

هیدرودینامیک رودخانه‌ای

هیدرودینامیک و پدیده انتقال رسوب

جلد اول

سوبهاسیش دی

ترجمه

دکتر مجتبی مهرآیین

عضو هیئت علمی دانشکده خوارزمی



دانشگاه خوارزمی

تهران، ۱۳۹۶

سرشناسه	دی، شوباشیش، ۱۹۵۸ - م. Dey, Subhasish
عنوان و نام پدیدآور	هیدرودینامیک رودخانه‌ای: پدیده انتقال رسوب/ مولف شوباشیش دی؛ مترجم مجتبی مهرآیین.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه خوارزمی، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	ج۲: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۲۸۰۰۰۰ ریال: ج. ۰۱-۰۴-۹۷۸-۶۰۰-۸۵۸۷-۰۴؛ ۲۸۰۰۰۰ ریال: ج. ۵۲-۰۹-۹۷۸-۶۰۰-۸۵۸۷-۰۴
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Fluvial hydrodynamics : hydrodynamic and sediment transport phenomena, 2014.
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	کتابنامه.
عنوان دیگر	هیدرودینامیک و پدیده انتقال رسوب.
موضوع	هیدرودینامیک
موضوع	Hydrodynamics
موضوع	رسوب -- انتقال
موضوع	Sediment transport
شناسه افزوده	مهرآیین، مجتبی، ۱۳۵۹ -، مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه خوارزمی
رده بندی کنگره	۵۹۰/۳۰۶۲۱۷۴
رده بندی دیویی	۱۷/۱
شماره کتابشناسی ملی	۷۱۰۶۵۳



دانشگاه خوارزمی

شناسنامه کتاب

عنوان کتاب: هیدرودینامیک رودخانه‌ای: هیدرودینامیک و پدیده انتقال رسوب - جلد اول

مؤلف: شوباشیش دی

مترجم: دکتر مجتبی مهرآیین

ویراستار ادبی: اکرم حاتم زاده

ناشر: دانشگاه خوارزمی

چاپ و صحافی: دانشگاه خوارزمی

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۶

صفحه آرا و طراح جلد: لیلا کشاورز

شماره: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۲۸۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۵۸۷-۰۴-۰

پیش‌گفتار مترجم

ایران یکی از کشورهای دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است. پس از پیروزی انقلاب اسلامی طرح‌های آبی بسیار زیادی برای تأمین آب نقاط مختلف کشور اجرا شد. یکی از مهم‌ترین مشکلات این طرح‌ها، چه در کوتاه‌مدت و چه در بلندمدت، فرایند ته‌نشینی رسوبات و رسوب‌برداری است. اگرچه تحقیقات متنوعی برپایه مطالعات هیدرولیکی برای ارتباط بین میدان جریان و انتقال رسوب انجام شده است و کتاب‌های متعددی در این زمینه چاپ شده، اما ارتباط بین هیدرودینامیک رودخانه‌ای و بحث انتقال رسوب در بسیاری از مراجع مغفول مانده است. کتاب‌های معدودی در این زمینه به فارسی ترجمه شده است که بسیاری از مراجع آن قدیمی است. با توجه به عدم قطعیت گسترده در بحث انتقال رسوب، استفاده از مراجع جدید ضروری است. کتاب حاضر با استفاده از مراجع جدید این ضعف را پوشش داده و تلاشی ارزنده برای شناخت بهتر پدیده انتقال رسوب است. هدف از ترجمه این کتاب آشنایی دانشجویان و مهندسان طراح در این باره با بحث انتقال رسوب با دیدگاهی ریزبینانه است؛ به‌علاوه این کتاب می‌تواند به‌عنوان مرجعی برای تعیین تخمینی از سازوکار انتقال رسوب، تعیین ابعاد چاله آبستگي و تعیین میزان انتقال انواع رسوبات استفاده شود. لازم به ذکر است که با توجه به ماهیت پیچیده انتقال رسوب، روابط ارائه‌شده در این کتاب روابط کلی است و تنها در محدوده‌های استخراج‌شده، می‌تواند به‌طور مستقیم استفاده شود. برای بررسی دقیق‌تر پدیده‌ها، ساخت مدل‌های فیزیکی و عددی توصیه می‌شود.

