۸۸۱۳۶۰۶۵

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده علوم ریاضی و کامپیوتر

گروه آمار

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

# آزمون و مدل بندی سری های زمانی فرآیندهای جریان رودخانه ای (خطوط جریان)

نگارش:

رضا هادی زاده

۸۶۱۳۶۰۳

استاد راهنما:

دکتر قاسم تارمست

استاد مشاور:

دکتر صادق رضایی

اسفندماه ۱۳۸۸

**چکیده پایان نامه**

**نام خانوادگی دانشجو:** هادی زاده **نام:** رضا

- **عنوان پایان نامه:** آزمون و مدل بندی سری زمانی فرایندهای جریان رودخانه‌ای(خطوط جریان)

**استاد راهنما:** دکتر قاسم تارمست

**درجه‌ی تحصیلی:** کارشناسی ارشد **رشته:** آمار **گرایش:** آمار ریاضی

**محل تحصیل(دانشگاه):** دانشگاه شهیدچمران اهواز **دانشکده:** علوم ریاضی و کامپیوتر

**تاریخ فارغ التحصیلی:** **تعداد صفحه:** ۲۰۰

**کلید واژه‌ها:** فرآیندهای خطوط جریان،دبی،اثر $ARCH$، حافظه‌ی طولانی،رودخانه‌ی کارون، $ARFIMA$

**چکیده:**

داده‌های دبی در رودخانه‌ی کارون بررسی شده است.داده‌ها به صورت سالانه،ماهانه و روزانه هستند.ابتدا به وسیله تبدیلات عددی، داده‌ها را تبدیل می‌کنیم تا سری‌های موجود به یک سری مانا تبدیل شوند.سپس با بررسی ابتدایی $ACF$ سری‌های مذکور می‌توان پی برد که در این سری‌ها حافظه طولانی وجود دارد یا نه . سپس به وسیله‌ی آزمون‌های گوناگون آماری نظیر روش‌های گرافیکی (تحلیل $R/S$ کلاسیک، روش واریانس متراکم شده)، روش‌های نیمه پارامتری (روش $GPH$ و روش برش موضعی) و روش‌های پارامتری (روش برآورد درستنمایی ماکزیمم برشی) می‌توان به این نکته پی برد. پس از تشخیص وجود حافظه‌ی طولانی و برآورد پارامتر تفاضلی کسری، سری خطوط جریان ماهانه وروزانه در اهواز مدل‌بندی شده است. سری جریان ماهانه فاقد حافظه‌ی طولانی است، مدل $AR(1)$ را برای این سری پیشنهاد می‌شود. و که سری جریان روزانه دارای حافظه‌ی طولانی است و با برآورد کردن پارامتر تفاضلی کسری آن، یک مدل $ARFIMA(27,0.4,0)$ برای این سری پیشنهاد شده است.

به طور معمول در جریان‌های رودخانه‌ای فرض می‌شود واریانس ثابت است و یا واریانس‌ها بستگی به فصل دارند که با استفاده از مدل ARMA (میانگین متحرک اتو رگرسیو) اثر فصلی کاهش داده می‌شود و یا فرض می‌شود که واریانس‌ها به صورت دوره‌ای تغییر می‌کنند که به وسیله‌ی مدل PARMA (میانگین متحرک اتو رگرسیو دوره‌ای ) این نوع داده‌ها تجزیه و تحلیل می شود. لیکن روش آزمون مک‌لئود- لی و روش آزمون ضرایب لانگرانژ انگل برای بررسی وجود اثرARCH (ناهم واریانسی شرطی اتو رگرسیو)مورد استفاده قرار می گیرد.وبا آزمون کردن این سری‌ها مشاهده شده است که سری خطوط جریان ماهانه فاقد اثرARCH است در حالی که سری خطوط جریان روزانه دارای اثرARCH است. مدل $ARFIMA-GARCH$ می‌تواند به عنوان ترکیبی از یک مدل $ARFIMA$ که در مدل‌بندی رفتار میانگین استفاده می‌شود و یک مدل $ARCH$ در مدل‌بندی اثر $ARCH$ در سری باقی‌مانده‌ها از مدل $ARFIMA$ تفسیر شود. بنابراین مدل $ARCH(1)$ طبق ساختار $ACF$ و $PACF$ مربعات سری باقی‌مانده‌ها پیشنهاد شده است.

