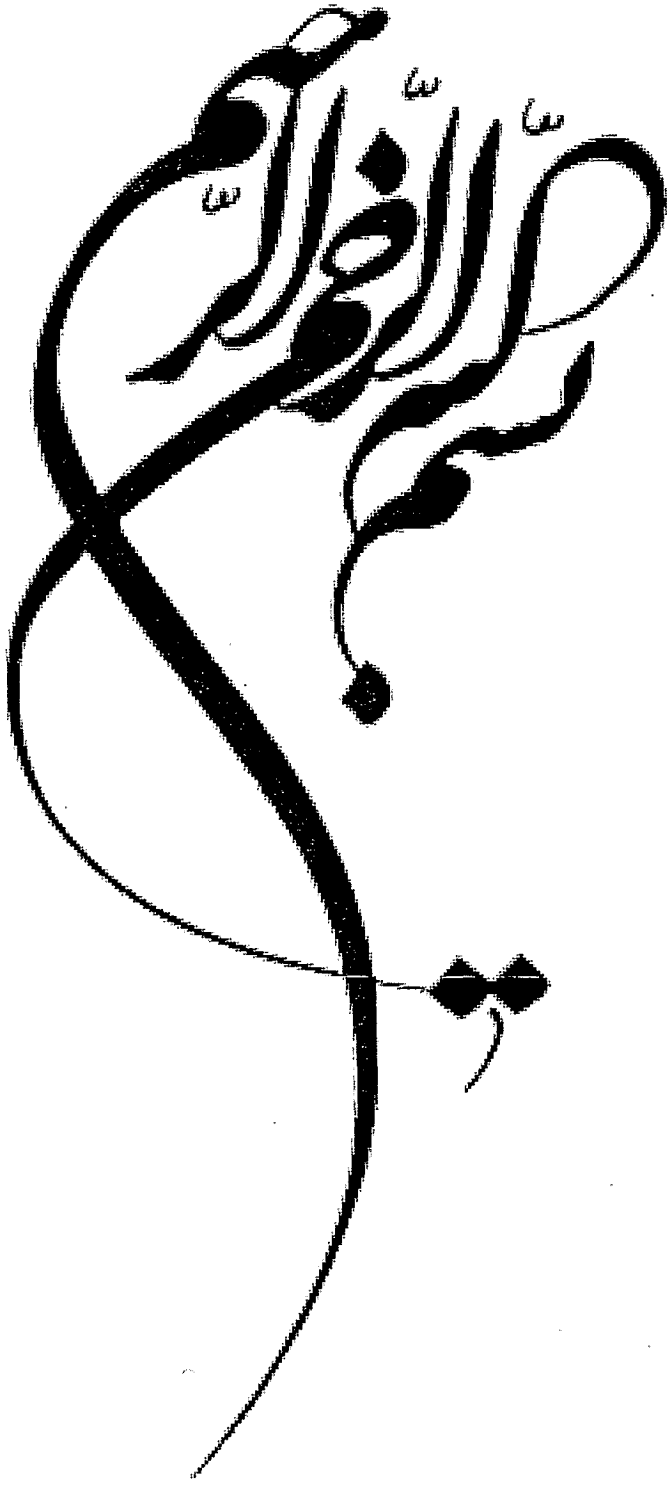

١١١٤٢٢

دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی آبخیزداری

# بررسی کارآیی رگرسیون فازی در بازسازی داده های گمشده بارش در حوزه آبخیز کارون بزرگ و مقایسه آن با دیگر روش ها

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری

**روح‌الله حسن‌شاهی**

مرکز اطلاعات و مدارک علمی
ثبت مدارک
۱۳۸۸ /۲/ ۱۳

اساتید راهنما:
**دکتر سید جواد ساداتی نژاد**
**دکتر محمد شایان نژاد**

استاد مشاور:
**مهندس خدایار عبدالهی**

۱۳۸۷

۱۱۱۴۶۶

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری آقای روح‌الله حسن‌شاهی تحت عنوان

**بررسی کارآیی رگرسیون فازی در بازسازی داده های گمشده بارش در حوزه آبخیز کارون بزرگ و مقایسه آن با دیگر روش ها**

در تاریخ ۱۳۸۷/۱۰/۱۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت

| | |
|---|---|
| ۱. استاد راهنمای اول پایان نامه | دکترسید جواد ساداتی نژاد |
| ۲. استاد راهنمای دوم پایان نامه | دکترمحمد شایان نژاد |
| ۳. استاد مشاور پایان نامه | مهندس خدایار عبدالهی |
| ۴. استاد داور | دکتر روح الله فتاحی |
| ۵. استاد داور | دکتر افشین هنربخش |
| ۶- رئیس تحصلات تکمیلی دانشکده | دکترمجید اولیاء |

## تشکر و قدردانی

منت خدای را که بار دیگر این بنده کمترین را بخود وامگذاشت و برای طی این راه بندگان خوب خود را راهنمای راهم قرار داد. لذا برخود می دانم که شکر این بندگان خوب را بجای آورم تا به شکرانه آن شکر خدا گزارده شود. به این جهت از زحمت تمام کسانی که به نحوی در گذشتن از این مرحله به اینجانب از هیچ نوع کمکی دریغ نکردند تشکرو سپاسگزاری می نمایم.

