



مرکز بررسی‌های استراتژیک  
CENTER FOR STRATEGIC STUDIES



## کم‌آبی در چین

از مجموعه مقالات نشست  
تخصصی پیرامون کارگروه  
ملی سازگاری با کم‌آبی  
(مرداد ۱۳۹۷)

بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان گزارش: کم آبی در چین

China's water scarcity.

نویسنده: یانگ جیانگ

Jiang, Yong

انتشار:

Environmental Management-۲۰۰۹

مترجم: امید صالحی

مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری

مرداد ۱۳۹۷

کلیه حقوق این اثر متعلق به مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری است.  
هر گونه باز نشر این گزارش بدون اجازه کتبی مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری ممنوع است.

## ضرورت ترجمه گزارش‌های راهبردی

نوشتارها به افکار جهت و افکار به جهان شکل می‌دهند. جهان امروز نیز دربرگیرنده هزاران اندیشکده، مؤسسه مطالعات راهبردی و اتاق‌های فکری است که کارشناسان و تحلیل‌گران راهبردی را در خود گرد آورده‌اند و با انتشار گزارش‌های راهبردی بر افکار سیاستمداران، بخش خصوصی، رسانه‌ها و جوامع تأثیر می‌گذارند. نزدیک به هفت هزار اندیشکده در جهان وجود دارد که مجموعه گسترده‌ای از دانش راهبردی درباره موضوعات مختلفی از محیط‌زیست تا اقتصاد، روابط بین‌الملل، و مسائل نظامی و امنیتی را منتشر می‌کنند. این مؤسسات هم‌چنین می‌کوشند تا برآوردهای خود از آینده را نیز ارائه کنند و آینده‌پژوهی یکی از مهم‌ترین اقدامات آن‌هاست.

آگاهی یافتن از موضوعات مدنظر اندیشکده‌ها و مؤسسات مطالعات راهبردی در جهان یکی از ضرورت‌های تفکر راهبردی در ایران است. تحلیل‌گران و استراتژیست‌های ایرانی برای ارائه تحلیل‌هایی که متضمن تأمین منافع ملی باشد به شناخت گزارش‌های اندیشکده‌های خارجی نیازمند هستند. این‌گونه گزارش‌ها هم‌چنین به لحاظ روش‌شناختی نیز گاه حائز اهمیت هستند. پوشیده نیست که هنوز روش‌شناسی پژوهش‌های راهبردی و حتی گاه شیوه نگارش گزارش‌های راهبردی مؤثر نیز در میان بسیاری از اندیشکده‌های ایرانی کاستی‌هایی دارد.

مرکز بررسی‌های استراتژیک با هدف توجه دادن کارشناسان و تحلیل‌گران کشور، و هم‌چنین جهت اطلاع‌یابی مدیرانی که در معرض مسائل و تصمیم‌گیری‌های راهبردی هستند، نسبت به ترجمه و بنا به مورد انتشار محدود یا عمومی مجموعه‌ای از متون راهبردی اقدام می‌کند. مرکز بررسی‌های استراتژیک اگرچه پیشگفتارهای کوتاهی را به ابتدای این گزارش‌ها می‌افزاید و تلاش دارد تا قرائت تحلیل‌گران این مرکز از هر گزارش را ارائه نماید، اما مندرجات این گزارش‌ها الزاماً بیانگر دیدگاه‌های مرکز بررسی‌های استراتژیک نیستند. امید است این اقدام به تعمیق تفکر راهبردی کمک نماید. مرکز بررسی‌های استراتژیک از هرگونه نقد و نظر و هم‌چنین دریافت نظرات مخاطبان این مجموعه درباره مندرجات گزارش‌ها استقبال می‌کند. کارشناسان و تحلیل‌گران هم‌چنین می‌توانند متون راهبردی را که ترجمه و ارائه آن‌ها به جامعه کارشناسان و تحلیل‌گران راهبردی کشور مناسب است به این مرکز پیشنهاد کنند.

حسام‌الدین آشنا

رئیس مرکز بررسی‌های استراتژیک

## چکیده

چین به ویژه در مناطق شمالی قلمرو خود به طور فزاینده‌ای با کم‌آبی شدید روبرو بوده است. ناکافی بودن منابع آب محلی و نیز افت کیفیت آب به واسطه افزایش میزان آلودگی از جمله مشخصه‌های بحران کم‌آبی در چین هستند که هر دو نیز تأثیرات جدی بر جامعه و محیط زیست داشته‌اند. سه عامل توزیع فضایی ناهمگون منابع آب، توسعه اقتصادی و شهرنشینی سریع به همراه یک جمعیت عظیم رو به رشد، و بالاخره مدیریت ضعیف منابع آب در ایجاد و تشدید بحران کم‌آبی در چین دخیل هستند. هرچند تغییر دو عامل نخست تقریباً غیر قابل بهبود هستند، بهبود شیوه مدیریت منابع آب یک گزینه مقرون به صرفه است که می‌تواند آسیب‌پذیری چین در برابر این معضل را از میان ببرد. بهبود شیوه مدیریت منابع آب هدفی درازمدت و تحقق آن نیز نیازمند اتخاذ رویکردی کل‌نگر و نیز تلاش مداوم است. به منظور مقابله با معضل کم‌آبی، نهادهای متولی حقوق آب، رویکردهای بازارمحور و ظرفیت‌سازی باید در رأس اولویت‌های دولت قرار گیرند.

**واژگان کلیدی:** کمبود منابع آب، آلودگی، چین، مدیریت



## ۱. مقدمه

چین با کم‌آبی فزاینده و شدید روبرو بوده است. به موازات ناکافی بودن منابع آبی به منظور پاسخ‌گویی به مصرف فزاینده این ماده، استخراج بی‌رویه آب‌های سطحی و زیرزمینی در بسیاری از مناطق شمالی و شرقی این کشور رخ داده است. بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آبی به بروز پیامدهای زیست‌محیطی شدیدی مانند فرونشست زمین، نفوذ نمک به درون لایه‌های خاک و تخریب اکوسیستم‌ها منجر شده است (Liu and Yu, ۲۰۰۱; Han, ۲۰۰۳; Foster et al., ۲۰۰۴; Liu and Xia, ۲۰۰۴; Fan et al., ۲۰۰۶; Cai and Ringler, ۲۰۰۷; Xia et al., ۲۰۰۷; SEPA, ۱۹۹۱-۲۰۰۷; Zhu et al., ۲۰۰۱; Liu and Diamond, ۲۰۰۵; Li, ۲۰۰۶; CAS, ۲۰۰۷; WB, ۲۰۰۷a). کمبود آب و کیفیت پایین آن متقابلاً بر یکدیگر تأثیر گذاشته و امنیت غذایی، توسعه اقتصادی و کیفیت زندگی در چین را در معرض تهدید قرار داده‌اند.

دولت چین از وجود معضل کم‌آبی در این کشور به خوبی آگاه است و از اواخر دهه ۱۹۹۰ روند اصلاح مدیریت منابع آب را آغاز کرده است. با این حال معضلات مربوط به کمبود آب و کیفیت پایین آن همچنان شدید هستند. پیچیدگی معضل کم‌آبی در چین و تأثیرات جدی در حال ظهور آن بر جامعه و محیط زیست پرسش‌های مهم فراوانی را به ذهن متبادر می‌کند. آیا درک درستی از معضل آب وجود دارد؟ عامل یا عوامل ایجاد معضل کم‌آبی در چین کدام هستند؟ دولت چین چگونه می‌تواند از طریق هدف‌گذاری تلاش‌های خود به گونه مؤثرتری به بهبود مدیریت منابع آب و مقابله هرچه بهتر با مسائل و مشکلات در این حوزه بپردازد؟ چین به عنوان بخشی از طرح راهبردی خود جهت کمک به «توسعه علمی» سازگار با یک محیط زیست سالم، از انگیزه لازم برای مقابله با معضل آب برخوردار است (SC, ۲۰۰۶; MWR, ۲۰۰۷b). مدیریت منابع آب یکی از اولویت‌های اصلی در برنامه‌های دولت چین در حوزه سیاست‌گذاری است (SC, ۲۰۰۶). به موازات تلاش چین برای تدوین رویکردهای مؤثر جهت رفع معضلات مربوط به کمبود آب، داشتن درک روشنی از معضل کم‌آبی نیز بسیار تعیین‌کننده است.

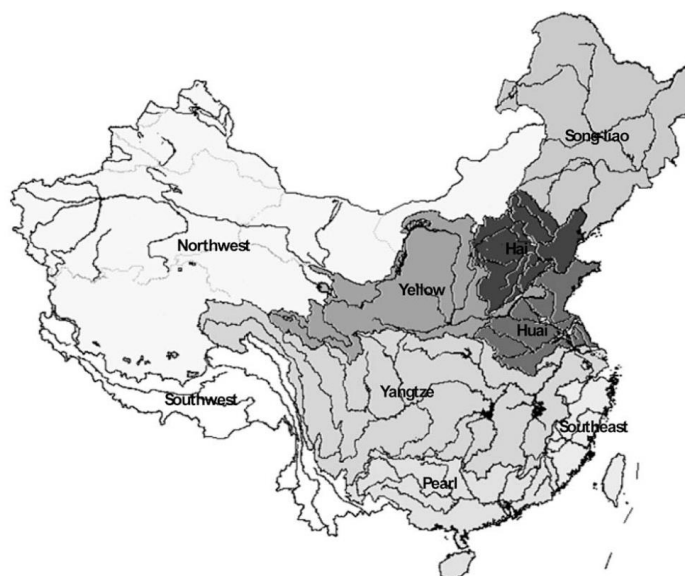
معضلات چین در حوزه منابع آب توجهات گسترده‌ای را در سراسر جهان به خود جلب کرده و رسانه‌های خبری بزرگ مانند نیویورک تایمز و نشریه اکونومیست به پوشش آن پرداخته‌اند (Wong, ۲۰۰۷; Yardley, ۲۰۰۷; Economist, ۲۰۰۹). موارد مربوط به کمبود آب در چین یک معضل جهانی است، زیرا این کشور، هم به لحاظ اقتصادی و هم به لحاظ زیست‌محیطی با سایر نقاط جهان دارای ارتباط متقابل فزاینده است (Liu and Diamond, ۲۰۰۵). اگر توانایی چین برای تولید غذای کافی جهت تأمین نیاز یک جمعیت عظیم و در حال رشد محدود شود، کمبود آب در این کشور می‌تواند کل جهان را تحت تأثیر قرار دهد (Brown and Halweil, ۱۹۹۸; Tso, ۲۰۰۴; Cai and Ringler, ۲۰۰۷). بنابراین حل این معضل به نفع توسعه جهانی پایدار خواهد بود، خاصه آنکه کم‌آبی توسعه اقتصادی چین و پایداری این توسعه را تهدید می‌کند.

مقاله حاضر با هدف ارائه تصویری اجمالی و نیز رویکرد کل‌نگر در پیوند با معضل کم‌آبی در چین از طریق تدوین داده‌های بروز و قابل دسترس عموم نوشته شده است. هدف از نگارش این مقاله، درک هرچه بهتر معضلات جاری در حوزه منابع آب است که در توسعه پایدار چین نقشی تعیین‌کننده دارند.

در بخش دوم این مقاله به توصیف و معرفی معضل کم‌آبی در چین به لحاظ کیفیت و کمیت آب خواهیم پرداخت. در قسمت اول از بخش دوم مقاله به اختصار به تشریح ویژگی‌های طبیعی منابع آبی چین و ناکافی بودن مقدار این منابع به واسطه کم‌آبی، بهره‌برداری بی‌رویه و نیز تشریح پیامدهای زیست‌محیطی در حال ظهور ناشی از این بهره‌برداری بی‌رویه خواهیم پرداخت. در قسمت دوم از بخش دوم تمرکز ما بر افت کیفیت آب موجود خواهد بود که به تشدید کمبود آب قابل دسترس

منجر شده است. در بخش سوم به تجزیه و تحلیل علل و عوامل معضل کم‌آبی در چین و از جمله مشکلات موجود در حوزه مدیریت منابع آب خواهیم پرداخت که ترویج استفاده پایدار از منابع آب مستلزم حل آن‌ها خواهد بود. فصل چهارم به بررسی اجمالی طرح‌های راهبردی و نیز چالش‌های آینده در حوزه مدیریت منابع آب اختصاص خواهد داشت. ارائه برخی توصیه‌های سیاستی در بخش پنجم، پایان بخش این مقاله خواهد بود.

شکل ۱. نقشه رودهای اصلی و حوضه‌های آبریز در چین.  
افزایش تیرگی نشان از کاهش سرانه آب سالانه در دسترس است.



## ۲. منابع آب و کم‌آبی در چین

منابع آب در چین به شکل فضایی و البته با تأثیرپذیری از متغیرهای زمانی توزیع شده‌اند. چین در عین روبرو بودن با موارد فزاینده کمبود آب، شاهد بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب و افت کیفیت آب نیز هست که پیامدهایی جدی به لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی به همراه داشته است.

### ۱-۲. منابع آب و ویژگی‌های فضایی-زمانی

منابع آبی در چین به لحاظ جغرافیایی به نه حوضه رودخانه اصلی یعنی یانگ تسه، رودخانه زرد (هوانگ)، های-لوان، هوئی، سونگ-لیائو، پرل، جنوب شرق، جنوب غرب و شمال غرب<sup>۱</sup> تقسیم شده‌اند (شکل ۱). با احتساب نوسانات سالانه، میانگین حجم منابع آب تجدیدپذیر در چین در حدود ۲۸۱۲ میلیارد متر مکعب در سال تخمین زده شده است که شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. چین از این نظر پس از برزیل، روسیه، کانادا و اندونزی در رتبه پنجم در جهان قرار دارد.<sup>۲</sup>

۱. Yangtze, Huang, Hai-Luan, Huai, Song-Liao, Pearl, Southeast, Southwest, and Northwest

۲. کل حجم منابع آبی برابر با فراوانی دهمین سال خشک در یک بازه چندساله است. این داده‌ها در نوامبر ۲۰۰۷ از بانک اطلاعاتی مرکز آمار سازمان خواربار و کشاورزی (فائو) استخراج شده‌اند.



