

اصول مهندسی آب: از منبع تا مصرف

قسمت اول:

منابع و کیفیت آب، مکانیک سیالات و هیدرولیک

تالیف و ترجمه:

دکتر محسن سعدانی (عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)

دکترفهیمه تیموری (عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد)

دکتر محمد حسن احرامپوش (عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد)

دکتر افشین ابراهیمی (عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان)

مهندس مهدی گل‌بینی مفرد (کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان)



انتشارات آوای قلم

عنوان و نام پدیدآور	: اصول مهندسی آب: از منبع تا مصرف/ تالیف و ترجمه محسن سعدانی...[ودیگران]
مشخصات نشر	: تهران: آوای قلم، ۱۳۹۹. مشخصات ظاهری: ۲۰۰ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۷۶۵۲-۰۰-۰ وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت	: تالیف و ترجمه محسن سعدانی، فهیمه تیموری، محمدحسن احرامپوش، افشین ابراهیمی، مهدی گل‌بینی مفرد.
یادداشت	: کتابنامه. موضوع: آب -- مهندسی
موضوع	: Hydraulic engineering
موضوع	: آب، منابع -- مهندسی
موضوع	: Water-supply engineering
موضوع	: آب -- مصرف
موضوع	: Water consumption
شناسه افزوده	: سعدانی، محسن، ۱۳۶۱-
رده بندی کنگره	: TC۱۴۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۵۴۹۷۸۰

نام کتاب:

اصول مهندسی آب: از منبع تا مصرف

قسمت اول: منابع و کیفیت آب، مکانیک سیالات و هیدرولیک

تالیف و ترجمه:	دکتر محسن سعدانی	**تاریخ نشر:**	۱۳۹۹
	دکتر فهیمه تیموری- دکتر محمدحسن احرامپوش	**نوبت چاپ:**	اول
	دکتر افشین ابراهیمی- مهندس مهدی گل‌بینی مفرد	**شمارگان:**	۲۰۰ جلد
ناشر:	انتشارات آوای قلم	**قیمت:**	۵۶۰۰۰ تومان
صفحه آرایی	انتشارات خانیران	**شابک:**	۹۷۸-۶۲۲-۷۶۵۲-۰۰-۰
طراحی روی جلد:	انتشارات آوای قلم(مهران خانی)		

آدرس: تهران ـ میدان انقلاب ـ خیابان کارگر شمالی ـ ابتدای خیابان نصرت ـ کوچه باغ نو ـ کوچه داوود آبادی شرقی ـ پلاک ۴- زنگ دوم

شماره تماس: ۶۶۵۹۱۵۰۴ **تلفکس:** ۶۶۵۹۱۵۰۵

فروشگاه کتاب چاپی و الکترونیکی: www.avapublisher.com

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع و شرعاً حرام است.
متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

فهرست اجمالی قسمت اول و دوم

قسمت اول

فصل اول: منابع آب

فصل دوم: کیفیت آب

فصل سوم: مکانیک سیالات

قسمت دوم

فصل اول: پمپ و پمپاژ

فصل دوم: انتقال آب

فصل سوم: توزیع آب

فصل چهارم: آبرسانی ساختمان‌ها

فصل پنجم: نیاز آبی و کمیت آب مورد نیاز

فهرست مطالب قسمت اول

عنوان **صفحه**

مقدمه ناشر ۱۰
پیشگفتار ۱۱

فصل اول: منابع آب

۱ مقدار آب در کره زمین ۱۴
۱-۱ مسائل آب در ایران ۱۵
۱-۲ چرخه آب ۱۷
۱-۳ طبقه‌بندی منابع آب ۱۸
۱-۴ اولویت‌بندی منابع آب ۱۹
۱-۵ بهسازی منابع آب ۲۰
۱-۶ مفهوم آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی ۲۱
رفرنس‌های فصل ۳۵

