



دوره ۳۲، شماره ۲، شماره پیاپی ۱۲۳، تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۵۹-۴۳
شناسه دیجیتال: 10.22092/wmej.2019.123122.1145

پژوهش‌های آب‌نخرداری

ارزیابی تغییر زمانی و مکانی آب سطحی مازاد در برخی از آبخیزهای استان اردبیل

رئوف مصطفی‌زاده*

(نویسنده‌ی مسئول) * استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

سیدسعید نبوی

دانش آموخته‌ی کارشناسی‌ارشد مهندسی آب‌نخرداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

سیدمسعود سلیمان‌پور

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آب‌نخرداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

رقیه آسیابی‌هیر

دانش آموخته‌ی کارشناسی‌ارشد مهندسی آب‌نخرداری، گروه منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

*ایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: raofmostafazadeh@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲ شهریور ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ۲۱ اسفند ۱۳۹۷

چکیده

ارزیابی تغییر کمی منابع آب سطحی در مقیاس زمان و مکان در برخی از آبخیزهای استان اردبیل، امکان موازنه و تخصیص بهینه‌ی منابع آب را در وضعیت فعلی و آینده فراهم خواهد آورد. مدیران منابع آب نیازمند دسترسی به اطلاعات اعتمادکردنی از میزان آب دسترس و مصرف‌های آن برای تصمیم‌گیری در تخصیص این منابع‌اند. هدف از این پژوهش برآورد مقدار آب مازاد جریان سطحی رودخانه در زیرحوضه‌های استان اردبیل در مقیاس ماهانه است. داده‌های آب‌دهی ثبت‌شده در ۲۳ ایستگاه آب‌سنجی در سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۳ در ۲۱ حوضه ارزیابی شد. شاخص کم‌بود آب (WSI) و شاخص کم‌بود آب با نگاه به جریان زیست‌محیطی (WSIef) نیز محاسبه شد. طبق نتایج، حجم آب مازاد در همه‌ی ایستگاه‌ها به‌استثنای چهار ایستگاه مشیران، بوران، دوست‌بیگللو و سامیان، در بیش‌تر ماه‌ها و فصل‌های مختلف و به‌خصوص ماه‌های گرم سال چندان زیاد نیست. اختلاف میان نتایج شاخص WSI و WSIef نشانگر این واقعیت است که در استان اردبیل برای تأمین نیازهای بخش‌های مختلف کشاورزی، خانگی، و صنعت نه‌تنها جریان و آب‌دهی طبیعی رودخانه مصرف می‌شود، بل که جریان زیست‌محیطی نیز از رودخانه برداشته می‌شود. با برداشتن جریان زیست‌محیطی و در نظر نگرفتن آن در نظام مدیریتی منابع آب، حیات زیست‌بوم‌های وابسته به جریان‌های سطحی در خطر خواهد بود.

واژگان کلیدی: آب مازاد، تخصیص، جریان زیست‌محیطی، شاخص کم‌بود آب، مدیریت منابع آب

مقدمه

در جهان امروز عواملی همچون افزایش چشم‌گیر جمعیت کره‌ی زمین و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع محیط زیست برای تأمین نیازهای اقتصادی، تأثیر خاص خود را بر منابع آب برجای گذاشته است. به‌طوری که از دیدگاه سازمان ملل متحد مسائل مربوط به بحران و مدیریت آب دومین مسأله‌ی اصلی جهان پس از مشکل جمعیت است. آب مایه‌ی حیاتی است که تأثیر جدی بر مسیر تاریخ انسان گذاشته است (نبوی و همکاران ۲۰۱۷). فراوانی آب، جوامع را قادر ساخته است که به شکوفایی و پیش‌رفت دست یابند، و برعکس، کم‌بود آن باعث شده است که جوامع پسرقت کنند (دولت‌یار و گری ۲۰۰۰). امکان افزایش منابع آب شیرین جهان و حل این بحران وجود ندارد؛ تنها کاری که می‌توان کرد، بهبود روش‌های استفاده از آن است (بیران و هنربخش ۲۰۰۸). در ۳۰ سال گذشته، موازی با رشد جمعیت و توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی، مصرف آب در جهان ۳۵ برابر شده، و بیش از نیمی از این افزایش، از سال ۱۹۵۰ به بعد رخ داده است (آبراموتیز ۱۹۹۶). تنها عوامل محیطی در ایجاد بحران آب کشور موثر نیست، بل که به‌دلیل نبود مدیریت صحیح در مدیریت منابع آب در سه دهه‌ی اخیر، و استفاده‌ی بی‌رویه از آب‌های سطحی و زیرزمینی منابع آب کشور را با خطرهای جدی روبه‌رو کرده است. با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر، توسعه‌ی شهری و روستایی، و مدیریت نادرست در بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی، امروزه مدیریت بهینه‌ی منابع آب، یکی از مهم‌ترین برنامه‌های کشورها دانسته می‌شود (روزبهرانی و همکاران ۲۰۱۵). روی کردهای مدیریت یک‌پارچه‌ی منابع آب نیازمند برنامه‌ریزی مدون بهره‌برداری از این منابع در مقیاس آبخیز است. بهره‌برداری بهینه از آب مخزن سدها برای مدیریت منابع آب خود نیازمند اطلاعات جامعی از وضعیت آینده‌ی منابع آب دست‌رس و نیاز آبی آینده است. تعیین توان منابع آب سطحی مازاد در واحدهای آب‌شناسی بر اساس اطلاعات موجود، امکان تهیه‌ی خط‌مشی جامع و به‌روز، و الگوی مکانی تولید و تخصیص منابع آب فراهم می‌آورد (مهری و همکاران ۲۰۱۷). تعیین میزان آب‌دهی در یک بازه‌ی زمانی طولانی از مواردی است که به کاهش اثرهای اقتصادی و اجتماعی دوره‌های خشکی در مقیاس منطقه‌ی و ناحیه‌ی کمک می‌کند (گونتر و برونسترت ۲۰۰۰). آب دست‌رس، میزان آب تولیدی از آبخیز منهای آبی است که به استفاده‌های ضروری مانند مصارف شرب، خانگی و بهداشت، استفاده‌ی صنعتی یا کشاورزی اختصاص می‌یابد (الکساندر ۲۰۰۹). فتاحی و مقدم (۲۰۰۹) روند تغییر کمی و کیفی منابع آب آبخیز استان قم را بررسی کردند. میزان آب ورودی از دو رودخانه‌ی قم‌رود و قره‌چای به آبخیز استان تا قبل از احداث سدهای ۱۵

خرداد و غدیر ساوه، ۶۹۸ میلیون متر مکعب بود، که با احتساب جریان‌های سطحی بارندگی، کل حجم آب‌های سطحی استان به ۷۵۰ میلیون متر مکعب می‌رسید. خروجی از این حوضه، در محل ایستگاه کوه سفید، تا قبل از این سدها ۲۶۱ میلیون متر مکعب بود، در حالی که بعد از احداث دو سد به ۶۶ میلیون متر مکعب تقلیل یافت. با احداث این دو سد، آب ورودی رودخانه‌های قم‌رود و قره‌چای به آبخیز استان قم به کم‌ترین اندازه کاهش یافت. نتایج ایشان نشان داد که در مجموع، روند تغییر کمی و کیفی منابع آب استان قفامت شدیدی کرده‌است. معروفی و طبری (۲۰۱۱) روند تغییر سالانه، فصلی و ماهانه‌ی آب‌دهی رودخانه‌ی مارون را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و سن و تحلیل رگرسیونی ارزیابی کردند. روند آب‌دهی سالانه در همه‌ی ایستگاه‌ها نزولی بود. تحلیل این سه آزمون بر آب‌های فصلی بیانگر آن بود که مقادیر آب‌دهی فصل‌های بهار و زمستان کاهش، و فصل تابستان افزایش یافت. عبدی و همکاران (۲۰۱۴) نیاز زیست‌محیطی رودخانه‌ی زرینه‌رود را در محدوده‌ی پایین‌دست سد بوکان تا محل ورود به دریاچه‌ی ارومیه با چهار روش Tennant, Tessman، مدل ذخیره‌ی رومیزی (DRM)^۱ و انتقال منحنی تداوم جریان (FDC Shifting)^۲ برآورد کردند. نتایج نشانگر آن بود که نیاز زیست‌محیطی رودخانه‌ی زرینه‌رود ۳۳٪ آب‌دهی متوسط سالانه است. در . با توجه به توسعه‌ی مدل WEAP که ابزاری برای برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر، جامع و شفاف در ارزیابی شرایط مختلف بلند مدت است، از این مدل برای شبیه‌سازی منابع آب آبخیز زاینده‌رود و توسعه‌ی حالت‌های مختلف بهره‌برداری از منابع آب استفاده شد (احمدی و همکاران ۲۰۱۵). نتایج مدل تدوین‌شده نشان داد که در نظر گرفتن شرایطی از جمله مدیریت مصرف با اصلاح الگوی مصرف، اجرای طرح‌های توسعه، و محدود کردن توسعه‌ی کشاورزی، امکان بهره‌مندی بلندمدت از آبخوان‌های محدوده را که منبعی مطمئن و مکمل برای آب سطحی است، و بهبود وضعیت آبخوان‌ها را در پی خواهد داشت. آسیایی و همکاران (۲۰۱۶) در معرفی شاخص فقر آب^۳ و اهمیت آن در مدیریت منابع آب نشان دادند که این شاخص با توجه به ماهیت چندبعدی آن، و در نظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر بر دسترسی به یا کمبود منابع آب، و ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی مرتبط با آن، می‌تواند ابزار مفیدی در اولویت‌بندی مناطق بحرانی، و گامی مؤثر در برنامه‌ریزی برای استفاده‌ی بهینه از منابع آب باشد. نبوی و همکاران (۲۰۱۷) روند تغییر آب‌دهی رودخانه‌ی زهره را در سه ایستگاه پل‌فلور، خیرآباد، و دهلا با استفاده از آزمون‌های من-کندال و سن در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ بررسی کردند. با استفاده از نمودار جعبه‌ی تفاوت حجم جریان رودخانه در سه ایستگاه در مقیاس‌های زمانی ماهانه،

