

ارزیابی نیاز آب زیست محیطی منابع آب سطحی کشور با تمرکز بر اکوسیستم های با اهمیت

سمیه سیما، دانشجوی دکتری مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف*
رزیتاجلالی فراهانی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف
مسعود تجریشی، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف
*تلفن: ۶۶۱۶۴۱۸۵، نمابر: ۶۶۰۳۶۰۱۶، پست الکترونیکی: sima@mehr.sharif.edu

چکیده:

بررسی و برآورد نیاز آب زیست محیطی اکوسیستم ها در دهه های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. در این مقاله یک روش هیدرولوژیکی به منظور برآورد نیاز آب زیست محیطی اکوسیستم ها، در مقیاس حوضه ای، مورد بررسی قرار گرفته است. کل نیاز آب زیست محیطی از دو جزء، نیاز حداقل و حداکثر جریان تشکیل می گردد که با توجه به رژیم هیدرولوژیکی رودخانه ها بدست می آیند. موسسه بین المللی مدیریت آب (IWMI)، شاخصی به عنوان شاخص تنش آب معرفی نموده که نشان می دهد چه درصدی از آب قابل استفاده، توسط انسان مورد مصرف قرار می گیرد و این مصرف تا چه حد با نیاز آب زیست محیطی رودخانه تداخل دارد. بر این اساس وضعیت بهره برداری در برخی از رودخانه های شاخص حوضه های شمال غرب، مرکز، غرب و جنوب کشور، مورد بررسی قرار گرفت و پس از تحلیل آمارهای مربوط به آوردهای هیدرولوژیکی ماهانه این رودخانه ها، نیاز آب زیست محیطی آنها در سه دوره سال تر، نرمال و خشک بدست آمد. سپس با توجه به میانگین آورد رودخانه، مصارف انسانی و میزان نیاز آب زیست محیطی، شاخص بحران آب در سه دوره زمانی فوق محاسبه گردید. با توجه به تحلیل های انجام گرفته می توان نتیجه گیری کرد که حوضه مرکزی، در بین حوضه های مورد مطالعه به لحاظ بهره برداری شرایط بحرانی تری دارد. که این امر ضرورت توجه خاص در برنامه ریزیهای منابع آب و انجام مطالعات زیست محیطی دقیق تر روی این حوضه را نشان می دهد.

کلید واژه ها: نیاز آب زیست محیطی، شاخص بحران آب، اکوسیستم ها، تغییرات جریان

۱. مقدمه:

توسعه طرحهای منابع آب و تنظیم جریان رودخانه ها اغلب به عنوان جدی ترین تهدید برای پایداری اکولوژیکی رودخانه ها و تالابهای دشت سیلابی آنها شناخته شده اند [۱ و ۲]. براساس برآورد اخیر کمیته جهانی سد ها (WCD^۱) احداث

^۱ World Commission on Dams

سدها، انتقال آب بین حوضه ای و استحصال آب برای کشاورزی ۶۰٪ رودخانه های جهان را در معرض تهدید قرار داده است. احداث سدها، حجم آب و رژیم تغییرات جریان را در بسیاری از رودخانه های جهان دستخوش تغییر کرده است که منجر به بروز پیامدهای منفی وسیع بر روی اکوسیستم ها، ارزشها و کارکردهای مربوط به رودخانه ها شده است. تعیین و تخصیص جریان زیست محیطی موثرترین نگرش برای جلوگیری از اثرات تنظیم جریان رودخانه ها است [۵و۴].

