فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اوّل : مقدمه و کلیّات 1

1-1 مقدمه 1
1-1-1 ضرورت انجام تحقیق 2
1-1-2 اهداف تحقیق 3
1-1-3 فرضیّه‌ها 3
1-1-4 کاربرد تحقیق 3
2-1 مفاهیم 4
1-2-1 سامانه آبخیز 4
2-2-1 هیدرولوژی مکانی 4
3-2-1 هیدرولوژی زمانی 4
4-2-1 مقیاس‌های زمانی و مکانی 4
5-2-1 بارش 5
6-2-1 رگبار 5
7-2-1 روان‌آب 5
8-2-1 روان‌آب سطحی 5
9-2-1 ذخایر و هدررفتهای اولیّه 6
10-2-1 سیل 6
11-2-1 باران‌نگار 6
12-2-1 آب نگار 7
13-2-1 ضریب روان‌آب 7
14-2-1 پویایی 7
15-2-1 متغیّر هیدرولوژیکی 7
16-2-1 مدل 8
17-2-1 مدل‌های رگرسیونی 8

فصل دوّم : سابقه تحقیق 9

1-2 مقدّمه 9
2-2 مروری بر مطالعات انجام شده در خارج از کشور 10
3-2 مروری بر مطالعات انجام شده در داخل کشور 12
4-2 جمع بندی 13

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل سوّم: مواد و روش‌ها 14

3-1 مقدمه 14
3-2 معرّفی منطقه 14
3-3 روش انجام تحقیق 18
3-3-1 جمع آوری اطلاعات مورد نیاز 18
3-3-2 انتخاب ایستگاههای مناسب 18
3-3-3 تعیین ضریب روان‌آب سالانه، فصلی و ماهانه 19
3-3-4 انتخاب رگبارهای مناسب 19
3-3-5 بررسی صحّت اطلاعات 19
3-3-6 بارشهای برفی 20
3-3-7 تعیین روان‌آب مستقیم 20
3-3-8 ضریب روان‌آب متوسط کل 20
3-3-9 چارک‌ها و پایه‌های پانزده دقیقه‌ای 21
3-3-10 دهک‌های زمانی ضریب روان‌آب 21
3-3-11 تعیین بارش مازاد 22
3-3-12 تعیین روابط بین متغیّرهای مستقل و وابسته 22
3-3-12-1 رگرسیون دو متغیّره 22
3-3-12-2 رگرسیون خطی چند متغیّره 23
3-3-13 ارزیابی مدل‌های نهایی 24

فصل چهارم: نتایج 26

4-1 مقدّمه 26
4-2 نتایج بررسی تغییرات ضریب روان‌آب سالانه، فصلی و ماهانه 26
4-3 باران‌نگار و آب‌نگارهای سیل‌های مورد مطالعه 27
4-4 نتایج مربوط به مشخصّات رگبارهای مورد مطالعه 36
4-5 نتایج بررسی تغییرات ضریب روان‌آب با حجم بارش 36
4-6 نتایج تغییرات ضریب روان‌آب و میزان بارش در چارک‌های زمانی 36
4-7 نتایج مدل MMF 55
4-8 نتایج مقایسه عملکرد دو مدل MMF در مرحله تخمین 56
4-9 نتایج مقایسه عملکرد دو مدل MMF در مرحله تأیید 56
4-10 نتایج بررسی همبستگی بین ضرایب روان‌آب و دیگر متغیّرهای رگبارهای مطالعاتی 66
4-11 روابط برتر رگرسیونی دو و چند متغیّره 66

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل پنجم: بحث، جمع‌بندی و پیشنهادها 71

5-1 مقدمه 71
5-2 بحث و نتیجه‌گیری 71
5-2-1 تعیین ضریب روان‌آب سالانه، فصلی و ماهانه 71
5-2-2 تعیین مشخصّات رگبارها 72
5-2-3 تغییرات ضریب روان‌آب با حجم بارش 73
5-2-4 چارکهای ضریب روان‌آب 74
5-2-5 بررسی کارآیی مدل MMF 74
5-2-6 رگرسیون دو و چند متغیّره 75
5-3 آزمون فرضیّات 76
5-4 جمع‌بندی 76
5-5 پیشنهادها 77

منابع 78

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول 4-1 مقایسه شاخص‌های آماری درصد ضریب روان‌آب در بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در حوزهٔ آبخیز بار نیشابور 24
جدول 4-2 مشخصّات رگبارهای مورد مطالعه در تحلیل مدل دینامیک ضریب روان‌آب در حوزهٔ آبخیز بار نیشابور 34
جدول 4-3 عمل‌کرد و ضرایب دو مدل MMF تهیّه شده از طریق تحلیل ضرایب روان‌آب رگبارهای جداگانه..... 54
جدول 4-4 مقایسه عمل‌کرد دو مدل MMF تهیّه شده از طریق تحلیل ضرایب روان‌آب رگبارهای جداگانه و میانگین مقادیر کل رگبارها در مرحله تخمین 56
جدول 4-5 مقایسه عمل‌کرد دو مدل MMF تهیّه شده از طریق تحلیل ضرایب روان‌آب رگبارهای جداگانه و میانگین مقادیر کل رگبارها در مرحله تأیید..... 63
جدول 4-6 مقادیر همبستگی بین ضرایب روان‌آب و دیگر متغیّرهای رگبارهای مطالعاتی(N=21) در حوزهٔ آبخیز بار نیشابور . 67
جدول 4-7 روابط برتر رگرسیونی دو و چند متغیّره موجود بین مؤلفه‌های مختلف ضریب روان‌آب و هریک از متغیّرهای بارشی 70