# ت طا

**عنوان** **صفحه**

## « ل اول: قد »


۱-۱ مقدمه..... ۲

۱-۱-۱پیش بینی خطوط جریان..... ۲

۱-۱-۲ مدل‌های پردازش فرآیند..... ۳

۱-۱-۳ روش‌های پردازش داده..... ۳

۱-۲ هدف تحقیق..... ٤

۱-۳ تاریخچه‌ی مدل‌های سری‌های زمانی در فرآیندهای هیدرولیکی..... ۵

۱-٤ طرح کلی پایان نامه..... ۱۰


## « ل دوم: ر ی و یات مری ی زمای و تیک ی آن»


۲-۱ مقدمه..... ۱۳

۲-۲ فرآیندهای استوکستیک..... ۱٤

۲-۳ اصطلاحات..... ۱٤

۲-۳-۱ سری‌های زمانی پیوسته و گسسته..... ۱٤

۲-۳-۲ سری زمانی مانا..... ۱۵

۲-٤ انواع سری‌های هیدرولیکی..... ۱٦

۲- ۵ خصوصیات کلی سری‌های زمانی هیدرولوژی..... ۱۸

۲-٦ تکنیک‌های اساسی برآورد..... ۲۰

۲-٦-۱ خصوصیات برآوردگرها..... ۲۱

۲-٦-۲ روش گشتاورها..... ۲۲

۲-٦-۳ روش درستنمایی ماکزیمم..... ۲٤

۲-۷ برآورد پیوسته‌ی پارامترها ..... ۲۶
۲-۸ نرمال کردن تغییرات سری زمانی ..... ۲۷
۲-۹ بررسی انواع آزمون‌های آماری در هیدرولوژی ..... ۲۷
۲-۱۰ آزمون نرمال بودن ..... ۲۹
۲-۱۱ تولید آمار ..... ۳۱
۲-۱۲ مدل برای پیش بینی ..... ۳۲
۲-۱۳ حفظ مشخصه‌های آماری توسط مدل ..... ۳۲

## « ل وم: رل ی ری‌زمای ی‌و ر ی»

۳-۱ مدل‌های سری زمانی خطی ..... ۳۵
۳-۱-۱ مدل اتورگرسیو ( $AR$ ) ..... ۳۵
۳-۱-۲ مدل میانگین متحرک ($MA$) ..... ۳۷
۳-۱-۳ مدل میانگین متحرک اتورگرسیو ( $ARMA$ ) ..... ۳۸
۳-۲ مدل‌های سری زمانی غیرخطی ..... ۴۰
۳-۲-۱ حالت‌های مختلف سری زمانی غیرخطی ..... ۴۲
۳-۳ مدل‌های ناهمگونی واریانس ..... ۴۴
۳-۳-۱ مدل $ARCH(q)$ ..... ۴۴
۳-۳-۲ مدل $ARCH(1)$ ..... ۴۹
۳-۳-۳ مدل $GARCH(p,q)$ ..... ۵۱
۳-۳-۴ مانایی مدل $GARCH$ ..... ۵۳
۳-۳-۵ مدل $GARCH(1,1)$ ..... ۵۳
۳-۳-۶ گشتاورهای $\varepsilon_t$ و $h_t$ در فرایند $GARCH(1,1)$ ..... ۵۶
۳-۳-۷ مانایی فرایند $GARCH(1,1)$ ..... ۵۹

## « ل هارم: صادی ودن آ ندی وط یان»

۴-۱ منطقه‌ی مورد مطالعه و داده‌های به کار رفته ..... ۶۴

٤-١-١ آمار توصیفی داده های به کار رفته ..... ٦٧
٤-٢ تحلیل روند ..... ٦٩
٤-٢-١ آزمون روند برای سری‌های خطوط جریان سالانه ..... ٧٠
٤-٢-٢ نتایج آزمون *MK* ..... ٧١
٤-٢-٣ آزمون روند برای سری‌های خطوط جریان ماهانه ..... ٧٣
٤-٢-٤ نتایج آزمون کندال فصلی ..... ٧٧
٤-٣ آزمون مانایی ..... ٧٨
٤-٣-١ آزمون *ADF* ..... ٨٠
٤-٣-٢ آزمون *KPSS* ..... ٨٢
٤-٣-٣ نتایج آزمون‌های مانایی ..... ٨٤
٤-٤ تحلیل فصلی بودن ..... ٨٩
٤-٤-١ فصلی بودن در میانگین و واریانس ..... ٨٩
٤-٤-٢ حذف روند، نرمال‌سازی و غیرفصلی کردن ..... ٩٣
٤-٤-٣ فصلی بودن در ساختارهای خود همبستگی ..... ٩٤
٤-٥ تجزیه و تحلیل حافظه‌ی طولانی ..... ٩٥
٤-٥-١ مقدمه‌ای در حافظه‌ی طولانی ..... ٩٥
٤-٥-٢ شناسایی حافظه‌ی طولانی با روش‌های گرافیکی ..... ٩٩
٤-٥-٣: شناسایی حافظه طولانی با روش آزمون آماری و روش *MLE* ..... ١٠٩

# « ل م: رل ندی آند وط یان»

٥-١ ساختن مدل *ARMA* برای جریان‌های ماهانه ..... ١٢٢
٥-١-١ شناسایی مدل ..... ١٢٤
٥-١-٢ برآورد پارامترهای مدل *ARMA* ..... ١٢٥
٥-١-٣ بررسی تشخیص ..... ١٢٦
٥-١-٤ ساختن مدل *ARMA* برای جریان ماهانه در اهواز ..... ١٢٧
٥-٢ ساختن مدل *ARFIMA* برای جریان روزانه در اهواز ..... ١٣٣