مطالعات بررسی نیاز آب زیست محیطی در ابتدا توسط سرویس حیات وحش آمریکا^۲ از ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ در این کشور به کار رفت و متعاقب آن قانون رسمی جریان زیست محیطی در ۱۹۷۰ به عنوان نتیجه دستورالعمل سیاست گذاری ملی زیست محیطی (۱۹۶۹) و سند برنامه ریزی منابع آب (۱۹۵۶) به ثبت رسید [۵]. به منظور تعیین نیاز آب زیست محیطی، با توجه به مقیاس مکانی مطالعه، داده های موجود، گام زمانی ارزیابی و ظرفیتهای فنی و مالی، روشهای مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند بر این اساس متدولوژی ها محدوده وسیعی را در بر می گیرند: از روشهای سریع در سطح شناسایی با هدف برنامه ریزی کلان منابع آب تا روشهای دقیقتر برای یک رودخانه دارای گونه های حفاظت شده [۱]. در حدود ۲۰۷ متدولوژی برای تعیین نیاز آب زیست محیطی رودخانه ها در ۴۴ کشور از سراسر جهان شناسایی شده است. که این روشها را به طور عمده می توان در قالب چهار روش متمایز شامل: روش هیدرولوژیکی، روش درجه بندی هیدرولیکی، روش شبیه سازی زیستگاه ها و روش جامع طبقه بندی کرد [۵]. کاربرد این روشها در دو سطح به شرح ذیل است:

(۱) سطح شناسایی اولیه: بدین منظور عمدتاً از روشهای هیدرولوژیکی استفاده می شود که این روشها ۳۰٪ کل روشهای شناسایی شده در سطح جهان را تشکیل میدهند و وسیع ترین گروه متدولوژی های مورد استفاده می باشند.

(۲) سطح جامع: در این سطح برای تعیین نیاز آب زیست محیطی، عمدتاً روش شبیه سازی زیستگاه ها و روش جامع به کار می روند.

در این مقاله از روشی که Smakhtin و همکاران در سال ۲۰۰۴ به منظور ارزیابی وضعیت بهره برداری از رودخانه های جهان با لحاظ نمودن نیاز آب زیست محیطی معرفی نمودند استفاده شده است [۶]. این روش یک روش هیدرولوژیکی است که برای ارزیابی در سطح اولیه و در مقیاس مکانی بزرگ (بین المللی و ملی) به کار می رود. هدف از این مطالعه شناسایی و مقایسه وضعیت بهره برداری از رودخانه های اصلی کشور با در نظر گرفتن نیاز آب زیست محیطی، در سه حوضه خلیج فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه و مرکزی است.

۲. مواد و روشها:

به منظور برآورد نیازهای زیست محیطی اکوسیستم ها، می باید تغییرات رژیم جریان مورد بررسی قرار گیرد. نحوه تغییرات رژیم جریان تا حد زیادی مقاومت یک اکوسیستم آب شیرین را نسبت به مداخلات انسانی نشان می دهد. دو جزء مهم جریان عبارتند از جریان پایه^۳ و جریان ناگهانی^۴. جریان پایه، قسمتی از جریان رودخانه است که از آبخوان مجاور رودخانه و یا منابع دیگر از جمله منابع سطحی و یا دریاچه های مجاور تغذیه می گردد. در رودخانه های دائمی، در فصول خشک سال کل دبی رودخانه از جریان پایه تشکیل شده است. در رودخانه های فصلی، جریان پایه در فصول خشک، صفر است. جریان ناگهانی، جریاناتی است که از بارش باران و یا آب شدن برف به وجود می آیند. در فصول تر سال، جریان رودخانه معمولاً ترکیبی از جریان پایه و جریانات ناگهانی می باشد. این دو جزء را می توان به صورت نسبتی از میانگین آورد سالانه رودخانه (MAR^۵) در نظر گرفت.

^۲ US Fish and Wildlife Service

^۳ Base flow

^۴ Quick flow

^۵ Mean annual runoff

روشهای مختلف هیدرولوژیکی و شاخص های گوناگونی برای تخمین نیاز زیست محیطی (EWR) در دهه های گذشته پیشنهاد شده است. در روش مورد استفاده، EWR به صورت ترکیبی از نیاز حداقل جریان (LFR^۶) و نیاز حداکثر جریان (HFR^۷) در نظر گرفته شده است. LFR، حداقل آب مورد نیاز برای ماهیان و سایر موجودات آبی در سال می باشد و HFR نیز، در موارد سیلاب و تاثیر آن در شکل رودخانه و گیاهان اطراف رودخانه نمود پیدا می کند [۷]