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 3-1 موقعیّت سیمای کلّی حوزهٔ آبخیز بار در استان خراسان رضوی و کشور 16
شکل 3-2 شماتیک محاسبه ضریب روان‌آب در قالب چارک‌ها و پایه‌های پانزده دقیقه‌ای 21
شکل 3-2 نمودار کلی روش کار در بررسی دینامیک ضریب روان‌آب در مقیاس رگبار در حوزهٔ آبخیز بار نیشابور 25
شکل 4-1 باران‌نگار و آب‌نگارهای رگبارهای مورد مطالعه در حوزهٔ آبخیز بار نیشابور 28
شکل 4-2 تغییرات ضریب روان‌آب با حجم بارش تجمعی رگبارهای مورد مطالعه در حوزهٔ آبخیز بار نیشابور 39
شکل 4-3 تغییرات ضریب روان‌آب و میزان بارش در چارک‌های زمانی رگبارهای مورد مطالعه..... 47
شکل 4-4 منحنی برازش داده شده روش اوّل توسط نرم افزار CURVE EXPERT 1.3 55
شکل4-5 منحنی برازش داده شده روش دوّم توسط نرم افزار CURVE EXPERT 1.3..... 55

فصل اوّل : مقدمه و کلیّات

1-1 مقدمه

امروزه سیر صعودی افزایش جمعیت کره زمین از یک طرف و محدودیت منابع طبیعی از طرف دیگر بشر خاکی را وادار به چاره‌اندیشی و اتخاذ تدابیر گوناگون به‌منظور صرفه‌جوئی، بهره‌وری بهینه و آینده‌نگری در این منابع نموده است. آب یکی از نیازهای ضروری انسان می‌باشد که هر چند دو سوّم سطح کره زمین را در بر گرفته است، اما به‌دلیل محدودیّت‌های زمانی و مکانی آن از یک طرف و حجم کم آب شیرین و قابل دسترس از طرف دیگر امروزه ضرورت مدیریت و برنامه‌ریزی آن را اجتناب ناپذیر نموده است. این مطلب تا آنجا دارای اهمیّت است که بعضی از اندیشمندان جنگ‌های آینده بشر را جنگ آب می‌دانند. لزوم استفاده بهینه از منابع محدود آب و اعمال مدیریت‌های صحیح با توجّه به جدیدترین روش‌های علمی و مهندسی کاملاً احساس می‌گردد. این موضوع در کشورهای با منابع آب محدود و به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک جنبه‌های حیاتی‌تر به خود گرفته است. قرار گرفتن کشور ایران روی کمربند مناطق خشک کره زمین در نتیجه کاهش بارندگی و ضریب تغییرات زمانی و مکانی بالای آن (مسعودیان، 1382) اهمیّت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آبی کشور را دو چندان نموده است. با اعمال روش‌های مدیریت مناسب در استفاده از منابع آب موجود علاوه بر این‌که مخارج سنگین توسعه و بهره‌برداری از این منابع به حداقل می‌رسد، میزان استفاده و سطح اطمینان برای این میزان بهره‌برداری از منابع نیز به حد بهینه رسانده می‌شود. بنابراین روشن است که فشار ناشی از نیازهای روزافزون آب از یک طرف و محدودیت منابع موجود از طرف دیگر ما را وادار به اعمال مدیریت علمی در استفاده از منابع آب خواهد کرد. وقوع پدیده‌های طبیعی چون سیل و خشک‌سالی تاکنون موجب بروز خسارات زیادی به جوامع بشری شده است. علی‌رغم این که ایران با بارش معادل یک سوّم بارش متوسط دنیا، کشوری خشک محسوب می‌گردد، در سال‌های اخیر سیلاب‌های مخربی در کشور به‌وقوع پیوسته است. هر سال چندین نفر در اثر سیل جان خود را از دست می‌دهند، هزاران مترمکعب آب-شیرین وارد آب‌های شور شده و از دسترس خارج می‌شود در حالی‌که هر قطره آن ارزش حیاتی دارد. همه ساله میلیون‌ها تن از خاک ارزش‌مند به‌وسیله سیلاب‌ها وارد دریاها و دریاچه‌ها می‌شود (عامریان، 1377). وقوع سیل و آسیب‌های مداوم آن بر مردم در گستره‌ی کشور در حال افزایش می‌باشد، با بررسی سیل‌های

خسارت آفرین 70 سال گذشته (1305-1375)، تعداد 2681 مورد سیل حادثه خیز در کشور به ثبت رسیده به‌طوری که وقوع سیل با فراوانی 4 مورد در سال 1331 به 185 مورد در سال 1375 فزونی یافته است (مقیمی، 1380). آخرین آمار منتشره تعداد دفعات وقوع سیل در طول سال‌های 1330 تا 1380 را 3700 مورد اعلام نموده اند (بی‌نام، 1386). روند طبیعی توسعه در کشورهایی نظیر ایران باعث تخریب محیط زیست و منابع طبیعی شده و خسارات سیل کشور در پنج دهه گذشته مؤید این ادعاست (مهدوی و هاشمی، 1376). جبران خسارات مالی بعد از بروز هر سیلاب منوط به صرف بودجه‌های کلان است در حالی‌که اگر این بودجه‌ها صرف پیش‌گیری از خطر سیل و تعیین و تشخیص مناطق سیل‌گیر شود، صرفه-جویی اقتصادی را به‌دنبال خواهد داشت. به‌همین دلیل لزوم مطالعه و تحقیق در امور مربوط به پیش‌بینی و کنترل سیلاب‌ها و خصوصیّات آن‌ها با استفاده از بارش‌های حاکم بر یک منطقه احساس و در این زمینه تنها اقدامات معدودی صورت گرفته است.