1 - Desktop Reserve-Model
2 - Flow Duration Curve Shifting
3 - Water Poverty

۲۰۱۷). در ۳۲۸ آبخیز از ۵۶۰ آبخیز بررسی شده در جهان، ۱/۶ میلیارد نفر دست‌کم در یک ماه از سال در شرایط کم‌بود شدید آب به سر می‌برند (دگفو و همکاران ۲۰۱۸). علاوه بر این، یک میلیارد نفر در ۱۷۵ آبخیز در ۳ تا ۱۲ ماه از سال درگیر شرایط کم‌بود شدید آب اند. شناسایی معیارهای دسترسی به آب برای آگاهی از تصمیم‌گیری‌ها برای توسعه‌ی آب در آینده ضروری است (تیدول و همکاران ۲۰۱۸). نشان داده شده است که الگوهای مکانی بارش، تبخیر واقعی و بازده آب، نشانگر کاهش شدید آب از جنوب به سمت شمال در آبخیز رودخانه‌ی نیل در آفریقا است (بلته و همکاران ۲۰۱۸). و توانایی مدل INVEST برای تخمین ظرفیت تولید آب در بخش‌های مختلف بی‌جریان این آبخیز تأیید شد.

در استان اردبیل بارش‌ها به دلیل وجود تنوع اقلیمی در قسمت‌های مختلف، نوسان‌دار است. متوسط بارندگی در غرب استان که بیش‌ترین بارش در آن است حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر، و میانگین بارش سالانه در بخش‌های جنوبی ۳۵۰ میلی‌متر و شمال استان ۲۱۰ تا ۲۴۰ میلی‌متر است. ارزیابی تغییر کمی منابع آب سطحی در مقیاس زمان و مکان در برخی آبخیزهای استان، امکان موازنه و تخصیص بهینه‌ی منابع آب در وضعیت فعلی و آینده را فراهم خواهد ساخت. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی تغییر زمانی و مکانی آب مازاد جریان‌های سطحی در آبخیزهای استان اردبیل برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر، برای تأمین نیاز آبی استان در بخش‌های مختلف و حفظ منابع آبی استان و زیست‌بوم وابسته به آن است. از جنبه‌های مهم این تحقیق برآورد مقدار آب مازاد در مقیاس زمانی ماهانه است که امکان برنامه‌ریزی برای کاربرد بهینه‌ی آب را فراهم می‌کند، و شاخص کم‌بود آب در حالت معمول، و در حالت در نظر گرفتن جریان زیست‌محیطی مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه‌ی بررسی شده

استان اردبیل در شمال غرب کشور و در محدوده‌ی جغرافیایی $47^{\circ}15'$ تا $48^{\circ}56'$ طول شرقی و $37^{\circ}09'$ تا $39^{\circ}42'$ عرض شمالی واقع شده است. مساحت آن ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع است که حدود ۱/۱۰۹٪ از مساحت کل کشور است. تغییر ارتفاع استان از ۴۰ تا ۴۸۱۱ متر متغیر است، که باعث ایجاد ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد اختلاف در متوسط دمای سالانه شده است (آسیابی و همکاران، ۲۰۱۶). در این پژوهش داده‌های ۳۱ ایستگاه آب‌سنجی در سال‌های آبی ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ در استان تهیه شد، اگرچه

فصلی و سالانه ارزیابی شد. برای تعیین حجم آب برداشتنی از رودخانه برای تأمین آب خانگی شهرستان هندیجان، با استفاده از رابطه‌ی Tennant جریان زیست‌محیطی تعیین شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین حجم آب‌دهی در تمام ایستگاه‌ها، در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، و در دو ایستگاه خیرآباد و پل‌فلور در فصل بهار بود. ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، و اسفند جزو ماه‌های پرآب و مناسب برای برداشت از رودخانه برای تأمین آب خانگی است. در مقابل، ماه‌های خرداد، تیر و تا حدود زیادی مرداد و شهریور، حجم آبی برای برداشت نمی‌ماند، و آب پایه‌ی رودخانه باید برای حفظ محیط‌زیست رودخانه و زیست‌بوم وابسته به آن حفظ شود. نتایج پژوهش مهری و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که در تعداد زیادی از ۲۲ ایستگاه رودخانه‌های استان اردبیل، میزان آب‌دهی کاهش یافته است. از طرفی، مقایسه‌ی مقادیر بارش با تغییر آب‌دهی پایهنشان‌دهنده‌ی تأثیر اندک بارش بر روند کاهش‌ی آب‌دهی ایستگاه‌ها است. ژو و همکاران (۲۰۰۴) روند تغییر دما، بارش و آب‌دهی را در حوضه‌ی آبخیز تاریم در چین بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که روند گروه‌های زمانی دما افزایشی و معنی‌دار بود، و داده‌های بارش نیز افزایش یافت. روند گروه‌های زمانی آب‌دهی در سرآب رودخانه افزایشی و معنی‌دار، ولی در بیش‌تر مسیر رودخانه کاهش‌ی بود. اولسون (۲۰۰۵)، نتیجه گرفت که سازگاری با حالت‌های احتمالی شدید کاهش آب تابعی از ثروت، فرصت‌های آموزشی و مشارکت سیاسی است. مؤسسه‌ی CSIRO^۴، استرالیا، در سال ۲۰۰۸ میزان آب دست‌رس فعلی و آینده‌ی آبخیز رودخانه‌ی ماری دارلینگ^۵ را با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم و ارتباط میان آب‌های سطحی و زیرزمینی مدل‌سازی کرد. پوف و همکاران (۲۰۱۰)، برای ارزیابی نیازهای جریان زیست‌محیطی، روشی جدید که محدودیت‌های اکولوژیکی ناشی از تغییر آب‌شناسی (ELOHA)^۶ نام دارد و براساس روش‌های آب‌شناسی موجود پایه‌ریزی شده است، تعریف کردند، که روشی انعطاف‌پذیر برای مناطق مختلف است و برای مدیران آبی این امکان را فراهم می‌کند که بر پایه‌ی هدف‌های اجتماعی و اطلاعات بوم‌شناسی و معیارهای موجود، مدیریت صحیحی از جریان زیست‌محیطی داشته باشند. احمدی‌پور (۲۰۱۲) نشان داد که تغییر در اکوسیستم رودخانه‌ی نازلو در آبخیز دریاچه‌ی ارومیه به‌علت تغییر کمی و کیفی آب حاصل می‌شود و حتی در جاهای دورتر نظیر مصب رودخانه نیز ظاهر می‌شود. کاهش عمق و سرعت آب رودخانه‌ها باعث تقلیل قدرت خودپالایی رودخانه می‌شود. هدف از فرآیند برنامه‌ریزی منابع آب، تعادل میان منابع آب موجود با تقاضای آب است (انکونتا و همکاران

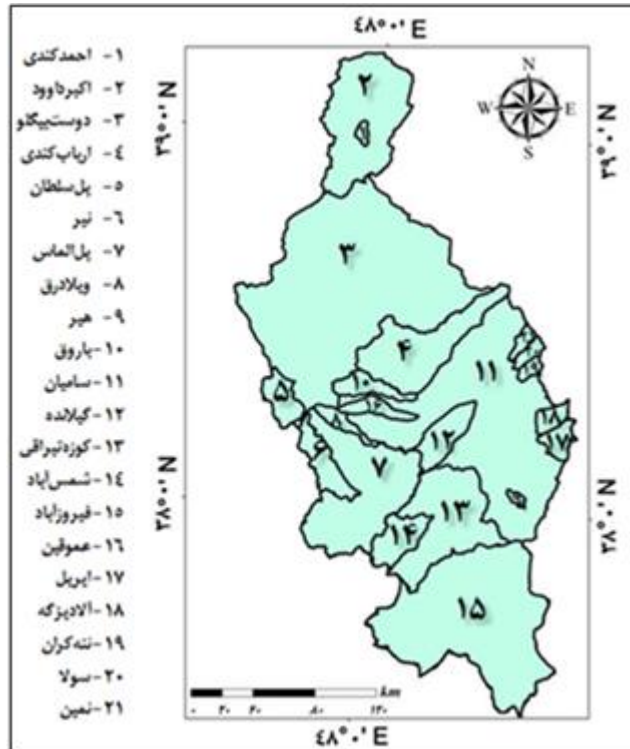
4- Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization

5- Murray-Darling Basin

6- Ecological limits of hydrologic alteration

اطلاعات ۱۰ ایستگاه به دلیل نقص و کمبود داده در محاسبات نیامد. حجم آب مازاد منابع آب سطحی در ۲۱ آبخیز استان

اردبیل بر اساس داده‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود بررسی شد. موقعیت آبخیزهای بررسی‌شده در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت آبخیزها و ایستگاه‌های بررسی‌شده در استان اردبیل.