۲-۱- ایجاد ارتباط بین اهداف مدیریت زیست محیطی و موارد هیدرولوژیکی

(DWAf (۱۹۹۷)، به منظور تعیین نیاز حداقل جریان با توجه به اهداف زیست محیطی، طبقه بندی ارائه کرده است. بر این اساس برای آنکه شرایط رودخانه به صورت "نسبتاً خوب" باشد، می باید LFR در آن رودخانه مساوی $Q_{۹۰}$ در نظر گرفته شود [۸]. $Q_{۹۰}$ دبی است که نود درصد مواقع سال، دبی رودخانه از آن مقدار بیشتر باشد. مقدار HFR نیز به اهداف مدیریت زیست محیطی و رژیم جریان رودخانه بستگی دارد. Smakhtin و همکاران در سال ۲۰۰۴ در بررسی روی ۱۲۸ حوضه آبریز در نقاط مختلف جهان، با توجه به مقادیر نسبت $Q_{۹۰}/MAR$ حوضه های آبریز در ۴ کلاس طبقه بندی کرده و بر این اساس مقدار HFR را به صورت درصدی از MAR ارائه نموده اند (جدول شماره (۱) [۶]. اگر رودخانه دارای جریان متغیر باشد به صورتی که $Q_{۹۰}$ کمتر از ۱۰ درصد MAR باشد، HFR مساوی ۲۰ درصد MAR در نظر گرفته می شود. در رودخانه هایی که جریان ثابتی دارند، به صورتی که $Q_{۹۰}$ بیشتر از ۳۰ درصد MAR باشد، HFR مساوی صفر در نظر گرفته می شود. در رودخانه هایی که $Q_{۹۰}$ بین ۱۰ تا ۲۰ درصد و ۲۰ تا ۳۰ درصد MAR می باشد، مقدار HFR به ترتیب مساوی ۱۵ درصد و ۷ درصد MAR در نظر گرفته می شود. مقدار EWR کل سالانه نیز از جمع دو جزء LFR و HFR به دست می آید. [۶]

جدول شماره (۱)- تخمین نیاز جریان حداکثر زیست محیطی

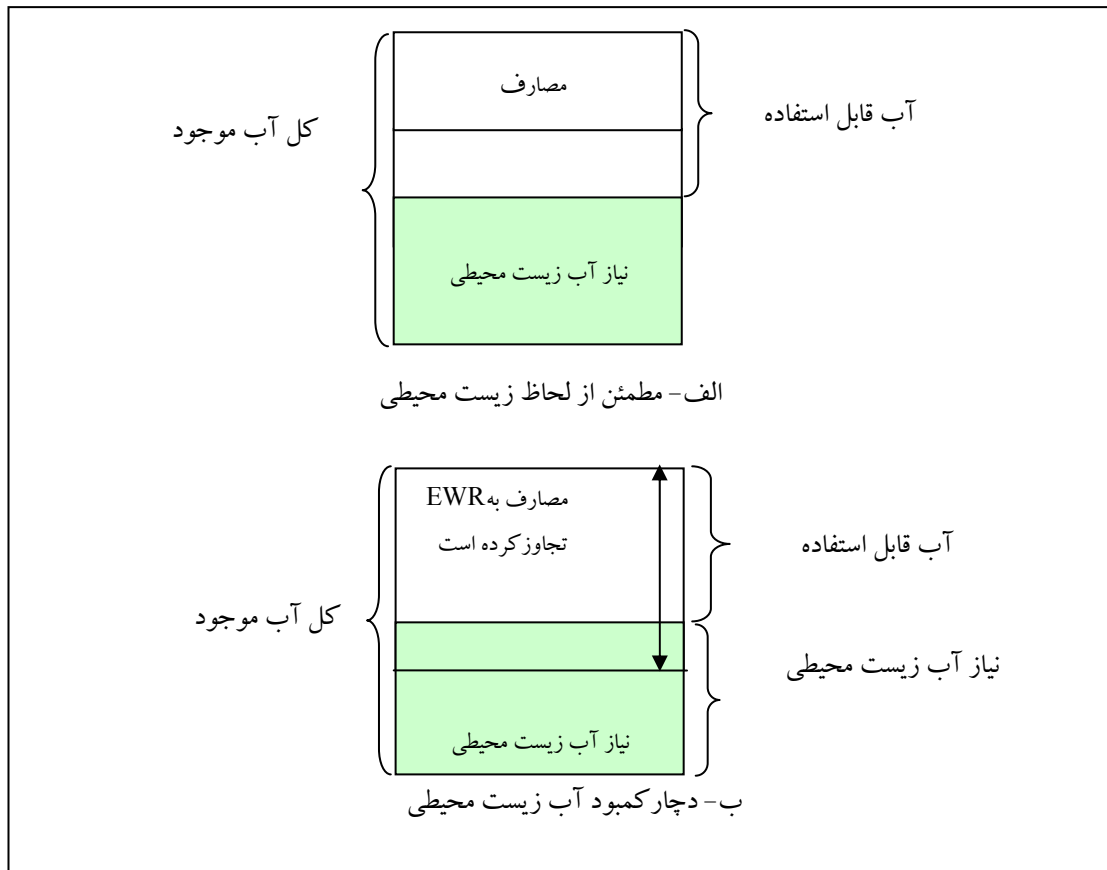
توضیحات	نیاز جریان حداکثر (HFR)	نیاز جریان حداقل ($Q_{۹۰}$)
در حوضه های با رژیم متغیر که جریان عمدتاً بر اثر سیلاب در فصل تر بوجود می آید.	$HFR = 20\% MAR$	$Q_{۹۰} > 10\% MAR$
	$HFR = 15\% MAR$	$Q_{۹۰} > 10\% MAR > 20\% MAR$
	$HFR = 7\% MAR$	$Q_{۹۰} > 20\% MAR > 30\% MAR$
در حوضه های با رژیم ثابت - جایی که جریان در طول سال ثابت است و نیاز جریان حداقل به عنوان جزء اصلی در نظر گرفته می شود.	$HFR = 0$	$Q_{۹۰} < 30\% MAR$

