



هیدرولیک محیط زیستی جریان در مجاری روباز

Prof. Hubert Chanson



ترجمه:

دکتر محسن نصرآبادی

پژوهشگر پسادکتری دانشگاه تهران

پاکسیا

سرشناسه: چانسون، هیوبرت، ۱۹۶۱ م. Chanson, Hubert
 عنوان و نام پدیدآور: هیدرولیک محیط‌زیستی جریان در مجاری روباز/ تالیف هیوبرت چانسون؛ ترجمه محسن نصرآبادی.
 مشخصات نشر: تهران: پارسیا، ۱۳۹۶.
 مشخصات ظاهری: ص. ۴۳۶
 شابک: ۹۷۸-۹۸۳۷۵-۶۰۰-۱-۹
 وضعیت فهرست نویسی: فیبا
 یادداشت: عنوان اصلی: Environmental Hydraulics of Open Channel Flows, c2004.
 یادداشت: کتابنامه: ص. [۴۲۶] - ۴۳۶.
 موضوع: آبراهه‌ها
 موضوع: Channels (Hydraulic Engineering)
 موضوع: هیدرولیک زیست‌محیطی
 موضوع: Environmental Hydraulics
 شناسه افزوده: نصرآبادی، محسن، ۱۳۶۴ - ، مترجم
 رده‌بندی کنگره: TC ۱۷۵/چ ۲ه ۹ ۱۳۹۶
 رده‌بندی دیویی: ۰۴۲/۶۲۷
 شماره کتابشناسی ملی: ۴۹۲۵۰۶۲

هیدرولیک محیط‌زیستی جریان در مجاری روباز

پارسیا
نشر پارسیا

تألیف: هیوبرت چانسون
 ترجمه: دکتر محسن نصرآبادی
 ناشر: پارسیا
 شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
 مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا
 نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۶
 شابک: ۹۷۸-۹۸۳۷۵-۶۰۰-۱-۹

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای
 ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸،
 طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان
 و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً
 متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا
 قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن،
 عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت
 اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایبل صوتی یا تصویری و
 غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام
 است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

۱۱	..... مقدمه مترجم
۱۲	..... پیشگفتار
۱۷	..... درباره مؤلف

بخش اول: مقدمه‌های بر جریان در مجاری روباز

فصل اول: مقدمه

۲۰	..... ۱-۱- معرفی
۲۰	..... ۱-۱-۱- بحث: پیشینه مهندسی هیدرولیک
۲۱	..... ۲-۱- ویژگی‌های سیال
۲۲	..... ۳-۱- استاتیک سیالات
۲۳	..... ۴-۱- جریان در مجاری روباز
۲۴	..... ۵-۱- تمرین‌ها

فصل دوم: مبانی جریان در مجاری روباز

۲۵	..... ۱-۲- معرفی
۲۷	..... ۲-۲- اصول پایه‌ای
۳۱	..... ۳-۲- هیدرولیک جریان در تبدیل‌های کوچک و بدون اصطکاک
۳۵	..... ۴-۲- پرش هیدرولیکی
۳۷	..... ۵-۲- جریان در مجاری روباز طویل
۳۷	..... ۱-۵-۲- معرفی
۳۹	..... ۲-۵-۲- جریان متعادل یکنواخت
۴۰	..... ۳-۵-۲- محاسبات جریان متغیر تدریجی (GVF)
۴۲	..... ۶-۲- خلاصه
۴۳	..... ۷-۲- تمرین‌ها

بخش دوم: مقدمه‌های بر اختلاط و انتشار آشفتگی در رودخانه‌ها و مصب‌ها

فصل سوم: مقدمه‌ای بر اختلاط و انتشار آشفتگی در آبروهای طبیعی

۴۶	..... ۱-۳- مقدمه
۴۸	..... ۲-۳- جریان‌های آشفته و آرام
۵۱	..... ۳-۳- تعریف‌های پایه‌ای
۵۲	..... ۴-۳- ساختار بخش
۵۳	..... ۵-۳- پیوست ۱- کاربردها: نیروی شناوری وارد بر حباب هوای مستغرق
۵۴	..... ۱-۵-۳- حباب کروی
۵۴	..... ۲-۵-۳- سرعت بالآمدن حباب در آب ساکن
۵۵	..... ۳-۵-۳- سرعت بالآمدن حباب در گرادیان فشار غیرهیدرواستاتیک
۵۵	..... ۶-۳- پیوست ۲- ویژگی‌های آب زلال
۵۵	..... ۷-۳- تمرین‌ها

فصل چهارم: جریان‌های برشی آشفته

- ۵۷-۱-۴- معرفی
 ۶۰-۲-۴- جت‌ها و جریان‌های حلقوی (ویک)
 ۶۱-۳-۴- جریان‌های لایهٔ مرزی
 ۶۴-۴-۴- جریان‌های به‌طور کامل توسعه‌یافته در مجاری روباز
 ۶۵-۵-۴- اختلاط در جریان‌های برشی آشفته
 ۶۵-۱-۵-۴- معرفی
 ۶۶-۲-۵-۴- بحث: اثرات آلودگی بر جریان‌های برشی
 ۶۸-۶-۴- تمرین‌ها
 ۶۹-۷-۴- حل تمرین‌ها

فصل پنجم: پخش - نظریهٔ پایه‌ای

- ۷۰-۱-۵- معادله‌های پایه‌ای
 ۷۲-۲-۵- کاربردها
 ۷۲-۱-۲-۵- تودهٔ اولیه
 ۷۳-۲-۲-۵- تابع گام اولیه $C_m(x, 0)$
 ۷۴-۳-۲-۵- افزایش ناگهانی غلظت توده در مبدأ
 ۷۵-۴-۲-۵- اثر مرزی‌های جامد
 ۷۵-۳-۵- پیوست ۱- اهداف ریاضی
 ۷۸-۴-۵- تمرین‌ها

فصل ششم: انتقال - پخش

- ۷۹-۱-۶- معادله‌های پایه‌ای
 ۷۹-۲-۶- کاربردهای پایه‌ای
 ۷۹-۱-۲-۶- جابه‌جایی-پخش یک جبههٔ تیز
 ۸۱-۲-۲-۶- تودهٔ اولیه واردشده در $t = 0$ و $x = 0$
 ۸۱-۳-۲-۶- اختلاط عرضی دو آبراهه با غلظت‌های متفاوت
 ۸۱-۴-۲-۶- تزریق ناگهانی تودهٔ آلودگی در یک رودخانه
 ۸۲-۳-۶- کاربردهای دو یا سه‌بعدی
 ۸۳-۴-۶- تمرین‌ها
 ۸۳-۵-۶- حل تمرین‌ها

فصل هفتم: اختلاط و انتشار آشفته‌گی: ۱- اختلاط عمودی و عرضی

- ۸۵-۱-۷- مقدمه
 ۸۷-۲-۷- مقاومت جریان در مجاری روباز
 ۸۸-۳-۷- اختلاط عمودی و عرضی در جریان‌های رودخانه‌ای آشفته
 ۹۱-۴-۷- کاربردهای اختلاط آشفته‌گی
 ۹۱-۱-۴-۷- اختلاط عرضی پایین‌دست منبع نقطه‌ای پیوسته