امید است ترجمه این کتاب بتواند برای دانشجویان، کارشناسان ارشد و دکتری و همچنین مهندسان طراح مفید باشد. با وجود تلاش‌های بسیار برای ارائه ترجمه‌ای روان و گویا، ترجمه این کتاب خالی از اشکال نیست. همکاری و اطلاع‌رسانی خوانندگان برای برطرف کردن این اشکالات در ویرایش‌های بعدی مزید امتنان خواهد بود.

در انتها از زحمات و تلاش‌های جناب آقای دکتر فشاری رئیس محترم اداره انتشارات دانشگاه خوارزمی و کارکنان این اداره و نیز داورانی که زحمت داوری ترجمه کتاب را متحمل شدند سپاسگزاری می‌کنم.

مجتبی مهرآیین

استادیار گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه خوارزمی

۱۳۹۶

فهرست مطالب

۱۹	فصل اول: مقدمه.....
۲۱	۱-۱. کلیات.....
۲۴	۲-۱. هدف این کتاب.....
۲۵	۳-۱. ترکیب‌بندی کتاب.....
۲۶	۴-۱. خصوصیات فیزیکی سیال و رسوب.....
۲۶	۱-۴-۱. چگالی جرمی سیال و رسوب.....
۲۶	۲-۴-۱. وزن مخصوص سیال و رسوب.....
۲۷	۳-۴-۱. چگالی‌های نسبی سیال و رسوب.....
۲۷	۴-۴-۱. لزجت سیال.....
۲۹	۵-۴-۱. اندازه ذرات رسوب.....
۳۲	۶-۴-۱. شکل یک ذره رسوب.....
۳۴	۵-۱. خصوصیات رسوبات مخلوط شده.....
۳۴	۱-۵-۱. توزیع اندازه.....
۳۶	۲-۵-۱. تخلخل، نسبت فضای خالی، چگالی جرمی خشک و وزن مخصوص خشک.....
۳۷	۳-۵-۱. زاویه قرار.....
۳۹	۶-۱. خصوصیات سیال و رسوب معلق.....
۴۱	۷-۱. سرعت نهایی سقوط ذره در سیال.....
۴۱	۱-۷-۱. سرعت نهایی سقوط یک ذره کروی.....
۴۴	۲-۷-۱. سرعت سقوط نهایی ذرات رسوب.....
۴۸	۸-۱. مثال‌ها.....
۵۹	فصل دوم: مبانی هیدرودینامیک.....
۶۱	۱-۲. کلیات.....
۶۵	۲-۲. نرخ‌های تغییر شکل.....
۶۹	۳-۲. بقای جرم.....