۲-۲- شاخص بحران آب:

رابطه میان آب موجود، کل مصرف و EWR توسط شاخص بدون بعدی به نام شاخص بحران آب (WSI) تعریف می گردد. به این ترتیب می توان مناطقی که دارای مصارف آب بیش از حد مجاز بوده و به اکوسیستم آسیب می رساند شناسایی نمود. مناطقی که کل مصارف آب آنها از تفاضل کل آب موجود و EWR بیشتر است، به عنوان مناطق "بحرانی از لحاظ آب زیست محیطی" شناخته می شوند. مفهوم بحران آب زیست محیطی در شکل شماره (۱) ارائه شده است. کل مستطیل در این شکل ها، مقدار میانگین آورد رودخانه (MAR) را نشان می دهد.

^۶ Environmental low-flow requirement

^۷ Environmental high-flow requirement



شکل شماره (۱) - رابطه میان کل آب موجود، مصارف آب و میزان نیاز زیست محیطی

قسمت تحتانی مستطیل نیاز آب زیست محیطی رودخانه را نشان می دهد و قسمت باقیمانده بیانگر مقدار آبی است که به صورت بالقوه می تواند برای سایر مصارف از جمله: آبیاری، صنعت و غیره در نظر گرفته شود. [۷]

شاخص WSI از رابطه ذیل محاسبه می گردد.

$$WSI = \frac{Withdrawals}{MAR - EWR} \quad (۱)$$

که در آن:

WSI: شاخص تنش آبی

MAR: میانگین آورد سالانه رودخانه (m^3/s)

EWR: نیاز آب زیست محیطی سالانه (m^3/s)

اگر WSI از ۱ بیشتر باشد، رودخانه به عنوان "بحرانی از لحاظ آب زیست محیطی" شناخته می شود. در این رودخانه ها مصارف آب به قدری زیاد است که رودخانه قادر به تأمین نیاز آب زیست محیطی نیست. اگر $0.6 < WSI < 1$ باشد، رودخانه به عنوان رودخانه "دارای تنش از لحاظ آب زیست محیطی" و چنانچه WSI در محدوده $0.3 - 0.6$ قرار گیرد، به عنوان "شرایط بهره برداری متوسط" شناخته می شود. در صورتی که $WSI < 0.3$ گردد، شرایط امن به لحاظ تأمین نیاز آب زیست محیطی^۹ حاکم می باشد. محدوده مقادیر WSI و توضیحات مربوطه در جدول شماره (۲) ارائه شده است [۷].