از استاد ارجمند جناب دکتر سید جواد ساداتی نژاد ریاست محترم دانشگاه کاشان که با وجود گرفتاریهای شغلی از هیچ گونه راهنمایی نسبت به اینجانب دریغ نورزیدند صمیمانه تشکر می کنم.

از استاد محترم جناب دکترمحمد شایان نژاد که با راهنمایی های خوب خود راه را بر اینجانب هموار نمودند صمیمانه تشکر می کنم.

از استاد مشاورم جناب آقای مهندس خدایار عبدالهی که در این راه زحمات زیادی را متحمل شدند و شبانه روز پاسخگوی سئوالاتم بودند از صمیم قلب تشکر می کنم.

ازآقایان دکتر فتاحی و دکتر هنربخش که زحمت داوری این پایان نامه را کشیدند تشکر می کنم.

و همچنین از زحمات استادمان دکتر افشین هنربخش در طول دوران تحصیل صمیمانه تشکر می‌کنم .

از دوست خوبم پروفسور mark wiley از شرکت نرم افزاری lindo در شیکاگو به خاطر همکاری وکمک های صمیمانه ایشان تشکر می کنم.

از همکلاسی های خوبم آقایان مهندس مسلم حیدری، مهندس سید حسن علوی نیا، مهندس صابر نکوئیان و خانم ها مهندس زهرا اسماعیلی، مهندس وجیهه فصاحت، مهندس سمیه انگبینی و مهندس مرضیه نوروزی صمیمانه تشکر می کنم.

از دوستان خود آقایان مهندس حسن علایی، مهندس محمد مفتخر، مهندس سهراب امامی، مهندس حمید افشار، مهندس مجتبی معماریان، مهندس اسلام زرینه، مهندس علی راعی، مهندس محسن حیدری، مهندس مرتضی بهمنی، مهندس جعفرسلیمی، مهندس رضا لاله زاری، دکتر آرمینیان، دکتر سرخه، مهندس میثم زارع، مهندس متین صدیقی، مهندس بابک حاتمی، مهندس میر حسینی، مهندس خزایی ، مهندس زمانیان ودیگر دوستان تشکر می کنم.

در پایان امیدوارم نتایج کاربردی این تحقیق مورد استفاده قرار گیرد.

روح‌الله حسن‌شاهی

زنده کسانی هستند که پیکار می کنند،
آنان که جان و تنشان از عزمی راسخ آکنده است،
آنان که از نشیب تند سر نوشتی بلند بالا می روند،
آنان که اندیشناک بسوی هدفی عالی پیش می روند و
روزان وشبان در خیال خویش،
***یا وظیفه ای مقدس دارند و یا عشقی بزرگ.***

*ویکتور هوگو*

**تقدیم به روح بلند دایی شجاع و فرهیخته‌ام**

**شهید کرامت ابراهیمی**

**تقدیم به پدر و مادرم**
**تقدیم به همسرم**
**و تقدیم به همه دوستداران علم**

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


فصل اول:مقدمه ..... ۱
۱-۱- کلیات ..... ۱
۱-۲- ضرورت و اهمیت موضوع ..... ۲
۱-۳- اهداف ..... ۳
۱-۴- اندازه گیری بارندگی ..... ۳
۱-۴-۱- باران سنج ها ..... ۳
۱-۴-۲- باران نگارها یا باران سنج های ثبات ..... ۳
۱-۴-۳- اندازه گیری با استفاده از رادار ..... ۴
۱-۴-۴- استفاده از ماهواره ها ..... ۴
۱-۵- شبکه باران سنجی وتعداد ایستگاههای مناسب در یک منطقه ..... ۵
۱-۶- بازسازی نواقص آماری ..... ۶
۱-۷- روش‌های بازسازی نواقص آماری: ..... ۶
۱-۷-۱- روش استفاده از ایستگاههای معرف (روش میانگینگیری) ..... ۶
۱-۷-۲- روش ترسیم منحنی های همسان ..... ۸
۱-۷-۳- روش محور مختصات (گرافیکی) ..... ۸
۱-۷-۴- روش نسبت نرمال ..... ۸
۱-۷-۵- روش تفاضل و نسبتها ..... ۹
۱-۷-۶- روش رگرسیون ..... ۱۰
۱-۷-۶-۱- رگرسیون و همبستگی ..... ۱۰
۱-۷-۶-۲- رگرسیون خطی: ..... ۱۱
۱-۷-۶-۳- حالت کلی رگرسیون ..... ۱۱
۱-۷-۶-۴- فرم تابع رگرسیون ..... ۱۳
۱-۷-۶-۵- رگرسیون چند متغیره ..... ۱۵
۱-۷-۶-۶- انتخاب تعداد متغیر مستقل ..... ۱۷
۱-۷-۷-۱- مدل اتورگرسیو(AR) ..... ۲۰
۱-۸- شبکه‌های عصبی مصنوعی ..... ۲۰

