اصول مهندسی رسوب و رودخانه

نویسندگان:

دکتر محمدرضا مجدزاده طباطبائی
(عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی)

دکتر محمدحسین نیک سخن
(عضو هیات علمی دانشگاه تهران)

انتشارات آوای قلم

سرشناسه	: مجدزاده‌طباطبایی، محمدرضا، ۱۳۴۲ -
عنوان و نام پدیدآور	: اصول مهندسی رسوب و رودخانه/نویسندگان محمدرضا مجدزاده‌طباطبایی ، محمدحسین نیک‌سخن.
مشخصات نشر	: تهران: آوای قلم، ۱۴۰۳. مشخصات ظاهری: ۳۳۴ص.
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا شابک: ۴-۱۶-۸۲۶۱-۶۲۲-۹۷۸
یادداشت	: کتابنامه: ص.۳۳۲ - ۳۳۴.
موضوع	: رسوب – انتقال Sediment transport مهندسی رودخانه River engineering رسوب‌های رودخانه‌ای River sediments
شناسه افزوده	: نیک‌سخن، محمدحسین، ۱۳۵۸-
رده بندی کنگره	: ۲/TC۱۷۵
رده بندی دیویی	: ۱۲۲/۶۲۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۶۸۹۴۰۵

اصول مهندسی رسوب و رودخانه

نویسنده:	دکتر محمدرضا مجدزاده طباطبائی دکتر محمدحسین نیک سخن	**تاریخ نشر:**	تابستان ۱۴۰۳
ناشر:	انتشارات آوای قلم	**شمارگان:**	۱۰۰ جلد
طراحی جلد:	انتشارات آوای قلم(مهران خانی)	**شابک:**	۹۷۸-۶۲۲-۸۲۶۱-۱۶-۴
صفحه‌آرایی:	فاطمه دشتی رحمت‌آبادی	**قیمت:**	۳۵۰۰۰۰ تومان

با اسکن QRc روبرو به اخرین فهرست کتب انتشارات دسترسی داشته باشید

شماره تماس: ۶۶۵۹۱۵۰۴-۶۶۵۹۱۵۰۵ **همراه:** ۰۹۲۱۲۰۵۷۷۵۱

فروشگاه کتاب چاپی و الکترونیکی:

www.avapublisher.com

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.

متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: زبری در آبراهه‌هایی با بستر ثابت ۲۳

۱-۱- مقدمه ۲۴

۱-۲- جریان یکنواخت در لوله‌های دایره‌ای ۲۴

۱-۳- جریان یکنواخت در کانال‌های با مقطع عرضی معین ۲۵

۱-۳-۱- جریان‌های ثانویه ۳۱

۱-۳-۲- جریان با استغراق کم ۳۱

۱-۴- مقاومت مربوط به پوشش گیاهی ۳۶

۱-۴-۱- کانال‌های دارای پوشش گیاهی انعطاف‌پذیر کاملاً مستغرق ۳۷

۱-۴-۲- کانال‌های دارای پوشش گیاهی غیرمستغرق ۴۱

۱-۵- کانال‌های مرکب ۴۵

۱-۶- کانال‌هایی با زبری دیواره مرکب ۴۷

۱-۶-۱- تنش برشی هر بخش از پیرامون مرطوب ۵۱

۱-۶-۲- محدودیت‌های معیار اینشتین - هورتن ۵۲

مراجع ۵۷

فصل دوم: انتقال رسوب ۵۹

۲-۱- مقدمه ۶۰

۲-۲- مشخصات ذرات جامد ۶۱

۲-۲-۱- چگالی رسوبات ۶۱

۲-۲-۲- طبقه‌بندی هندسی ۶۲

۲-۲-۳- فرمول‌های تجربی برای سرعت سقوط در آب خالص ساکن ۶۷

۲-۳- ظرفیت انتقال رسوب، دبی جامد، بار شسته و مواد بستر ۶۹

۲-۴- مکانیزم انتقال رسوب: انتقال بار بستر و انتقال بار معلق ۷۰

۲-۵-۱- طبقه‌بندی فرم‌های بستر ۷۳

۲-۵-۱-۱- شکنج‌ها (ریپل‌ها) ۷۳

۲-۵-۱-۲- تلماسه‌ها (دون، توده شن) ۷۴

۲-۵-۱-۳- بستر هموار ۷۵

۲-۵-۱-۴- پادتلماسه‌ها (آنتی‌دون یا خیزآب معکوس) ۷۶

۲-۵-۱-۵- استخرها و خیزاب‌ها ۷۷

مراجع ۷۸
فصل سوم: شروع حرکت رسوبات ۷۹
۳-۱- مقدمه ۸۰
۳-۲- تئوری شیلدز ۸۰
۳-۳- محدودیت‌ها و توسعه‌های تئوری شیلدز ۸۵
۳-۳-۱- تعریف شرایط آستانه حرکت ۸۷
۳-۳-۲- اثر شیب بستر آبراهه ۸۷
۳-۳-۳- اثر شیب‌های جانبی ۸۹
۳-۳-۴- اثر استغراق نسبی ۹۱
۳-۳-۵- اثر ناهمگنی اندازه مواد بستر ۹۲
۳-۳-۶- اثر مسلح شدگی بستر ۹۵
۳-۴- اثر فرم مقطع بر شرایط آستانه حرکت ۹۶
۳-۵- شرایط آستانه حرکت در خم‌های کانال ۹۸
۳-۵-۱- کاهش حرکت بحرانی در خم با جریان ثانویه ۹۸
۳-۵-۲- اثراتی بر کناره داخلی مربوط به افت سطح آزاد ۱۰۱
۳-۶- معیارهای دیگر برای تعریف شرایط آستانه حرکت ۱۰۳
۳-۶-۱- شیب بحرانی ۱۰۴
۳-۶-۲- دبی بحرانی ۱۰۵
۳-۶-۳- عدد فرود بحرانی و سرعت بحرانی ۱۰۶
مراجع ۱۰۸
فصل چهارم: مقاومت جریان در بسترهای متحرک ۱۱۱
۴-۱- مقدمه ۱۱۲
۴-۲- معیار اینشتین ۱۱۳
۴-۳- معیار انگلند ۱۱۵
۴-۴- معیار فن‌راین ۱۱۹
مراجع ۱۲۱
فصل پنجم: انتقال بار بستر ۱۲۳
۵-۱- مقدمه ۱۲۴
۵-۲- تئوری بار بستر اینشتین ۱۲۵
۵-۲-۱- محدودیت‌های روش اینشتین ۱۳۲
۵-۲-۲- معادله اینشتین برای $q_b \to \infty$ ۱۳۳