1-1-1 ضرورت انجام تحقیق

روش‌های مختلفی برای برآورد روان‌آب سطحی و دبی حداکثر سیلاب در پروژه‌های مختلف آبخیزداری، کنترل و مهار سیلاب و طراحی اکثر سازه‌های هیدرولوژی وجود دارد. از آنجا که اکثر حوزه‌های آبخیز کشور فاقد ایستگاه هیدرومتری می‌باشد، لذا استفاده از فرمول‌های تجربی برای تخمین متغیّرهای مذکور اجتناب-ناپذیر است. روش‌های مختلفی شامل استدلالی، شماره منحنی، میزان نفوذپذیری و آنالیز سیلاب‌ها جهت برآورد روان‌آب سطحی وجود دارند که یکی از پارامترهای مهّم موجود در اغلب این روش‌ها ضریب روان‌آب سطحی یا جریان[1] است. تجربیّات بسیاری نشان داده است در صورتی‌که اطلاعات مربوط به مؤلفه‌های بارش و سیلاب از دقّت لازم برخوردار باشد، میزان ضریب روان‌آب برآورد شده اختلاف چندانی با میزان اندازه‌گیری شده یا واقعی ندارد (شریفی و همکاران، 1375). در روش‌هایی مانند ضریب جریان در مقیاس طولانی مدّت نظیر ماه و سال، وضعیت جذب و دفع آب در سطح حوزهٔ آبخیز به‌صورت ایستا[2] قابل ارزیابی است. به‌عبارت دیگر جریان سطحی اندازه‌گیری شده در نقطه خروجی حوزه‌های آبخیز برآیند موازنه دراز مدّتی است که در آن کلیّه عوامل دخیل از قبیل توزیع زمانی بارش، تبخیر و تعرق، نفوذ و حرکت آب در سطح و لایه‌های زیرین و بالطبع تلفات مربوط به اثرات خود را به‌طور کامل اعمال می‌کنند (فکور، 1377). در مقیاس کوتاه مدّت که روان‌آب در طول یک پدیده خاصّ بارش مورد برآورد قرار می‌گیرد، شرایط به‌دلیل تأثیر ناچیز عوامل اتلاف، به‌خصوص تبخیر و تا حدودی نفوذ، طبیعتاً مقدار روان‌آب و به‌تبع آن ضرایب جریان به‌مراتب متفاوت‌تر از مقادیر حاصله از شرایط یاد شده در مقیاس دراز مدّت بوده و طبعاً ضرورت انجام مطالعات بیش-تر را تأکید می‌نماید.

[1] Runoff Coefficient
[2] Static

2-1-1 اهداف تحقیق

تحقیق حاضر با هدف اصلی بررسی تغییرپذیری ضریب روان‌آب در طول رگبار و شناسایی عوامل مؤثر بارشی بر آن در حوزهٔ آبخیز بار نیشابور انجام شد. علّت انتخاب این حوزهٔ آبخیز برخورداری آن از اطلاعات جامع بارش و روان‌آب در مقیاس رگبار و نیز قابل دسترس بودن اطلاعات مذکور بوده است. این تحقیق با هدف پاسخ‌گویی به سوالات زیر صورت پذیرفت:

1- تغییرپذیری ضریب روان‌آب در مقیاس یک رگبار چگونه است؟

2- عوامل بارشی مؤثر بر تغییر ضریب روان‌آب رگبارها کدامند؟

3-1-1 فرضیّه‌ها

فرضیّه‌های زیر طی انجام تحقیق حاضر متصوّر بود:

1- تغییرات ضریب روان‌آب در طول یک رگبار معنی‌دار است.

2- شدّت بارندگی چارک اوّل مهّم‌ترین عامل مؤثر بر کنترل ضریب روان‌آب می‌باشد.

4-1-1 کاربرد تحقیق

با به‌دست آوردن ضریب روان‌آب سطحی و بررسی تغییرات آن در شرایط گوناگون، برآورد صحیح روان‌آب سطحی و دبی حداکثر سیلاب‌ها امکان‌پذیر شده که خود از نظر اقتصادی–اجتماعی بسیار مهّم می‌باشد. پیش‌گویی دبی سیلاب‌ها کمک زیادی در برنامه‌ریزی و طراحی سازه‌ها داشته و میزان خسارات احتمالی به اراضی پایین‌دست و مناطق مسکونی را نیز کاهش می‌دهد. تغییرات ضریب روان‌آب سطحی در برنامه‌ریزی‌ها و طرح‌های آبخیزداری، کنترل و مهار سیلاب، طراحی زیرگذر جاده‌ها، محاسبه سرریز سدها و دیگر امور مربوط به عملیّات ساختمانی کاربرد فراوان دارد. از طرفی امکان شبیه‌سازی آب‌نگار جریان و طبعاً نمایش روند تغییر آن طی وقوع رگبار برای تدابیر پیش‌بینی و هشدار سیل از طریق مطالعات پویایی ضریب روان-آب[1] مهیّا خواهد شد.

[1] Runoff Coefficient Dynamic

2-1 مفاهیم

در انجام تحقیق مورد نظر از مفاهیم و مبانی علمی مختلفی استفاده شده که به‌منظور هم‌گونی و تصریح در ارائه، در ذیل به آن‌ها پرداخته شده است.

1-2-1 سامانه آبخیز[1]

مجموعه مرتّب شده‌ای از اجزای به‌هم مرتبط در یک چارچوب زمانی خاصّ که ورودی‌های قابل اندازه‌گیری مشخص را به خروجی‌های قابل اندازه‌گیری مشخص تبدیل می‌کند (صادقی و همکاران، 1383).

2-2-1 هیدرولوژی مکانی[2]

به بررسی و مطالعه تعامل اجزاء مختلف یک سامانهٔ آبخیز و تحلیل تغییرپذیری مکانی آن هیدرولوژی مکانی اطلاق می‌شود. از عوامل مکانی مؤثر بر تعیین مقادیر هیدرولوژیکی یک ناحیه می‌توان عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از منابع رطوبت، شیب کلی زمین، جهت باد، وجود کوهستان ها، کوه‌ها و حرارت نسبی اراضی یا اقیانوس‌های مجاور را نام برد (نجمایی، 1369).

3-2-1 هیدرولوژی زمانی

عوامل مربوط به زمان را می‌توان به‌صورت تغییرات سالانه، فصلی، ماهانه، شبانه‌روزی و حتّی در طول یک رگبار بیان کرد. برای مثال، آمار به‌دست آمده از مقدار متوسط بارش یک ناحیه در مقیاس‌های زمانی مشابه در سال‌های مختلف نشان می‌دهد که مقدار بارش از سالی به سال دیگر متفاوت است (نجمایی، 1369).