تغییرات زمانی در منابع آبی چین به واسطه عامل بارش تعیین می‌شوند. تقریباً ۹۸ درصد حجم آب‌های سطحی چین به واسطه بارش تأمین می‌شود (MWR, ۲۰۰۴a). الگوی فضایی-زمانی بارش در عین ایجاد توزیع به لحاظ فضایی ناهمگون منابع آب، از طریق ایجاد نوسانات زمانی ناهمگون به تقویت توزیع فضایی منابع آب نیز کمک می‌کند. میزان میانگین بارش سالانه تحت تأثیر یک اقلیم شدیداً موسمی به تدریج و بر مبنای یک الگوی فضایی از بیش از ۲۰۰۰ میلیمتر در نوار ساحلی جنوب شرقی به تدریج به کمتر از ۲۰۰ میلیمتر در جنگل‌های شمال غرب کاهش می‌یابد (MWR, ۲۰۰۴a). نسبت حداکثر میزان بارش سالانه به حداقل میزان بارش سالانه احتمالاً در شمال غربی چین از عدد ۸ نیز فراتر می‌رود، اما میزان این نسبت در جنوب و جنوب غربی این کشور ۲-۳ یا حتی کمتر از این مقدار است (MWR, ۲۰۰۴a). در اکثر مناطق چین، میزان بارش در چهار ماه متوالی از سال حداکثر حدود ۷۰ درصد کل بارش سالانه را تشکیل می‌دهد (MWR, ۲۰۰۷b). این الگوی فضایی-زمانی بارش به بروز خطر جدی وقوع سیل و نیز خشکسالی به ویژه در شمال این کشور منجر می‌شود. حجم روان‌آب‌های دو رودخانه های و هوای<sup>۳</sup> هر چهار سال یک بار به ۷۰ درصد و هر بیست سال نیز به ۵۰ درصد میانگین خود کاهش می‌یابد (Berkoff, ۲۰۰۳).

## ۲-۲. کم‌آبی کمی

کم‌آبی کمی معلول نرسیدن حجم منابع آبی به میزان مورد نیاز جهت تأمین نیازهای آبی است. این عدم کفایت کمی منابع آب در قالب کمبود آب، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آبی و تأثیرات ناشی از این بهره‌برداری بی‌رویه بر محیط زیست نمود پیدا می‌کند.

### ۲-۲-۱. موارد کمبود آب

چین از دهه ۱۹۸۰ به این سو به شکل فزاینده‌ای با کمبود آب در بخش‌های صنایع شهری، مصارف خانگی و کشت آبی روبرو بوده است (WB, ۲۰۰۲). در سال‌های آبی عادی، از میان ۶۶۲ شهر، ۳۰۰ شهر آب کافی نخواهند داشت و ۱۱۰ شهر کمبود شدید آب را تجربه خواهند کرد. در چین از ۳۲ منطقه کلانشهری با جمعیت بیش از یک میلیون نفر، ۳۰ منطقه برای تأمین آب مورد نیاز خود با مشکل روبرو هستند (Li, ۲۰۰۶). بر مبنای مقادیر فعلی تأمین آب، حجم کل کمبود آب ۳۰ تا ۴۰ میلیارد مکعب در سال تخمین زده می‌شود و این میزان در سال‌های خشک از این نیز فراتر می‌رود (MWR, ۲۰۰۷b). میزان کل کسری آب در چین تا سال ۲۰۵۰ ممکن است به ۴۰۰ میلیارد متر مکعب در سال برسد که تقریباً معادل ۸۰ درصد ظرفیت سالانه فعلی یعنی ۵۰۰ میلیارد متر مکعب در سال را تشکیل می‌دهد (Tso, ۲۰۰۴). میزان زیان وارده در بخش صنعت به دلیل کمبود آب در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵، معادل ۱/۶۲ درصد تولید ناخالص داخلی سالانه چین بوده است (MWR, ۲۰۰۷b). در صورت عدم اتخاذ تمهیداتی در جهت کاهش میزان تقاضا و افزایش میزان عرضه، کل حجم کسری آب در حوضه آبریز رودخانه زرد-های-هوئی در شمال چین بنابر پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۵۰ به ۵۶/۵ میلیارد متر مکعب خواهد رسید (WB, ۲۰۰۲).

### ۲-۲-۲. استفاده و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آبی

<sup>۳</sup> Hai and Huai



شمال چین شاهد تقاضای بسیار بالا برای آب بوده است و آب‌های زیرزمینی منبع مهم تأمین آب در این منطقه را تشکیل می‌دهند. چنان که در جدول ۱ نیز نشان داده شده است، شمال چین در سال ۲۰۰۶ قریب به ۶۳/۳ درصد منابع آبی خود را از محل آب‌های سطحی و ۳۶/۳ درصد دیگر را از محل آب‌های زیرزمینی تأمین کرده است. این میزان معادل ۳۶/۹ درصد حجم منابع آب سطحی و ۳۶/۳ درصد از منابع آب زیرزمینی است. میانگین میزان استفاده از منابع آبی در حوضه‌های آبریز شمال چین بین ۳۱/۰ و ۹۱/۷ درصد و در حوضه‌های آبریز جنوب این کشور ۱/۷ تا ۱۹/۵ درصد بوده است. به طور مشخص، نرخ استفاده از منابع آب در حوضه رودخانه‌های به ۹۱/۷ درصد رسید. هرچند استاندارد علمی در مورد درصد منابع آبی که باید جهت اهداف زیست محیطی دست نخورده باقی بماند متغیر است، اما طبق نتایج برخی مطالعات، ۳۰ تا ۴۰ درصد از حجم جریان رودخانه‌ها برای حفظ یک اکوسیستم آبی سالم نسبتی معقول خواهد بود (Tso, ۲۰۰۴; Smakhtin et al., ۲۰۰۴). نرخ حداکثر ۹۰ درصدی استفاده از منابع آبی در شمال چین می‌تواند خطر بروز تأثیرات مخرب زیست‌محیطی را افزایش دهد.

## ۲-۳. کاهش جریانات درون رودخانه‌ای و افت کیفیت اکوسیستم‌های آبی

توزیع بیش از حد منابع آب به کاهش جریان آب در بسیاری از رودخانه‌ها منجر شده و تأثیرات نامطلوبی بر اکوسیستم‌های آبی برجای گذاشته است. در حوضه آبریز رودخانه‌های، ۴۰ درصد (حدود ۴۰۰۰ کیلومتر) از مسیرهای آبی خشک شده‌اند و ۱۹۴ دریاچه و دره طبیعی مجموعاً به مساحت ۶/۶۷ کیلومتر مربع به کلی از میان رفته‌اند (Wang et al., ۲۰۰۰). حجم ورودی آب از این رودخانه به اقیانوس از میانگین سالانه ۲۴ میلیارد متر مکعب در دهه ۱۹۵۰ به یک میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۰۱ کاهش یافته است (Xia et al., ۲۰۰۷). اکوسیستم آبی نیز تخریب شده و بسیاری از گونه‌های ساکن بستر رودخانه اکنون دیگر منقرض شده‌اند (Xia et al., ۲۰۰۴). در رودخانه زرد نیز رخدادهای ناشی از نوسانات الینو باعث کاهش ۵۱ درصدی حجم ورود آب رودخانه به دریا در مقایسه با دهه ۱۹۵۰ شده‌اند و انحراف آب از مسیر اصلی جهت مصارف انسانی نیز به کاهش هرچه بیشتر میزان جریان رودخانه و افزایش حجم آبرفت‌ها منجر شده که افزایش موارد قطع جریان آب در قسمت پایین‌دست رودخانه برای مدت زمان‌های طولانی‌تر را به دنبال دارد (Wang et al., ۲۰۰۶a; Fan et al., ۲۰۰۶). به ویژه کرانه جنوبی رودخانه زرد برای ۲۲۶ روز متوالی از هفتم فوریه تا ۲۳ دسامبر ۱۹۹۷ عاری از جریان آب بود و طول کانال اصلی فاقد جریان آب ۷۰۰ کیلومتر از قسمت پایین‌دست رودخانه بود که معادل ۹۰ درصد مسافت کل مسیر رودخانه در قسمت جنوبی آن است (Liu and Xia, ۲۰۰۴; Fan et al., ۲۰۰۶; Wang and Jin, ۲۰۰۶). میزان شکنندگی و آسیب‌پذیری دلتای رودخانه زرد در برابر مخاطرات طبیعی رو به افزایش است (Deng and Jin, ۲۰۰۰; Lin et al., ۲۰۰۱; Huang and Fan, ۲۰۰۴; Fan et al., ۲۰۰۶a; Wang et al., ۲۰۰۶a).





جدول ۱. عرضه آب چین در سال ۲۰۰۶ و منابع آب تجدیدپذیر

Region	Water supply (%), 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>			Water resource use rate,%		
	Surface	Aquifer	Total <sup>b</sup>	Surface	Aquifer	Total
North	166.4 (63.3)	92.6 (35.7)	259.0 (100)	36.9	36.3	48.3
Song-Liao	32.7 (54.6)	27.2 (45.4)	59.8 (100)	19.8	43.5	31.0
Hai	13.4 (34.7)	25.2 (65.3)	38.6 (100)	46.5	95.1	91.7
Huang	25.6 (65.2)	13.7 (34.8)	39.3 (100)	38.8	33.7	52.8
Huai	42.0 (71.1)	17.1 (28.9)	59.1 (100)	56.7	43.5	61.5
Northwest	52.7 (84.9)	9.4 (15.1)	62.1 (100)	45.3	10.8	47.6
South	304.3 (95.6)	14.0 (4.4)	318.3 (100)	13.5	2.4	14.0
Yangtz	179.7 (95.6)	8.3 (4.4)	187.9 (100)	18.9	3.3	19.5
Pearl	83.2 (95.1)	4.3 (4.9)	87.5 (100)	17.8	3.8	18.6
Southeast	31.5 (96.6)	1.1 (3.4)	32.6 (100)	12.3	1.8	12.6
Southwest	9.9 (96.5)	0.4 (3.5)	10.2 (100)	1.7	0.2	1.7
National	470.7 (81.5)	106.6 (18.5)	577.2 (100)	17.4	12.9	20.5

## ۲-۴. تحلیل رفتن ذخایر آب‌های زیرزمینی

در مطالعات بسیار زیادی به افزایش میزان تحلیل ذخایر آب‌های زیرزمینی در شمال چین طی دو دهه اخیر اشاره شده است (Chen, ۱۹۸۵; Liu and Wei, ۱۹۸۹; Lou, ۱۹۹۸; Wu et al., ۱۹۹۸; Chen and Xia, ۱۹۹۹; Liu and Yu, ۲۰۰۱; Xia and Chen, ۲۰۰۱). از اوایل دهه ۱۹۸۰، مناطقی که در آن‌ها از منابع آب زیرزمینی به شکل بی‌رویه استفاده می‌شود از ۵۶ منطقه به ۱۶۴ منطقه و کل مساحتی که در آن این استفاده بی‌رویه صورت می‌گیرد نیز از ۸۷ هزار کیلومتر مربع به ۱۸۰ هزار کیلومتر مربع افزایش یافته است (MWR, ۲۰۰۷b). ۷۰ درصد (۹۰ هزار کیلومتر مربع) از دشت شمال چین تحت تأثیر استخراج بی‌رویه منابع آب زیرزمینی قرار گرفته است (Liu and Yu, ۲۰۰۱). در قسمت غربی حوضه آبریز موسوم به H-۳ سطح سفره آب زیرزمینی با آهنگ شتابانی در حال پایین رفتن است و از ۳ الی ۴ متر در دهه ۱۹۵۰ به بیش از ۲۰ متر در دهه ۱۹۸۰ و حدود ۳۰ متر در دهه ۱۹۹۰ رسیده است (Liu and Xia, ۲۰۰۴). در حوضه آبریز رودخانه های، میزان استخراج آب‌های زیرزمینی از نرخ تجدید این سفره‌ها پیشی گرفته و همین مسئله سبب شده تا میانگین کسری سفره‌های آب زیرزمینی در این منطقه به ۴۰ تا ۹۰ میلیمتر در سال برسد که معادل افت مستمر سفره‌های آب زیرزمینی به میزان ۰/۵ متر در سال است (Foster et al., ۲۰۰۴). از سال ۱۹۶۰ به این سو، بخش عمده‌ای از مناطق روستایی در جلگه کوهپایه‌ای که به جلگه‌های آبرفتی شمال چین می‌رسد کاهش بیش از بیست متری سطح سفره‌های آب‌های زیرزمینی را برای آب‌های زیرزمینی کم‌عمق و نیز کاهش بیش از چهل متری سطح سفره‌های عمیق آب‌های زیرزمینی را تجربه کرده‌اند (Foster et al., ۲۰۰۴). مقادیر بیشتری از کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی در بسیاری از مراکز شهری مشاهده شده است. سطح سفره‌های آب زیرزمینی در پکن بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر کاهش یافته است (WB, ۲۰۰۱).