۵-۲-۳- معادله اینشتین برای $q_b \to 0$ ۱۳۴
۵-۲-۴- اثر غیریکنواختی مواد ۱۳۵
۵-۳- روش بالیستیک ۱۳۸
۵-۴- فرمول‌های انتقال رسوب با در نظر گرفتن آستانه حرکت بحرانی ۱۴۱
۵-۴-۱- رابطه بار بستر دوبوی ۱۴۱
۵-۴-۲- رابطه میپر-پیتر و مولر ۱۴۳
۵-۴-۳- فرمول اسمارت و جایجی ۱۴۴
۵-۴-۴- فرمول بار بستر فن‌راین ۱۴۵
۵-۴-۵- دیگر فرمول‌های از نظر ساختاری مشابه فرمول دوبوی ۱۴۶
۵-۵- فرمول‌های انتقال بار بستر وابسته به دبی و یا سرعت جریان ۱۴۶
۵-۵-۱- فرمول شاکلیچ ۱۴۶
۵-۶- انتقال رسوب مخلوط‌های با اندازه مواد غیریکنواخت ۱۴۶
۵-۶-۱- مسلح شدگی دینامیکی ۱۴۹
مراجع ۱۵۱
فصل ششم: انتقال بار معلق و بار کل ۱۵۳
۶-۱- مقدمه ۱۵۴
۶-۲- معادلات جریان ۱۵۵
۶-۳- توزیع غلظت‌های معلق در کانال‌های تعادل ۱۵۸
۶-۳-۱- حل رز ۱۵۸
۶-۳-۲- حل لین ۱۶۰
۶-۳-۳- غلظت مبنا c_a ۱۶۱
۶-۴- بار معلق ۱۶۴
۶-۵- دبی جامد کل ۱۶۵
۶-۵-۱- فرمول‌های تک‌جمله‌ای ۱۶۷
مراجع ۱۶۹
فصل هفتم: مدل‌سازی در مهندسی رودخانه ۱۷۱
۷-۱- مقدمه ۱۷۲
۷-۲- تعادل در رودخانه‌ها ۱۷۲
۷-۳- تئوری رژیم و روابط هندسه هیدرولیکی ۱۷۳
۷-۳-۱- تئوری رژیم ۱۷۳
۷-۳-۲- روابط هندسه هیدرولیکی ۱۷۷

۴-۷- مدل‌های پیش‌بینی پاسخ مورفولوژیک رودخانه ۱۷۹
۷-۴-۱- مدل‌های مفهومی ۱۸۰
۷-۴-۲- مدل‌های کمی ۱۸۱
۷-۴-۳- مقایسه و بررسی مدل‌های مختلف پیش‌بینی پاسخ مورفولوژیک رودخانه ۱۹۲
۵-۷- اهمیت پایداری کناره و نقش تأثیر پوشش گیاهی در تخمین ابعاد مقطع پایدار ۱۹۳
مراجع ۱۹۷
فصل هشتم: مدل‌های ریاضی تغییر شکل بستر رودخانه ۲۰۱
۱-۸- مقدمه ۲۰۲
۲-۸- معادلات بقای جرم ۲۰۳
۸-۲-۱- معادله بقای جرم مواد جامد ۲۰۴
۸-۲-۱-۱- معادله اکسنر ۲۰۶
۸-۲-۲- بقای جرم فاز مایع ۲۰۷
۸-۲-۳- بقای جرم کل ۲۰۸
۳-۸- معادلات بقای مومنتوم ۲۰۸
۸-۳-۱- معادله بقای مومنتوم فاز مایع ۲۰۹
۸-۳-۲- بقای مومنتوم فاز جامد ۲۱۰
۸-۳-۳- بقای مومنتوم مخلوط ۲۱۰
۴-۸- رابطه متقابل آب و رسوب ۲۱۱
۸-۴-۱- سیستم در شرایط تعادل ۲۱۵
۸-۴-۲- شرایط مرزی ۲۱۷
۵-۸- روش‌های ثابت: بازشدگی‌ها و تنگ‌شدگی‌های مقطع ۲۱۹
۶-۸- مدل‌های ساده‌شده ۲۲۴
۸-۶-۱- مدل موج ساده ۲۲۵
۸-۶-۲- مدل سهموی ۲۲۶
۸-۶-۲-۱- کاربرد ۲۲۶
۸-۶-۳- مدل هذلولوی کامل ۲۲۸
۷-۸- مدل‌های تطبیقی ۲۲۸
۸-۸- مدل‌های رسوبات غیریکنواخت ۲۳۱
۸-۸-۱- مفهوم فیزیکی لایه اختلاط ۲۳۶
۸-۸-۲- مدل‌های انطباق رسوب غیریکنواخت ۲۳۸
۸-۸-۳- مدل‌های انتگرال‌گیری شده در عمق دوبعدی ۲۳۹

۸-۸-۴- مدل‌های دوبعدی در صفحه قائم ۲۴۲
مراجع ۲۴۴
فصل نهم: آبشستگی موضعی ۲۴۷
۹-۱- مقدمه ۲۴۸
۹-۲- آبشستگی حاصل از تنگ‌شدگی: آنالیز یک‌بعدی ۲۴۸
۹-۲-۱- اثرات دو و سه‌بعدی ۲۵۱
۹-۲-۲- آبشستگی در شرایط آب زلال و بستر متحرک ۲۵۱
۹-۲-۳- فرمول‌های تجربی برای حداکثر عمق آبشستگی در تنگ‌شدگی‌های عرضی ۲۵۴
۹-۲-۴- اثر اندازه ذرات ۲۵۶
۹-۳- آبشستگی در پایه‌های پل ۲۵۶
۹-۳-۱- حداکثر آبشستگی در پایه‌های پل ۲۵۷
۹-۳-۱-۱- اثرات فرم پایه ۲۶۰
۹-۳-۱-۲- اثرات پارامتر حرکت جریان ۲۶۱
۹-۳-۱-۳- اثر عدد فرود ۲۶۳
۹-۳-۱-۴- اثر عمق جریان ۲۶۴
۹-۳-۱-۵- اثر اندازه ذرات ۲۶۵
۹-۳-۲- آبشستگی موضعی در گروهی از پایه‌ها ۲۶۸
۹-۳-۳- تغییرات زمانی آبشستگی ۲۷۰
۹-۳-۴- ملاحظات طراحی ۲۷۱
۹-۴- آبشستگی موضعی پایین‌دست سازه‌ها ۲۷۲
۹-۴-۱- آبشستگی ایجاد شده توسط یک جت ریزشی ۲۷۳
۹-۴-۲- فرسایش پایین‌دست یک دریچه کشویی باز ۲۷۵
۹-۴-۳- ترکیب جریان سرریزشونده و جریان از زیر یک دریچه باز ۲۷۷
۹-۵- آبشستگی آب‌شکن ۲۷۷
۹-۷- آبشستگی‌های بارهای رسوبی متناوب ۲۸۳
مراجع ۲۸۷
فصل دهم: سازه‌های رودخانه‌ای ۲۹۱
۱۰-۱- مقدمه ۲۹۲
۱۰-۲- مروری بر انواع کارهای مهندسی رودخانه ۲۹۲
۱۰-۲-۱- تقسیم‌بندی کارهای مهندسی رودخانه از نظر جهت جریان ۲۹۲
۱۰-۲-۱-۱- سازه‌های متقاطع با جهت جریان ۲۹۲