فصل دوم: کیفیت آب

۲ مقدمه ۳۸
۲-۱ اجزاء کیفیت آب ۳۹
رفرنس‌های فصل ۵۳

فصل سوم: مکانیک سیالات

۳ مقدمه ۵۶
۳-۱ خواص سیال ۵۶
۳-۲ تقسیم‌بندی سیالات ۶۶
۳-۳ نقش عدد رینولدز در جریان‌های آرام و متلاطم ۷۳
۳-۴ نیروی کشش سطحی در مایعات ۷۵
۳-۵ استاتیک سیالات ۷۹
۳-۶ دینامیک سیالات ۱۰۵
۳-۷ نیروهای هیدرواستاتیکی و فشار سیالات بر سطوح ۱۱۹
۳-۸ تعادل نسبی مایعات ۱۳۶

۳-۹ شناوری و پایداری اجسام مستغرق ۱۵۰
۳-۹ جریان سیالات؛ اصول، مفاهیم و مبانی ۱۵۸
۳-۱۰ حرکت مایعات از دریچه‌ها، سرریزها، کانال‌ها و مجاری رو باز ۱۶۴
۳-۱۱ سازه‌های تنظیم و اندازه‌گیری جریان آزاد ۱۷۱
۳-۱۲ جریان مایعات در کانال‌های روباز ۱۸۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ وزن‌های داده شده برای پارامترهای دراستیک ۲۹
جدول ۱-۲ آفت‌کش‌های مورد استفاده در اروپا در مقادیر بیش از ۵۰ تا ۵۰۰ تن در سال... ..... ۳۱
جدول ۲-۱ اجزاء بیولوژیکی موجود در آب ۴۰
جدول ۳-۱ ابعاد یا دیمانسیون‌های اصلی ۶۱
جدول ۳-۲ واحدها و دیمانسیونهای فرعی یا ثانویه ۶۲
جدول ۳-۳ ممان اینرسی سطوح ساده حول محورهای مرکزی ۱۲۳
جدول ۳-۴ طبقه‌بندی پرش هیدرولیکی به‌عنوان وسیلهٔ اتلاف انرژی ۱۹۶

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ چرخه‌ی آب یا هیدرولوژی در طبیعت ۱۸
شکل ۱-۲ مدل منبع - مسیر حرکت - هدف برای آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی ۲۳
شکل ۳-۱ نیمرخ سرعت‌ها در مورد حرکت سیال لزج ۶۳
شکل ۳-۲ تغییرات τ نسبت به dv/dy در مورد سیالات نیوتنی ۶۷
شکل ۳-۳ تغییرات τ نسبت به dv/dy در مورد سیالات غیر نیوتنی ۶۷
شکل ۳-۴ تغییرات ضریب گرانروی نسبت به dv/dy در مورد سیالات غیر نیوتنی ۶۸
شکل ۳-۵ تغییرات τ نسبت به تغییرات dv/dy در مورد سیالات مختلف ۶۹
شکل ۳-۶ نمایی طولی از گرادیان سرعت و رفتار یک سیال حقیقی در حال جریان در ۶۹
شکل ۳-۷ تأثیر تنش برشی بر حرکت سیال (تشکیل گرادیان سرعت به زمان(du/dt). ۷۰
شکل ۳-۸ تأثیر دما بر ویسکوزیته یا گرانروی سیالات. ۷۱
شکل ۳-۹ تأثیر دما بر ویسکوزیته در مایعات و گازها ۷۲
شکل ۳-۱۰ صعود مایع در لولهٔ مویین و تقابل نیروی کشش سطحی با نیروی وزن سیال ۷۷
شکل ۳-۱۱ صعود و نزول مویینگی در لوله‌های شیشه‌ای ۷۷
شکل ۳-۱۲ جسم آزاد سیال ۸۰
شکل ۳-۱۳ چگونگی تأثیر فشار در امتدادهای مختلف ۸۳
شکل ۳-۱۴ تعیین فشار در داخل مایعات ۸۳
شکل ۳-۱۵ منحنی تغییرات فشار هیدرواستاتیک ۸۴
شکل ۳-۱۶ منحنی تغییرات فشار هیدرواستاتیک چند سیال مختلف ۸۵
شکل ۳-۱۷ آزمایش توریچلی و فشار اتمسفر (یا هوا) ۸۶
شکل ۳-۱۸ رابطهٔ بین فشارهای مطلق و نسبی (احاد و مقیاس‌های اندازه‌گیری فشار) ۸۶
شکل ۳-۱۹ دو نقطهٔ هم تراز و هم فشار ۹۲
شکل ۳-۲۰ قانون ظروف مرتبطه ۹۳
شکل ۳-۲۱ ارتفاع دو مایع متفاوت در دو شاخهٔ یک لولهٔ U شکل ۹۳
شکل ۳-۲۲ فشار دو مایع متفاوت در دو شاخهٔ لولهٔ U شکل ۹۴
شکل ۳-۲۳ پیزومتر ۹۵
شکل ۳-۲۴ مانومتر ساده ۹۶
شکل ۳-۲۵ مانومتر دیفرانسیلی یا تفاضلی ۹۷
شکل ۳-۲۶ مانومتر شیب‌دار ۹۷