## ۲-۵. نفوذ آب دریا و فرونشست زمین

نفوذ آب دریا به درون سفره‌های آب زیرزمینی و نیز فرونشست زمین در بسیاری از مناطق که در آن‌ها منابع آب زیرزمینی به طور بی‌رویه‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند، پدیده‌ای شایع است (Han, ۲۰۰۳). پایین رفتن سطح آب سفره‌های زیرزمینی در مناطق ساحلی می‌تواند به از میان رفتن توازن در محل تلاقی میان منابع آب شیرین و آب‌های شور و حرکت زیرسطحی آب دریا به سمت خشکی منجر شود. در سال ۱۹۹۲، پیشروی آب دریا در ۷۲ محل در استان‌های هبی، شان‌دونگ و لیائونینگ<sup>۴</sup> و مجموعاً در مساحتی معادل ۱۴۲ کیلومتر مربع رخ داده است (WB, ۲۰۰۱). همچنین پایین رفتن سطح آب سفره‌های زیرزمینی به بروز موارد فرونشست زمین در شمال و شرق چین منجر شده است. شهرهایی مانند پکن، تیآن‌جین و شانگهای شاهد فرونشست زمین به میزان چندین متر بوده‌اند (Shalizi, ۲۰۰۶). علاوه بر این، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به شوری سفره‌های آبخوان‌ها منجر شده که تأثیر آن در برخی مناطق حتی از پیشروی آب دریا نیز بیشتر است (Foster et al., ۲۰۰۴).

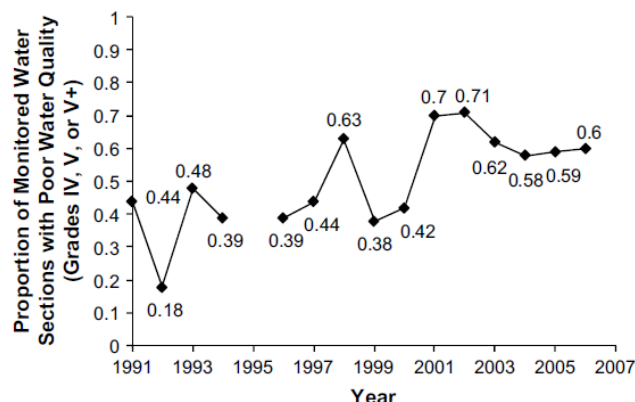
## ۲-۳. کم‌آبی کیفی

کم‌آبی کیفی نه ناشی از ناکافی بودن آب، بلکه معلول کیفیت نامناسب آب جهت هر گونه استفاده اقتصادی از آن است. چین به دلیل ورود فاضلاب و تصفیه ناکافی، با افت کیفیت آب مواجه بوده است (Wu et al., ۱۹۹۹). افت کیفیت آب به نوبه خود ناکافی بودن کمی آب شیرین طبیعی را نیز تشدید کرده بر توسعه اقتصادی-اجتماعی چین تأثیر می‌گذارد.

۴. Hebei, Shandong, and Liaoning



شکل ۲. روند بارش در مناطق با کیفیت آب پایین چین. منبع داده‌ها: SEPA (۱۹۹۱-۲۰۰۷)

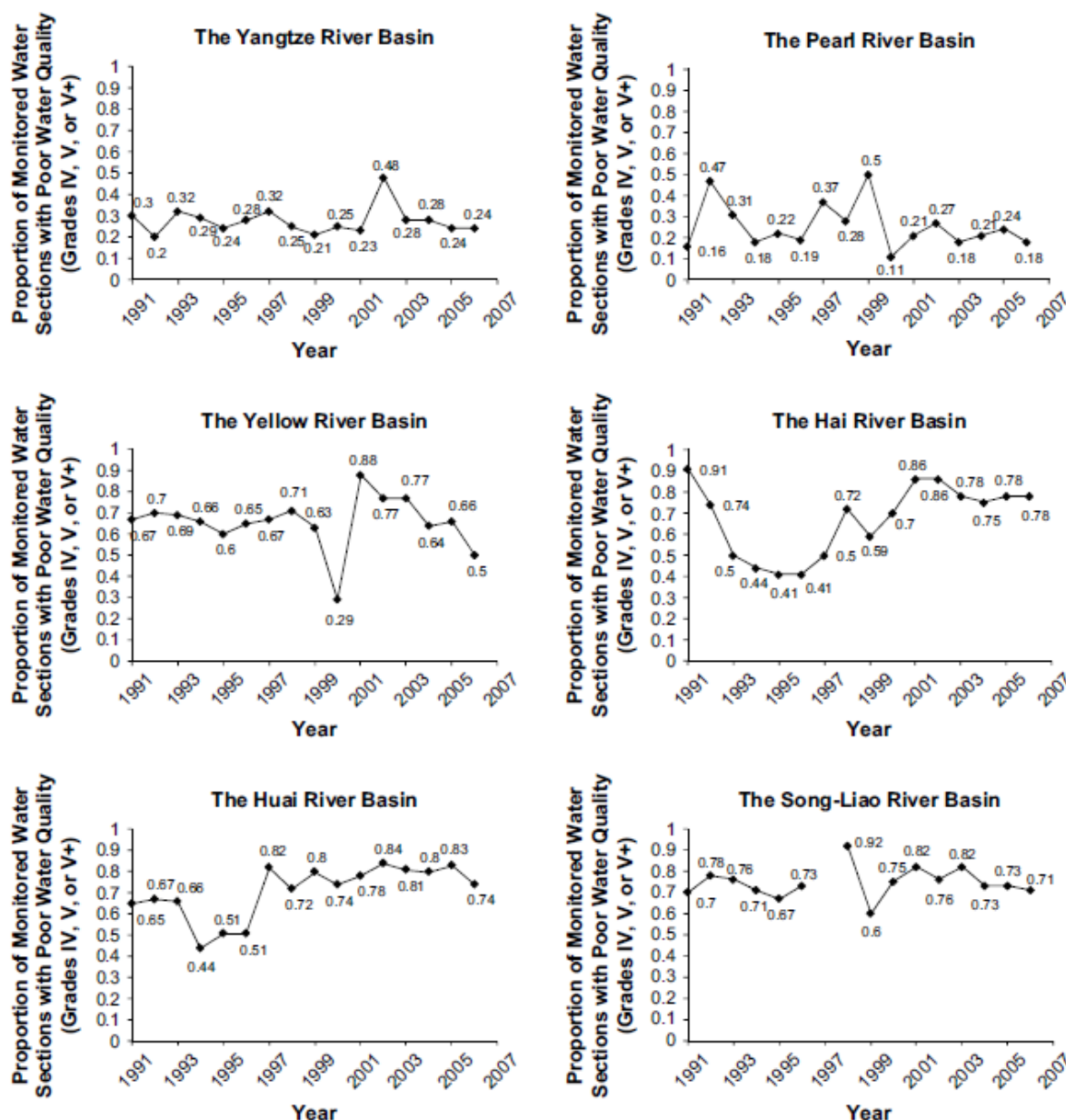


### ۲-۳-۱. افت کیفیت آب

کیفیت آب در چین بر مبنای یک مقیاس پنج درجه‌ای ارزیابی می‌شود که کیفیت مطلوب درجات ۱، ۲ و ۳ و کیفیت ضعیف درجات ۴ و ۵ یا ۵+ را شامل می‌شود که برای آشامیدن یا شنا مناسب نیست. چنانکه در شکل ۲ نیز نشان داده شده است، وجود بخش‌های گسترده آبی با کیفیت پایین، مشخصه اصلی کیفیت آب در چین به شمار می‌رود. شکل ۳ اختلاف فضایی در روند کیفیت آب در حوضه‌های آبریز اصلی را نشان می‌دهد. در جنوب چین، ۲۰ درصد قلمروهای آبی در دو حوضه آبریز یانگ‌تسه و پرل دارای آبی با کیفیت پایین هستند (شکل ۳). در شمال چین نیز تمامی حوضه‌های آبریز اصلی با افت کیفیت آب روبرو هستند و درصد قلمروهای آبی تحت نظارت که کیفیت آب آن‌ها پایین ارزیابی شده، از ۵۰ درصد در حوضه آبریز رودخانه زرد تا ۷۸ درصد در حوضه آبریز رودخانه‌های متغیر است (شکل ۳). ویژگی‌های فضایی شرایط کیفیت آب نشان دهنده شرایط دشوار در ارتباط با مدیریت منابع آب در شمال چین هستند که در آن کمبود آب و افت کیفیت آب ضمن برهم‌کنش متقابل تأثیرات منفی یکدیگر را تشدید می‌کنند.



شکل ۳. روند بارش در مناطق با کیفیت پایین آب در رودخانه‌های اصلی چین. منبع داده‌ها: SEPA (۱۹۹۱-۲۰۰۷)



چین دریاچه‌ها و مرداب‌های فراوانی دارد که ظرفیت آب شیرین آن‌ها مجموعاً حدود ۸۶۳ میلیارد متر مکعب است (Jin et al., ۲۰۰۵). کیفیت آب دریاچه‌ها و مرداب‌ها معمولاً بر مبنای میزان مواد مغذی در آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود و می‌توان آن را بر مبنای مقادیر مختلف مواد مغذی در آب به چهار گروه فاقد مواد مغذی، دارای مقادیر متوسط از مواد مغذی، دارای مقادیر مطلوب از مواد مغذی و اشباع از مواد مغذی طبقه‌بندی کرد. با حرکت از آب‌های فاقد مواد مغذی به آب‌های اشباع از این گونه مواد، در واقع از آب‌های نسبتاً عاری از مواد آلاینده به سمت آب‌های شدیداً آلوده حرکت می‌کنیم. دریاچه‌ها و مرداب‌های چین با افزایش میزان املاح و کاهش کیفیت آب روبرو هستند. جین<sup>۵</sup> و همکاران (۱۹۹۵) دریافتند که اکثر ۳۴ دریاچه مورد مطالعه



در دهه ۱۹۷۰ به لحاظ میزان املاح موجود در آب در گروه متوسط قرار داشتند و درصد دریاچه‌های دارای میزان املاح بالا در بازه زمانی ۸۷-۱۹۷۸ از ۵ درصد به ۵۵ درصد افزایش یافته بود. درحال حاضر ۵۷/۵ درصد از ۴۰ دریاچه اصلی آب شیرین در چین در گروه دریاچه‌های دارای میزان بالای املاح یا اشباع از املاح قرار گرفته‌اند (جدول ۲). طبق اطلاعات مندرج در بولتن محیط زیست چین در سال ۲۰۰۶ (SEPA, ۲۰۰۷)، از میان ۲۷ دریاچه دارای اولویت ملی در زمینه کنترل آلاینده‌ها، تنها هشت دریاچه (۲۹ درصد) دارای استانداردهای کیفیت مطلوب آب بودند و ۱۹ دریاچه (۷۰ درصد) نیز از این لحاظ ضعیف ارزیابی شدند. سه دریاچه عمده چین یعنی دریاچه‌های تای، چائو و دیانچی آلوده‌ترین دریاچه‌های این کشور هستند و کیفیت آب در آن‌ها از نوع درجه ۵ است.

## ۲-۳-۲. تأثیرات اقتصادی-اجتماعی

کم‌آبی ناشی از کیفیت پایین آب در شمال و شرق چین رخ داده است. آب شنگهای که در پایین دست رودخانه یانگ‌تسه و حوضه آبریز دریاچه تای قرار گرفته هم از سمت بالا دست و هم در خود محل آلوده می‌شود. ژجیانگ نیز با مشکل مشابهی روبرو است: یعنی کم‌آبی آن هم نه به دلیل کمبود آب جهت استفاده، بلکه به دلیل غیرقابل استفاده شدن آب به واسطه کیفیت پایین. در ماه مه سال ۲۰۰۷، سبز شدن ناگهانی انبوهی از جلبک‌ها در دریاچه تای به آلودگی ۷۰ درصد منابع آب محلی در ووکسی در شرق چین و ایجاد مشکلاتی برای دو میلیون نفر منجر شد.

جدول ۲. سطح کنونی دریاچه‌ها و تالاب‌ها در چین

Lakes	Year	Water quality parameter		Trophic state
		TP, mg/L	TN, mg/L	
<i>Five major lakes</i>				
Poyang	2000	0.102	0.862	Mesotrophic–eutrophic
Dongting	2001	0.336	0.89	Eutrophic
Tai	2001	0.126	3.24	Eutrophic
Hongze	2004	0.103	1.906	Eutrophic
Chao	1999	0.193	2.96	Eutrophic
<i>Urban lakes</i>				
Cibi (Dali)	2003	0.016	0.39	Mesotrophic
Xi (Hangzhou)	2003	0.17	3.06	Eutrophic
Dong (Wuhan)	2001	0.125	2.5	Eutrophic
Xuanwu (Nanjing)	2003	0.478	3.5	Eutrophic
Gantang (Jiujiang)	2003	0.24	1.73	Eutrophic
Nan (Changchun)	2003	0.529	5.45	Eutrophic
Lu (Guangzhou)	2003	0.22	3.04	Eutrophic
Xi (Huizhou)	2003	0.124	0.83	Eutrophic
Haixihai (Dali)	2003	0.033	0.28	Mesotrophic
<i>Reservoir</i>				
Miyun	1990	0.018	0.115	Mesotrophic
Dahuofang	1988–1991	0.06	1.09	Mesotrophic–eutrophic
Yuqiao	1999	0.14	2.5	Eutrophic
Guanting	2000	0.047	2.92	Eutrophic
Shanzai	2001	0.05	0.27	Mesotrophic–eutrophic

کیفیت پایین آب حتی در جنوب چین نیز که منابع آب در آن به فراوانی یافت می‌شوند، دسترسی به این ماده را با خطر روبرو می‌کند. ژو و همکارانش (۲۰۰۲) تخمین زده‌اند که در حوضه آبریز رودخانه پرل، حجم منابع آبی آسیب‌دیده به واسطه آلودگی در سال ۲۰۱۰ به ۳۵۲ میلیون متر مکعب و در سال ۲۰۲۰ به ۵۳۷ میلیون متر مکعب خواهد رسید. این مقادیر از آب می‌توانست به ترتیب در هر سال نیاز ۲/۵۴ و ۳/۶۸ میلیون نفر در محدوده این حوضه آبریز به آب را تأمین کند.