تهیه‌ی منحنی‌های تداوم جریان ماهانه و برآورد نیاز زیست‌محیطی

یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل نیاز زیست‌محیطی جریان رودخانه‌ها، منحنی تداوم جریان است، که در آن آب‌دهی در مقابل درصدی از زمان (آب‌دهی معادل یا بیش‌تر) رسم می‌شود. منحنی تداوم جریان برای مقایسه‌ی مشخصات آب‌دهی جریان در رودخانه‌های مختلف اطلاعات بارزتری را فراهم می‌کند (سوبرامانیا ۲۰۰۰). شکل و شیب منحنی تداوم جریان منعکس‌کننده‌ی عوامل گیتاسنجی و آب‌شناسی مؤثر بر دامنه‌ی تغییرات آب‌دهی جریان رودخانه‌ی است (وارد و رابنسون ۱۹۹۰). شیب زیاد بخش اصلی منحنی، نشان‌دهنده‌ی تغییرات فراوان آب‌دهی در رودخانه است، و از طرفی شیب کم منحنی نشان‌دهنده‌ی پاسخ‌گند آبخیز به بارندگی با میزان کم تغییرات جریان است. پس از رسم منحنی تداوم جریان، از آن برای تعیین جریان زیست‌محیطی استفاده شد. با توجه به تغییر و افزایش بهره‌برداری از منابع آب، بررسی اثرهای زیست‌محیطی جریان‌های کم (جریان زیست‌محیطی یا جریان

زنده) در بررسی‌ها و برنامه‌ریزی‌های منابع آب بسیار مهم است (ماران ۲۰۰۲). به‌طور کلی برای تعیین و توصیف دقیق جریان زیست‌محیطی، که نشان‌گر میزان حجمی از آب است که باید برای حفظ زیست‌بوم وابسته به رودخانه در آن جاری باشد، جمع‌آوری داده‌های میدانی ضروری است. هرچند استفاده از رویکرد ارزیابی سریع، می‌تواند با دادن تصویر کاملی از وضعیت رودخانه در توان حفاظت از فون و فلور منطقه مفید باشد، انجام بررسی‌های مستقل برای تکمیل این تحقیق بر جریان‌های زیست‌محیطی و جنبه‌های مختلف آن ضروری است (هیرجی و دیویس ۲۰۰۹). به استناد آکرمن و دونبار (۲۰۰۴)، و ژا و همکاران (۲۰۰۸)، محققان زیادی شاخص جریان Q95 را برای بهره‌گیری‌های متعدد به کار گرفته‌اند، که از آن جمله می‌توان به تعیین جریان کمینه برای حفاظت از رودخانه (پتس و همکاران ۱۹۹۵) و تعیین تغییر طبیعی جریان و بهینه‌سازی قوانین جریان زیست‌محیطی (استواردسون و گیپل ۲۰۰۳) اشاره کرد. در بریتانیا برای تنظیم میزان برداشت آب از رودخانه‌ها از شاخص جریان کم Q95 استفاده می‌شود

شاخص‌های کمبود آب

اخیراً شاخص‌های متعددی برای بیان کمی کمبود آب بیان شده است. دشواری مشخص کردن کمبود آب این است که عوامل مهم و متعددی هست که بر مصرف، تولید و کمبود آب اثر می‌گذارد. انتخاب شاخص بیان کمبود آب بیش‌تر از سیاست‌های مدیریتی اثر می‌گیرد. شاخص‌های مبتنی بر نیازهای آبی انسان معمول‌ترین شاخص‌ها در بررسی کمبود آب است. به‌طور نسبی، حدود ۷۰٪ از آب شیرین مصرفی در کشاورزی به‌کار می‌رود (فائو ۲۰۱۰). مصرف آب مجموع برداشت‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی است. شاخص کمبود آب، مقدار آب مصرفی در هر زیرحوضه در مقیاس سالانه تقسیم بر مقدار آب‌دهی مازاد^۷ است (واروسماری و همکاران، ۲۰۱۰). شاخص پایداری آبخیز بر اساس تولید و مصرف آب، باید چهار عامل اصلی آب‌شناسی، محیط زیست، وضعیت زندگی، و سیاست‌های منطقه‌یی را داشته باشد، که مقدار آن بین صفر تا یک است. کمبود آب آشامیدنی اغلب تابعی از منابع آب دست‌رس و جمعیت انسان است، که به‌صورت سرانه‌ی آب، و در مقیاس ملی بررسی می‌شود. منطق این شاخص بر محاسبه‌ی مقدار آب برای رفع نیازهای انسان، و سپس مقدار آب دست‌رس برای هر فرد استوار است (رجس برمان ۲۰۰۶).

شاخص کمبود آب (اسماختین و همکاران ۲۰۰۴) بر اساس متوسط سالانه‌ی روان‌آب و مصرف در هر زیرحوضه محاسبه می‌شود. در این پژوهش مقدار این شاخص با استفاده از رابطه‌ی ۲ و ۳ محاسبه شد، و مقدار آن بر اساس جدول ۱ طبقه‌بندی شد

$$WSI = \frac{Withdrawals}{MAR} \quad \text{رابطه‌ی ۲:}$$

$$WSI_{ef} = \frac{Withdrawals}{MAR - EWR} \quad \text{رابطه‌ی ۳:}$$

که در آن میزان مصرف، متوسط سالانه‌ی آب تولیدشده، و متوسط سالانه‌ی جریان زیست‌محیطی است.

(اکرم‌ن و دونبار، ۲۰۰۴). با این اسنادلال، شاخص Q95 در محاسبه‌ی جریان زیست‌محیطی این تحقیق به‌کاررفته است.

ارزیابی حجم آب مازاد جریان رودخانه‌یی

برای سنجش میزان حجم آب مازاد، جریان زیست‌محیطی به‌دست‌آمده از شاخص Q95 از میزان آب‌دهی ماهانه‌ی ثبت‌شده در هر ایستگاه کم‌کرده شد. از جریان رودخانه‌ها برای مصارف گوناگون برداشته می‌شود، و بیش‌تر بخش‌های جریان رودخانه‌یی استان دست‌نخورده نیست. از این رو، برای ارزیابی حجم آب مازاد، فرض شد که میزان مصرف از داده‌های آب‌دهی ثبت‌شده در ایستگاه‌های آب‌سنجی، کم‌کرده‌شده است، و کم‌کردن دوباره‌ی مصرف از میزان آب‌دهی ثبت‌شده به خطا در محاسبه‌ها خواهد انجامید. برای محاسبه‌ی میزان آب مازاد منابع سطحی در تأمین نیازهای کشاورزی، صنعت و خانگی در طول سال (ماهانه)، رابطه‌ی ۱ به‌کار رفت (نبوی و همکاران، ۲۰۱۷ پوف و همکاران ۲۰۱۰):

$$EW = WY - EF$$

رابطه ۱

در این رابطه EW میزان آب مازاد (میلیون مترمکعب)، WY آب‌دهی کل (مترمکعب بر ثانیه)، و EF (مترمکعب بر ثانیه) میزان آبی است که باید برای حفظ محیط‌زیست در بستر رود جاری باشد و در هیچ شرایطی حقی بر برداشت از آن نخواهد بود. این کار متأسفانه در منطقه‌ی بررسی‌شده در عمل‌رعايت نمی‌شود، و در بسیاری از جاها، به نیازهایی مانند مصرف خانگی یا کشاورزی برتری داده می‌شود. از طرفی، وقوع خشک‌سالی و بهره‌برداری بی‌رویه از چاه‌های آب در مجاورت رودخانه‌ها باعث کاهش شدید آب‌دهی جریان شده است. برای نمایش تغییر مکانی حجم آب مازاد در زیرحوضه‌ها، مقدار محاسبه‌شده‌ی آب مازاد و شاخص‌های کمبود آب در منابع سطحی آبخیزهای استان اردبیل به جداول توصیفی موقعیت زیرحوضه‌ها اضافه شد. برای نمایش نقشه‌ها در ماه‌های جداگانه نرم‌افزار ArcGIS10 به‌کار گرفته شد.

