

رسالة محمد



دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش آبخیزداری

عنوان

مقایسه سیلاب مستخرج از آبنمودهای واحد لحظه ای  $H2U$ ،  
تبدیل لاپلاس و مشاهده ای در چند زیر حوزه آبخیز کارون شمالی

اساتید راهنما

دکتر سید جواد ساداتی نژاد

دکتر افشین هنربخش

اساتید مشاور

مهندس خدایار عبداللہی

مهندس محمد نکویی مهر

پژوهشگر

زهره عبدالہیان دہکردی

تیرماه ۱۳۹۰




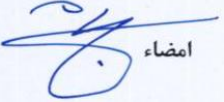
دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

گروه مرتع و آبخیزداری

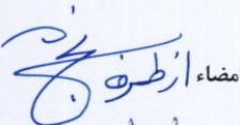
پایان نامه خانم زهره عبدالهیان دهکردی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش آبخیزداری با عنوان مقایسه سیلاب مستخرج از آبنمودهای واحد لحظه‌ای H2U، تبدیل لاپلاس و مشاهده‌ای در چند زیر حوزه آبخیز کارون شمالی در تاریخ ۱۳۹۰/۰۴/۱۴ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۸۹ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. استادان راهنمای پایان نامه

امضاء  دکتر سید جواد ساداتی نژاد با مرتبه علمی استادیار

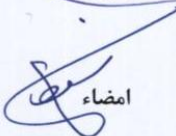
امضاء  دکتر افشین هنربخش با مرتبه علمی استادیار

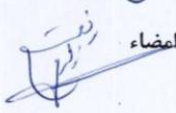
۲. استادان مشاور پایان نامه

امضاء  مهندس خدایار عبداللهی با مرتبه علمی مربی

امضاء  مهندس محمد نکویی مهر با مرتبه علمی مربی

۳. استادان داور پایان نامه

امضاء  دکتر سعید سلطانی کوپایی با مرتبه علمی دانشیار

امضاء  دکتر رفعت زارع بیدکی با مرتبه علمی استادیار

دکتر هرمز سهرابی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی  
دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

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

## تشکر و قدردانی

پروردگار حکیمم را بسی شاکرم که هستی‌ام بخشید و در راه کسب علم و دانش رهنمود نمود؛ خداوند یکتا که توفیق بندگی خویش را نصیبم نمود و با حکمت بی‌منت‌هایش عزیزانی را جهت پیشبرد امور زندگی در مسیرم قرار داد. هم اکنون که در پرتو عنایت خداوند دوران تحصیلم از دبیرستان تا اتمام کارشناسی ارشد در دانشگاه شهرکرد به اتمام رسیده بر خود لازم می‌دانم از زحمات تمامی معلمان و اساتید بزرگوایم، صمیمانه قدردانی و تشکر نمایم.

از استاد فرهیخته و گرانقدرم جناب آقای دکتر سید جواد ساداتی نژاد که با وجود تمام مشغله‌های کاری همواره با رویی باز پذیرای بنده بودند؛ محبت و حمایتشان شامل حالم بوده و در طول دوران تحصیل در این رشته، افتخار شاگردی ایشان را داشتم بسیار سپاسگزارم.

با تقدیر از زحمات استاد ارجمندم جناب آقای دکتر افشین هنربخش که همراهی‌های صمیمانه و رهنمودهای سنجیده ایشان در پیشبرد اهداف تحصیلی‌ام مؤثر بوده است.

با امتنان بیکران از کمک‌های بی‌شائبه استاد بزرگوایم جناب آقای مهندس **خدایار عبداللهی** که در دوران تحصیلم در این رشته، از هرگونه ارائه مشاوره دریغ ننموده و بی‌شک انجام این پایان‌نامه نیز بدون مساعدت‌های همه‌جانبه ایشان میسر نبود.

با قدر دانی از استاد ارجمندم جناب آقای مهندس محمد نکویی مهر که با نکته‌سنجی‌های دقیق خویش در اتمام مراحل این پژوهش نقش به‌سزایی داشتند.

همچنین از داوران محترم این پایان نامه جناب آقای دکتر سعید سلطانی  
کوپایی و سرکار خانم دکتر رفعت زارع بیدکی نیز بسیار سپاسگزارم.

بر خود لازم می‌دانم از سایر اساتید ارجمندم در گروه مرتع و آبخیزداری  
دانشگاه شهرکرد جناب آقایان دکتر علیرضا داوودیان دهکردی، دکتر  
عطاالله ابراهیمی و دکتر اسماعیل اسدی و همچنین جناب آقای دکتر  
نبی الله یارعلی و سرکار خانم مهندس مهناز خسروی که همواره از محضر  
پر فیض‌شان بهره‌ها بردم؛ قدردانی نمایم.