با کمبود آب پاکیزه و قابل استفاده، خانوارها، صنایع و نیز بخش کشاورزی مجبور به کاهش میزان مصرف خواهند شد. در عین حال، منابع محدود آب قابل دسترس در معرض خطر آلودگی نیز قرار دارند. در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۳، حجمی معادل ۲۵



میلیارد متر مکعب آب به دلیل آلودگی مورد استفاده قرار نگرفته است (WB, ۲۰۰۷a). حدود ۴۷ میلیارد متر مکعب از آب مورد استفاده در این بازه زمانی از منابع فاقد کیفیتی تأمین شده‌اند که فاقد استاندارد کیفیت پیش از تصفیه بوده‌اند (WB, ۲۰۰۷a) که این حجم حدود ۱۰ درصد کل میزان آب تأمین شده در چین (۵۶۳/۳ میلیارد متر مکعب) در سال ۲۰۰۵ را تشکیل می‌دهد (NBSC, ۲۰۰۶).

افت کیفیت آب تأثیراتی جدی بر جامعه داشته است. در سال ۲۰۰۳، زیان‌های اقتصادی ناشی از کیفیت پایین آب حداقل ۱۵۸ میلیارد یوان یعنی ۱/۱۶ درصد کل تولید ناخالص داخلی چین بوده است (WB, ۲۰۰۷a). شکل ۴ نشان دهنده نرخ مرگ و میر بر اثر بیماری سرطان ناشی از کیفیت پایین آب است. نرخ انواع سرطان معده، کبد و مثانه در مناطق روستایی بالاترین نرخ و نرخ مرگ و میر ناشی از سرطان کبد و معده در چین بیش از میانگین جهانی است (WB, ۲۰۰۷a).

### ۳. علل کم‌آبی

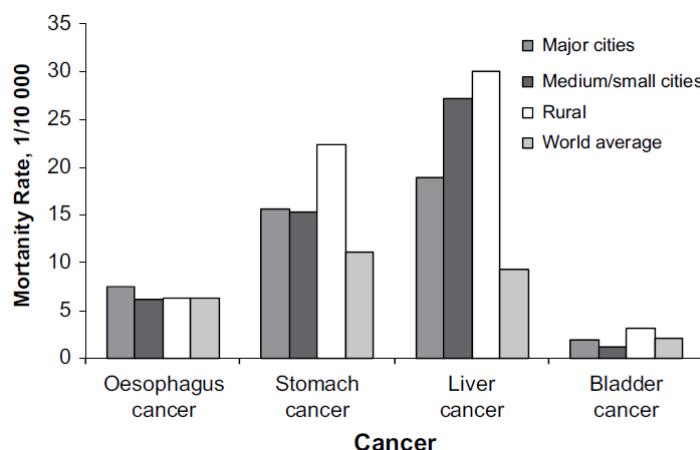
عوامل متعددی در بروز مشکل کم‌آبی در چین نقش دارند. به لحاظ طبیعی، توزیع فضایی-زمانی منابع آب در چین با نیازهای اقتصادی-اجتماعی به این ماده سازگار نیست. این ناسازگاری می‌تواند به ایجاد تعارض میان عرضه و تقاضای آب منجر شود و این تعارض نیز به نوبه خود به واسطه توسعه اقتصادی، رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی تشدید می‌شود. ضعف مدیریت منابع آب نیز ضمن بدتر کردن شرایط، میزان آسیب‌پذیری چین را افزایش داده است که این مسئله خودد پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی جدی به همراه دارد.

#### ۳-۱. ویژگی‌های طبیعی عدم تناسب آب با نیازهای آبی

توزیع فضایی منابع آبی در چین با نیازهای محلی اقتصادی-اجتماعی به این ماده نامتناسب است. بخش عمده منابع آبی چین در جنوب این کشور واقع شده‌اند، در حالی که بخش‌های شمالی و شرقی این کشور بیشترین نیاز به آب را دارند. چنان که در جدول ۳ نیز نشان داده شده است، شمال چین ۴۵/۲ درصد کل جمعیت کشور را در خود جای داده اما تنها ۱۹/۱ درصد منابع آب این کشور در این قسمت قرار دارند. این توزیع ناهمگون به لحاظ فضایی موجب کاهش بسیار شدید میزان دسترسی سرانه به آب در بسیاری از مناطق محلی در شمال رودخانه زرد شده است. حوضه‌های آبریز رودخانه زرد (هوانگ)، هوئای و های که مجموعاً با عنوان منطقه «H-۳» شناخته می‌شوند، شهرهای بزرگی همچون پکن و تیآن‌جین را در خود جای داده و حجم منابع آب تجدیدپذیر در این منطقه از ۳۱۴ میلیون متر مکعب به ازای هر نفر در سال (سرانه روزانه ۸۶۰ لیتر در روز) در حوضه آبریز رودخانه های تا ۶۷۲ متر مکعب به ازای هر نفر در سال (سرانه روزانه ۱۸۴۱ لیتر) در حوضه آبریز رودخانه زرد متغیر است (جدول ۳). با توجه به معیارهای رایج سنجش کم‌آبی (جدول ۴)، منطقه موسوم به H۳ با کمبود آب شدید و حتی مطلق روبرو است. پایین بودن میزان دسترسی به آب در سطح محلی زمینه را برای بروز تعارض میان منابع آب محدود و تقاضا برای آب که ممکن است به شکل نامحدودی افزایش یابد فراهم می‌کند.



شکل ۴. نرخ‌های ماهانه بیماری‌های مرتبط با آلودگی آب در چین. نرخ‌های ماهانه متوسط جهان مربوط به سال ۲۰۰۰ و نرخ‌های ماهانه مربوط چین، متعلق به سال ۲۰۰۳ هستند. منبع (WB (۲۰۰۷a)



در سال‌های اخیر تغییرات اقلیمی موجب برجسته شدن مشکلات ناشی از توزیع ناهمگون منابع آبی شده است، چنانکه مناطقی که در آن‌ها آب کمیاب است، خشک‌تر می‌شوند. حوضه آبریز رودخانه زرد طی پنجاه سال گذشته شاهد افزایش میانگین دما و در عین حال کاهش میزان بارش و سرریز رودخانه بوده است (Fu et al., ۲۰۰۴; Liu and Xia, ۲۰۰۴; Yang et al., ۲۰۰۴). تغییرات اقلیمی طی بیست سال گذشته به کاهش حجم منابع آب در شمال چین منجر شده است که طی آن حجم سالانه جریان رودخانه‌های، زرد و هوئی به ترتیب ۴۱، ۱۵ و ۱۵ درصد کاهش یافته است (MWR, ۲۰۰۷b). همچنین از میان رفتن یخ‌ها و باتلاق‌ها در قسمت بالا دست فلات کینگ‌های-تبت میزان سرریز رودخانه‌ها را طی پنجاه سال گذشته به میزان ۹۱۷ میلیارد متر مکعب کاهش داده و در آینده نیز به کاهش این حجم به میزان ۱۴۳ میلیارد متر مکعب در سال منجر خواهد شد (Wang et al., ۲۰۰۶b).

جدول ۳. توزیع مکانی منابع آب چین و سایر متغیرهای اجتماعی

Region	Average annual renewable water resources, billion m <sup>3</sup> (%)			Population <sup>c</sup> , million (%)	Per capita water resources, m <sup>3</sup>
	Surface water	Ground water	Total <sup>b</sup>		
North	450.7 (16.6)	255.1 (30.8)	535.8 (19.1)	592.4 (45.2)	904.1
Song-Liao	165.3 (6.1)	62.5 (7.5)	192.8 (6.9)	119.6 (9.1)	1612.1
Hai-Luan	28.8 (1.1)	26.5 (3.2)	42.1 (1.5)	133.9 (10.2)	314.4
Huai	74.1 (2.7)	39.3 (4.7)	96.1 (3.4)	198.8 (15.2)	483.4
Huang	66.1 (2.4)	40.6 (4.9)	74.4 (2.6)	110.6 (8.4)	672.4
Northwest	116.4 (4.3)	86.2 (10.4)	130.4 (4.6)	29.5 (2.3)	4417.2
South	2260.8 (83.4)	591.7 (69.3)	2276.6 (80.9)	694.7 (53.0)	3279.6
Yangtze	951.3 (35.1)	246.4 (29.7)	961.3 (34.2)	428.3 (32.7)	2244.7
Pearl	468.5 (17.3)	111.6 (13.5)	470.8 (16.7)	171.0 (13.0)	2753.3
Southeastern	255.7 (9.4)	61.3 (7.4)	259.2 (9.2)	74.5 (5.7)	3481.3
Southwestern	585.3 (21.6)	154.4 (18.6)	585.3 (20.8)	20.9 (1.6)	28064.7
National	2711.5 (100)	828.8 (100)	2812.4 (100)	1311.1 (100)	2145.1





جدول ۴. استانداردهای اندازه‌گیری کمبود آب

Water availability, m <sup>3</sup> per capita per year	Consequences
<1700	Disruptive water shortage can frequently occur
<1000	Severe water shortage can occur threatening food production and economic development
<500	Absolute water scarcity would result

### ۳-۲. صنعتی شدن و شهرنشینی سریع ناشی از کثرت جمعیت

هرچند توزیع فضایی منابع آب می‌تواند به کمبود این ماده در برخی مناطق منجر شود، صنعتی شدن و شهرنشینی سریع در کنار یک جمعیت انبوه رو به رشد از طریق افزایش مداوم تقاضا برای آب خطر کم‌آبی را تشدید می‌کند. چین با میانگین رشد سالانه ۹/۷ درصدی میزان تولید ناخالص داخلی از سال ۱۹۹۰ به این سو یکی از بالاترین نرخ‌های رشد اقتصادی در جهان را به خود اختصاص داده است (NBSC, ۲۰۰۶). اما رشد اقتصادی چین تا حد زیادی معلول روند صنعتی شدن مبتنی بر استفاده گسترده اما غیربهره‌مند از منابع طبیعی است. در سال ۲۰۰۴، سهم چین از کل تولید ناخالص داخلی در جهان به زحمت به ۴ درصد می‌رسید، اما سهم این کشور از مصرف منابع طبیعی در جهان در همان سال ۱۵ درصد برای آب، ۲۸ درصد برای فولاد، ۲۵ درصد برای آلومینیم و ۵۰ درصد برای سیمان بود (D'Aquino, ۲۰۰۵). روند سریع صنعتی شدن، شدیداً بر شرایط محیط زیست و منابع طبیعی چین و از جمله منابع آبی این کشور تأثیر گذاشته است. در عین حال جمعیت چین نیز یک جمعیت عظیم و رو به رشد است. جمعیت این کشور در سال ۲۰۰۵ در حدود ۱/۳ میلیارد نفر تخمین زده شد (NBSC, ۲۰۰۶) که معادل ۲۰ درصد کل جمعیت جهان است (UNPD, ۲۰۰۶). با این حال این کشور تنها ۶/۵ درصد از کل حجم منابع آب تجدیدپذیر جهان را در اختیار دارد. با توجه به جمعیت فراوان، میزان سرانه دسترسی به آب در چین ۲۱۵۱ متر مکعب در سال (۵۸۹۳ لیتر در روز به ازای هر نفر) تخمین زده شده است که تقریباً ۲۵ درصد میانگین سرانه جهانی یعنی ۸۴۸۴ متر مکعب در سال (۲۳۲۴۸ لیتر در روز به ازای هر نفر) بوده است<sup>۶</sup>. علاوه بر این، چین شاهد روند سریع شهرنشینی نیز بوده است. جمعیت شهری چین ظرف مدتی کم‌تر از ۲۵ سال بیش از دو برابر شده و در سال ۲۰۰۵ تقریباً ۴۳ درصد کل جمعیت کشور را شهرنشینان به خود اختصاص داده‌اند (NBSC, ۲۰۰۶). جمعیت فراوان و روند سریع شهرنشینی فشار سنگینی را بر توسعه زیرساخت‌ها و خدمات عمومی مانند تأمین آب آشامیدنی و تصفیه فاضلاب وارد می‌آورند.

### ۳-۳. مدیریت ضعیف منابع آب

به موازات محدود یا کمیاب شدن منابع آب به نسبت رشد بسیار سریع نیازهای انسانی، مدیریت مؤثر منابع محدود آب اهمیتی تعیین کننده پیدا می‌کند. با این حال مدیریت منابع آب در چین ضعیف بوده و همین مسئله میزان آسیب‌پذیری این کشور در برابر کمبود فزاینده منابع آب را تشدید می‌کند. منابع آبی به لحاظ اقتصادی در زمره منابع مشترک قرار می‌گیرند. این بدان معنا

<sup>۶</sup> World water resource data are from EarthTrends Environmental Information, Water Resources and Freshwater.

Ecosystems (Freshwater Resources 2005, [http://prelive.earthtrends.org/pdf\\_library/data\\_tables/wat2\\_2005.pdf](http://prelive.earthtrends.org/pdf_library/data_tables/wat2_2005.pdf), published by World Resources Institute, which is from FAO AQUASTAT 2004. World population data estimated for 2005 is from World Population Prospects: The 2006 Revision (UN Population Division, 2006).





است که افراد انگیزه‌ای برای صرفه‌جویی یا مصرف بهینه آب ندارند و لذا مدیریت مؤثر جهت مواجهه با عامل بیرونی مصرف آب و شکست بازار امری ضروری است. متأسفانه طی چند دهه اخیر، مدیریت منابع آبی در چین به جای بهبود میزان بهینگی مصرف آب، تحت‌الشعاع پروژه‌های مهندسی جهت تأمین تقاضا برای این ماده حیاتی قرار داشته است. نظام نهادی مدیریت منابع آب در چین نظامی پراکنده و غیرمؤثر است. سیاست‌های آبی در اغلب موارد بدون توجه به ماهیت اقتصادی منابع آب در پیوند با ویژگی‌های طبیعتشان تدوین می‌شوند.

