بررسی بحران آب در ایران و استان همدان: مقایسه وضعیت سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۷۹

محمود حاجی رحیمی و عبداله عبدل قوزلوجه[1]

چکیده

با رشد روز افزون جمعیت و پیامدهای ناشی از آن، تقاضای آب در حال افزایش است. در صورت عدم برنامه ریزی‌های استراتژیک منطقه‌ای و بین‌المللی در مورد بحران آب، به زودی با مشکل بحران شدید آب در سطح ملی و بین‌المللی مواجه خواهیم بود. با کاربرد شاخص‌های فالکن مارک، سازمان ملل متحد (UN) و مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)، وضعیت بحران آب برای ایران و استان همدان در سال ۱۳۸۹ بررسی و با وضعیت بحران آب در سال ۱۳۷۹ مقایسه شد. داده های مورد استفاده از آمارنامه ها و منابع آماری موجود بدست آمد. طبق نتایج حاصل، بر مبنای شاخص فالکن مارک، ایران و استان همدان در وضعیت کم و یا عدم بحران آب قرار دارند اما شاخص‌های کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد (UN) و مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)، نشان دهنده شدید بودن بحران آب در هر دو محدوده مورد مطالعه است. در مجموع نتایج، بیانگر شدت یافتن بحران آب در محدوده‌های مورد بررسی طی دوره مورد بررسی است که این تشدید بحران برای استان همدان به مراتب بیشتر از ایران بوده است.

طبقه بندی JEL: Q00

واژه‌های کلیدی: بحران آب، شاخص فالکن مارک، ایران، همدان

مقدمه

همه ساله حدود ۱۰۸۰۰۰ کیلومتر مکعب بارش بر سطح کره زمین فرود می‌آید که حدود ۶۰ درصد آن یعنی ۶۱۰۰۰ کیلو متر مکعب مستقیماً تبخیر شده و به جو باز می‌گردد و ۴۷۰۰۰ کیلو متر مکعب دیگر نیز به عنوان آب تجدید پذیر جهان مورد ملاک قرار می‌گیرد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). ۹۷ درصد منابع آبی جهان را دریاها و اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهند که به دلیل شوری قابل استفاده برای آشامیدن و یا کشاورزی نمی‌باشد. ۳ درصد باقی‌مانده کل منابع آب شیرین جهان را در بر می‌گیرد این مقدار شامل ۶۸/۷ درصد کوه‌های یخی و یخچال‌های طبیعی، ۳۰/۱ درصد آب‌های زیر زمینی، ۰/۳ درصد، آب‌های سطحی و ۰/۹ درصد سایر منابع آبی می‌باشد. آب‌های سطحی جهان نیز شامل ۸۷ درصد دریاچه‌ها، ۱۱ درصد باتلاق‌ها و ۲ درصد رودخانه‌ها می‌شود. با وجود این که مقدار آب موجود در کره زمین ثابت بوده و تنها از شکلی به شکل دیگر تغییر می‌یابد اما عدم یکنواختی توزیع آن در سطح کره زمین و تغییرات جوی غیر معمول که در دهه‌های اخیر به دلیل افزایش دخالت‌های انسان در محیط طبیعی ایجاد شده است مشکلاتی را به

[1] به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه کردستان

Email: mhajirahimi@uok.ac.ir

صورت بروز خشکسالی و یا سیل و طغیان رودخانه‌ها در نقاط مختلف جهان به وجود آورده است. به طور کلی مشکل کم آبی وقتی به وجود می‌آید که آب در کمیت و کیفیت مناسب برای تخصیص زمانی و مکانی یافت نشود (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۶). کمبود کمی و کیفی آب بر همه جوانب زندگی بشری تأثیر بسزایی دارد. هر ساله ۳/۵۷۵ میلیون نفر به دلیل بیماری‌های مرتبط با آب غیر بهداشتی جان خود را از دست می‌دهند. طبق پیش بینی‌های سازمان ملل در سال ۲۰۲۵ تعداد ۴۸ کشور با جمعیتی بالغ بر ۲/۸ میلیارد نفر با شرایط تنش و یا کمیابی آب مواجه خواهند بود[1].