۲-۱-۲-۱۰- سازه‌های موازی با جریان ۲۹۳
۲-۲-۱۰- تقسیم‌بندی سازه‌های مهندسی رودخانه از نظر کاربری ۲۹۳
۱-۲-۲-۱۰- سازه‌های تثبیت کننده بستر رودخانه ۲۹۳
۱-۱-۲-۲-۱۰- شیب‌شکن [Drop] ۲۹۳
۲-۱-۲-۲-۱۰- تندآب [Chute] ۲۹۴
۳-۱-۲-۲-۱۰- کف‌بند ۲۹۵
۲-۲-۲-۱۰- سازه‌های تثبیت کننده کناره رودخانه ۲۹۶
۱-۲-۲-۲-۱۰- آب‌شکن‌ها [Groins] ۲۹۶
۲-۲-۲-۲-۱۰- دیواره‌های طولی ۲۹۸
۳-۲-۲-۲-۱۰- پوشش‌ها ۳۰۱
۳-۲-۲-۱۰- سازه‌های ترابری و ارتباط طرفین رودخانه ۳۰۶
۴-۲-۲-۱۰- سازه‌های انتقال جریان ۳۰۷
۱-۴-۲-۲-۱۰- لوله تقاطع راه ۳۰۷
۲-۴-۲-۲-۱۰- ناودان ۳۰۷
۳-۴-۲-۲-۱۰- سیفون معکوس ۳۰۸
۵-۲-۲-۱۰- سازه‌های ارتباطی خطوط انرژی برق و تلفن ۳۰۸
۶-۲-۲-۱۰- سازه‌های حفاظت تأسیسات و اعیانی‌های حاشیه یا داخل رودخانه ۳۰۹
۱-۶-۲-۲-۱۰- گوره ۳۰۹
۲-۶-۲-۲-۱۰- دیواره‌های سیل‌بند ۳۱۰
۷-۲-۲-۱۰- سازه‌های حافظ سازه‌های اصلی ۳۱۵
۱-۷-۲-۲-۱۰- کف‌بند ۳۱۵
۲-۷-۲-۲-۱۰- نقاط سخت ۳۱۶
۸-۲-۲-۱۰- سازه‌های مهار سطح آب رودخانه ۳۱۶
۱-۸-۲-۲-۱۰- سرریز Weir ۳۱۷
۲-۸-۲-۲-۱۰- دریچه Gate ۳۱۸
۳-۸-۲-۲-۱۰- بند انحرافی Diversion Dam ۳۱۹
۳-۲-۱۰- تقسیم‌بندی سازه‌های مهندسی رودخانه از نظر انعطاف‌پذیری ۳۱۹
۳-۱۰- زمینه‌های آسیب‌پذیری کارهای مهندسی رودخانه ۳۱۹
۱-۳-۱۰- فرسایش سازه ۳۲۰
۱-۱-۳-۱۰- آب شستگی ۳۲۰
۲-۱-۳-۱۰- فرسایش سطحی بدنه سازه ۳۲۱

۲-۳-۱۰- نشست سازه ۳۲۱
۳-۳-۱۰- عدم پایداری سازه ۳۲۲
۱-۳-۳-۱۰- واژگونی ۳۲۲
۲-۳-۳-۱۰- لغزش ۳۲۳
۳-۳-۳-۱۰- ظرفیت باربری پی ۳۲۳
۴-۱۰- زمینه‌های آسیب‌رسانی به کارهای مهندسی رودخانه ۳۲۳
۱-۴-۱۰- عوامل طبیعی ۳۲۳
۱-۱-۴-۱۰- رگبار باران یا تگرگ ۳۲۳
۲-۱-۴-۱۰- سیل ۳۲۴
۳-۱-۴-۱۰- زلزله ۳۲۵
۴-۱-۴-۱۰- باد و طوفان ۳۲۵
۵-۱-۴-۱۰- رانش زمین ۳۲۶
۶-۱-۴-۱۰- ریزش ۳۲۶
۷-۱-۴-۱۰- تغییرات درجه حرارت ۳۲۷
۲-۴-۱۰- عوامل زیستی ۳۲۷
۱-۲-۴-۱۰- اثر کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه ۳۲۷
۲-۲-۴-۱۰- پوشش گیاهی ساحل ۳۲۸
۳-۲-۴-۱۰- عوامل انسانی ۳۲۹
۱-۳-۲-۴-۱۰- ضعف در مبانی تحلیلی، طراحی و اجرا ۳۲۹
۲-۳-۲-۴-۱۰- برداشت مصالح و عملیات حفاری و گودبرداری ۳۲۹
۳-۳-۲-۴-۱۰- خاکریزی و انسداد مسیر رودخانه ۳۳۰
۴-۳-۲-۴-۱۰- اثر احداث سازه‌های رودخانه‌ای در بالا و پایین‌دست رودخانه ۳۳۰
۵-۳-۲-۴-۱۰- اقدامات کشاورزی و ایجاد اعیانی ۳۳۰
۶-۳-۲-۴-۱۰- اثرات ترابری آبی ۳۳۱
۷-۳-۲-۴-۱۰- اثرات حوادث عمدی ۳۳۱
مراجع ۳۳۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۱- ۱) توزیع‌های سرعت و قانون مقاومت در لوله دایره‌ای در شرایط جریان یکنواخت..... ۲۶
جدول (۱- ۲) روابط جریان یکنواخت در کانال‌های باز با مقطع معین..... ۲۸
جدول (۱- ۳) ضرایب گاکلر-استریکلر برای آبراهه‌ای طبیعی (چاو، ۱۹۵۹)..... ۲۹
جدول (۱- ۴) ضرایب گاکلر-استریکلر برای آبراهه‌های مصنوعی (چاو، ۱۹۵۹)..... ۳۰
جدول (۱- ۵) مقادیر پارامترهای معادله (۱-۷) ارائه‌شده توسط نویسندگان مختلف..... ۳۴
جدول (۱- ۶) مقادیر پارامترهای فرمول توانی (۱-۸) ارائه‌شده توسط نویسندگان مختلف..... ۳۵
جدول (۱- ۷) مقادیر پارامترهای معادله (۱-۱۳) ارائه‌شده توسط نویسندگان مختلف..... ۴۰
جدول (۱- ۸) مقادیر پیشنهاد شده برای پارامترهای معادله (۱-۱۴)..... ۴۰
جدول (۱- ۹) پارامترهای هندسی پوشش گیاهی نمونه به‌عنوان تابعی از تنوع گیاه..... ۴۳
جدول (۲- ۱) طبقه‌بندی ذرات جامد بر اساس معیار Udden-Wentworth (۱۹۹۲)..... ۶۴
جدول (۲- ۲) فرمول‌های تجربی برای ارزیابی سرعت سقوط در آب خالص ساکن برای ذرات طبیعی، با $D_* = d_n \sqrt[3]{g\Delta/\nu^2}$..... ۶۹
جدول (۵- ۱) طرح مفهومی تئوری اینشتین: مقایسه اندازه ذرات یکنواخت و مخلوط اندازه ذرات غیریکنواخت..... ۱۳۶
جدول (۵- ۲) فرمول‌های انتقال بار بستر به لحاظ ساختاری مشابه فرمول دوبوی و متداول در ادبیات فنی..... ۱۴۵
جدول (۶- ۱) تعدادی از فرمول‌های انتقال رسوب متداول..... ۱۶۸
جدول (۷- ۱) ضرایب و توان‌های معادلات (۷-۶) تا (۷-۹)..... ۱۷۶
جدول (۷- ۲) تعدادی از پرکاربردترین تئوری‌های حدی..... ۱۸۷
جدول (۷- ۳) سیستم معادلات تئوری حداقل توان جریان..... ۱۸۹
جدول (۷- ۴) سیستم معادلات تئوری حداقل نرخ اتلاف انرژی..... ۱۹۱
جدول (۷- ۵) سیستم معادلات تئوری حداقل عدد فرود..... ۱۹۲
جدول (۹- ۱) انواع تکیه‌گاه‌ها (پایه‌های کناری پل) در فرمول هافمن (۹-۱۸) (هافمن و ورهیج، ۱۹۷۷)..... ۲۵۴
جدول (۹- ۲) ضرایب شکل برای انواع پایه‌های مختلف..... ۲۶۰
جدول (۹- ۳) ضرایب و توان‌های مورداستفاده در معادله (۹-۴۷) براساس پیشنهاد نویسندگان مختلف..... ۲۷۴