### ۳-۳-۱. نظام نهادی پراکنده مدیریت منابع آب

نظام نهادی مدیریت منابع آب در چین در برگیرنده سازمان‌ها و نهادهای دولتی متعدد در سطوح مختلف است. فقدان همکاری و هماهنگی مؤثر میان این نهادها به شکل‌گیری نهادهای پراکنده مدیریت منابع آب منجر شده و همین مسئله مانعی بر سر راه مدیریت مؤثر این منابع به شمار می‌رود. مسئله مدیریت کیفیت آب نمونه‌ای از این پدیده است. در شرایط ایده‌آل، کنترل میزان آلاینده‌های منابع آب بر مبنای استانداردهای کیفیت آب جهت انواع مصارف گوناگون صورت می‌گیرد. استانداردهای دارای بهینگی اجتماعی در حوزه کیفیت آب بر مبنای هزینه‌های کنترل آلودگی آب شامل هزینه‌های تصفیه آلاینده‌ها و نیز هزینه‌های اجتماعی بقایای آلاینده‌ها جهت مصارف مورد نظر تعیین می‌شوند. بدین ترتیب، مدیریت به لحاظ اجتماعی کارآمد و نیز مؤثر منابع آب مستلزم هماهنگی میان کنترل آلودگی آب و برنامه‌ریزی منابع آبی جهت تعیین موارد مصرف منابع مختلف آب است. اما مدیریت منابع آب در چین میان این دو بخش تقسیم شده و هر کدام از آن‌ها نیز از اختیارات اجرایی مجزایی برخوردار هستند. اداره دولتی حفاظت از محیط زیست<sup>۷</sup> (SEPA) عمدتاً مسئولیت کنترل آلودگی آب را بر عهده دارد، در حالی که وزارت منابع آب کار نظارت بر برنامه‌ریزی منابع، شامل تعیین مناطق آبی کارکردی جهت مصارف مختلف و تعیین استانداردهای کیفیت مرتبط با هر یک از این انواع مصارف را انجام می‌دهد. این تفکیک نهادی فاقد یک ساز و کار هماهنگی، نه تنها مانع از مدیریت بهینه منابع آب می‌شود، بلکه هزینه‌های مبادله اجرایی را نیز افزایش می‌دهد.

مدیریت حوضه‌های رودخانه‌ها در چین که نهادهای دولتی در سطوح اجرایی مختلف و ورای مرزهای سیاسی متولی آن هستند، نمونه دیگری از پراکندگی نهادهای متولی مدیریت منابع آب به شمار می‌رود. مدیریت یکپارچه حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها عموماً به عنوان رویکردی مؤثر جهت مدیریت منابع آب پذیرفته شده است (Spulber and Sabbaghi, ۱۹۹۸). هرچند چین کمیسیون‌هایی را برای رودخانه‌ها و دریاچه‌های بزرگ با هدف کمک به مدیریت یکپارچه تأسیس کرده است، اما این کمیسیون‌ها در زمینه تخصیص منابع آب، هماهنگی فرایند بهره‌برداری و حفاظت از این منابع و برنامه‌ریزی برای منابع آب در سطح حوضه‌های آبریز از اختیارات محدودی برخوردار هستند. از سوی دیگر عدم شفافیت در تقسیم اختیارات و مسئولیت‌ها در میان نهادهای دولتی متولی مدیریت منابع آب در سطوح مختلف، از توانایی این کمیسیون‌ها جهت ساماندهی به روند بهره‌برداری از منابع آب در یک چارچوب پایدار می‌کاهد. این مدیریت نامنسجم حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها مستقیماً به ایجاد یک سبک مدیریتی منابع آب بر مبنای مرزبندی‌های سیاسی به جای مرزبندی‌های آبی منجر شده که خود از طریق ایجاد مشوق برای تصمیم‌گیری‌های تنگ‌نظرانه در سطح محلی در زمینه بهره‌برداری از منابع آب به تشدید معضل این منابع به عنوان یک منبع مشترک می‌انجامد.

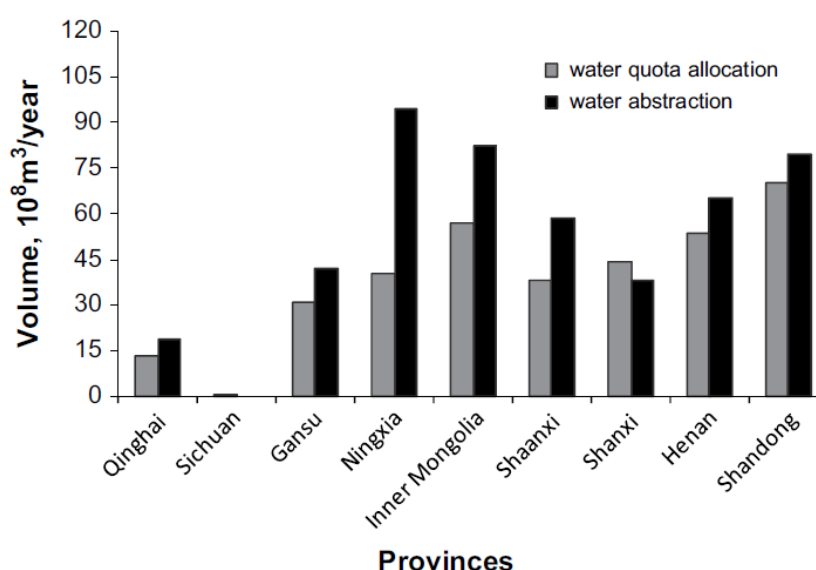
<sup>۷</sup> این سازمان در سال ۲۰۰۸ به «وزارت حفاظت از محیط زیست» تغییر نام داد.

<sup>۸</sup> State Environmental Protection Administration.



شکل ۵ نشان دهنده جزئیات مربوط به حوضه آبریز رودخانه زرد است که در آن میزان برداشت از منابع آبی از ضرایب تعیین شده فراتر رفته است. این عدم موفقیت در مدیریت منابع آب را در نهایت می‌توان معلول پراکندگی نهادهای متولی مدیریت منابع آب در سطح حوضه‌های آبریز دانست. کمیسیون‌های متولی حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها به عنوان زیرمجموعه وزارت منابع آب مسئولیت توزیع آب بر مبنای مرزبندی‌های آبی در میان استان‌های مختلف کشور را بر عهده دارند. با این حال، اختیار صدور مجوز جهت برداشت آب همچنان در حیطه صلاحیت فرمانداری‌های محلی و ادارات محلی منابع آب است که نماینده‌ای هم در کمیسیون‌های حوضه‌های آبریز ندارند. در صورت ضعیف بودن این کمیسیون‌ها، تضمینی برای ساماندهی روند برداشت آب در چارچوب توزیع منابع آب در سطح حوضه‌های آبریز وجود ندارد.

شکل ۵. تخصیص سهم آب و استخراج آب در سال ۱۹۹۷ برای رودخانه زرد



### ۳-۲-۳. مدیریت عرضه‌محور منابع آب و مصرف غیربهرینه آب

مدیریت منابع آب در چین از دیرباز تحت‌الشعاع پروژه‌های مهندسی با هدف تأمین نیازهای اقتصادی-اجتماعی به این ماده حیاتی بوده است. در این شیوه عرضه محور مدیریت منابع آب، ماهیت اقتصادی منابع آب و تعارض بالقوه میان محدود بودن میزان دسترسی به آب در سطح محلی و میزان تقاضا برای آب که می‌تواند به شدت افزایش یابد، نادیده گرفته می‌شوند. با تداوم روند توسعه اقتصادی و رشد جمعیت، این مدیریت منفعل که در آن سقفی برای تقاضا لحاظ نمی‌شود به ایجاد ساختارهای صنعتی ناکارآمد و مصرف غیربهرینه آب منجر شده و همین مسئله عدم تناسب میان عرضه و تقاضای آب را تشدید کرده است. چین یک ساختار صنعتی را به وجود آورده که نیازمند حجم عظیمی از آب است، اما اگر تمهیدات لازم جهت محدود کردن تقاضا به موعود اجرا گذاشته شده بود، یک ساختار صنعتی متفاوت با نیاز کمتر به آب به وجود می‌آمد.

با توجه به عدم تعیین سقفی برای تقاضا، جای تعجب نیست که میزان بهینگی مصرف آب در چین در مقایسه با سایر کشورهای صنعتی پایین است. شاخص‌های سنجش بهینگی مصرف آب شامل مصرف آب نقطه همجوار به ازای یک واحد بیش‌تر از بازدهی اقتصادی، میانگین بازدهی اقتصادی به ازای هر واحد آب مصرفی، و نسبت مصرف واقعی آب به حجم آب منحرف شده هستند. در سال ۲۰۰۳، میزان مصرف آب در چین به ازای هر ۱۰ هزار واحد تولید ناخالص داخلی و به ازای هر ۱۰



هزار واحد ارزش افزوده در بخش صنعت به ترتیب ۴/۵ و ۵ تا ۱۰ برابر همین مقادیر در کشورهای توسعه یافته بوده است. همچنین میانگین نرخ بازچرخانی آب در بخش صنعت در این کشور بین ۴۰ تا ۵۰ درصد تخمین زده شده است، حال آنکه این نسبت در کشورهای توسعه یافته ۸۰ درصد است (CAS, ۲۰۰۷). در بخش کشاورزی نیز هرچند تخصیص حجم عظیمی از منابع آب محدود به محصولات کشاورزی دارای ارزش افزوده پایین به لحاظ اقتصادی غیربهرینه است، میزان پایین بهینگی در مصرف آب در بخش کشاورزی نیز رخ داده است. طبق یافته‌های (CAS, ۲۰۰۷) و نیز ژانگ و همکارانش (۲۰۰۷)، نسبت مقدار واقعی مصرف آب در بخش آبیاری به مقدار منحرف شده در چین تنها ۰/۴۵ و بسیار پایین‌تر از مقدار همین نسبت در کشورهای توسعه یافته یعنی ۰/۷ تا ۰/۸ است. طبق یافته‌های حاصل از برخی مطالعات دیگر، تنها ۵۰ درصد آب جاری در کانال‌ها به مزارع می‌رسد (Xu, ۲۰۰۱) و تنها حدود ۴۰ درصد حجم برداشت آب جهت مصرف در بخش کشاورزی در عمل برای آبیاری محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Wang et al., ۲۰۰۵).

همچنین شیوه مدیریت عرضه محور منابع آب عامل برداشت بی‌رویه از منابع آب نیز هست. در سال‌های اخیر، مناطق شمالی چین شاهد افزایش میزان بهره‌برداری از ذخایر آب‌های زیرزمینی بوده‌اند که علت این افزایش را می‌توان در عدم ساماندهی آب‌های زیرزمینی و عدم تعیین سقف برای تقاضا جستجو کرد (Wang et al., ۲۰۰۷). وانگ و همکارانش (۲۰۰۷) با انجام مطالعات گسترده در زمینه مصرف آب‌های زیرزمینی در مناطق روستایی در قسمت شمالی چین به این نتیجه رسیده‌اند که کم‌تر از ۱۰ درصد مالکان چاه‌های آب که از آن‌ها مصاحبه به عمل آمده بود، پیش از حفر چاه اقدام به اخذ مجوز کرده‌اند و تنها ساکنان ۵ درصد از روستاها بر این باور بودند که باید در تصمیماتشان در مورد حفر چاه مسئله رعایت فاصله مناسب را لحاظ کنند. در هیچ یک از روستاهای مورد مطالعه در ازای برداشت آب وجهی از برداشت کنندگان دریافت نمی‌شد و هیچ گونه محدودیت فیزیکی نیز برای مالکان چاه‌های آب ایجاد نشده بود (Wang et al., ۲۰۰۷). در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۳، میانگین حجم برداشت از ذخایر آب‌های زیرزمینی ۲۴ میلیارد متر مکعب تخمین زده شده که ۷۴ درصد از این میزان در بخش کشاورزی مصرف شده است (WB, ۲۰۰۷a).

### ۳-۳-۳. توسعه نیافتگی نظام حقوق آب

وجود یک نظام حقوق آب لازمه مدیریت مؤثر منابع آب است. حقوق آب اگر به طور شفاف و بر مبنای ضمانت‌های اجرایی قانونی تعریف شوند، می‌تواند مشوق‌های لازم در جهت افزایش بهینگی مصرف آب را فراهم نماید. اما متأسفانه نظام نهادی حقوق آب در چین به اندازه کافی توسعه نیافته و به طور کامل نیز اجرا نمی‌شود. مدیریت منابع آب بر مبنای حقوق آب موفقیتی در پی نداشته است. بخش عمده‌ای از عدم بهینگی در مصرف آب و کم‌آبی کنونی در چین را می‌توان معلول همین توسعه نیافتگی نظام حقوق آب دانست.