^۸ Moderately exploited

^۹ Environmentally Safe

جدول شماره (۲) - طبقه بندی مقادیر شاخص تنش آب زیست محیطی

WSI	شرایط بهره برداری با توجه به شاخص تنش آب زیست محیطی
$WSI > 1$	بیش از حد (مصارف جاری آب به نیاز زیست محیطی تجاوز کرده است). - حوضه های دچار کمبود آب زیست محیطی
$1 > WSI > 0.6$	زیاد - حوضه های دچار تنش آب زیست محیطی
$0.6 > WSI > 0.3$	متوسط
$WSI < 0.3$	کم

۳-۲- تحلیل های انجام شده:

به منظور انجام تحلیلی جامع در سطح کشور از وضعیت بهره برداری منابع آب سطحی، از شش حوضه آبریز کشور شامل: دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه، مرکزی، هامون و سرخس مهمترین رودخانه های هر حوضه که در نقطه انتهایی خود به یک اکوسیستم با اهمیت بین المللی (جزو لیست کنوانسیون رامسر) منتهی می گردند، انتخاب شد. پس از بررسی آمارهای مربوط به آوردهای هیدرولوژیکی ماهانه این رودخانه ها، حوضه های شمال و شرق به علت کمبود اطلاعات و قرار گرفتن در نواحی مرزی کنار گذاشته شد و حوضه های شمال غرب، مرکز، غرب و جنوب به شرح جدول شماره (۳) در نظر گرفته شد. در این جدول رودخانه های شاخص هر حوضه، اکوسیستم با اهمیت مربوط به آنها و سدهای بزرگ آنها ذکر گردیده است. به منظور محاسبه میانگین آورد سالانه رودخانه در حالت قبل از توسعه، دوره آماری رودخانه های مورد مطالعه تا سال پایان ساخت سد، به شرح جدول شماره (۴) مد نظر قرار گرفت. در دوره های آماری فوق الذکر، سالهای تر، خشک و نرمال مشترک به ترتیب سال های ۱۳۴۷-۱۳۴۸، ۱۳۴۹-۱۳۴۸ و ۱۳۴۷-۱۳۴۶ انتخاب گردید و پایه محاسبات بعدی قرار گرفت. در این سالها، میانگین آورد سالانه رودخانه با استفاده از سطح زیر منحنی تداوم جریان (FDC^{11}) محاسبه گردید. شکل شماره (۲) منحنی FDC رودخانه های مزبور را در سال نرمال ۴۷-۱۳۴۶ نشان می دهد.

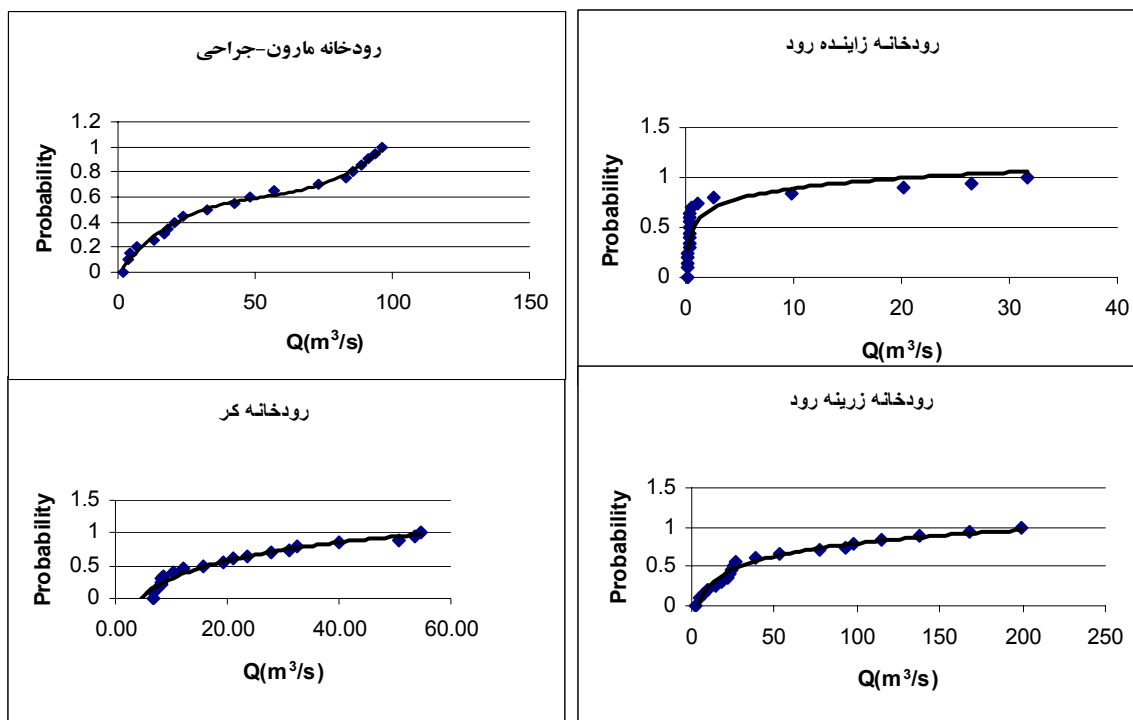
جدول شماره (۳) - مشخصات حوضه های مورد مطالعه