از مدیر عامل سازمان آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری و پرسنل  
محترم دفتر مطالعات منابع آب به ویژه جناب آقایان مهندس دهقان،  
مهندس رئوفی و مهندس خوشکنار که در تهیه آمار پژوهش حاضر بنده را  
یاری نمودند؛ کمال سپاسگزاری را دارم.

همچنین از همکلاسی‌های بزرگوار و دوستان عزیزم سرکار خانم‌ها طیبه  
بابایی، زهرا نوروزی، نسرین اسدی، فریال حیاوی، فاطمه محمدی، لیلا  
باقری، وجیهه فصاحت، زهرا اسمعیلی، مریم موسویان و ندا کاوه که با  
همدلی‌ها و همراهی‌های خود یاریگرم بودند؛ بسیار سپاسگزارم.

در پایان از زحمات و محبت‌های بی‌پایان پدر، مادر، خواهران و  
برادران عزیزم که در تمام مراحل تحصیل مشوقم بودند و همواره  
وجودشان موجب افتخارم بوده‌است نهایت قدردانی را دارم.

به هر چیزی که خدا به تو عطا کرده (از قوای ظاهره و باطنه) بکوش تا ثواب و سعادت در آخرت تحصیل کنی و لیکن بهره‌ات را هم از دنیا فراموش مکن و تا توانی (به خلق) نیکی کن؛ چنانچه خدا به تو نیکویی و احسان کرده و هرگز بر روی زمین فتنه و فساد برمی‌انگیز که خدا مفسدان را ابداً دوست نمی‌دارد.

"سوره قصص - آیه ۷۷"

## چکیده

با توجه به نقش بی‌بدیل آب به عنوان یک عنصر حیاتی، کنترل و استفاده بهینه از منابع آبی موجود اهمیت به‌سزایی دارد. معضل سیلاب به عنوان یکی از بلایای طبیعی، هر ساله حجم عظیمی از آب را هدر می‌دهد؛ از این‌رو مطالعه برآورد سیلاب به عنوان یکی از مهمترین بخش‌های پروژه‌های منابع آب و هیدرولوژی مطرح می‌باشد. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها جهت ارزیابی وضعیت آبی حوزه‌های آبخیز فاقد آمار، استفاده از آبنمود واحد مصنوعی و به ویژه نوع لحظه‌ای آن می‌باشد. به دلیل عدم انجام مطالعه در مورد عملکرد مدل‌های تبدیل لاپلاس، H2U مرتبط با نش و H2U در تهیه آبنمودهای واحد لحظه‌ای حوزه‌های آبخیز ایران، مطالعه حاضر در حوزه‌های آبخیز بازفت، جونقان و خانمیرزا از توابع استان چهارمحال و بختیاری پیشنهاد گردید. برای این منظور از ۱۰ رخداد متناظر بارش-رواناب برای هر یک از حوزه‌های آبخیز استفاده شد که مدل تبدیل لاپلاس با استفاده از باران مؤثر و زمان تأخیر، مدل H2U مرتبط با نش به کمک گشتاورهای باران مؤثر و رواناب مستقیم و مدل H2U با استخراج پارامترهای رتبه حوزه آبخیز و میانگین زمان پیمایش حوزه‌های آبخیز اجرا شد؛ سپس با تبدیل آبنمودهای واحد لحظه‌ای به دست آمده از مدل‌ها به آبنمودهای رواناب مستقیم، امکان مقایسه آن‌ها با آبنمودهای مشاهده‌ای فراهم گردید. با انجام مقایسه آماری آبنمودها مشخص شد که مدل‌های H2U مرتبط با نش، تبدیل لاپلاس و H2U به ترتیب با میانگین مطلق خطای نسبی ۰/۳، ۰/۳۷ و ۰/۵۱ جهت شبیه‌سازی آبنمودهای مشاهداتی از دقت بیشتری برخوردار بوده که ارزیابی ظاهری و ضریب کارایی نش-ساتکلیف نیز این اولویت‌بندی را تأیید می‌کنند. همچنین حوزه‌های آبخیز بازفت، خانمیرزا و جونقان به ترتیب با مقادیر میانگین مطلق خطای نسبی ۰/۳۱، ۰/۴۱ و ۰/۴۶ از نظر میزان دقت برآورد ویژگی‌های آبنمودهای رواناب مستقیم هر سه مدل در اولویت هستند. به طور کلی مدل‌های مورد مطالعه، زمان پایه رخداد‌های مورد بررسی را نسبت به سایر خصوصیات آبنمود با دقت بیشتری برآورد نمودند.