در چین به استثنای مواردی که شرکت‌های محلی احداث کننده آب انبارها مالکیت آب آن‌ها را در اختیار دارند، مالکیت آب در اختیار دولت است. وزارت منابع آب به نمایندگی از دولت از طریق تفویض اختیارات مدیریتی به کمیسیون‌های حوضه‌های آبریز و ادارات وابسته به فرمانداری‌های محلی به مدیریت بهره‌برداری از منابع آب می‌پردازد. چین در سال ۱۹۸۸ نخستین قانون خود در حوزه آب را به تصویب رساند و ساز و کاری را جهت اعطای مجوز با هدف ساماندهی به برداشت از منابع آبی ایجاد نمود. این سازوکار اعطای مجوز که به عنوان معرف حق بهره‌برداری از آب تلقی می‌شود، عمدتاً آب‌های سطحی را شامل می‌شود و به هیچ وجه نمی‌توان آن را یک ساز و کار جامع تلقی کرد. عدم وجود مرزبندی مشخص در زمینه صلاحیت‌های



حقوقی جهت بررسی مسائل مرتبط با حوزه آب مانعی در برابر شکل‌گیری یک نظام حقوق آب و مدیریت مؤثر آن تلقی می‌شود.

بخش کشاورزی بیشترین میزان مصرف آب را به خود اختصاص داده و حدود ۷۰ درصد حجم سالانه مصرف آب در چین در این بخش به مصرف می‌رسد. تعریف دقیق حقوق کشاورزان در حوزه آب می‌تواند به موفقیت تلاش‌های دولت در جهت افزایش بهینگی مصرف آب و مقابله با کم‌آبی کمک کند. با این حال حقوق آب کشاورزان همچنان تا حد زیادی مبهم است. به عنوان نمونه، میزان آبی که کشاورز حق استفاده از آن را دارد، یکی از مؤلفه‌های مهم یک نظام حقوق آب است. عدم اندازه‌گیری حجمی مصرف آب در سطح مزارع سبب می‌شود حقوق آب هر یک از کشاورزان به روشنی مشخص نباشد. علاوه بر این، در طول دوره‌های کمبود آب، غالباً مصارف خانگی یا صنعتی بر مصارف کشاورزی اولویت داده می‌شوند و در این میان هیچ سازوکاری نیز برای جبران زیان‌های ناشی از این امر به کشاورزان وجود ندارد. این مسئله نشان می‌دهد که حقوق آب به شکل شفاف تعریف نشده‌اند، البته اگر اصولاً حقوقی در این زمینه تعریف شده باشد. علاوه بر این، تصمیمات مربوط به عرضه آب جهت آبیاری شامل حجم و زمانبندی عرضه آب، عمدتاً نه توسط کشاورزان، بلکه توسط ادارات آبیاری اتخاذ می‌شوند. با توجه به آنکه هزینه آبیاری نه بر مبنای میزان واقعی مصرف آب، بلکه بر مبنای وسعت زمین تحت پوشش آبیاری تعیین می‌شود، کشاورزان نیز انگیزه‌ای برای صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده بهینه از آن ندارند.

چین از سال ۲۰۰۰ به این سو به دنبال تقویت روند شکل‌گیری حقوق آب و مدیریت منابع آب، شامل اصلاح قانون آب و صدور دستورالعمل‌های سیاستی در این زمینه بوده است. اما حقوق آب در چین همچنان با استانداردهای امروزی فاصله دارند (FAO, ۲۰۱۱). هنوز سازوکارهای مشخصی برای مدیریت سه مؤلفه تشکیل‌دهنده نظام حقوق آب یعنی مقادیر قابل برداشت، مقادیر قابل انتقال و مقادیری که باید با کیفیت مشخصی به چرخه آب بازگردانده شوند، ایجاد نشده است. همچنین حقوق و مسئولیت‌های مربوط به مجوزهای برداشت از منابع آب هنوز به لحاظ حقوقی به طور شفاف تعریف نشده‌اند. مقررات و شیوه‌های ناظر بر توزیع آب همچنان ناقص هستند. توزیع آب به منظور ایجاد حقوق اولیه آب هنوز به اتمام نرسیده است. همچنین تمامی موارد مصرف آب بر مبنای مجوزهای اعطا شده اندازه‌گیری و مدیریت نمی‌شوند. هیچ سازوکاری برای هماهنگی در درون حوضه‌های آبریز وجود ندارد که بتواند مطابقت مجوزهای برداشت آب با نحوه توزیع آب را تضمین کند. هرچند برای افزایش بهینگی توزیع منابع آب تجارت حقوق آب نیز مطرح شده است، اما مدیریت منابع آب در عمل همچنان تا حد زیادی بر مبنای صدور دستور و اعمال کنترل از ناحیه دستگاه‌های اجرایی صورت می‌گیرد. با توجه به توسعه نیافتگی حقوق آب، ساماندهی مصرف آب در یک چارچوب پایدار دشوار خواهد بود.

چین اخیراً طرح‌های آزمایشی را در مناطق محلی جهت بررسی نحوه مدیریت حقوق آب آغاز کرده است. به عنوان نمونه می‌توان به پروژه وزارت منابع آب در ژانجی در استان گانسو اشاره کرد که با هدف بررسی امکان ایجاد یک اجتماع مقید به صرفه‌جویی در مصرف آب بر مبنای سهمیه‌های مشخص و قابل مبادله آب اجرا شده است. این پروژه به روشن شدن موانع موجود در برابر مبادله حقوق آب منجر شده است که عمدتاً معلول نهادهای بازاری و سیاست‌های ناکارآمد هستند (Zhang, ۲۰۰۷). نتایج تمامی این پروژه‌های آزمایشی حاکی از آن است که کشاورزان به مشوق‌ها پاسخ مثبت می‌دهند. معنای ضمنی این یافته نیز آن است که بخش عمده‌ای از مصرف غیربهینه آب را می‌توان معلول عدم توجه به مشوق‌های کشاورزان در نهادها و سیاست‌های جاری در حوزه منابع آب دانست.



## ۳-۴. قیمت‌گذاری نامناسب آب

قیمت‌گذاری آب یکی از ابزارهای سیاستی مهم است که می‌تواند انگیزه لازم برای صرفه‌جویی در مصرف آب را فراهم کرده بر میزان بهینگی مصرف این ماده بیفزاید. البته ممکن است قیمت‌گذاری مناسب به تنهایی نتواند به حل معضلات موجود در پیوند با منابع آب منجر شود (Molle and Berkoff, ۲۰۰۸). به لحاظ نظری، قیمت‌های مبتنی بر شرایط بازار می‌توانند از طریق بازتاب ارزش آب به عنوان یک ماده کمیاب، میان عرضه و تقاضا برای این ماده حیاتی توازن ایجاد کنند. این فرایند ایجاد توازن بر پایه این فرض استوار است که قیمت‌ها کل هزینه تأمین آب را پوشش می‌دهند. اما قیمت‌های آب در چین از دیرباز بر مبنای یک مدیریت سیاسی از بالا به پایین و نه توسط بازار تعیین می‌شده‌اند. قیمت‌ها عمداً پایین نگه داشته می‌شوند و برای جبران کل هزینه‌های تأمین آب نیز کافی نیستند و لذا اجازه نمی‌دهند بازار میان عرضه و تقاضا توازن ایجاد کند. هزینه‌های جاری خانوارها برای تأمین آب تنها حدود ۱/۲ درصد کل درآمد قابل تصرف آن‌ها تخمین زده شده است. این درصد پایین‌تر از نسبت ۲ درصدی است که انگیزه صرفه‌جویی در مصرف آب را ایجاد می‌کند. همچنین این نسبت بسیار پایین‌تر از نسبت موجود در کشورهای توسعه‌یافته یعنی ۴ درصد است (Zhang et al., ۲۰۰۷). این قیمت‌های پایین آب انگیزه چندانی برای صرفه‌جویی در مصرف ایجاد نمی‌کنند.

در قانون آب مصوب سال ۲۰۰۲ میلادی، یک سیاست بازگشت هزینه در زمینه استفاده از منابع آب تعیین شده است. در سال‌های اخیر پیشرفت‌هایی در زمینه اصلاح تعرفه‌های آب در بسیاری شهرها حاصل شده است. با این حال روند افزایش بهای آب به دلیل نگرانی‌ها در مورد محدودیت دسترسی به آب به مثابه یک حق انسانی، به کندی صورت گرفته است. هزینه‌های دریافتی از مصرف‌کنندگان در ازای تأمین آب شهری و تصفیه فاضلاب‌ها هنوز هم تمامی هزینه‌های جاری و سرمایه‌ای را پوشش نمی‌دهد. مثلاً در شهر شیآن، خانوارها ۱/۶ یوان برای هر متر مکعب آب می‌پردازند، در حالی که هزینه کامل تأمین آب برای این شهر ۵ یوان به ازای هر متر مکعب است (OECD, ۲۰۰۷). هزینه‌های دریافتی برای تصفیه فاضلاب نیز یا اصولاً اعمال نشده‌اند و یا بسیار پایین هستند. پایین بودن قیمت آب به کندی روند توسعه زیرساخت‌ها و ضعف در ارائه خدمات و انجام فعالیت‌های مرتبط با مرمت و نگهداری شبکه آبرسانی منجر شده است. چین یکی از بالاترین آمارها در جهان در زمینه شمار موارد نشتی آب را به خود اختصاص داده است.

قیمت‌گذاری حجمی آب مورد استفاده در بخش آبیاری هنوز به طور کامل صورت نگرفته است، اما سیاست چین آن است که هزینه‌های مصرف آب بر مبنای میزان واقعی مصرف محاسبه شوند. از آنجا که مزارع چین پراکنده و وسعت آن‌ها نیز اندک است، اندازه‌گیری دقیق میزان مصرف آب در سطح مزارع جهت قیمت‌گذاری حجمی دشوار است (Huang et al., ۲۰۰۹). هرچند ممکن است در برخی مناطق هزینه‌های مربوط به آب در بخش آبیاری بر مبنای میزان مصرف واقعی در سطح روستاها محاسبه شود، اما بهای آب مصرفی در بخش آبیاری در بسیاری از مناطق روستایی همچنان به جای میزان مصرف واقعی آب جهت آبیاری بر مبنای سطح زیر پوشش آبیاری محاسبه می‌شود (Lohmar et al., ۲۰۰۷). از آنجا که هزینه‌های آبیاری از نوع هزینه‌های سرمایه‌ای هستند، کشاورزان نیز انگیزه‌ای برای صرفه‌جویی در مصرف و افزایش بهینگی آبیاری ندارند. این مسئله می‌تواند دلیل میزان پایین استقبال از فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب (۲۰ درصد) مانند استفاده از روش‌های پلاستیکی، سامانه‌های بارانی، آبیاری قطره‌ای و سایر شیوه‌های بهینه و مستلزم صرف میزان کم‌تری از سرمایه و انرژی در مناطق کم‌آب شمال چین باشد (Yang et al., ۲۰۰۳; Deng et al., ۲۰۰۶; Blanke et al., ۲۰۰۷; Huang et al., ۲۰۰۹). از یک سو تخصیص حجم عظیمی از آب به عنوان یک ماده کمیاب به محصولات کشاورزی دارای ارزش افزوده پایین به لحاظ اقتصادی غیربهینه است، اما از سوی دیگر، مصرف آب در بخش آبیاری به شکل مناسبی به واسطه قیمت‌های آب محدود نشده



که امکان افزایش میزان بهیمنگی را فراهم کند. علاوه بر این، از آنجا که قیمت‌های آب به ندرت پوشش دهنده کل هزینه‌های تأمین آب شامل هزینه‌های جاری و سرمایه‌ای و نیز هزینه‌های تعمیر و جایگزینی سامانه‌های تأمین آب هستند، عدم انجام فعالیت‌های مربوط به مرمت و نگهداری در مورد سامانه‌های آبرسانی پدیده‌ای رایج است که خود بر میزان مصرف غیربهینه آب می‌افزاید.

### ۳-۳-۵. عدم سرمایه‌گذاری کافی در زمینه حفاظت از محیط زیست و ضعف در کنترل آلاینده‌ها

موارد کمبود آب ناشی از کیفیت پایین آب را می‌توان معلول عدم سرمایه‌گذاری کافی در زمینه حفاظت از محیط زیست و ضعف در کنترل آلاینده‌ها دانست. طی سه دهه اخیر، میزان سرمایه‌گذاری در زمینه حفاظت از محیط زیست به ترتیب تنها ۰/۶۸، ۰/۸۱ و ۱/۱۹ درصد کل تولید ناخالص داخلی چین را به خود اختصاص داده است که البته این مبالغ برای تحقق اهداف تعیین شده ناکافی هستند (WB, ۲۰۰۷b). قرار است در طی پنج سال بعدی، (یعنی بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۶)، میزان سرمایه‌گذاری در این بخش به ۸۵ درصد نسبت به مقادیر پیشین برسد، اما این مقدار همچنان پایین‌تر از میزان سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در زمینه کنترل سیلاب‌ها، حفاظت از خاک و تخصیص منابع آب است (Ma et al., ۲۰۰۶). با توجه به ناکافی بودن منابع مالی، روند احداث مراکز تصفیه فاضلاب شهری شامل شبکه‌های فاضلاب به ویژه در شهرها و شهرک‌های کوچک کند بوده است. بر اساس نتایج یک بررسی پیمایشی که در سال ۲۰۰۵ توسط وزارت ساخت و ساز شهری صورت گرفته است، از میان ۶۶۱ شهر عمده، ۲۷۸ شهر فاقد مراکز تصفیه فاضلاب بودند (CAS, ۲۰۰۷). در سال ۲۰۰۳، میزان تصفیه فاضلاب‌ها از ۴۳ درصد در شهرهای با جمعیت بیش از دو میلیون نفر تا ۱۶ درصد برای شهرهای با جمعیت کم‌تر از ۲۰۰ هزار نفر متغیر بود (NBSC, ۲۰۰۴). کند بودن روند توسعه سیستم فاضلاب به ورود مستقیم حجم عظیمی از فاضلاب تصفیه نشده به محیط زیست منجر شده است که می‌تواند دلیل عدم موفقیت در تحقق هدف‌گذاری‌هایی مانند کاهش ۱۰ درصدی میزان تولید COD<sup>۹</sup> تا سال ۲۰۰۵ باشد.