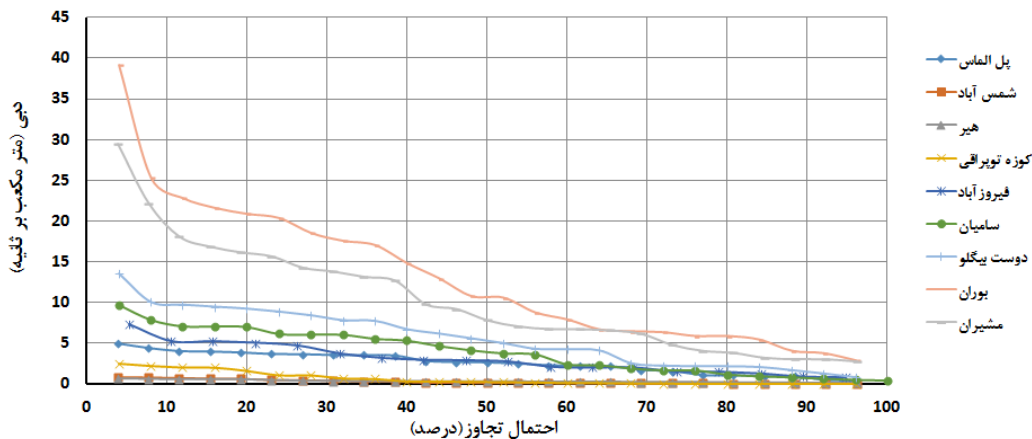
جدول ۱- طبقه‌بندی کمبود آب بر اساس شاخص کمبود آب و کمبود جریان زیست‌محیطی (اسماختین و همکاران ۲۰۰۴).

توضیحات	طبقه کمبود آب	شاخص کمبود آب
استفاده‌های کنونی به جریان زیست‌محیطی آسیب می‌رساند و حوضه با کمبود شدید آب حتی از نظر زیست‌محیطی مواجه است.	برداشت بیش‌ازحد	$WSI > 1$
پیش از رهاسازی جریان زیست‌محیطی بین صفر تا ۴۰٪ از آب استفاده‌کردنی است. این حوضه‌ها از نظر زیست‌محیطی در معرض خطر اند.	برداشت زیاد	$0.6 \leq WSI < 1$
پیش از رهاسازی جریان زیست‌محیطی بین ۴۰ تا ۷۰٪ از آب استفاده‌کردنی است.	برداشت متوسط	$0.3 \leq WSI < 0.6$
وضعیت مناسب است و کمبود آب در حوضه نیست	برداشت مناسب	$WSI < 0.3$

نتایج

برای بررسی تغییر جریان رودخانه‌یی در برخی آبخیزهای استان اردبیل و ارزیابی اثر عوامل گیتاسنجی (فیزیوگرافیک) و آب‌شناسی بر دامنه‌ی تغییر آب‌دهی جریان، منحنی تداوم جریان در نه ایستگاه آب‌سنجی نمونه که اختلاف حجم جریان آن‌ها زیاد بود، در مقیاس ماهانه رسم شد (شکل ۲).

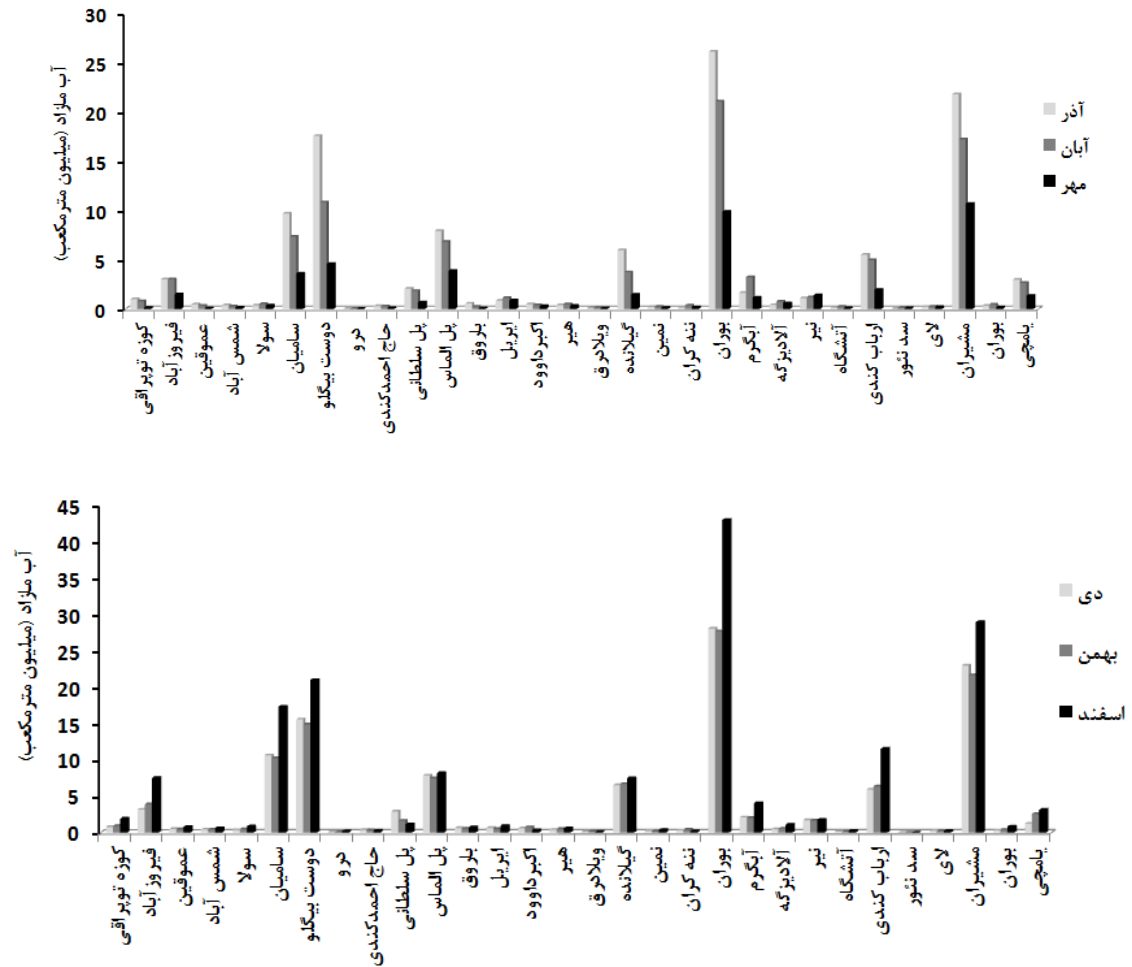
مقادیر محاسبه‌شده‌ی شاخص کمبود آب براساس موقعیت ایستگاه‌های آب‌سنجی و آبخیزهای بالادست برای هر حوضه در نظر گرفته شد، که با افزودن مقادیر محاسبه‌شده‌ی کمبود آب به جدول مشخصات حوضه‌های بررسی شده صورت گرفت.



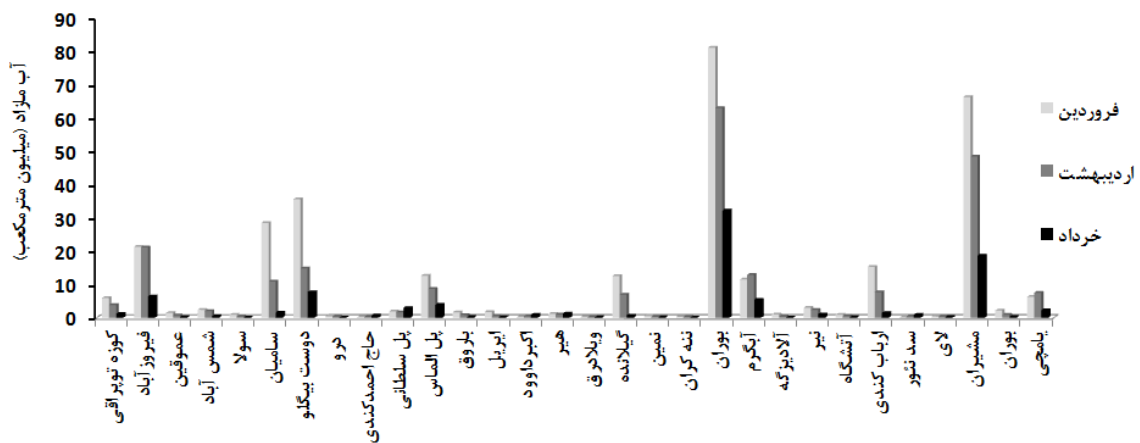
شکل ۲- منحنی تداوم جریان سالانه در برخی ایستگاه‌های آب‌سنجی استان اردبیل.