**کلمات کلیدی:** آبنمود واحد لحظه‌ای، تبدیل لاپلاس، H2U مرتبط با نش، H2U، بازفت، جونقان، خانمیرزا



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول - مقدمه</b>
۱۱	۱-۱- مقدمه
۱۳	۱-۲- ضرورت و اهداف مطالعه
۱۴	۱-۳- فرضیات تحقیق
۱۴	۱-۴- معرفی فصول پایان نامه
	<b>فصل دوم - کلیات و مرور منابع</b>
۱۵	۲-۱- فرآیند بارش-رواناب
۱۷	۲-۲- مدل سازی پاسخ حوزه آبخیز به فرآیند بارش-رواناب
۱۷	۲-۳- آبنمود
۱۷	۲-۳-۱- عوامل مؤثر بر شکل آبنمود
۱۸	۲-۳-۲- اجزای آبنمود
۱۹	۲-۳-۳- تجزیه آبنمود
۲۰	۲-۴- آبنمود واحد
۲۰	۲-۴-۱- فرض های آبنمود واحد
۲۱	۲-۴-۲- کاربرد آبنمود واحد
۲۲	۲-۴-۳- آبنمود واحد و توابع پاسخ در سیستم های خطی
۲۲	۲-۴-۳-۱- سیستم های خطی در فواصل زمانی پیوسته
۲۳	۲-۴-۳-۲- سیستم های خطی در فواصل زمانی ناپیوسته
۲۹	۲-۴-۴- استخراج آبنمود با استفاده از انتگرال پیچشی ناپیوسته
۲۹	۲-۵- آبنمود واحد لحظه ای
۳۰	۲-۵-۱- تهیه آبنمود واحد لحظه ای از آبنمود مجموع
۳۰	۲-۵-۲- محاسبه IUH با استفاده از سایر مدل ها
۳۰	۲-۵-۲-۱- مدل نش

۳۳	..... مدل H2U ۲-۲-۵-۲
۳۵	..... مدل تبدیل لاپلاس ۳-۲-۵-۲
۳۶	..... باران نمای باران مؤثر ۶-۲
۳۷	..... $\Phi$ نمایه ۱-۶-۲
۳۷	..... $W$ نمایه ۲-۶-۲
۳۸	..... مرور منابع ۷-۲

### فصل سوم- مواد و روش ها

۴۷	..... مناطق مورد مطالعه ۱-۳
۴۷	..... حوزه آبخیز بازفت ۱-۱-۳
۴۸	..... هوا و اقلیم ۱-۱-۱-۳
۴۸	..... بارندگی ۲-۱-۱-۳
۴۸	..... پوشش گیاهی و کاربری اراضی ۳-۱-۱-۳
۴۸	..... سیستم رودخانه ای ۴-۱-۱-۳
۴۹	..... حوزه آبخیز جونقان ۲-۱-۳
۴۹	..... هوا و اقلیم ۱-۲-۱-۳
۴۹	..... بارندگی ۲-۲-۱-۳
۴۹	..... پوشش گیاهی و کاربری اراضی ۳-۲-۱-۳
۴۹	..... سیستم رودخانه ای ۴-۲-۱-۳
۴۹	..... حوزه آبخیز خانمیرزا ۳-۱-۳
۵۰	..... هوا و اقلیم ۱-۳-۱-۳
۵۰	..... بارندگی ۲-۳-۱-۳
۵۰	..... پوشش گیاهی و کاربری اراضی ۳-۳-۱-۳
۵۰	..... سیستم رودخانه ای ۴-۳-۱-۳
۵۲	..... روش مطالعه ۲-۳
۵۳	..... گردآوری اطلاعات بارش-رواناب ۱-۲-۳
۵۳	..... انتخاب وقایع متناظر بارش-رواناب ۲-۲-۳

۵۵	..... ۳-۲-۳- تهیه آبنمود رواناب مستقیم
۵۵	..... ۳-۲-۴- تجزیه آبنمود
۵۶	..... ۳-۲-۵- محاسبه حجم رواناب مستقیم
۵۶	..... ۳-۲-۶- محاسبه ارتفاع رواناب مستقیم
۵۶	..... ۳-۲-۷- تهیه باران نمای باران مؤثر
۵۶	..... ۳-۲-۸- اجرای مدل های آبنمود واحد لحظه ای
۵۶	..... ۳-۲-۸-۱- مدل تبدیل لاپلاس
۵۶	..... ۳-۲-۸-۱-۱- شدت بارش مؤثر
۵۷	..... ۳-۲-۸-۱-۲- زمان تأخیر
۵۷	..... ۳-۲-۸-۲- مدل H2U مرتبط با نش
۵۷	..... ۳-۲-۸-۳- مدل H2U
۵۷	..... ۳-۲-۸-۱- رتبه حوزه آبخیز
۵۷	..... ۳-۲-۸-۲- میانگین زمان پیمایش
۵۹	..... ۳-۲-۹- تبدیل آبنمود واحد لحظه ای مدل ها به آبنمود رواناب مستقیم
۵۹	..... ۳-۲-۹-۱- تبدیل آبنمود واحد لحظه ای مدل ها به آبنمود واحد
۵۹	..... ۳-۲-۹-۲- تبدیل آبنمود واحد به آبنمود رواناب مستقیم
۶۰	..... ۳-۳- معیارهای ارزیابی (Evaluated criteria)
۶۰	..... ۳-۳-۱- معیار خطای نسبی (Relative error)
۶۰	..... ۳-۳-۲- معیار میزان انحراف (BIAS)
۶۱	..... ۳-۳-۳- معیار کارایی مدل ( $R^2$ )