به دلیل فقدان منابع مالی کافی و ضعف قوانین، میزان آلودگی آب در چین رو به افزایش است و بر میزان تنوع آلاینده‌ها نیز افزوده می‌شود. چنان که در شکل ۶ نیز نشان داده شده است، میزان تولید فاضلاب صنعتی پس از یک دوره کاهش در بازه زمانی ۱۹۹۵-۲۰۰۰، از سال ۲۰۰۰ به بعد رو به افزایش بوده است. هرچند نسبت حجم فاضلابی که با استاندارد تولید فاضلاب مطابقت دارد از ۶۶/۷ درصد در سال ۱۹۹۹ به ۹۱/۲ درصد در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است (SEPA, ۱۹۹۵-۲۰۰۶)، فاضلاب‌های تصفیه نشده کارخانه‌های مستقر در شهرهای کوچک و روستاها همچنان ممکن است مستقیماً وارد سیستم آبرسانی شوند<sup>۱۰</sup>. ورود مواد شیمیایی صنعتی قابل اکسید شدن پس از یک دور کاهش مستمر از سال ۲۰۰۱، مجدداً و علی‌رغم افزایش نرخ تصفیه فاضلاب از ۸۵/۲ درصد در سال ۲۰۰۱ به ۹۱/۲ درصد در سال ۲۰۰۵، مجدداً رو به افزایش گذاشته است (NBSC, ۲۰۰۶). در گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۰۶، تحلیل مفصلی پیرامون ویژگی‌های آلودگی ناشی از فاضلاب‌های صنعتی ارائه شده است (WB, ۲۰۰۶).

<sup>۹</sup> Chemical Oxygen Demand

عبارت است از نسبت کل مواد شیمیایی قابل اکسید موجود در آب.

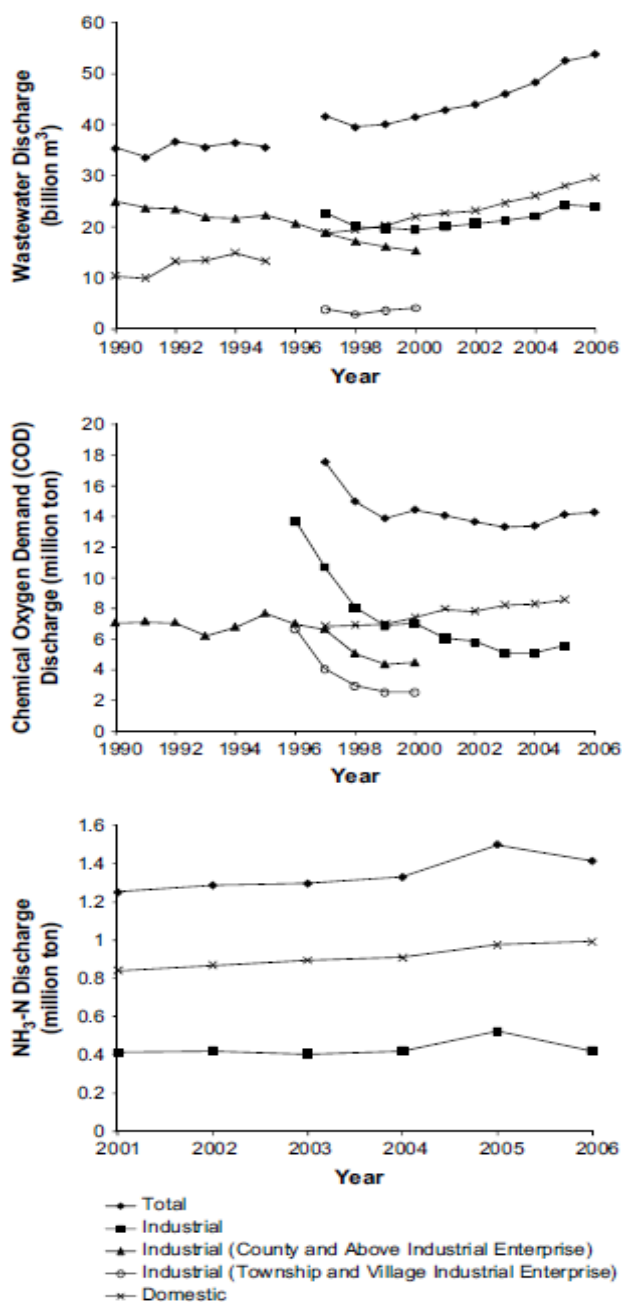
<sup>۱۰</sup> در سالنامه‌های اداره آمار محیط زیست چین (SEPA, ۱۹۹۵-۲۰۰۶) نرخ افزایش تولید فاضلاب‌های صنعتی که با استاندارد تولید فاضلاب شرکت‌های صنعتی مطابقت دارد در سطح شهرستان یا بالاتر در بازه زمانی ۱۹۹۵-۲۰۰۰ قید شده است. اما از سال ۲۰۰۱ به این سو، در این سالنامه‌ها دیگر میزان تولید فاضلاب‌های صنعتی به تفکیک نوع مالکیت صنعتی اعلام نمی‌شود و لذا آمار مربوط به دامنه مقادیر تولید فاضلاب روشن نیست.





آهنگ رشد میزان تولید فاضلاب‌های خانگی بیش از آهنگ تولید فاضلاب‌های صنعتی است. چنان که در شکل ۶ نیز نشان داده شده است، میزان تولید فاضلاب‌های خانگی به لحاظ حجم از سال ۱۹۹۹ بیش از میزان تولید فاضلاب‌های صنعتی بوده است. برخلاف کاهش میزان مواد شیمیایی اکسیدپذیر صنعتی موجود در آب، میزان تولید این مواد در فاضلاب‌های خانگی رو به افزایش بوده است (شکل ۶). هرچند میزان تولید  $\text{NH}_3\text{-N}$  در هر دو بخش صنعتی و خانگی افزایش یافته است، اما سهم بخش خانگی در تولید  $\text{NH}_3\text{-N}$  تقریباً دو برابر بخش صنعت است (شکل ۶).

شکل ۶. روند فاضلاب COD و  $\text{NH}_3\text{-N}$  در چین. منبع داده‌ها: SEPA (۱۹۹۵-۲۰۰۶) and SEPA (۱۹۹۱-۲۰۰۷)





آلودگی با منبع نامشخص<sup>۱۱</sup> در بخش کشاورزی یکی دیگر از منابع عمده آلاینده‌ها است که کنترلی در چین بر روی آن صورت نمی‌گیرد (Ongley, ۲۰۰۴; Wang, ۲۰۰۶). افزایش استفاده از کودهای شیمیایی و نیز فاضولات دامی موجب ورود مقادیر عظیمی از مواد مغذی به آب‌های پایین دست شده است (Liu and Qiu, ۲۰۰۷). مواد مغذی موجود در روان‌آب‌های کشاورزی در کنار پساب‌های خانگی و صنعتی یکی از دلایل عمده تندتر شدن آهنگ ورود مواد مغذی بیش از حد به دریاچه‌های بزرگ در چین به شمار می‌روند. کل حجم آلاینده‌های نیتروژنی دارای منبع نامشخص در دریاچه‌های تای، دیانچی و چائو به ترتیب ۵۹، ۳۳ و ۶۳ درصد و کل نسبت حجم آلاینده‌های فسفاتی دارای منبع نامشخص نیز برای این سه دریاچه به ترتیب ۳۰، ۴۱ و ۷۳ درصد تخمین زده شده است (Li et al., ۲۰۰۱).

### ۳-۳-۶. سایر ناکامی‌ها در حوزه سیاست‌گذاری

علاوه بر مسائلی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، سیاست‌ها نیز به خوبی با یکدیگر هماهنگ نیستند و ممکن است به تشدید معضلات مربوط به منابع آب منجر شوند. بسیاری از سیاست‌ها از قبیل برنامه‌ریزی شهری، سیاست توسعه صنعتی، سیاست کشاورزی و ... می‌توانند تأثیرات غیرمستقیمی بر منابع آب داشته باشند. اگر این تأثیرات بالقوه لحاظ نشوند، برایندهای سیاستی به احتمال قوی با ظرفیت‌های موجود سیستم‌های آبرسانی همخوانی نخواهند داشت. ناهمگونی کنونی در توزیع توسعه اقتصادی-اجتماعی و منابع آب نمونه روشنی از عدم توجه به منابع آب در تدوین سیاست‌ها است.

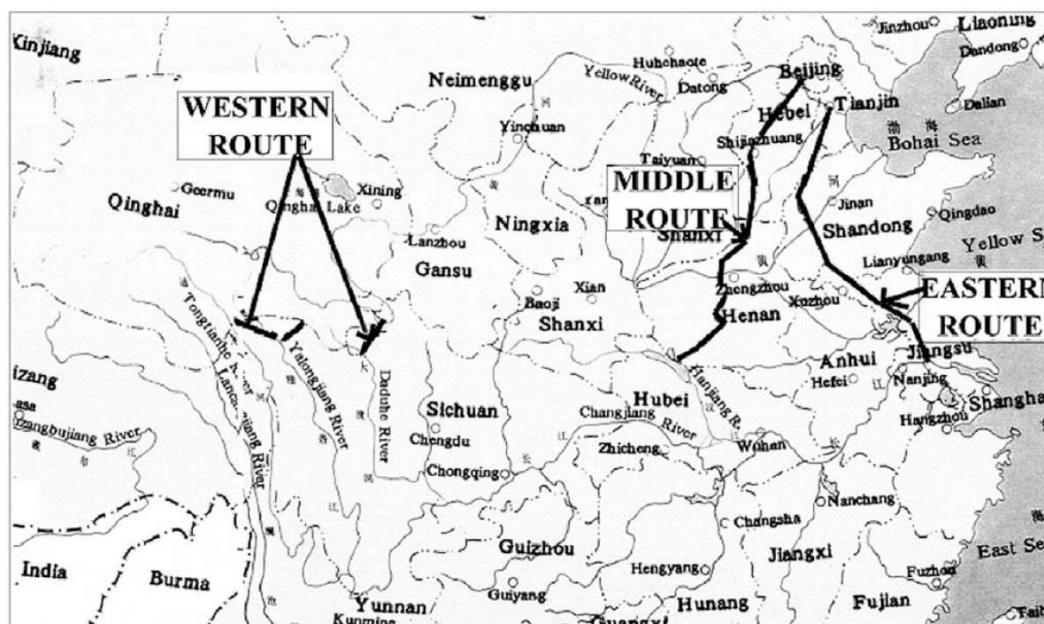
### ۴. اقدامات و چالش‌های فراروی دولت در آینده

دولت چین به وجود معضلات مربوط به منابع آب اذعان دارد و اقداماتی را در جهت ترویج مصرف پایدار آب انجام داده است (see Yang and Pang, ۲۰۰۶). این کشور مجموعه‌ای از اهداف و اولویت‌های سیاستی را در برنامه پنج‌ساله یازدهم خود (۲۰۰۶-۲۰۱۰) در زمینه منابع آب و در راستای کمک به توسعه اقتصادی و اجتماعی تعیین کرده که در چارچوب آن‌ها، توسعه علمی و ایجاد یک جامعه همگون به عنوان اهداف و اصول بنیادین کلی معرفی شده‌اند (SC, ۲۰۰۶). شورای حکومتی دولت چین مجموعه‌ای از اهداف سیاستی را جهت مدیریت منابع آب مشخص کرده که از آن جمله می‌توان به تقویت مدیریت آب در سطح حوضه‌های رودخانه‌ها، حفاظت از منابع آب آشامیدنی، مبارزه با آلودگی فرامرزی آب‌ها، افزایش صرفه‌جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی و افزایش نسبت تصفیه پساب‌های شهری تا سال ۲۰۱۰ اشاره کرد (SC, ۲۰۰۶).

<sup>11</sup> non-point source pollution



شکل ۷. نقشه کلی پروژه انتقال آب جنوب به شمال چین. منبع: Berkoff (۲۰۰۳) که به روز رسانی (۱۹۹۵) MWR است.



برنامه پنج‌ساله یازدهم توسعه منابع آبی (FYPWRD)<sup>۱۲</sup> دربردارنده برنامه‌های عملی و روش‌هایی جهت اجرای این برنامه‌ها است (MWR, ۲۰۰۷b) و بازتاب دهنده نوعی تغییر راهبردی و گرایش به سمت توسعه پایدار منابع آب، از جمله تسریع فرایند توزیع منابع آب، ایجاد نظام‌های حقوق آب، اعمال سهمیه‌بندی و مدیریت طرف تقاضا، و افزایش میزان بهیمنگی مصرف و افزایش مزایای حاصل از این امر است. چین همزمان با اصلاح شیوه سنتی مدیریت منابع آب، فعالانه در حال سرمایه‌گذاری در طرح‌هایی به منظور افزایش میزان عرضه آب نیز هست (MWR, ۲۰۰۷c). بارزترین نمونه این طرح‌ها، پروژه ۶۲ میلیارد دلاری انتقال آب از جنوب به شمال است. در چارچوب این طرح که عمدتاً با هدف تأمین نیازهای خانگی و صنعتی در مناطق بایر شمالی به اجرا گذاشته شده است، تا سقف ۴۵ میلیارد متر مکعب آب در سال (تقریباً معادل حجم سالانه رودخانه زرد در یک سال عادی) از مسیر شرقی پایین‌دست، مسیر میانی و قسمت‌های بالادستی (مسیر غربی) رودخانه یانگ‌تسه در جنوب چین تا سال ۲۰۵۰ به مناطق شمالی این کشور منتقل خواهد شد (Berkoff, ۲۰۰۳; Zhu, ۲۰۰۶) (شکل ۷). هر دو مسیر شرقی و میانی در دست احداث هستند و پیش‌بینی می‌شود کار احداث آن‌ها به ترتیب تا سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ به اتمام برسد.