۱-۸-۱- مقدمه ..... ۲۰
۱-۸-۲- تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی ..... ۲۱
۱-۸-۳- مبانی بیولوژیک شبکه های عصبی مصنوعی ..... ۲۳
۱-۸-۴- شکل و خصوصیات بیولوژیکی شبکه های عصبی ..... ۲۴
۱-۸-۵- فعالیت سیناپسی ..... ۲۵
۱-۸-۶- شباهتهای شبکه های عصبی مصنوعی و بیولوژیکی ..... ۲۶
۱-۸-۷- قابلیتهای شبکه های عصبی مصنوعی ..... ۲۷
۱-۸-۸- ساختار شبکه های عصبی مصنوعی ..... ۲۸
۱-۸-۹- پرسپترون چند لایه و الگوریتم پس انتشارخطا ..... ۳۰
۱-۹- منطق فازی ..... ۳۳
۱-۹-۱-مقدمه ..... ۳۳
۱-۹-۲- سیستم های فازی ..... ۳۴
۱-۹-۳- تئوری فازی ..... ۳۶
۱-۹-۴- مجموعه های فازی و اعداد فازی ..... ۳۷
۱-۹-۵- استدلال فازی ..... ۳۷
۱-۹-۶- عدد فازی ..... ۳۸
۱-۹-۷- رگرسیون فازی ..... ۳۹
فصل دوم: سابقه تحقیق ..... ۴۵
۲-۱- مروری بر مطالعات گذشته ..... ۴۵
فصل سوم: مواد و روشها ..... ۵۰
۳-۱- انتخاب حوزه مورد مطالعه ..... ۵۰
۳-۲- معرفی حوزه آبریز کارون و دز ..... ۵۱
۳-۲-۱- حدود و موقعیت جغرافیایی ..... ۵۱
۳-۲-۲- اقلیم حوزههای کارون و دز ..... ۵۱
۳-۳- جمع آوری اطلاعات و شناسایی ایستگاههای باران سنجی حوزه کارون و دز ..... ۵۳
۳-۴- انتخاب پایه زمانی مشترک ..... ۵۸
۳-۵- بررسی کیفیت آمار ایستگاهها ..... ۵۸
۳-۶- آزمون توزیع دادهها ..... ۵۸
۳-۷- تعیین گروههای بازسازی ..... ۶۲
۳-۸- روشهای بازسازی مورد استفاده در تحقیق ..... ۶۴

۳-۸-۱- روش نسبت نرمال ..... ۶۴
۳-۸-۲- روش محور مختصات(گرافیکی) ..... ۶۵
۳-۸-۳- روش رگرسیون خطی ساده ..... ۶۷
۳-۸-۴- روش رگرسیون خطی چند متغیره(چندگانه) ..... ۶۸
۳-۸- ۵- روش استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی ..... ۶۹
۳-۸-۵-۱- نرم افزارهای مورد استفاده ..... ۶۹
۳-۸-۵-۳- تصادفی کردن داده ها ..... ۷۰
۳-۸-۵-۴-تشکیل فایل های مورد استفاده در نرم افزار ..... ۷۰
۳-۸-۵-۵- نوع شبکه مورد استفاده و تعداد لایه های میانی ..... ۷۱
۳-۸-۵-۶- توابع فعالیت و آموزش مورد استفاده ..... ۷۱
۳-۸-۵-۷- تعداد نرونهای لایه های میانی ..... ۷۱
۳-۸-۵-۸- ارزیابی شبکه و انتخاب مدل نهایی ..... ۷۲
۳-۸-۵-۹- مقایسه نتایج شبکه عصبی مصنوعی با مقادیر مشاهدهای ..... ۷۲
۳-۸-۶-روش خود همبستگی با استفاده از شبکه عصبی ..... ۷۲
۳-۸-۷- روش رگرسیون فازی ..... ۷۳
۳-۹- ارزیابی و مقایسه روشهای مختلف بازسازی ..... ۷۴
۳-۹-۱- روش ریشه ی میانگین مربعات خطا (RMSE) ..... ۷۴
**فصل چهارم: نتایج وبحث** ..... ۷۶
۴-۱- مقدمه ..... ۷۶
۴-۲ –گروه بندی ..... ۷۶
۴-۳- انتخاب ایستگاه مناسب بعنوان بهترین متغیر مستقل در بازسازی هر یک از ایستگاهها به روش رگرسیون خطی ساده ..... ۷۷
۴-۵- مشخصات مدلهای حاصل از بازسازی به روش شبکه های عصبی مصنوعی ..... ۷۹
۴-۶- نتایج مقایسه دادههای بازسازی شده و مشاهدهای ..... ۷۹
۴-۷- اولویت های روش های بازسازی در ایستگاههای باران سنجی واقع در گروههای مختلف ..... ۸۳
۴-۸-۱-پهنه بندی اولویت های اول بازسازی داده های سالیانه ..... ۹۰
۴-۸-۲- پهنه بندی اولویت های اول باز سازی داده های ماهیانه بارش ..... ۹۲
۴-۹- بحث ..... ۹۵
۴-۹- نتیجه گیری کلی ..... ۹۹
۴-۱۰- پیشنهادات ..... ۱۰۰

## فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**


جدول(۱-۱) حداکثر سطح تحت پوشش یک باران سنج تحت شرایط مختلف..... ۵

جدول(۱-۲): توابع فعالیت ..... ۳۰

جدول (۱-۳): مدل برنامه ریزی خطی برای حل رگرسیون خطی با مشاهدات غیر فازی ..... ۴۲

جدول(۳-۱): مساحت پهنه های زیر پوشش اقلیمهای مختلف حوزه دز وکارون در سیستم دومارتن گسترش داده شده (کیلومترمربع) ..... ۵۲

جدول شماره (۳-۲)مشخصات جغرافیایی ایستگاههای باران سنجی حوزه آبخیز کارون بزرگ..... ۵۳

