده های آزمون (مقادیر

بیشتر از میانگین)..... 107.....

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
11	شکل 1-1- اشکال مختلف حمل رسوب توسط رودخانه.....
12	شکل 1-2 - بار های رسوبی از نظر مکانسیم انتقال.....
12	شکل 1-3- بار های رسوبی از نظر مکانسیم انتقال.....
13	شکل 1-4- چرخه رسوبی.....
29	شکل 1-3- موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه.....
30	شکل 3-2- میانگین بارش ماهانه ایستگاه ایلام.....
37	شکل 3-3- نمائی از سه سازند سروک، سورگاه و ایلام بر روی تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث.....
37	شکل 3-4- نمائی از سازند سروک.....
37	شکل 3-5- نمائی از سازند پابده.....
37	شکل 3-6- نمائی از دو سازند آسماری و پابده.....
37	شکل 3-7- نمائی از دو سازند آسماری و گچساران.....
40	شکل 3-8- یک درخت تصمیم برای تشخیص سرما خوردگی یا آنفلوانزا.....
41	شکل 3-9- نمونه ای از یک درخت تصمیم ساده.....
43	شکل 3-10- رابطه گره بچه و والد.....
43	شکل 3-11- گره های برگ و غیر برگ.....
43	شکل 3-12- تقسیم مجموعه مشاهدات به دو گروه.....
44	شکل 3-13- بررسی اینکه آیا رشد درخت ادامه یابد یا نه.....

- شکل 3-14- تقسیم بیشتر درخت.....44
- شکل 4-1- منحنی سنجه رسوب.....59
- شکل 4-2- میزان همبستگی بین مقادیر برآوردی توسط منحنی سنجه رسوب و مقادیر مشاهداتی.....59
- شکل 4-3- درخت تصمیم ایجاد شده با استفاده از مجموعه داده های آموزش (دبی و رسوب متناظر)60
- شکل 4-4- میزان همبستگی بین مقادیر برآورد شده توسط درخت تصمیم گیری و مقادیر مشاهداتی60
- شکل 4-5- شکل سری زمانی مقادیر مشاهداتی، مقادیر برآوردی منحنی سنجه و درخت تصمیم.....61
- شکل 4-6- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، بارش همان روز و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....63
- شکل 4-7- روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، بارش همان روز و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....63
- شکل 4-8- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش همان روز و روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....65
- شکل 4-9- روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش همان روز و روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....65
- شکل 4-10- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش دو روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....65
- شکل 4-11- روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش دو روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....66

- شکل 4-12- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش سه روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....66
- شکل 4-13- روند تغییرات معیارهای MAE, RMSE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش سه روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....66
- شکل 4-14- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش چهار روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....67
- شکل 4-15- روند تغییرات معیارهای MAE, RMSE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش چهار روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....67
- شکل 4-16- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش پنج روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....67
- شکل 4-17- روند تغییرات معیارهای MAE, RMSE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع بارش پنج روز قبل و دبی از همان روز تا مجموع چهار روز قبل).....68
- شکل 4-18- روند تغییرات معیارهای r^2 و R به ترتیب ذکر شده در جدول 4-6 68
- شکل 4-19- روند تغییرات معیارهای MAE, RMSE و BIAS به ترتیب ذکر شده در جدول 4-6 69
- شکل 4-20- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر دبی همان روز و بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....70
- شکل 4-21- روند تغییرات معیارهای MAE, RMSE و BIAS (بردارهای ورودی شامل ، دبی متناظر، دبی همان روز و بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....70
- شکل 4-22- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع دبی همان روز و روز قبل و بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....72

شکل 4-23-- روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع دبی همان روز و روز قبل بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....72

شکل 4-24- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع دبی دو روز قبل و بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....72

شکل 4-25- روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع دبی دو روز قبل و بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....73

شکل 4-26- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع دبی سه روز قبل و بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....73