#### فصل چهارم - نتایج

۶۲	..... ۴-۱- مقدمه
۶۳	..... ۴-۲- مقایسه ظاهری
۶۶	..... ۴-۳- مقایسه آماری
۶۶	..... ۴-۳-۱- مقایسه دبی اوج
۶۹	..... ۴-۳-۲- مقایسه زمان تا اوج

۷۱	.....مقایسه زمان پایه. ۳-۳-۴
۷۴	.....مقایسه حجم آبنمود. ۴-۳-۴
۷۷	.....انحراف مدل ها. ۴-۴
۷۸	.....کارایی مدل ها. ۵-۴
۸۱	.....مقایسه آبنمودها بر اساس میزان شدت بارش مؤثر. ۶-۴
۸۹	.....کالیبراسیون و اعتبار سنجی مدل ها. ۷-۴

#### فصل پنجم- بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات

۹۷	.....بحث و نتیجه گیری. ۱-۵
۱۰۳	.....پیشنهادات. ۲-۵
۱۰۴	.....پیوست.
۱۱۹	.....منابع.

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۲-۱- انواع جریان و فرآیند تشکیل رواناب (بهبهانی، ۱۳۸۰).....	۱۶
شکل ۲-۲- پیوستگی بارش-رواناب در چرخه هیدرولوژی.....	۱۷
شکل ۲-۳- اجزای آب‌نمود.....	۱۹
شکل ۲-۴- انواع روش‌های تجزیه آب‌نمود (کارآموز و عراقی نژاد، ۱۳۸۴).....	۲۰
شکل ۲-۵- پاسخ سیستم خطی به ورودی‌های ضربه‌ای (چاو و همکاران، ۱۹۸۸).....	۲۳
شکل ۲-۶- توابع پاسخ در یک سیستم خطی (چاو و همکاران، ۱۹۸۸).....	۲۶
شکل ۲-۷- کاربرد رابطه پیچشی ناپیوسته در یک سیستم خطی (چاو و همکاران، ۱۹۸۸).....	۲۸
شکل ۲-۸- رابطه توابع زمانی (الف) پیوسته و (ب) ناپیوسته (مک کینی، ۱۹۹۵).....	۲۸
شکل ۲-۹- نحوه عملکرد مخازن خطی در مدل نش (صفوی، ۱۳۸۸).....	۳۱
شکل ۲-۱۰- رتبه بندی آبراهه‌ها به روش استراهلر.....	۳۴
شکل ۲-۱۱- جداسازی تلفات بارش و بارش مؤثر.....	۳۷
شکل ۳-۱- موقعیت حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه در استان چهارمحال و بختیاری.....	۵۱
شکل ۳-۲- نمودار گردشی روش تحقیق.....	۵۳
شکل ۳-۳- تجزیه آب‌نمود سیلاب تاریخ ۱۳۷۸/۰۹/۲۳ حوزه آبخیز بازفت.....	۵۵
شکل ۳-۴- عملکرد تابع Fill Sink بر روی DEM.....	۵۸
شکل ۴-۱- آب‌نمودهای رواناب مشاهده‌ای و برآوردی تاریخ ۱۳۷۳/۱۱/۱۹ در حوزه آبخیز بازفت.....	۶۳
شکل ۴-۲- آب‌نمودهای رواناب مشاهده‌ای و برآوردی تاریخ ۱۳۷۷/۰۲/۲۴ در حوزه آبخیز بازفت.....	۶۴
شکل ۴-۳- آب‌نمودهای رواناب مشاهده‌ای و برآوردی تاریخ ۱۳۶۸/۰۹/۱۳ در حوزه آبخیز جونقان.....	۶۴
شکل ۴-۴- آب‌نمودهای رواناب مشاهده‌ای و برآوردی تاریخ ۱۳۷۳/۰۸/۲۶ در حوزه آبخیز جونقان.....	۶۵
شکل ۴-۵- آب‌نمودهای رواناب مشاهده‌ای و برآوردی تاریخ ۱۳۷۱/۱۲/۲۷ در حوزه آبخیز خانمیرزا.....	۶۵
شکل ۴-۶- آب‌نمودهای رواناب مشاهده‌ای و برآوردی تاریخ ۱۳۷۲/۰۲/۰۶ در حوزه آبخیز خانمیرزا.....	۶۶
شکل ۴-۷- مقایسه دبی اوج آب‌نمودهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در حوزه آبخیز بازفت.....	۶۸
شکل ۴-۸- مقایسه دبی اوج آب‌نمودهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در حوزه آبخیز جونقان.....	۶۸
شکل ۴-۹- مقایسه دبی اوج آب‌نمودهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در حوزه آبخیز خانمیرزا.....	۶۸

