

نقش نمکزدایی در کاهش بحران کم‌آبی جهان

www.ketab.ir

ترجمه و تدوین:

دکتر شهاب بینائی

مهندس عماد بینائی

مهندس سیداحمد زارعی

عنوان و نام پدیدآور	نقش نمک‌زدایی در کاهش بحران کم آبی جهان/ نوشته گروه مدیریت جهانی آب
مشخصات نشر	مترجمان شهاب بینائی، عماد بینائی، سیداحمد زارعی.
مشخصات ظاهری	تهران: موسسه آموزشی تألیفی ارشدان، ۱۴۰۰.
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۰۸-۲۱۴۶-۵
وضعیت فهرست نویسی	۲۵۱ ص: جدول، نمودار.
یادداشت	فیفا
یادداشت	The role of desalination in an increasingly water-scarce world, 2019. عنوان اصلی:
موضوع	۲۵۱ - ۲۴۶. ص: کتابنامه:
	آب‌های شور -- نمک‌زدایی Saline water conversion
	آب - تصفیه Water -- Purification
	آب‌های شور-- ایران -- نمک‌زدایی Saline water conversion-- Iran
شناسه افزوده	بینائی، شهاب، ۱۳۳۷- مترجم
شناسه افزوده	بینائی، عماد، ۱۳۶۴- مترجم
شناسه افزوده	زارعی، سیداحمد، ۱۳۵۲- مترجم
شناسه افزوده	گروه بانک جهانی
شناسه افزوده	World Bank Group
رده بندی کنگره	TD۴۷۹
رده بندی دیویی	۱۴۷/۶۲۸
شماره کتابشناسی ملی	۶۲۷۱۹۰
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیفا

ارشدان

مؤسسه آموزشی تألیفی ارشدان

نام کتاب:	نقش نمک‌زدایی در کاهش بحران کم آبی جهان
ترجمه و تدوین:	شهاب بینائی - عماد بینائی - سیداحمد زارعی
ناشر:	آموزشی تألیفی ارشدان
ویرایش:	اول
نوبت چاپ:	اول ۱۴۰۰
حروفچینی و صفحه آرایی:	www.irantypist.com
طراح و گرافيست:	www.irantypist.com
شابک:	۹۷۸-۶۲۲-۰۸-۲۱۴۶-۵
شمارگان:	۱۰۰۰
مرکز خرید آنلاین:	www.arshadan.com
مرکز بخش و توزیع:	www.arshadan.net
قیمت:	۰۲۱۴۷۶۲۵۵۰۰
	۱۲۰۰۰۰ تومان

این کتاب با حمایت مادی و معنوی شرکت آب گستر خلیج فارس به چاپ رسیده است

به نام ایزد دانا که آغاز و انجام از آن اوست

هرگز دل من ز علم محروم نشد کم ماند ز اسرار که مفهوم نشد
اکنون که به چشم عقل در می‌نگرم معلوم شد که هیچ معلوم نشد

ای دانای بی‌همتا، ای بخشنده‌ای که ناخواسته عطا فرمایی و هر نیازمندی را به عدالت بی‌نیاز گردانی، مگر اینکه نالایق باشد و آن عنایت را به بازگونه از دست دهد. در عرصه پیشرفت تکنولوژی در هزاره سوم، هنوز نیاز بر مطالعه کتاب در کنار استفاده از منابع کامپیوتری و اینترنت احساس می‌شود. از این بابت خوشحالیم که می‌توانیم در جهت اعتلای علم، دانش و فرهنگ کشور قدمی هر چند کوچک برداریم.

و من الله التوفیق

دکتر شمس‌الدین یوسفیان

مدیر مسئول انتشارات ارشدان

درباره گروه مدیریت جهانی آب بانک جهانی

گروه مدیریت جهانی آب بانک جهانی در سال ۲۰۱۴ راه اندازی شد که بودجه، دانش و اجرا را در یک سیستم جمع می کند. با ترکیب دانش بانک جهانی و با سرمایه گذاری های هر کشور، این مدل برای راه حل های تحول آفرین توان بیشتری ایجاد می کند تا به رشد پایدار کشورها کمک کند.

برای تماس با این نهاد به آدرس اینترنتی www.worldbank.org/water مراجعه کنید.

