



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

پیش بینی بلندمدت بارش فصلی و جریان رودخانه به کمک متغیرهای اقلیمی اقیانوسی -
جوی (مطالعه موردی: سد بوکان)

نگارش

راضیه ترقی دلگرم

استاد راهنما

دکتر مسعود تجریشی

دی ماه ۱۳۹۴

سورة

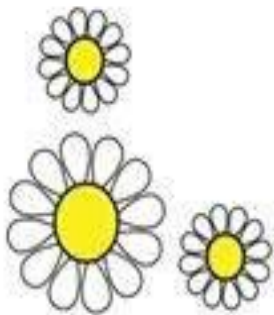
تقدیم به پدر و مادر عزیزم

به پاس زحمات بی‌دینشان که در تمام زندگی، یار و یاور من بودند.
و با تشکر از استاد گرامی

جناب آقای دکتر تجریشی که در نهایت صبر و حسن اخلاق در
تمامی مراحل مرابراهمنایی‌های بی‌دریغ خودیاری نموده‌اند.
بدون راه‌نمایی‌های ایشان بدون شک، پیدایش این پایان‌نامه
ممکن نمی‌گشت.

با قدردانی بسیار از خانم مهندس گلپایگانی به جهت همکاری‌ها و
راه‌نمایی‌های ارزشمندشان.

و با تشکر از تمامی کسانی که من را در این مهم‌یاری رساندند.



چکیده

محدودیت منابع آب و افزایش تقاضاهای آبی، بهره برداری‌های بهینه از منابع آبی موجود در کشور را بیش از پیش ضروری کرده است. بهره برداری بهینه از این منابع، نیازمند پیش بینی هر چه دقیق‌تر جریان رودخانه ورودی به سد با بازه زمانی پیش بینی یک تا چند ماه می‌باشد. در دهه‌های اخیر، شناسایی سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی به عنوان پیش بینی کننده‌های هیدرولوژیکی، تحول عظیمی در پیش بینی‌ها به وجود آورده و مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است.

یکی از مهم‌ترین اصول برنامه ریزی و مدیریت منابع آب در هر کشور از دیدگاه هیدرولوژیکی، بحث پیش بینی بارش می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از مدل‌سازی رگرسیون اجزای اصلی^۱ و مقایسه آن با روش شبکه عصبی مصنوعی^۲ و در نظر گرفتن بارش به عنوان متغیر هواشناختی، سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی، دمای سطح آب در دریاها و مجاور به عنوان متغیر اقیانوسی و جوی و نیز ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال، حجم جریان در بالادست سد بوکان در سه دوره (بهمن - خرداد)، (اسفند-خرداد) و (فروردین-خرداد) پیش بینی شده‌است. به علاوه ارتباط بارندگی فصلی حوضه با سیگنال‌های هواشناسی و نیز منابع حرارتی مؤثر در فرایند بارش بررسی و بارندگی فصلی در ایستگاه‌های بارانسنجی در این حوضه پیش بینی شده‌است. نتایج این تحقیق کمک شایانی به پیش بینی درازمدت وضعیت بارش حوضه آبریز سد بوکان و به تبع آن رواناب ورودی به این سد و همچنین برنامه ریزی و مدیریت منابع آبی این سد می‌نماید.

نتایج نشان می‌دهد که تغییرات دمای سطح آب دریای سرخ و خلیج فارس بیشتر در بارش زمستانه و بهاره مؤثر بوده و ارتباط معنی داری میان تغییرات دمای سطح آب مدیترانه غربی با بارش پاییزه ایستگاه‌های آلاسکل، باغچه میشه و دره پنبه دان وجود دارد. همچنین تغییرات دمای سطح آب مدیترانه شرقی در مدل سازی بارش بهاره حوضه مؤثر بوده است. با به کار گیری معادلات پیش بینی ارائه شده، می‌توان با در نظر گرفتن نهایتاً چهار متغیر و در نبود پارامترهای برفی تا ۸۳ درصد از واریانس آورد در دوره اول (بهمن - خرداد)، ۷۰ درصد از واریانس در دوره دوم (اسفند - خرداد) و ۷۸ درصد از واریانس در دوره سوم (فروردین - خرداد) را پیش بینی نمود. دقت مدل در سال‌های لاتینا کمتر از دیگر سال‌ها می‌باشد. در نهایت از روش شبکه عصبی آموزش داده شده توسط الگوریتم ژنتیک برای مقایسه دقت روش رگرسیونی و شبکه عصبی، استفاده شد. نتایج نشان داد که روش شبکه عصبی می‌تواند روشی کارآمد برای پیش بینی آورد و بارش فصلی حوضه بوکان باشد.

کلمات کلیدی: پیش بینی بلند مدت- پیش بینی بارش فصلی- شبکه عصبی مصنوعی- الگوریتم ژنتیک- متغیرهای

^۱ Principal Component Analysis

^۲ ANN (Artificial Neural Network)

اقيانوسى جوى- سد بوكان- رگرسيون اجزاي اصلى

فهرست مطالب

فصل اول - مقدمه	۱
۱-۱- معرفی مساله	۲
۲-۱- اهمیت پیش بینی بلندمدت	۸
۳-۱- اهداف تحقیق	۹
۱-۳-۱- سؤالات تحقیق	۱۰
۴-۱- نحوه رویکرد به مساله، فرضیات علمی و گستره تحقیق	۱۱
۵-۱- ساماندهی فصول پایان نامه	۱۳
فصل دوم - پیشینه مطالعات	۱۵
۱-۲- سابقه مطالعات در زمینه بررسی سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی و پیش بینی‌های هیدرولوژیکی در نواحی مختلف دنیا	۱۶
۱-۱-۲- ارتباط بین دمای پهنه‌های اقیانوسی و بارش	۱۷
۲-۲- نوآوری تحقیق	۱۸
۱-۲-۲- پیش بینی جریان با استفاده از مدل‌های ANN	۱۹
۳-۲- سابقه مطالعات در زمینه بررسی سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی و پیش بینی‌های هیدرولوژیکی در ایران	۲۰
۱-۳-۲- استفاده از سیگنال‌های اقلیمی در پیش بینی‌های هیدرولوژیکی ایران	۲۲
۲-۳-۲- ارتباط بین دمای پهنه‌های آبی و بارش	۲۴
۴-۲- در داخل حوضه دریاچه ارومیه	۲۶
فصل سوم - مواد و روش‌ها	۲۸
۱-۳- بررسی منطقه مطالعاتی	۲۹
۲-۳- سیستم‌های هواشناسی اثرگذار	۳۳
۳-۳- محدوده مورد مطالعه	۳۶
۴-۳- جمع آوری و تحلیل اولیه داده‌ها	۳۸
۱-۴-۳- داده‌های هیدرومتری	۳۸
۲-۴-۳- بررسی دوره‌های تر و خشک	۴۱
۳-۴-۳- اطلاعات بارانسنجی	۵۰
۴-۴-۳- داده‌های برف سنجی	۵۵
۵-۳- سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی	۵۸
۱-۵-۳- معرفی شاخص‌های اقلیمی	۶۰
۲-۵-۳- دمای سطح آب در پهنه‌های آبی مجاور و ارتفاع ژئوپتانسیل	۶۹
۶-۳- بررسی ارتباط آورد سالانه و بارش فصلی با ENSO و PDO	۷۰