۵-۲-۱ برازش مدل *ARFIMA* به خطوط جریان روزانه در اهواز ..... ۱۳٤
۵-۳ آزمون و مدل‌بندی ناهمگونی واریانس شرطی اتورگرسیو فرآیندهای خطوط جریان ..... ۱۳٦
۵-۳-۱ آزمون برای وجود اثر در فرآیندهای خطوط جریان ..... ۱۳۸
۵-۳-۲ آزمون مک‌لئود برای اثر *ARCH* ..... ۱٤۲
۵-۳-۳ آزمون مضرب لانگرانژ انگل برای اثر *ARCH* ..... ۱٤۳
۵-٤ ساختن مدل ..... ۱٤٤
۵-۵ نتایج ..... ۱٤۹
واژه‌نامه ..... ۱۵۲
منابع ..... ۱۵٦

# ت ا کال

**عنوان** **صفحه**


شکل ۲-۱ «همبستگی‌های درونی و بیرونی در سری‌های زمانی» ..... ۱۸

شکل ۲-۲ نمایش مؤلفه های سری زمانی هیدرولوژیکی ..... ۱۹

شکل ۳-۱ ناحیه‌ها، دومین و چهارمین گشتاور های متناهی $\varepsilon_t$ ..... ٦۲

شکل ٤-۱: میانگین روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در اهواز ..... ٦۸

شکل ٤-۲ میانگین روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در ملاثانی ..... ٦۸

شکل ٤-۳ میانگین روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در فارسیات ..... ٦۸

شکل ٤-٤: میانگین سالیانه دبی رودخانه‌ی کارون در اهواز ..... ۷۲

شکل ٤-٥: میانگین سالیانه دبی رودخانه‌ی کارون در ملاثانی ..... ۷۲

شکل ٤-٦: میانگین سالیانه دبی رودخانه‌ی کارون در فارسیات ..... ۷۳

شکل ٤-۷: میانگین ماهانه دبی رودخانه‌ی کارون در اهواز ..... ۷۷

شکل ٤-۸: میانگین ماهانه دبی رودخانه‌ی کارون در ملاثانی ..... ۷۷

شکل ٤-۹: میانگین ماهانه دبی رودخانه‌ی کارون در فارسیات ..... ۷۸

شکل ٤-۱۰: میانگین و واریانس روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در اهواز ..... ۹۱

شکل ٤-۱۱: میانگین و واریانس روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در ملاثانی ..... ۹۱

شکل ٤-۱۲: میانگین و واریانس روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در فارسیات ..... ۹۱

شکل ٤-۱۳: ضریب تغییرات روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در اهواز ..... ۹۲

شکل ٤-۱٤: ضریب تغییرات روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در ملاثانی ..... ۹۲

شکل ٤-۱٥: ضریب تغییرات روزانه‌ی دبی رودخانه‌ی کارون در فارسیات ..... ۹۲

شکل ٤-۱٦: ACF نمونه از مدل‌های AR برازش شده برای خطوط جریان روزانه، ماهانه، سالانه در اهواز ... ۱۰۰