- ۷۱..... ۱-۳-۲. معادله پیوستگی در سه بعد
- ۷۳..... ۲-۳-۲. معادله پیوستگی برای جریان درون کانال باز
- ۷۵..... ۴-۲. بقای اندازه حرکت
- ۷۷..... ۱-۴-۲. معادله اندازه حرکت در شرایط سه بعدی
- ۷۷..... ۱-۴-۲. معادلات حرکت برای سیال غیرلزج (معادلات اوایلر)
- ۷۸..... ۲-۴-۲. معادلات حرکت در سیال لزج (معادلات ناویراستوکس)
- ۸۲..... ۲-۴-۲. معادله اندازه حرکت برای جریان در کانال باز
- ۸۲..... ۱-۲-۲. معادله اندازه حرکت برای جریان دائم متغیر تدریجی
- ۸۶..... ۲-۲-۲. معادله اندازه حرکت برای جریان متغیر تدریجی غیردائم
- ۸۸..... ۳-۲-۴-۲. معادله اندازه حرکت برای جریان دائمی یکنواخت
- ۸۸..... ۵-۲. بقای انرژی
- ۹۱..... ۱-۵-۲. معادله انرژی برای جریان در کانال باز
- ۹۲..... ۱-۱-۵-۲. انرژی مخصوص
- ۹۶..... ۲-۱-۵-۲. جریان متغیر تدریجی
- ۹۹..... ۳-۱-۵-۲. توزیع فشار در جریان‌های منعنی الخط
- ۱۰۱..... ۴-۱-۵-۲. توزیع فشار در جریان با انحنای کم در سطح آزاد
- ۱۰۲..... ۶-۲. لایه مرزی
- ۱۰۳..... ۱-۶-۲. خصوصیات لایه مرزی
- ۱۰۶..... ۱-۱-۶-۲. جدایی لایه مرزی
- ۱۰۷..... ۲-۶-۲. معادله انتگرالی اندازه حرکت فون - کارمن
- ۱۱۱..... ۲-۲-۶-۲. جریان لایه مرزی آشفته بر روی سطح مستوی برای جریان با گرادیان فشار صفر
- ۱۱۳..... ۷-۲. جریان در کانال‌های قوسی
- ۱۱۵..... ۱-۷-۲. تراز افزایشی در کانال‌های قوسی
- ۱۱۶..... ۲-۷-۲. توزیع سرعت‌ها در کانال‌های قوسی
- ۱۱۹..... ۷-۳-۲. توزیع تنش برشی کف در کانال‌های قوسی
- ۱۱۹..... ۸-۲. نیروهای هیدرودینامیکی کشنده و برخاست وارد بر یک ذره

۱۱۹	۱-۸-۲. نیروی کشنده
۱۲۱	۱-۸-۲. جریان خزشی در اطراف ذره کروی (قانون استوکس)
۱۲۳	۲-۸-۲. نیروی برخاست
۱۲۴	۱-۲-۸-۲. نیروی برخاست در یک جریان برشی
۱۲۵	۹-۲. پیوست
۱۲۵	۱-۹-۲. معادلات ناویراستوکس و پیوستگی در سیستم مختصات قطبی استوانه‌ای
۱۲۵	۲-۹-۲. معادلات ناویراستوکس و پیوستگی در دستگاه مختصات قطبی کروی
۱۲۶	۱۰-۲. مثال
۱۳۵	فصل سوم: آشفتگی در میان‌های کانال‌های باز
۱۳۷	۱-۳. کلیات
۱۳۹	۲-۳. تجزیه و فرایند متوسط‌سازی
۱۴۱	۳-۳. معادله پیوستگی
۱۴۲	۴-۳. معادلات حرکت (معادلات رینولدز)
۱۴۶	۱-۴-۳. تنش برشی در جریان یکنواخت دائمی در کانال باز
۱۴۸	۵-۳. نظریه‌های کلاسیک آشفتگی
۱۴۹	۱-۵-۳. نظریه طول اختلاط پراگندگی
۱۵۱	۲-۵-۳. فرضیه تشابه فن کارمن
۱۵۲	۶-۳. طبقه‌بندی میدان جریان در کانال‌های باز
۱۵۵	۷-۳. توزیع سرعت
۱۵۶	۱-۷-۳. قانون خطی در زیر لایه لزج
۱۵۶	۲-۷-۳. قانون لگاریتمی در لایه برشی آشفته دیواره
۱۶۴	۳-۷-۳. قانون در لایه انتقالی
۱۶۵	۴-۷-۳. قانون دنباله لگاریتمی و قانون نقصان سرعت
۱۶۸	۸-۳. شدت آشفتگی
۱۷۰	۹-۳. تنش برشی بستر
۱۷۰	۱-۹-۳. تعیین تنش برشی از شیب بستر