درباره مشارکت امنیت و بهداشت آب جهانی (GWSP)

این نشریه از حمایت مشارکت امنیت و بهداشت آب جهانی (GWSP) برخوردار است. GWSP یک صندوق اعتماد چند منظوره است که توسط مدیریت جهانی آب بانک جهانی اداره می شود و توسط وزارت امور خارجه و تجارت استرالیا؛ بنیاد بیل و ملیندا گیتس؛ وزارت تجارت خارجی و همکاری توسعه هلند؛ وزارت امور خارجه نروژ؛ بنیاد راکفلر؛ آژانس همکاری بین المللی توسعه سوئد؛ دبیرخانه امور اقتصادی سوئیس؛ آژانس توسعه و همکاری سوئیس؛ کمک های ایرلند و دیارتمان توسعه بین المللی انگلستان پشتیبانی می شود.

برای تماس با GWSP به آدرس اینترنتی www.worldbank.org/gwsp مراجعه کنید.

این اثر محصولی از کارمندان بانک جهانی با مشارکت های خارج از بانک است. برای تماس با گروه بانک جهانی به آدرس اینترنتی www.worldbank.org مراجعه کنید.

فهرست

پیشگفتار مترجمان.....	۱۷
خلاصه مدیریتی.....	۲۳
فصل ۱: سرعت نگران کننده افزایش کمبود آب.....	۶۷
۱-۱ - چالش کمبود آب.....	۶۷
۱-۲ - رفع کمبود آب.....	۷۰
الزام به استفاده از گزینه‌های غیرمتعارف مانند استفاده مجدد از فاضلاب و آب زهکشی و استفاده از نمک‌زدایی، در برخی مناطق.....	۷۱
برنامه‌ریزی یکپارچه آب.....	۷۲
چرا این کتاب؟.....	۷۳
سازمان‌دهی این کتاب.....	۷۴
فصل ۲: نمک‌زدایی، گزینه‌ای مناسب برای پر کردن شکاف بین عرضه و تقاضای آب.....	۷۵
۲-۱ - شرح نمک‌زدایی.....	۷۵
۲-۲ - تاریخچه اولیه.....	۷۷
۲-۳ - نمک‌زدایی به عنوان گزینه‌ی تأمین آب.....	۷۸
۲-۴ - نمک‌زدایی به عنوان مدیریت ریسک.....	۷۹
۲-۵ - افزایش علاقه به نمک‌زدایی.....	۸۰
فصل ۳: روش‌های نمک‌زدایی و ویژگی‌های آن‌ها.....	۸۷
۳-۱ - نمک‌زدایی حرارتی.....	۸۸
۳-۱-۱ - فناوری تبخیر ناگهانی چندمرحله‌ای.....	۸۹
۳-۱-۲ - فناوری تقطیر چندمرحله‌ای.....	۹۰
۳-۱-۳ - فناوری تقطیر چندمرحله‌ای با فشرده سازی بخار حرارتی.....	۹۱

- ۹۲.....۴-۱-۳- فناوری فشرده سازی بخار.....
- ۹۳.....۲-۳- فناوری نمک زدایی غشایی.....
- ۹۴.....۱-۲-۳- فناوری الکترو دیالیز.....
- ۹۸.....۲-۲-۳- فناوری اسمز معکوس.....
- ۱۰۰.....۳-۳- هیبریدها.....
- ۱۰۱.....۴-۳- الگوهای رشد فناوری های نمک زدایی رایج.....

فصل ۴: هزینه نمک زدایی ۱۰۳

- ۱۰۴.....۱-۴- هزینه های پروژه های نمک زدایی تبخیر ناگهانی چند مرحله ای.....
- ۱۰۷.....۲-۴- هزینه های پروژه های نمک زدایی تقطیر چند مرحله ای.....
- ۱۱۰.....۳-۴- هزینه های پروژه های نمک زدایی اسمز معکوس آب دریا.....
- ۱۱۷.....۴-۴- هزینه های پروژه های نمک زدایی هیبریدی.....
- ۱۲۳.....۵-۴- هزینه های ساخت کارخانه های نمک زدایی آب لب شور.....