4-2-1 مقیاس‌های زمانی و مکانی[3]

به بازه‌های زمانی و گستره‌های مکانی مختلف مورد نظر در تحلیل فرآیندهای مختلف یک سامانه، مقیاس-های زمانی و مکانی اطلاق می‌شود. بررسی مقیاس‌های مختلف در انجام مطالعات هیدرولوژی به‌دلیل تغییرپذیری زیاد فرآیندهای حاکم بر آن‌ها از اهمیّت ویژه‌ای برخوردار است (Singh، 1992). مقیاس‌های مختلف زمانی و یا مکانی ممکن است در ابعاد کوتاه زمانی تا قرن و یا از گسترهٔ کوچک محلی تا جهانی مدّ نظر قرار گیرند (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، 1376).

---

[1] Watershed System
[2] Spatial Hydrology
[3] Spatial & Temporal Scale

1-2-5 بارش[1]

بارش یا بارندگی رطوبتی است که به‌صورت مایع یا جامد از ابرها جدا می‌شود و به سطح زمین می‌رسد. بارش تنها بردار ورودی چرخه هیدرولوژی است و هر نوع تحلیل در خصوص ورود و خروج از یک سامانهٔ نیاز به تفسیر اطلاعات ورودی دارد (بهبهانی، 1380). بارندگی را می‌توان مهّم‌ترین پارامتری دانست که به‌طور مستقیم در چرخه هیدرولوژی دخالت دارد (علیزاده، 1384). بارندگی در یک حوزهٔ آبخیز به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود که اهمیّت هر یک از آن ها بستگی به شرایط موجود آن آبخیز دارد (مهدوی،1381).

1-2-6 رگبار[2]

رگبار در تعریف عام به هر نوع بارش شدید و منقطع گفته می‌شود امّا از نظر علمی بر اساس تعریف سازمان هواشناسی جهانی هر نوع بارشی که از ابرهای جوششی (کومولی فرم) ریزش نماید را اصطلاحاً رگبار می-گویند (مرادی، 1383). هم‌چنین از دیدگاه هیدرولوژی رگبار غالباً بارانی با شدّتی بیش‌تر از معمول و مدّت نسبتاً کوتاه است که معمولاً روی پهنه کوچکی فرو می‌ریزد (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، 1376).

1-2-7 روان‌آب[3]

روان‌آب یا جریان آبراهه[4] شامل حرکت ثقلی آب در آبراهه‌هاست. روان‌آب به آورد رودخانه و یا آب‌دهی یک آبخیز اطلاق می‌گردد و معمولاً به‌صورت حجم آب در واحد زمان نشان داده می‌شود (بهبهانی، 1380). در ایجاد پدیدهٔ روان‌آب پارامترهایی نظیر خصوصیّات هندسی حوزهٔ آبخیز، وضعیت خاک، سازندهای زمین شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و اقلیم منطقه تأثیرگذار هستند (علیزاده، 1384). روان‌آب در کل به سه جزء روان‌آب سطحی، زیرسطحی و زیرزمینی تقسیم می‌شود (Chow و همکاران، 1988).

1-2-8 روان‌آب سطحی[5]

جریان‌ها یا روان‌آب‌های سطحی، مازاد بارشی است که پس از تبخیر، نگهداشت و نفوذ، در مسیل جریان می-یابد و به‌صورت روان‌آب‌های کوچک، جویبارها و نهرها به انشعاب اصلی رودخانه می‌ریزد. روان‌آب بخشی از ریزش‌های آسمانی و یا به‌عبارت ساده‌تر بخشی از برف و بارانی است که بر حوزهٔ آبخیز می‌بارد. این روان‌آب در بستر رودخانه جریان یافته و یک جریان دایمی یا غیردایمی را به‌وجود می‌آورد. به‌این بخش از بارندگی که

---

[1] Precipitation
[2] Shower
[3] Runoff
[4] Stream Flow
[5] Surface Runoff

می‌توان مقدار آن را در رودخانه اندازه‌گیری کرد، روان‌آب سطحی یا بارش مازاد[1] می‌گویند (علیزاده، 1384). عوامل جغرافیایی (عناصر اقلیمی، وضعیت خاک و شرایط زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، مخازن مصنوعی و طبیعی آب، فعالیّت‌ها و مدیریت انسانی) و عوامل ژئومورفولوژیک (اندازه و شکل حوزهٔ آبخیز، مشخصّات و شیب رودخانه اصلی و شیب آبخیز) بر تولید روان‌آب سطحی دخالت دارند (ضیائی، 1380).

1-2-9 ذخایر و هدررفت‌های اولیّه

هنگامی‌که بارش آغاز می‌گردد مقدار آن به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شود. مقداری از آن به‌صورت نفوذ، بخشی دیگر به‌صورت برگاب و نگهداشت سطحی در می‌آید. تا هنگامی‌که نفوذ، برگاب و نگهداشت سطحی به حد معینی نرسیده باشد روان‌آب اتفاق نمی‌افتد و یا بسیار ناچیز است. به مجموعه بارش اختصاص داده شده به اجزاء مختلف به‌جز روان‌آب خروجی، اصولاً ذخایر و یا هدررفت اولیّه اطلاق می‌شود (اعتمادی، 1376؛ Singh، 1992). مقادیر متوسط این ذخایر یا هدررفت‌ها با شاخص‌های مختلف از قبیل ϕ و یا W ارزیابی می‌شود (مهدوی، 1381).

1-2-10 سیل[2]

به آن قسمت از نزولات جوّی اطلاق می‌شود که به‌صورت جریان سطحی و یا زیرسطحی به‌طرف آبراهه‌ها، رودخانه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها حرکت می‌کند و صرف‌نظر از عامل ایجاد آن، سطح آب از اطراف سرریز شده و زمین‌های اطراف را فرا می‌گیرد، بر حسب عرف دارای جریان غیر عادی و عموماً با خسارات زیاد مالی و هم‌چنین جانی همراه است (طالب بیدختی و همکاران،1382).