- ۲-۹-۳. تعیین تنش برشی بستر با استفاده از توزیع سرعت ۱۷۰
- ۳-۹-۳. تعیین تنش برشی بستر از سرعت میانگین ۱۷۱
- ۴-۹-۳. تعیین تنش برشی بستر از توزیع تنش رینولدز ۱۷۳
- ۵-۹-۳. تعیین تنش برشی بستر با استفاده از توزیع انرژی جنبشی آشفتگی ۱۷۴
- ۶-۹-۳. تعیین تنش برشی با استفاده از تابع چگالی طیفی ۱۷۵
- ۷-۹-۳. تعیین تنش برشی بستر از توزیع عمودی تنش‌های رینولدز عمودی ۱۷۵
- ۸-۹-۳. تنش برشی بستر و تنش برشی رینولدز برای جریان غیریکنواخت- غیردائمی: روش دی-لمبرت ۱۷۶
- ۱۰-۳. جریان‌های ثانویه و پدیده فرورفتگی ۱۸۲
- ۱-۱۰-۳. جریان‌های ثانویه ۱۸۲
- ۲-۱۰-۳. پدیده فرورفتگی ۱۸۶
- ۱۱-۳. نظریه آشفتگی ایزوتروپیک ۱۹۱
- ۱-۱۱-۳. فرایند آشوب انرژی ۱۹۱
- ۲-۱۱-۳. مقیاس انتگرالی ۱۹۲
- ۳-۱۱-۳. فرضیه‌های کولموگروف ۱۹۳
- ۴-۱۱-۳. کوچک‌مقیاس تیلور ۱۹۸
- ۵-۱۱-۳. تبدیل مقیاس طولی به عدد موج ۲۰۰
- ۶-۱۱-۳. تابع طیف ۲۰۱
- ۱۲-۳. غیرایزوتروپی در آشفتگی ۲۰۴
- ۱۳-۳. همبستگی‌های مراتب بالاتر ۲۰۷
- ۱۴-۳. شار انرژی جنبشی آشفته ۲۱۰
- ۱۵-۳. بودجه انرژی جنبشی آشفته ۲۱۱
- ۱۶-۳. مفهوم انفجار ۲۱۶
- ۱-۱۶-۳. ساختارهای منسجم و پدیده انفجار ۲۱۷
- ۲-۱۶-۳. تحلیل یک‌چهارم ۲۲۱
- ۱۷-۳. توزیع احتمال آشفتگی ۲۲۵

۲۲۶	۱-۱۷-۳. نظریه احتمال عمومی بوس-دی
۲۲۶	۱-۱-۱۷-۳. توزیع احتمال توأم w' و u'
۲۲۹	۲-۱-۱۷-۳. توزیع مرزی $\hat{u}$ و $\hat{w}$
۲۳۲	۳-۱-۱۷-۳. PDF تنش‌های برشی رینولدز
۲۳۴	۴-۱-۱۷-۳. توزیع‌های شرطی $\hat{u}\hat{w}$
۲۳۷	۱۸-۳. مفهوم متوسط‌گیری دو گانه
۲۵۹	فصل چهارم: آستانه حرکت رسوبات
۲۶۱	۱-۴. کلیات
۲۶۳	۲-۴. تعریف آستانه حرکت رسوبات
۲۶۴	۳-۴. مفهوم سرعت آستانه حرکت
۲۶۷	۱-۳-۴. مدل سرعت آستانه حرکت یازگ
۲۶۹	۴-۴. مفهوم نیروی برخاست
۲۷۲	۵-۴. مفهوم تنش برشی آستانه حرکت بست
۲۷۲	۱-۵-۴. معادلات تجربی
۲۷۴	۲-۵-۴. تحلیل‌های نیمه‌نظری
۲۷۴	۱-۲-۵-۴. روش شیلدز
۲۷۹	۲-۲-۵-۴. روش وایت
۲۸۱	۳-۲-۵-۴. روش ایواگاکی
۲۸۶	۴-۲-۵-۴. روش وایبرگ و اسمیت
۲۸۸	۵-۲-۵-۴. روش لینگ
۲۹۳	۶-۲-۵-۴. روش دی
۳۰۱	۷-۲-۵-۴. سایر تحقیقات
۳۰۴	۳-۵-۴. تنش برشی آستانه حرکت بسترهای شیب‌دار
۳۰۴	۱-۳-۵-۴. تنش برشی آستانه حرکت بستر در بسترهای شیب‌دار در راستای جریان
۳۰۶	۲-۳-۵-۴. تنش برشی آستانه حرکت بستر روی دیواره‌های جانبی شیب‌دار