شکل ۳-۲۷ میکرو مانومتر ۹۷
شکل ۳-۲۸ کاربرد مانومتر در مواردی که با فشار مثبت سروکار داریم ۹۸
شکل ۳-۲۹ کاربرد مانومتر در مواردی که با فشار منفی سروکار داریم ۹۸
شکل ۳-۳۰ بیان ترسیمی از رابطهٔ برنولی برای سیالات ایده‌آل..... ۱۰۷
شکل ۳-۳۱ بیان ترسیمی از رابطهٔ برنولی برای سیالات حقیقی..... ۱۰۹
شکل ۳-۳۲ حرکت مایع از دریچهٔ لبه تیز ۱۱۱
شکل ۳-۳۳ لولهٔ پیتو..... ۱۱۲
شکل ۳-۳۴ ونتوری ۱۱۲
شکل ۳-۳۵ تخلیهٔ آب از یک مخزن ۱۱۳
شکل ۳-۳۶ محل اثر برآیند نیروهای فشاری و فشار وارده از طرف مایع بر سطح یا صفحهٔ افقی .. ۱۲۰
شکل ۳-۳۷ برآیند نیروهای فشاری و فشار وارده از طرف مایع بر سطح قائم..... ۱۲۱
شکل ۳-۳۸ مرکز فشار و مرکز ثقل در یک صفحه یا سطح قائم غوطهور در یک مایع ۱۲۱
شکل ۳-۳۹ منشور فشار برای صفحه یا سطح مایل غوطه‌ور در مایع ۱۲۲
شکل ۳-۴۰ مرکز فشار (D) و مرکز ثقل صفحه یا سطح (G) برای سطوح مایل..... ۱۲۲
شکل ۳-۴۱ مرکز فشار بر روی یک صفحهٔ مستطیلی قائم مستغرق در مایع..... ۱۳۱
شکل ۳-۴۲ منشور فشار برای دو سیال با جرم مخصوص متفاوت درون یک ظرف ۱۳۲
شکل ۳-۴۳ دیاگرام فشار و برآیند نیروهای وارده برای چند سیال مختلف درون یک ظرف..... ۱۳۲
شکل ۳-۴۴ توزیع فشار (ب) و منشور فشار (ج) برای یک سطح مستطیلی مایل و مستغرق (الف). ۱۳۲
شکل ۳-۴۵ مولفه‌های نیروی وارده بر یک سطح منحنی مستغرغ در یک سیال ساکن ۱۳۳
شکل ۳-۴۶ مولفهٔ افقی نیروی هیدرواستاتیک وارده بر یک سطح منحنی مستغرق در ۱۳۴
شکل ۳-۴۷ مولفهٔ افقی نیروی هیدرواستاتیک وارده بر یک سطح منحنی مستغرق در ۱۳۴
شکل ۳-۴۸ حرکت مستقیم افق با شتاب مثبت ۱۳۷
شکل ۳-۴۹ دیاگرام فشار..... ۱۳۷
شکل ۳-۵۰ حجم بیرون ریخته شده از مایع، پس از حرکت ظرف..... ۱۳۸
شکل ۳-۵۱ وضعیت فشار در یک ظرف حاوی مایع با حرکت مستقیم و با شتاب ثابت ۱۴۲
شکل ۳-۵۲ ظرف قائم با حرکت دورانی ۱۴۵
شکل ۳-۵۳ ظرف افقی با حرکت دورانی..... ۱۴۵
شکل ۳-۵۴ ظرف سر بسته و پر از مایع با حرکت دورانی ۱۴۶
شکل ۳-۵۵ جسمی به وزن W قرار گرفته در یک سیال ۱۵۰
شکل ۳-۵۶ الف) پایدار: مرکز ثقل پایین‌تر از مرکز شناوری قرار دارد. ۱۵۱
شکل ۳-۵۷ جسم قرار گرفته در سیال در سه حالت..... ۱۵۲