۹۲	۲-۴-۷- اختلاط عرضی پایین دست محل تزریق توده
۹۳	۳-۴-۷- اختلاط کامل عرضی
۹۳	۵-۷- بحث
۹۳	۱-۵-۷- اختلاط اولیه
۹۳	۲-۵-۷- کاربردها
۹۵	۶-۷- پیوست ۱- محاسبات ضریب اصطکاک
۹۵	۷-۷- پیوست ۲- مدل گام تصادفی
۹۷	۸-۷- پیوست ۳- اختلاط آشفته‌گی در پرش هیدرولیکی و حفره‌ها
۹۸	۹-۷- تمرین‌ها
۹۹	۱۰-۷- حل تمرین‌ها

فصل هشتم: اختلاط و انتشار آشفته‌گی: ۲- انتشار طولی

۱۰۱	۱-۸- مقدمه
۱۰۲	۲-۸- انتشار یک بعدی آشفته‌گی
۱۰۳	۳-۸- انتشار طولی در آبراه‌های طبیعی
۱۰۳	۱-۳-۸- معادله پایه‌ای
۱۰۴	۲-۳-۸- ضریب انتشار در رودخانه‌های طبیعی
۱۰۷	۴-۸- مدل‌های تقریبی برای برآورد انتشار طولی
۱۰۷	۱-۴-۸- تقریب ابر منجمد
۱۰۹	۲-۴-۸- بحث: حل هایامی
۱۱۰	۵-۸- کاربردهای طراحی
۱۱۰	۱-۵-۸- کاربرد شماره ۱
۱۱۱	۲-۵-۸- کاربرد شماره ۲
۱۱۲	۶-۸- تمرین‌ها
۱۱۴	۷-۸- حل تمرین‌ها

فصل نهم: انتشار آشفته‌گی در سامانه‌های طبیعی

۱۱۸	۱-۹- مقدمه
۱۲۰	۲-۹- انتشار طولی در رودخانه‌های طبیعی با نواحی مرده
۱۲۰	۱-۲-۹- مقدمه
۱۲۲	۲-۲-۹- معادله پایه‌ای
۱۲۲	۳-۲-۹- حل تحلیلی (تزریق لحظه‌ای توده)
۱۲۵	۳-۹- انتقال و انتشار مواد آلاینده و اکسید پذیر
۱۲۵	۱-۳-۹- معادله پایه‌ای
۱۲۵	۲-۳-۹- کاربردها
۱۲۵	۱-۲-۳-۹- غلظت توده آلودگی ناگهانی در یک رودخانه
۱۲۶	۲-۲-۳-۹- افزایش ناگهانی غلظت توده در مبدأ
۱۲۷	۳-۳-۹- بحث

- ۱۲۸-۴-۹- انتقال همراه با واکنش.....
- ۱۲۸-۱-۴-۹- معادله پایه‌ای.....
- ۱۲۸-۲-۴-۹- تعیین مقدار اکسیژن محلول در آبراهه‌های طبیعی.....
- ۱۲۹-۱-۲-۴-۹- ثابت نرخ اکسیژن‌دهی دوباره و نرخ واپاشی.....
- ۱۳۱-۳-۴-۹- تحلیل تضعیف DO.....
- ۱۳۲-۵-۹- پیوست ۱- انتقال توده هوا- آب در جریان‌های هوا- آب.....
- ۱۳۳-۶-۹- پیوست ۲- حلالیت نیتروژن، اکسیژن و آرگون در آب.....
- ۱۳۵-۷-۹- پیوست ۳- ضریب پخش مولکولی در آب.....
- ۱۳۶-۸-۹- تمرین‌ها.....
- ۱۳۸-۹-۹- حل تمرین‌ها.....

فصل دهم: اختلاط در مصب‌ها

- ۱۴۱-۱-۱۰- معرفی.....
- ۱۴۴-۲-۱۰- سازوکارهای پایه‌ای.....
- ۱۴۴-۱-۲-۱۰- اختلاط در اثر وزش باد.....
- ۱۴۷-۲-۲-۱۰- اختلاط در اثر جزر و مد.....
- ۱۵۰-۳-۲-۱۰- اختلاط در اثر جریان رودخانه.....
- ۱۵۲-۴-۲-۱۰- بحث: اختلاط ناشی از حفره‌های جزر و مدی.....
- ۱۵۴-۳-۱۰- کاربردها.....
- ۱۵۴-۱-۳-۱۰- زبانه شوری.....
- ۱۵۷-۲-۳-۱۰- چرخش عمودی ماندگار.....
- ۱۵۹-۴-۱۰- اختلاط آشفته‌گی و ضریب انتشار در مصب‌ها.....
- ۱۶۰-۵-۱۰- کاربردها.....
- ۱۶۰-۱-۵-۱۰- کاربرد شماره ۱: دریاچه اینو-هانا، هاماماتسو (ژاپن).....
- ۱۶۱-۲-۵-۱۰- کاربرد شماره ۲: رود ایپرایا، کوپینزلند (استرالیا).....
- ۱۶۳-۳-۵-۱۰- کاربرد شماره ۳: تنگه گبیرالتار.....
- ۱۶۴-۶-۱۰- پیوست ۱- مشاهده‌های اختلاط و ضریب انتشار در مصب‌ها.....
- ۱۶۵-۱-۶-۱۰- مشاهده‌های میدانی اختلاط در حفره‌های جزر و مدی.....
- ۱۶۵-۷-۱۰- تمرین‌ها.....
- ۱۶۸-۸-۱۰- حل تمرین‌ها.....

تمرین‌های مروری

بخش سوم: مقدمه‌ای بر جریان غیرماندگار در مجاری روباز

فصل یازدهم: جریان‌های غیرماندگار در مجاری روباز؛ ۱- معادله‌های پایه‌ای

- ۱۷۶-۱-۱۱- مقدمه.....
- ۱۷۸-۲-۱۱- معادله‌های پایه‌ای.....

۱۷۸.....	۱-۲-۱۱- معرفی
۱۷۹.....	۲-۲-۱۱- شکل انتگرالی معادله‌های سنت- ونانت
۱۸۲.....	۳-۲-۱۱- شکل دیفرانسیلی معادله‌های سنت- ونانت
۱۸۵.....	۴-۲-۱۱- برآورد مقاومت جریان
۱۸۷.....	۳-۱۱- روش مشخصه‌ها
۱۹۳.....	۲-۳-۱۱- شرایط مرزی
۱۹۶.....	۳-۳-۱۱- کاربرد: انتگرال عددی روش مشخصه‌ها
۲۰۰.....	۴-۱۱- بحث
۲۰۰.....	۱-۴-۱۱- معادله دینامیک
۲۰۱.....	۲-۴-۱۱- محدودیت‌های معادله‌های سنت- ونانت
۲۰۴.....	۳-۴-۱۱- خلاصه
۲۰۴.....	۵-۱۱- تمرین‌ها
۲۰۷.....	۶-۱۱- حل تمرین‌ها