جدول(۳-۳)گروههای بازسازی حوزه آبخیز کارون بزرگ..... ۶۳

جدول (۳-۴) بازسازی آمار سالیانه ایستگاه عبدالخان بوسیله نسبت نرمال ..... ۶۵

جدول شماره (۳-۵) بازسازی ایستگاه عبدالخان بوسیله روش گرافیکی(محورهای مختصات)..... ۶۷

جدول شماره (۳-۶) بازسازی ایستگاه عبدالخان بوسیله روش رگرسیون ساده ..... ۶۸

جدول شماره (۳-۷) بازسازی ایستگاه عبدالخان بوسیله روش رگرسیون چندگانه..... ۶۹

جدول شماره (۳-۸) مشخصات مدلهای شبکه عصبی طراحی شده برای بازسازی ایستگاههای ..... ۷۲

جدول شماره(۳-۹) بازسازی ایستگاه عبدالخان بوسیله رگرسیون فازی ..... ۷۳

۴-۱- متغیرهای وابسته وبهترین متغیر های مستقل گروههای بازسازی کارون بزرگ در روش رگرسیون ساده۷۷

جدول (۴-۲)ارزیابی روشهای بازسازی بارش ماهیانه ایستگاههای باران سنجی گروههای مختلف با سنجه RMSE(میلیمتر)..... ۸۰

جدول (۴-۳)ارزیابی روشهای بازسازی بارش سالیانه ایستگاههای باران سنجی گروههای مختلف با سنجه RMSE(میلیمتر)..... ۸۲

جدول(۴-۴) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه ۱ ..... ۸۴

جدول(۴-۵) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه ۲ ..... ۸۴

جدول(۴-۶) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه ۳ ..... ۸۵

جدول(۴-۷) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه ۴ ..... ۸۵

جدول(۴-۷) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه ۵ ..... ۸۵

جدول(۴-۸) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه ۶ ..... ۸۶

جدول(۴-۹) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه ۷..... ۸۶

جدول(۴-۱۰) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه ۸..... ۸۶

جدول(۴-۱۱) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه در گروه۹..... ۸۷

جدول(۴-۱۲) اولویت های بازسازی داده های ماهیانه بارش در کل حوزه کارون بزرگ ..... ۸۷

جدول(۴-۱۳) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۱ ..... ۸۷
جدول(۴-۱۴) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۲ ..... ۸۷
جدول(۴-۱۵) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۳ ..... ۸۸
جدول(۴-۱۶) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۴ ..... ۸۸
جدول(۴-۱۷) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۵ ..... ۸۸
جدول(۴-۱۸) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۶ ..... ۸۹
جدول(۴-۱۹) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۷ ..... ۸۹
جدول(۴-۲۰) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۸ ..... ۸۹
جدول(۴-۲۱) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در گروه ۹ ..... ۹۰
جدول(۴-۲۲) اولویت های بازسازی داده های سالیانه بارش در کل حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۹۰
جدول(۴-۲۳) سطح اشغال اولویت های اول بازسازی داده های سالیانه ..... ۹۱
جدول(۴-۲۴) سطح اشغال اولویت های دوم بازسازی داده های سالیانه ..... ۹۱
جدول(۴-۲۵) سطح اشغال اولویت های سوم بازسازی داده های سالیانه ..... ۹۱
جدول(۴-۲۶) سطح اشغال اولویت های چهارم بازسازی داده های سالیانه ..... ۹۲
جدول(۴-۲۷) سطح اشغال اولویت های پنجم بازسازی داده های سالیانه ..... ۹۲
جدول(۴-۲۸) سطح اشغال اولویت های اول بازسازی داده های ماهیانه بارش ..... ۹۲
جدول(۴-۲۹) سطح اشغال اولویت های دوم بازسازی داده های ماهیانه بارش ..... ۹۳
جدول(۴-۳۰) سطح اشغال اولویت های سوم بازسازی داده های ماهیانه بارش ..... ۹۳
جدول(۴-۳۱) سطح اشغال اولویت های چهارم بازسازی داده های ماهیانه بارش ..... ۹۳
جدول(۴-۳۲) سطح اشغال اولویت های پنجم بازسازی داده های ماهیانه بارش ..... ۹۴
جدول(۴-۳۳) سطح اشغال اولویت های ششم بازسازی داده های ماهیانه بارش ..... ۹۴
جدول(۴-۳۴) سطح اشغال اولویت های هفتم بازسازی داده های ماهیانه بارش ..... ۹۴

## فهرست اشکال

**عنوان** **صفحه**


شکل(۱-۱): اجزای نرون بیولوژیکی..... ۲۵
شکل(۱-۲): چگونگی انتقال پیام عصبی در اثر فعالیت الکتروشیمیایی سلول عصبی..... ۲۶
شکل(۱-۳): مدل نرون مصنوعی..... ۲۸
شکل(۱-۴): نمونهای از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه ای پرسپترون..... ۳۱
شکل ۱-۵ سیستم فازی به عنوان کنترل کننده حلقه باز..... ۳۵
شکل ۱-۶ سیستم های فازی به عنوان کنترل کننده حلقه بسته..... ۳۵
شکل ۱-۷ طبقه بندی تئوری فازی..... ۳۶
شکل ۱-۸ روش های استدلال فازی..... ۳۸
شکل (۱-۹): عددی فازی $\tilde{A}$ ..... ۳۹
شکل (۱-۱۰):تابع عضویت ضرایب فازی..... ۴۰
شکل (۱-۱۱): تابع عضویت خروجی فازی..... ۴۲
شکل (۴-۱) پهنه بندی اولویت های اول بازسازی داده های سالیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ..... ۹۷
شکل (٤-۲) پهنه بندی اولویت های اول بازسازی داده های ماهیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ..... ۹۸

