

۲۷۳۸۹

۱۳۷۸ / ۹ / ۲۰



دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

گروه عمران

روندیابی هیدرولوژیکی در سیستم رودخانه‌های

چند شاخه‌ای با استفاده از بهینه‌یابی غیرخطی

غلامعلی شمسی پور

۱۴۵۶۱

استاد راهنما

دکتر حسین محمد ولی سامانی

شهریور ۱۳۷۷

۲۷۴۸۹



بسمه تعالی

(فرم ارزیابی پایان نامه دوره کارشناسی ارشد)

شماره دانشجویی ۷۳۹۹۹۴

پایان نامه خانم / آقای غلامعلی شمسی پور

با عنوان روندیابی هیدرولیکی در سیستم رودخانه‌های چندشاخه‌ای با استفاده از بهینه‌یابی غیرخطی

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته سازه‌های هیدرولیکی که در

ساعت ۱۱ صبح روز چهارشنبه مورخ ۷۷/۱۰/۲۰ در دانشکده مهندسی

دانشگاه شهید چمران اهواز ارائه گردیده و توسط هیأت داوران مورد تصویب قرار گرفت.

و ضمناً با درجه عالی و نمره نوزده و نیم (۱۹/۵) ارزیابی گردید.

(اعضاء هیأت داوران)

نام و نام خانوادگی	عنوان	مرتبه دانشگاهی	امضاء
۱- دکتر حسین محمدولی سامانی	استاد راهنما	دانشیار	
۲- مشاور			
۳- دکتر مهدی قمشی	داور	استاد یار	
۴- دکتر سعید پرومند نسب	داور	استاد یار	
۵- دکتر علیرضا فخارزاده	نماینده تحصیلات تکمیلی		

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ  
اللَّهُمَّ مَا بِنَا مِنْ نِعْمَةٍ  
فَمِنْكَ لَا إِلَهَ إِلَّا أَنْتَ  
أَسْتَغْفِرُكَ وَآتُوبُ إِلَيْكَ



خدایا هر نعمتی داریم از توست

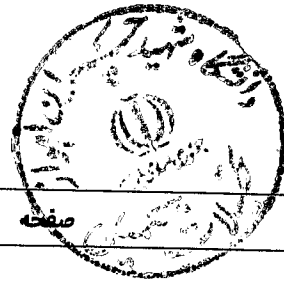
نیست معبودی مگر تو

آمرزشت را طلب می‌کنم و بازگشت من بسوی توست.

## تقدیر و تشکر

یکی از بنیادی‌ترین عوامل تعالی هر جامعه‌ای وجود دانشمندان متعهد و تواناست و بر کلیه دست‌اندرکاران لازم است تا، به شناسائی و مهیا سازی زمینه‌های رشد و بهره‌گیری هرچه افزونتر از این منابع ذیقیمت همت گمارند و یکی از این دُرهای گرانمایه، استاد بزرگوار جناب آقای دکتر سامانی می‌باشند که با توجه به شناخت نسبتاً جامع اینجانب از مجموعه متخصصین مهندسی آب به حق، این گرانقدر از متخصصان تراز اول کشور در زمینه هیدرولیک محاسباتی و سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند که در اینجا لازم است از تعهد، تخصص، احساس مسئولیت، توانمندی، صفت حسنه نشر علم و زحمات بیدریغ و بزرگ منشانه ایشان کمال تقدیر، سپاس و تشکر را نموده علو درجات، سعادت و سلامت ایشان را از درگاه احدیت مسئلت می‌نمایم. همچنین از کلیه گرامیانی که در تهیه این مختصر بذل عنایات فرمودند کمال امتنان را داشته توفیق و سعادت همگان را از ایزد منان خواستارم.

غلامعلی شمسی پور



## فهرست مطالب

عنوان

### فصل اول : کلیات

۱ ..... مقدمه

### فصل دوم : پیشینه روندیابی در رودخانه

۴ ..... مقدمه

۴ ..... ۱-۲- روشهای هیدرولوژیکی

۴ ..... ۱-۱-۲- روش ماسکینگام

۷ ..... ۲-۱-۲- روش مقدار مؤثر اجرایی

۱۰ ..... ۳-۱-۲- روش تاخیر متوسط متوالی (تاتوم)

۱۱ ..... ۴-۱-۲- روش تاخیر متوسط پیشرونده

۱۲ ..... ۵-۱-۲- روش پالس متوالی

۱۴ ..... ۶-۱-۲- روش تاخیر پالس

۱۴ ..... ۷-۱-۲- روش ماسکینگام - کونژ

۱۶ ..... ۸-۱-۲- روش محدب

۱۷ ..... ۲-۲- روشهای هیدرولیکی

۱۹ ..... ۱-۲-۲- روشهای تقریبی

۱۹ ..... ۱-۱-۲-۲- روش تشابه انتشار (پخشیدگی)