اهمیت آب بر کسی پوشیده نیست این مایع ارزشمند در فعالیت‌های کشاورزی، شرب و صنعت نقش اساسی داشته و به عنوان مایه حیات شناخته می‌شود. از مهم‌ترین مسائلی که در قرن حاضر اهمیت بیشتری یافته و به عنوان یکی از دلایل اصلی بروز اختلافات در روابط بین‌المللی مطرح است تنش[2] و یا کمبود[3] آب است که به صورت کلی بحران آب[4] نامیده می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام گرفته نخستین دلیل اصلی ایجاد بحران آب، افزایش جمعیت است که با افزایش تقاضای غذا و در نتیجه گسترش کشاورزی و دام پروری، موجب افزایش تقاضای آب می‌شود. محققین دومین دلیل ایجاد بحران آب را افزایش شهرنشینی می‌دانند که سبب افزایش تقاضای آب برای شرب و بهداشت می‌شود. صنعتی شدن جوامع دلیل دیگری است که به سبب آلوده کردن منابع آبی، بحران آب را گسترش می‌دهد در چنین شرایطی تقاضای آب بر عرضه آن پیشی گرفته و مازاد تقاضا برای این نهاده ارزشمند ایجاد می‌شود. جهت بازگشت به تعادل بین عرضه و تقاضای آب باید عرضه آب را افزایش و یا تقاضای آن را کاهش داد، افزایش عرضه آب نیازمند به کار گیری تکنولوژی‌های نوین در کشف و استخراج از منابع جدید مانند استفاده مجدد از فاضلاب‌ها، شیرین کردن آب دریا و استفاده از آب‌های شور بوده که هزینه‌های بالایی را می‌طلبد و حتی اگر حاضر به تقبل تمام هزینه‌ها نیز باشیم در بعضی مناطق منابع جدید آب وجود نداشته و به طور کلی امکان افزایش عرضه آب وجود ندارد. آب نقش مهمی در رشد بخش کشاورزی کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته دارد همچنین به طور کلی رشد و توسعه اقتصادی هر کشوری بستگی زیادی به غنی بودن منابع آبی آن می‌باشد. امروزه جوامع بین‌المللی از اهمیت آب در جهت داشتن رشد اقتصادی پایدار در زمان حال و آینده آگاه گشته‌اند. در سطح ملی سهم زیادی از سرمایه گذاری‌ها صرف زیرساخت‌ها و امور زیربنایی و بهبود مدیریت منابع آب می‌شود که بیانگر اهمیت بخش آب در سطح ملی است؛ لذا آب نقش مهمی در اقتصاد ملی دارد که بایستی توجه شایسته‌ای به آن شود (یوسفی و همکاران، ۱۳۸۹).

بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی ایران است. در سال ۲۰۰۵ بخش کشاورزی ایران ۱۱/۵ درصد از تولید ناخالص ملی و یک سوم صادرات غیر نفتی کشور را تولید کرده است علاوه بر این، بخش کشاورزی حدود ۲۳/۴ درصد از نیروی کار و به ترتیب ۸۰ و ۹۰ درصد از نیاز غذایی و مواد خام صنایع داخلی را تأمین کرده است. یک سوم از مساحت ایران قابل کشت است اگر چه به دلیل فقر خاک و کمبود آب مقدار زیادی از این میزان زیر کشت نیست. در سال ۲۰۰۳ حدود ۸ میلیون هکتار از اراضی قابل کشت زیر کشت آبی و حدود ۹ میلیون هکتار زیر کشت دیم بوده است (صادقی و همکاران، ۲۰۱۰). در ایران نیز مانند بسیاری از کشورهای خشک و نیمه خشک محدودیت اصلی در بخش کشاورزی نهاده آب است. کارشناسان معتقدند در صورتی که محدودیت آب وجود نداشت ۳۰ تا ۵۰ میلیون هکتار از اراضی کشور قابل کشت و زرع می‌بود.

---

1. water.org/water-crisis/water-facts/water/
2. Stress
3. Scarcity
4. Water Crisis

بر اساس مطالعات پیشین، خالدی و رحیمی (۱۳۷۹) با استفاده از شاخص‌های فالکن مارک[1]، کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد[2] (UN) و مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب[3] (IWMI)، وضعیت آبی کشورهای خاورمیانه از جمله ایران را بحرانی و آینده این کشورها را با بحران شدید آب پیش بینی نموده‌اند. امراسینگ و همکاران (۱۹۹۹) تفاوت‌های موجود در کمیابی آب در فصول و نواحی مختلف سریلانکا را بررسی و سه شاخص مذکور را برای سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۲۵، تحت دو سناریوی ثبات و افزایش کارائی آبیاری محاسبه و نتیجه گرفتند که حتی اگر کارائی آبیاری در سال ۲۰۲۵ دو برابر شود، چهار منطقه در فصول مرطوب و نه منطقه در فصول خشک شرایط کمیابی شدید آب خواهند داشت. جعفری و رضوانی (۱۳۸۰) بر مبنای شاخص‌های بحران آب، ایران و استان همدان را از دیدگاه بحران کمی در بحران شدید آب عنوان کرده‌اند.

آنچه که مسلم است کشور ما ایران در کمربند خشکی جهان قرار گرفته و به دلیل این موقعیت جغرافیایی دارای آب و هوایی خشک و نیمه خشک می‌باشد و همچنین بحران آب در آن از مدت‌ها پیش آغاز شده و در تحقیقاتی که توسط محققین داخلی و بین‌المللی انجام گرفته است بر لزوم پیش گیری و اقدامات زیر بنایی در جهت مقابله با این بحران تأکید شده است اما آیا بحران آب در ایران همچنان در حال افزایش است؟ مقدار شاخص‌های بحران آب نسبت به دهه گذشته چگونه تغییر کرده است؟ با توجه به شرایط موجود راهکارهای ممکن برای مقابله با بحران آب چیست؟ این تحقیق در پی پاسخ به این سوالات است.