ردیف	نام حوضه	نام رودخانه شاخص	سد	تالاب پایین دست
۱	خلیج فارس و دریای عمان	مارون-جراحی	مارون	شادگان
۲	دریاچه ارومیه	زربنه رود	بوکان	دریاچه ارومیه
۳	خلیج فارس و دریای عمان	زاینده رود	زاینده رود	گاوخونی
۴	مرکزی	کر	درودزن	نیریز

جدول شماره (۴) - دوره آماری و مجموع مصارف سالانه پائین دست مخازن مورد مطالعه

ردیف	رودخانه	سد	دوره آماری قبل از بهره برداری مخزن	مجموع مصارف سالانه پائین دست (MCM)	
				سالهای نرمال و تر	سال خشک
۱	زاینده رود	زاینده رود	۱۳۲۷-۱۳۵۰	۱۴۹۹	۶۲۹
۲	کر	درودزن	۱۳۴۳-۱۳۵۰	۱۱۰۹	۳۵۵
۳	مارون-جراحی	مارون	۱۳۴۶-۱۳۷۸	۱۱۱۵	۶۹۴
۴	زربنه رود	بوکان	۱۳۴۳-۱۳۵۱	۱۴۸۲	۵۵۹

¹¹ Flow Duration Curve



شکل شماره (۲) - منحنی FDC رودخانه های مارون-جراحی، در سال نرمال ۴۷-۱۳۴۶

نتایج محاسبه شاخص تنش آبی برای رودخانه های مورد مطالعه در جداول شماره ۵ تا ۷ به ترتیب برای سالهای نرمال، تر و خشک ارائه شده است.

جدول شماره (۵) - نیاز آب زیست محیطی و شاخص تنش آبی رودخانه های مورد مطالعه در سال نرمال (۴۷-۱۳۴۶)

ردیف	رودخانه	میانگین آورد سالانه (m ³ /s)	جریان حداقل (m ³ /s)	جریان حداکثر (m ³ /s)	نیاز آب زیست محیطی (m ³ /s)	شاخص تنش آبی	وضعیت بهره برداری
۱	زاینده رود	۲۸/۹	۰/۲	۵/۸	۵/۸	۲/۰۷	بیش از حد
۲	کر	۳۳/۰	۶/۹	۲/۳	۹/۲	۱/۴۸	بیش از حد
۳	مارون-جراحی	۴۲/۴	۳/۷	۸/۵	۱۲/۲	۱/۱۷	بیش از حد
۴	زرينه رود	۱۴۴/۹	۴/۵	۲۹/۰	۳۳/۵	۰/۴۲	متوسط

جدول شماره (۶) - نیاز آب زیست محیطی و شاخص تنش آبی رودخانه های مورد مطالعه در سال تر (۴۸-۱۳۴۷)