فصل دوازدهم: جریان‌های غیرماندگار در مجاری روباز؛ ۲- کاربردها

۲۱۱.....	۱-۱۲- مقدمه
۲۱۲.....	۲-۱۲- انتشار موج‌ها
۲۱۲.....	۱-۲-۱۲- انتشار یک موج کوچک
۲۱۴.....	۲-۲-۱۲- انتشار یک دبی مشخص (موج یک‌طرفه یا مونوکلینال)
۲۱۵.....	۳-۱۲- مسئله موج ساده
۲۱۵.....	۱-۳-۱۲- معادله‌های پایه‌ای
۲۱۷.....	۲-۳-۱۲- کاربرد
۲۲۰.....	۴-۱۲- امواج ناگهانی مثبت و منفی
۲۲۰.....	۱-۴-۱۲- معرفی
۲۲۱.....	۲-۴-۱۲- موج ناگهانی مثبت
۲۲۸.....	۳-۴-۱۲- موج ناگهانی منفی
۲۳۲.....	۵-۱۲- مسئله موج سینماتیک
۲۳۲.....	۱-۵-۱۲- معرفی
۲۳۲.....	۲-۵-۱۲- بحث
۲۳۳.....	۶-۱۲- مسئله موج پخشیدگی
۲۳۳.....	۱-۶-۱۲- معرفی
۲۳۵.....	۲-۶-۱۲- بحث
۲۳۷.....	۳-۶-۱۲- روش کانژ- ماسکینگام
۲۳۹.....	۷-۱۲- پیوست ۱- توابع خطای گوسی
۲۳۹.....	۱-۷-۱۲- تابع خطای گوسی
۲۴۰.....	۲-۷-۱۲- تابع خطای مکمل
۲۴۰.....	۸-۱۲- تمرین‌ها
۲۴۲.....	۹-۱۲- حل تمرین‌ها

فصل سیزدهم: جریان‌های غیرماندگار در مجاری روباز؛ ۳- کاربرد موج شکست سد

- ۲۴۸..... ۱-۱۳- مقدمه
- ۲۵۱..... ۲-۱۳- موج ناشی از شکست سد در آبراهه‌های افقی
- ۲۵۱..... ۱-۲-۱۳- شکست سد در یک مجرای خشک
- ۲۵۵..... ۲-۲-۱۳- شکست سد در یک مجرای افقی از ابتدا پر شده با آب
- ۲۶۱..... ۳-۱۳- اثرات مقاومت جریان
- ۲۶۱..... ۱-۳-۱۳- اثر مقاومت جریان بر موج شکست سد روی مجرای افقی
- ۲۶۴..... ۲-۳-۱۳- موج شکست سد روی یک مجرای شیب‌دار
- ۲۶۸..... ۳-۳-۱۳- سایر شرایط موج شکست سد
- ۲۶۸..... ۴-۱۳- شکست سد خاکی
- ۲۶۸..... ۱-۴-۱۳- مقدمه
- ۲۷۰..... ۲-۴-۱۳- شکاف خاکریز
- ۲۷۴..... ۵-۱۳- سایر شرایط جریان
- ۲۷۸..... ۶-۱۳- تمرین‌ها
- ۲۸۰..... ۷-۱۳- حل تمرین‌ها

فصل چهاردهم: مدل‌سازی عددی جریان‌های غیرماندگار در مجاری روباز

- ۲۸۱..... ۱-۱۴- مقدمه
- ۲۸۴..... ۲-۱۴- روش‌های تفاضل محدود صریح
- ۲۸۵..... ۱-۲-۱۴- روش پخشی لاکس
- ۲۸۹..... ۲-۲-۱۴- روش جهشی (لیپ فراگ)
- ۲۹۰..... ۳-۲-۱۴- بحث
- ۲۹۰..... ۳-۱۴- روش‌های تفاضل محدود ضمنی
- ۲۹۲..... ۴-۱۴- تمرین‌ها

تمرین‌های مروری

بخش چهارم: برهم‌کنش میان جریان آب و محیط پیرامون

فصل پانزدهم: برهم‌کنش میان جریان آب و محیط پیرامون؛ ۱- مقدمه

- ۳۰۱..... ۱-۱۵- معرفی
- ۳۰۴..... ۲-۱۵- واژگان علمی
- ۳۰۵..... ۳-۱۵- ساختار این بخش

فصل شانزدهم: برهم‌کنش میان جریان آب و محیط پیرامون؛ ۲- فرایند انتقال رسوب

- ۳۰۶..... ۱-۱۶- مقدمه
- ۳۰۷..... ۲-۱۶- ویژگی‌های فیزیکی رسوبات
- ۳۰۷..... ۱-۲-۱۶- مقدمه

۳۰۸	۱۶-۲-۲- سرعت سقوط ذره
۳۱۰	۱۶-۳- آستانه حرکت بستر رسوبی
۳۱۰	۱۶-۳-۱- مقدمه
۳۱۱	۱۶-۳-۲- آستانه حرکت بار بستر
۳۱۲	۱۶-۳-۳- آستانه تعلیق رسوبات
۳۱۳	۱۶-۴- انتقال رسوبات
۳۱۳	۱۶-۴-۱- نرخ انتقال بار بستر
۳۱۳	۱۶-۴-۲- نرخ انتقال تعلیق
۳۱۵	۱۶-۵- نرخ انتقال بار رسوبی کل
۳۱۵	۱۶-۵-۱- معرفی
۳۱۶	۱۶-۵-۲- مقاومت جریان در آبراهه‌های طبیعی
۳۱۷	۱۶-۵-۳- محاسبات طراحی
۳۱۸	۱۶-۶- تمرین‌ها

فصل هفدهم: برهم‌کنش میان جریان آب و محیط پیرامون؛ ۳- خودهوادهی

۳۲۰	۱۷-۱- مقدمه
۳۲۰	۱۷-۲- هوادهی سطح آزاد در جریان‌های آشفته: سازوکارهای پایه‌ای
۳۲۰	۱۷-۲-۱- معرفی
۳۲۱	۱۷-۲-۲- سازوکار هوادهی موضعی / منفرد: ورود هوا در جت‌های غوطه‌ور
۳۲۵	۱۷-۲-۳- فرایند هوادهی بین‌وجهی: خودهوادهی روی سرریز پلکانی
۳۲۸	۱۷-۲-۴- فرایند هوادهی بین‌وجهی: خودهوادهی در وجه مشترک جت آب
۳۲۹	۱۷-۳- تحلیل ابعادی و تشابه
۳۲۹	۱۷-۳-۱- مقدمه
۳۳۰	۱۷-۳-۲- کاربردها
۳۳۱	۱۷-۳-۳- تشابه دینامیکی و اثرات مقیاس
۳۳۴	۱۷-۴- روش‌شناسی پایه‌ای در مطالعات جریان هوا-آب
۳۳۴	۱۷-۴-۱- مقدمه
۳۳۵	۱۷-۴-۲- پردازش سیگنال و تحلیل داده‌ها
۳۴۰	۱۷-۴-۳- اندازه‌گیری‌های جریان غیرماندگار
۳۴۳	۱۷-۵- کاربردها
۳۴۳	۱۷-۵-۱- کاربرد جریان جت غوطه‌ور
۳۴۸	۱۷-۵-۲- کاربرد جریان روی سرریزهای پلکانی
۳۵۳	۱۷-۶- پیوست ۱- پخش حباب هوا در جریان جت غوطه‌ور
۳۵۸	۱۷-۷- پیوست ۲- پخش حباب هوا در جریان‌های فوق‌بحرانی خودهوادهی شده
۳۶۲	۱۷-۸- پیوست ۳- پخش حباب هوا در جت‌های آبی با سرعت زیاد
۳۶۵	۱۷-۹- تمرین‌ها