روش تحقیق

برای بررسی موضوع از شاخص‌های فالکن مارک، کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد (UN) و مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) استفاده شد که در ادامه معرفی می‌گردند:

شاخص فالکن مارک

این شاخص وضعیت بحران آب را بر حسب میزان سرانه منابع آب تجدید پذیر[4] مشخص می‌کند. بر اساس این شاخص، سرانه آب ۱۷۰۰ و ۱۰۰۰ متر مکعب در سال به ترتیب بیانگر وضعیت تنش و کمبود می‌باشد. بر اساس این شاخص کشورهایی با سرانه منابع آب تجدید پذیر بیش از ۱۷۰۰ متر مکعب، بین ۱۷۰۰ و ۱۰۰۰ متر مکعب و کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب به ترتیب بدون مشکل کم آبی، با تنش آبی و دارای کمبود آب محسوب می‌شوند.

شاخص کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد (UN)

این شاخص بحران آب را بر حسب مجموع میزان مصرف سالانه[5] و به صورت درصدی از کل منابع آب تجدید پذیر سالانه بیان می‌کند. بر این اساس بحران شدید آب به وضعیتی گفته می‌شود که کل میزان مصرف آب در محدوده مورد مطالعه بیشتر از ۴۰ درصد کل منابع آب تجدید پذیر سالانه آن باشد، اگر این مقدار بین ۲۰ تا ۴۰ درصد باشد بحران آب در حد متوسط تا شدید و اگر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد قرار گیرد بحران آب در حد معتدل و برای مقادیر کمتر از ۱۰ درصد بحران آب کم یا اصلاً وجود نخواهد داشت.

شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)

---

1. Falkenmark
2. UN Commission on Sustainable Development
3. International Water Management Institute (IWMI)
4. Per Capita Renewable Water
5. Total Annual Water Consumption

این شاخص با توجه به دو معیار درصد برداشت کنونی نسبت به کل منابع آب تجدید پذیر سالانه ($IWMI_1$) و درصد برداشت آینده نسبت به برداشت فعلی ($IWMI_2$)، وضعیت بحران آب را تعیین می‌کند. شاخص‌های مذکور به صورت خلاصه در جدول (۱) ذکر شده است:

جدول (۱) شاخص‌های تعیین بحران آب

سطح بحران آب	شاخص		
	فالکن مارک (m^3)	UN	IWMI
شدید	$I_f < ۵۰۰$	$I_{UN} > \%۴۰$	$IWMI_1 > \%۵۰$
متوسط تا شدید	$۵۰۰ < I_f < ۱۰۰۰$	$\%۲۰ < I_{UN} < \%۴۰$	$IWMI_1 < \%۵۰ \& IWMI_2 > \%۲۰۰$
معتدل	$۱۰۰۰ < I_f < ۱۷۰۰$	$\%۱۰ < I_{UN} < \%۲۰$	$IWMI_1 < \%۵۰ \& \%۲۰۰ > IWMI_2 > \%۱۲۵$
کم یا عدم وجود	$۱۷۰۰ < I_f$	$I_{UN} < \%۱۰$	$IWMI_1 < \%۵۰ \& IWMI_2 < \%۱۲۵$

I_f: سرانه منابع آب تجدید پذیر سالانه (m^3)، I_{UN}: درصد برداشت کنونی نسبت به منابع آب تجدید پذیر سالانه، $IWMI_1$: درصد برداشت کنونی نسبت به منابع آب تجدید پذیر سالانه، $IWMI_2$: درصد برداشت آینده نسبت به برداشت فعلی

مأخذ: امراسینگ و همکاران، ۱۹۹۹.

بحث و نتایج

وضعیت منابع آبی و آمار جمعیتی ایران

ایران در یک ناحیه خشک و نیمه خشک واقع شده است. ۱۳ درصد از کل وسعت آن دارای آب و هوای کوهستانی، ۱۴ درصد آب و هوای معتدل و ۷۳ درصد آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد. متوسط نزولات سالانه ایران ۲۵۰ میلی‌متر بوده که بسیار کمتر از متوسط آسیا و جهان (به ترتیب ۷۳۲ و ۸۳۱ میلی‌متر) است (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۰). جمعیت ایران برای سال ۱۳۸۹ برابر با ۷۴۷۳۳۲۳۰ نفر برآورد شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۹) که نشان دهنده ۶ درصد رشد نسبت به سال ۱۳۸۵ می‌باشد. کل منابع آب تجدید پذیر ایران ۱۳۵ میلیارد متر مکعب می‌باشد و کل مقدار آب مصرفی در ایران برای سال ۱۹۶۳، ۴/۴۴ میلیارد متر مکعب بوده است که این مقدار در سال ۱۹۹۳ به ۸۳ میلیارد متر مکعب و در سال ۲۰۰۶ به ۹۳/۳۶ میلیارد متر مکعب افزایش یافته است. پیش بینی شده است که سرانه مصرف آب در ایران برای سال ۲۰۲۰ به ۱۳۰۰ متر مکعب کاهش یابد (زهتابیان، ۲۰۱۰). بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی (FAO)[1] کل آب مصرفی ایران برای سال‌های ۱۹۷۵، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۴ به ترتیب برابر با ۴۵، ۸۹/۷ و ۹۳/۳ میلیارد متر مکعب بوده است.