شکل ٤-١٧: ACF نمونه از مدل‌های AR برازش شده برای خطوط جریان روزانه، ماهانه، سالانه در ملاثانی ..... ١٠٠
شکل ٤-١٨: ACF نمونه از مدل‌های AR برازش شده برای خطوط جریان روزانه، ماهانه، سالانه در فارسیات ..... ١٠١
شکل ٤-١٩: نمودار R/S برای سری جریان روزانه و ماهانه در اهواز ..... ١٠٣
شکل ٤-٢٠: نمودار R/S برای سری جریان روزانه و ماهانه در ملاثانی ..... ١٠٤
شکل ٤-٢١: نمودار R/S برای سری جریان روزانه و ماهانه در فارسیات ..... ١٠٤
شکل ٤-٢٢: نمودار واریانس سری جریان روزانه و ماهانه در اهواز ..... ١٠٧
شکل ٤-٢٣: نمودار واریانس سری جریان روزانه و ماهانه در ملاثانی ..... ١٠٧
شکل ٤-٢٤: نمودار واریانس سری جریان روزانه و ماهانه در فارسیات ..... ١٠٨
شکل ٥-١: ACF فرآیند خطوط جریان ماهانه اهواز ..... ١٢٨
شکل ٥-٢: PACF فرآیند خطوط جریان ماهانه اهواز ..... ١٢٨
شکل ٥-٣: ACF سری باقی‌مانده‌های خطوط جریان ماهانه اهواز ..... ١٢٩
شکل ٥-٤: PACF سری باقی‌مانده‌های خطوط جریان ماهانه اهواز ..... ١٣٠
شکل ٥-٥: نتایج آزمون الجانگ ـ باکس برای سری ماهانه ..... ١٣٠
شکل ٥-٦: نمودار باقی‌مانده‌ها در برابر مقادیر برازش شده ..... ١٣١
شکل ٥-٧: نمودار سری باقی‌مانده‌های سری جریان ماهانه ..... ١٣٢
شکل ٥-٨: a) هیستوگرام سری باقی‌مانده و b) نمودار احتمال سری باقی‌مانده‌ی جریان ماهانه ..... ١٣٥
شکل ٥-٩: (a) $ACF$ سری باقی‌مانده و (b) $PACF$ سری باقی‌مانده برای جریان روزانه ..... ١٣٥
شکل ٥-١٠ آزمون الجانگ- باکس برای سری خطوط جریان روزانه ..... ١٣٦
شکل ٥-١١ نمودار سری باقی‌مانده در برابر مقادیر برازش شده در جریان روزانه ..... ١٣٩
شکل ٥-١٢ (a) نمودار سری باقی‌مانده جریان ماهانه و (b) نمودار سری باقی‌مانده جریان روزانه ..... ١٤٠
شکل ٥-١٣ (a) $ACF$ مربعات سری باقی‌مانده جریان ماهانه و (b) $ACF$ مربعات سری باقی‌مانده جریان روزانه ..... ١٤١
شکل ٥-١٤ (a) $PACF$ مربعات سری باقی‌مانده جریان ماهانه و (b) $PACF$ مربعات سری باقی‌مانده جریان روزانه ..... ١٤٣
شکل ٥-١٥ نتایج آزمون مک‌لئود- لی برای جریان روزانه ..... ١٤٤
شکل ٥-١٦ نتایج آزمون $LM$ برای جریان روزانه ..... ١٤٧

شکل ۵-۱۷ نمودار سری نوآوری وانحراف استاندارد آن..... ۱۴۷
شکل ۵-۱۸ نمودار $ACF$ فرآیند نوآوری جریان روزانه ..... ۱۴۸
شکل ۵-۱۹ نمودار $ACF$ مربعات فرآیند نوآوری جریان روزانه ..... ۱۴۸
شکل ۵-۲۰ نمودار سری نوآوری وانحراف استانداردش و ACF توان دوم فرآیند نوآوری ..... ۱۴۸
شکل ۵-۲۱ آزمون $LM$ برای فرآیند نوآوری جریان روزانه..... ۱۴۹

# ت راول

**عنوان** **صفحه**


جدول ٤-١مشخصات آماری سری‌های خطوط جریان..... ٦٧

جدول ٤-٢ آزمون‌های من ـ کندال روی سری‌های میانگین دبی سالانه..... ٧٣

جدول ٤-٣ آزمون‌های کندال فصلی روی سری‌های ماهانه..... ٧٨

جدول ٤-٤ مقادیر بحرانی دم بالا برای توزیع مجانبی آماره آزمون *KPSS*..... ٨٤

جدول٤- ٥ نتایج آزمون مانایی برای سری‌های خطوط جریان لگاریتمی شده..... ٨٧

جدول٤- ٦ نتایج آزمون مانایی برای سری‌های خطوط جریان لگاریتمی شده و غیر فصلی شده..... ٨٨

جدول ٤-٧ مقادیر $H$ برآورده شده با تحلیل $R/S$ کلاسیک برای سری‌های شبیه سازی شده..... ١٠٦

جدول ٤-٨ مقادیر $H$ برآورده شده با تحلیل واریانس برای سری‌های شبیه سازی شده..... ١٠٩

جدول ٤-٩ نتایج شناسایی حافظه‌ی طولانی برای سری‌های *AR* , *ARFIMA* شبیه‌سازی شده..... ١١٨

جدول ٤-١٠ شناسایی وجود حافظه‌ی طولانی در سری‌های خطوط جریان با آزمون لو تعدیل یافته، آزمون *GPH* و روش *S-MLE*..... ١١٩

## ۱-۱ مقدمه

پیش‌بینی خطوط جریان در مدیریت منابع آب و دفاع در برابر سیل یکی از مهم‌ترین مسائل در هیدرولوژی است. پیش بینی خطوط جریان کوتاه مدت برای دفاع در برابر سیل و طغیان رودخانه بسیار مشکل است: پیش بینی میان مدت برای بهره برداری از مخزن بسیار مفید می‌باشد و پیش‌بینی بلند مدت برای بیشتر از یک ماه به مدیریت منابع آب و برنامه ریزی می‌تواند کمک شایانی کند. به عبارت دیگر فهمیدن هر چه بهتر فرآیند خطوط جریان برای بهبود مهارت پیش‌بینی خطوط جریان اساسی است. یکی از راه‌های بدست آوردن دانش بهتر فرایندهای خطوط جریان تحلیل کردن داده‌های ثبت شده‌ی خطوط جریان است.