۷۶	فصل چهارم - مدل سازی و نتایج
۷۷	۱-۴- چارچوب مدل سازی پیش بینی آورد
۷۷	۱-۴-۱- بررسی همبستگی بین سیگنال های بزرگ مقیاس اقلیمی و آورد حوضه سد بوکان
۸۳	۱-۴-۲- بررسی همبستگی بین داده های بارش و آورد حوضه سد بوکان
۸۳	۱-۴-۳- بررسی همبستگی ویژگی های برف و آورد حوزه آبریز سد بوکان
۸۴	۱-۴-۴- بررسی همبستگی آورد پائیز و زمستان با حجم رواناب در دوره های پیش بینی
۸۴	۱-۴-۵- ارتباط آورد با دمای سطح آب و ارتفاع ژئوپتانسیل
۹۰	۲-۴- چارچوب مدل سازی پیش بینی بارش
۹۰	۳-۴- مدل های آماری جهت پیش بینی
۹۱	۳-۴-۱- رگرسیون خطی چند متغیره
۹۷	۳-۴-۲- شبکه های عصبی مصنوعی
۱۱۲	۴-۴- نتایج مدل سازی پیش بینی بارش
۱۱۳	۴-۴-۱- پیش بینی بارش پاییزه
۱۵۱	۴-۴-۲- پیش بینی بارش زمستانه
۱۸۶	۴-۴-۳- پیش بینی بارش بهاره
۲۳۰	۴-۵- مدل سازی آورد ایستگاه های هیدرومتری
۲۳۱	۴-۵-۱- مدل سازی به روش رگرسیون
۲۶۵	۴-۵-۲- روش ترکیب شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک
۲۸۸	فصل پنجم - جمع بندی و پیشنهادت جهت ادامه کار
۲۸۹	۱-۵- جمع بندی نتایج
۳۰۱	۲-۵- پیشنهادت
۳۰۲	فصل ششم - فهرست مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) موقعیت حوضه آبریز ارومیه ۶
- شکل (۲-۱) موقعیت سد بوکان نسبت به دریاچه ارومیه ۶
- شکل (۱-۳) حوضه دریاچه ارومیه و زیرحوضه های آن ۳۰
- شکل (۲-۳) وضعیت شماتیکی رودخانه های حوضه مورد مطالعه ۳۲
- شکل (۳-۳) مسیر کلی توده های هوا مؤثر بر محدوده مورد مطالعه در فصول مختلف سال ۳۵
- شکل (۴-۳) موقعیت زیرحوضه های منطقه مطالعاتی ۳۷
- شکل (۵-۳) موقعیت ایستگاه های هیدرومتری ۳۹
- شکل (۶-۳) درصد سهم آورد در فصول مختلف در ورودی سد ۴۰
- شکل (۷-۳) سری زمانی آورد سالانه زرینه رود - ورودی سد بوکان ۴۰
- شکل (۸-۳) میانگین درصد رواناب ورودی به سد بوکان (از سال ۴۵- تا ۹۲ تا ۹۱) ۴۸
- شکل (۹-۳) حجم رواناب ورودی به سد (میلیون مترمکعب) از سال ۴۵- تا ۹۲ تا ۹۱ ۴۸
- شکل (۱۰-۳) تابع خود همبستگی آورد سالانه ۴۹
- شکل (۱۱-۳) میانگین درصد رواناب در ایستگاه های منتخب و ورودی سد بوکان ۵۰
- شکل (۱۲-۳) درصد سهم هر زیرحوضه در آورد ورودی به سد بوکان ۵۰
- شکل (۱۳-۳) موقعیت ایستگاه های بارانسنجی ۵۲
- شکل (۱۴-۳) میانگین بارش سالانه، نوسانات بارش ماهانه و توزیع فصلی بارش در ایستگاه بارانسنجی ساری قمیش در بازه زمانی (۱۳۹۱-۱۳۵۸) ۵۴
- شکل (۱۵-۳) موقعیت ایستگاه های برف سنجی ۵۶
- شکل (۱۶-۳) تغییرات ارتفاع و آب معادل برف و چگالی برف در ایستگاه صفاخانه طی سال های ۷۷-۹۲ ۵۸
- شکل (۱۷-۳) پوشش جغرافیایی مربوط به شاخص SOI ۶۱
- شکل (۱۸-۳) سری زمانی ماهانه شاخص MEI ۶۲
- شکل (۱۹-۳) محدوده پوشش جغرافیایی شاخص های NAO، BEST، ONI و MEI ۶۴
- شکل (۲۰-۳) پوشش جغرافیایی مربوط به نواحی NINO a- نواحی NINO در اقیانوس آرام b- ناحیه ۱،۲ NINO c- ناحیه ۳،۴ NINO d- ناحیه ۳ NINO ۶۵
- شکل (۲۱-۳) سری زمانی و نوسانات شاخص PDO ۶۶
- شکل (۲۲-۳) محدوده پوشش جغرافیایی شاخص های AO، NOI، TSA، TNA، WP، WHWP ۶۹
- شکل (۲۳-۳) حجم آورد ورودی به سد بوکان در سال های مختلف النینو، لائینا و خنثی ۷۱
- شکل (۲۴-۳) سری زمانی آورد ورودی به سد در سال های وقوع فازهای مثبت و منفی PDO ۷۱
- شکل (۱-۴) مقادیر همبستگی آورد دوره اول پیش بینی در ورودی سد بوکان با سیگنال PDO در ماه های قبل ۷۸
- شکل (۲-۴) مقدار همبستگی آورد دوره سوم پیش بینی (فروردین تا خرداد) ایستگاه هیدرومتری صفاخانه و بارندگی ماه های قبلی ایستگاه بارانسنجی آلاسقل ۸۳
- شکل (۳-۴) مقادیر همبستگی آورد دوره های پیش بینی و آورد پاییزه در ورودی سد بوکان ۸۴
- شکل (۴-۴) پهنه های آبی تأثیرگذار بر میزان بارش و رواناب حوضه های آبریز شمال غرب ایران ۸۵
- شکل (۵-۴) نقشه همبستگی میان آورد دوره سوم پیش بینی و ارتفاع ژئوپتانسیل در الف) زمستان (JFM) ب) پاییز (OND) و ج) تابستان (JAS) سال قبل ۸۶

- شکل (۶-۴) نقشه همبستگی میان آورد دوره سوم پیش بینی و دمای سطح آب در الف) زمستان (JFM) ب) پاییز (OND) و ج) تابستان (JAS) سال قبل ۸۸
- شکل (۷-۴) محدوده های در نظر گرفته شده در دریای سرخ و خلیج فارس جهت بررسی تغییرات دمای سطح آب ۸۹
- شکل (۸-۴) ضرایب همبستگی میان آورد دوره های سه گانه پیش بینی در ورودی سد بوکان و تغییرات دمای سطح آب در محدوده در نظر گرفته شده در خلیج فارس الف) پاییز ب) زمستان ج) تابستان ۸۹
- شکل (۹-۴) شماتیک زمانی متغیرهای مستقل و وابسته در پیش بینی بارندگی ۹۰
- شکل (۱۰-۴) شماتیک چگونگی هم خطی میان متغیرهای مستقل ۹۶
- شکل (۱۱-۴) مدل نرون زیستی ۹۸
- شکل (۱۲-۴) مدل نرون تک ورودی ۹۹
- شکل (۱۳-۴) مدل نرون فرانک روزنبلت (پرسپترون) ۱۰۳
- شکل (۱۴-۴) مراحل مختلف الگوریتم ژنتیک ۱۰۹
- شکل (۱۵-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه آلاسکل ۱۱۴
- شکل (۱۶-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده - بارش پاییزه آلاسکل ۱۱۴
- شکل (۱۷-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی - بارش پاییزه آلاسکل ۱۱۵
- شکل (۱۸-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده - بارش پاییزه آلاسکل ۱۱۶
- شکل (۱۹-۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش پاییزه آلاسکل ۱۱۶
- شکل (۲۰-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه باغچه میشه ۱۱۶
- شکل (۲۱-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده - بارش پاییزه باغچه میشه ۱۱۸
- شکل (۲۲-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی - بارش پاییزه باغچه میشه ۱۱۸
- شکل (۲۳-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده - بارش پاییزه باغچه میشه ۱۱۹
- شکل (۲۴-۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش پاییزه باغچه میشه ۱۱۹
- شکل (۲۵-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه چوبلوچه ۱۲۰
- شکل (۲۶-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده - بارش پاییزه چوبلوچه ۱۲۱
- شکل (۲۷-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی - بارش پاییزه چوبلوچه ۱۲۱
- شکل (۲۸-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده - بارش پاییزه چوبلوچه ۱۲۲
- شکل (۲۹-۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش پاییزه چوبلوچه ۱۲۲
- شکل (۳۰-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) بارش پاییزه دره پنبه دان ۱۲۳
- شکل (۳۱-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده - بارش پاییزه دره پنبه دان ۱۲۴
- شکل (۳۲-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی - بارش پاییزه دره پنبه دان ۱۲۴
- شکل (۳۳-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده - بارش پاییزه دره پنبه دان ۱۲۵

- شکل (۴-۳۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده)- بارش پاییزه دره پنبه دان ۱۲۵
- شکل (۴-۳۵) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی)- بارش پاییزه قبقبلو ۱۲۶
- شکل (۴-۳۶) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش پاییزه قبقبلو ۱۲۶
- شکل (۴-۳۷) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش پاییزه قبقبلو ۱۲۷
- شکل (۴-۳۸) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش پاییزه قبقبلو ۱۲۷
- شکل (۴-۳۹) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش پاییزه قبقبلو ۱۲۸
- شکل (۴-۴۰) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه قزل قبر ۱۲۹
- شکل (۴-۴۱) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش پاییزه قزل قبر ۱۲۹
- شکل (۴-۴۲) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش پاییزه قزل قبر ۱۳۰
- شکل (۴-۴۳) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش پاییزه قزل قبر ۱۳۰
- شکل (۴-۴۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش پاییزه قزل قبر ۱۳۱
- شکل (۴-۴۵) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه پل آنیان ۱۳۲
- شکل (۴-۴۶) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش پاییزه پل آنیان ۱۳۲
- شکل (۴-۴۷) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی - بارش پاییزه پل آنیان ۱۳۳
- شکل (۴-۴۸) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش پاییزه پل آنیان ۱۳۳
- شکل (۴-۴۹) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش پاییزه پل آنیان ۱۳۴
- شکل (۴-۵۰) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه رحیم آباد ۱۳۵
- شکل (۴-۵۱) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش پاییزه رحیم آباد ۱۳۵
- شکل (۴-۵۲) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش پاییزه رحیم آباد ۱۳۶
- شکل (۴-۵۳) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش پاییزه رحیم آباد ۱۳۶
- شکل (۴-۵۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش پاییزه رحیم آباد ۱۳۷
- شکل (۴-۵۵) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه صائین دژ ۱۳۸
- شکل (۴-۵۶) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش پاییزه صائین دژ ۱۳۸
- شکل (۴-۵۷) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش پاییزه صائین دژ ۱۳۹
- شکل (۴-۵۸) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش پاییزه صائین دژ ۱۳۹
- شکل (۴-۵۹) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش پاییزه صائین دژ ۱۴۰

- شکل (۴-۶۰) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه صفاخانه ۱۴۱
- شکل (۴-۶۱) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش پاییزه صفاخانه ۱۴۱
- شکل (۴-۶۲) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش پاییزه صفاخانه ۱۴۲
- شکل (۴-۶۳) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده-بارش پاییزه صفاخانه ۱۴۲
- شکل (۴-۶۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش پاییزه صفاخانه ۱۴۳
- شکل (۴-۶۵) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش پاییزه ساری قمیش ۱۴۵
- شکل (۴-۶۶) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش پاییزه ساری قمیش ۱۴۶
- شکل (۴-۶۷) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش پاییزه ساری قمیش ۱۴۶
- شکل (۴-۶۸) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش پاییزه ساری قمیش ۱۴۷
- شکل (۴-۶۹) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش پاییزه ساری قمیش ۱۴۷
- شکل (۴-۷۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش پاییزه رستمان ۱۴۴
- شکل (۴-۷۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش پاییزه رستمان ۱۴۴
- شکل (۴-۷۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش پاییزه پل سقز ۱۴۸
- شکل (۴-۷۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش پاییزه پل سقز ۱۴۹
- شکل (۴-۷۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش پاییزه پل سقز ۱۴۹
- شکل (۴-۷۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش پاییزه پل سقز ۱۵۰
- شکل (۴-۷۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش پاییزه پل سقز ۱۵۰
- شکل (۴-۷۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش زمستانه آلاسقل ۱۵۱
- شکل (۴-۷۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش زمستانه آلاسقل ۱۵۲
- شکل (۴-۷۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی ۱۵۲
- شکل (۴-۸۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش زمستانه آلاسقل ۱۵۳
- شکل (۴-۸۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش زمستانه آلاسقل ۱۵۳
- شکل (۴-۸۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش زمستانه باغچه میشه ۱۵۴
- شکل (۴-۸۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده - بارش زمستانه باغچه میشه ۱۵۵
- شکل (۴-۸۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش زمستانه باغچه میشه ۱۵۵
- شکل (۴-۸۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده-بارش زمستانه باغچه میشه ۱۵۶
- شکل (۴-۸۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده)-بارش زمستانه باغچه میشه ۱۵۶