- شکل ۴-۱۰- مقایسه زمان تا اوج آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز بازفت..... ۷۰
- شکل ۴-۱۱- مقایسه زمان تا اوج آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز جونقان..... ۷۰
- شکل ۴-۱۲- مقایسه زمان تا اوج آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۷۱
- شکل ۴-۱۳- مقایسه زمان پایه آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز بازفت..... ۷۳
- شکل ۴-۱۴- مقایسه زمان پایه آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز جونقان..... ۷۳
- شکل ۴-۱۵- مقایسه زمان پایه آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۷۴
- شکل ۴-۱۶- مقایسه حجم آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز بازفت..... ۷۶
- شکل ۴-۱۷- مقایسه حجم آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز جونقان..... ۷۶
- شکل ۴-۱۸- مقایسه حجم آبنمودهای مشاهده ای و محاسبه ای در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۷۷
- شکل ۴-۱۹- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۷۳/۰۱/۰۳ در حوزه آبخیز بازفت ..... ۹۰
- شکل ۴-۲۰- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۷۸/۰۸/۱۷ در حوزه آبخیز بازفت ..... ۹۰
- شکل ۴-۲۱- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۷۸/۰۹/۲۰ در حوزه آبخیز بازفت ..... ۹۱
- شکل ۴-۲۲- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۷۰/۰۱/۱۵ در حوزه آبخیز جونقان .. ۹۱
- شکل ۴-۲۳- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۷۸/۱۱/۲۴ در حوزه آبخیز جونقان .. ۹۲
- شکل ۴-۲۴- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۸۰/۰۹/۱۶ در حوزه آبخیز جونقان... ۹۲
- شکل ۴-۲۵- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۷۰/۱۲/۰۵ در حوزه آبخیز خانمیرزا ۹۳
- شکل ۴-۲۶- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۷۶/۱۰/۱۵ در حوزه آبخیز خانمیرزا. ۹۳
- شکل ۴-۲۷- آبنمودهای رواناب مشاهده ای، برآوردی و کالیبره شده تاریخ ۱۳۷۷/۰۱/۰۴ در حوزه آبخیز خانمیرزا ۹۳
- شکل پ-۱- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۸/۰۹/۲۳ حوزه آبخیز بازفت..... ۱۰۴
- شکل پ-۲- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۹/۰۹/۱۱ حوزه آبخیز بازفت..... ۱۰۴
- شکل پ-۳- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۹/۰۹/۱۶ حوزه آبخیز بازفت..... ۱۰۵
- شکل پ-۴- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۸۰/۱۲/۲۷ حوزه آبخیز بازفت..... ۱۰۵
- شکل پ-۵- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۸۵/۰۱/۱۸ حوزه آبخیز بازفت..... ۱۰۵
- شکل پ-۶- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۵/۰۱/۲۷ حوزه آبخیز جونقان..... ۱۰۶
- شکل پ-۷- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۸/۱۲/۰۶ حوزه آبخیز جونقان..... ۱۰۶
- شکل پ-۸- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۸۱/۱۲/۲۱ حوزه آبخیز جونقان..... ۱۰۶

- شکل پ- ۹- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۸۵/۰۱/۰۹ حوزه آبخیز جونقان..... ۱۰۷
- شکل پ- ۱۰- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۸۶/۰۱/۲۱ حوزه آبخیز جونقان..... ۱۰۷
- شکل پ- ۱۱- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۲/۰۲/۱۶ حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۰۷
- شکل پ- ۱۲- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۴/۱۲/۲۲ حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۰۸
- شکل پ- ۱۳- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۵/۰۱/۲۶ حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۰۸
- شکل پ- ۱۴- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۰۸
- شکل پ- ۱۵- آبنمود های رواناب در تاریخ ۱۳۸۶/۰۱/۲۵ حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۰۹
- شکل پ- ۱۶- نقشه مدل رقومی ارتفاع حوزه آبخیز بازفت..... ۱۱۰
- شکل پ- ۱۷- نقشه طول جریان حوزه آبخیز بازفت..... ۱۱۱
- شکل پ- ۱۸- نقشه مدل رقومی ارتفاع حوزه آبخیز جونقان..... ۱۱۲
- شکل پ- ۱۹- نقشه طول جریان حوزه آبخیز جونقان..... ۱۱۳
- شکل پ- ۲۰- نقشه مدل رقومی ارتفاع حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۱۴
- شکل پ- ۲۱- نقشه طول جریان حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۱۵