فصل ۵: عوامل کلیدی مؤثر در هزینه آب نمک زدایی شده ۱۲۵

- ۱۲۵.....۱-۵- تجزیه و تحلیل تفاوت های هزینه بین فناوری ها.....
- ۱۳۰.....۲-۵- تأثیر مکان بر هزینه ها.....
- ۱۳۴.....۴-۵- کیفیت آب خام.....
- ۱۴۱.....۵-۵- کیفیت مورد نظر آب تولیدی.....
- ۱۴۶.....۶-۵- سیستم های معدنی سازی مجدد آب نمک زدایی شده.....
- ۱۴۷.....۷-۵- تأثیرات محیط زیستی و اثر نظارت.....
- ۱۵۶.....۸-۵- استفاده از انرژی در نمک زدایی و اولین گام ها برای استفاده از انرژی های تجدید پذیر.....
- ۱۵۹.....۹-۵- سایر عوامل مؤثر بر هزینه های نمک زدایی.....
- ۱۶۱.....۱۰-۵- سایر عوامل مؤثر بر انتخاب فناوری های نمک زدایی و مقایسه هزینه ها.....
- ۱۶۱.....مزایای اصلی اسمز معکوس آب گریه.....

فصل ۶: توسعه احتمالی فناوری ها و هزینه ها ۱۷۱

- ۱۷۱.....۱-۶- فرصت های جدید برای صرفه جویی در هزینه نمک زدایی.....

- ۶-۲- زمینه ۱۷۲
- ۶-۳- پیشرفت‌های آینده برای فناوری‌های موجود ۱۷۳
- ۶-۴- پیشرفت‌های نوظهور فناوری با پتانسیل کاهش هزینه‌ها ۱۷۶
- ۶-۵- غشاهای با ساختار نانو ۱۷۷
- ۶-۶- نانولوله‌های کربنی ۱۷۸
- ۶-۷- اسمز روبه‌جلو ۱۷۸
- ۶-۸- تقطیر غشایی ۱۷۹
- ۶-۹- تبخیر شبنم ۱۷۹
- ۶-۱۰- نمک‌زدایی جذب ۱۸۰
- ۶-۱۱- نمک‌زدایی الکتروشیمیایی ۱۸۱
- ۶-۱۲- یون‌زدایی خازنی ۱۸۱
- ۶-۱۳- غشای بیومیمتیک با ساختار آکواپورین ۱۸۲
- ۶-۱۴- تأثیر بالقوه توسعه فناوری بر هزینه‌ها ۱۸۳
- ۶-۱۵- انرژی تجدید پذیر برای نمک‌زدایی ۱۸۴

فصل ۷: تأمین مالی و تحویل پروژه نمک‌زدایی و تأثیرات آن‌ها بر هزینه ۱۹۳

- ۷-۱- روش‌های قراردادی و تخصیص ریسک ۱۹۳
- ۷-۲- تأمین مالی پروژه‌های نمک‌زدایی ۲۰۴
- ۷-۳- به کار بردن بسته‌های مالی پروژه نمک‌زدایی و آموختن از تجربه خاورمیانه ۲۰۸

فصل ۸: انتخاب نمک‌زدایی ۲۱۱

- ۸-۱- ارزیابی میزان عرضه و تقاضای آب در مقیاس حوضه در بلندمدت ۲۱۲
- ۸-۲- تعیین منطقه و افق برنامه‌ریزی ۲۱۳
- ۸-۳- تدوین سناریوها بر اساس گزینه‌ها و روندهای توسعه بلندمدت ۲۱۴
- ۸-۴- ارزیابی پیامدهای مربوط به آب در هر سناریو ۲۱۷
- ۸-۵- ارزیابی سناریوها به صورت تکراری و تصمیم‌گیری ۲۱۸
- ۸-۶- کوچک کردن تجزیه و تحلیل حوضه در سطح محلی ۲۲۳

۷-۸- ارزیابی اینکه آیا شرایط فیزیکی، اقتصادی و سازمانی وجود دارد تا نمک‌زدایی را به	گزینه اول تبدیل کند.....	۲۲۸
۸-۸- امکان‌سنجی و غربالگری ریسک برای گزینه‌های نمک‌زدایی.....		۲۲۹
۹-۸- انتخاب مناسب‌ترین فناوری.....		۲۲۹
۱۰-۸- ارزیابی و اندازه‌گیری ریسک‌ها و کاهش آن‌ها.....		۲۳۰
۱۱-۸- ارزیابی اقتصاد سیاسی خارجی و داخلی.....		۲۳۰
۱۲-۸- ارزیابی سیاست و چارچوب سازمانی برای انتخاب، تأمین مالی، تحویل پروژه و	بهره‌برداری.....	۲۳۲
۱۳-۸- تصمیم‌ها.....		۲۳۷