جدول (۹- ۴) ضـرایب و تـوان‌هـای مورداسـتفاده در معادلـه (۹-۴۹) براسـاس پیشـنهاد نویسـندگان مختلف ۲۷۶
جدول (۹- ۵) مقادیر ضریب c_w در معادله (۹-۵۲) به‌صورت تابعی از نسبت q_{gf}/q_{wf} ۲۷۷
جدول (۹- ۶) پارامتر K_1 در فرمولهای (۹-۵۳) و (۹-۵۴)، برای لحاظ نمودن جهت آب‌شکن نسبت به جهت جریان ۲۸۰
جدول (۹- ۷) پارامتر K_2 در فرمول‌های (۹-۵۳) و (۹-۵۴)، برای لحاظ نمودن اثر زاویه شیب جـانبی دماغه آب‌شکن ۲۸۰
جدول (۹- ۸) پارامتر K_3 در فرمول‌های (۹-۵۳) و (۹-۵۴)، برای لحاظ نمودن اثر زاویه شیب جـانبی دماغه آب‌شکن ۲۸۰

فهرست تصاویر

عنوان **صفحه**

شکل (۱- ۱) شماتیک توزیع‌های سرعت و تنش در یک لوله دایره‌ای ۲۵
شکل (۱- ۲) شماتیک یک کانال با جریان یکنواخت ۲۷
شکل (۱- ۳) اثر جریانهای ثانویه در مجاورت سطح آزاد ۳۱
شکل (۱- ۴) توزیع سرعت در موارد استغراق کم (نیکورا و همکاران، ۲۰۰۱) ۳۳
شکل (۱- ۵) اثر برموداگراس (علف دوروا) بر سرعت متوسط جریان در کانال زهکشی کشاورزی ۳۷
شکل (۱- ۶) اثر برموداگراس (علف دوروا) ($h_{veg} = ۰/۲m$) بر ضریب زبری در رقوم‌های مختلف ۳۸
شکل (۱- ۷) شماتیک پروفیل‌های سرعت مشاهده‌شده در صورت وجود پوشش گیاهی انعطاف‌پذیر ۳۸
شکل (۱- ۸) مقدار پارامتر سختی به‌عنوان تابعی از ارتفاع گیاه (کاون، ۱۹۸۸) ۴۱
شکل (۱- ۹) شماتیک محاسبه زبری در حضور تنه‌های سخت بیرون آمده ۴۱
شکل (۱- ۱۰) شماتیک مقطع گیاه ۴۲
شکل (۱- ۱۱) شماتیک تقسیم‌بندی جزءمساحت‌ها توسط خطوط عمودی ۴۵
شکل (۱- ۱۲) چرخش‌های ثانویه در کانال‌هایی با گسترش سیلاب‌دشت (شیونو و نایت، ۱۹۹۱) ۴۸
شکل (۱- ۱۳) شماتیک مقطع عرضی با زبری‌های متفاوت ۴۸
شکل (۱- ۱۴) توزیع خطوط هم سرعت عمود بر سرعت متوسط $U,(u_x/U)$ و خطوط تنش رینولدز یکسان، عمود بر سرعت برشی متوسط $\overline{u}_*(u'_x u'_z/\overline{u}_*^2)$، در حضور پوشش گیاهی ضخیم در کناره‌ها (ریگتی و ارمانینی، ۱۹۹۸) ۴۹
شکل (۱- ۱۵) شماتیک معیار اینشتین - هورتن برای جزءمساحت‌های با سرعت مساوی ۵۱
شکل (۱- ۱۶) اثر پوشش گیاهی کناره بر منحنی دبی‌ت اشل، محاسبه‌شده با معیار اینشتین - هورتن ۵۴
شکل (۱- ۱۷) ضریب استریکلر به‌صورت تابعی از عمق آب بی‌بعد مقیاس شده با فاصله متوسط بین گیاهان ۵۴
شکل (۱- ۱۸) شماتیک تقسیم جزءمساحت‌ها برای کانال‌هایی با پوشش گیاهی ضخیم در کناره‌ها ۵۵
شکل (۱- ۱۹) ضریب استریکلر به‌صورت تابعی از عمق جریان، به آمده در آزمایشگاه با شبیه‌سازی پوشش گیاهی با استفاده از میله‌های استوانه‌ای به‌طور یکنواخت توزیع‌شده در طول شیب ۴۵ درجه کناره و با مقدار محاسبه‌شده از معادله (۱-۵۱) (ریگتی و ارمانینی، ۱۹۹۸) ۵۶
شکل (۲- ۱) تعریف پارامترهای قطر سه‌محوری ۶۲
شکل (۲- ۲) مثال منحنی دانه‌بندی مواد بستر طبیعی ۶۲
شکل (۲- ۳) منحنی دانه‌بندی تجمعی و شاخص ϕ ۶۳