1-2-11 باران‌نگار[3]

نمودار ستونی شدّت بارش نسبت به وقفه‌های زمانی مختلف باران‌نگار نامیده شده است. این نمودار از منحنی جرم بارش استخراج شده است. از این نمودار برای نمایش خصوصیّات یک بارندگی استفاده می گردد و در طراحی رگبارها و پیش‌بینی سیلاب‌ها اهمیّت دارد. سطح زیر نمودار نمایش‌گر مجموع بارندگی دریافت شده در آن فاصله زمانی است. معمولاً انتخاب فاصله‌های زمانی برای رسم باران‌نگار بستگی به هدف استفاده دارد. مزیّتی که باران‌نگار نسبت به منحنی جرم دارد نمایش مقادیر تغییرات شدّت بارندگی در ابعاد طولی با مقیاس بزرگ است که به‌راحتی می‌توان با آب‌نگار روان‌آب حاصله از بارش در یک مقیاس مقایسه نمود (بهبهانی، 1380). مؤلفه‌های اساسی و مهّمی از قبیل شدّت‌های حداکثر و با مقاطع زمانی مختلف، مرکز ثقل و چارک‌ها برای باران‌نگارها مورد بررسی قرار می‌گیرند. شدّت‌های مطالعاتی از طریق تقسیم مقدار بارندگی اتّفاق افتاده بر

[1] Excess Runoff
[2] Flood
[3] Hyetograph

فواصل زمانی مورد مطالعه حاصل می‌شود. مرکز ثقل بارش نیز از محاسبه گشتاور مقادیر هر قطعه از بارندگی در زمان‌های مختلف برآورد می‌گردد. هم‌چنین سه مقداری از متغیّر که کل فراوانی را به چهار قسمت تقسیم می‌کنند چارک‌ها[1] نامیده می‌شوند. مقدار وسطی را میانه و دو مقدار دیگر را به‌ترتیب چارک بالا و چارک پایین می‌نامند (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، 1376).

1-2-12 آب نگار[2]

آب نگار و یا آب‌نمود، نموداری است که تغییرات دبی، سطح و سرعت آب را نسبت به زمان نشان می‌دهد. در موارد کاربردی اصولا آب‌نگار نمایان‌گر تغییرات دبی نسبت به زمان می‌باشد. هر آب‌نگار از سه قسمت اصلی بازوی بالارونده، نقطه اوج یا تاج اوج و بازوی پایین‌رونده تشکیل شده است. بازوی بالارونده نشان دهنده شدّت افزایش دبی سیل نسبت به زمان، نقطه اوج محل وقوع بالاترین دبی آب‌نگار و بازوی پایین رونده‌نشان-دهنده سرعت تخلیه سیلاب از حوزهٔ آبخیز می‌باشد (علیزاده، 1384).

1-2-13 ضریب روان‌آب[3]

نسبت دبی اوج روان‌آب مستقیم به میانگین شدّت بارندگی در یک واقعه بارشی را گویند (بهبهانی،1380). از آنجایی که شدّت بارندگی خیلی متغیّر می‌باشد تعیین چنین عدد میانگینی از اطلاعات بارندگی مشکل است، بنابراین ضریب روان‌آب را اصولاً به‌عنوان نسبتی از ارتفاع بارندگی می‌دانند که در سطح زمین جریان می‌یابد و بستگی به‌عواملی هم‌چون شدّت نفوذپذیری خاک، ذخیره چالابی، تراکم پوشش گیاهی، شدّت بارندگی و شیب زمین دارد (مهدوی، 1381). این ضریب معمولاً برای یک بارندگی به‌کار می‌رود اما در بعضی مواقع دیده شده که برای بارندگی‌ها و جریان رودخانه ماهانه و سالانه نیز به‌کار گرفته شده است (بهبهانی،1380).

1-2-14 پویایی[4]

تغییرپذیری اجزاء موجود در یک سامانه، دینامیک یا پویایی متغیّر مورد بررسی نامیده می‌شود و طبعاً نقش مقادیر متغیّرهای موجود در حافظه سامانه بر خود اجزاء آن مورد توجه قرار می‌گیرد (صادقی و همکاران، 1383).

1-2-15 متغیّر هیدرولوژیکی

به‌طور کلی هر کمّیتی که تغییر می‌کند متغیّر نامیده می‌شود. به‌صورت خیلی دقیق، یک متغّیر کمّیتی است که می‌تواند هر یک از عناصر یک مجموعه معیّن را اختیار کند. یک متغّیر ممکن است پیوسته یا ناپیوسته

[1] Quartiles
[2] Hydrograph
[3] Runoff Coefficient
[4] Dynamics

باشد (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، 1376). به‌این ترتیب یک متغیّر هیدرولوژیکی عبارت از یک مشخّصه از یک سامانه آبی است که در زمان های مختلف، مقادیر متفاوت داشته و قابل اندازه‌گیری است (مزیّن، 1382).

1-2-16 مدل[1]

مدل نماینده ساده شده‌ای از کل یک سامانه می‌باشد و به‌عبارتی نمایان‌گر واقعیت‌هایی است که در یک سامانه وجود دارد. سامانه خود عبارتست از مجموعه پارامترها و متغیّرهایی که به‌منظور تحقّق هدف خاصّی گرد هم آمده‌اند. هر یک از عوامل این مجموعه دارای وظیفه و کنشی معین می‌باشند که با اجرای آن و تأثیر روی یک‌دیگر موجب بازدهی کل مجموعه می‌گردد. به این ترتیب مدل در یک سامانهٔ آبخیز عبارت از مراحلی است که نمایان‌گر تقریبی از کلیّه فرآیندهایی است که در یک حوزه آبخیز حادث می‌گردد (تلوری، 1375).

1-2-17 مدل‌های رگرسیونی[2]

تحلیل رگرسیون روشی آماری برای مدل‌سازی رابطه بین متغیّرهاست. این روش در کلیّه رشته‌های علوم مورد استفاده قرار می‌گیرد (مصداقی،1383). در هیدرولوژی نیز برای برآورد آماره‌های توزیع متغیّرهای تصادفی مانند مؤلفه‌های مختلف بارش و روان‌آب، میانگین، انحراف معیار با دوره بازگشت معین برای جریان-های کمینه، سیل و غلظت آلودگی به‌صورت تابعی از ویژگی‌های فیزیوگرافی و دیگر پارامترهای حوزهٔ آبخیز از تحلیل رگرسیون در انواع دو و چند متغیّره با شکل‌های ساده و تغییر شکل یافته متغیّرها استفاده می‌شود (Shrestha و همکاران، 2005).