ثبت رسیده است (شکل ۳ و ۴). در این سه ایستگاه در پاییز ماه آذر، در زمستان ماه اسفند، در بهار ماه فروردین، و در تابستان ماه در تیر، بیش‌ترین حجم آب مازاد دیده می‌شود. بیش‌ترین حجم آب مازاد در سه ایستگاه بوران، مشیران، و دوست بیگلر به ترتیب در فروردین، اردیبهشت، اسفند، و خرداد ثبت شد. از طرفی در سه ماه تیر، مرداد و شهریور میزان حجم آب مازاد کاهش چشم‌گیری یافت.

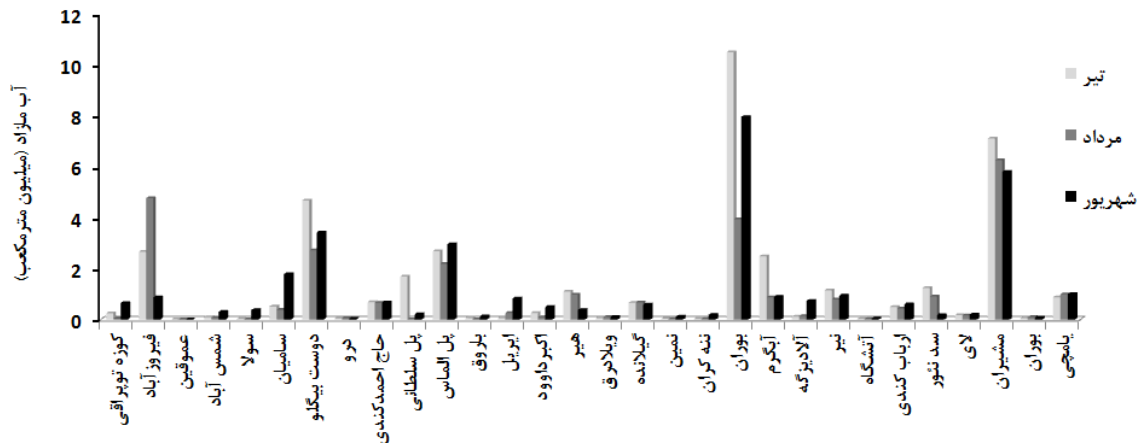
حجم آب‌دهی دو ایستگاه بوران و مشیران بسیار بیش‌تر از ایستگاه‌های دیگر است (شکل ۲). شیب زیاد منحنی جریان در این دو ایستگاه نشانگر تغییر فراوان آب‌دهی جریان است؛ در حالی که شیب منحنی در ایستگاه‌های دیگر از جمله هیر، کوزه توپراقی، و شمس آباد کم، و نشان دهنده‌ی پاسخ‌گند جریان رود به بارندگی‌ها و تغییر اندک جریان است. بیش‌ترین حجم آب مازاد به ترتیب در ایستگاه‌های بوران، مشیران، و دوست بیگلر به



شکل ۳- توزیع ماهانه‌ی حجم آب مزاد در ایستگاه‌های آب‌سنجی



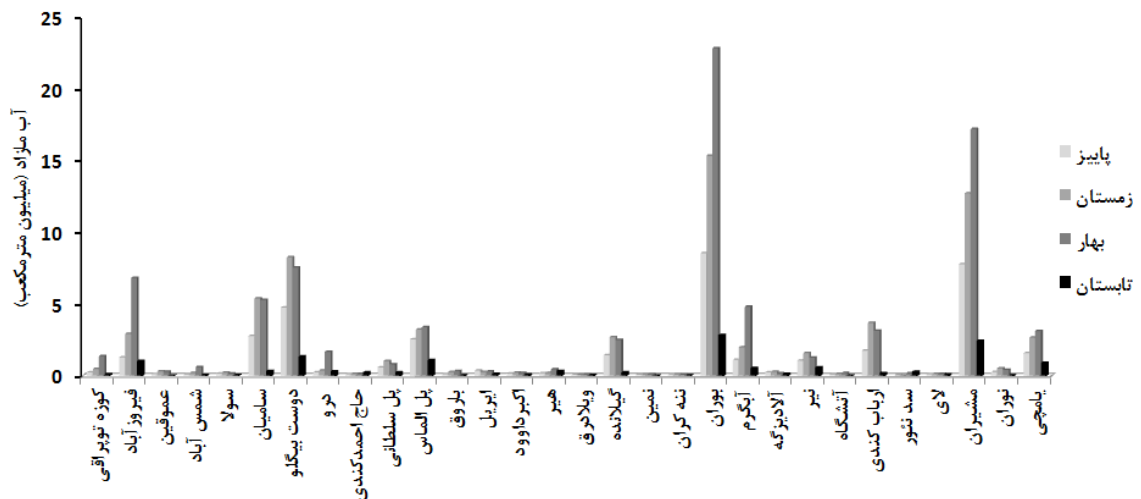
ارزیابی تغییر زمانی و مکانی آب سطحی مازاد در برخی



شکل ۴- توزیع ماهانه حجم آب مازاد در ایستگاه‌های آب‌سنجی.

زمستان است. در مقابل، در تابستان کم‌ترین حجم آب مازاد دیده می‌شود (شکل ۵).

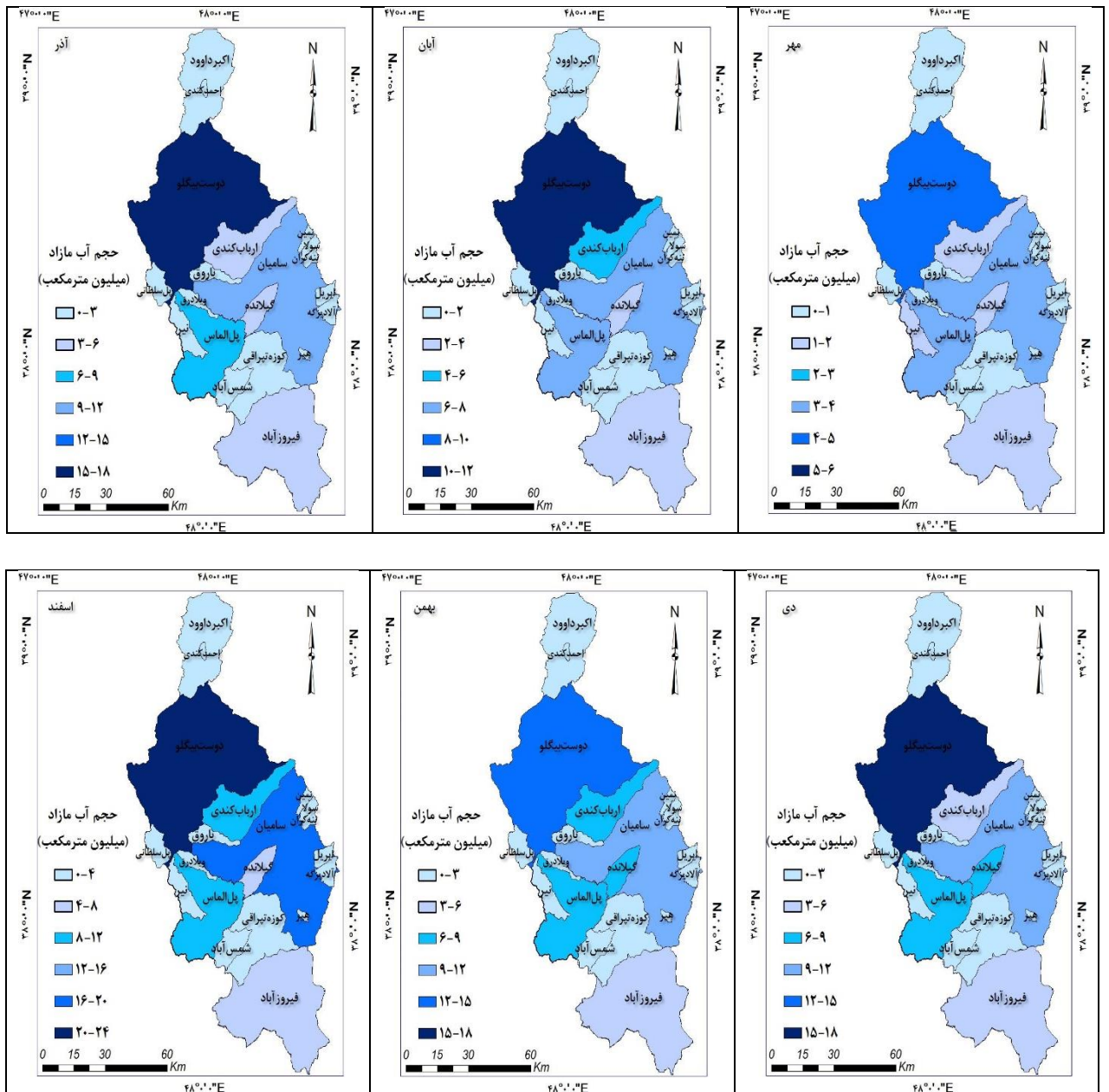
توزیع فصلی حجم آب مازاد نشانگر آن است که بیش‌ترین آب مازاد در ایستگاه‌های بوران، مشیران، و دوست‌بیگلر، در بهار و



شکل ۵- توزیع فصلی حجم آب مازاد در ایستگاه‌های آب‌سنجی.