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- عوامل مؤثر بر شکل آبنمود (صفوی، ۱۳۸۸).....	۱۸
جدول ۱-۳- ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه.....	۵۲
جدول ۲-۳- تاریخ رخداد‌های حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۵۴
جدول ۳-۳- حداکثر، حداقل و میانگین مقادیر بارش (میلی متر) رخداد‌های حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۵۴
جدول ۳-۴- حداکثر، حداقل و میانگین مدت بارش (ساعت) رخداد‌های حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۵۵
جدول ۱-۴- مقادیر دبی اوج آبنمودهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای (متر مکعب بر ثانیه) در حوزه آبخیز بازفت.....	۶۶
جدول ۲-۴- مقادیر خطای نسبی، میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی دبی اوج آبنمود مدل‌ها در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۶۷
جدول ۳-۴- مقادیر زمان تا اوج آبنمودهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای (ساعت) در حوزه آبخیز بازفت.....	۶۹
جدول ۴-۴- مقادیر خطای نسبی و میانگین مطلق خطای نسبی زمان تا اوج آبنمود مدل‌ها در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۶۹
جدول ۴-۵- مقادیر زمان پایه آبنمودهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای (ساعت) در حوزه آبخیز بازفت.....	۷۲
جدول ۴-۶- مقادیر خطای نسبی و میانگین مطلق خطای نسبی زمان پایه آبنمودهای مدل‌ها در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۷۲
جدول ۴-۷- مقادیر حجم آبنمودهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای (مترمکعب) در حوزه آبخیز بازفت.....	۷۵
جدول ۴-۸- مقادیر خطای نسبی، میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی حجم آبنمودهای مدل‌ها در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۷۵
جدول ۴-۹- میزان انحراف مدل‌ها نسبت به داده‌های مشاهده‌ای در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۷۸
جدول ۴-۱۰- ضریب کارایی مدل‌ها در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه.....	۷۹
جدول ۴-۱۱- تعداد رخداد‌های ضریب کارایی مدل‌ها در حوزه آبخیز بازفت.....	۸۰
جدول ۴-۱۲- تعداد رخداد‌های ضریب کارایی مدل‌ها در حوزه آبخیز جوتقان.....	۸۰
جدول ۴-۱۳- تعداد رخداد‌های ضریب کارایی مدل‌ها در حوزه آبخیز خانمیرزا.....	۸۰
جدول ۴-۱۴- میانگین $R^2$ با در نظر گرفتن ضریب کارایی‌های مثبت.....	۸۱
جدول ۴-۱۵- حداکثر، حداقل و میانگین شدت بارندگی مؤثر (میلی متر بر ساعت) رخداد‌های حوزه‌های آبخیز مطالعاتی.....	۸۱



- جدول ۴-۱۶- میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی دبی اوج آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز بازفت..... ۸۲
- جدول ۴-۱۷- میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی زمان تا اوج آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز بازفت..... ۸۲
- جدول ۴-۱۸- میانگین مطلق خطای نسبی زمان پایه آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز بازفت..... ۸۳
- جدول ۴-۱۹- میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی حجم آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز بازفت..... ۸۳
- جدول ۴-۲۰- میزان انحراف آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز بازفت..... ۸۳
- جدول ۴-۲۱- ضریب کارایی آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز بازفت..... ۸۴
- جدول ۴-۲۲- میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی دبی اوج آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز جوققان..... ۸۴
- جدول ۴-۲۳- میانگین مطلق خطای نسبی زمان تا اوج آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز جوققان..... ۸۵
- جدول ۴-۲۴- میانگین مطلق خطای نسبی زمان پایه آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز جوققان..... ۸۵
- جدول ۴-۲۵- میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی حجم آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز جوققان..... ۸۶
- جدول ۴-۲۶- میزان انحراف آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز جوققان..... ۸۶
- جدول ۴-۲۷- ضریب کارایی آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز جوققان..... ۸۶
- جدول ۴-۲۸- میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی دبی اوج آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۸۷
- جدول ۴-۲۹- میانگین مطلق خطای نسبی زمان تا اوج آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۸۷
- جدول ۴-۳۰- میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی زمان پایه آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۸۸
- جدول ۴-۳۱- میانگین مطلق خطای نسبی و لگاریتم میانگین مطلق خطای نسبی حجم آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۸۸
- جدول ۴-۳۲- میزان انحراف مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۸۸