پیوست A.....	۲۴۱
--------------	-----

پیشگفتار مترجمان

منابع آب تجدیدشونده ایران در حدود ۱۱۰ تا ۱۳۰ میلیارد مترمکعب در سال برآورد شده است. با در نظر گرفتن جمعیت حدود ۸۰ میلیون نفر، میزان سرانه آب تجدید پذیر کشور کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب در سال است. در تحلیل اقلیم کم‌آبی ایران، دو نکته برجسته می‌نماید، نخست آن‌که میانگین بارش از یک‌سوم متوسط بارش جهانی کمتر است و دیگر آن‌که توزیع نامتعادل بارش‌ها در پهنه کشور، افزون بر آن‌که اقلیم‌های متفاوتی را پدید آورده، کمبود منابع آب در برخی مناطق را نیز تشدید کرده است. به این ترتیب با مقایسه سرانه آب در ایران، با هر یک از شاخص‌های پذیرفته‌شده بین‌المللی، کشور ما در شرایط تنش آبی و کم‌آبی قرار دارد.

برای رفع تقاضای رو به رشد و جلوگیری از آسیب به آبخوان‌ها، مدیران تصمیم گیر بخش آب باید به‌طور فزاینده‌ای از فن‌آوری‌های غیرمتعارف استفاده کنند. بحران آب یکی از تهدیدات اصلی بشر است، این مسئله در مناطق خشک و بسیار خشک جهان بسیار مهم است، زیرا کمبود آب واقعیت دارد. در مناطق با تنش کم‌آبی، اطمینان از دسترسی به آب باکیفیت خوب، برای کل جمعیت یک وظیفه نسبتاً پیچیده است.

آب دریا بزرگ‌ترین منبع غیرمتعارف آب در زمین است که توانایی پاسخگویی به نیازهای واقعی آب، در سراسر جهان را دارد. در این زمینه، فناوری نمک‌زدایی آب دریا، نقش مهمی در تأمین آب آشامیدنی باکیفیت، در مناطق پرتنش آبی دارد. کارخانه‌های نمک‌زدایی در ایران و سایر کشورهای حاشیه خلیج فارس، الجزایر، شیلی، استرالیا، ایالات متحده آمریکا، سنگاپور، چین و ... گسترش دارد. با توجه به اهمیت آب دریا به عنوان یک منبع آب خام، فناوری‌های نمک‌زدایی، نقش مهمی در کاهش کمبود آب دارد. فناوری نمک‌زدایی دریایی در سال ۱۹۵۰ به منطقه خلیج فارس معرفی شد و از آن زمان، قابل اطمینان‌ترین جایگزین برای تأمین آب شیرین، باقی مانده است.

آب دریا از تغییرات اقلیمی مستقل است و سرمایه‌گذاری و انرژی مورد نیاز، تنها محدودیت برای تولید آب شیرین با فناوری نمک‌زدایی است؛ بنابراین تغییرات اخیر اقلیمی، همراه با رشد جمعیت و دسترسی محدود به منابع آب زیرزمینی، گسترش فناوری نمک‌زدایی را تشدید کرده است. علاوه بر این، تقریباً سه میلیارد نفر یعنی حدود نیمی از جمعیت جهان، در محدوده

۲۰۰ کیلومتری از خط ساحلی زندگی می‌کنند، بنابراین آب دریا یک منبع قابل دسترس است. روند اخیر شامل ساختن ظرفیت‌های بزرگ نمک‌زدایی آب دریا است و این امر به‌طور قابل توجهی به تأمین آب شیرین برای شهرهای ساحلی، در سراسر جهان کمک کرده است.