1. http://faostat.fao.org/site/544/default.aspx

جدول (۲) روند رشد جمعیت و مصرف آب در ایران

سال i	آب مصرفی C_{wi}	جمعیت P_i	سرانه آب مصرفی
۱۹۶۳	۴/۴۴	۲۳۷۷۶۰۰۰	۱۸۶/۷۴
۱۹۷۵	۴۵	۳۲۷۹۳۰۰۰	۱۳۷۲/۲۴
۱۹۹۳	۸۳	۵۷۹۴۰۰۰۰	۱۴۳۲/۵۱
۲۰۰۱	۸۹/۷	۶۶۳۱۴۰۰۰	۱۳۵۲/۶۵
۲۰۰۴	۹۳/۳۰	۶۸۸۹۳۰۰۰	۱۳۳۸/۰۱
۲۰۰۶	۹۳/۳۶	۷۰۵۸۲۰۰۰	۱۳۲۲/۷۱

C_{wi}: مقدار مصرف آب (میلیارد متر مکعب)، P_i: میزان جمعیت ایران (نفر)

مأخذ: زهتابیان، ۲۰۱۰، FAO و محاسبات تحقیق

با توجه به اینکه برای محاسبه شاخص‌های UN و IWMI نیازمند مقدار آب مصرفی می‌باشیم با در نظر گرفتن اعداد مذکور و آمار جمعیتی فائو برای ایران در سال‌های ذکر شده (جدول ۲)، رابطه لگاریتمی بین میزان جمعیت و کل آب مصرفی سالانه ایران با استفاده از نرم افزار SPSS 18 به صورت رابطه (۱) تخمین و با ضریب تعیین ۹۷ درصد مقدار کل آب مصرفی کشور برای سال ۱۳۸۹ برابر با ۱۰۰/۳۳ میلیارد متر مکعب برآورد شد. که نشان دهنده افزایش ۶/۹۴ درصدی نسبت به سال ۲۰۰۶ می‌باشد.

$$C_{wi} = ۷۸/۰۳ \ Ln(P_i) - ۱۳۱۴/۳۱ \qquad (۱)$$

$$t = (۱۳/۶۵) \qquad (-۱۲/۹۸) \qquad R^۲ = ۰/۹۸$$

در رابطه (۱)، C_{wi} مقدار مصرف آب بر حسب میلیارد متر مکعب در سال i و P_i میزان جمعیت ایران بر حسب نفر، در سال i می‌باشد.

وضعیت منابع آبی و آمار جمعیتی استان همدان

میانگین بارش استان همدان ۳۴۰ میلی‌متر و متوسط حجم نزولات جوی استان ۶۶۳۷ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که ۵۲ درصد از این مقدار به صورت تبخیر از دسترس خارج می‌شود. کل منابع آب تجدید پذیر استان برابر با ۳۰۹۱ میلیون متر مکعب بوده که حدود ۳۳ درصد این مقدار را آب‌های سطحی و ۶۷ درصد باقی‌مانده را آب‌های زیر زمینی تشکیل می‌دهند. بر اساس برآورد مرکز آمار ایران، جمعیت استان همدان در سال ۱۳۸۹، برابر با ۱۶۹۹۵۸۸ نفر و در سال ۱۳۸۵ نرخ رشد جمعیت استان ۲ درصد بوده است. میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی استان ۲۳۹۰/۷۳ میلیون متر مکعب است که نشان دهنده ۳۱۵ میلیون متر مکعب کسری مخزن در آبخوان دشت‌های استان می‌باشد. حجم کل آب مصرفی در استان ۲۶۷۵ میلیون متر مکعب بوده که به ترتیب ۹۰/۹۳، ۶/۸۷ و ۲/۲ درصد از این مقدار در بخش‌های کشاورزی، خانگی و صنعت مصرف می‌شود (ماهنامه آب، ۱۳۹۰).

محاسبه شاخص‌های بحران آب

بر اساس آمار و ارقام ذکر شده در بخش‌های پیشین، شاخص‌های بحران آب محاسبه شد:

جدول (۳) محاسبه شاخص فالکن مارک برای محدوده‌های مورد مطالعه (۱۳۸۹)

محدوده مورد بررسی	منابع آب تجدید پذیر (میلیارد مترمکعب)	جمعیت (نفر)	شاخص فالکن مارک (m^3)
ایران	۱۳۵	۷۴۷۳۳۲۳۰	۱۸۰۶/۴۲
همدان	۳/۰۹۱	۱۶۹۹۵۸۸	۱۸۱۸/۶۷

مأخذ: زهتابیان ۲۰۱۰، مرکز آمار ایران ۱۳۸۹، ماهنامه آب ۱۳۹۰ و محاسبات تحقیق

با توجه جدول (۳) شاخص فالکن مارک نشان دهنده وضعیت کم یا عدم وجود بحران آب برای کل کشور و استان همدان است.