## فهرست پیوست

**عنوان** **صفحه**


پیوست۱-۱ معادلات بازسازی بارش ماهیانه و سالیانه روش رگرسیون ساده ..... ۱۰۲

پیوست۲-۱معادلات بازسازی داده های ماهیانه بارش روش رگرسیون چندگانه ..... ۱۰۴

پیوست۲-۲معادلات بازسازی داده های سالیانه بارش روش رگرسیون چندگانه ..... ۱۰۶

پیوست۳-۱- مدلهای بازسازی فازی ماهیانه ..... ۱۰۸

پیوست ۳-۲- مدلهای بازسازی فازی سالیانه ..... ۱۱۰

پیوست ۴- مشخصات مدلهای شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده برای بازسازی هر یک از ایستگاههای باران سنجی کارون بزرگ ..... ۱۱۲

پیوست ۵-اولویت های روش های بازسازی داده های بارش در هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه... ۱۱۴

پیوست ۶- معرفی نرم افزار Hydrogenerator ..... ۱۲۳

نقشه ۱- پهنه بندی اولویت های دوم بازسازی داده های سالیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۱۴۱

نقشه ۲ - پهنه بندی اولویت های سوم بازسازی داده های سالیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ..... ۱۴۲

نقشه ۳ - پهنه بندی اولویت های چهارم بازسازی داده های سالیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۱۴۳

نقشه ۴ - پهنه بندی اولویت های پنجم بازسازی داده های سالیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ..... ۱۴۴

نقشه ۵ - پهنه بندی اولویت های دوم بازسازی داده های ماهیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۱۴۵

نقشه ۶ - پهنه بندی اولویت های سوم بازسازی داده های ماهیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۱۴۶

نقشه ۷- پهنه بندی اولویت های چهارم بازسازی داده های ماهیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۱۴۷

نقشه۸ - پهنه بندی اولویت های پنجم بازسازی داده های ماهیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۱۴۸

نقشه۹ - پهنه بندی اولویت های ششم بازسازی داده های ماهیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۱۴۹

نقشه ۱۰ - پهنه بندی اولویت های هفتم بازسازی داده های ماهیانه در حوزه آبخیز کارون بزرگ ..... ۱۵۰

## چکیده

نواقص آماری همیشه در امور تحقیقی مشکل ساز بوده اند. اساس مطالعات هیدرولوژی و هوا شناسی داده های آماری مورد قبول می باشد. و با توجه به خلاء های گسسته وپیوسته ای که در اغلب داده های هیدرولوژی مانند داده های بارش که بدلایلی نظیر عدم ثبت آمار ، حذف آمار غلط و خرابی یا از بین رفتن دستگاههای اندازه گیری اتفاق می افتد، تخمین وبرآورد این داده ها لازم وضروری می باشد. بدین منظور روش های متعددی برای تخمین داده ها وجود دارد که بسته به شرایط هر ایستگاه ممکن است یک روش خاص بهترین نتیجه را در پی داشته باشد معمولا برای برآورد داده های گمشده در یک ایستگاه از ایستگاههای مجاور آن (حداقل ٤ ایستگاه) که دارای همبستگی بیشتری هستند استفاده می شود.در این تحقیق کارآیی استفاده از روش رگرسیون فازی در بازسازی داده های سالیانه وماهیانه ایستگاههای باران سنجی در حوزه آبخیز کارون بزرگ مورد ارزیابی قرار گرفت وبا روش های شبکه عصبی مصنوعی ،نسبت نرمال، محورهای مختصات، رگرسیون ساده، رگرسیون چندگانه وسری زمانی هوشمند مورد مقایسه قرار گرفت. از ٤٩ ایستگاه منتخب در حوزه آبخیز کارون بزرگ بوسیله روش خوشه بندی (clustering) ۹ گروه برای بازسازی تشکیل گردید که با توجه به به روش حذف اعتباری داده های مشاهده ای ، مقادیر آنها از طریق روش های مذکور برآورد گردید سپس با استفاده از پارامتر ریشه میانگین مجذور مربعات خطا(RMSE) اولویت هر یک از روش ها مورد شناسایی قرار گرفت. نتایج بازسازی داده های سالیانه نشان دهنده برتری روش های رگرسیون فازی و رگرسیون ساده در اغلب ایستگاهها بعنوان اولویت اول می باشد و با توجه به سادگی رگرسیون ساده پیشنهاد می شود که از این روش استفاده شود. نتایج بازسازی داده های ماهیانه نشان دهنده برتری روش رگرسیون ساده می باشد .نتایج حاصل از روش سری زمانی با شبکه عصبی نشان دهنده عدم کارایی این روش جهت بازسازی داده های بارش می باشد. با توجه به حساسیت روش های شبکه عصبی و خودهمبستگی با شبکه عصبی به طول دوره آماری و عدم وجود دوره آماری طولانی در ایستگاههای منتخب امکان استفاده از این روش ها در بازسازی داده‌های بارش سالیانه مقدور نمی باشد.