حوضه‌های دیگر کم است. این شرایط در ماه‌های تیر تا شهریور حادث‌تر شد، و همه‌ی حوضه‌ها به‌جز دوست‌بیگلر و فیروز‌آباد حجم آب مازاد مناسبی نداشتند (شکل ۶).

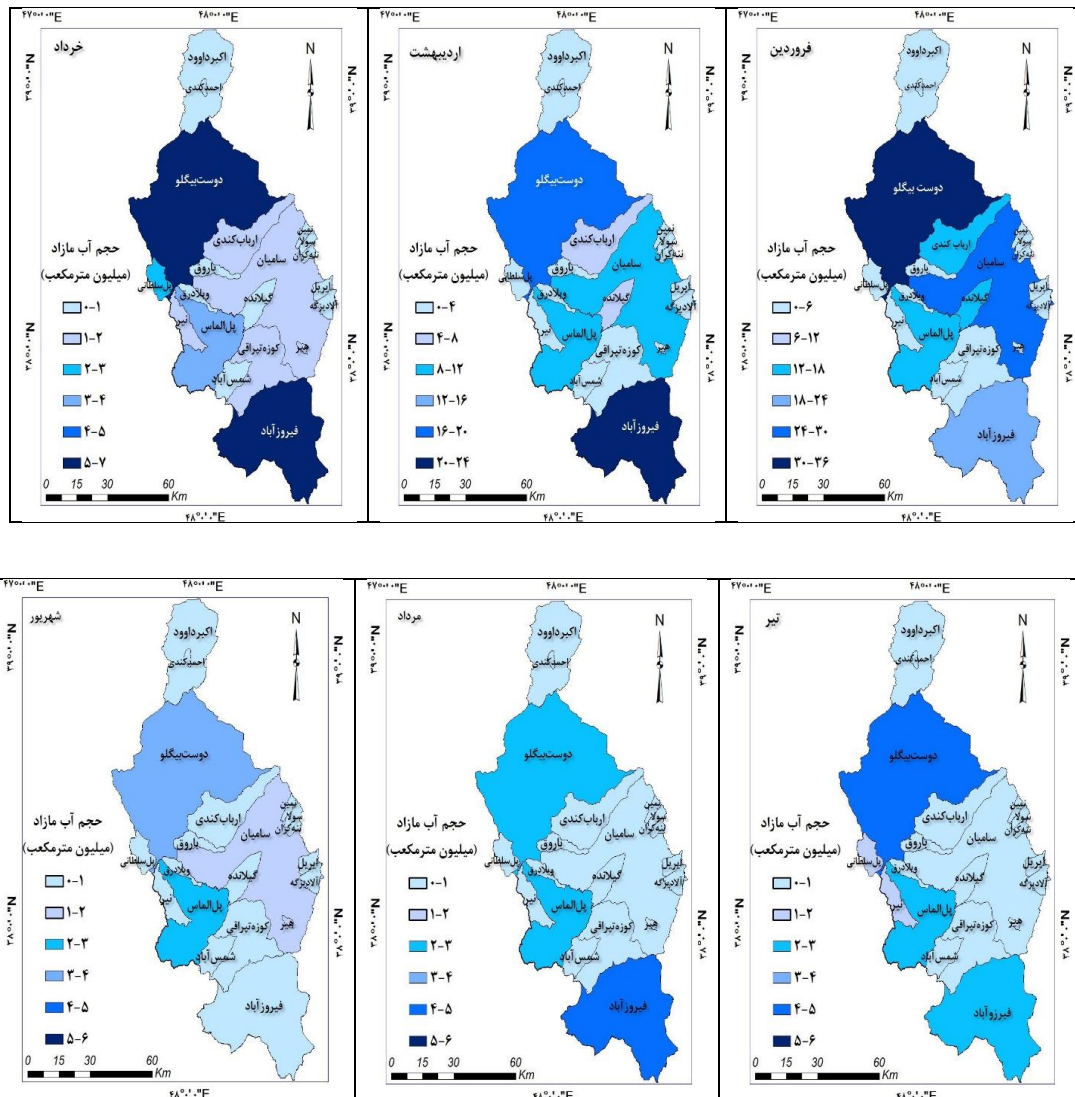
تغییر مکانی حجم آب مازاد در مقیاس ماهانه در آبخیزهای استان اردبیل نشان می‌دهد که در ماه‌های فروردین تا شهریور، تنها سه حوضه‌ی دوست‌بیگلر، سامیان، و فیروز‌آباد در سه دامنه‌ی زیاد با حجم آب مازاد مناسب است و حجم آب مازاد



شکل ۶- تغییر مکانی حجم آب مازاد در برخی حوضه‌های آبخیز استان اردبیل در مقیاس ماهانه.

این حوضه زیاد نیست و در رده‌ی دوم در طبقه‌بندی جا گرفته است. در خرداد، مهر و آبان، حوضه‌ی پل الماس در رده‌ی چهارم طبقه‌بندی حجم آب مازاد است، که نشان‌دهنده‌ی وضعیت مناسب است. از طرفی حجم آب مازاد حوضه‌هایی مانند اکبرداوود و احمدکندی در طول سال تغییر چندانی نکرده است و حجم آن اندک است (شکل ۷).

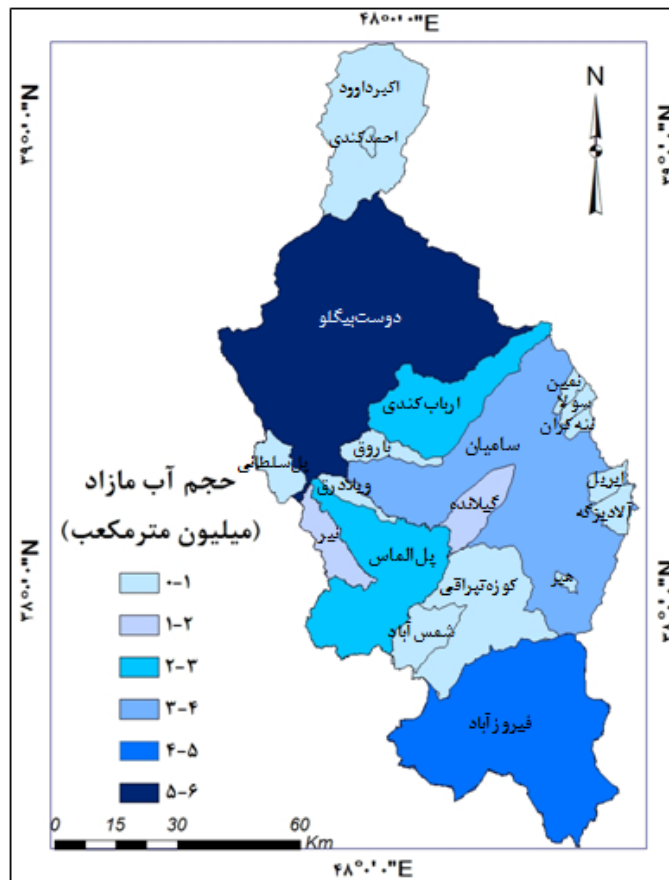
در ماه‌های مهر تا اسفند نیز وضعیت حجم آب مازاد حوضه‌ها چندان تفاوتی ندارد، به گونه‌ی که حجم آب مازاد دوست‌بیگلر و سامیان بیش‌ترین است، و تنها وضعیت برخی حوضه‌ها مانند ارباب‌کندی و گیلان‌ده در آبان، دی، بهمن و اسفند تا حدودی بهبود می‌یابد. دامنه‌ی حجم آب مازاد حوضه‌ی فیروزآباد در اردیبهشت، خرداد و مرداد، زیاد است، که مصادف با فصل کشت نیز است. اما در مهر تا اسفند حجم آب مازاد



شکل ۷- تغییر مکانی حجم آب مازاد در برخی حوضه‌های آبخیز استان اردبیل در مقیاس ماهانه.

(شکل ۸). حجم آب مازاد در بیش تر حوضه‌های مناطق پایین دست بیش تر است، به عبارتی حوضه‌های بالادست مصرف کم تر و تغییر آبی دهی کم تر است، و جریان آن‌ها تولید آب بیش تری دارد، که ممکن است در زیر حوضه‌های پایین دست به کار گرفته شود.