شکل ۳-۵۸ جریان سیال در یک لوله با سطوح مقطع متفاوت ۱۶۲
شکل ۳-۵۹ دریچهٔ مستطیلی شکل در حالت‌های مختلف ۱۶۶
شکل ۳-۶۰ خروج مایع از دریچه با ارتفاع متغیر ۱۶۷
شکل ۳- ۶۱- تخلیه مخزن بسته ۱۶۸
شکل ۳-۶۱ دریچهٔ جریان‌سنج در داخل لوله ۱۷۰
شکل ۳-۶۲ شرایط بهره‌برداری برای سرریزهای ورقه نازک یا لبه تیز ۱۷۲
شکل ۳-۶۳ شکل ناپ در صورت عدم انقباض ۱۷۲
شکل ۳-۶۴ ناپ: به‌طور کامل مستغرق (الف)، به‌طور جزئی مستغرق (ب) ۱۷۳
شکل ۳-۶۵ سرریز لبه تیز (ورقه نازک) ۱۷۴
شکل ۳-۶۶ سرریزهای مستطیلی ۱۷۴
شکل ۳-۶۷ سرریز مثلثی و دبی عبوری از آن ۱۷۶
شکل ۳-۶۸ سرریز لبه پهن ۱۷۷
شکل ۳-۶۹ سرریز ذوزنقه‌ای ۱۷۸
شکل ۳-۷۰ پرش هیدرولیکی: (الف) در کانال خروجی یک سد، (ب) شماتیک نیمرخ شکل (الف). ۱۹۴

تقدیم به

انسانهایی که

به فردایی بهتر

می اندیشند.

مقدمه ناشر

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید، قدرتی که در مقایسه با سایر موجودات باعث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نکند. مکاتب الهی، انسان را موجودی کمال‌طلب و پویا می‌دانند که جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد. از جمله راه‌های تقرب به خداوند علم است، علمی که زیبایی عقل است. علمی که در دریای بیکران آن هر ذره نشانی از آفریدگار است و هر چه علم انسان افزون گردد، تقربش بیشتر می‌شود. از این روست که به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی توجهی بی‌نظیر مبذول گردیده است. اما علم‌آموزی به ابزاری نیاز دارد که مهمترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان پاسخگوی این نیاز خواهد بود. جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارتقای پایه‌های علم و دانش و رشد و شکوفایی استعدادها انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های معنوی هموطنان گرامی بتوانیم گامهای مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گرچه تلاش خواهد شد در حد دانش و تجربه اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد، ولی اذعان داریم که راهنماییهای شما عزیزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد لذا همیشه منتظر پیشنهادات و راهنمایی‌های شما خواهیم بود.

در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفکری و همکاری آنها برخوردار بوده‌ام به خصوص آقایان دکتر محسن سعدانی، دکتر محمدحسن احرامپوش، دکتر افشین ابراهیمی و مهندس مهدی گل‌بینی و خانم دکتر فهیمه تیموری (تالیف و ترجمه) و مهندس علی‌محمد خانی (مدیر فروش) سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزونشان را آرزومندم.