[1] Model
[2] Regression Models

فصل دوّم : سابقه تحقیق

2-1 مقدّمه

مطالعات زیادی برای تعیین ضریب روان‌آب سطحی انجام یافته است که در هر یک از آن‌ها جدول‌هایی ارائه داده شده که از یک یا چند عامل استفاده می‌گردد. هم‌چنین مطالعات زیادی در مناطق مختلف انجام شده است که منجر به ارائه فرمول شده که در آن فرمول میزان متوسط ضریب روان‌آب برای منطقه خاصّ ارائه گردیده است. در گروهی دیگر از مطالعات، با استفاده از روش‌های برآورد روان‌آب سطحی، یک رابطه بین عوامل موجود در آن روش و ضریب روان‌آب سطحی به‌دست آمده است که با تعیین آن عامل مورد نظر می-توان ضریب روان‌آب را تعیین نمود. تحقیقات انجام‌شده در سطح جهان دلالت بر نقش کنترل‌کنندگی وضعیّت زمین و خصوصیّات حوزهٔ آبخیز (روش جامعه آمریکایی مهندسین عمران[1] وکمیته آلودگی آب[2]، رابطه Mc Math، رابطه Hafbaure، جدول Richard)، سطح غیرقابل نفوذ (جدول Chow)، پوشش گیاهی (جدول Curmel و جدول AL-Binonie)، مقدار بارندگی (جدول T.G.Barlow و جدول AL-Binonie) و مدیریت حاکم بر سامانه (جدول Chow) دارد (گش، 1377؛ ضیائی، 1380 و مهدوی، 1381). حال آن‌که مطالعات مرتبط با تغییرپذیری روان‌آب در مقیاس‌های مختلف زمانی و خصوصاً تحلیل آن در مقیاس رگبار بسیار معدود می‌باشد. در ذیل به اهمّ سوابق مرتبط بررسی تغییر ضریب روان‌آب در مقیاس‌های مختلف زمانی در مناطق مختلف پرداخته می‌شود.

[1] American Society of Civil Engineers, ASCE
[2] Water Pollution Committee

2-2 مروری بر مطالعات انجام شده در خارج از کشور

Torri و همکاران (1999) تغییرات ضریب روان‌آب در فصول مختلف یک حوزهٔ آبخیز در ایتالیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که ضریب روان‌آب از صفر در تابستان تا 85 درصد در فصل زمستان متغیّر بوده است. هم‌چنین آن‌ها ارتباط نمایی بین ضریب روان‌آب با بارش تجمعی و انرژی سینماتیک باران در دو تیمار پلات‌های آزمایشی و کل حوزهٔ آبخیز برقرار نمودند.

Gergov و Lozanova (2005) ضمن طرح ایده تغییرات دینامیک ضریب روان‌آب، به بررسی تغییرات آن در مقیاس یک رگبار در حوزهٔ آبخیز Yundola در بلغارستان پرداختند. نتایج تحقیق ایشان مشخصاً دلالت بر افزایش ضریب روان‌آب از ابتدا تا انتهای رگبار بوده است. آن‌ها هم‌چنین اعتقاد بر اختلاف روند تغییر با توجّه به شرایط حاکم بر سامانهٔ آبخیز داشتند.

Merz و همکاران (2006) در رابطه با متغیّرهای زمانی و مکانی مؤثر بر ضریب روان‌آب در 337 حوزهٔ آبخیز اتریش تحقیق نموده و مشاهده کردند که بین ضریب روان‌آب و بارش متوسط سالانه همبستگی بالایی وجود دارد. در حالی‌که در رابطه با نوع خاک و کاربری اراضی این همبستگی در سطح پایینی وجود داشت. آن ها برای پنج حالت مختلف شامل سیلاب‌های ناگهانی، بارش‌های کوتاه مدّت، بارش‌های بلند مدّت، باران و برف توأم و سیلاب حاصل از ذوب برف ضریب روان‌آب را تعیین کردند.

Tapia و همکاران (2006)، ضریب روان‌آب لحظه‌ای در حوزهٔ آبخیز رودخانه Tutuven شیلی را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها ضریب مذکور را برای 30 رگبار طی سال‌های 1982 تا 1997 در سه بازهٔ زمانی 1، 2 و 4 ساعته با سه پوشش گیاهی و سه رطوبت پیشین مختلف توسط روش شماره منحنی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیشینه ضریب روان‌آب در فواصل زمانی یک ساعته و در مناطق دارای رطوبت بالای خاک و پوشش گیاهی ضعیف را مشاهده کردند. در مناطقی که پوشش گیاهی بیش‌تر و خاک خشک‌تر بود، ضریب روان‌آب کم‌تری به‌دست آمد. ایشان شدّت بارندگی را مهّم‌ترین فاکتور تعیین کننده ضریب روان‌آب در منطقه معرّفی نمودند. نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی در این تحقیق بین میزان بارش روزانه و ضریب روان‌آب تخمین‌های مناسبی با ضریب تبیین 0/84 تا 0/97 ارائه نموده است.

Shi و همکاران (2007) طی تحقیقی در منطقه Shenzhen چین روی تغییرات ضریب روان‌آب توسط مدل SCS انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که بارش‌هایی با احتمال وقوع بالاتر، دارای ضریب روان‌آب بیش-تری می‌باشند.

Zhang و همکاران (2007) با استفاده از معادلات رگرسیونی بارش-روان‌آب متوسط، ضریب روان‌آب در سال‌ها و ماه‌های مختلف در دو حوزهٔ آبخیز مجاور در چین را مورد بررسی قرار داده و دریافتند که حوزهٔ

Qiaozixi در سال‌ها و ماه‌های مشابه دارای ضریب روان‌آب بیش‌تری نسبت به حوزهٔ Qiaozidong که عملیّات کنترل سیلاب در آن صورت پذیرفته، بوده است.