شکل (۲- ۴) ضریب نیروی رانش C_D به صورت تابعی از فاکتور شکل ($\mathrm{Re}_w = ۴۵$) (از هلی، ۱۹۶۹)۶۵
شکل (۲- ۵) وابستگی هیدرودینامیکی ضریب نیروی رانش ذره به عدد رینولدز، مقیاس شده با مقـادیر مختلف فاکتور شکل (از آلبرتسون، ۱۹۵۳) ۶۷
شکل (۲- ۶) سرعت سقوط در آب ساکن با فاکتور شکلی متفاوت به‌عنوان تابعی از قطـر الـک و دمـای آب (از کلبی، ۱۹۵۷) ۶۸
شکل (۲- ۷) طرح شماتیک انتقال بار بستر و معلق ۷۲
شکل (۲- ۸) طرح شماتیک نیروهای عمل‌کننده (وارد) بر ذره در بستر آبراهه ۷۲
شکل (۲- ۹) تغییرات تنش برشی بستر به‌عنوان تابعی از سرعت‌های متوسط‌گیری شده در عمق ۷۳
شکل (۲- ۱۰) طبقه‌بندی شماتیک فرم‌های بستر (آلن، ۱۹۶۸) ۷۴
شکل (۲- ۱۱) مکانیزم انتقال تلماسه‌ها به پایین‌دست ۷۵
شکل (۲- ۱۲) طرح شماتیک شکل‌گیری استخر - خیزاب (اگاشیرا و آشیدا، ۱۹۹۱) ۷۶
شکل (۳- ۱) طرح شماتیک نیروهای عمل‌کننده بر ذره در بستر آبراهه ۸۱
شکل (۳- ۲) دیاگرام شیلدز ۸۴
شکل (۳- ۳) دیاگرام شیلدز به‌عنوان تابعی از قطر بی‌بعد (یالین، ۱۹۷۷) ۸۶
شکل (۳- ۴) طرح شماتیک نیروهای عمل‌کننده بر ذره در بستر آبراهه شیب‌دار ۸۸
شکل (۳- ۵) زاویه اصطکاک انواع مواد مختلف (لین، ۱۹۵۳) ۸۸
شکل (۳- ۶) اثر شیب طولی بستر بر پارامتر حرکت (چیو و پارکر، ۱۹۹۴) ۸۹
شکل (۳- ۷) طرح شماتیک نیروهای عمل‌کننده بر ذره واقع بر بستر شیبدار ۹۰
شکل (۳- ۸) اثر شیب کناره رودخانه بر پارامتر حرکت بحرانی؛ بـرای $C_L/C_D = ۱/۲$ و $C_L/C_D = ۰$ بـر اساس مطالعات لین (۱۹۵۳) ۹۱
شکل (۳- ۹) لایه اختلاط در شرایط استغراق کم ۹۲
شکل (۳- ۱۰) اثر استغراق نسبی بر شرایط آستانه حرکت (ارمانینی، ۱۹۹۹) ۹۲
شکل (۳- ۱۱) اثر پنهان‌شدگی در بستر متشکل از مخلوطی از اندازه ذرات غیریکنواخت ۹۳
شکل (۳- ۱۲) اثر پنهان‌شدگی به‌صورت تابعی از قطر نسبی بر اساس روابط اجیازارف (۱۹۶۵)، آشـیدا و میچیو (۱۹۷۱) و عبارت یک‌جمله‌ای ۹۴
شکل (۳- ۱۳) طرح شماتیک مسلح شدگی استاتیکی ۹۵
شکل (۳- ۱۴) توزیع تنش برشی بر روی بستر و کناره‌های یک کانال ذوزنقه‌ای آزمایشگاهی بـا عـرض $B = ۲۰\ cm$ ۹۷
شکل (۳- ۱۵) توزیع تنش برشی بر روی بستر و کناره‌های یک کانال مستطیلی ۹۸
شکل (۳- ۱۶) طرح شماتیک جریان‌های چرخشی ثانویه در یک کانال خمیده ۹۹
شکل (۳- ۱۷) طرح شماتیک نیروهای عمل‌کننده بر ذرات واقع در کناره شیب‌دار یک کانال خمیده ۱۰۱

شکل (۳- ۱۸) اثر انحناء آبراهه بر پارامتر حرکت، محاسبه‌شده با معادله (۳-۴۲)، با $\alpha_2/\alpha_1 = 0/75$، $\tan\varphi = 0/78$ و $C_L/C_D = 1/2$ ۱۰۱
شکل (۳- ۱۹) شکل شماتیک و علائم رقوم در خم‌های کانال ۱۰۲
شکل (۳- ۲۰) دبی بحرانی به‌صورت تابعی از شیب (تیسوجیموتو، ۱۹۹۱) ۱۰۶
شکل (۳- ۲۱) عدد فرود بحرانی به‌صورت تابعی از استغراق نسبی (بارتنیک، ۱۹۹۱) ۱۰۶
شکل (۴-۱) توزیع تنش برشی مماسی: سهم مربوط به زبری ذرات τ_*'؛ سهم مربوط به زبری فرم بستر τ_*''؛ سهم مربوط به اندرکنش بین ذرات τ_*''' ۱۱۲
شکل (۴- ۲) گراف اینشتین‌ت باربروسا (اینشتین و همکاران، ۱۹۵۱). غیر قابل‌استفاده در حضور شکنج‌ها ۱۱۴
شکل (۴- ۳) گراف شن (۱۹۶۲) برای مقاومت فرم بستر ۱۱۵
شکل (۴- ۴) روش انگلند برای مقاومت مربوط به تلماسه ۱۱۶
شکل (۴- ۵) رابطه بین پارامتر حرکت کلی θ و پارامتر حرکت ذره θ' بر اساس معیار انگلند (۱۹۶۵) ۱۱۸
شکل (۵- ۱) طرح اینشتین از پرش‌های متوسط ذرات (بعد از یالین، ۱۹۷۷) ۱۲۶
شکل (۵- ۲) حجم دبی عبوری از مقطع A توسط کل ذرات جدا شده از هر نوار و قادر به پوشش دهی طول معادل فاصله بین نقطه اولیه و مقطع A موردنظر در زمان T_p ۱۲۷
شکل (۵- ۳) تابع پله ای اینشتین از احتمال p_nعبوری از مقطع عمودی A ذره جداشده از نوار L_p، واقع در فاصله n_{Lp}از مقطع ۱۲۸
شکل (۵- ۴) رفتار وابسته به زمان نیروی بالابرنده ۱۳۰
شکل (۵- ۵) اصلاح اینشتین در فاکتور اصطکاک ۱۳۱
شکل (۵- ۶) مقایسه فرمول بار بستر اینشتین و داده‌های آزمایشگاهی (بعد از یالین، ۱۹۷۷) ۱۳۲
شکل (۵- ۷) موقعیت انتقال رسوبات مخلوط اندازه ذرات غیریکنواخت ۱۳۵
شکل (۵- ۸) توابع پنهان‌شدگی براساس پیشنهاد اینشتین ۱۳۷
شکل (۵- ۹) دبی مواد جامد بی‌نهایت کوچک dq_s شامل همه ذرات در نوار dx با احتمال مشخص عبور از مقطع قائم A ۱۳۹
شکل (۵- ۱۰) مقایسه بین داده‌های آزمایشگاهی و نتایج معادله (۵-۴۹) ۱۴۰
شکل (۵- ۱۱) طرح دوبوی برای انتقال بار بستر ۱۴۲
شکل (۵- ۱۲) توزیع اندازه ذرات منتقل‌شده، مواد سطحی و زیرسطحی مشاهده‌شده در آبراهه‌های Harris Creek در حضور بارها (چرچ و همکاران، ۱۹۹۱) ۱۴۷
شکل (۵- ۱۳) طرح نشان‌دهنده وجود مسلح شدگی دینامیکی ۱۵۰
شکل (۶- ۱) شرایط اولیه برای انتقال به‌صورت معلق، پیشنهاد شده توسط فن‌راین (۱۹۸۴b) ۱۵۵