# فصل اول

## مقدمه

### ۱-۱- کلیات

نواقص آماری همیشه در امور تحقیقی و مطالعاتی مشکل‌ساز بوده‌اند. در مطالعات هیدرولوژی و هواشناسی هر منطقه وجود اطلاعات بارش اساسی است که زیربنای مطالعات را تشکیل می‌دهد. اما برخی از مواقع این اطلاعات ناقص می‌باشد و استفاده از آن مشکل بوده و باعث بروز خطا در نتایج می‌گردد. تمام مطالعات هیدرولوژیکی براساس آمار مورد قبول پایه‌گذاری شده است و درصورتی که این اطلاعات ناقص باشد نمی‌توان آنالیز آماری صحیحی انجام داد (نقدی،۱۳۸۴). اگر در یک منطقه تعداد ایستگاههای باران‌سنجی کم باشد این موضوع حادتر خواهد بود. بنابراین لازم است این نواقص آماری برطرف گردد. نواقص آماری در یک منطقه ممکن است به یکی از دلایل زیر باشد: ۱-تفاوت تاریخ تأسیس ایستگاههای اندازه‌گیری۲-حذف آمار غلط از مجموعه اطلاعات موجود پس از کنترل داده‌ها توسط کارشناسان ارشد ۳- ازبین رفتن ایستگاهها در اثر حوادث طبیعی وغیرطبیعی مانند سیل زلزله و یا انهدام در اثر جنگ و عدم ثبت آمار توسط متصدی ایستگاه در بعضی از ایام.

برای کاربردهای منطقه‌ای آمار ضروری است که پس از انتخاب پایه‌زمانی مشترک اپتیمم، آمارهای گمشده بازسازی شده و یا آمارها تطویل گردند (مهدوی، ۱۳۸۱).

از طرفی در مطالعات مربوط به طرح‌های مختلف آبخیزداری، مدیریت منابع آب و...در اختیار داشتن داده‌های بدون نقص بارش در یک دوره معین مورد لزوم می‌باشد بنابراین می بایست که بجای داده‌های گمشده از اعداد و ارقامی که دارای درجه اعتبار قابل قبولی است استفاده شود.

براساس عادت در کشور معمولا داده‌های ناقص را بوسیله رگرسیون خطی تکمیل می‌نمایند بدون توجه به اینکه آیا اعداد بازسازی شده بهترین نحوه تکمیل اطلاعات در این مورد بوده است یا خیر. به هر جهت بدلیل کوتاه بودن دوره‌های آماری در ایران تکمیل و استفاده از تمامی آمار موجود لازم و ضروری است بنابراین روش‌های مختلف بازسازی داده‌ها بایستی مورد تست و ارزیابی قرارگیرد و بهترین روش برگزیده شود (ساداتی نژاد، ۱۳۷۷).

**۱-۲- ضرورت و اهمیت موضوع**

ضرورت داشتن آمار و اطلاعات صحیح و قابل قبول در بررسی‌های علمی و مطالعات مهندسی پروژه‌های آبی، طرح‌های توسعه کشاورزی، آبخیزداری و نظایر آن اولین گام می‌باشد. این درحالی است که در کشور ما آمارهای موجود به دلایل گوناگون که ناشی از عدم دیدبانی یا مشکوک بودن ارقام است، دارای خلاء گسترده ای می‌باشد.

قبل از بکارگیری این آمار در مطالعات می‌بایست نقایص آنها را برطرف و داده‌های گمشده را بازسازی کرد. لذا دستیابی به روش های صحیح بازسازی آمار گمشده ضروری به نظر می‌رسد.

دسترسی به داده‌های کافی ودقیق از یک طرف موجب کوتاهتر شدن مدت مطالعات و از طرف دیگر موجب برآورد دقیق‌تر پارامترهای هدف و کاهش هزینه‌های اجرایی و خسارات بعدی ناشی از اجرای طرح‌ها می‌گردد (لوک زاده، ۱۳۸۳).

تحقیق حاضر در راستای بررسی کارآیی روش رگرسیون فازی در بازسازی آمار گمشده بارش ومقایسه آن با سایر روش‌های مرسوم و روش شبکه عصبی مصنوعی و تعیین میزان دقت هر یک از این روش ها و انتخاب بهترین روش می باشد.

### ۱-۳- اهداف

اهداف اصلی این پژوهش عبارتند از:

۱- تعیین کارآیی رگرسیون فازی در بازسازی داده‌های بارش در حوضه آبخیز کارون بزرگ

۲- مقایسه روش رگرسیون فازی با روش شبکه عصبی مصنوعی ودیگر روش ها

۳- اولویت‌بندی روش های بازسازی درهر ایستگاه و نهایتا"در هر زیر حوزه

### ۱-۴- اندازه گیری بارندگی

در اندازه‌گیری بارندگی، ارتفاع آب حاصل از انواع مختلف بارندگی به میلیمتر یا اینچ در یک سطح افقی اندازه‌گیری شده که می‌تواند در سطوح مختلف ضرب شده و حجم آب باریده شده معلوم گردد. از آنجایی که اندازه‌گیری بارندگی در سطحی بسیار کوچک صورت گرفته و سپس برای سطوح وسیعی تعمیم داده می‌شود لذا باید در انتخاب محل مناسب اندازه‌گیری‌ها نهایت دقت را اعمال کرده و از وسایلی استفاده نمود که کاملا دقیق و استاندارد بوده و تعداد ایستگاهها نیز کافی باشند. دستگاههای اندازه‌گیری به صورت ساده و یا ثبات بوده که برحسب نیاز و امکانات مالی و پرسنلی از آنها استفاده می‌شود و امروزه حتی از رادار و ماهواره نیز در این زمینه کمک گرفته می‌شود (مهدوی، ۱۳۸۱).