جدول (۴) محاسبه شاخص UN برای محدوده‌های مورد مطالعه (۱۳۸۹)

محدوده مورد بررسی	منابع آب تجدید پذیر (میلیارد مترمکعب)	مصرف سالانه آب (میلیارد مترمکعب)	شاخص UN (درصد)
ایران	۱۳۵	۱۰۰/۰۷	۷۴/۱۲
همدان	۳/۰۹۱	۲/۶۷۵	۸۶/۵۴

مأخذ: زهتابیان ۲۰۱۰، ماهنامه آب ۱۳۹۰ و محاسبات تحقیق

جدول (۵) محاسبه شاخص IWMI برای محدوده‌های مورد مطالعه (۱۳۸۹)

محدوده مورد بررسی	منابع آب تجدید پذیر (میلیارد مترمکعب)	مصرف سالانه آب (میلیارد مترمکعب)	$IWMI_1$ (درصد)	$IWMI_2$ (درصد)
ایران	۱۳۵	۱۰۰/۰۷	۷۴/۱۲	-
همدان	۳/۰۹۱	۲/۶۷۵	۸۶/۵۴	-

مأخذ: زهتابیان ۲۰۱۰، ماهنامه آب ۱۳۹۰ و محاسبات تحقیق

بر اساس شاخص‌های کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد (UN) و مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)، ایران و استان همدان به ترتیب با مصرف ۷۴/۱۲ و ۸۶/۵۴ درصد از کل منابع آبی تجدید پذیر خود در بحران شدید آب قرار دارند. لازم به یادآوری است که با توجه به اینکه برای محدوده‌های مورد بررسی، معیار $IWMI_1$ بزرگ‌تر از مقدار ۵۰ درصد به دست آمده است، نیازی به محاسبه معیار $IWMI_2$ نمی‌باشد زیرا تنها حالت ممکن بر اساس شاخص IWMI وضعیت بحران شدید آب خواهد بود.

با توجه به نتایج حاصل شاخص فالکن مارک نشان دهنده عدم بحران آب و شاخص‌های UN و IWMI بیانگر بحران آب شدید در هر دو محدوده مورد بررسی است. این اختلاف نتیجه گیری در مطالعه امراسینگ و همکاران (۱۹۹۹) نیز مشاهده می‌شود. با توجه به این که شاخص فالکن مارک به مقدار واقعی مصرف آب در محدوده‌های مورد بررسی بستگی ندارد (مکونین،۲۰۱۱) و همچنین نتیجه به دست آمده به وسیله شاخص فالکن مارک بیانگر وضعیت فعلی اقلیم ایران نیست می‌توان نتیجه گرفت که شاخص‌های UN و IWMI نتیجه مناسب‌تری را بیان می‌کنند.

مقایسه نتایج حاصل با وضعیت بحران آب در سال ۱۳۷۹

با توجه به نتایج محاسبه شاخص‌های فالکن مارک، UN و IWMI و مقدار این شاخص‌ها در سال ۱۳۷۹ (جدول ۶)، بر مبنای شاخص فالکن مارک، بحران آب در ایران و استان همدان در سال به ترتیب به میزان ۱۳۹/۵۸ و ۳۲۳/۳۳ مترمکعب به آستانه تنش نزدیک‌تر شده است و در واقع سرانه آب تجدید پذیر در محدوده‌های مذکور به میزان ارقام ذکر شده کاهش یافته است. با توجه به اینکه مبنای محاسبه شاخص فالکن مارک مصرف سرانه آب تجدید پذیر است، دلیل اصلی کاهش سرانه آب تجدید پذیر، افزایش جمعیت است چرا که جمعیت ایران در سال ۱۳۸۹ در مقایسه با سال ۱۳۷۹، ۱۴ درصد رشد داشته است. شاخص‌های UN و IWMI برای سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ بیانگر افزایش این شاخص‌ها برای ایران و استان همدان به ترتیب به میزان ۶/۱۲ و ۲۷/۹۴ درصد بوده که به معنای تشدید بحران آب در این محدوده‌ها طی دهه اخیر است که این تشدید بحران برای استان همدان به مراتب بیشتر از ایران بوده است.

جدول (۶) شاخص‌های بحران آب برای محدوده‌های مورد مطالعه (۱۳۷۹)

محدوده مورد بررسی	شاخص			
	فالکن مارک (m^3)	UN (درصد)	IWMI (درصد)	
			$IWMI_1$	$IWMI_2$
ایران	۱۹۴۶	۶۸	۶۸	۲۱۲
همدان	۲۱۴۲	۵۸/۶	۵۸/۶	-

مأخذ: جعفری و رضوانی، ۱۳۸۰.

پیش نهادها

راهکارهای موجود برای مقابله با بحران آب را می‌توان از جنبه‌های مختلف بررسی کرد. در موارد زیر سعی شده است که با رعایت اختصار تنها به موارد مهم و کلی اشاره شود.

قیمت گذاری آب

محققین حوزه اقتصاد آب محدودکننده‌ترین عامل توسعه پایدار در دهه‌های آینده را مسائل مربوط به آب می‌دانند و قیمت گذاری آب را اصلی‌ترین ابزار برای فایق آمدن بر این مشکل بیان می‌کنند. روگرز و همکاران (۲۰۰۲) قیمت گذاری آب را مهم‌ترین عامل در مدیریت تقاضای آب عنوان می‌کنند که می‌تواند توزیع یکسان، کارایی و پایداری منابع آبی را بهبود بخشد. در تحقیقات انجام گرفته در مورد قیمت‌گذاری آب بر سه نقش اصلی قیمت گذاری تأکید شده است:

- تأمین منابع مالی برای عرضه آب

قیمت دریافتی می‌تواند تأمین کننده منابع مالی برای عرضه کنندگان آب جهت تضمین بقای مالی و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری از سیستم‌های عرضه آب باشد چرا که بر اساس تحقیقات انجام گرفته قیمت پرداختی کشاورزان تأمین کننده تمامی هزینه‌های عرضه آب نیست در بسیاری از کشورهای جهان آب به طور ذاتی مجانی است و بهای پرداختی برای آن تنها بخش کوچکی از هزینه‌های تأمین آب را می‌پوشاند.