با این حال مسائل و مشکلات فراوانی در حوزه مدیریت همچنان به قوت خود باقی هستند. از جمله مسائل و مشکلات که در برنامه پنج‌ساله یازدهم توسعه منابع آبی نیز به آن‌ها اشاره شده شامل موارد ذیل هستند: (۱) کندی روند اصلاحات در حوزه مدیریت منابع آب، (۲) فقدان یک نظام نهادی یکپارچه، کارآمد و مؤثر، (۳) مدیریت ضعیف منابع آب از جمله در بخش‌های برنامه‌ریزی، طراحی سیاست‌ها، پایش و اجرای قوانین و مقررات، (۴) توسعه‌نیافتگی نظام حقوق آب، (۵) کند بودن روند ایجاد بازارهای آب، (۶) تأکید بیش از حد بر پروژه‌های مهندسی در قیاس با رویکردهای مدیریتی، و (۷) فقدان یک سازوکار پایدار تأمین اعتبار جهت سرمایه‌گذاری در حوزه محیط زیست (MWR, ۲۰۰۷b).



توسعه اقتصادی سریع در کنار وجود یک جمعیت عظیم رو به رشد و شهرنشینی چالش جدی‌تری را در آینده ایجاد می‌کنند. جمعیت چین تا سال ۲۰۲۰ از مرز ۱/۴ میلیارد نفر خواهد گذشت (UNPD, ۲۰۰۶) و بدین ترتیب سرانه میزان آب قابل دسترس به ازای هر نفر به کم‌تر از ۲۰۰۸ متر مکعب در سال (۵۵۰۱ لیتر به ازای هر نفر در یک روز) کاهش خواهد یافت. هرچند این آمار همچنان از آستانه تنش آبی یعنی سرانه سالانه ۱۷۰۰ متر مکعب (یا سرانه روزانه ۴۶۵۸ لیتر) بالاتر است (Johnson et al., ۲۰۰۱)، اما میزان آب قابل دسترس ممکن است در مناطق محلی مانند حوضه آبریز موسوم به ۳-H بسیار پایین باشد. در عین حال، شهرنشینی نیز به افزایش میزان مصرف آب و حجم پساب‌های تولیدی منجر خواهد شد و این مسئله به نوبه خود با کاهش منابع آب موجود چالش‌هایی را ایجاد خواهد کرد. همچنین چین باید میان افزایش میزان مصرف آب در بخش کشاورزی (به منظور تأمین امنیت غذایی و تحقق خودکفایی) و افزایش میزان تقاضا برای آب در بخش‌های خانگی و صنعتی به ویژه در مناطق شمالی که با معضل کم‌آبی مواجه هستند، توازن برقرار کند. چنان که در جدول ۵ نیز نشان داده شده است، مناطق شمالی چین بیش از مناطق جنوبی این کشور شاهد افزایش حجم کل آب مصرفی خواهند بود.

جدول ۵. مقدار جاری و پیش‌بینی شده مصرف آب چین به تفکیک بخش‌ها و مقیاس‌های فضایی

Year	Water use by sectors, billion m <sup>3</sup> (%)			Total, billion m <sup>3</sup>
	Domestic	Industry	Agriculture	
<b>Country level</b>				
2005	76.9 (14)	128.6 (23)	357.8 (63)	563.3 (100)
2030	99.0 (15)	159.3 (24)	395.2 (61)	653.5 (100)
Percentage increase	29%	24%	10%	16%
<b>North</b>				
2005	30.0 (12)	33.4 (13)	185.7 (75)	249.1 (100)
2030	40.6 (13)	50.1 (17)	210.5 (70)	301.2 (100)
Percentage increase	35%	50%	13%	21%
<b>South</b>				
2005	46.9 (15)	95.2 (30)	172.1 (55)	314.2 (100)
2030	58.4 (17)	109.2 (31)	184.7 (52)	352.3 (100)
Percentage increase	25%	15%	7%	12%

میزان مصرف آب در بخش‌های صنعتی و خانگی در شمال چین به ترتیب ۵۰ و ۳۵ درصد افزایش خواهد یافت، در حالی که میزان این افزایش در بخش کشاورزی تنها ۱۳ درصد است. با توجه به اینکه بخش کشاورزی بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص داده است، افزایش پیش‌بینی شده مصرف در بخش کشاورزی هرچند به اندازه میزان افزایش مصارف خانگی و صنعتی زیاد نیست، اما باز هم رقم قابل توجهی را شامل می‌شود. در حالی که مناطق شمالی چین در زمینه مدیریت منابع آب با چالش‌های جدی‌تری روبرو خواهند شد، این پیش‌بینی به طور غیرمستقیم نشان می‌دهد که (۱) مدیریت طرف تقاضا برای کاهش میزان آسیب‌پذیری چین در برابر معضل کم‌آبی نقشی حیاتی دارد، (۲) افزایش میزان بهیئگی مصرف آب در بخش کشاورزی می‌تواند با کاهش میزان مصرف آب، افزایش تقاضا برای این ماده در بخش‌های صنعتی و خانگی را جبران کند، (۳) بهبود فرایند تصفیه پساب‌های صنعتی و خانگی به موازات افزایش میزان مصرف آب در حفاظت از منابع کمیاب آب پاک نقشی تعیین‌کننده دارد.



## ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

چین به ویژه در مناطق خشک شمالی خود با کم‌آبی فزاینده‌ای روبرو بوده است. مقادیر ناکافی آب و نیز پایین بودن کیفیت آب از جمله مؤلفه‌های اصلی بحران کم‌آبی در چین هستند که هر دو نیز تأثیرات شدیدی بر جامعه و محیط زیست دارند. در حالی که توسعه سریع اقتصادی در کنار رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی منشأ آغاز تعارض بالقوه میان عرضه و تقاضای آب را تشکیل می‌دهند، مدیریت ضعیف منابع آب نیز میزان آسیب‌پذیری این کشور در این حوزه را افزایش داده بر دامنه این مشکل خواهد افزود. در آینده شاهد چالش‌های جدی‌تری در زمینه مصرف آب خواهیم بود.

مدیریت مؤثر منابع آب، رویکردی امیدوارکننده است که می‌تواند به کاهش میزان آسیب‌پذیری چین به ویژه در شرایط تشدید کم‌آبی در آینده کمک کند. شرایط طبیعی منابع آب نشان دهنده محدودیت فیزیکی خاصی است که چین باید در جریان روند توسعه خود با آن سازگار شود. هرچند تنظیم توزیع جمعیت، چینش سامانه‌های شهری و ساختار اقتصادی جهت سازگاری با شرایط فیزیکی منابع آب در کوتاه‌مدت بسیار دشوار و حتی غیرممکن است، چنین به نظر می‌رسد که بهبود مدیریت منابع آب رویکردی مقرون به صرفه باشد که شایسته است دولت تلاش‌های خود را بر آن متمرکز کند، زیرا این رویکرد به طور بالقوه می‌تواند تأثیرات ناشی از کمبود آب را تعدیل کند. مدیریت ضعیف یکی از مهم‌ترین عوامل مسائل و مشکلات کنونی در حوزه منابع آب است.

مقابله با کم‌آبی در چین نیازمند اتخاذ یک رویکرد کل‌نگر، منسجم و علمی بر مبنای تلاش‌های درازمدت و هماهنگ خواهد بود. با توجه به پیچیدگی مسئله و چالش‌های سیاستی مرتبط با آن (Lasserre, ۲۰۰۳)، در این مقاله سه توصیه بر مبنای اولویت سیاستی کنونی چین جهت مقابله با معضل کم‌آبی و در عین حال بهبود مدیریت منابع آب ارائه شده است.

چین باید در وهله نخست به تقویت یا ایجاد نظام‌های نهادی جهت ثبت و ساماندهی برداشت و استفاده از منابع آب بر مبنای حقوق آب دارای ضمانت‌های اجرایی قانونی بپردازد. این سازوکارهای نهادی را می‌توان بر مبنای حوضه‌های آبریز و بر اساس چرخه آشناسی منابع آب تعریف کرد. کمیسیون‌های حوضه‌های آبریز که زیر نظر وزارت منابع آب فعالیت می‌کنند باید مدیریت اعطای مجوز و ساماندهی مصرف آب در مرزهای حوضه‌های آبریز مربوط به خود را بر عهده داشته باشند. صدور مجوزهای برداشت آب باید بر مبنای برنامه‌ریزی و تخصیص منابع آب صورت گیرد. می‌توان مجوز انتقال حقوق آب بر مبنای شکل اولیه توزیع را در صورتی که در کمیسیون‌های مربوطه ثبت شده باشد و ارزیابی‌های علمی نیز تأثیرات منفی قابل توجهی را برای این نقل و انتقالات مشخص نکرده باشند، نیز صادر کرد. اعمال هماهنگ حقوق آب در نهادهای مختلف دولتی مستلزم وجود یک سازوکار مشخص است. تا زمانی که مصرف آب به واسطه سازوکارهای نهادی ساماندهی و کنترل نشود، امکان مدیریت مؤثر منابع آبی نیز وجود نخواهد داشت.

ثانیاً چین باید به جای اتکای توأم با انفعال بر راهکارهای مهندسی جهت حل مشکل کمبود آب، به رویکردهای بازار محور توجه بیشتری داشته باشد. اجرای پروژه‌های مهندسی مناسب برای تأمین آب مورد نیاز جهت توسعه اقتصادی-اجتماعی پایدار ضروری است. اما استفاده از این پروژه‌ها جهت تأمین تقاضا برای آب ممکن است در همه موارد نیز به لحاظ اجتماعی کارآمد نباشد. انگیزه لازم برای تأکید بر رویکردهای بازارمحور به جای رویکردهای مهندسی بر مبنای نظام عرضه و تقاضا و تأثیرات ناشی از آن بر رفاه اجتماعی شکل می‌گیرد. به طور مشخص می‌توان گفت هم عرضه و هم تقاضای آب بر مبنای قیمت‌های تعیین شده برای این ماده تنظیم می‌شوند. با توجه به دولتی و پایین بودن قیمت آب، محدودیتی برای تقاضا وجود ندارد و میزان تقاضا ممکن است به میزانی بالاتر از مقداری برسد که امکان تأمین آن بر مبنای بازگشت کامل هزینه‌ها بر اساس قیمت‌های مشخص وجود دارد. در چنین شرایطی، اتخاذ راهکارهای مهندسی جهت تأمین تقاضا نه تنها به لحاظ اجتماعی غیربهرینه است،



بلکه حتی ممکن است پرهزینه و یا حتی غیرممکن نیز باشد. رویکردهای بازارمحور مانند قیمت‌گذاری آب و مبادله حقوق آب می‌توانند به شیوه‌ای کم‌هزینه و مؤثر میزان تقاضا برای آب را با ظرفیت عرضه این ماده در یک سطح بهینه به لحاظ اجتماعی هماهنگ کنند. قیمت‌های مبتنی بر شرایط بازار نه تنها هزینه تأمین آب را پوشش می‌دهند، بلکه در عین ایجاد مشوق‌های لازم جهت صرفه‌جویی در مصرف آب، تقاضا برای این ماده را نیز محدود می‌کنند. تخصیص حقوق آب و ایجاد امکان مبادله این حقوق نیز رویکردی اقتصادی جهت حل معضل کم‌آبی و در عین کاهش تأثیرات منفی احتمالی قیمت‌گذاری آب بر اقشار ضعیف است. به منظور تسهیل و ساماندهی روند اجرای رویکردهای بازارمحور، دولت باید قوانین و شرایط خاصی را ایجاد کند.

ثالثاً سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری پژوهش‌محور و داده‌محور در کنار ظرفیت‌سازی باید نقش مهمی در تلاش‌های دولت داشته باشند. طراحی و مدیریت نامناسب سیاست‌ها نه تنها به ائتلاف منابع محدود منجر می‌شود، بلکه تشدید مسائل و مشکلات مربوط به منابع آب را نیز در پی خواهد داشت. سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر تحقیقات علمی و داده‌های معتبر، شالوده مدیریت مؤثر منابع آب را تشکیل می‌دهند و می‌توانند عاملی در جهت طراحی مناسب سیاست‌ها باشند. در حال حاضر، سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری در سطح حوضه‌های آبریز که در آن‌ها فرایندهای بیوفیزیکی و آشناسختی مرتبط با منابع آب و متغیرهای اقتصادی-اجتماعی مربوط به مصرف این ماده لحاظ شده‌اند، یا به کلی وجود ندارند و یا آنکه به طور مناسبی رشد نیافته‌اند. ظرفیت انجام تحلیل‌های دقیق سیاستی همچنان پایین است. یک سامانه اطلاعاتی یکپارچه دارای استانداردهای کمی و کیفی جهت ثبت و ضبط داده‌های مربوط به کمیت و کیفیت آب هنوز به طور کامل شکل نگرفته است. عدم وجود ظرفیت لازم جهت انجام تحقیقات علمی مانعی بر سر راه شناخت مسائل و مشکلات محلی و طراحی سیاست‌های هدفمند به شمار می‌رود. چین با توجه به توسعه اقتصادی خیره‌کننده خود می‌تواند تحقیقات پیشرفته‌تری را با تکیه بر جدیدترین روش‌های علمی انجام دهد. این کشور از منابع مالی لازم برای سرمایه‌گذاری در زمینه انجام تحقیقات علمی و ایجاد و نگهداری سامانه‌های اطلاعاتی کامل برخوردار است. البته تحقق این هدف مستلزم وجود سازوکارهایی است که بتوانند به شکلی مؤثر و کارآمد اطلاعات حاصل از بررسی‌های علمی را به حوزه طراحی سیاست‌ها و مدیریت منابع آب منتقل کنند.