- شکل (۸۷-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش زمستانه چوبلوچه ۱۵۷
- شکل (۸۸-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش زمستانه چوبلوچه ۱۵۸
- شکل (۸۹-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش زمستانه چوبلوچه ۱۵۸
- شکل (۹۰-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش زمستانه چوبلوچه ۱۵۹
- شکل (۹۱-۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش زمستانه چوبلوچه ۱۵۹
- شکل (۹۲-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش زمستانه ققبلو ۱۶۰
- شکل (۹۳-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش زمستانه ققبلو ۱۶۱
- شکل (۹۴-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش زمستانه ققبلو ۱۶۱
- شکل (۹۵-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش زمستانه ققبلو ۱۶۲
- شکل (۹۶-۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش زمستانه ققبلو ۱۶۲
- شکل (۹۷-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش زمستانه دره پنبه دان ۱۶۳
- شکل (۹۸-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش زمستانه دره پنبه دان ۱۶۳
- شکل (۹۹-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش زمستانه دره پنبه دان ۱۶۴
- شکل (۱۰۰-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش زمستانه دره پنبه دان ۱۶۴
- شکل (۱۰۱-۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش زمستانه دره پنبه دان ۱۶۵
- شکل (۱۰۲-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش زمستانه قزل قبر ۱۶۶
- شکل (۱۰۳-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش زمستانه قزل قبر ۱۶۶
- شکل (۱۰۴-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش زمستانه قزل قبر ۱۶۷
- شکل (۱۰۵-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش زمستانه قزل قبر ۱۶۷
- شکل (۱۰۶-۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش زمستانه قزل قبر ۱۶۸
- شکل (۱۰۷-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش زمستانه رحیم آباد ۱۶۹
- شکل (۱۰۸-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش زمستانه رحیم آباد ۱۶۹
- شکل (۱۰۹-۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی- بارش زمستانه رحیم آباد ۱۷۰
- شکل (۱۱۰-۴) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش زمستانه رحیم آباد ۱۷۰
- شکل (۱۱۱-۴) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) - بارش زمستانه رحیم آباد ۱۷۱
- شکل (۱۱۲-۴) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) - بارش زمستانه رستمان ۱۷۲
- شکل (۱۱۳-۴) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده- بارش زمستانه رستمان ۱۷۲

- شکل (۴-۱۱۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش زمستانه رستمان ۱۷۳
- شکل (۴-۱۱۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش زمستانه رستمان ۱۷۳
- شکل (۴-۱۱۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش زمستانه رستمان ۱۷۴
- شکل (۴-۱۱۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش زمستانه صائین دژ ۱۷۵
- شکل (۴-۱۱۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش زمستانه صائین دژ ۱۷۵
- شکل (۴-۱۱۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش زمستانه صائین دژ ۱۷۶
- شکل (۴-۱۲۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده - بارش زمستانه صائین دژ ۱۷۶
- شکل (۴-۱۲۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش زمستانه صائین دژ ۱۷۷
- شکل (۴-۱۲۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش زمستانه صفاخانه ۱۷۸
- شکل (۴-۱۲۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش زمستانه صفاخانه ۱۷۸
- شکل (۴-۱۲۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی -بارش زمستانه صفاخانه ۱۷۹
- شکل (۴-۱۲۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده - بارش زمستانه صفاخانه ۱۷۹
- شکل (۴-۱۲۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش زمستانه صفاخانه ۱۸۰
- شکل (۴-۱۲۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش زمستانه ساری قمیش ۱۸۱
- شکل (۴-۱۲۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش زمستانه ساری قمیش ۱۸۱
- شکل (۴-۱۲۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش زمستانه ساری قمیش ۱۸۲
- شکل (۴-۱۳۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده - بارش زمستانه ساری قمیش ۱۸۲
- شکل (۴-۱۳۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش زمستانه ساری قمیش ۱۸۳
- شکل (۴-۱۳۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش زمستانه پل سقز ۱۸۴
- شکل (۴-۱۳۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش زمستانه پل سقز ۱۸۴
- شکل (۴-۱۳۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش زمستانه پل سقز ۱۸۵
- شکل (۴-۱۳۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش زمستانه پل سقز ۱۸۵
- شکل (۴-۱۳۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش زمستانه پل سقز ۱۸۶
- شکل (۴-۱۳۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش بهاره آلاسقل ۱۸۷
- شکل (۴-۱۳۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره آلاسقل ۱۸۷
- شکل (۴-۱۳۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره آلاسقل ۱۸۸
- شکل (۴-۱۴۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره آلاسقل ۱۸۸

- شکل (۴-۱۴۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره آلاسکل
 ۱۸۹.....
- شکل (۴-۱۴۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش
 بهاره پل آنیان ۱۹۰
- شکل (۴-۱۴۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره پل آنیان ۱۹۰
- شکل (۴-۱۴۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره پل آنیان ۱۹۱
- شکل (۴-۱۴۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره پل آنیان ۱۹۱
- شکل (۴-۱۴۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره پل آنیان
 ۱۹۲
- شکل (۴-۱۴۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش
 بهاره باغچه میشه ۱۹۳
- شکل (۴-۱۴۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره باغچه میشه ۱۹۳
- شکل (۴-۱۴۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره باغچه میشه ۱۹۴
- شکل (۴-۱۵۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره باغچه میشه ۱۹۴
- شکل (۴-۱۵۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره باغچه
 میشه ۱۹۵
- شکل (۴-۱۵۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش
 بهاره چوبلوچه ۱۹۶
- شکل (۴-۱۵۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره چوبلوچه ۱۹۶
- شکل (۴-۱۵۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره چوبلوچه ۱۹۷
- شکل (۴-۱۵۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره چوبلوچه ۱۹۷
- شکل (۴-۱۵۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره چوبلوچه
 ۱۹۸
- شکل (۴-۱۵۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش
 بهاره دره پنبه دان ۱۹۹
- شکل (۴-۱۵۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره دره پنبه دان ۱۹۹
- شکل (۴-۱۵۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره دره پنبه دان ۲۰۰
- شکل (۴-۱۶۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره دره پنبه دان ۲۰۰
- شکل (۴-۱۶۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره دره پنبه
 دان ۲۰۱
- شکل (۴-۱۶۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش
 بهاره ققبلو ۲۰۲
- شکل (۴-۱۶۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره ققبلو ۲۰۲
- شکل (۴-۱۶۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره ققبلو ۲۰۳
- شکل (۴-۱۶۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده - بارش بهاره ققبلو ۲۰۳
- شکل (۴-۱۶۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره ققبلو
 ۲۰۴

- شکل (۴-۱۶۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش بهاره قزل قبر ۲۰۵
- شکل (۴-۱۶۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره قزل قبر ۲۰۵
- شکل (۴-۱۶۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره قزل قبر ۲۰۶
- شکل (۴-۱۷۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره قزل قبر ۲۰۶
- شکل (۴-۱۷۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره قزل قبر ۲۰۷
- شکل (۴-۱۷۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش بهاره رحیم آباد ۲۰۸
- شکل (۴-۱۷۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره رحیم آباد ۲۰۸
- شکل (۴-۱۷۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره رحیم آباد ۲۰۹
- شکل (۴-۱۷۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره رحیم آباد ۲۰۹
- شکل (۴-۱۷۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره رحیم آباد ۲۱۰
- شکل (۴-۱۷۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش بهاره رستمان ۲۱۱
- شکل (۴-۱۷۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره رستمان ۲۱۱
- شکل (۴-۱۷۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره رستمان ۲۱۲
- شکل (۴-۱۸۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره رستمان ۲۱۲
- شکل (۴-۱۸۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره رستمان ۲۱۳
- شکل (۴-۱۸۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش بهاره صائین دژ ۲۱۴
- شکل (۴-۱۸۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره صائین دژ ۲۱۴
- شکل (۴-۱۸۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره صائین دژ ۲۱۵
- شکل (۴-۱۸۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره صائین دژ ۲۱۵
- شکل (۴-۱۸۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره صائین دژ ۲۱۶
- شکل (۴-۱۸۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش بهاره صفاخانه ۲۱۷
- شکل (۴-۱۸۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره صفاخانه ۲۱۷
- شکل (۴-۱۸۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی-بارش بهاره صفاخانه ۲۱۸
- شکل (۴-۱۹۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره صفاخانه ۲۱۸
- شکل (۴-۱۹۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره صفاخانه ۲۱۹
- شکل (۴-۱۹۲) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش بهاره ساری قمیش ۲۲۰
- شکل (۴-۱۹۳) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره ساری قمیش ۲۲۰