- کاهش تقاضای آب

نقش دیگر قیمت آب، ایجاد انگیزه برای صرفه جویی در مصرف آب و جلوگیری از اسراف یا اتلاف آن است، چرا که ارزان و رایگان بودن آب باعث زیاده‌روی در مصرف آب می‌شود و انگیزه را برای حفاظت و استفاده اقتصادی آن تضعیف می‌کند. این امر سایر کشاورزان و مصرف کنندگان را نیز از مصرف آب محروم می‌نماید. قیمت‌گذاری آب تقاضای آب را کاهش داده و استفاده پایدار از منابع آبی را تضمین می‌کند. با کاهش مقدار مصرف آب از طریق اعمال سیاست قیمت‌گذاری می‌توان از نابودی منابع آبی جلوگیری و آب ذخیره شده را در مصارفی که ارزش اقتصادی بیشتری حاصل می‌کند تخصیص داد.

- تخصیص مجدد آب از مصارف کم ارزش به مصارف پر ارزش

در این مورد مهم‌ترین نقش قیمت آب را می‌توان توزیع متناسب آب بین متقاضیان و مصارف مختلف ذکر کرد؛ لذا تعیین قیمت آب باعث می‌شود که آب بین متقاضیان متناسب با فایده یا ارزش نهایی توزیع گردد.

با قیمت گذاری آب، کشاورزان برای کاهش در آب مصرفی محصولات سنتی خود را با محصولاتی که آب کمتری مصرف می‌کنند جایگزین کرده و یا اقدام به کشت محصولاتی با ارزش افزوده بالاتر می‌کنند به گونه‌ای که هر واحد آب مصرفی ارزش بیشتری را ایجاد کند.

از سوی دیگر اگر قیمت آب بیش از ارزش تولید نهایی آن باشد، کشاورزان و مصرف کنندگان از آن استفاده نخواهند کرد و چنین قیمتی برای منابع آبی، مغایر با هدف توسعه کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان است. بنابراین اگر قیمت آب با دقت تعیین شود هم از اتلاف آن جلوگیری می‌شود و هم درآمد کشاورزان افزایش می‌یابد.

تجارت آب مجازی

در کشورهایی که با بحران آب مواجه هستند تجارت آب مجازی می‌تواند راه حلی برای تخفیف اثرات این بحران باشد. مفهوم آب مجازی که برای نخستین بار در سال ۱۹۹۳ توسط پروفسور تونی الان[1] مطرح شد عبارت است از مقدار آبی است که در مراحل مختلف تولید یک کالا استفاده می‌شود (هوکسترا و هونگ، ۲۰۰۲). اگر کشوری کالایی که تولید آن آب بر است را وارد کند در واقع همان مقدار آب لازم برای تولید آن کالا را به صورت مجازی وارد نموده است. تجارت آب مجازی به عنوان گزینه‌ای موثر در مقابله با بحران آب در سطح منطقه‌ای و ملی مطرح است. برای لحاظ کردن اصل مزیت نسبی در تجارت آب مجازی می‌تواند موجب منتفع شدن همه کشورها در تجارت آب مجازی شود.

طبق تحقیقات انجام شده توسط هوکسترا و هونگ (۲۰۰۲) ایران طی سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۹۵ با واردات ۲۹/۱ میلیارد متر مکعب آب مجازی، رتبه نوزدهم از میان سی کشور برتر در واردات آب مجازی را داشته است. با توجه به افزایش بحران آب در کشور طی دهه گذشته نیازمند توجه به واردات آب مجازی با در نظر گرفتن مسئله امنیت غذایی احساس می‌شود.

---

1. Tony Allan

افزایش کارائی و بهره‌وری در استفاده از آب

بیش از ۹۰ درصد آب مصرفی در ایران در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد و این در حالی است که طبق گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) کارائی و بهره‌وری استفاده از آب در این بخش تولیدی به ترتیب برابر با ۳۳ درصد و ۰/۷ کیلوگرم بر متر مکعب است[1]. با انجام برنامه ریزی‌های همه جانبه در جهت تشویق کشاورزان برای استفاده از فناوری‌های نو در آبیاری و انجام اقداماتی نظیر اصلاح ژنتیکی بذور محصولات زراعی، به کار گیری کودهای غیر مضر، بهبود عملیات کاشت، داشت و برداشت و... باید در جهت افزایش کارائی و بهره‌وری استفاده از آب اقدام شود.