در این پایان‌نامه روی تحلیل تصادفی بودن و غیر خطی بودن فرایندهای خطوط جریان متمرکز می‌شویم، مدل‌های پردازش داده[1] به طور عمده بر اساس سری‌های زمانی تک متغیره را برای پیش بینی خطوط جریان رودخانه‌ی کارون در جنوب ایران، به ویژه خطوط جریان میان مدت را در مقیاس زمانی روزانه معرفی می کنیم.

### ۱-۱-۱ پیش بینی خطوط جریان

روش‌های قابل دسترسی گوناگون برای پیش بینی خطوط جریان وجود دارد که، در دو رده‌ی کلی زیر قرار می گیرد:

۱- روش‌های پردازش فرآیند[2]  ۲- روش‌های پردازش داده

[1] -Data-driven
[2] - process-driven

روش‌های پردازش فرآیند، فرآیندهای خطوط جریان را همانند یک سیستم حوزه‌ی آبریز از منظر نظریه‌ی سیستم تصور می‌کنند، و فرآیندهای فیزیکی درونی سیستم حوزه‌ی آبریز که بر فرآیندهای خطوط جریان حاکم است را بر اساس ادراک این فرآیندهای فیزیکی تقریب می‌زند. در مقابل، روش‌های پردازش داده، اساساً روش‌های جعبه‌ی سیاه هستند، که ارتباط میان ورودی‌های و خروجی‌ها را بدون در نظر گرفتن مکانیزم فیزیکی درونی سیستم آبریز شناسایی می‌کند.

### ۱-۱-۲ مدل‌های پردازش فرآیند

به طور کلی دو نوع از مدل‌های پردازش فرآیند برای فرآیندهای خطوط جریان وجود دارد:

۱- مدل‌های بارندگی ـ رواناب ۲- مدل رکود جریان کم

مدل‌های بارندگی ـ رواناب در مدل سازی فرآیندهای خطوط جریان قابل اجرا هستند به ویژه در مواردی که فرآیندهای خطوط جریان بوسیله‌ی فرآیندهای بارندگی تسلط دارند، درحالی که مدل‌های رکود جریان کم نتیجه‌ی فرآیندهای خطوط جریان از زهکشی ذخیره سازی آب‌های زیر زمینی یا منابع به تأخیر افتاده‌ی دیگر است، و در نتیجه معمولاً تنها در دوره‌ی رکود فصل سیل قابل اجرا هستند.

### ۱-۱-۳ روش‌های پردازش داده

استفاده از مدل‌های پردازش داده دارای مزیت نمایش فرآیندهای پیچیده‌ی دلخواه بر اساس ملاک ریاضی است. مدل‌های پردازش داده برای شرایط مختلف به کار می‌روند زیرا روش مدل بندی کردن و پیش‌بینی کردن به طور معمول مشابه هستند. به علاوه، تحلیل ساختار پارامترهای

مدل پردازش داده گاهی اوقات می‌توانند اطلاعات مفیدی از طریق مکانیک حرکت پدیده‌ی مورد علاقه فراهم کنند. به دلیل اینکه بیشتر داده‌ها، امروزه با توسعه‌ی تکنیک‌های اندازه‌گیری مدرن قابل دسترسی هستند و قابلیت محاسباتی با توسعه‌ی تکنیک‌های نرم افزاری خیلی بهتر شده است، و از طرف دیگر، صحت مکانیزم‌های فیزیکی تحت خطوط جریان در یک مکان ویژه تا به حال امکان پذیر نبوده است، بنابراین تکنیک‌های مدل سازی پردازش داده در رشته‌ی هیدرولوژی در دهه‌ی اخیر خیلی زیاد محبوب شده است (سولوماتین[1]، ۲۰۰۲).

**روش‌های پردازش داده عبارتند از:**

۱- مدل رگرسیون ۲- مدل سری‌های زمانی ۳- مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی

٤- منطق فازی ۵- روش نزدیکترین همسایگی ٦- تحلیل همبستگی کانونی.

همان‌گونه که ذکر شد دو روش از روش‌های پردازش داده یعنی مدل رگرسیون و مدل سری‌های زمانی از تکنیک‌های آماری هستند و نقش روزافزون علم آمار را در کمک به دیگر رشته‌های علوم به خوبی نمایان می‌سازد.

## ۱-۲ هدف تحقیق

سری‌های زمانی هیدرولیکی حقیقتاً یک مجموعه از اعداد نیستند. اما تحلیل سری‌های زمانی هیدرولیکی یکی از ابزارهای آماری است که از دیدگاه اعداد، یک مکمل مفید برای ارزیابی رابطه‌های فیزیکی است که با فرآیندهای هیدرولیکی مرتبط هستند.