- شکل (۴-۱۹۴) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لائینا و خنثی-بارش بهاره ساری قمیش ۲۲۱
- شکل (۴-۱۹۵) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی شده- بارش بهاره ساری قمیش ۲۲۱
- شکل (۴-۱۹۶) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره ساری قمیش ۲۲۲
- شکل (۴-۱۹۷) مقادیر بارش مشاهده شده (نمودار میله ای) و بارش پیش بینی شده توسط مدل (نمودار خطی) -بارش بهاره پل سقز ۲۲۳
- شکل (۴-۱۹۸) پراکنش داده های مشاهده شده در مقابل داده های پیش بینی شده-بارش بهاره پل سقز ۲۲۳
- شکل (۴-۱۹۹) درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لائینا و خنثی-بارش بهاره پل سقز ۲۲۴
- شکل (۴-۲۰۰) داده های بارش مشاهده شده و پیش بینی - بارش بهاره پل سقز ۲۲۴
- شکل (۴-۲۰۱) پراکنش بارش پیش بینی شده در مقابل داده های بارش مشاهداتی (استاندارد شده) -بارش بهاره پل سقز ۲۲۵
- شکل (۴-۲۰۲) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه صفاخانه - مدل اول ۲۳۱
- شکل (۴-۲۰۳) پراکنش داده های مشاهداتی در برابر داده های محاسباتی توسط مدل توسعه داده شده در دوره اول ایستگاه صفاخانه- مدل اول ۲۳۲
- شکل (۴-۲۰۴) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل دوم ۲۳۳
- شکل (۴-۲۰۵) پراکنش داده های مشاهداتی در برابر داده های محاسباتی توسط مدل توسعه داده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل دوم ۲۳۳
- شکل (۴-۲۰۶) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل سوم ۲۳۵
- شکل (۴-۲۰۷) پراکنش داده های مشاهده شده در برابر داده های محاسباتی توسط مدل توسعه داده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل سوم ۲۳۵
- شکل (۴-۲۰۸) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره دوم پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل اول ۲۳۶
- شکل (۴-۲۰۹) پراکنش داده های مشاهداتی در برابر داده های محاسباتی توسط مدل توسعه داده شده در دوره دوم پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل اول ۲۳۶
- شکل (۴-۲۱۰) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره دوم پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل دوم ۲۳۷
- شکل (۴-۲۱۱) پراکنش داده های مشاهداتی در برابر داده های محاسباتی توسط مدل توسعه داده شده در دوره دوم پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل دوم ۲۳۸
- شکل (۴-۲۱۲) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره دوم پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل سوم ۲۳۹
- شکل (۴-۲۱۳) پراکنش داده های مشاهداتی در برابر داده های محاسباتی توسط مدل توسعه داده شده در دوره دوم پیش بینی ایستگاه صفاخانه - مدل سوم ۲۳۹
- شکل (۴-۲۱۴) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره سوم پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل اول ۲۴۰

شکل (۴-۲۱۵) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره سوم پیش بینی در ایستگاه صفاخانه- مدل دوم	۲۴۱
شکل (۴-۲۱۶) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره سوم پیش بینی ایستگاه صفاخانه- مدل سوم	۲۴۳
شکل (۴-۲۱۷) درصد میانگین قدر مطلق خطای مدل سازی در ایستگاه هیدرومتری صفاخانه (۲۱-۰۳۳)	۲۴۳
شکل (۴-۲۱۸) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل اول	۲۴۴
شکل (۴-۲۱۹) پراکنش داده‌های مشاهداتی در برابر داده‌های محاسباتی توسط مدل توسعه داده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل اول	۲۴۵
شکل (۴-۲۲۰) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل دوم	۲۴۶
شکل (۴-۲۲۱) پراکنش داده‌های مشاهداتی در برابر داده‌های محاسباتی توسط مدل توسعه داده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل دوم	۲۴۶
شکل (۴-۲۲۲) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره اول پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل سوم	۲۴۷
شکل (۴-۲۲۳) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره دوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل اول	۲۴۸
شکل (۴-۲۲۴) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره دوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل دوم	۲۴۹
شکل (۴-۲۲۵) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره دوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل سوم	۲۵۰
شکل (۴-۲۲۶) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره سوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل اول	۲۵۱
شکل (۴-۲۲۷) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره سوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل دوم	۲۵۲
شکل (۴-۲۲۸) مقایسه جریان پیش بینی شده با جریان مشاهده شده در دوره سوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل سوم	۲۵۳
شکل (۴-۲۲۹) درصد میانگین قدر مطلق خطای مدل های پیش بینی ایستگاه هیدرومتری سنته	۲۵۴
شکل (۴-۲۳۰) درصد میانگین قدر مطلق خطا در ایستگاه هیدرومتری پل آنیان	۲۵۷
شکل (۴-۲۳۱) درصد میانگین قدر مطلق خطا در ایستگاه هیدرومتری دره پنبه دان	۲۶۰
شکل (۴-۲۳۲) درصد میانگین قدر مطلق خطا در ورودی سد بوکان	۲۶۴
شکل (۴-۲۳۳) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره اول پیش بینی ایستگاه پل آنیان	۲۶۵
شکل (۴-۲۳۴) داده های آموزش داده شده با منحنی دایره-خط و داده های پیش بینی شده توسط شبکه توسط مربع-خط دوره دوم پیش بینی ایستگاه پل آنیان	۲۶۶
شکل (۴-۲۳۵) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره سوم پیش بینی ایستگاه پل آنیان	۲۶۶
شکل (۴-۲۳۶) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره اول پیش بینی ایستگاه صفاخانه	۲۶۷
شکل (۴-۲۳۷) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره دوم پیش بینی ایستگاه صفاخانه	۲۶۸
شکل (۴-۲۳۸) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره سوم پیش بینی ایستگاه صفاخانه	۲۶۸

- شکل (۴-۲۳۹) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره اول پیش بینی ورودی سد بوکان ۲۶۹
- شکل (۴-۲۴۰) آورد مشاهداتی و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره دوم پیش بینی ورودی سد بوکان ۲۷۰
- شکل (۴-۲۴۱) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط در دوره سوم پیش بینی ورودی سد بوکان ۲۷۰
- شکل (۴-۲۴۲) آورد مشاهداتی و پیش بینی شده توسط شبکه عصبی در دوره اول پیش بینی ایستگاه هیدرومتری دره پنبه دان ۲۷۱
- شکل (۴-۲۴۳) داده های آموزش داده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره دوم پیش بینی ایستگاه هیدرومتری دره پنبه دان ۲۷۲
- شکل (۴-۲۴۴) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره سوم پیش بینی ایستگاه هیدرومتری دره پنبه دان ۲۷۲
- شکل (۴-۲۴۵) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه توسط در دوره اول پیش بینی ایستگاه پل آنیان... ۲۷۴
- شکل (۴-۲۴۶) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره دوم پیش بینی ایستگاه پل آنیان ۲۷۴
- شکل (۴-۲۴۷) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره سوم پیش بینی ایستگاه پل آنیان ۲۷۵
- شکل (۴-۲۴۸) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره اول پیش بینی ایستگاه صفاخانه ۲۷۶
- شکل (۴-۲۴۹) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره دوم پیش بینی ایستگاه صفاخانه ۲۷۶
- شکل (۴-۲۵۰) آورد مشاهداتی و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره سوم پیش بینی ایستگاه صفاخانه ۲۷۷
- شکل (۴-۲۵۱) آورد مشاهداتی و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره اول پیش بینی ورودی سد بوکان ۲۷۸
- شکل (۴-۲۵۲) آورد مشاهداتی و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره دوم پیش بینی ورودی سد بوکان ۲۷۸
- شکل (۴-۲۵۳) آورد مشاهداتی و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره سوم پیش بینی ورودی سد بوکان ۲۷۹
- شکل (۴-۲۵۴) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره اول پیش بینی ایستگاه هیدرومتری دره پنبه دان ۲۸۰
- شکل (۴-۲۵۵) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره دوم پیش بینی ایستگاه هیدرومتری دره پنبه دان ۲۸۱
- شکل (۴-۲۵۶) آورد مشاهده شده و پیش بینی شده توسط شبکه در دوره سوم پیش بینی ایستگاه هیدرومتری دره پنبه دان ۲۸۱
- شکل (۵-۱) درصد میانگین مربع خطا در بارش پاییزه ۲۹۰
- شکل (۵-۲) درصد میانگین مربع خطا در بارش زمستانه ۲۹۱
- شکل (۵-۳) درصد میانگین مربع خطا در بارش بهار ۲۹۱

فهرست جداول

- جدول ۱-۳ مشخصات محل سد های مخزنی و انحرافی در حوضه دریاچه ارومیه ۳۳
- جدول ۲-۳ توده های هوایی که حوضه ارومیه و مناطق مجاور آن را تحت تأثیر قرار می دهند ۳۵
- جدول ۳-۳ زیرحوضه های اصلی حوضه سد بوکان ۳۶
- جدول ۴-۳ مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه های محدوده مطالعاتی ۳۸
- جدول ۵-۳ مشخصات ایستگاه های هیدرومتری منتخب ۳۹
- جدول ۶-۳ سال های پر آب و کم آب از نظر آورد (MCM) در محل ورودی سد بوکان ۴۲
- جدول ۷-۳ تقسیم بندی وضعیت خشکسالی و ترسالی براساس مقدار SPI ۴۳
- جدول ۸-۳ کلاس SPI بارش پاییزه ۴۴
- جدول ۹-۳ کلاس SPI بارش بهاره ۴۵
- جدول ۱۰-۳ کلاس SPI بارش زمستانه ۴۶
- جدول ۱۱-۳ مشخصات ایستگاه های بارانسنجی در نظر گرفته شده ۵۰
- جدول ۱۲-۳ نتایج بررسی پراکنش زمانی بارش در ایستگاه های منتخب حوضه ۵۵
- جدول ۱۳-۳ مشخصات ایستگاه های برف سنجی حوضه ۵۵
- جدول ۱۴-۳ سیگنال های استفاده شده در این پژوهش ۶۰
- جدول ۱۵-۳ اثر همزمان PDO و ENSO در آورد سالانه سد بوکان ۷۲
- جدول ۱۶-۳ ارتباط میان بارش زمستانه با پدیده ENSO ۷۳
- جدول ۱۷-۳ ارتباط میان بارش پاییزه با پدیده ENSO ۷۳
- جدول ۱۸-۳ ارتباط میان بارش بهاره با پدیده ENSO ۷۴
- جدول ۱-۴ سیگنال های اقلیمی مناسب جهت مدل سازی پیش بینی رواناب در ایستگاه های هیدرومتری در دوره اول پیشبینی ۸۰
- جدول ۲-۴ سیگنال های اقلیمی مناسب جهت مدل سازی پیش بینی رواناب در ایستگاه های هیدرومتری در دوره دوم پیش بینی ۸۱
- جدول ۳-۴ سیگنال های اقلیمی مناسب جهت مدل سازی پیش بینی رواناب در ایستگاه های هیدرومتری در دوره سوم پیش بینی ۸۲
- جدول ۴-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده - بارش پاییزه آلاسکل ۱۱۴
- جدول ۵-۴ خطای مدل توسعه داده شده- بارش پاییزه آلاسکل ۱۱۵
- جدول ۶-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه باغچه میشه ۱۱۷
- جدول ۷-۴ خطای مدل توسعه داده شده--بارش پاییزه باغچه میشه ۱۱۸
- جدول ۸-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده--بارش پاییزه چوبلوچه ۱۲۰
- جدول ۹-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه چوبلوچه ۱۲۱
- جدول ۱۰-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه دره پنبه دان ۱۲۳
- جدول ۱۱-۴ خطای مدل توسعه داده شده بارش پاییزه دره پنبه دان ۱۲۴
- جدول ۱۲-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه قبقبلو ۱۲۶
- جدول ۱۳-۴ خطای مدل توسعه داده شده- بارش پاییزه قبقبلو ۱۲۷
- جدول ۱۴-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه قزل قبر ۱۲۹
- جدول ۱۵-۴ خطای مدل توسعه داده شده -بارش پاییزه قزل قبر ۱۳۰