- جدول ۴-۳۳- ضریب کارایی آبنمود مدل ها بر اساس شدت بارندگی در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۸۹
- جدول ۴-۳۴- محدوده و میانگین پارامترهای مورد نیاز مدل های مورد نظر در حوزه های آبخیز مطالعاتی..... ۸۹
- جدول ۴-۳۵- میانگین مطلق خطای نسبی آبنمودهای غیرکالیبره و کالیبره شده حوزه آبخیز بازفت..... ۹۴
- جدول ۴-۳۶- میانگین مطلق خطای نسبی آبنمودهای غیرکالیبره و کالیبره شده حوزه آبخیز جونقان..... ۹۴
- جدول ۴-۳۷- میانگین مطلق خطای نسبی آبنمودهای غیرکالیبره و کالیبره شده حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۹۵
- جدول ۴-۳۸- ضریب کارایی مدل های کالیبره شده در حوزه آبخیز بازفت..... ۹۵
- جدول ۴-۳۹- ضریب کارایی مدل های کالیبره شده در حوزه آبخیز جونقان..... ۹۶
- جدول ۴-۴۰- ضریب کارایی مدل های کالیبره شده در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۹۶
- جدول ۵-۱- اولویت مدل های مطالعاتی در برآورد پارامترهای آبنمود..... ۹۹
- جدول ۵-۲- خلاصه نتایج مقایسه آماری مدل ها در حوزه های آبخیز مطالعاتی..... ۱۰۰
- جدول ۵-۳- میانگین مطلق خطای نسبی ویژگی های مختلف آبنمودها در حالات غیرکالیبره و کالیبره (۳ رخداد)..... ۱۰۲
- جدول پ-۱- مقادیر دبی اوج مشاهده ای و محاسبه ای (مترمکعب بر ثانیه) در حوزه آبخیز جونقان..... ۱۱۶
- جدول پ-۲- مقادیر دبی اوج مشاهده ای و محاسبه ای (مترمکعب بر ثانیه) در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۱۶
- جدول پ-۳- مقادیر زمان تا اوج مشاهده ای و محاسبه ای (ساعت) در حوزه آبخیز جونقان..... ۱۱۶
- جدول پ-۴- مقادیر زمان تا اوج مشاهده ای و محاسبه ای (ساعت) در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۱۷
- جدول پ-۵- مقادیر زمان پایه مشاهده ای و محاسبه ای (ساعت) در حوزه آبخیز جونقان..... ۱۱۷
- جدول پ-۶- مقادیر زمان پایه مشاهده ای و محاسبه ای (ساعت) در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۱۷
- جدول پ-۷- مقادیر حجم آبنمود مشاهده ای و محاسبه ای (مترمکعب) در حوزه آبخیز جونقان..... ۱۱۸
- جدول پ-۹- مقادیر حجم آبنمود مشاهده ای و محاسبه ای (مترمکعب) در حوزه آبخیز خانمیرزا..... ۱۱۸

## فصل اول

### مقدمه

#### ۱-۱- مقدمه

با توجه به نقش آب به عنوان یک عنصر حیاتی در توسعه پایدار، کنترل و استفاده بهینه از منابع موجود حائز اهمیت است؛ لذا بایستی با اقدامات مناسب و به نحو اصولی، پدیده‌های مخرب طبیعی نظیر سیلاب مدیریت گردند. علاوه بر شرایط بحرانی جهان در خصوص تخصیص منابع آبی، متأسفانه در ایران نیز به دلیل عدم وجود نگرش سیستمی و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، در حالی که در یک برهه از زمان آب به صورت سیلاب به هدر می‌رود؛ در زمانی دیگر اثرات ناشی از کمبود آن خسارات جبران ناپذیری را به بار می‌آورد.

سیلاب یکی از پدیده‌های پیچیده و مخرب طبیعی است که هر ساله خسارات فراوانی را به دنبال داشته و از این‌رو بررسی آن به عنوان یکی از مهمترین بخش‌های پروژه‌های منابع آب و هیدرولوژی مطرح می‌باشد. تعداد سیلاب‌های بزرگ کشور در دهه ۴۰، ۲۰۲ در دهه ۶۰، ۳۴۹ و در دهه ۷۰، ۴۸۱ مورد بوده که این ارقام نشان‌دهنده آنست که طی ۴۰ سال، تعداد سیلاب‌های بزرگ دهه آخر ۲/۴ برابر اولین دهه شده است (دفتر مطالعات و ارزیابی معاونت آبخیزداری جهاد کشاورزی، ۱۳۷۲).