McIntyre و همکاران (2007)، 36 رگبار در حوزهٔ آبخیز Wadi Ahin عمان را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها رابطه بین دبی اوج، حجم روان‌آب و ضریب روان‌آب را با چهار پارامتر بارش و یک شاخص رطوبت پیشین مطالعه نمودند. نتایج نشان داد حجم بارش کنترل‌کننده اولیّه حجم روان‌آب و دبی اوج بوده‌است. ایشان ارتباط معنی‌داری بین افزایش رطوبت پیشین با افزایش حجم و اوج روان‌آب مشاهده نمودند. هم‌چنین با افزایش متغیّرهای فضایی بارش، شاهد افزایش روان‌آب و دبی اوج آن بودند. ضریب روان‌آب در رگبارهای حوزهٔ آبخیز مطالعاتی بین 2 تا 36 درصد به‌دست آمد.

Xu و همکاران (2007)، ارتباط ضریب روان‌آب با ساختار زمین در حوزهٔ آبخیز رودخانه Heishui از سرشاخه‌های رودخانه Minjiang را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که میانگین ضریب روان‌آب سالانه به‌ترتیب در حوزه‌های آبخیز جنگلی-علفی بیش‌تر از جنگلی، جنگلی بیش‌تر از جنگلی و علف-بوته‌ای و نهایتاً بیش‌تر از جنگلی-بوته‌ای بوده‌است. آنها این تغییرات را به نوع پوشش زمین، میانگین ارتفاع و جهت شیب رو به باد وابسته دانستند. نتایج نشان داد در حوزه‌های آبخیز جنگلی-بوته‌ای، میانگین و ضریب روان-آب سالانه تحت تأثیر بارش متوسط سالانه، میانگین تبخیر و تعرّق سالانه و میانگین درجه شیب بود و هم-چنین برای حوزه‌های آبخیز جنگلی-بوته‌ای و جنگلی-علفی-بوته‌ای متغیّرهای بارش متوسط سالانه، میانگین تبخیر و تعرّق سالانه و نسبت مساحت مناطق جنگلی به علفی بیش‌ترین نقش در تعیین ضریب مذکور را داشتند.

Sen (2008)، تغییرات ضریب روان‌آب لحظه‌ای و دبی اوج را با استفاده از یک سری ورودی‌های فرضی در ترکیه مدل‌سازی نمود. نتایج نشان داد ضریب روان‌آب با توجّه به تغییرات بارش و روان‌آب در بازه‌های زمانی متفاوت بوده‌است. ایشان یک مدل نمایی را برای تغییرات ضریب روان‌آب در فواصل زمانی بسیار کوچک با فرض ثابت بودن دیگر متغیّرها، ارائه نمود. ساختار ریاضی مدل پیشنهادی موجب کاهش ضریب روان‌آب در مدل‌های استدلالی و SCS گردیده و بر همین اساس درک بهتری از سامانه آبخیز را ارائه داد.

Al-Qurashi و همکاران (2008)، کاربرد مدل بارش-روان‌آب Kineros2 در حوزهٔ آبخیزی در عمان را مورد مطالعه قرار دادند. دامنه ضریب روان‌آب مشاهده‌ای برای 36 رگبار مورد مطالعه بین 2 تا 38 درصد بوده است، درحالی که مدل Kineros2 ضریب روان‌آب رگبارهای مطالعاتی را بین 4 تا 79 درصد محاسبه نمود. نتایج به‌دست‌آمده، عدم یقین‌های زیادی در کارآیی مدل مذکور در حوزهٔ آبخیز مطالعاتی را تأیید نمود.

3-2 مروری بر مطالعات انجام شده در داخل کشور

شریفی و همکاران (1375) با ارزیابی ضریب رواناب ناشی از بارش در حوزۀ آبخیز کسیلیان به این نتیجه رسیدند که ضریب روان‌آب حاصل از روش SCS به تغییرات شماره منحنی بسیار حساس است. آنها همبستگی معنی‌داری بین میزان بارش، ارتفاع روان‌آب و دبی پیک مشاهده نمودند. هم‌چنین با مقایسه روش منطقی[1] و شماره منحنی[2] دریافتند که روش شماره منحنی در سطح بسیار بالایی در مقایسه با روش منطقی معنی‌دار می‌باشد.

نورجو (1376) ضریب جریان در حوزه‌های آبخیز غرب دریاچه ارومیه به‌منظور برآورد آب قابل استحصال را مورد تحقیق قرار داد. نتایج بررسی ایشان نشان داد که ضریب روان‌آب در فصول مختلف به‌دلیل اختلاف در نوع نزولات در فصول بهار و تابستان و طبعاً وجود ذخایر برفی موجود در ارتفاعات برخی از حوزه‌های آبخیز متفاوت بوده است.

اعتمادی (1376) تغییرات ضریب روان‌آب سطحی در مقیاس ماهانه و فصلی در حوزۀ آبخیز درجزین سمنان را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که ضریب روان‌آب در دوره‌های مورد بررسی با شدّت بارندگی و میزان رطوبت پیشین خاک رابطه مستقیم و با درجه حرارت و میزان تبخیر و تعرّق رابطه عکس دارد.

قهرمان و همکاران (1383) تغییر روابط بارش-روان‌آب سالانه در شرایط مختلف اقلیمی در دو حوزۀ آبخیز کشف‌رود و اترک را مطالعه نمودند. آن‌ها دریافتند که ضریب همبستگی بین ضریب جریان و مقدار بارندگی صرف‌نظر از نوع معادله، همواره مثبت و با افزایش میزان بارندگی، ضریب جریان در حوزۀ آبخیز مطالعاتی افزایش داشته است.

اسلامیان و همکاران (1385) در حوزۀ آبخیز بازفت استان چهارمحال و بختیاری در رابطه با تحلیل ضرایب روان‌آب و همبستگی بین روان‌آب و بارش تحقیق نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از آمار روان‌آب کل برای بیان ضریب روان‌آب صحیح نبوده و باید از آمار روان‌آب مستقیم ناشی از رگبارهای هم‌زمان استفاده شود. از طرف دیگر، محاسبه این ضریب برای دوره‌های زمانی سالانه و فصلی، نتایج واقعی‌تری را نسبت به دوره‌های زمانی ماهانه نشان داده است. هم‌چنین بیش ترین همبستگی بین بارندگی و روان‌آب مربوط به ماه آبان و فصل پائیز و کم‌ترین آن مربوط به ماه خرداد و فصل تابستان بوده است.