- جدول ۱۶-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه پل آبیان ۱۳۱
- جدول ۱۷-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه پل آبیان ۱۳۲
- جدول ۱۸-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه رحیم آباد ۱۳۴
- جدول ۱۹-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه رحیم آباد ۱۳۵
- جدول ۲۰-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه صائین دژ ۱۳۸
- جدول ۲۱-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه صائین دژ ۱۳۹
- جدول ۲۲-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه صفاخانه ۱۴۱
- جدول ۲۳-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه صفاخانه ۱۴۲
- جدول ۲۴-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه ساری قمیش ۱۴۵
- جدول ۲۵-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه ساری قمیش ۱۴۶
- جدول ۲۶-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه پل سقر ۱۴۸
- جدول ۲۷-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش پاییزه پل سقر ۱۴۹
- جدول ۲۸-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه آلاسقل ۱۵۱
- جدول ۲۹-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه آلاسقل ۱۵۲
- جدول ۳۰-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه باغچه میشه ۱۵۴
- جدول ۳۱-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه باغچه میشه ۱۵۵
- جدول ۳۲-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه چوبلوچه ۱۵۷
- جدول ۳۳-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه چوبلوچه ۱۵۸
- جدول ۳۴-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه قبقبلو ۱۶۰
- جدول ۳۵-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه قبقبلو ۱۶۱
- جدول ۳۶-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه دره پنبه دان ۱۶۳
- جدول ۳۷-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه دره پنبه دان ۱۶۴
- جدول ۳۸-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه قزل قبر ۱۶۶
- جدول ۳۹-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه قزل قبر ۱۶۷
- جدول ۴۰-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه رحیم آباد ۱۶۸
- جدول ۴۱-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه رحیم آباد ۱۶۹
- جدول ۴۲-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه رستمان ۱۷۲
- جدول ۴۳-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه رستمان ۱۷۳
- جدول ۴۴-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه صائین دژ ۱۷۴
- جدول ۴۵-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه صائین دژ ۱۷۶
- جدول ۴۶-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه صفاخانه ۱۷۷
- جدول ۴۷-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه صفاخانه ۱۷۸
- جدول ۴۸-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه ساری قمیش ۱۸۱
- جدول ۴۹-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه ساری قمیش ۱۸۲
- جدول ۵۰-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه پل سقر ۱۸۴
- جدول ۵۱-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش زمستانه پل سقر ۱۸۵
- جدول ۵۲-۴ خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره آلاسقل ۱۸۷
- جدول ۵۳-۴ خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره آلاسقل ۱۸۸

جدول ۴-۵۴	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره پل آنیان	۱۹۰
جدول ۴-۵۵	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره پل آنیان	۱۹۱
جدول ۴-۵۶	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره باغچه میشه	۱۹۲
جدول ۴-۵۷	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره باغچه میشه	۱۹۳
جدول ۴-۵۸	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره چوبلوچه	۱۹۶
جدول ۴-۵۹	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره چوبلوچه	۱۹۷
جدول ۴-۶۰	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره دره پنبه دان	۱۹۹
جدول ۴-۶۱	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره دره پنبه دان	۲۰۰
جدول ۴-۶۲	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره قبقبلو	۲۰۲
جدول ۴-۶۳	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره قبقبلو	۲۰۳
جدول ۴-۶۴	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره قزل قبر	۲۰۵
جدول ۴-۶۵	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره قزل قبر	۲۰۶
جدول ۴-۶۶	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره رحیم آباد	۲۰۸
جدول ۴-۶۷	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره رحیم آباد	۲۰۹
جدول ۴-۶۸	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره رستمان	۲۱۱
جدول ۴-۶۹	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره رستمان	۲۱۲
جدول ۴-۷۰	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره صائین دژ	۲۱۳
جدول ۴-۷۱	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره صائین دژ	۲۱۴
جدول ۴-۷۲	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره صفاخانه	۲۱۷
جدول ۴-۷۳	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره صفاخانه	۲۱۸
جدول ۴-۷۴	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره ساری قمیش	۲۱۹
جدول ۴-۷۵	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره ساری قمیش	۲۲۰
جدول ۴-۷۶	خصوصیات مدل توسعه داده شده-بارش بهاره پل سقز	۲۲۳
جدول ۴-۷۷	خطای مدل توسعه داده شده-بارش بهاره پل سقز	۲۲۴
جدول ۴-۷۸	درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی در ایستگاه های بارانسجی در فصول پاییز و زمستان	۲۲۶
جدول ۴-۷۹	درصد میانگین مربع خطا به تفکیک سال های النینو، لانینا و خنثی در ایستگاه های بارانسجی در فصل بهار	۲۲۶
جدول ۴-۸۰	نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل دوره اول پیش بینی ایستگاه صفاخانه- مدل اول	۲۳۲
جدول ۴-۸۱	نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل ایستگاه صفاخانه - مدل دوم	۲۳۴
جدول ۴-۸۲	نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل در ایستگاه صفاخانه - مدل سوم	۲۳۵
جدول ۴-۸۳	نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل دوره دوم پیش بینی ایستگاه صفاخانه- مدل اول	۲۳۷
جدول ۴-۸۴	نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت دوره دوم پیش بینی در ایستگاه صفاخانه - مدل دوم	۲۳۸
جدول ۴-۸۵	نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل- مدل سوم	۲۴۰
جدول ۴-۸۶	نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل پیش بینی دوره سوم ایستگاه صفاخانه- مدل اول	۲۴۱

جدول ۴-۸۷ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل پیش بینی دوره سوم ایستگاه صفاخانه- مدل دوم	۲۴۲
جدول ۴-۸۸ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل پیش بینی ایستگاه صفاخانه- مدل سوم	۲۴۳
جدول ۴-۸۹ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل پیش بینی ایستگاه سنته- مدل اول	۲۴۵
جدول ۴-۹۰ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل توسعه داده شده در دوره اول پیش بینی ایستگاه سنته-مدل دوم	۲۴۶
جدول ۴-۹۱ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل توسعه داده شده در دوره اول پیش بینی ایستگاه سنته-مدل سوم	۲۴۷
جدول ۴-۹۲ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل ایستگاه سنته، دوره دوم پیش بینی، مدل اول	۲۴۸
جدول ۴-۹۳ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل در دوره دوم پیش بینی ایستگاه سنته، مدل دوم	۲۴۹
جدول ۴-۹۴ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل دوره دوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل سوم	۲۵۰
جدول ۴-۹۵ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل در دوره سوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل اول	۲۵۱
جدول ۴-۹۶ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل توسعه داده شده در دوره سوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل دوم	۲۵۲
جدول ۴-۹۷ نتایج محاسبات شاخصه های آماری کنترل صحت مدل توسعه داده شده در دوره سوم پیش بینی در ایستگاه سنته- مدل سوم	۲۵۳
جدول ۴-۹۸ خطای مدل توسعه داده شده در ایستگاه هیدرومتری پل آنیان	۲۵۶
جدول ۴-۹۹ خطای مدل توسعه داده شده در ایستگاه هیدرومتری دره پنبه دان	۲۶۰
جدول ۴-۱۰۰ خطای مدل توسعه داده شده در ورودی سد بوکان	۲۶۴
جدول ۵-۱ مقادیر شاخص های صحت سنجی بارش پاییزه	۲۹۲
جدول ۵-۲ مقادیر شاخص های صحت سنجی بارش زمستانه	۲۹۲
جدول ۵-۳ مقادیر شاخص های صحت سنجی بارش بهاره	۲۹۳

۱
مقدمه

۱-۱- معرفی مساله

یکی از مهم‌ترین اصول برنامه ریزی و مدیریت منابع آب در هر کشور از دیدگاه هیدرولوژیکی، بحث پیش بینی بارش و آورد و شناخت تغییرات زمانی آن جهت ظرفیت سازی برای ذخیره آن است [۱]. از آن جا که تصمیم گیری در مورد ذخیره سازی و نیز آزادسازی آب، نیازمند پیش بینی‌های با افق‌های زمانی بلند مدت و پویاتر می‌باشند، این پیش بینی‌ها از اهمیت زیادی برای یک سیستم مدیریت منابع برخوردار می‌باشند و منجر به سودمندی بیشتر تولید انرژی برقی، تأمین نیازها و کاهش خسارات سیل و خشکسالی می‌گردد؛ به طوری که افزایش میزان اندکی دقت در این پیش بینی‌ها فواید زیادی را عاید سیستم بهره برداری خواهد نمود. برای مثال رشته مهندسی ارتش آمریکا به طور متوسط سود سالانه‌ای برابر با یک میلیارد دلار در سال بر اثر بهره برداری مناسب از مخازن با استفاده از پیش بینی‌های بلندمدت هیدرولوژیکی (در مقایسه با عدم در نظرگرفتن آن‌ها) بدست آورده است [۲]. همچنین بر اساس تحقیقات Hamlet مشخص شده است که به ازای یک درصد بهبود در پیش بینی آورد رودخانه کلمبیا، سودی معادل ۶/۲ میلیون دلار در سال به جهت تولید انرژی حاصل می‌شود [۱].

به طور کلی می‌توان پیش بینی‌های هیدرولوژیکی را به دو دسته کوتاه مدت و بلند مدت تقسیم بندی نمود. پیش بینی به منظور هشدار سیلاب، نمونه‌ای از پیش بینی‌های کوتاه مدت است که در چارچوب زمانی در حد چند روز می‌باشند. پیش بینی‌های بلند مدت در بهره برداری و مدیریت منابع، کاربرد داشته و افق زمانی بیش از یک هفته تا یک سال را در برمی‌گیرند [۲].