ردیف	رودخانه	میانگین آورد سالانه (m ³ /s)	جریان حداقل (m ³ /s)	جریان حداکثر (m ³ /s)	نیاز آب زیست محیطی (m ³ /s)	شاخص تنش آبی	وضعیت بهره برداری
۱	زاینده رود	۱۰۵/۸	۰/۴	۲۱/۲	۲۱/۵	۰/۵۶	متوسط
۲	کر	۱۹۷/۸	۹/۴	۲۹/۷	۴۹/۰	۰/۲۴	کم
۳	مارون-جراحی	۱۳۲/۸	۱۶/۱	۲۶/۶	۳۶/۰	۰/۳۷	متوسط
۴	زرينه رود	۶۰۴/۰	۱۲/۸	۱۲۰/۸	۱۳۳/۶	۰/۱۰	کم

جدول شماره (۷) - نیاز آب زیست محیطی و شاخص تنش آبی رودخانه های مورد مطالعه در سال خشک (۴۹-۱۳۴۸)

ردیف	رودخانه	میانگین آورد سالانه (m ³ /s)	جریان حداقل (m ³ /s)	جریان حداکثر (m ³ /s)	نیاز آب زیست محیطی (m ³ /s)	شاخص تنش آبی	وضعیت بهره برداری
۱	زاینده رود	۳/۹	۰/۳	۰/۸	۱/۰	۶/۹۴	بیش از حد
۲	کر	۲۰/۲	۵/۷	۱/۴	۷/۱	۰/۸۶	زیاد
۳	مارون - جراحی	۴۸/۲	۲/۹	۹/۷	۱۲/۵	۰/۶۲	زیاد
۴	زربنه رود	۱۳۱/۰	۲/۰	۱۲۰/۸	۲۸/۲	۰/۱۷	متوسط

بر اساس این نتایج رودخانه های زاینده رود، کر، مارون - جراحی و زربنه رود به ترتیب شرایط بهره برداری بحرانی رده بندی می شوند. از این رو این رده بندی می تواند در اولویت بندی تخصیص آب زیست محیطی توسط مدیران و بهره برداران آب در استان ها مد نظر قرار گیرد. همچنین بر اساس جداول شماره (۷ و ۶)، رودخانه زاینده رود را می توان به عنوان بحرانی ترین رودخانه از نظر شرایط تنش آبی دانست، بخصوص که افزایش شاخص WSI تا حد ۶/۹۴ در سال خشک می تواند بیانگر میزان آسیب پذیری بالای این رودخانه در برابر شرایط خشکسالی باشد. از طرفی در سال وضعیت بهره برداری کلیه رودخانه های مذکور در حد یک کلاس بهبود می یابد که این خود بیانگر اثر تغییرات آورد در شرایط رودخانه است.

۳. جمع بندی و پیشنهادات :

به منظور تحلیل شاخص بحران آبی در سه حوضه از شش حوضه آبریز کشور شامل: خلیج فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه، مرکزی، مهمترین رودخانه های هر حوضه که در نقطه انتهایی خود به یک اکوسیستم با اهمیت بین المللی منتهی می گردند، انتخاب شد. احداث سدهای بزرگ در بالادست اکثر این رودخانه ها منجر به تغییر رژیم طبیعی رودخانه گردیده است، که بر آورد و تخصیص نیاز آب زیست محیطی به عنوان مهمترین عامل پیشگیرانه از اثرات نامساعد آنها در این مطالعه مد نظر قرار گرفت. نتایج این مطالعات می تواند در ارزیابی نسبی وضعیت بهره برداری رودخانه ها و نیز اولویت بندی سیاست گذارهای حفاظتی مورد استفاده قرار گیرد.

بر این اساس نتایج و پیشنهادات حاصله به شرح ذیل ارائه می گردد:

۱- با توجه به نتایج مطالعات حاضر، رودخانه های شاخص از حوضه های آبریز مورد مطالعه در کلاسهای ۱ و ۳ (طبق جدول شماره (۸)) قرار می گیرند که به ترتیب بیانگر رودخانه های دارای جریانات متغیر و با تغییرات کم است. بر این اساس می توان رودخانه های حوضه مرکزی و حوضه خلیج فارس و دریای عمان را جزو کلاس ۱ طبقه بندی نمود.