#### ۱-۴-۱- باران سنج ها

این نوع وسایل اندازه‌گیری، ساده بوده و هزینه تهیه آنها کم است و می‌تواند به آسانی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری ممکن است چند ساعت و یا چند ماه باشد که بستگی به اهمیت ایستگاه و سادگی دسترسی به آن دارد. چند نمونه از این باران‌سنج‌ها در زیر معرفی می‌شود.

۱- باران سنج‌های ساده

۲- باران سنج‌های ۸ اینچی

۳- باران سنج‌های تجمعی

#### ۱-۴-۲- باران نگارها یا باران سنج های ثبات

در اغلب موارد دانستن مقدار بارندگی روزانه، ماهانه یا سالانه نمی‌تواند به تنهایی مورد استفاده برای برنامه‌های مختلف عمرانی باشد، در بررسی سیلابها و تعیین ابعاد سرریز سدها، فاضلاب‌ها و پل‌ها و همچنین کارهای مهندسی رودخانه و مسائل مربوط به فرسایش که دبی حداکثر مورد عمل قرار می‌گیرد آگاهی از شدت بارندگی ضروری است. بنابراین باید از دستگاههایی استفاده نمود که مقادیر یا ارتفاع بارندگی را برحسب زمان ثبت کنند

تا بتوان در هر لحظه شدت بارندگی را بدست آورد. برحسب ساختمان دستگاه، باران نگارهای مختلف وجود دارند که اهم آنها به شرح زیر است.

۱- باران نگار سیفونی

۲- باران نگار ترازویی

**۱-۴-۳- اندازه گیری با استفاده از رادار**

امروزه تلاش زیادی در کشورهای پیشرفته مخصوصاً در آمریکا و روسیه در مورد استفاده از رادار برای اندازه‌گیری بارندگی انجام می‌شود. به طوری که در این کشورها، نزدیک به صد ایستگاه از این نوع وجود دارد. در این روش با ارسال امواج الکترومغناطیسی موانع بر سر راه این امواج را ارزیابی می کنند. قسمتی از امواج ارسالی پس از برخورد با ذرات برف و باران به طرف ایستگاه فرستنده بازگشته و توسط آنتن دریافت می‌شوند. استفاده اصلی از رادار در تعیین محل بارش، دامنه گسترش و جابجایی رگبار می‌باشد.

از روی زمان رفت و برگشت امواج، فاصله اجسام را تا رادار مشخص می‌کنند. میزان انرژی بازتاب روی روشنی نقاط در صفحه رادار اثر دارد. در مورد رادارهای هواشناسی میزان بازگشت انرژی یا بازتاب امواج بستگی به قطر ذرات، تراکم آنها و حالت فیزیکی ذرات دارد. در نتیجه در بارندگی‌های شدید که قطر ذرات بیشتر بوده، مانع بیشتری بر سر عبورامواج ایجاد می‌شود، که قابل اندازه‌گیری می‌باشد. مساحت و محل منطقه دارای بارندگی را می‌توان با چرخاندن آنتن، استفاده از آزیموت و فاصله تعیین نمود.

برای اندازه‌گیری باران معمولا از طول موجهای بزرگتر از ۱۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود وطول موج‌های کمتر از آن برای مطالعه ابرها بکار می‌رود. در نتیجه از باندهای مختلف استفاده شده تا بتوان انواع بارندگی را مورد بررسی قرار داد. یک رادار بسته به قدرت خروجی و قطر آنتن خود و وضعیت توپوگرافی منطقه معمولا مساحتی به شعاع ۴۰ تا ۲۰۰ کیلومتر را پوشش می‌دهد و هرچه فاصله نقطه‌ای از رادار بیشتر باشد اندازه‌گیری بارندگی تقریبی‌تر خواهد بود. بدین لحاظ در هر ناحیه استفاده همزمان از هر دو سیستم اندازه‌گیری توسط باران سنج و رادار می‌تواند بخوبی وضعیت بارندگی را مشخص نماید و ضرایب اصلاحی لازم برای اندازه‌گیری های رادار را معلوم سازد (مهدوی، ۱۳۸۱).

**۱-۴-۴- استفاده از ماهواره ها**

در سالهای اخیر استفاده از ماهواره‌ها مخصوصا ماهواره‌های هواشناسی توانسته است اطلاعات مفیدی را راجع به رطوبت هوا، وجود ابرهای بارانزا و محل بارش آنها و تشکیل مناطق کم فشار و پر فشار در اختیار بشر قرار

دهد. همچنین ماهواره بهترین وسیله‌ای است که می‌تواند پوشش‌های برفی مناطق مختلف را در زمان‌های متفاوت نشان دهد. در حال حاضر کشور ما تصاویر ارسالی یکی از ماهواره‌های هواشناسی را در ایستگاه مردآباد کرج بطور روزانه دریافت داشته و از آن در پیش‌بینی هوا استفاده می‌کند (مهدوی، ۱۳۸۱).