در مدل‌های پیش بینی طولانی مدت برای حوضه‌های آبریز مرتفع، باتوجه به اینکه علاوه بر باران، ذوب برف نیز یکی از عوامل مهم تأمین آب رودخانه است، باید شرایط ذخیره برف حوضه نیز مضاف بر پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی در مدل سازی منظور شود. در معادلات پیش بینی توسعه داده شده توسط مرکز ملی آب و اقلیم^۱ و سرویس حفاظت از منابع طبیعی^۲ ایالات متحده آمریکا برای پیش بینی حجم جریان

^۱ . National Water and Climate Center (NWCC)

^۲ . Natural Resource Conservation Service (NRCS)

در غرب ایالات متحده آمریکا نیز با توجه به نقش مهم ذوب برف در ایجاد رواناب در این منطقه، از پارامتر آب معادل برف نیز علاوه بر سایر پارامترها استفاده شده است [۲].

پیش بینی جریان رودخانه در منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است، در نتیجه محققین طی چندین دهه گذشته روش‌های مختلفی را در این زمینه مورد تحقیق و بررسی قرار داده‌اند. روش‌های پیش بینی رایج را به طور عمده می‌توان به روش‌های مبتنی بر سری‌های زمانی، مدل‌های رگرسیونی و مدل‌های حوضه آبریز تقسیم بندی نمود [۳].

از طرف دیگر امروزه با توجه به پیشرفت‌های جدید در زمینه مدل سازی، محققان زیادی علاوه بر در نظر گرفتن آمار هیدرولوژیکی و هواشناسی منطقه‌ای در مدل‌های پیش بینی جریان، اثر تغییرات اقلیمی را با استفاده از سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی، در این مدل‌ها بررسی کرده‌اند. برای مثال ابریشمچی و همکاران [۴] و عاشوری و همکاران [۵]، علاوه بر آمار هیدرولوژیکی منطقه‌ای، اثر تغییرات و نوسانات اقلیمی را نیز با در نظر گرفتن سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی در مدل‌های پیش بینی جریان وارد کرده‌اند. از دیگر محققان در این زمینه می‌توان به Lee^۱ [۶]، اشاره نمود. وی با در نظر گرفتن اثر سیگنال‌های اقلیمی ENSO بر اقلیم و هیدرولوژی حوضه آبریز ریوگراندا^۲ (دما، باران، آب معادل برف و در نهایت رواناب)، دقت مدل پیش بینی رواناب فصلی را افزایش داده است. رویگر و گلیمان (۱۳۹۳) به بررسی نقش سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی در میزان بارش و دبی حوضه آبریز مادرسو واقع در بالادست سد گلستان پرداختند. انجام تحلیل همبستگی و به دست آوردن ضرایب همبستگی، ارتباط بین سیگنال‌های اقلیمی و بارش و دبی را تأیید و نشان داد که شاخص NINO ۱+۲ بیشترین تأثیر را در بارش حوضه مطالعاتی دارد [۷]. همچنین کیانی فلاورجانی و همکاران (۱۳۹۰) به پیش بینی بلندمدت جریان رودخانه زاینده رود با استفاده از سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی پرداختند. اطلاعات سیگنال‌های اقلیمی با دو

^۱ . Song-Weon Lee

^۲ . Rio Grande

شاخص^۱ SLP و SST^۲ در بین ۱۸ ایستگاه شاخص جمع آوری و در ادامه با استفاده از روش ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) رواناب سالیانه رودخانه زاینده رود مورد پیش بینی قرار گرفت. نتایج حاصل بیانگر بهبود پیش بینی‌های به دست آمده هم از لحاظ افزایش بازه زمانی تا یک سال و هم از لحاظ دقت پیش بینی‌ها می‌باشد [۸].

مدل‌های تجربی رگرسیونی، یکی از روش‌های کاربردی پیش بینی جریان رودخانه است که از سال‌ها قبل تا کنون در کشورهای پیشرفته مورد استفاده بوده است. برای مثال، مرکز ملی آب و اقلیم ایالات متحده آمریکا^۳ با استفاده از شکل‌های مختلف معادلات رگرسیونی خطی و با در نظر گرفتن متغیرهای آب معادل برف، رواناب پیشین، باران و متوسط فصلی شاخص‌های اقلیمی به عنوان متغیرهای مستقل، حجم جریان را پیش بینی می‌کند [۴].

لازم به ذکر است اگرچه مدل‌های تجربی رگرسیونی نمی‌توانند تمام شرایط و پروسه‌های فیزیکی که رواناب را ایجاد می‌کنند نشان دهند و همچنین دارای محدودیت نیازمندی به داده‌های طولانی مدت تاریخی هستند، اما به دلیل داشتن ویژگی‌هایی از جمله سادگی استفاده و کالیبراسیون و هم چنین دقت بالای معادلات پیش بینی هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این بین، روش‌های سری زمانی از محدودیت بیشتری برخوردار بوده و در مجموع دقت کمتری در پیش بینی درازمدت جریان رودخانه دارند. از طرف دیگر، مدل‌های حوضه آبریز که برای پیش بینی جریان استفاده می‌شوند بسیار پیچیده بوده و تهیه و تولید آنها نیازمند هزینه بسیار می‌باشد. اگرچه مدل‌های رگرسیونی، که ساختارهای ساده و پیچیده را می‌تواند شامل شوند، کمتر با این مشکلات روبرو هستند؛ لکن اغلب به دلیل پیچیدگی‌های موجود در فرایند تبدیل بارش و برف به جریان رودخانه قادر به پیش بینی دقیق جریان بالاخص در فاصله‌های زمانی طولانی‌تر نمی‌باشند. از طرفی، کارایی مدل‌های رگرسیونی به طور عمده مربوط به پیش بینی‌های میان مدت بوده و

^۱ Sea Level Pressure

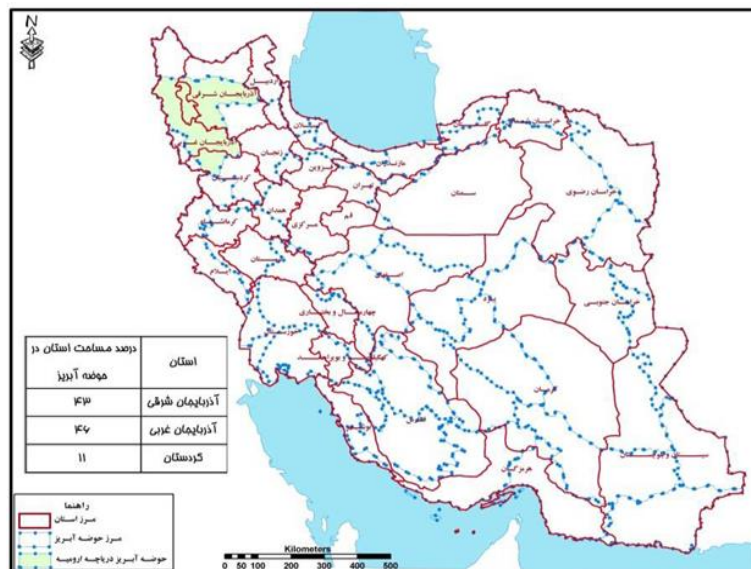
^۲ Sea Surface Temperature

^۳ . National Water and Climate Center (NWCC)

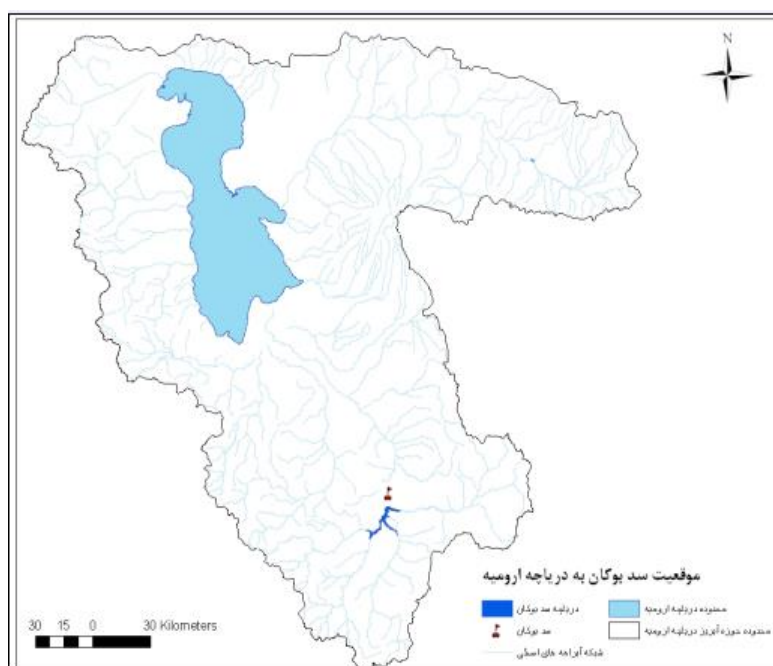
در درازمدت علاوه بر دلایلی که ذکر شده با توجه به دخالت عوامل دیگر قادر به پیش بینی و یا حتی نشان دادن رابطه پارامترهای مختلف و جریان رودخانه نمی‌باشند [۹]. مروری بر تحقیقات گذشته به خوبی این مساله را روشن می‌سازد. از سوی دیگر، با توسعه و رواج شبکه عصبی مصنوعی، امکان کشف و آشکار سازی بهتر ارتباط بین پارامترهای مختلف با بارش و جریان رودخانه به طور چشمگیری میسر گردیده است.