شکل 4-27- روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع دبی سه روز قبل بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....73

شکل 4-28- روند تغییرات معیارهای r^2 و R (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع دبی چهار روز قبل و بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....74

شکل 4-29- روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS (بردارهای ورودی شامل دبی متناظر، مجموع دبی چهار روز قبل بارش از همان روز تا مجموع پنج روز قبل).....74

شکل 4-30- روند تغییرات معیارهای r^2 و R به ترتیب ذکر شده در جدول 4-7.....74

شکل 4-31- روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS به ترتیب ذکر شده در جدول 4-7.....75

شکل 4-32- درخت تصمیم ایجاد شده با استفاده از بهترین ترکیب ورودی.....76

شکل 4-33- درخت تصمیم نهایی (هرس شده) ایجاد شده با استفاده از بهترین ترکیب ورودی.....76

شکل 4-34- شکل سری زمانی مقادیر برآورد شده توسط بهترین ترکیب ورودی و مقادیر مشاهداتی.....77

شکل 4-35- منحنی سنج رسوب (مقادیر کمتر از 100 تن در روز).....79

- شکل 4-36- میزان همبستگی بین مقادیر برآوردی توسط منحنی سنجه و مقادیر مشاهداتی (مقادیر کمتر از 100 تن در روز)..... 79
- 4-37- درخت تصمیم نهایی (هرس شده) ایجاد شده با استفاده از مجموعه داده های آموزش (دبی و رسوب متناظر) (مقادیر کمتر از 100 تن در روز)..... 79
- شکل 4-38- میزان همبستگی بین مقادیر رسوب برآورد شده توسط درخت تصمیم هرس شده و مقادیر مشاهداتی (مقادیر کمتر از 100 تن در روز)..... 80
- شکل 4-39- شکل سری زمانی مقادیر مشاهداتی، مقادیر برآوردی منحنی سنجه و درخت تصمیم هرس شده (مقادیر کمتر از 100 تن در روز)..... 81
- شکل 4-40- روند تغییرات معیارهای r^2 و R به ترتیب ذکر شده در جدول 4-12 83
- شکل 4-41- روند تغییرات معیارهای MAE, RMSE, BIAS به ترتیب ذکر شده در جدول 4-12 83
- شکل 4-42- درخت تصمیم نهایی (هرس شده) ایجاد شده با استفاده از بهترین ترکیب ورودی (مقادیر کمتر از 100 تن در روز)..... 84
- شکل 4-43- شکل سری زمانی مقادیر مشاهداتی، مقادیر برآوردی منحنی سنجه و درخت تصمیم هرس شده (مقادیر کمتر از 100 تن در روز)..... 85
- شکل 4-44- منحنی سنجه رسوب (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز) 87
- شکل 4-45- میزان همبستگی بین مقادیر برآوردی توسط منحنی سنجه و مقادیر مشاهداتی (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز)..... 87
- 4-46- درخت تصمیم نهایی (هرس شده) ایجاد شده با استفاده از مجموعه داده های آموزش (دبی و رسوب متناظر) (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز)..... 87
- شکل 4-47- میزان همبستگی بین مقادیر رسوب برآورد شده توسط درخت تصمیم هرس شده و مقادیر مشاهداتی (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز)..... 88