بخش پنجم: پیوست‌ها

- پیوست ۱- واژه‌نامه تخصصی ۳۶۸
- پیوست ۲- فهرست نمادها ۴۰۷
- پیوست ۳- ثابت‌ها و ویژگی‌های سیال ۴۱۷
- پ ۱-۳- شتاب ثقل ۴۱۷
- پ ۲-۳- ویژگی‌های آب ۴۱۷
- پ ۳-۳- ویژگی‌های گاز ۴۱۷
- پیوست ۴- تبدیل واحدها ۴۲۰
- پ ۱-۴- مقدمه ۴۲۰
- پ ۲-۴- واحدها و ضریب‌های تبدیل ۴۲۰
- پیوست ۵- منابع و مراجع ۴۲۲

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

امروزه بسیاری از منابع آب سطحی و زیرزمینی در معرض آلودگی شدید قرار دارند. از علل آلودگی رودخانه‌ها می‌توان به ورود پساب کارخانه‌ها، زباله‌های شهری، فاضلاب شهری و مواد نفتی و روغنی و کودهای شیمیایی کشاورزی اشاره کرد. ورود این مواد آلاینده تهدیدی بسیار جدی برای منابع آبی تلقی می‌شود. به همین دلیل، مبحث انتقال آلودگی و برآورد میزان آن یکی از مسائل مهم در علم مهندسی رودخانه و محیط‌زیست به حساب می‌آید. این موضوع مدت‌هاست که توسط پژوهشگران در حال بررسی است و تاکنون روش‌های مختلفی برای برآورد میزان و نحوه انتقال و انتشار مواد آلاینده و جابه‌جایی و پخش مواد محلول در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها، خلیج‌ها و مصب‌ها توسعه یافته است. گفتنی است وجود عواملی همچون آشفتگی جریان در پهنه‌های آبی، واکنش‌پذیری برخی از مواد آلاینده، هوادهی سطح آزاد و غیره، برآورد میزان انتقال و انتشار آلودگی را با مشکل مواجه ساخته است.

مراجع زیادی در زمینه هیدرولیک جریان‌های روباز وجود دارد. اما در هیچ‌یک از این منابع در مورد دیدگاه محیط‌زیستی هیدرولیک جریان در مجاری روباز و همچنین مباحثی مانند اختلاط و انتشار آشفتگی، جابه‌جایی و پخش مواد محلول و مسئله هوادهی در مجاری روباز با شرایط هندسی مختلف بحث نشده است. هدف اصلی از ترجمه این کتاب در اختیار قراردادن مرجعی مناسب برای محاسبات آلودگی و انتشار آن و ایجاد ایده‌های جدید در این زمینه است.

کتاب حاضر که در قالب ۴ بخش و ۱۷ فصل تدوین شده است، مجموعه‌ای کامل و جامع در خصوص موضوع‌های مربوط به اصول و مبانی جریان در مجاری روباز، اختلاط و انتشار آشفتگی در رودخانه‌ها و مصب‌ها، جریان‌های غیرماندگار در مجاری روباز و بررسی برهم‌کنش میان آب جاری و محیط پیرامون است که توسط پروفسور هیوبرت چانسون تألیف و گردآوری شده است. کمبود منابع فارسی در زمینه هیدرولیک جریان در مجاری روباز با نگرش محیط‌زیستی و همچنین نو بودن موضوع انتقال و انتشار آلودگی در رودخانه‌ها انگیزه اصلی مترجم برای ترجمه این کتاب بوده است. در ترجمه این کتاب سعی بر این بوده که مطالب با کمترین نقص ارائه گردد تا قابل‌استفاده استادان، دانشجویان و متخصصان علوم مرتبط با مهندسی رودخانه، انتقال آلودگی و محیط‌زیست باشد و آنها را در دستیابی به مطالب جدیدتر یاری کند. با این حال، بدون تردید کتاب حاضر عاری از اشکال نیست؛ بنابراین ضمن پوزش به دلیل وجود اشکال‌های احتمالی، از خوانندگان محترم تقاضا می‌شود که اشتباه‌های مشاهده‌شده را همراه با انتقادهای و پیشنهادهای خود به نشانی مترجمان ارسال کنند تا در چاپ‌های بعدی از آنها استفاده شود.

در پایان بر خود لازم می‌دانم از آقایان دکتر ناصر شکری، دکتر یونس امین‌پور، دکتر سیدمجید موسوی، مهندس مهدی مسافری، دکتر فیروز قاسم‌زاده، مهندس امین سیدزاده و مهندس بابک دیالمه که بازخوانی متن این کتاب را انجام دادند، تشکر و قدردانی کنم.

محسن نصرآبادی

پیشگفتار

رودخانه‌ها نقش اساسی در شکل‌گیری چشم‌اندازهای سیاره ما ایفا می‌کنند (شکل ۱). مقادیر دبی جریان رودخانه از صفر در دوره‌های خشکسالی به مقادیر بسیار زیاد در دوره‌های سیلاب تغییر می‌کنند. برای مثال، حداکثر دبی سیلاب در رودخانه آمازون در اوبیدوس^۱ حدود $370000 \text{ m}^3/\text{s}$ مشاهده شده است (هرژی^۲، ۲۰۰۲). این رقم با دبی‌های متوسط سالانه رودخانه کانوگو^۳ ($3 \text{ m}^3/\text{s}$) ۴۱۰۰۰ در دهانه رودخانه و رودخانه ماری-دارلینگ^۴ ($0.89 \text{ m}^3/\text{s}$) در دهانه رودخانه قابل‌قیاس است (جدول ۱). زمانی که سیلاب‌های دوره‌ای روی مسیره‌های آبی خشک جریان می‌یابد، حتی نواحی خشک و بیابانی تحت‌تأثیر فعالیت آبرفتی قرار می‌گیرند (شکل ۱-الف). مهندسان هیدرولیک نقش مهم و اساسی در این زمینه ایفا کرده‌اند، اما اغلب با چالش‌های فنی زیادی نظیر جریان‌های چندفازی و برهم‌کنش بین سیالات و زندگی موجودات زنده مواجه بوده‌اند. از سوی دیگر، این مهندسان برای قرن‌ها طلایه‌دار علم بودند. برای مثال، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در اوایل دوران باستان در ارمنستان و ایران، قنات‌های رومی و سامانه کانال کشتیرانی گراند در چین توسعه یافت. به عقیده نویسنده، پیچیدگی مهندسی هیدرولیک ارتباط تنگاتنگی با موارد زیر دارد:

۱- مقیاس هندسی سامانه‌های آبی: برای نمونه از کمتر از ۱۰ مترمربع برای الگوی فرسایش خاک (برای نمونه جوی‌های کوچک) تا بیش از ۱۰۰۰ کیلومترمربع برای یک حوزه آبریز و سطح اقیانوس با مساحت بیش از 10^6 کیلومترمربع؛

۲- محدوده گسترده مقیاس‌های زمانی: برای نمونه، این مقیاس برای یک موج شکننده کمتر از ۱ ثانیه، برای فرایندهای جزر و مدی حدود 10^4 ثانیه، برای مخازن حدود 10^8 ثانیه و برای جریان در دریاها عمیق حدود 10^9 ثانیه است.