روش‌های مرسوم گذشته برای پیش بینی جریان، عمدتاً در قالب مدل‌های رگرسیونی (قطعی) و سری زمانی (استوکستیک) بوده‌اند. رواناب به فاکتورهای بسیاری مانند رطوبت اولیه خاک، کاربری اراضی، پستی و بلندی، نفوذپذیری، توزیع، طول مدت بارش و فاکتورهای دیگر وابسته است. گرچه بسیاری از حوضه‌ها برای مشخص کردن جریان، دارای دستگاه‌های اندازه گیری هستند، اما مهندسان معمولاً با شرایطی مواجه هستند که با مقدار کم یا ناچیزی از اطلاعات روبرویند؛ در این شرایط است که اغلب مدل‌های شبیه سازی برای تولید جریان‌های مصنوعی به کار می‌روند. جهت مدلسازی استفاده از آمار مربوط به جریان، بارش و دما لازم است. این مباحث به لحاظ مسائلی نظیر غیرخطی بودن فرایندهای فیزیکی و عدم قطعیت در پارامترهای تأثیرگذار در آن‌ها، پیچیده‌تر می‌شوند. روشی که امروزه در کنار دیگر روش‌های کلاسیک مطرح شده، استفاده از روش‌های نوین نظیر شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد [۵].

در کشور ما با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک نیاز شدید به آب و مدیریت صحیح آن، نیاز به تحقیق در زمینه پیش بینی آورد، انکارناپذیر است. حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران قرار داشته و سد بوکان یکی از مناطق مهم جهت تأمین آب شرب و کشاورزی جامعه محلی می‌باشد که پیش بینی آورد ورودی به مخزن می‌تواند جهت بهره برداری از آن مفید باشد. این سد، در مختصات جغرافیایی ۳۲ دقیقه و ۴۶ درجه عرض شمالی قرار دارد. ظرفیت مفید مخزن ۴۸۰ میلیون متر مکعب و ظرفیت کل آن ۶۴۸ میلیون متر مکعب می‌باشد. موقعیت این حوضه در کشور در شکل (۱-۱) و موقعیت سد بوکان در حوضه دریاچه ارومیه در شکل (۲-۱) آورده شده است.



شکل (۱-۱) موقعیت حوضه آبریز ارومیه



شکل (۲-۱) موقعیت سد بوکان نسبت به دریاچه ارومیه

در این مطالعه با استفاده از روش مدل سازی رگرسیون چند متغیره و با در نظرگرفتن متغیرهای هواشناختی (بارش و ذخیره برف) و سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی، متغیرهای اقیانوسی و جوی شامل دمای سطح آب در دریاچه‌های مجاور و نیز ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال، حجم جریان زیرین رود در بالادست سد بوکان در دوره‌های زمانی مختلف پیش بینی شده است. به علاوه ارتباط بارندگی فصلی با سیگنال‌های

اقلیمی و نیز منابع حرارتی بارش بررسی و بارندگی فصلی ایستگاه‌های بارانسنجی در این حوضه پیش بینی شده است.

شایان ذکر است یکی از ضعف‌های مدل‌های رگرسیونی چند متغیره رایج این است که تعداد متغیرهای مستقل ورودی مدل، با در نظر گرفتن موقعیت زمانی و مکانی آنها یعنی زمان (ماه) و مکان (ایستگاه)، می‌تواند بسیار زیاد باشد. برخی از این متغیرها تاحدی با یکدیگر همبستگی دارند. در نظر گرفتن متغیرهای هم بسته در معادلات رگرسیونی، موجب تأکید بیش از حد روی آنها شده و در نتیجه از دقت پیش بینی می‌کاهد. مشاهده شده است که در نظر گرفتن همه متغیرها، که برخی همبستگی با یکدیگر دارند، موجب می‌شود که ضرایب متغیرها در معادله رگرسیونی به طور دقیق برآورد نشود و از نظر فیزیکی مفهوم نداشته باشند. برای مثال، برای ضرایب برخی از متغیرها، علیرغم همبستگی مثبت آنها با جریان رودخانه، مقدار منفی برآورد می‌شود. چنین معادله رگرسیونی ممکن است پیش بینی دقیق و صحیحی برای آینده انجام ندهد و از نظر مفهومی هم قابل قبول نیست.

از طرف دیگر، در صورتی که فقط تعداد معدودی متغیر مهم در معادله رگرسیون در نظر گرفته شود، باز هم پیش بینی‌ها برای آینده صحیح و دقیق نخواهد بود، زیرا این معادله رگرسیونی صرفاً بر تعداد کمی متغیر تکیه کرده که نمی‌توانند به تنهایی معرف تغییرات رواناب باشند. برای رفع مشکلات و ضعف‌های مدل‌های رگرسیونی رایج، در نظر است که در این مطالعه از روش رگرسیون چند متغیره متبنی بر "اجزای اصلی" (Principal Components Regression) برای مدل پیش بینی استفاده شود. در نهایت با در نظر گرفتن تعدادی از شاخص‌های آماری، اعتبار و صحت مدل‌های برازش داده شده مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

تکنیک‌های پیش بینی جریان بی شماری در گذشته پیشنهاد و استفاده می‌شدند که به طور کلی بر پایه تکنیک‌های آماری-تصادفی استوار بودند. دیدگاهی دیگر برای پیش بینی جریان، در سال‌های اخیر بر پایه شبکه عصبی مصنوعی، توسعه پیدا کرده است. مشخص شده است که این روش، ابزاری قوی برای مدل کردن بسیاری از فرایندهای هیدرولوژیکی غیرخطی همانند بارش- رواناب، پیش بینی جریان رودخانه،

مدیریت آب زیرزمینی، شبیه سازی کیفیت آب، مدیریت آب، بهره برداری مخزن و پیش بینی بارش است. خصوصیت جذاب شبکه عصبی، توانایی آن در استخراج رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های یک پروسه است؛ بدون اینکه فیزیک مساله، به طور روشن مشخص باشد [۵].

روش شبکه‌های عصبی مصنوعی مانند سیستم ادراکی مغز انسان عمل می‌کند و به عنوان یک ابزار برای استخراج اطلاعات کاربرد دارند. بدین معنی که داده‌های ورودی و خروجی باید به نرم افزار داده شوند و قبل از ایجاد مدل مورد تعلیم قرار گیرند. شبکه‌های عصبی مزیتی که نسبت به سایر مدل‌های تعیین کننده دیگر دارند، این است که نیازهای اطلاعاتی آن کمتر بوده و برای پیش بینی طولانی مدت بسیار مناسب هستند. در دهه حاضر شاهد گسترش کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدل‌های هیدرولوژیکی و کیفی آب و مهندسی زهکشی هستیم [۵].

در این پژوهش در کنار روش رگرسیون اجزای اصلی که در قبل تشریح شد، از روش شبکه عصبی نیز به عنوان روشی هوشمند در پیش بینی آورد استفاده خواهیم نمود.

۱-۲- اهمیت پیش بینی بلندمدت

با توجه به افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به آب و کمبود منابع آب شیرین و قرار گرفتن ایران در اقلیم خشک، اهمیت پیش بینی جریان رودخانه‌ها و حجم آب پشت مخازن سدها امری بدیهی به نظر می‌رسد. پیش بینی بلند مدت جریان به مدیران کمک می‌کند تا برای رهاسازی یا ذخیره آب مخازن تصمیم درست‌تری اتخاذ کنند.

سیگنال‌های اقلیمی شاخص‌هایی جهت نشان دادن نوسانات پدیده‌های اقلیمی و کمی کردن شدت آن‌ها می‌باشند. در سال‌های اخیر در بسیاری از مناطق دنیا استفاده از سیگنال‌های اقلیمی جهانی نظیر ENSO، PDO و NAO به منظور بررسی نوسانات و پیش بینی بلند مدت آورد رودخانه‌ها از استقبال خوبی برخوردار شده است. چرا که محققین بر این باورند که با درک بهتر اثرگذاری این پدیده‌ها بر متغیرهای هیدرولوژیکی و هواشناختی، می‌توان پیش بینی‌های قابل اطمینانی را در مقیاس منطقه‌ای به دست آورد [۷].

در دهه‌های اخیر، شناسایی سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی، به عنوان پیش‌بینی‌کننده‌های پدیده‌های هیدرولوژیکی، تحول عظیمی در پیش‌بینی‌ها به وجود آورده است. در سالیان اخیر، مدل‌ها و ابزار پیش‌بینی هیدرولوژیکی بر پایه روش‌های آماری و تجربی در کنار مدل‌های عددی پیشنهاد شده و به عنوان ابزاری برای مدیریت بهتر منابع آب به کار رفته شده‌اند [۲].

اخیراً تأثیر سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی مانند پدیده انسو (ENSO)^۱ که به وسیله شاخص نوسانات جنوبی (SOI)^۲ کمی می‌شود، بر میزان بارش مناطق مختلف جهان به خوبی شناخته شده و به عنوان متغیر پیشگو در پیش‌بینی‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی در مناطق مختلف به کار گرفته شده است. در رابطه با استفاده از SOI برای پیش‌بینی‌های بارندگی و جریان رودخانه می‌توان به پژوهش کورتیس و همکاران اشاره کرد که در این تحقیق اثر SOI بر دقت پیش‌بینی‌ها مشهود می‌باشد [۱۲].

اطلاعات مربوط به سیگنال‌های اقلیمی در پایگاه‌های اینترنتی مربوط به مراکز فعال در زمینه تغییرات اقلیم، موجود است.

برخی از این سیگنال‌ها که به عنوان شاخص‌های دمایی شناخته شده‌اند، نشان‌دهنده تغییرات دمای سطح آب اقیانوس در محدوده‌های جغرافیایی مشخص می‌باشند. برخی دیگر نیز، شاخص‌های اتمسفری می‌باشند که تغییرات فشار هوا در سطوح مختلف، مؤلفه‌های باد (شدت، سرعت و ...) و دیگر مؤلفه‌های جوی را در نظر می‌گیرند. داده‌های SST ماهانه مربوط به تمام پهنه‌های آبی کره زمین در سایت اینترنتی سازمان فضایی آمریکا (NASA) و سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی آمریکا (NOAA) موجود است و می‌توان به آن‌ها دسترسی داشت.

۱-۳- اهداف تحقیق

هدف از انجام این مطالعه پیش‌بینی حجم جریان زیرحوضه‌های مختلف سد بوکان در محل ایستگاه‌های هیدرومتری با اهمیت بالا از نظر حجم آورد، با استفاده از سیگنال‌های هواشناسی و داده‌های زمینی در سه

^۱ El-Nino Southern Oscillation Index

^۲ Southern Oscillation Index

دوره پیش بینی (بهمن تا خرداد، اسفند تا خرداد و فروردین تا خرداد) و همچنین پیش بینی میزان بارش در محل ایستگاه‌های بارانسنجی می‌باشد.