- ۳۰۸..... تنش برشی آستانه حرکت بستر برای یک بستر با شیب دلخواه ۳-۵-۴
- ۳۱۰..... ۶-۴ مفهوم احتمالاتی حمل رسوب
- ۳۱۱..... ۱-۶-۴ روش گسلر
- ۳۱۲..... ۲-۶-۴ روش گرس
- ۳۱۳..... ۳-۶-۴ روش وو و چو
- ۳۲۰..... ۴-۶-۴ سایر تحقیقات
- ۳۲۱..... ۷-۴ مفهوم حمل ذره به وسیله آشفتگی القایی
- ۳۲۷..... ۸-۴ آستانه حرکت رسوبات غیریکنواخت
- ۳۲۹..... ۹-۴ طراحی کانال پایدار
- ۳۲۹..... ۱-۹-۴ کانال های ذرات مستقیم
- ۳۳۰..... ۲-۹-۴ مقطع ایده‌آل برای کانال در شرایط آستانه
- ۳۳۵..... ۱۰-۴ مثال‌ها
- ۳۴۹..... فصل پنجم: انتقال بار بستر
- ۳۵۰..... ۱-۵ کلیات
- ۳۵۳..... ۲-۵ توصیف انتقال بار بستر
- ۳۵۴..... ۳-۵ مفهوم تنش برشی بستر برای انتقال بار بستر
- ۳۵۴..... ۱-۳-۵ روش دو بویز
- ۳۵۶..... ۲-۳-۵ معادلات مطابق الگوی دو بویز
- ۳۶۱..... ۳-۳-۵ سایر معادلاتی که شامل تنش برشی بستر هستند
- ۳۶۳..... ۴-۵ مفهوم دبی در انتقال بار بستر
- ۳۶۴..... ۵-۵ مفهوم سرعت برای انتقال بار بستر
- ۳۶۴..... ۶-۵ مفهوم فرم بستر در انتقال بار بستر
- ۳۶۶..... ۷-۵ مفهوم احتمالاتی در انتقال بار بستر
- ۳۶۶..... ۱-۷-۵ روش انیشتین
- ۳۷۴..... ۲-۷-۵ پالایش تجربی معادله انیشتین
- ۳۷۵..... ۳-۷-۵ روش تصحیح‌شده انیشتین

۳۷۷	۴-۷-۵. روش انگلاند و فردسو
۳۷۹	۸-۵. مفهوم قطعی انتقال بار بستر
۳۷۹	۱-۸-۵. روش بگنولد
۳۸۴	۲-۸-۵. روش یالین
۳۸۷	۹-۵. مفهوم پویایی معادل برای انتقال بار بستر
۳۸۸	۱۰-۵. تابع برداشت رسوب
۳۹۰	۱۱-۵. جهش ذرات
۳۹۰	۱۱-۵. خد رصیات جهش
۳۹۱	۱-۱۱-۵. مسیر حرکت ذره و پارامترهای مشخصه (روش فن راین)
۳۹۶	۱۲-۵. جزء بار بستر رسوبات غیر بکنواخت
۴۰۰	۱۳-۵. دسته‌بندی رسوبات بر قفل‌شدگی بستر رودخانه
۴۰۴	۱۴-۵. احتمال حمل رسوبات به اتر
۴۰۸	۱۵-۵. تأثیر بار بستر بر توزیع سرعت
۴۱۱	۱۶-۵. اثرات بستر بر مقیاس‌های طولی آشفتگی
۴۱۶	۱۷-۵. اثرات بار بستر بر ثابت فن کارمن K^*
۴۱۹	۵-۵. مثال‌ها
۴۳۵	فرهنگ لغات فارسی به انگلیسی
۴۴۵	فرهنگ لغات انگلیسی به فارسی