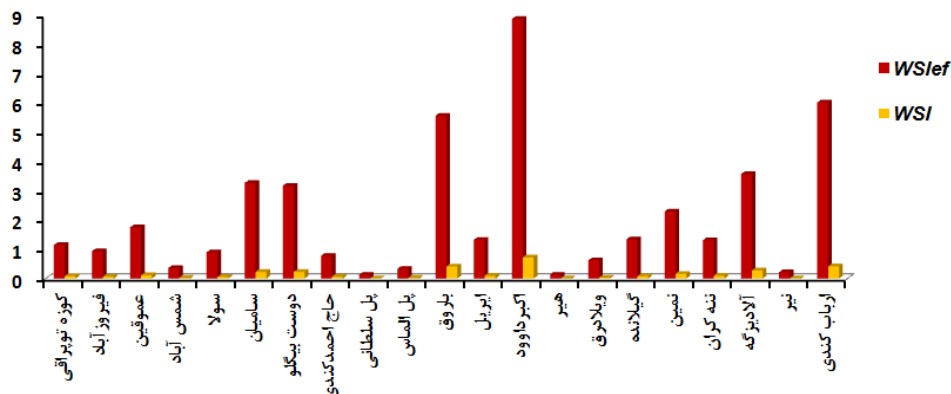
مقایسه‌ی بین حوضه‌ی حجم آب مازاد در دوره‌ی داده‌برداری (۱۳۶۸-۱۳۹۳) نیز تأییدکننده‌ی نتایج نقشه‌های ماهانه‌ی تغییر آب مازاد در حوضه‌های آبخیز استان است. حجم آب مازاد تنها در سه حوضه‌ی دوست‌بیگلو، فیروزآباد، و سامیان، نسبت به حوضه‌های دیگر در تراز و طبقه‌ی زیاد است



شکل ۸- تغییر مکانی حجم آب مازاد در برخی حوضه‌های آبخیز استان اردبیل در سال‌های ۶۸ تا ۹۳.

این اختلاف در میان این دو شاخص، در نظر گرفتن جریان زیست‌محیطی و کم کردن آن از آب‌دهی رودخانه در شاخص WSI_{ef} است (شکل ۹).

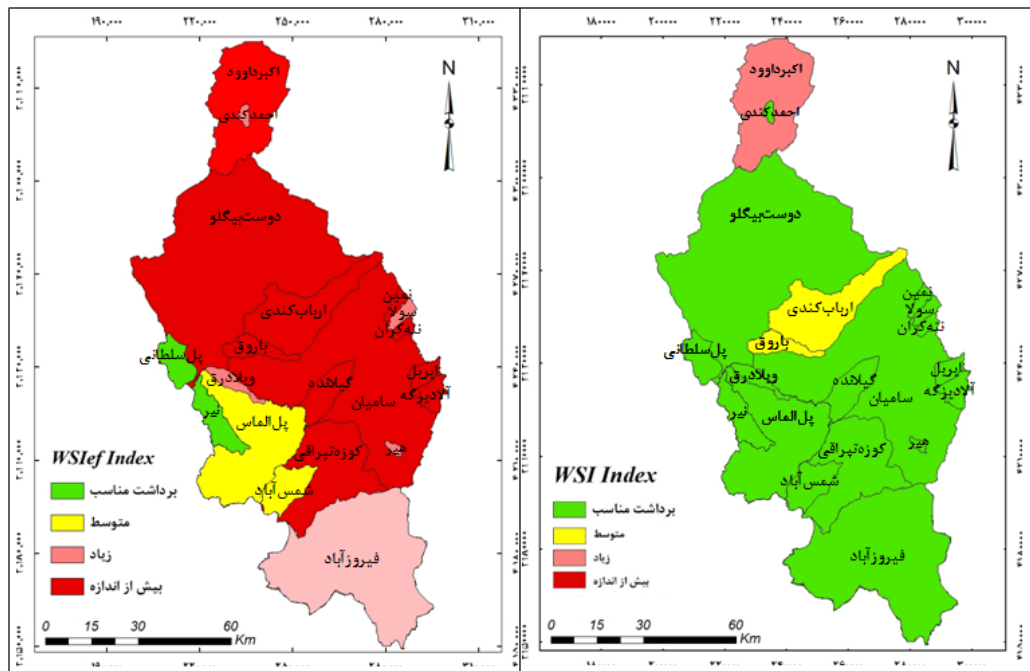
نمودار مقایسه‌ی دو شاخص کم‌بود آب WSI و WSI_{ef} نشان می‌دهد که شاخص WSI در تمام حوضه‌ها از شاخص WSI_{ef} کم‌تر است. این اختلاف در برخی حوضه‌ها به خصوص در اکبرداود، ارباب‌کندی، و باروق بسیار بیش‌تر است. دلیل بروز



شکل ۹- مقایسه‌ی دو شاخص کم‌بود آب WSI و WSI_{ef} .

شرایط طبق شاخص WSief کاملاً متفاوت است، و وضعیت برداشت از منابع سطحی در بیش تر آبخیزها بسیار نامناسب و بیش از اندازه است.

نقشه‌ی تغییر مکانی این دو شاخص در شکل ۱۰ نیز نشان‌دهنده‌ی تفاوت بسیار این دو شاخص در رده‌بندی کم‌بود آب در آبخیزهای استان است. طبق شاخص WSI برداشت در بیش تر آبخیزهای استان مناسب است. این در حالی است که



شکل ۱۰- نقشه‌ی تغییر مکانی شاخص WSI و WSief در برخی حوضه‌های آبخیز استان اردبیل.

از این نظر برای حفظ زیست‌بوم وابسته به جریان رود ندارند. این نتیجه با نتایج نبوی و همکاران (۲۰۱۷) هم‌خوانی دارد. بررسی توزیع زمانی (ماهانه، فصلی، و سالانه) و مکانی حجم آب مازاد، نشانگر وضعیت نامناسب آب مازاد حوضه‌ها است که با نتیجه‌ی فتاحی و مقدم‌فردوئی (۲۰۰۷) از نظر روند کاهش حجم جریان آب رودخانه هم‌خوانی دارد. این هم‌خوانی نشانگر این واقعیت است که کاهش حجم منابع آب در مناطق به‌ظاهر پرآب کشور مانند استان اردبیل نیز مانند نقاط کویری همچون استان قم هست. به استثنای چهار ایستگاه مشیران، بوران، دوست‌بیگلر، و سامیان، حجم آب مازاد ایستگاه‌های دیگر در بیش تر ماه‌ها و فصل‌های مختلف، و به‌خصوص ماه‌های گرم سال چندان نیست. این نتیجه با نتایج نبوی و همکاران (۲۰۱۷) در رودخانه‌ی زهره، شهرستان هندلیجان هم‌خوانی دارد. این شرایط دشوار زمانی بیش تر ملموس است که به ارزیابی شاخص‌های کم‌بود آب پرداخته شود. در واقع اختلاف میان نتایج شاخص WSI و WSief نشانگر این واقعیت است که در استان اردبیل برای تأمین نیازهای کشاورزی، خانگی، و صنعت نه تنها جریان و آب‌دهی طبیعی رودخانه مصرف می‌شود، بل که جریان زیست‌محیطی نیز از رودخانه برداشته می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

با تجزیه و تحلیل مقدار آب‌دهی می‌توان علاوه بر مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب سطحی و زیرزمینی، سیاست‌های تسهیل‌کننده‌ی استفاده‌ی مفید از منابع را ارزیابی کرد. طبق منحنی تداوم جریان به‌دست‌آمده برای حوضه‌های استان اردبیل مشخص شد که در دو آبخیز بوران و شمس‌آباد، شیب زیاد منحنی جریان نشانگر تغییر فراوان آب‌دهی جریان است. این در حالی است که در دیگر آبخیزها از جمله، هیر، کوزه-توپراقی، و شمس‌آباد شیب منحنی کم، و نشان‌دهنده‌ی پاسخ‌گند جریان رود به بارندگی‌ها و تغییر اندک جریان است، که با نتیجه‌ی مهری و همکاران (۲۰۱۷) هم‌خوانی دارد. در میان ایستگاه‌های بررسی‌شده، بیش‌ترین میزان Q95 به‌ترتیب در ایستگاه‌های بوران، مشیران، دوست‌بیگلر، و فیروزآباد است. در مقابل ایستگاه‌های کوزه‌تپراقی و گیلان‌ده، کم‌ترین Q95 را نشان دادند. میزان بسیار اندک و صفر بودن Q95 در این ایستگاه‌ها نشانگر وضعیت وخیم جریان زیست‌محیطی در این حوضه‌ها است. به جز ایستگاه‌هایی که وضعیت جریان زیست‌محیطی‌شان مناسب است، بقیه‌ی حوضه‌های بررسی‌شده نیز شرایط مناسبی

وضعیت منابع آب سطحی در استان اردبیل نیز مانند سایر مناطق کشور مناسب نیست. این در حالی است که در تعدادی از زیرحوضه‌ها آب مازاد برنامه‌ریزی‌شونده هست، و باید برای تخصیص آن‌ها برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب کرد. ضروری است که منابع آب در استان اردبیل بر مبنای ایجاد تعادل پایدار و استفاده در کشاورزی، مصرف خانگی، صنعت، آبی‌پروری و نیازهای فرهنگی و زیست‌محیطی مدیریت‌کرده شود.