- شکل 4-48- شکل سری زمانی مقادیر مشاهداتی، مقادیر برآوردی منحنی سنجه و درخت تصمیم هرس شده (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز)..... 88
- شکل 4-49- روند تغییرات معیارهای R و r^2 به ترتیب ذکر شده در جدول 4-17..... 91
- شکل 4-50- روند تغییرات معیارهای MAE, BIAS و RMSE به ترتیب ذکر شده در جدول 4-17..... 91
- شکل 4-51- روند تغییرات معیارهای R و r^2 به ترتیب ذکر شده در جدول 4-18..... 93
- شکل 4-52- روند تغییرات معیارهای MAE, BIAS و RMSE به ترتیب ذکر شده در جدول 4-18..... 93
- 4-53- درخت تصمیم ایجاد شده با استفاده از بهترین ترکیب ورودی (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز)..... 94
- شکل 4-54- شکل سری زمانی مقادیر مشاهداتی، مقادیر برآوردی منحنی سنجه و درخت تصمیم (مقادیر بیشتر از 100 تن در روز) 94
- شکل 4-55- منحنی سنجه رسوب (مقادیر کمتر از میانگین) 96
- شکل 4-56- میزان همبستگی بین مقادیر برآوردی توسط منحنی سنجه و مقادیر مشاهداتی (مقادیر کمتر از میانگین) 96
- 4-57- درخت تصمیم نهایی (هرس شده) ایجاد شده با استفاده از مجموعه داده های آموزش (دبی و رسوب متناظر) (مقادیر کمتر از میانگین) 97
- شکل 4-58- میزان همبستگی بین مقادیر رسوب برآورد شده توسط درخت تصمیم هرس شده و مقادیر مشاهداتی (مقادیر کمتر از میانگین) 97
- شکل 4-59- نمودار سری زمانی مقادیر مشاهداتی، مقادیر برآوردی منحنی سنجه و درخت تصمیم هرس شده (مقادیر کمتر از میانگین) 98
- شکل 4-60- روند تغییرات معیارهای R و r^2 به ترتیب ذکر شده در جدول 4-22..... 100

- شکل 4-61: روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS به ترتیب ذکر شده در جدول 4-22
100.....
- شکل 4-62: روند تغییرات معیارهای I^2 و R به ترتیب ذکر شده در جدول 4-23 102
- شکل 4-63: روند تغییرات معیارهای RMSE, MAE و BIAS به ترتیب ذکر شده در جدول 4-23
102
- 4-64: درخت تصمیم نهایی (هرس شده) ایجاد شده با استفاده از بهترین ترکیب ورودی (مقادیر کمتر از میانگین) 103
- شکل 4-65- شکل سری زمانی مقادیر مشاهداتی، مقادیر برآوردی منحنی سنج و درخت تصمیم هرس شده با بهترین ترکیب ورودی (مقادیر کمتر از میانگین) 104
- شکل 4-66- منحنی سنج رسوب (مقادیر بیشتر از میانگین) 106
- شکل 4-67- میزان همبستگی بین مقادیر برآوردی توسط منحنی سنج و مقادیر مشاهداتی (مقادیر بیشتر از میانگین) 106
- 4-68- درخت تصمیم ایجاد شده با استفاده از مجموعه داده های آموزش (مقادیر بیشتر از میانگین) 106
- شکل 4-69- میزان همبستگی بین مقادیر برآوردی توسط منحنی سنج و مقادیر مشاهداتی (مقادیر بیشتر از میانگین) .. 106
- شکل 4-70- شکل سری زمانی مقادیر مشاهداتی، مقادیر برآوردی منحنی سنج و درخت تصمیم گیری (مقادیر بیشتر از میانگین) 107

فهرست علائم اختصاری

- Q_s - دبی رسوب (ton/day)
- Q_w - دبی متناظر با دبی رسوب (m^3/s)
- Q - دبی روزانه مربوط به همان روز (m^3/s)
- Q_1 - دبی یک روز قبل (m^3/s)
- Q_2 - دبی دو روز قبل (m^3/s)
- Q_3 - دبی سه روز قبل (m^3/s)
- Q_4 - دبی چهار روز قبل (m^3/s)
- P - بارش همان روز (mm)
- P_1 - بارش یک روز قبل (mm)
- P_2 - بارش دو روز قبل (mm)
- P_3 - بارش سه روز قبل (mm)
- P_4 - بارش چهار روز قبل (mm)
- P_5 - بارش پنج روز قبل (mm)

CART- Classification and Regression Tree

RMSE- Root Mean Square Error

MSE- Mean Square Error

MAE- Mean Absolute Error

RE= Relative Error