جدول ۱- مشخصات طولانی‌ترین رودخانه‌های دنیا

ردیف	رودخانه	طول (km)	مساحت حوزه آبریز (km ²)	دبی متوسط سالانه (m ³ /s)	نرخ انتقال رسوب متوسط (tons/day)
۱	رودخانه آمازون (آمریکای جنوبی)	۶۴۰۰	۶۰۰۰۰۰	۱۸۰۰۰۰	۱۳۰۰۰۰۰
۲	رودخانه کونگو (آفریقا)	۴۷۰۰	۳۷۰۰۰۰	۴۱۰۰۰	-
۳	رودخانه یانگتسز (آسیا)	۶۳۰۰	۱۸۰۸۵۰۰	۳۱۰۰۰	-
۴	رودخانه ینسیسی (آسیا)	۵۵۴۰	۲۵۸۰۰۰۰	۱۹۸۰۰	-
۵	رودخانه پارانا (آمریکای جنوبی)	۴۸۱۰	۲۸۰۰۰۰۰	۱۷۲۹۳	-
۶	رودخانه می‌سی‌سی‌پی (آمریکای شمالی)	۵۹۷۱	۳۱۰۰۰۰	۱۷۰۰۰	-
۷	اوب-ایریش (آسیا)	۵۴۱۰	۲۹۷۵۰۰۰	۱۲۷۰۰	-
۸	آمور-آرگون (آسیا)	۴۴۴۴	۱۸۵۵۰۰۰	۱۰۹۰۰	-
۹	ولگا (اروپا)	۳۵۳۰	۱۲۸۰۰۰۰	۸۰۵۰	-
۱۰	نیل (آفریقا)	۶۶۵۰	۳۳۴۹۰۰۰	۳۱۰۰	-
۱۱	هوانگ هو (رودخانه زرد) (آسیا)	۵۴۶۴	۷۵۲۰۰۰	۱۸۴۰	۴۴۰۰۰۰۰
۱۲	ماری-دارلینگ (استرالیا)	۳۲۷۰	۱۰۷۲۹۰۵	۰/۸۹	-

متوسط تخلیه سالانه: در دهانه رودخانه

^۱ Amazon River at Obidos

^۲ Herschy

^۳ Congo River

^۴ Murray-Darling River

- ۳- تغییرپذیری جریان‌های رودخانه‌ای: از صفر (رودخانه‌های با بستر خشک در طول خشکسالی) تا سیلاب‌های عظیم؛
- ۴- پیچیدگی مکانیک سیالات پایه‌ای: با معادله‌های حاکم همراه با ناپایداری‌های غیرخطی و طبیعی سیال، برهم‌کنش بین آب، ذرات جامد، هوا و زندگی موجودات زنده؛
- ۵- وابستگی کلی بشر به آب.

بحث

در طول تاریخ همواره مشاجرات فراوانی در اطراف سامانه‌های آبی صورت گرفته است. در انجیل اثر برپایی باد به حضرت موسی و عبرانیان^۱ اجازه داد تا از دریاچه‌ها و باتلاق‌های کم‌عمق به‌منظور مهاجرت دسته‌جمعی عبور کنند. از سوی دیگر، خشکسالی‌هایی به‌صورت مصنوعی ایجاد شدند: برای مثال، در محاصره شهر باستانی خارا خوتو (شهر سیاه)^۲ در سال ۱۳۷۲ پس از میلاد، ارتش چین رودخانه ایزن^۳ (که تأمین‌کننده آب شهر بود) را منحرف کرد. سیلاب‌های مصنوعی یک ارتش یا یک شهر به‌وسیله آشوریان (بابل، عراق)^۴، سال ۶۸۹ پیش از میلاد، اسپارته‌ها (مانتینا، یونان)^۵، ۳۸۴-۳۸۵ پیش از میلاد، چین (رودخانه هوای^۶، ۵۱۵-۵۱۴ پیش از میلاد) ایجاد شدند. برای بیان نمونه‌های شاخص، می‌توان به بمباران هوایی و انفجار سد در سال ۱۹۴۳ به‌وسیله کشور انگلستان اشاره کرد. سیل مصنوعی ایجادشده با تخریب موج‌شکن‌ها نقش مهمی در چندین جنگ داشته است. برای مثال، جنگ بین شهرهای لاگاس و اوما (آشور)^۷ در حدود ۲۵۰۰ سال پیش از میلاد برای کنترل سیستم‌های آبیاری و موج‌شکن‌ها رخ داد.

قرن ۲۱ با ناپایداری‌های سیاسی در اطراف سامانه‌های آب روبه‌رو خواهد شد. موضوعات مربوط به سامانه‌های آب شیرین ممکن است نقطه کانونی مشاجرات آینده باشد. برای مثال، می‌توان به حوزه آبریز رودخانه‌های دجله و فرات و رودخانه مکونگ اشاره کرد. دامنه مشکلات مربوطه بسیار گسترده و پیچیده است: برای مثال، کیفیت آب، آلودگی، سیل و خشکسالی. به‌عنوان نمونه، می‌توان به فاجعه دریای آرال با شکل‌گیری تنگه باریک و دائمی خشک بین بخش شمالی دریای آرال و بخش جنوبی آن از سال ۱۹۸۷ تاکنون اشاره کرد (والتام و شولجی^۸، ۲۰۰۱).

این کتاب برای ورود دانشجویان، استادان و مدیران به چالش‌های جریان در مجاری روباز و هیدرولیک محیط‌زیستی توسعه یافته است. پس از بیان مقدمه‌ای مختصر در بخش اول، در بخش دوم مبحث اختلاط و انتشار مواد محلول در رودخانه‌های طبیعی معرفی می‌شود. در بخش سوم این کتاب مقدمه‌ای در مورد جریان غیرماندگار در مجاری روباز ارائه شده است و برهم‌کنش بین جریان آب و محیط پیرامون در بخش چهارم بحث خواهد شد.

همان‌گونه که اشاره شد، در بخش دوم کتاب اختلاط و انتشار مواد آلاینده در سامانه‌های طبیعی بیان می‌شوند. کاربردهای این مبحث عبارت‌اند از: رهایی فاضلاب غنی از مواد آلی و غذایی به اکوسیستم (برای مثال از فاضلاب تصفیه‌شده)، خفه‌شدن جلبک‌ها و مرجان‌های دریایی، رواناب ناشی از رگبار هنگام وقوع سیلاب و تزریق آب گرم از یک تخلیه‌گاه صنعتی (برای مثال، در یک نیروگاه خنک‌کننده).