مهدی خانی

مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

پیشگفتار

انسان و دیگر موجودات زنـده بدون آب قـادر به ادامه حیات نیستند و چه نیکو گفته شده است که:

و من الماء کل شیء حی

آب مهمترین ماده حیات و آبادانی است. این ماده سرآغاز حیات و جزء اصـلی تمـام موجـودات زنده است. در تمدن بشری آب اهمیت ویژه‌ای دارد. در ایران باستان آب را یکی از چهار رکـن اســاسی (آب، خاک، باد، آتش) می‌دانستنـد و در قرآن کریـم۵۶ آیه در مورد پیدایش و اهمیـت آب و وابسـتگی حیات به این ماده ارزشمند آورده شده است. تا بیست سال پیش مهمترین سرمایه ملی کشورها انـرژی بود، اما در آینده‌ای نه چندان دور آب را با نفت معاوضه خواهنـد کرد. برای آنکه ایـن تفکـر از آینـده، زیاد دور از ذهن نباشد، کافـی است که بـه ایـن نکتـه توجـه کنیـم کـه بـرای انـرژی، بـه جـز نفـت جایگزین‌های نه چندان ارزان‌تر در دسترس بشر است. اما جایگزینی برای آب فعلا وجود ندارد و امروزه تاکیـد بر صرفه‌جویی و استفـاده بهینه و بازیابی منابع آبی است. اگر کسی از فضا به زمین نگاه کند، آن را یک سیاره آبی رنگ و پر از آب خواهد دید.

تصفیه آب برای مصرف بشر دارای سـابقه‌ای بسـیار طـولانی و قـدیمی اسـت. بیکـر Baker بـه منابعی اشاره می‌کند که بر طبق آن، تاریخ تصفیه آب به دو هزار سال پیش از مـیلاد مـی‌رسـد. اسـناد پزشکی زمان‌های قدیم بیان‌گر آن است که بین پاکیزگی آب و سـلامتی بشـر ارتبـاطی مشـاهده شـده است. بقراط که پدر پزشکی جدید شمرده می‌شود می‌گوید: هر کس که می‌خواهد به نحوی شایسته در پزشکی به بررسی و تحقیق بپردازد، باید آب مورد مصرف ساکنین یک ناحیه را مورد توجـه قـرار دهـد، زیرا آب در سلامت انسان‌ها بسیار نقش دارد. فهم مبانی علمـی در زمینـه منـابع آب و نحـوه تـامین و تصفیه آب سبب بهتر شدن فرایندها و توسعه جامع‌تر وسائل و افزایش کل راندمان راهبردی تصفیه آب گردیده است.

مجموعه حاضر مطابق با آخرین سرفصل‌های آموزشی رشته‌های دانشـگاهی بـه‌ویـژه مهندسـی بهداشت محیط و محیط زیست تهیه و تنظیم شده است. در این زمینه کمتر کتب جامعی از نقطه مبدا (انتخاب منبع) تا نقطه مصرف می‌توان یافت نمود. همچنین مباحث مربوط به توزیـع آب در سـاختمان به‌ندرت در کتاب‌های علمی مورد بحث قرار گرفته است. لذا هدف از تهیه و گردآوری کتاب حاضـر ایـن است که این مجموعه حاوی منابع سودمندی است که افرادی که مایلند موضوعات را عمیق‌تـر مطالعـه کنند نیز می‌توانند به این منابع رجوع کنند. همچنین همه مطالـب بـه‌صـورت خلاصـه نوشـته شـده و علیرغم سخت بودن مطالب، به سادگی و به‌صورت پیوسته توضیح داده شده است.

در کتاب پیش رو به ارائه مهم‌ترین موضوعات مرتبط بـا آب (انتخـاب منبـع تـا نحـوه انتقـال و مصرف آب سالم) پرداخته شده است. قسمت اول که شامل موضوعاتی در زمینه انتخاب منبع آب، نحوه تأمین، مکانیک سیالات و هیدولیک، و پمپ و پمپاژ مطالب ارائه شده است.

جلد دوم نیز شامل بخش‌های انتقال و توزیع آب، آبرسانی، و نیاز آبی مصرف‌کننده مـورد بحـث قرار گرفته است. در پایان لازم است از افرادی که در ترجمه و چاپ کتـاب بـه نحـوی یـاری رسـاندند، تشکر شود.

گروه تالیف و ترجمه