۲۰ ..... ۲-۱-۲-۲- روش موج کنیماتیک

۲۰ ..... ۲-۲-۲- روشهای عددی کامل

۲۰ ..... ۱-۲-۲-۲- روش تفاضلهای محدود

۲۱ ..... ۲-۲-۲-۲- روش مشخصات یا خطوط مشخصه

۲۲ ..... ۳-۲-۲-۲- روش اجزاء محدود



فصل سوم : روندیابی سیل در رودخانه‌ها با استفاده از بهینه‌یابی غیرخطی

۲۳	۱-۳- کلیات
۲۴	۲-۳- بهینه‌یابی و روشهای آن
۲۵	۱-۲-۳- انواع بهینه‌یابی
۲۶	۲-۲-۳- انواع روشهای بهینه‌یابی مقید و نامقید
۲۷	۳-۲-۳- انتخاب یک روش مناسب
۳۴	۴-۲-۳- روش پاول
۳۶	۵-۲-۳- روش تبدیل
۳۸	۶-۲-۳- برنامه کامپیوتری بهینه‌یابی
۴۳	۳-۳- بهینه‌یابی در سیستم یک شاخه‌ای
۴۳	۱-۳-۳- تعیین پارامترهای $K$ و $X$ به روش ماسکینگام متداول
۴۴	۲-۳-۳- تعیین پارامترهای $K$ و $X$ به روش بهینه‌یابی غیرخطی
۴۸	۴-۳- بهینه‌یابی در سیستم چند شاخه‌ای
۵۳	۵-۳- بهینه‌یابی در سیستم شاخه‌ای با حوضه میانی فاقد آمار

فصل چهارم : ارائه نتایج روش پیشنهادی

۵۸	۱-۴- سیستم یک شاخه‌ای
۵۸	۱-۱-۴- بهینه‌یابی $K$ و $X$
۵۹	۲-۱-۴- بررسی قابلیت $K$ و $X$ مدل جهت روندیابی
۶۰	۳-۱-۴- بررسی حساسیت مدل بهینه‌یابی در دوره انتخابی



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۶۱	۱-۳-۱-۴ - بهینه‌یابی K و X براساس دوره برگشت ۵ ساله
۶۱	۲-۳-۱-۴ - بهینه‌یابی K و X براساس هر دوره آماری
۸۸	۲-۴ - سیستم چند شاخه‌ای
۸۸	۱-۲-۴ - بهینه‌یابی K و X
۸۸	۲-۲-۴ - بررسی قابلیت K و X جهت روندیابی
۹۰	۳-۲-۴ - بررسی حساسیت مدل بهینه‌یابی در دوره انتخابی
۹۰	۱-۳-۲-۴ - بهینه‌یابی K و X براساس دوره برگشت ۲۰ ساله
۹۱	۲-۳-۲-۴ - بهینه‌یابی K و X براساس هر دوره آماری موجود
۱۱۸	۳-۴ - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی فاقد آمار
۱۱۸	۱-۳-۴ - بهینه‌یابی K و X
۱۱۹	۲-۳-۴ - بررسی قابلیت K و X مدل جهت روندیابی
۱۲۰	۳-۳-۴ - بررسی حساسیت مدل بهینه‌یابی در دوره انتخابی
۱۲۰	۱-۳-۳-۴ - بهینه‌یابی K و X براساس دوره برگشت ۱۰۰ ساله
۱۲۲	۲-۳-۳-۴ - بهینه‌یابی K و X براساس هر دوره آماری موجود

### فصل پنجم: برنامه‌های کامپیوتری

۱۴۸	۱-۵ - الگوریتم برنامه‌های کامپیوتری استفاده شده در پایان نامه
۱۴۸	۱-۱-۵ - مجموعه برنامه‌های روندیابی
۱۵۱	۲-۱-۵ - مجموعه برنامه‌های بهینه‌یابی





## فهرست مطالب

عنوان

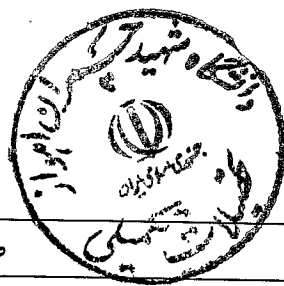
### فصل ششم : خلاصه نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای ادامه تحقیق