^۱ Moses and Hebrews

^۲ Khara Khoto (Black City)

^۳ Ezen River

^۴ Assyrians (Babylon, Iraq)

^۵ Spartans (Mantinea, Greece)

^۶ Huai River

^۷ Lagash and Umma (Assyria)

^۸ Waltham and Sholji



شکل ۱- تصاویری از رودخانه‌های طبیعی؛ الف- سیلاب کوچک در رودخانه گاسکوین^۱ (استرالیا). این رودخانه حوزه آبریزی به مساحت ۶۷۷۷۰ کیلومترمربع و گستره‌ای به طول ۶۳۰ کیلومتر در خشکی دارد. بارش سالانه در این حوزه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر است و این رودخانه فصلی محسوب می‌شود. به‌طورمعمول دو دوره جریان در طول سال پس از بارش فصلی وجود دارد، اما با این حال جریان در این رودخانه شاید هر ۵-۶ سال رخ دهد. ب- رود تینگالپا^۲ (استرالیا) در جزر زیاد در حدود ۹ کیلومتری دهانه رودخانه.

برای مثال، هنگامی که رهایی ناگهانی فاضلاب در یک آبراهه رخ می‌دهد، برآورد زمان رسیدن توده ماده آلاینده، غلظت حداکثر و مدت زمان آلودگی برای دانشمندان منابع آب بسیار اهمیت دارد. نظریه پایه‌ای جابه‌جایی و پخش مولکولی به جابه‌جایی- پخش آشفتگی در مجاری روباز بسط داده می‌شود. در بخش سوم این کتاب محاسبات جریان متغیر تدریجی بیان می‌شود. در این بخش، ابتدا معادله‌های پایه‌ای جریان‌های یک‌بعدی غیرماندگار در مجاری روباز (یعنی معادله‌های سنت- ونانت و روش خطوط مشخصه در فصل یازدهم) معرفی می‌شوند. سپس کاربردهای ساده این مبحث بیان خواهند شد. انتشار موج و موج‌های ناگهانی مثبت و منفی در فصل دوازدهم و مسئله موج شکست سد در فصل سیزدهم بحث می‌شود. همچنین مدل‌های عددی ساده در فصل چهاردهم تشریح می‌شوند. با توجه به اینکه برهم‌کنش شدیدی میان جریان‌های آشفتنه و محیط پیرامون وجود دارد، در بخش چهارم مفاهیم پایه‌ای انتقال ذرات جامد (فصل شانزدهم) و اختلاط آب و هوا در سطوح آزاد (فصل هفدهم) معرفی می‌شود. در پایان، بخش پیوست‌ها شامل واژگان تخصصی، فهرست نمادها، ثابت‌ها و ویژگی‌های سیال، تبدیل واحدها و در نهایت منابع و مراجع ارایه شده است.

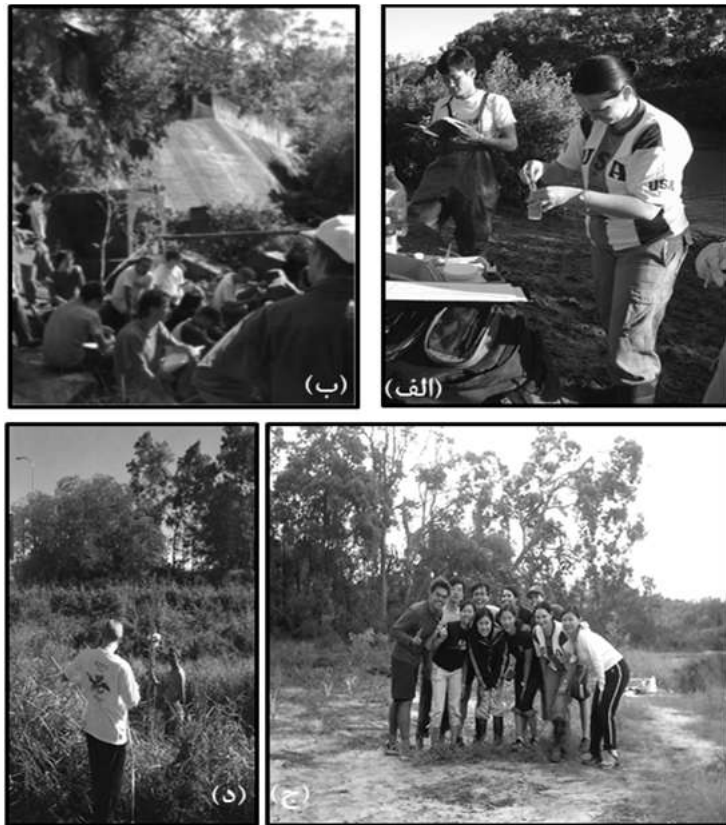
بحث

مواد درسی این کتاب براساس تجربیات نویسنده در دانشگاه کوئینزلند و دیگر دانشگاه‌ها به رشته تحریر درآمده است. این مباحث در وهله اول برای دانشجویان دوره کارشناسی مهندسی عمران، مهندسی محیط‌زیست و مهندسی آب مطرح شده‌اند. نویسنده، بخش اول این کتاب را در سال‌های دوم و سوم و بخش‌های دوم و سوم را به‌عنوان مباحث پیشرفته و انتخابی در سال چهارم دوره کارشناسی تدریس کرده است. برخی از مباحث بخش چهارم به‌طور معمول در درس هیدرولیک پیشرفته بیان می‌شوند که این درس در سطوح تحصیلات تکمیلی ارایه می‌شود.

نویسنده همچنین خاطر نشان می‌کند که مطالعه‌های میدانی بخش ضروری و جداناپذیر برای مباحث درسی مرسوم در هیدرولیک محیط‌زیست محسوب می‌شوند. در زمینه موضوعات دوره کارشناسی، کاربردهای طراحی در کلاس درس به شرایط ساده جریان و شرایط مرزی محدود می‌شود که برای آن معادله‌های پایه به‌صورت تحلیلی یا با مدل‌های ساده حل خواهند شد. بازدهی‌های میدانی (شکل ۲) برای تشریح شرایط واقعی و تخصصی و برهم‌کنش پیچیده بین تمام محدودیت‌های مهندسی و غیرمهندسی ضروری هستند.

^۱ Gascoyne River

^۲ Tingalpa Creek



شکل ۲- تصاویر دانشجویان دوره کارشناسی در حال بازدید میدانی. الف- اختلاط در مصب در رود ایپراپا. ب- بررسی میدانی دانشجویان درس طراحی هیدرولیکی روی سد کورومبین. ج- گروهی از دانشجویان پس از ۱۲ ساعت بررسی میدانی مصب. د- دانشجویان درس طراحی در حال پیمایش یک سیلاب‌دشت.