برای بسیاری از کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا، نمک‌زدایی عملاً تنها منبع تأمین آب است. در حال حاضر فناوری‌های زیادی برای نمک‌زدایی وجود دارد (به‌عنوان مثال، اسمز معکوس، تبخیر ناگهانی چندمرحله‌ای، تقطیر چندمرحله‌ای و غیره) که می‌تواند برای تأمین نیاز آبی از آب دریا استفاده شود. با این حال، این فناوری‌ها از لحاظ هزینه سرمایه‌گذاری، مصرف انرژی، بازیابی و تأثیر محیط‌زیستی باهم تفاوت دارند.

در نهایت باید متوجه شد که یکی از راه‌حل‌های مناسب تأمین آب، نمک‌زدایی است. فقط با یک رویکرد هم‌افزایی شامل نمک‌زدایی، مدیریت آب، کاهش مصرف و استفاده مجدد از آب، می‌توان به‌طور مؤثر چالش تقاضای آب در آینده حل نمود.

این کتاب تلاشی است برای به اشتراک گذاشتن درس‌های نمک‌زدایی از تجربه جهانی برای سیاست‌گذارانی که آن را به‌عنوان گزینه تأمین آب در نظر می‌گیرند. این کتاب در ۸ فصل، برای کمک به سیاست‌گذاران جهت دوک‌جوانب مثبت و منفی نمک‌زدایی و راهنمایی برای انتخاب این فناوری، به رشته تحریر درآمده است. این کتاب بر روی پاسخ دادن به سؤالاتی که سیاست‌گذاران با آن دست‌وپنجه نرم می‌کنند تمرکز می‌کند، مانند چه زمانی بایستی نمک‌زدایی را به‌عنوان یک راه‌حل جایگزین برای رفع شکاف تأمین و تقاضای آب انتخاب شود؟ چه عواملی در انتخاب صحیح فناوری نمک‌زدایی و محاسبه‌ی اندازه‌ی کارخانه‌ی نمک‌زدایی، بایستی در نظر گرفت؟ چه عواملی در تأمین منابع مالی، گزینه‌های تحویل پروژه و ملاحظات محیط زیستی تأثیرگذار هستند؟ آیا اجرای پروژه‌های نمک‌زدایی مقرون به‌صرفه است؟

از نکات قوت این کتاب این است که توسط خبرگان بخش آب در جهان که در قسمت اعضای تیم پدیدآورنده اثر، از آن‌ها نام‌برده شده است، برای تصمیم‌گیران بخش آب کشورها، تهیه شده است. یکی از ویژگی‌های کتاب این است که برای مدیرانی که فرصت کافی برای مطالعه کامل کتاب ندارند، در ابتدای کتاب، خلاصه مدیریتی از کل کتاب، آورده شده است. از دیگر ویژگی‌های این کتاب، دسترسی آسان به منابع کتاب است که در زیر هر باکس، شکل و جدول، مشخص و دسترسی به منابع، جهت خوانندگان علاقه‌مند به مطالعه‌ی عمیق‌تر،

تسهیل می‌کند. مترجمان در مواردی جهت فهم بهتر مطلب، توضیحاتی به مطالب اصلی کتاب اضافه کرده‌اند که با زمینه رنگ تیره نشان داده شده است.

از سرپرست حقوقی انتشارات و حق چاپ بانک جهانی، خانم مایا روزینا^۱ به خاطر موافقت برای ترجمه این اثر بسیار سپاسگزاریم. این ترجمه با مجوز انتشارات بانک جهانی انجام شده اما ترجمه توسط بانک جهانی انجام نشده است و نباید آن را ترجمه رسمی بانک جهانی دانست. بانک جهانی هیچ گونه مسئولیتی در قبال هرگونه خطا در این ترجمه را نخواهد داشت.

مترجمان امیدوارند که این کتاب گامی هرچند کوچک در راستای کمک به تصمیم‌گیران بخش عمومی و خصوصی حوزه آب کشور در زمینه نمک‌زدایی باشد. در هر حال مترجمان خود را مسئول بروز هرگونه خطا و اشتباه در ترجمه کتاب می‌دانند و از نظرت سازنده خوانندگان استقبال نموده و بازخورد آن را در ویرایش‌های بعدی اعمال خواهند نمود.

دکتر شهاب بینائی، ایمیل:

shahab.binaee@ut.ac.ir

مهندس عماد بینائی

مهندس سید احمد زارعی

^۱ Mayya Revzina