داده‌های زمینی که در این تحقیق در مدل سازی وارد خواهند شد شامل ^۱ ENSO، ^۲ SOI، ^۳ MEI، ^۴ BEST، ^۵ ONI، نوسانات اطلس شمالی ^۶ NAO، شاخص‌های NINO، نوسان دهه‌ای اقیانوس آرام یا ^۷ PDO، شاخص ^۸ WHWP، شاخص ^۹ NOI، ^{۱۰} TSA، ^{۱۱} TNA، ^{۱۲} PNA، ^{۱۳} WP و ^{۱۴} AO می‌باشند.

اهداف کلی این تحقیق عبارتند از:

۱. شناسایی متغیرهای اقلیمی و سیگنال‌های هواشناسی مؤثر به عنوان متغیرهای مستقل

ورودی مدل سازی پیش بینی آورد ورودی به سد بوکان

۲. توسعه و تدوین معادلات رگرسیونی بر اساس اجزای اصلی با متغیرهای مختلف برای هر دوره

پیش بینی

۱-۳-۱-۱-۱ سؤالات تحقیق

با انجام این پایان نامه به سؤالات زیر می‌توان پاسخ مناسب را ارائه نمود:

^۱ EL Nino Southern Oscillation

^۲ Southern Oscillation Index

^۳ Multivariate ENSO Index

^۴ Bivariate ENSO Time series

^۵ Oceanic NINO Index

^۶ North Atlantic Oscillation

^۷ Pacific Decadal Oscillation

^۸ Western Hemisphere Warm Pool

^۹ Northern NINO index

^{۱۰} Tropical Southern Atlantic Index

^{۱۱} Tropical Northern Atlantic Index

^{۱۲} Pacific North American Index

^{۱۳} Western Pacific Index

^{۱۴} Arctic Oscillation

- ۱- به کمک کدام سیگنال می‌توان آورد دوره‌های سه گانه پیش بینی را، پیش بینی کرد؟
- ۲- آیا علاوه بر سیگنال‌های اقلیمی از پارامترهای زمینی نظیر دمای سطح آب می‌توان آورد و بارش را پیش بینی کرد؟
- ۳- چه خصوصیات پهنه‌های آبی در اطراف حوضه آبریز بیشترین تأثیر را بر روی بارش ورودی به سد بوکان دارند؟

۴-۱- نحوه رویکرد به مساله، فرضیات علمی و گستره تحقیق

در سال‌های اخیر تحقیقات وسیعی در زمینه پیش بینی‌های کوتاه مدت و بلند مدت (ماهانه و فصلی) در نقاط مختلف جهان انجام شده است. بسیاری از این تحقیقات بر مبنای تأثیر الگوهای سینوپتیکی بزرگ مقیاس بوده است. محققین همواره سعی در شناخت ارتباط میان شاخص‌های اقلیمی موجود و روند تغییرات بارش یا آورد داشته‌اند. در مورد بررسی سیگنال‌های اقلیمی و پدیده‌های اقلیمی نظیر PDO و NAO به کار گیری این پدیده‌ها در پیش بینی آورد به صورت فصلی، با این محدودیت مواجهیم که تناوب زمانی یا تأخیر فاز برخی از این سیگنال‌ها به صورت دهه‌ای می‌باشد و ارتباط میان آورد یک فصل با تغییرات آن شاخص در چند ماه قبل محسوس نیست. صرف نظر از این امر دامنه تأثیر مطالعه شده اکثر آنها در نواحی اقیانوس اطلس و آرام می‌باشد که علت این امر می‌تواند نزدیکی این مناطق به امریکا یا استرالیا باشد.

در این رساله تحت عنوان "پیش بینی بلند مدت بارش فصلی و جریان رودخانه به کمک متغیرهای اقلیمی اقیانوسی - جوی (مطالعه موردی سد بوکان)" در مرحله اول به دنبال شناسایی متغیرهای مناسب جهت پیش بینی از ابتدای سال آبی می‌باشیم. از این رو به بررسی آماری همبستگی آورد دوره‌های پیش بینی با مقادیر سیگنال‌ها به صورت ماهانه می‌پردازیم. در این راستا علاوه بر سیگنال‌های معمول مانند SOI، PDO و NAO سیگنال‌های دیگری نیز بررسی می‌شوند تا به این سؤال پاسخ دهیم که به کمک کدام سیگنال می‌توان آورد دوره‌های پیش بینی را قبل از شروع دوره گرم سال (فروردین) پیش بینی کرد.

در سال‌های اخیر برهمکنش بین عوامل آب و هوایی در خشکی، اقیانوس و جو مورد توجه بسیاری از

دانشمندان علوم هواشناسی و اقلیم شناسی قرار گرفته است. نتایج پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که تغییرات دما در سطح گستره‌های بزرگ آبی می‌تواند تأثیر معنی داری بر نوسان‌های بارش در سطح خشکی‌های زمین داشته باشد. روشن شده است که تأثیر دمای سطح آب^۱ بر بارش، محدود به نقاط ساحلی نبوده بلکه نواحی بسیار دور از دریا نیز می‌توانند تحت تأثیر تغییرات الگوهای دمای سطح گستره‌های آبی قرار گیرند. دمای سطح آب اقیانوس‌ها و دریاها عامل کنترل کننده بسیار مؤثر در اقلیم جهانی است. شناخت و تهیه شکل‌های دمای سطح آب اقیانوس‌ها و هوای بالای آن، برآورد و پیش بینی‌های رخداد‌های اقلیمی را ساده‌تر می‌سازد.

با توجه به این نکته که بارندگی منطقه مورد مطالعه بیشتر تحت تأثیر توده‌های هوایی مدیترانه‌ای می‌باشد و پهنه‌های آبی مجاور در انتقال رطوبت به ناحیه غربی رشته کوه زاگرس مؤثرند، ارتباط تغییرات دمایی این مناطق با آورد رودخانه نیز بررسی خواهد شد و به این سؤال که آیا به کمک روند تغییرات دمای سطح آب در این مناطق می‌توان آورد دوره‌های پیش بینی را پیش از آغاز فروردین پیش بینی کرد یا خیر پاسخ داده می‌شود. به این منظور داده‌های دمای سطح آب در خلیج فارس، دریای سیاه، دریای سرخ و مدیترانه و نیز اقیانوس اطلس شمالی استخراج و با استفاده از نقشه‌های همبستگی، مناطقی که بیشترین همبستگی با تأخیر زمانی مناسب دارند مشخص خواهد شد.

در بررسی رابطه بین تغییرات اقلیمی اقیانوسی و جوی، علاوه بر تغییرات دمای سطح آب، ارتفاع ژئوپتانسیل^۲ هم بسیار مهم می‌باشد؛ چرا که این پارامتر در شکل گیری سیکل‌های هوایی و جبهه‌های بارانزا، مؤثر است. فشار هوا نیرویی است که هوا بر یک واحد از سطح زمین وارد می‌کند. واحد اندازه گیری آن میلی بار یا هکتو پاسکال می‌باشد. با افزایش ارتفاع هوا، فشار هوا نیز کم شده و اغلب به صورت سطوح فشار (۷۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ... هکتوپاسکال) بیان می‌شوند.

پژوهش‌های زیادی در مورد الگوهای گردش جو، ناهنجاری‌های موجود در ترازهای مختلف، جابجایی

^۱ SST (Sea Surface Temperature)

^۲ ارتفاع فشار مورد نظر از سطح دریا

و تغییرات الگوهای تراز میانی جو انجام شده است. اغلب این مطالعات بر اهمیت و توجه بیشتری بر تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال تاکید دارند؛ زیرا معتقدند که این تراز بیشترین تأثیر را بر رخداد پدیده‌های جوی سطح زمین دارد. از این رو، آگاهی از نوسان‌های زمانی- مکانی ناهنجاری‌های جو در این تراز می‌تواند کمک ارزنده‌ای به شناخت بیشتر اقلیم سطح زمین نماید.

در این رساله نیز از ارتباط موجود میان تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتو پاسکال جهت تدقین نتایج مدل استفاده خواهد شد و مناطقی که از نظر تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل بیشترین همبستگی را با آورد دارند مشخص و به این سؤال پاسخ داده خواهد شد که آیا می‌توان برای پیش بینی بلندمدت از تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل نیز استفاده نمود؟

بدیهی است فرایند بارش در یک منطقه بسیار پیچیده و تابع عوامل مختلفی است. در این بررسی به دنبال یافتن متغیرهایی هستیم که بتوان در پیش بینی آورد از آن‌ها استفاده و از طریق منطقه‌ای کردن تغییرات دما و ارتفاع ژئوپتانسیل به دنبال ارتباط آماری با تأخیر زمانی هستیم. به علاوه ارتباط دمای سطح آب در دریای سرخ، دریای سیاه، خلیج فارس و دریای مدیترانه به عنوان منابع حرارتی بارندگی در پیش بینی بارش فصلی این حوضه، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در مدل‌های پیش بینی طولانی مدت برای حوضه‌های آبریز مرتفع، با توجه به اینکه علاوه بر باران، ذوب برف نیز یکی از عوامل مهم تأمین آب رودخانه است، باید شرایط ذخیره برف حوضه نیز مضاف بر پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی در مدل سازی منظور شود.

۱-۵- ساماندهی فصول پایان نامه

در فصل دوم این پایان نامه نمونه‌هایی از مطالعاتی که در مناطق مختلف جهان و ایران انجام شده است، معرفی می‌گردد. در فصل سوم به معرفی منطقه مطالعاتی و نیز بررسی اطلاعات مورد استفاده شامل اطلاعات هیدرومتری، بارندگی، شاخص‌های اقلیمی و اطلاعات شبکه‌ای اقیانوسی و جوی پرداخته شده است. در ادامه و در فصل چهارم مدل آماری و نیز شاخص‌های صحت سنجی در مدلسازی معرفی و چارچوب مدل

سازی تعیین و نتایج ارتباط آورد و بارش با پارامترهای پیش بینی کننده بررسی شده و معادلات رگرسیونی پیش بینی ارائه و از روش شبکه عصبی نیز برای مقایسه نتایج پیش بینی آورد با مدل رگرسیونی، استفاده خواهد شد. در نهایت در فصل آخر، نتایج جمع بندی شده و پیشنهاداتی برای مطالعات آتی ارائه می گردد.