نویسنده این کتاب تاکنون بازدیدهای میدانی دوره کارشناسی را در رشته مهندسی آب به مدت بیش از ۱۰ سال و برای بیش از ۱۰۰۰ دانشجو سازماندهی کرده است. شکل ۲ نمونه‌های اخیر را نشان می‌دهد. شکل ۲- الف دانشجویان کلاس اختلاط و انتشار را در حال انجام ارزیابی اکولوژیک ناحیه مصب یک رودخانه نشان می‌دهد. در این دوره دانشجویان به مدت ۱۲ ساعت پارامترهای هیدرودینامیک و کیفیت آب، جمعیت ماهیان، رفتار پرندگان، حیات وحش را در چهار محل بررسی کردند (چانسون و همکاران، ۲۰۰۳). آنها کارهای خود را به صورت گزارش کار گروهی و آرایه شفاهی در حضور دانشجویان، مدرسان و اساتید دیگر آرایه دادند. در شکل ۲- ب دانشجویان طراحی هیدرولیکی بر روی سد کرومبین^۱ نشان داده شده است که از سال ۱۹۲۶ مملو از رسوب و بی‌استفاده شده است. در این دوره بازدیدها و آزمایش‌های میدانی بر فرایندهای انتقال رسوبات در حوزه آبریز متمرکز شد. دانشجویان بالادست و پایین دست حوزه آبریز و مخزن پر شده از رسوبات را پیمایش کردند و در مورد امکان استفاده از آن به عنوان جاذبه گردشگری و بحث کردند. شکل ۲- ج دانشجویان طراحی را در حال پیمایش یک سیلاب‌دشت در بریزبین نشان می‌دهد. دانشجویان در حال کار در گروه‌های مختلف،

^۱ Korrumbyn Creek Dam

هشت مقطع از رودخانه شامل کالورت‌ها و سیلاب‌دشت‌های عریض را پیمایش کردند. هر گروه محاسبات هیدرولیکی را برای دبی طراحی و دبی‌های کمتر از دبی طراحی انجام داد و طراحی‌های جدیدی برای سیلاب‌ای بزرگ‌تر انجام دادند.

بازخورد دانشجویان نشان داد که بازدیدهای میدانی را در تدریس مهندسی هیدرولیک نقش قابل توجهی دارد (چانسون، ۲۰۰۴ج). ۷۸ درصد دانشجویان به شدت بر این عقیده بودند که کار میدانی مؤلفه مهمی از موضوع است. ۸۴ درصد دانشجویان به شدت موافق بودند که تمامی کارها و بازدیدهای میدانی مؤلفه‌های ضروری و حیاتی در مهندسی عمران و محیط‌زیست محسوب می‌شوند. ۸۶ درصد دانشجویان بر این عقیده بودند که بازدیدهای میدانی به معنای واقعی کلمه نقش حیاتی در درک مهندسی بازی می‌کند و ۱۰۰ درصد آنها خاطر نشان کردند که کارهای میدانی زیر نظر استاد درس یک ضرورت اساسی برای فارغ‌التحصیلان مهندسی عمران و محیط‌زیست است. اگرچه بایستی خاطر نشان شود که آماده‌سازی، هماهنگی و سازماندهی کارهای میدانی با کلاس‌های با تعداد زیاد دانشجویان بسیار دشوار است، ولی خروجی برای دانشجویان و استادان بسیار جالب و مفید خواهد بود. در پایان نویسنده خوشحالی بسیار زیاد خود را در تشویق دانشجویان به بازدیدهای میدانی در زمینه مهندسی هیدرولیک برای بیش از یک دهه ابراز می‌دارد.

هیوبرت چانسون

استاد دانشگاه کوئینزلند استرالیا

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

درباره مؤلف

هیوبرت چانسون از سال ۱۹۹۰ استاد مکانیک سیالات محیط‌زیست و مهندسی آب در دانشگاه کوئینزلند است. او در سال ۱۹۶۱ در پاریس (فرانسه) متولد شد. و در حال حاضر، در بریزین استرالیا با همسرش یاهوی چو (کارن) و فرزندانش برنارد و نیکول زندگی می‌کند. وی در سال ۱۹۸۳ مدرک کارشناسی مهندسی هیدرولیک را از مدرسه هیدرولیک گرینوبل فرانسه^۱ و در سال ۱۹۸۴ مدرک کارشناسی ارشد را از مؤسسه مهندسی هسته‌ای ساکلی^۲ دریافت کرد. از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۸۶ در بخش صنعت کشور فرانسه به‌عنوان مهندس تحقیق و توسعه در کمیسیون انرژی اتمی و از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۰ به‌عنوان متخصص رایانه در مکانیک سیالات برای شرکت تامسون^۳ فعالیت کرد. همچنین ایشان از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۸۸ در دانشگاه کانتربری (نیوزلند)^۴ به‌عنوان بخشی از پروژه دکتری خود تحصیل کردند. او در ۱۹۹۹ به‌خاطر یافته‌های پژوهشی برجسته و مهم در جریان‌های حباب‌دار گاز-مایع، مفتخر به کسب یک مدرک دکتری مهندسی از دانشگاه کوئینزلند شد. در سال ۲۰۰۳ انجمن بین‌المللی مهندسی و تحقیقات هیدرولیک (IAHR) او را برای دریافت جایزه آرتور آپین^۵ برای یافته‌های مهم و قابل توجه در زمینه مهندسی هیدرولیک معرفی کرد. این جایزه به‌عنوان بالاترین یافته در تحقیقات هیدرولیک شناخته می‌شود.

علاقه پژوهشی وی، طراحی سازه‌های هیدرولیکی، مطالعات آزمایشگاهی جریان‌های دوفازی، هیدرودینامیک سواحل، مدل‌سازی کیفیت آب، مدیریت محیط‌زیست و منابع طبیعی را پوشش می‌دهد. او تا به حال چند کتاب در این زمینه‌ها تألیف کرده است: طراحی هیدرولیکی سرریزهای پلکانی و کانال‌ها (پرگامون، ۱۹۹۵)، ورود حباب‌های هوا در جریان‌های برشی متلاطم با سطوح آزاد، مقدمه‌ای بر هیدرولیک جریان در مجاری روباز و هیدرولیک سرریزها و تنداب‌های پلکانی. او به‌عنوان نویسنده همکار در کتاب دیگری به نام مکانیک سیالات برای متخصصان اکولوژی نیز فعالیت کرده است. گفتنی است کتاب درسی وی با نام مقدمه‌ای بر هیدرولیک جریان در مجاری روباز به‌زبان چینی و اسپانیایی ترجمه شده است و همچنین ویرایش دوم این کتاب در انتشارات الزویر به چاپ رسیده است. ایشان تا به حال بیش از ۲۰۰ مقاله بین‌المللی منتشر کرده‌اند و کارهای او از سال ۱۹۹۰ تاکنون بیش از ۱۰۰۰ بار ارجاع‌دهی شده‌اند. هیوبرت چانسون به‌عنوان مشاور بخش دولتی و شرکت‌های خصوصی نیز فعالیت کرده است.

هیوبرت چانسون تاکنون شش جایزه از آکادمی علوم استرالیا دریافت کرده است. در سال ۱۹۹۵ او به‌عنوان استاد مدعو در دانشگاه چنگ‌کانگ (کشور تایوان) و در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱ به‌عنوان همکار پژوهشی مدعو در دانشگاه فنی توپوهاشی (ژاپن) فعالیت کرد. در سال ۲۰۰۴ او همکار پژوهشی مدعو در دو دانشگاه فرانسوی^۶ و در دانشگاه مک‌گیل (کانادا) بود.