1 - Solomatin

**موضوع این تحقیق:**

۱) مطالعه‌ی مشخصات فرآیند خطوط جریان رودخانه‌ی کارون در سه ایستگاه اهواز، ملاثانی و فارسیات بر اساس روش‌های سازگار با علم آمار، به طوری که در فرآیندهای خطوط جریان از لحاظ سری‌های زمانی خطوط جریان یک متغیره که به فهمیدن موضوع کمک می کند استفاده شده است.

۲) مدل کردن فرآیند خطوط جریان رودخانه‌ی کارون با مدل‌های گوناگون سری‌های زمانی

## ۱-۳ تاریخچه‌ی مدل‌های سری‌های زمانی در فرآیندهای هیدرولیکی

تحلیل سری‌های زمانی نقش مهمی را در تحقیقات هیدرولیکی ایفا می‌کند. سری‌های زمانی برای ساختن مدل‌های آماری در تولید رکوردهای هیدرولیکی ترکیبی، در پیش بینی حوادث هیدرولیکی، شناسایی روند و تغییر جهت‌ها در رکوردهای هیدرولوژی، در پرکردن داده‌های گم شده و توسعه رکورد به کار رفته‌اند (سالاس[1]، ۱۹۹۳).

استفاده از هیدرولوژی استوکستیک برای ساختن مدل جریان رودخانه‌ها از سال ۱۹٦٤ همزمان با معرفی مدل‌های آماری مختلفی همانند *ARIMA, ARMA, MA, AR* آغاز گردید. مدل‌های سری‌های زمانی موجود برای پیش‌بینی خطوط جریان (جریان رودخانه‌ای) را می‌توان به طور کلی به دو گروه طبق داده‌های سری‌های زمانی مورد بحث در مدل‌بندی تقسیم کرد:

۱- مدل‌های تک متغیره ۲- مدل‌های ترکیب شده با متغیرهای خارجی

1 - Salas

اکثر مدل‌های تک متغیره عمومی، مدل *ARMA* (اتورگرسیو میانگین متحرک) و مشتقاتش شامل *ARIMA, AR, MA* (اتورگرسیو جمع بسته شده با میانگین متحرک )، *SARIMA* ( *ARIMA* فصلی)، *PARMA* ( *ARMA* دوره‌ای)، *TAR* ( *AR* آستانه‌ای) و مدل *ARFIMA* ( *ARMA* به طور کسری جمع بسته شده) و غیره هستند. مدل *AR*، برای پیش بینی جریان‌های سالانه خیلی مرسوم است (مک‌لئود[1] و همکاران، ۱۹۹۷).

لو[2] و همکاران (۱۹۹٦) یک مدل *AR*(3) برای پیش‌بینی رواناب سالانه مخزن دانجیانگ‌کو[3] در چین به کار بردند. سری‌های زمانی هیدرولیکی با یک مقیاس زمانی کمتر از یک سال (یعنی جریان ماهانه) معمولاً فصلی بودن قوی را نشان می‌دهند. به دلیل اینکه مدل *ARMA* تحت فرض سری مانا ساخته شده است به طور مستقیم در این نوع از سری‌های زمانی هیدرولیکی به کار نرفته است، در عوض سه نوع از این مدل‌ها برای سری‌های هیدرولیکی به کار گرفته شده‌اند (هیپل[4] و مک‌لئود، ۱۹۹٤).

مدل *ARIMA* فصلی (*SARIMA*): مدل *ARMA* غیرفصلی شده و مدل *ARMA* دوره‌ای ( *PARMA* ) (به انضمام مدل *PAR*) سه نوع از این مدل‌ها هستند که در پیش‌بینی خطوط جریان ماهانه یا به مدت سه ماهه (یک فصل) توسط مک‌کرچار و دلیور[5] (۱۹۷٤)، تامپسون[6] و همکاران (۱۹۸۵)، نوآکیس[7] و همکاران (۱۹۸۵) و یورک‌لی[8] و همکاران (۲۰۰۵) و گاهی اوقات در پیش‌بینی خطوط

1 - Mcleod
2 - Lu et al
3 - Danjiangkou
4 - Hiple
5 - Mckerchar & Dellever
6 - Thomopstone
7 - Noakess
8 - Yurekli

جریان روزانه (و یا حتی در مقیاس زمانی کوتاهتر) توسط کانگ و همکاران[1] (۱۹۹۳) و آبراهارت و سی[2] (۲۰۰۰) به کار گرفته شده‌اند.