بهترین واحد مطالعاتی و اجرایی هیدرولوژی، حوزه آبخیز می‌باشد؛ به همین دلیل برنامه‌ریزی یکپارچه و مبتنی بر اصول علمی برای مدیریت آن در جهت حفظ منابع آبی، استفاده بهینه و کاهش اثرات پدیده‌های

مخرب نظیر سیلاب ضروری است. از میان روش‌های متعدد مطرح شده توسط کارشناسان، روش مدیریت جامع با نگرش سیستمی به کل حوزه آبخیز به عنوان بهترین روش برای وحدت بخشیدن به اطلاعات، برداشت‌ها و رفتارهای مدیریتی حاکم بر آن با هدف نیل به توسعه پایدار می‌باشد. در این سیستم هر جزء بدون اجزاء دیگر نمی‌تواند به طور مؤثر عمل کند و هر تغییری که در یک قسمت از این سیستم اتفاق می‌افتد بر کل محیط آن مؤثر واقع می‌شود؛ زیرا طبیعت زنده متشکل از سطوحی است که در مجموعه آن‌ها خصوصیت "سلسله مراتبی" قویاً حاکم بوده و هر سطح را می‌توان یک زیرسیستم از سلسله مراتب بالاتر دانست (فخرطباطبایی، ۱۳۷۵).

سیلاب نیز مانند سایر پدیده‌های حوزه آبخیز تابع رفتار متقابل اجزای تشکیل دهنده آن می‌باشد؛ لذا با آن نمی‌توان به صورت سعی و خطا برخورد کرد بلکه باید تمام سامانه را به صورت یک سیستم در پیشگیری و یا درمان آن به کار گرفت (محمدرضایی و اسکافی، ۱۳۸۲). دیدگاه مدیریت جامع را می‌توان سیاست "پیشگیری قبل از درمان یا وقوع" برشمرد (بهزادفر، ۱۳۸۵). بر اساس چنین نگرشی بدون شک آبخیزداری به لحاظ تأثیر اصولی و درازمدت آن به عنوان مهمترین و برترین روش حل این بلایای تا حدودی خودساخته، مطرح است.

آنچه تا به امروز در استفاده و به کارگیری علم آبخیزداری در کشورهای مختلف به ویژه کشورهای در حال توسعه نظیر ایران متداول بوده و همچنان نیز ادامه دارد؛ حل مسائل موردی بدون توجه به مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز بوده است (رابط، ۱۳۸۰). به بیانی دیگر متأسفانه به علت فقدان مطالعات جامع آبخیزداری و نبود انسجام در مطالعات سیلاب، در کل کشور به طور عام و در استان چهارمحال و بختیاری به طور خاص با عبور موقت از یک دوره بحرانی حاصل از پدیده‌های مخرب طبیعی و عدم توجه به دلایل نهفته در بروز چنین خساراتی، اصل بحران به دست فراموشی سپرده می‌شود تا مجدداً پس از مدتی رخداد جدید باعث تشدید بحران قبلی شود؛ یعنی به جای مدیریت ریسک و یا تلفیق مدیریت ریسک و بحران، مدیریت بحران برای مواجهه با پدیده‌های مخرب انتخاب می‌گردد (درویشی و همکاران، ۱۳۸۷).

جهت دستیابی به مدیریت مطلوب، توجه به داده‌های در دسترس که از رخدادهای قبلی موجود است ضروری است؛ به بیانی دیگر بدون تحلیل دقیق داده‌های بارش-رواناب مشاهده‌ای، مدیریت جامع حوزه آبخیز جهت پیش‌بینی وقوع سیلاب و کاهش خطرات ناشی از آن موجب هدر رفت سرمایه و عدم ایجاد توسعه پایدار خواهد شد. از سویی دیگر فقدان ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری یا عدم کمیت و کیفیت آمار آن‌ها، لزوم استفاده از روش‌های شبیه‌سازی بارش-رواناب در قالب مدل‌های هیدرولوژیکی را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. طبق نگرش سیستمی، خروجی حوزه آبخیز تابعی از رفتار هیدرولوژیک آن در برابر ورودی است که این اصل، به همراه تعدد و تنوع فاکتورهای مؤثر در فرآیند بارش-رواناب عامل رواج انواع مدل‌های مذکور شده است (دائودی، ۱۹۸۳). ساختار هر مدل بر اساس هدف، رفتار سیستم هیدرولوژیک و داده‌های قابل دسترس تعیین می‌شود (وگنر و همکاران، ۲۰۰۱).

یکی از کارآمدترین روش‌ها جهت بررسی وضعیت آبی حوزه‌های آبخیز، استفاده از آبنمود سیلاب (Hydrograph) و به ویژه آبنمود واحد (Unit hydrograph) می‌باشد. مفهوم آبنمود واحد نخستین بار در سال