۱۵۶	۱-۶ - بهینه‌یابی غیرخطی سیستم یک شاخه‌ای
۱۵۷	۲-۶ - بهینه‌یابی غیرخطی در سیستم چند شاخه‌ای
۱۵۷	۳-۶ - بهینه‌یابی غیرخطی در سیستم شاخه‌ای با حوضه میانی فاقد آمار
۱۵۸	۴-۶ - پیشنهادات برای ادامه تحقیق
۱۵۹	پیوست (الف) : جداول و اشکال تکمیلی سیستم تک شاخه‌ای
۱۹۵	پیوست (ب) : جداول و اشکال تکمیلی سیستم چند شاخه‌ای
۲۳۱	پیوست (ج) : جداول و اشکال تکمیلی سیستم شاخه‌ای با حوضه میانی فاقد آمار
۲۶۷	پیوست شماره (د) : لیست برنامه کامپیوتری CALIBKX.BAS
۲۸۷	پیوست شماره (ه) : لیست برنامه کامپیوتری CAL3KX.BAS
۳۰۷	پیوست شماره (و) : لیست برنامه کامپیوتری CALIBHM3.BAS
۳۲۸	پیوست شماره (ز) : لیست برنامه کامپیوتری MUSKING.BAS
۳۳۲	پیوست شماره (ح) : لیست برنامه کامپیوتری MUSK3KX.BAS
۳۳۷	پیوست شماره (ت) : لیست برنامه کامپیوتری MUSKHM.BAS
۳۴۶	واژنامه
۳۵۱	فهرست مراجع و مأخذ
۳۵۲	چکیده انگلیسی



## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴۷	شکل شماره (۱-۳) - شمای کلی سیستم یک شاخه‌ای
۴۹	شکل شماره (۲-۳) - شمای کلی سیستم سه شاخه‌ای
۵۴	شکل شماره (۳-۳) - شمای کلی سیستم شاخه‌ای با حوضه میانی فاقد آمار
	شکل شماره (۱-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۶۵	بهینه‌یابی هیدروگراف ۲۰ ساله
	شکل شماره (۲-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۷۱	روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله
	شکل شماره (۳-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۷۲	روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله
	شکل شماره (۴-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۷۳	روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله
	شکل شماره (۵-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۷۴	روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله
	شکل شماره (۶-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۷۵	روندیابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله
	شکل شماره (۷-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۷۷	بهینه‌یابی هیدروگراف ۵ ساله
	شکل شماره (۸-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۸۳	روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله
	شکل شماره (۹-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۸۴	روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله
	شکل شماره (۱۰-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی
۸۵	روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله



## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل شماره (۴-۱۱) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله ..... ۸۶
- شکل شماره (۴-۱۲) - سیستم یک شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله ..... ۸۷
- شکل شماره (۴-۱۳) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
بهینه‌یابی هیدروگراف ۱۰ ساله ..... ۹۵
- شکل شماره (۴-۱۴) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله ..... ۱۰۱
- شکل شماره (۴-۱۵) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله ..... ۱۰۲
- شکل شماره (۴-۱۶) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله ..... ۱۰۳
- شکل شماره (۴-۱۷) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله ..... ۱۰۴
- شکل شماره (۴-۱۸) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله ..... ۱۰۵
- شکل شماره (۴-۱۹) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
بهینه‌یابی هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۱۰۷
- شکل شماره (۴-۲۰) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۱۱۳
- شکل شماره (۴-۲۱) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۱۱۴



## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل شماره (۲۲-۴) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۱۱۵
- شکل شماره (۲۳-۴) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۱۱۶
- شکل شماره (۲۴-۴) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۱۱۷
- شکل شماره (۲۵-۴) - سیستم چند شاخه‌ای - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 بهینه‌یابی هیدروگراف ۵۰ ساله ..... ۱۲۵
- شکل شماره (۲۶-۴) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۵۰ ساله ..... ۱۳۱
- شکل شماره (۲۷-۴) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۵۰ ساله ..... ۱۳۲
- شکل شماره (۲۸-۴) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۵۰ ساله ..... ۱۳۳
- شکل شماره (۲۹-۴) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۵۰ ساله ..... ۱۳۴
- شکل شماره (۳۰-۴) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۵۰ ساله ..... ۱۳۵
- شکل شماره (۳۱-۴) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی فاقد آمار - مقایسه هیدروگراف واقعی و  
 مدل پیشنهادی بهینه‌یابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله ..... ۱۳۷
- شکل شماره (۳۲-۴) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
 روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۱۰۰ ساله ..... ۱۴۳



## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل شماره (۴-۳۳) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۱۰۰ ساله ..... ۱۴۴
- شکل شماره (۴-۳۴) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۱۰۰ ساله ..... ۱۴۵
- شکل شماره (۴-۳۵) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۱۰۰ ساله ..... ۱۴۶
- شکل شماره (۴-۳۶) - سیستم چند شاخه‌ای با حوضه میانی - مقایسه هیدروگراف واقعی و مدل پیشنهادی  
روندیابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله تحت پارامترهای کالیبره شده مدل از هیدروگراف ۱۰۰ ساله ..... ۱۴۷
- شکل شماره (۵-۱) - نمایش سه شاخه با یک تلاقی ..... ۱۴۹
- شکل شماره (۵-۲) - نمایش رودخانه با ورودی حوضه میانی ..... ۱۵۰



## فهرست جداول

عنوان

- جدول شماره (۱-۳) نتایج حاصله از روشهای مختلف بهینه‌یابی برای دو متغیر مستقل ..... ۲۹
- جدول شماره (۲-۳) نتایج روشهای مختلف بهینه‌یابی برای سه متغیر مستقل ..... ۳۱
- جدول شماره (۳-۳) نتایج روشهای مختلف بهینه‌یابی برای پنج، ده و بیست متغیر مستقل ..... ۳۳
- جدول شماره (۱-۴) - میزان انطباق K و X بهینه‌یابی شده دوره ۲۰ ساله توسط مدل CALIBKX  
در روندیابی سیلاب سایر دوره‌ها (سیستم یک شاخه‌ای) ..... ۵۹
- جدول شماره (۲-۴) - میزان انطباق K و X بهینه‌یابی شده دوره ۵ ساله توسط مدل CALIBKX  
در روندیابی سیلاب سایر دوره‌ها (سیستم یک شاخه‌ای) ..... ۶۱
- جدول شماره (۳-۴) - میزان قابلیت‌کاربردی و عدم حساسیت مدل بهینه‌یابی غیرخطی از جهت بکارگیری  
هر دوره آماری در تعیین K و X جهت روندیابی سیلاب سایر دوره‌ها (سیستم یک شاخه‌ای) ..... ۶۲
- جدول شماره (۴-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - بهینه‌یابی X و K هیدروگراف سیلاب ۲۰ ساله ..... ۶۴
- جدول شماره (۵-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای  
کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۶۶
- جدول شماره (۶-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای  
کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۶۷
- جدول شماره (۷-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای  
کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۶۸
- جدول شماره (۸-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای  
کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۶۹
- جدول شماره (۹-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله تحت پارامترهای  
کالیبره مدل از هیدروگراف ۲۰ ساله ..... ۷۰
- جدول شماره (۱۱-۴) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای  
کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله ..... ۷۸



## فهرست جداول

عنوان

جدول شماره (۴-۱۲) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای	
کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله .....	۷۹
جدول شماره (۴-۱۳) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای	
کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله .....	۸۰
جدول شماره (۴-۱۴) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای	
کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله .....	۸۱
جدول شماره (۴-۱۵) - سیستم یک شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۱۰۰ ساله تحت پارامترهای	
کالیبره مدل از هیدروگراف ۵ ساله .....	۸۲
جدول شماره (۴-۱۶) - میزان انطباق K و X بهینه‌یابی شده دوره ۱۰ ساله توسط مدل CAL 3KX	
در روندیابی سیلاب سایر دوره‌ها (سیستم چند شاخه‌ای) .....	۸۹
جدول شماره (۴-۱۷) - میزان انطباق K و X بهینه‌یابی شده دوره ۲۰ ساله توسط مدل CAL3KX	
در روندیابی سیلاب سایر دوره‌ها (سیستم چند شاخه‌ای) .....	۹۱
جدول شماره (۴-۱۸) - میزان قابلیت کار بردی و عدم حساسیت مدل بهینه‌یابی غیرخطی از جهت بکارگیری	
هر دوره آماری در تعیین K و X جهت روندیابی سیلاب سایر دوره‌ها (سیستم چند شاخه‌ای) .....	۹۲
جدول شماره (۴-۱۹) - سیستم چند شاخه‌ای - بهینه‌یابی X و K هیدروگراف سیلاب ۱۰ ساله	
جدول شماره (۴-۲۰) - سیستم چند شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۵ ساله تحت پارامترهای	
کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله .....	۹۶
جدول شماره (۴-۲۱) - سیستم چند شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۱۰ ساله تحت پارامترهای	
کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله .....	۹۷
جدول شماره (۴-۲۲) - سیستم چند شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۲۰ ساله تحت پارامترهای	
کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله .....	۹۸
جدول شماره (۴-۲۳) - سیستم چند شاخه‌ای - روندیابی هیدروگراف ۵۰ ساله تحت پارامترهای	
کالیبره مدل از هیدروگراف ۱۰ ساله .....	۹۹