تعریف و اجرای دقیق حقوق آب

نه تنها در ایران بلکه در بسیاری از کشورهای جهان حقوق مربوط به آب نامشخص و از وضوح کافی برخوردار نیست به علاوه معمولاً جریمه‌ای برای ایجاد خسارت در منابع آبی وجود ندارد، باز آفرینی حقوق آب به دلیل محدودیت تکنولوژیکی، قانونی و سیاسی مشکل است. با اجرای حقوق مربوط به منابع آبی می‌توان از اضافه برداشت‌ها یا برداشت‌های غیر مجاز از منابع آبی کشور جلوگیری و آلوده سازی منابع آبی را کاهش داد.

آموزش فرهنگ صرفه جویی

اشاعه فرهنگ صرفه جویی، در بلند مدت می‌تواند نتایج خوبی در پی داشته باشد چرا که با ایجاد فرهنگ صرفه جویی در یک نسل، این فرهنگ به نسل بعد منتقل می‌شود. برای این منظور می‌توان با افزایش ساعات آموزشی در رسانه‌های جمعی و مدارس در خصوص صرفه جویی در مصرف آب اقدام کرد.

جلوگیری از هدر رفت آب در شبکه‌های انتقال آب شهری

بعد از بخش کشاورزی بخش شرب بیشترین سهم از آب مصرفی در کشور را دارا می‌باشد با انجام اقدامات زیر می‌توان در این بخش در مصرف آب صرفه جویی نمود. متأسفانه در ایران آمار دقیقی از خسارت خوردگی و رسوب گذاری در دسترس نیست اما بررسی تلفات آب تصفیه شده شهری نشان می‌دهد که سالانه به علت پوسیدگی‌های حاصل از خوردگی لوله‌های انتقال و توزیع آب بیش از ۳۰ درصد از آب‌های توزیعی به هدر می‌رود که این زیان علاوه بر هزینه‌های صرف شده برای تعویض و ترمیم لوله‌های آسیب دیده است (قانعیان و همکاران، ۱۳۸۷). با کاربرد تکنولوژی‌های نو در ایمن سازی شبکه‌های انتقال آب می‌توان از هدر رفت آب در این بخش جلوگیری نمود.

کاربرد فناوری‌های جدید در صنایع

بخش صنعت کمتر از دو بخش دیگر آب مصرف می‌کند (یک درصد) اما بر اساس تحقیقات انجام گرفته تقریباً تمام حجم آب مصرفی در صنعت از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود و به دلیل وجود کسری در مخازن آب زیرزمینی کشور انجام اقدامات صرفه جویی در مصرف آب این بخش اهمیت می‌یابد. اغلب صنایع کشور به دلیل قدمت و یا صرفه جویی در هزینه‌های سرمایه‌ای از سطح فناوری پایینی برخوردار هستند که در واقع سطح پایین فناوری و عدم استفاده از کالاهای سرمایه‌ای باعث جایگزینی نهاده‌های ارزان قیمت مانند آب بجای عوامل گران قیمت شده است.

---

1. www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/iran/index.stm

توسعه منابع جدید آب

با روش‌هایی مانند شوری زدایی از آب‌های شور، شیرین کردن آب دریا، تصفیه پساب‌های صنعتی و شهری می‌توان منابع جدید آب ایجاد کرد و از آب بدست آمده مجدد در چرخه تولید استفاده نمود این روش‌ها نیازمند انجام تحقیقات علمی برای کاهش هزینه‌های انجام این گونه پروژه‌هاست که استفاده از این روش‌ها را محدود کرده است.

استفاده از فناوری‌های جدید

با ایجاد و به‌کارگیری فناوری‌های جدید در همه بخش‌ها می‌توان در مصرف آب صرفه جویی نمود. از جمله این فناوری‌های جدید می‌توان به استفاده از فناوری نانو در تصفیه پساب‌ها، ایجاد باران مصنوعی، بهره گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS و GPS، عکس‌های هوایی و سنسورهای الکترونیکی و... در کشاورزی (کشاورزی دقیق)، استفاده از سیستم‌های کوچک در بازیافت آب خانگی، شیرهای الکترونیکی اتوماتیک آب در منازل و مکان‌های عمومی اشاره کرد. انجام چنین اقداماتی نیازمند حمایت و پرداخت یارانه از سوی دولت در جهت ترویج و به کار گیری این فناوری‌های جدید در بخش‌های مختلف است.

تثبیت جمعیت

با افزایش جمعیت تقاضای محصولات کشاورزی افزایش یافته و همچنین به تبع این افزایش جمعیت فعالیت‌های صنعتی و آلودگی‌های منابع آبی و تقاضای آب برای شرب و بهداشت افزایش می‌یابد. شواهد موجود نشان می‌دهد که با توجه به رشد جمعیت، نیاز به غذای بیشتر، گسترش صنعت و ارتقاء سطح بهداشت و رفاه عمومی، سرانه منابع آب تجدید پذیر کشور رو به کاهش است. پیش بینی می‌شود که با افزایش جمعیت سرانه آب تجدید پذیر سالانه تا سال ۱۴۱۰ به ۸۰۰ متر مکعب و یا کمتر کاهش یابد که این رقم به مراتب کمتر از مرز کم آبی است که در عرف بین‌المللی برای یک کشور تعریف می‌شود (عربی یزدی و همکاران، ۱۳۸۸). طبق پیش بینی سازمان خوار و بار جهانی (FAO) جمعیت ایران در سال ۲۰۲۵ به ۸۳/۱۴۲ میلیون نفر خواهد رسید اگر این مقدار را در رابطه (۱) قرار دهیم، (با فرض ادامه روند رشد جمعیت در کشور) نیاز مصرفی این تعداد جمعیت در سال ۲۰۲۵ برابر با ۱۰۸/۶۵ میلیارد متر مکعب خواهد بود که این مقدار برابر با ۸۰ درصد از کل آب تجدید پذیر ایران است و تأمین آن نیازمند برنامه ریزی‌های بلند مدت و مدیریت صحیح تقاضای آب می‌باشد.