**۱-۵- شبکه باران سنجی وتعداد ایستگاههای مناسب در یک منطقه**

دو عامل تعداد و توزیع باران سنج‌ها نقش اساسی را در تعیین بارندگی متوسط یک حوزه بطور صحیح ایفا می‌کنند. چنانچه تعداد از یک حد اپتیمم کمتر باشد اشتباه در برآورد بارندگی متوسط زیاد بوده و چنانچه تعداد آنها بیشتر از حد لزوم باشد مسائل اقتصادی مطرح خواهد بود.

تعداد ایستگاههای لازم در یک منطقه بستگی به وسعت آن، نوع بارندگی غالب، توپوگرافی و هدف دارد. مثلا در مناطقی که بارندگی آنها بیشتر بصورت کنوکسیون بوده و دامنه محدودی دارند مسلما تعداد زیادتری باران‌سنج نسبت به نقاطی که بارندگی اغلب بصورت جبهه‌ای یا دامنه وسیع انجام می‌شود مورد نیاز است. همچنین در مناطق کوهستانی و مناطقی که دارای میکروکلیما می‌باشند باید تعداد نقاط نمونه برداری را افزایش داد.

سازمان هواشناسی جهانی در سال ۱۹۷۰، حداکثر سطح تحت پوشش یک باران‌سنج را بسته به شرایط مختلف توپوگرافی، اقلیمی و اقتصادی به صورت جدول (۱-۱) ارائه نموده است.

جدول(۱-۱) حداکثر سطح تحت پوشش یک باران سنج تحت شرایط مختلف

| وضعیت اقلیمی و توپوگرافی | حداکثر سطح پوشش یک ایستگاه به کیلومتر مربع | |
|---|---|---|
| | در شرایط عادی اقتصادی وپرسنلی | در شرایط دشوار اقتصادی وپرسنلی |
| مناطق مسطح در اقالیم معتدله،مدیترانه ای وحاره ای | ۶۰۰-۹۰۰ | ۳۰۰-۹۰۰ |
| مناطق کوهستانی در اقالیم معتدله، مدیترانه ای وحاره ای | ۱۰۰-۲۵۰ به فواصل ارتفایی هر ۵۰۰ متر | ۲۵۰-۱۰۰۰ و در شرایط بسیار مشکل تا ۲۰۰۰ |
| جزایر کوچک کوهستانی با مساحت کمتر از ۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع با بارندگی خیلی نا منظم وشبکه هیدروگرافی متراکم | ۲۵ | ۲۵۰-۱۰۰۰ و در شرایط بسیار مشکل تا ۲۰۰۰ |
| مناطق بیابانی وقطبی(به جز صحاری) بزرگ و یخ های قطبی) | ۱۵۰۰-۱۰۰۰۰ | - |

از طریق آماری نیز تعداد ایستگاههای مناسب، به‌نحوی که با احتمال خطای معینی بتوان بارندگی متوسط را بدست آورد از فرمول زیر قابل محاسبه می باشند (مهدوی، ۱۳۸۱):

$$N= (\frac{CV}{E})^2 \qquad (۱-۱)$$

N: تعداد ایستگاههای لازم

C.v:درصد ضریب تغییرات بارندگی در ایستگاههای موجود

E:درصد اشتباه مورد انتظار در تعیین بارندگی متوسط منطقه

**۱-۶- بازسازی نواقص آماری**

یکی از کاربردهای آمار در هیدرولوژی آن است که بتوانیم برخی خصوصیات آب و هوایی یا هیدرولوژیکی مناطقی را که دارای داده‌های آماری کم یا اصولاً فاقد آمار هستند تخمین بزنیم. زیرا در بسیاری موارد نمی‌توان یک پروژه را فقط به دلیل این که در موردآن داده‌های هیدرولوژیکی ناقص است به تعویق انداخت. از طرف دیگر نمی‌توان نقش داده‌ها را در طراحی‌های هیدرولیکی نادیده گرفت بدّین جهت لازم است به روش‌های مختلف داده‌های مورد نیاز را تخمین زد(علیزاده، ۱۳۸۱).

روش‌های تخمین‌داده‌های هیدرولوژی در مورد تکمیل سری‌های آماری نیز به کار برده می‌شود. زیرا موارد زیادی مشاهده می‌شود که بنا به دلایلی آمار یک روز یا یک سال یا ماه خاص مفقود شده یا اصولاًبرداشت نشده است. این داده‌ها نیز قبل ازآن که مورد تجزیه و تحلیل قرارگیرد باید تکمیل شوند. روش‌هایی کهٔ برای این منظور به کار می‌روند متعدد است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

**۱-۷- روش‌های بازسازی نواقص آماری:**

**۱-۷-۱- روش استفاده از ایستگاه‌های معرف (روش میانگین گیری)**

این روش توسط اداره هواشناسی آمریکا پیشنهاد شده است(نجمایی،۱۳۶۹). در این روش ایستگاه‌های موجود در اطراف ایستگاه درای خلأ آماری درنظر گرفته شده و میانگین بارندگی آنها در همان مدت زمانی که ایستگاه ناقص نیز دارای آمار می‌باشد، محاسبه می گردد.