بندر و سیمونویچ[3] (۱۹۹٤) اظهار کردند که در کل، مدل‌های *SARIMA* در فرآیندهای هیدرولیکی انعطاف‌پذیری و تغییرپذیری زیادی را از خود نشان می‌دهند در حالی‌که مدل های *ARMA* غیر فصلی شده در برخی از فرآیندهای هیدرولیکی قادر هستند نوع بهتری از مدل را ارائه کنند که دارای تغییر پذیری پایین‌تر می‌باشند. در سال‌های اخیر، به خواص حافظه‌ی طولانی فرآیندهای خطوط جریان توجه زیادی شده است. فرآیندهای تصادفی با حافظه‌ی طولانی می‌تواند به وسیله‌ی مدل *ARFIMA* (اتورگرسیو جمع بسته شده با میانگین متحرک) تشریح شود. مونتاناری و همکاران[4] (۲۰۰۰) یک مدل *ARFIMA* برای شبیه سازی جریان ماهانه‌ی رودخانه‌ی نیل در مصر به کار برد. پیرو ایده‌ی مدل *PARMA*، امز و فرانسس[5] (۲۰۰۱) یک مدل *ARFIMA* دوره‌ای را برای شبیه‌سازی خطوط جریان ماهانه توسعه داده‌اند.

مدل‌هایی که در بالا ذکر شده‌اند اکثراً مدل‌های خطی هستند. به دلیل اینکه فرآیندهای خطوط جریان، به ویژه فرآیندهای خطوط جریان روزانه به طور معمول به عنوان فرآیندهای غیر خطی پذیرفته شده‌اند، تعدادی از مدل‌های غیر خطی همچنین در پیش‌بینی خطوط جریان به کار رفته‌اند. یک نوع از مدل سری‌های زمانی غیر خطی به کار رفته، مدل اتورگرسیو آستانه‌ای ( *TAR* ) است (تانگ و لیم[6]،۱۹۸۰). آستاتکی و همکاران[7] (۱۹۹۷) یک مدل اتورگرسیو آستانه‌ای آشیانه‌ای در تشریح

1 - Kang et al
2 - Abrahart & See
3 - Bender & Simonovic
4 - Montanari & et al
5 - Ooms & Franses
6 - Tang & Lim
7 - Astatkie et al

فرآیندهای خطوط جریان روزانه پیشنهاد کردند. در واقع، مدل‌ها $PARMA$ و $PAR$ به عنوان یک نوع ویژه از مدل $TAR$ می‌توانند بررسی شوند، که فصل به عنوان مقدار آستانه به جای هر مقدار مشاهده شده به کار می‌رود.

سری‌های زمانی متداول مانند مدل‌های $ARMA, MA, AR$ در مدل‌بندی کردن اغلب مدل‌های اقتصادی مفید هستند. این مدل‌ها دارای فرضیه‌های همگونی واریانس‌ها یا برابری واریانس‌ها برای خطا هستند. این مدل‌ها در بعضی از مدل بندی‌های اقتصادی مانند مدل‌بندی شاخص‌های بهای سهام و نرخ ارز مناسب نیستند. این متغیرها (مانند شاخص‌های بهای سهام) به طور ویژه دارای سه مشخصه هستند که مدل‌های سری‌های زمانی متداول در رسیدگی کردن به آنها با شکست روبرو شده‌اند:

۱–در بررسی توزیع غیر شرطی سری‌های زمانی مالی نظیر بازده‌ی بهای سهام $\varepsilon_t$ دارای رفتاری دنباله‌دار از توزیع نرمال هستند.

۲– مقادیر $\varepsilon_t$ همبستگی زیادی ندارند، اما مقادیر $\varepsilon_t^2$ خیلی همبسته هستند.

۳– تغییرات در $\varepsilon_t$ متمایل به خوشه بندی کردن هستند. تغییرات بزرگ (کوچک) در $\varepsilon_t$ متمایل به پیروی کردن از تغییرات بزرگ (کوچک) هستند (مندلبورت[1]، ۱۹۶۳).

فرآیند $ARCH$ (ناهمگونی واریانس شرطی اتورگرسیو) که به وسیله‌ی انگل[2] در سال ۱۹۸۲ معرفی شد اجازه داد واریانس شرطی روی زمان به عنوان یک تابع از خطاهای گذشته تغییر کند و ثابت بودن واریانس غیر شرطی رها شود. این نوع از رفتار مدلی که قبلاً آزمایش شده است در

1 - Mandelbort
2 - Engle

مدل‌سازی چندین پدیده‌ی اقتصادی بسیار مفید بوده است. انگل در سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ و در سال ۱۹۸۳ به همراه کرفت[1] مدل‌هایی برای نرخ تورم ساخت که نشان می‌داد تورم متمایل به تغییر کردن در طول زمان است.