شکل (۶- ۲) توزیع ضریب انتشار آشفتگی براساس معادله رُز (۶-۲۴) و معادله لین (۶-۲۹) ۱۶۰
شکل (۶- ۳) توزیع غلظت ذرات معلق (وانونی، ۱۹۴۶)..... ۱۶۲
شکل (۶-۴) توزیع غلظت. δ_b نشان‌دهنده ارتفاع متوسط جهش‌های ذرات می‌باشد (فن‌راین، ۱۹۸۴b)..... ۱۶۲
شکل (۶- ۵) غلظت c_a در تابعی از پارامتر حرکت شیلدز براساس مطالعات انگلند و هانسن (۱۹۶۷)..... ۱۶۳
شکل (۶- ۶) فاکتور F بار معلق (معادله ۶-۴۰) در تابعی از توان Z' و نسبت a / h (فن‌راین، ۱۹۸۴b)..... ۱۶۵
شکل (۶- ۷) رفتار نسبت بار معلق q_{ss} و بار کل q_s در تابعی از نسبت u_*/w_s بین سرعت برشی و سرعت سقوط ذره، براساس فن‌راین (۱۹۸۴b)..... ۱۶۶
شکل (۸- ۱) علامت‌گذاری جریان گرانولی..... ۲۰۴
شکل (۸- ۲) تعادل جرمی فاز جامد..... ۲۰۵
شکل (۸- ۳) جانمایی گسترش امواج بستر..... ۲۰۷
شکل (۸- ۴) نیروهای خارجی عمل‌کننده بر فاز مایع..... ۲۰۹
شکل (۸- ۵) تعیین مشخصه‌های سیستم (۸-۲۲) به‌صورت تابعی از عدد فرود، برای مقادیر مختلف پارامتر q_s / q، با فرض فرمول توانی $q_s/q = a_s U^{\gamma} h^{-1}$ برای انتقال رسوب..... ۲۱۴
شکل (۸- ۶) موقعیت سه موج و طول‌های آن‌ها برای جریان‌های نسبتاً آرام، $F_r <\sim ۰/۸$، براساس معادلات (۸-۳۵)، (۸-۳۶) و (۸-۳۷) (روزتی و همکاران، ۲۰۰۴)..... ۲۱۸
شکل (۸- ۷) موقعیت سه موج و طول‌های آن‌ها برای جریان‌های با سرعت نسبتاً بالا، $F_r >\sim ۱/۲$، براساس معادلات (۸-۳۵)، (۸-۳۶) و (۸-۳۷) (روزتی و همکاران، ۲۰۰۴)..... ۲۱۸
شکل (۸- ۸) موقعیت مشخصه‌های ورودی در بالادست و پایین‌دست..... ۲۱۹
شکل (۸- ۹) موقعیت تنگ‌شدگی مقطع در یک کانال بستر متحرک مستطیلی. خط‌چین قرمزرنگ نشان‌دهنده مرز حجم کنترل می‌باشد..... ۲۲۲
شکل (۸- ۱۰) تغییر در بستر و سطح آزاد در نزدیکی یک مقطع تنگ‌شدگی در کانال مستطیلی بستر متحرک..... ۲۲۳
شکل (۸- ۱۱) موقعیت مقیاس مورفولوژیکی یک آبراهه..... ۲۲۷
شکل (۸- ۱۲) طول سازگاری..... ۲۲۹
شکل (۸- ۱۳) طول سازگاری براساس ارمانینی و سیلویو (۱۹۸۸)..... ۲۳۰
شکل (۸- ۱۴) فرآیند پر شدن یک ترانشه از اندازه‌های ذرات مختلف (ارمانینی و سیلویو، ۱۹۸۸).. ۲۳۱
شکل (۸- ۱۵) موقعیت تعادل جرمی برای اندازه ذره jام رسوبات کلاس با حجم کنترل نشان داده شده با خط‌چین قرمزرنگ..... ۲۳۲

شکل (۸- ۱۶) موقعیت لایه اختلاط و لایه‌های انتقالی (بار بستر و بار معلق) (ارمانینی و سیلویو، ۱۹۸۹) ۲۳۳
شکل (۸- ۱۷) رفتار مشخصات مدل‌های رسوبی غیریکنواخت. معادلات با روش گشتاورها نوشته‌شده است. ۲۳۵
شکل (۸- ۱۸) تجزیه متغیرهای متفاوت به مؤلفه‌های متوسط و نوسانی (ارمانینی، ۱۹۹۵) ۲۳۶
شکل (۸- ۱۹) مؤلفه عمود تنش برشی بستر در یک خط جریان منحنی شکل ۲۴۱
شکل (۸- ۲۰) شرایط مرزی بستر برای طرح‌های دو یا سه‌بعدی مدل‌های رسوب غیریکنواخت (ارمانینی و سیلویو، ۱۹۸۹) ۲۴۳
شکل (۹- ۱) موقعیت آبشستگی و نمادها در تنگ‌شدگی عرضی ۲۴۹
شکل (۹- ۲) موقعیت کشش گردابه‌ای نزدیک به تنگ‌شدگی موضعی مقطع ۲۵۱
شکل (۹- ۳) حداکثر مقدار آبشستگی به عمق آب بالادست $h_.$ به‌صورت تابعی از نسبت پارامتر حرکت به پارامتر بحرانی جریان بالادست، برای مقادیر مختلف نسبت تنگ‌شدگی عرضی R، طبق تئوری یک بعدی ۲۵۳
شکل (۹- ۴) تغییرات زمانی آبشستگی موضعی در شرایط آب زلال و بستر متحرک ۲۵۳
شکل (۹- ۵) انواع تکیه‌گاه (پایه)ها در فرمول هافمن (معادله ۹-۱۸) (هافمن و ورهیج، ۱۹۹۷) ۲۵۵
شکل (۹- ۶) پروفیل آبشستگی طولی در نزدیکی پایه پل ۲۵۷
شکل (۹- ۷) گردابه نعل‌اسبی در نزدیکی محل آبشستگی پایه پل ۲۵۷
شکل (۹- ۸) رفتار حداکثر عمق آبشستگی با پارامتر حرکت (رادکیوی و اتما، ۱۹۷۷) و مقایسه با فرمول (۹-۳۰) بروزرز و همکاران (۱۹۷۷) ۲۶۲
شکل (۹- ۹) حداکثر عمق آبشستگی در یک پایه دایروی ۲۶۳
شکل (۹- ۱۰) رفتار حداکثر عمق آبشستگی با عمق جریان بالادست (بصک و همکاران، ۱۹۷۷) و مقایسه با فرمول نیل (۱۹۶۴) ۲۶۴
شکل (۹- ۱۱) تغییرات حداکثر آبشستگی با قطر مواد برای $\theta_./\theta_c = ۰/۹$ (رادکیوی و اتما، ۱۹۷۷) ۲۶۵
شکل (۹- ۱۲) تغییرات حداکثر آبشستگی با قطر مواد برای $\theta_./\theta_c = ۰/۹۵$ (رادکیوی و اتما، ۱۹۷۷) ۲۶۶
شکل (۹- ۱۳) تغییرات ضریب K_σ با انحراف معیار استاندارد منحنی اندازه ذرات مواد (رادکیوی و اتما، ۱۹۷۷) ۲۶۷
شکل (۹- ۱۴) آبشستگی در حضور مسلح شدگی در بالادست پایه (رادکیوی و اتما، ۱۹۷۷) ۲۶۸
شکل (۹- ۱۵) حداکثر عمق آبشستگی نسبی برای دو شمع هم‌محور به‌صورت تابعی از فاصله بی‌بعد شمع (رادکیوی و سادرلند، ۱۹۸۱) ۲۶۹