منابع

احسانی، م. و خالدی، هـ (۱۳۸۲). بهره‌وری آب کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه.

بی نام، (۱۳۹۰). ماهنامه آب. سیمای منابع آب. شرکت سهامی آب منطقه‌ای همدان. ۳(۳۰).

بی نام، (۱۳۸۹)، مرکز آمار ایران، دفتر آمارهای جمعیت، نیروی کار و سرشماری، برآورد جمعیت شهرستان‌های کشور بر اساس تطبیق محدوده جغرافیایی شهریور ۱۳۸۹.

جعفری، ع. م. و رضوانی، م. (۱۳۸۰)، بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب در استان همدان، گزارش طرح تحقیقاتی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان همدان.

رحیمی، ح. و خالدی، هـ (۱۳۷۹)، بحران آب و غذا در جهان و ایران و راه‌های مقابله با آن، مجموعه مقالات اولین همایش مقابله با کم آبی، جهاد دانشگاهی دانشگاه کرمان.

عربی یزدی، ا.، علی زاده، ا. و محمدیان، ف.، (۱۳۸۸)، بررسی رد پای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران، *علوم و صنایع کشاورزی*، ۲۳(۴):۱۵-۱.

قانعیان، م. ت.، احرامپوش، م. ح.، غنی زاده، ق. و امراللهی م.، (۱۳۸۷)، بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری در سیستم آب‌رسانی دوگانه مرکز بخش خرانق از توابع استان یزد، طلوع بهداشت، *فصلنامهٔ پژوهشی دانشکده بهداشت یزد*، ۷ (۳ و ۴):۷۳-۶۵.

میرزایی، ا. کوپاهی، م. و کرامت زاده، ع. (۱۳۸۶). اثر استراتژی‌های قیمتی آب بر تخصیص آب آبیاری: مطالعه موردی دشت تجن استان مازندران. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. انجمن اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد.

یوسفی، ع. خلیلیان، ص. و بلالی، ح. (۱۳۸۹). بررسی اهمیت راهبردی منابع آب در اقتصاد ایران با استفاده از الگوی تعادل عمومی، *اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۵ (۱):۱۲۰-۱۰۹.

Amarasinghe, U. A., L. Mutuwatta and R. Sakthivadivel. (1999). Water Scarcity Variations within a Country: A Case Study of Sri Lanka. Research Report 32. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Brown, A., and M.D. Matlock, (2011), A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies, The Sustainability Consortium, White Paper (106) University of Arkansas.

Hoekstra, A.Y. and P.Q. Hung, (2002), Virtual water trade A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, value of water Research Report Series, No.11.

Mekonnen, M. M., (2011), Spatially and Temporally Explicit Water Footprint Accounting, Doctoral Thesis, University of Twente.

Rogers, P., R. De Silva and R. Bhatia, (2002). Water is an Economic Good. How to use Prices to Promote Equity, Efficiency and Sustainability. Water Policy 4(2002):1–17.

Sadeghi, A., M.G. Mohayidin, H. Md Arif, and A. Baheiraei., (2010). Determining the Value of the Irrigation Water in Production of Wheat in Iran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(6):1391-140.

Yousefi A., S. Khalilan and M. H. Hajian (2010). The Role of Water in Iranian Economy: A CGE Modeling Approach, 11th Conference on Economic Modeling, Istanbul, 7-11 July.

Zehtabian, Gh., H. Khosravi, and M. Ghodsi, (2010). High Demand in a Land of Water Scarcity: Iran, Water and Sustainability in Arid Regions, 1, 75-86, DOI: 10.1007/978-90-481-2776-4_5.

Survey the Water Crisis in Iran and Hamadan province: Comparison 2000 and 2010

M. Haji-Rahimi, A. Abdolghozlujeh [*]

Abstract

With increasing population and its consequences, water demand is growing. In the absence of a strategic planning, severe water crises problem soon will be facing at national and international level. Using Falkenmark, United Nations Commission on Sustainable Development (UN) and International Water Management Institute (IWMI) indicators, water crisis in Iran and Hamadan province in 2010 was compared with water crisis situation in 2000. The data was collected from available data sources. According to Falkenmark indicator, the water crisis was found to be low, while the UN and IWMI indicators showed sever crisis in both Hamadan and Iran. The results also showed that water crisis increased during the period and this increase for the Hamadan province is more than Iran.

JEL Classification: Q00

Keywords: Water Crisis, Falkenmark Indicator, Iran, Hamadan.

[*] Respectively, Assistant Professor and Graduate student of Agricultural Economics, Kurdistan University, Kurdistan, Iran.
Email: mhajirahimi@uok.ac.ir