در شاخص WSI میزان جریان زیست‌محیطی در نظر گرفته نمی‌شود و از آب‌دهی جریان رودخانه کم‌کرده نمی‌شود. به‌همین دلیل طبقه‌بندی حاصل از این شاخص نشانگر وضعیت برداشت مناسب در بیش‌تر حوضه‌های استان است. اما طبقه‌بندی شاخص WSief کاملاً شرایط متفاوتی را نشان می‌دهد، و بعد از در نظر گرفتن جریان زیست‌محیطی و کم‌کردن آن از آب‌دهی جریان، وضعیت برداشت از منابع سطحی در بیش‌تر حوضه‌ها نامناسب و بیش از اندازه نشان داده می‌شود، که با نتایج دگفو و همکاران (۲۰۱۸) هم‌خوانی دارد.

- Abdi R, Yasi M, Sokooti Oskoui R, Mohamadi E. 2014. Environmental requirement assessment in Zarrinehroud River by hydrological methods. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 6(3): 211–223. (In Persian).
- Abramovtitz J. 1996. Strategies for water management in the GCC countries. Contribution to the Symposium on Water and Persian Gulf Development: Problems and Policies, University of Exeter.
- Acreman MC, Dunbar MJ. 2004. Defining environmental river flow requirements? A review. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 8(5):861–76.
- Ahmadi A, Zadehvakili N, Safavi H.R, Ohab Yazdi S.A. 2015. Development of a dynamic planning model for surface and groundwater allocation, Case study: Zayandehroud River Basin. *Iran-Water Resources Research*. 11(1): 22–32. (In Persian).
- Ahmadpour Z. 2012. Indicators of hydrologic alteration regime for determining environmental flow in rivers. M.Sc. Thesis in Water Engineering, Urmia University. 112 p.
- Alexander K. 2009. Water availability modeling Neches and Sabine River Basins, Texas Commission on Environmental Quality, Water Rights Permitting & Availability Section. 24p.
- Asiabi R, Mostafazadeh R, Raoof M, Esmaili A. 2016. Spatial variability pattern of water poverty index in some watersheds of Ardabil Province. *Journal of Ecohydrology*. 4(4): 997–1007. (In Persian).
- Bebran S, Honarbakhsh N. 2008. The water crisis in Iran and the world. *Journal of Sustainable Development and Environment*. 16(48):193–212. (In Persian).
- Belete M, Deng J, Zhou M, Wang K, You S, Hong Y, Weston M. 2018. A new approach to modeling water balance in Nile River Basin, Africa. *Sustainability*. 10(3): 810–824.
- CSIRO. 2008. Mapping the water availability of the Murray-Darling Basin. National Research. Water for a Healthy Country. Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization. pp. 199–212.
- Degefu, DM, Weijun H, Zaiyi L, Liang Y, Zhengwei H, Min A. 2018. Mapping monthly water scarcity in global transboundary basins at country-basin mesh based spatial resolution. *Scientific Reports*. 8(2144): 1–10.
- Dolatyar M, Gari T. 2000. Water politics in the middle east: A context for conflict or-co-operation? International association Press, Tehran. 360 p. (In Persian).
- FAO.AQUASTAT:WaterUse. 2010. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index6.stm (accessed June 2010).
- Fatahi M, Moghadam MR. 2007. Investigating the process of quantitative and qualitative changes in water resources of Qom Province Watershed. 4th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering. Karaj. 1–12 p. (In Persian).
- Guntner A, Bronstert A. 2000. Modeling water availability in north-eastern Brazil. German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems-Achievements and Prospects of Cooperative Research, Hamburg. pp. 517–522.
- Hirji R, Davis R. 2009. Environmental flows in water resources policies, plans, and projects: findings and recommendations. World Bank Publications.
- Jha R, Sharma KD, Singh VP. 2008. Critical appraisal of methods for the assessment of environmental flows and their application in two river systems of India. *KSCE Journal of*

- Civil Engineering. 12(3):213–219.
- Maran S. 2004. Environmental flows and integrated water resource management: The Vomanano River case study. Mediterranean case study. IUCN Mediterranean office.
- Marofi S, Tabari, H. 2011. Detection of aroon River flow trends using parametric and non-parametric methods. *Jornal of Geographic Research*. 101(26): 125–146. (In Persian).
- Mehri S, Mostafazadeh R, Esmaili A. Ghorbani A. 2017. Spatial and temporal variations of Base Flow Index (BFI) for the Ardabil Province river, Iran. *Earth and Space Physics Research*. 43(3): 623–634. (In Persian).
- Nabavi S, Mostafazadeh R, Asiabi R, Hazbavi Z. 2017. Determining the monthly utilizable water volume from Zahre River to secure drinking water of Handijan City. *The Iranian Society Irrigation and Water*. (In Persian).
- Nkwonta O.I, Dzwauro B, Otieno F.A.O, Adeyemo J.A. 2017. A review on water resources yield model. *South African Journal of Chemical Engineering*. 23:107–115.
- Olsson O, Hibbs DA. 2005. Biogeography and long-run economic development. *European Economic Review*. 49(4):909–938.
- Petts G, Maddock I, Bickerton M, Ferguson AJ. 1995. Linking hydrology and ecology: The scientific basis for river management. *The Ecological Basis for River Management*. 1–6.
- Poff N, Richter B, Arthington A, Bunn S, Naiman R, Kendy E, Acreman M. 2010. The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): A new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater Biology*. 55: 147–170.
- Pradhanang SM, Mukundan R, Schneiderman EM, Zion MS, Anandhi A, Pierson DC, Frei A, Easton ZM, Fuka D, Steenhuis TS. 2013. Streamflow responses to climate change: Analysis of hydrologic indicators in a New York City water supply watershed. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 49(6):1308–26.
- Rijsberman FR. 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural Water Management*. 80(1–3):5–22.
- Roosbahani R, Schreider S, Abbasi B. 2015. Optimal water allocation through a multi-objective compromise between environmental, social, and economic preferences. *Environmental Modelling & Software*. 64(1):18–30.
- Smakhtin V, Revenga C, Doll P. 2004. Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, International Water Management Institute, Research Report 002. 1–24.
- Stewardson MJ, Gippel CJ. 2003. Incorporating flow variability into environmental flow regimes using the flow events method. *River Research and Applications*. 19(5–6):459–72.
- Subramanya K. 2000. *Engineering Hydrology*, 2nd edition, Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, Eighth reprint, New Delhi, India. 392 pp.
- Tidwell V.C, Moreland B.D, Shaneyfelt C.R, Kobos P. 2018. Mapping water availability, cost and projected consumptive use in the eastern United States with comparisons to the west. *Environmental Research Letters*. 13(1): 1–10.
- Vörösmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO, Dudgeon D, Prusevich A, Green P, Glidden S, Bunn SE, Sullivan CA, Liermann CR, Davies PM. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*. 467(7315):1–28.
- Ward, R.C., and Robinson, M. 1990. *Principal*

of Hydrology, 3rd Edn, McGraw Hill, Cambridge. 365pp.
Xu ZX, Chen YN, Li JY. 2004. Impact of climate

change on water resources in the Tarim River basin. Water Resources Management. 18(5): 439-458.



Watershed Management Research

VOL. 32, No. 2, Ser. No: 123, Summer 2019, pp:43-59

DOI: 10.22092/wmej.2019.123122.1145

Assessment of Temporal and Spatial Variations of Excess Water in Some Watersheds the Province of Ardabil

Raof Mostafazadeh*

(Corresponding Author) * Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Seyed Saïd Nabavi

M.Sc. Graduated in Watershed Management Engineering, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Seyed Masoud Soleïmanpour

Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Roghayeh Asiabi Hir

M.Sc. Graduated in Watershed Management Engineering, Department of Natural Resources, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Corresponding Email: raofmostafazadeh@uma.ac.ir

Received: 24 August 2018 Accepted: 12 March 2019

Abstract

Assessment of quantitative variations of the surface water resources in the temporal and spatial scale in some watersheds the province of Ardabil will provide the possibility of balancing and optimal allocation of water resources in the current and future situations. Water resource managers need to have access to reliable information about the amount of available water and costs to decide on the allocation of this resource. The purpose of this study is to evaluate the temporal and spatial variations of excess volume in surface waters in some watersheds the province of Ardabil. The data collected at 23 hydrometry stations during the 1989–2014 period in 21 watersheds were evaluated. The Water Stress Indicators (WSI and WSI_{ef}) were calculated. Excluding the Mashiran, Buran, Doštbeiglou and Samian stations, the remaining stations do not have too much excess water in most of the months and seasons, especially during the warm months. The difference between the results of the WSI and WSI_{ef} indexes indicate that in order to meet the needs of different sectors of agriculture, drinking and industry the province of Ardebil, not only the discharge of the rivers are consumed, but also the environmental flow is taken from the rivers. By exploiting the environmental flow, thus not considering it in the water resources management system, the survival of surface-dependent ecosystems is at stake.

Keywords: Allocation of water resources, environmental flow, extra water, water resources management, water stress indicator