جدول شماره (۸) - طبقه بندی رودخانه های مورد مطالعه بر اساس رژیم جریان

ردیف	رودخانه	Q _{۹۰} /MAR (%)	طبقه بندی
۱	زاینده رود	۰/۷	کلاس ۱
۲	کر	۲۱/۰	کلاس ۳
۳	مارون - جراحی	۸/۸	کلاس ۱
۴	ارومیه	۳/۱	کلاس ۱

۲. با توجه به مقادیر EWR محاسبه شده می توان گفت که نیاز حداکثر جریان (HFR) به طور معمول در محدوده ۲۰-۷ در صد میانگین آورد سالانه (MAR) می باشد.

۳. از نتایج EWR حساب شده می توان پی برد که EWR حدوداً بر Q_{80} (در سالهای تر، خشک، نرمال) منطبق است.

۴. در بسیاری از رودخانه ها وضعیت شاخص WSI که به ترتیب برای سالهای تر، خشک و نرمال محاسبه شده است، نشانگر این است که وضعیت بهره برداری از منابع آب در سالهای تر ممکن است تا یک کلاس بهبود یابد. (مثال زاینده رود) و یا در سالهای خشک یک کلاس تقلیل یابد شود.

۵. نتایج حاکی از آن است که مطابق شاخص حساب شده، رودخانه زرينه رود که در حوضه دریاچه ارومیه واقع است، وضعیت مناسبتری نسبت به رودخانه های واقع در نواحی مرکزی و جنوبی کشور دارد.

۶. مقایسه میزان نیاز آب زیست محیطی برای رودخانه جراحی در ایستگاه انتهایی که با یک روش هیدرولوژیکی محاسبه شده ($EWR=15 \text{ m}^3/\text{s}$) و میزان نیاز آب زیست محیطی محاسبه شده برای تالاب شادگان در مطالعه سیما و تجریشی ۱۳۸۴، به عنوان اکوسیستم پایین دست رودخانه برابر با ($EWR=85/6 \text{ m}^3/\text{s}$) نشان می دهد که تنها محاسبه و حفاظت از جریان زیست محیطی رودخانه برای حفاظت از ارزشهای اکولوژیکی پایین است نمی تواند کافی باشد [۹]. لذا لازم است رها سازی از مخازن واقع در بالادست اکوسیستم های با ارزش نظیر تالابها، دریاچه ها... با توجه به نیازهای زیست محیطی رودخانه و تالاب توأمان انجام گیرد.

۴. مراجع :

- [۱] Arthington, A.H. (۲۰۰۳), "Ecological Impacts of dams and flow regulation in rivers. Keynote address at Dams" – consents and Current Practice New Zealand Society on Large Dams...
- [۲] Arthington, A.H., S.O. Brizga and M.J. Kennard (۱۹۹۸), "Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: best practice framework", Report OP ۲۵/۹۸. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra.
- [۳] Tharme, R. (۱۹۹۶), "Review of International Methodologies for the Quantification of the Instream Flow Requirement of Rivers", Water law review final report for policy development for the Department of Water Affairs and Forestry. Pretoria, SA.
- [۴] World Commission on Dams, (۲۰۰۰), "Dams and Development: Anew Framework for Decision-Making", Chapter ۳: Ecosystems and Large Dams, P:۸۹.
- [۵] Tharme, R. (۲۰۰۳), "A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers", Published online in Wiley InterScience.
- [۶] Smakhtin, (۲۰۰۴), "Taking into Account Environmental Water Requirements in Global-scale Water Resources Assessments", IWMI
- [۷] Smakhtin, (۲۰۰۴), "A pilot Global Assessment of Environmental Water Requirement and Scarcity", International Water Resources Association, P:۳۰۷-۳۱۷.
- [۸] DWAF, (۱۹۹۷), "White paper on a national Water Policy for South Africa", Pretoria, South Africa, Department of Water Affairs and Forestry.
- [۹] Sima., S., Tajrishy, M., (۲۰۰۶), "Water allocation for wetland Environmental Water Requirements". World Environment and Water Resources Congress, ASCE.