شکل (۹- ۱۶) حداکثر عمق آبشستگی نسبی برای دو شمع هم‌محور به‌صورت تابعی از زاویه انحراف (رادکیوی و سادرلند، ۱۹۸۱)..... ۲۶۹
شکل (۹- ۱۷) حداکثر عمق آبشستگی نسبی برای دو شمع هم‌محور به‌صورت تابعی از فاصله بی‌بعد شمع و مقایسه با پایه صلب معادل (رادکیوی و سادرلند، ۱۹۸۱)..... ۲۷۰
شکل (۹- ۱۸) موقعیت فرآیند مورفولوژیکی بالادست یک سد..... ۲۷۲
شکل (۹- ۱۹) موقعیت فرآیند مورفولوژیکی بالادست یک بند اصلاحی..... ۲۷۳
شکل (۹- ۲۰) فرسایش پایین‌دست یک بند اصلاحی یا سازه افت..... ۲۷۴
شکل (۹- ۲۱) فرسایش پایین‌دست یک خروجی (دریچه)..... ۲۷۵
شکل (۹- ۲۲) فرسایش در پایین‌دست اثر ترکیبی جریان سرریزشونده و جت خروجی..... ۲۷۷
شکل (۹- ۲۳) موقعیت جریان نزدیک آب‌شکن..... ۲۷۹
شکل (۹- ۲۴) آب‌شکن‌های مختلف..... ۲۷۹
شکل (۹- ۲۵) طرح آبشستگی آب‌شکن..... ۲۷۹
شکل (۹- ۲۶) آبشستگی‌های موضعی در خم رودخانه..... ۲۸۲
شکل (۹- ۲۷) تابع f_1 فرمول (۹-۶۰) برای حداکثر عمق آبشستگی در انحناء (سمینارا و توبینو، ۱۹۸۹)..... ۲۸۳
شکل (۹- ۲۸) موقعیت بارهای رسوبی متناوب (ایکیدا، ۱۹۸۴)..... ۲۸۴
شکل (۹- ۲۹) مقدار آستانه β_c نسبت $\beta = B/2h$ برای حضور نهشتههای متناوب در یک کانال مستطیلی (کلمبینی و همکاران، ۱۹۸۷)..... ۲۸۵
شکل (۹- ۳۰) مقادیر ضرایب b_1 و b_2 در معادله (۹-۶۹) (کلمبینی و همکاران، ۱۹۸۷)..... ۲۸۶
شکل (۱۰- ۱) مقطع عرضی شیب شکن قائم USBR (نشریه ۷۰۱)..... ۲۹۴
شکل (۱۰- ۲) مقطع طولی و عرضی سازه تندآب (نشریه ۷۰۱)..... ۲۹۵
شکل (۱۰- ۳) مقطع طولی کف بند تورسنگی (نجفی نژاد ۱۳۷۸)..... ۲۹۵
شکل (۱۰- ۴) مقطع طولی کف بند سنگی (نجفی نژاد ۱۳۷۸)..... ۲۹۶
شکل (۱۰- ۵) پلان سازه آب‌شکن (نشریه ۵۱۶)..... ۲۹۷
شکل (۱۰- ۶) مقطع دیواره وزنی بتنی و بنایی (نشریه ۳۰۸)..... ۲۹۸
شکل (۱۰- ۷) مقطع تیپ سازه تورسنگی (نشریه ۱۴۹)..... ۲۹۹
شکل (۱۰- ۸) مقطع تیپ دیواره طره‌ای (نشریه ۳۰۸)..... ۳۰۰
شکل (۱۰- ۹) مقطع تیپ دیواره پشت‌بنددار (نشریه ۳۰۸)..... ۳۰۰
شکل (۱۰- ۱۰) مقطع تیپ سازه خاک مسلح (نشریه ۱۶)..... ۳۰۱
شکل (۱۰- ۱۱) پوشش سنگ‌چین (نشریه ۳۳۲)..... ۳۰۲
شکل (۱۰- ۱۲) پوشش سنگ‌ریز (نشریه ۳۳۲)..... ۳۰۳

شکل (۱۰- ۱۳) پوشش سنگ و ملات (نشریه ۳۳۲)..... ۳۰۳
شکل (۱۰- ۱۴) انواع تورسنگ‌های مورداستفاده برای پوشش حفاظتی (نشریه ۳۳۲)..... ۳۰۴
شکل (۱۰- ۱۵) پوشش خاک سیمان پلکانی (نشریه ۳۳۲)..... ۳۰۵
شکل (۱۰- ۱۶) مقطع طولی سازه لوله تقاطع راه (محمدولی سامانی ۱۳۹۵)..... ۳۰۷
شکل (۱۰- ۱۷) مقاطع طولی و عرضی ناودان مستطیلی (ابریشمی و حسینی ۱۳۹۶)..... ۳۰۸
شکل (۱۰- ۱۸) مقطع طولی سازه سیفون معکوس (محمدولی سامانی ۱۳۹۵)..... ۳۰۸
شکل (۱۰- ۱۹) مقطع عرضی گوره همگن (نشریه ۲۱۴)..... ۳۰۹
شکل (۱۰- ۲۰) مقطع عرضی گوره ناهمگن (نشریه ۲۱۴)..... ۳۱۰
شکل (۱۰- ۲۱) مقطع عرضی دیوار بتنی پشت‌بنددار (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۱
شکل (۱۰- ۲۲) مقطع تیپ دیوار بتنی پایه‌دار (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۱
شکل (۱۰- ۲۳) مقطع عرضی دیوار بتنی L و I شکل (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۱
شکل (۱۰- ۲۴) مقطع عرضی دیوار بتنی صندوقی (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۲
شکل (۱۰- ۲۵) مقطع عرضی دیوار سیل‌بند سنگی (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۲
شکل (۱۰- ۲۶) مقطع عرضی دیوار سیل‌بند تورسنگی (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۳
شکل (۱۰- ۲۷) مقطع عرضی دیوار سیل بند بلوکی (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۳
شکل (۱۰- ۲۸) مقطع عرضی دیوار سیل‌بند چوبی (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۴
شکل (۱۰- ۲۹) مقطع عرضی دیوار سیل‌بند شمع‌کوبی (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۴
شکل (۱۰- ۳۰) مقطع عرضی دیوار سیل‌بند عمیق (نشریه ۵۱۸)..... ۳۱۵
شکل (۱۰- ۳۱) مقطع عرضی کف‌بند افقی (نجفی نژاد ۱۳۷۸)..... ۳۱۵
شکل (۱۰- ۳۲) مقطع عرضی کف‌بند شیب‌دار (نجفی نژاد ۱۳۷۸)..... ۳۱۶
شکل (۱۰- ۳۳) مقطع طولی سازه نقطه سخت (نشریه ۳۳۲)..... ۳۱۶
شکل (۱۰- ۳۴) مقطع عرضی سرریز مستطیلی (خواستوریا ۲۰۰۴)..... ۳۱۷
شکل (۱۰- ۳۵) ۳۴ مقطع عرضی سرریز مثلثی (خواستوریا ۲۰۰۴)..... ۳۱۷
شکل (۱۰- ۳۶) مقطع عرضی سرریز ذوزنقه‌ای (خواستوریا ۲۰۰۴)..... ۳۱۸
شکل (۱۰- ۳۷) مقطع عرضی دریچه تحتانی قائم (بیرامی ۱۳۹۷)..... ۳۱۹

تقدیم به

انسانهایی که

به فردایی بهتر

می‌اندیشند.

پیش‌گفتار ناشر

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخ شید، قدرتی که در مقای سه با سایر موجودات باعث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نک ند مکا تب ال پی، ان سان را موجودی کمال‌طلب و پویا می‌دانند که جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد از جمله راههای ت قرب به خداوند علم است، علمی که زیبایی عقل است. عل می که در در یای بی کران آن هر ذره ن شانی 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 ا بزاری ن یاز دارد که مهم ترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان پاسخگوی این نیاز خواهد بود.

جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارت قای پا یه‌های ع لم و دا نش و ر شد و شکوفایی استعدادها انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های مع نوی هموط نان گرامی بتوانیم گامهای مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گرچه تلاش خوا هد شد در حد دا نش و تجر به اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد، ولی اذعان داریم که راهنمایی‌های شما عز یزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد، لذا همیشه منتظر پی شنهادات و راهنمایی های شما خواهیم بود.

در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفکری و ه مکاری آنها برخوردار بوده‌ام به خصوص دکتر محمدرضا مجدزاده طباطبائی، دک تر محمدح سین ن یک سخن (نویسندگان) و مهندس علی‌محمد خانی(مدیر فروش)سپا سگزاری ن موده و موفق یت روزافزون شان را آرزومندم.

دکتر مهدی خانی

مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

پیشگفتار نویسنده

رودخانه‌ها به دلیل ماهیت پویای خود همواره دستخوش تغییرات فراوان در شکل، مشخصات و هندسه خود می‌باشند و تا زمان رسیدن به مرحله تعادل این پدیده به ویژه در شرایط سیلابی به صورت فرسایش و رسوبگذاری در مسیر جریان نمود پیدا می‌کند. از طرفی وجود جوامع انسانی ساکن در حاشیه رودخانه و استفاده از اراضی مجاور آن به شکل‌های مختلف مسکونی، کشاورزی و صنعتی، باعث گردیده تا ساماندهی رودخانه‌ها به منظور مدیریت آن و عمدتاً در جهت کنترل سیلاب و فرسایش ضرورت یابد. هدف از نگارش این کتاب فراهم‌سازی زمینه لازم برای خواننده در جهت مهندسی رودخانه با تأکید بر علم رسوب می‌باشد، که در این میان خواننده با سیر تکامل مطالعات و تجربیات در زمینه رسوب و رودخانه رویاروی و تجربه لازم را کسب خواهد کرد، و با برخی از روش‌های مهندسی رودخانه و کاربرد آن‌ها آشنا خواهد شد. زیرا هنوز این روش‌ها در کشور ما مورداستفاده واقع می‌شوند. در این کتاب به جزییات طراحی سازه‌ای پرداخته نشده است. زیرا حجم مطالب بسیار گسترده بوده و در دامنه کاربرد این کتاب نمی‌باشد. فرآیندهای رودخانه‌ای از نوع مکانی و زمانی می‌باشند، که در آن رسوبات جداره غیریکنواخت و در برخی نواحی فرسایش پذیر یا فرسایش ناپذیر می‌باشند. در نواحی که کناره‌های رودخانه فرسایش پذیر هستند، در شرایط طبیعی توسط پوشش گیاهی قابل‌کنترل می‌باشند. در این خصوص درک و فهم مسائل رودخانه‌ای هنوز محدود می‌باشد. با وجود این مهندسین رودخانه با به کارگیری سازه‌های رودخانه‌ای از قبیل آب‌شکن و غیره، مدل‌های فیزیکی و ریاضی به درک هر چه بیشتر رفتار این فرآیندهای پیچیده نائل آمده‌اند.

مطالب مندرج در این کتاب به طور کلی مشتمل بر دو بخش می‌باشد: در بخش اول به فرآیندهای انتقال رسوب و مدل‌سازی آن پرداخته می‌شود در حالی که در بخش دوم فرآیندهای کنترل انتقال رسوب توسط روش‌های مهندسی رودخانه به طور مختصر بیان می‌گردد.

از آنجائی که زبری جداره‌ها در رودخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در حقیقت ظرفیت آبگذری آبراهه را تعیین می‌نماید، در ابتدا مورد مطالعه قرار می‌گیرد تا کاربرد آن در روابط مقاومت جریان و طراحی آبراهه‌های مصنوعی بررسی شود. در این میان نقش پوشش و اندرکنش آن با مقاومت جریان بارزسازی می‌شود. با توجه به اینکه جداره‌های رودخانه غالباً فرسایش پذیر می‌باشند، لذا بحث انتقال رسوب و کاربرد آن در مهندسی رودخانه باید منظور شود تا متخصصین در این زمینه آگاهی لازم را داشته باشند. آستانه حرکت رسوبات بستر می‌تواند نقش قابل‌ملاحظه‌ای در تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه و تسلیح بستر داشته باشد. آگاهی لازم از توابع تجربی انتقال رسوب (بار بستر، معلق و بار کل) می‌تواند ابزار مناسبی جهت برآورد تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها باشد. شایان ذکر است که شناخت روابط به تنهایی کفایت نمی‌کند. بلکه آگاهی از دامنه کاربرد آن می‌تواند ابزار مناسبی جهت برآوردهای دقیق‌تر این پدیده پیچیده باشد. بدین ترتیب می‌توان از این روابط در فرآیندهای مدل‌سازی استفاده کرد. در این مقوله تئوری هندسی هیدرولیکی و کاربرد آن در مفهوم رژیم در

رودخانه به‌طور واضح موردبررسی قرار گرفته تا خواننده از اهمیت آن‌ها در طراحی، مدیریت و ساماندهی آگاهی لازم را به‌دست آورد. در ادامه به مفهوم پایداری در رودخانه و شناخت مدل‌های پیش‌بینی پاسخ مورفولوژیک رودخانه با در نظر گرفتن پوشش گیاهی پرداخته‌شده است تا در جهت ارتقاء و به روز رسانی محققین و مهندسین مقدماتی را فراهم سازد. بحث مدل‌سازی با مدل‌های ریاضی بستر متحرک به‌عنوان ابزاری توانمند برای تجزیه‌وتحلیل وضعیت رودخانه با در نظر گرفتن شبیه‌سازی تغییر شکل مکانی و زمانی تکمیل شده است. زیرا این مدل‌ها برای پیش‌بینی تغییر شکل بسترهای رودخانه مناسب بوده و برای پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی ناشی از مهندسی و احیای رودخانه ضروری می‌باشند. در نهایت به بررسی و مطالعه پدیده آبشستگی در مجاورت سازه‌های هیدرولیکی احداثی در رودخانه‌ها پرداخته‌شده است و نقطه نظرات لازم جهت پایداری این سازه‌ها در رودخانه‌ها به‌منظور کنترل آبشستگی به‌صورت ملاحظات طراحی ارائه گردیده است.

طرح‌های متعددی از سازه‌های رودخانه‌ای در کشور پیاده‌سازی شده است که در این کتاب با نگاه اجمالی به معرفی برخی از این سازه‌ها و روش‌های ساماندهی پرداخته می‌شود. زیرا با شناخت صحیح این سازه‌ها، می‌توان جلوی تخریب آن‌ها را به نحو مقتضی گرفت. لذا پایش مستمر سازه‌های رودخانه-ای و ایجاد ساز و کار بهره‌برداری و حفاظت و نگهداری آن‌ها در رودخانه‌ها، ایجاب می‌باید که مورد برنامه‌ریزی قرار گیرد.

محمدرضا مجدزاده طباطبایی

محمدحسین نیک سخن