اسلامی و ثقفیان (1387) نقش عوامل مورفومتری و اقلیمی حوزۀ آبخیز در تولید جریان های سیلابی در حوزه های آبخیز ناحیه غربی خزر را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که مقادیر دبی جریان با افزایش مساحت حوزۀ آبخیز، تا یک مقد ار معینی افزایش و سپس روند کاهشی را دنبال می‌کنند. در این‌خصوص نقطه اوج منحنی‌های دبی با دوره بازگشت‌های بالاتر، در مساحت‌های بین 400 تا 500 کیلومترمربع واقع

[1] Rational Method
[2] Curve Number

گردید. این بدان‌معنی است که در حوزه‌های آبخیز بزرگ‌تر و به ویژه کم بارش به دلیل فرآیند تلفات بین راهی (انتقال) بیش‌تر، ضریب روان‌آب و به عبارتی بده جریان ویژه کاهش می‌یابد .

4-2 جمع بندی

همان‌گونه که از بررسی سوابق تحقیق استنتاج می‌گردد در زمینه تغییرات ضریب روان‌آب در مقیاس سالانه (Merz و همکاران، 2006؛ Shi و همکاران ، 2007؛ Zhang و همکاران، 2007، شریفی و همکاران، 1375)، فصلی (Torri و همکاران، 1999؛ Zhang و همکاران، 2007؛ اعتمادی، 1376)، و نیز ماهانه (Zhangو همکاران، 2007؛ اسلامیان و همکاران، 1385) تحقیقاتی صورت گرفته است. هم‌چنین تحقیقات زیادی توسط افراد مختلف در حوزه‌های آبخیز گوناگون با شرایط متغیّر انجام گرفته است و هر یک از آن‌ها با در نظر گرفتن عوامل مختلفی که در میزان ضریب روان‌آب سطحی دارند موفق به ارائه فرمول‌های تجربی زیادی شدند. در حوزه‌های آبخیز Ganga، Yamana و Sharda از مناطق کوهستانی هیمالایا ارتباط توانی بین ارتفاع بارش سالانه و ضریب روان‌آب سالانه به‌دست آمد. در حوزه‌های آبخیز Garaye، Sofara و Khakhara در هندوستان و هم‌چنین برخی حوزه‌های ایسلند، آلمان و شرق آمریکا معادلات خطی بین بارش و ضریب روان‌آب سالانه محاسبه و معرفی گردید (به نقل از اعتمادی، 1376)، حال آن‌که در زمینه تغییرات ضریب روان‌آب در مقیاس یک واقعه رگبار، تنها تحقیقات انجام شده توسط Gergov و Lozanova (2005)، Merz و همکاران (2006) و نیزMcIntyre و همکاران (2007) مشخصاً در این راستا و مراجع مرتبط با آن‌ها قابل دست‌رس بوده که ضرورت انجام مطالعات و بررسی‌های گسترده در این زمینه را تأکید نموده است.

فصل سوّم: مواد و روش‌ها

3-1 مقدمه

وجود پستی و بلندی در سطح زمین باعث می‌شود هنگام نزول باران و ایجاد روان‌آب سطحی، آب از ارتفاعات در امتداد شیب زمین و در جهات مختلف جریان پیدا کرده و به‌سمت نقاط پست زمین حرکت کند. در این بین، شناسایی ویژگی‌ها و خصوصیّات فیزیکی حوزه‌های آبخیز جهت انجام مطالعات شناسایی و اجرایی حائز اهمیّت می‌باشد. این خصوصیّات شامل یک سری پارامترهای فیزیکی بوده که مقدار آن برای هر حوزهٔ آبخیز نسبتاً ثابت و نشان‌دهنده وضعیت ظاهری آن حوزهٔ آبخیز می‌باشد. لذا به‌منظور بهره‌برداری بهینه از منابع آبی و اتخاذ تدابیر علمی و فنی کارشناسی دارای اهمیّت زیاد است. حوزهٔ آبخیز بار از جمله حوزه‌های است که با توجّه به ویژگی‌های فیزیکی در رابطه با سیلاب‌های تولیدی با معضلات خاصّی مواجه بوده و با توجّه به برخورداری از داده‌های جامع و گسترده قابل دسترس برای تحقیق حاضر مدّ نظر قرار گرفته است.

3-2 معرّفی منطقه

محدودهٔ مورد مطالعه (حوزهٔ آبخیز بار- اریه نیشابور) به مساحت 11388 هکتار در جنوب غربی سلسله جبال بینالود قرار گرفته است. از شمال به حوزهٔ آبخیز بازه سرحصار و منطقه هفت چاه، از جنوب به حوزه آبخیز طاغان، از شرق به حوزه آبخیز فریزی و از غرب به حوزه آبخیز بقیع محدود می‌گردد (شکل 3-1). این منطقه در 82 کیلومتری شمال غربی مشهد واقع است. حوزهٔ آبخیز مذکور در حد واسط "38 '27 °36 تا "32 '36 °36 عرض شمالی و"46 '40 °58 تا "31 '49 °58 طول شرقی قرار دارد. متوسط ارتفاع حوزهٔ آبخیز بار 2226 متر، حداکثر ارتفاع حدود 2861 متر و حداقل ارتفاع در خروجی حوزهٔ آبخیز و در محل ایستگاه هیدرومتری 1580 متر می‌باشد. محیط حوزهٔ آبخیز 54 کیلومتر و شیب متوسط آن 11/9 درصد محاسبه گردیده است. ضریب گراویلیوس حوزهٔ آبخیز 1/41، طول مستطیل معادل آن 21/8 کیلومتر و عرض مستطیل معادل 5/3 کیلومتر گزارش گردیده است. منطقه مورد مطالعه، منطقه‌ای کوهستانی و سیل-خیز می‌باشد. از مهّم‌ترین ارتفاعات منطقه می‌توان کوه‌های چاه‌گنجی، برشو، دال‌خان، مرغ‌مدی و کوه

کمرسفید را نام برد. بار، روستایی بسیار بزرگ،کشیده و در نزدیکی خروجی حوزۀ آبخیز واقع است (بی‌نام، 1383 الف).