رابینز و کولسان[2] (۱۹۸۵) نشان دادند که ناپایداری تورم برآورده شده با تعدادی از متغیرهای وابسته به اقتصاد کلان مرتبط است. مدل‌هایی که برای ساختار جمله با استفاده از برآورد واریانس شرطی به عنوان یک نماینده برای حق بیمه ریسک به وسیله‌ی انگل، لیلین[3] و رابینز(۱۹۸۷) تعیین شد. همان ایده برای بازار ارز به وسیله‌ی دامورویت و هاکیو[4] (۱۹۸۵) به کار گرفته شد. ویسس[5] (۱۹۸٤) مدل‌های *ARMA* با خطاهای *ARCH* را معرفی کرد و با موفقیت توانست سیزده سری زمانی گوناگون اقتصاد کلان ایالات متحده را مدل‌سازی کند. کلاس کلی‌تر از این فرآیندها، فرآیند *GARCH* (ناهمگونی واریانس شرطی اتورگرسیو تعمیم یافته یا *ARCH* تعمیم یافته) است که برای یک ساختار تأخیر انعطاف‌پذیری خیلی زیادی را از خود نشان می‌دهد. بسط فرآیند *ARCH*، فرآیند *GARCH* است که شباهت زیادی به بسط فرآیند *AR* به فرآیند *ARMA* دارد. مدل *GARCH* توسط بولرسف[6](۱۹۸٦) معرفی شد.

هنگام مدل‌سازی سری‌های زمانی هیدرولیکی، معمولاً روی پیش بینی و مدل بندی رفتار میانگین یا گشتاور مرتبه‌ی اول متمرکز می‌شویم. اگرچه واریانس‌های فصلی وابسته‌ی غیرشرطی هستند به ندرت به واریانس شرطی یا گشتاور مرتبه‌ی دوم توجه می‌کنیم. به هر حال اهمیت بالای

1 - Kraft
2 - Robins & Coulson
3 - Lilien
4 - Domowitz & Hakkio
5 - Wises
6 - Bollersle

پرداخته شده به ریسک و بررسی‌های غیرحتمی در مدیریت منابع آب و تکنیک کنترل سیل، نظریه‌ی هیدرولوژی مدرن و توسعه‌ی تکنیک‌های سری‌های زمانی جدید این اجازه را به ما می‌دهد تا پدیده‌های فوق را با توجه به واریانس‌های زمان ـ متغیر (واریانس‌هایی که در طول زمان تغییر می‌کنند) مدل‌بندی کنیم. مدل‌های نوع $ARCH$ که از اقتصادسنجی سرچشمه می‌گیرند یک چارچوب مناسب برای مطالعه‌ی این مسئله است. خوشه‌بندی واریانس زمان ـ متغیر، در تغییرات بزرگ که تمایل به پیروی از تغییرات بزرگ دارند و تغییرات کوچک که تمایل به پیروی از تغییرات کوچک دارند، در سری‌های زمانی مالی به خوبی تشخیص داده شده‌اند.

مدل‌های نوع $ARCH$ یک مدل غیر خطی است که شامل واریانس‌های گذشته در توضیح واریانس های آینده است. مدل‌های نوع $ARCH$ می‌توانند پیش‌بینی دقیقی از واریانس‌های زمان ـ متغییر آینده تولید کنند، بنابراین فراهم کردن یک برآورد بهتر از پیش بینی غیرحتمی برای مدیریت منابع آب و کنترل سیل با ارزش است و آنها کشیدگی‌های اضافی (رفتار دم‌های پهن) را محاسبه می کنند که در فرآیندهای هیدرولیکی متداول هستند، بنابراین مدل‌های نوع $ARCH$ می‌توانند برای مدل‌سازی سری‌های زمانی هیدرولیکی خیلی مفید باشند.

## ۱-٤ طرح کلی پایان نامه

جدا از مقدمه در فصل اول، پایان نامه مرکب از بخش‌های زیر است:

در فصل دوم مفاهیم اولیه‌ی سری زمانی آورده شده است. در فصل سوم روی چهار چوب سری-های زمانی خطی و غیرخطی تک متغیره متمرکز می‌شویم. در این فصل در بخش اول سه نوع از مدل‌های متداول سری‌های زمانی یعنی مدل‌های $ARMA, MA, AR$ به طور خلاصه بحث می‌شود

و در بخش بعدی سری‌های زمانی غیر خطی یعنی مدل *ARCH* و *GARCH* معرفی خواهد شد. در فصل چهارم و فصل پنجم روی تصادفی بون فرآیندهای خطوط جریان و پیش بینی کردن خطوط جریان رودخانه‌ی کارون با مدل‌های نوع *ARMA* متمرکز می‌شویم. ابتدا در فصل چهارم، سه جنبه‌ی مهم تصادفی بودن فرآیندهای خطوط جریان بحث شده است، یعنی مانایی، فصلی بودن و داشتن حافظه‌ی طولانی. سپس در فصل پنجم، مدل *ARFIMA* به خطوط جریان روزانه برازش داده شده است و یک مدل $AR$ به جریان‌های ماهانه‌ی رودخانه‌ی کارون در اهواز برازش داده می‌شود.

همچنین در این فصل روی غیر خطی بودن فرآیندهای خطوط جریان و مدل‌بندی خطوط جریان روزانه‌ی رودخانه‌ی کارون با مدل‌های غیرخطی متمرکز می‌شویم.