هیوبرت چانسون در سال ۱۹۹۸ در کنفرانس مهندسی سیالات در هوادهی جریان (ASME)، اولین کنفرانس بین‌المللی فدراسیون بین‌المللی مدیریت محیط‌زیست IFEMS (ژاپن، ۲۰۰۱)، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران ICCE (اصفهان، ایران، ۲۰۰۳)، سی‌امین کنفرانس دوسالانه

^۱ Hydraulic Engineering School of Grenoble, France (ENSHMG)

^۲ Nuclear Engineering Institute of Saclay (INSTN)

^۳ Thomson-CSF

^۴ University of Canterbury (New Zealand)

^۵ Arthur Ippen Award

^۶ Laboratoire Central des Ponts et Chaussées and Université de Bretagne Occidentale (France)

IAHR (یونان، ۲۰۰۳) و کنفرانس بین‌المللی هیدرولیک سدها و سازه‌های هیدرولیکی HDRS (ایران، ۲۰۰۴) به‌عنوان سخنران کلیدی دعوت شده است. همچنین چندین کارگاه آموزشی در مورد ویژگی‌های جریان اطراف سازه‌های هیدرولیکی (دانشگاه نیهون، ژاپن، ۱۹۹۸)، کارگاه بین‌المللی هیدرولیک سرریزهای پلکانی (ETH زوریخ سوییس، ۲۰۰۰)، بیست و نهمین کنگره دوسالانه IAHR (بیجینگ، چین، ۲۰۰۱) برگزار شده است. او به‌عنوان مدرس چندین دوره آموزشی در استرالیا و دیگر نقاط دنیا دعوت شده است (فرانسه، ژاپن و تایوان).

صفحه شخصی او http://www.uq.edu.au/_e2hchans است. او یک سری تصاویر را در وبسایت http://www.uq.edu.au/_e2hchans/photo.html قرار داده که از زمان راه‌اندازی بیش از ۱۰۰۰۰۰ ارجاع دریافت کرد و یک سری از منابع اینترنتی فنی شناخته شده محسوب می‌شود. چاپ مجدد پژوهش‌های وی از وبسایت http://www.uq.edu.au/_e2hchans/reprints.html قابل دریافت است.

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱



بخش اول

مقدمه‌ای بر جریان در مجاری روباز

فصل اول

مقدمه

خلاصه فصل: در این فصل ویژگی‌های سیال و برخی نتایج درباره استاتیک سیالات به‌طور خلاصه مرور می‌شوند. سپس درباره جریان در مجاری روباز بحث خواهد شد.

۱-۱- معرفی

عبارت هیدرولیک به کاربرد اصول و مبانی علم "مکانیک سیالات" در علوم مهندسی آب، مهندسی عمران و محیط‌زیست اطلاق می‌گردد. همچنین مجرای روباز، به مجرای گفته می‌شود که در آن جریان آب با سطح آزاد برقرار است. برای بیان نمونه‌هایی از جریان در مجاری روباز می‌توان به آبراهه‌های طبیعی و رودخانه‌ها اشاره کرد. آبراهه‌های دست‌ساز شامل کانال‌های آبیاری و کشتیرانی، زهکش‌ها، فاضلاب‌ها و لوله‌های آبگذر (کالورت) با مقطع نیمه‌پر و سرریزها هستند. در جریان‌های روباز، سطح آزاد آب در پاسخ به اختلال‌ها و آشفتگی‌های جریان (برای نمونه، در شیب یا عرض کانال) بالا و پایین می‌رود. موقعیت سطح آزاد در مجرا از پیش نامعلوم است. پارامترهای اصلی بررسی‌های هیدرولیکی عبارت‌اند از: هندسه مجرا، ویژگی‌های سیال و ویژگی‌های جریان.

۱-۱-۱- بحث: پیشینه مهندسی هیدرولیک

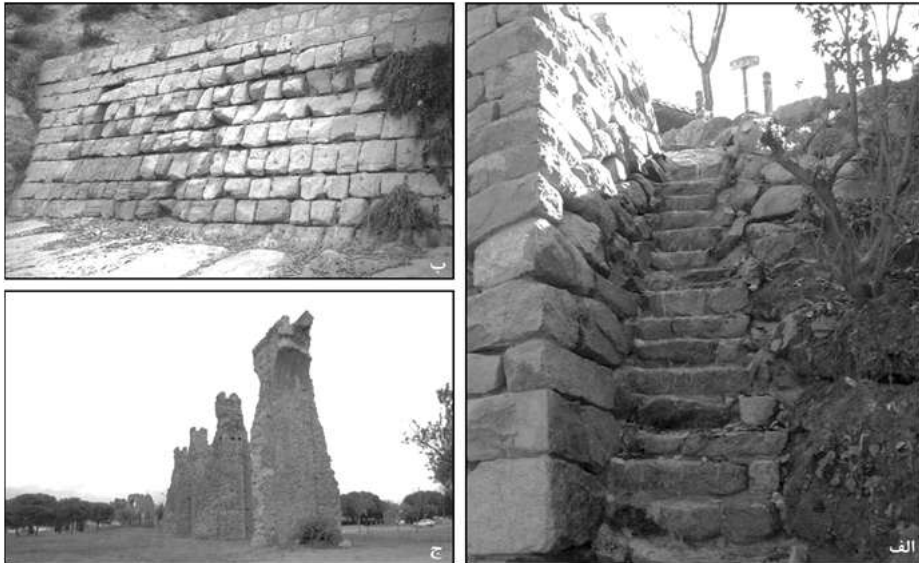
مهندسان هیدرولیک طی قرن‌های متمادی طلایه‌دار علم بوده‌اند (شکل ۱-۱). برای نمونه، با وجود اینکه منشأ نشت آب به‌مدت طولانی موضوع تفکر و تعمق بشر بوده است، هنر بهره‌برداری از آب زیرزمینی در ابتدا در روزگار باستان توسعه یافت. ساخت قنات‌ها^۱ در ارمنستان و ایران یکی از موفقیت‌های خارق‌العاده در علم هیدرولوژی در روزگار باستان محسوب می‌شد. قنات‌های رومی تأسیسات آبی شگفت‌انگیزی بودند و شایستگی و توانایی مهندسان رومی را اثبات کردند. قنات‌هایی به طول ۱۳۲ کیلومتر به‌عنوان یکی از شگفتی‌های دنیا به‌وسیله شاعر مسلمان^۲ خاطر نشان شده است. قنات‌های زیادی برای قرن‌ها استفاده، تعمیر و نگهداری شدند و برخی از آنها هنوز در بخش‌های زیادی استفاده می‌شوند. افزون بر این، کانال کشتیرانی گراند^۳ یکی دیگر از این شگفتی‌هاست که به‌وسیله سرریز انحرافی تیانیپینگ^۴ در کشور چین تغذیه می‌شد. این کانال در سال ۲۱۹ پیش از میلاد تکمیل شد و با ارتفاع ۳/۹ متر و طول تاج ۴۷۰ متر، آب را از رودخانه ژیانگ در کانال‌های شمالی و جنوبی تحویل می‌گرفت، به‌طوری‌که کشتیرانی بین گانگژو (کانتون سابق)، شانگهای و بیجینگ از طریق این کانال انجام می‌شد.

۱ تونل‌های جمع‌آوری آب زیرزمینی حفاری شده با دست

^۲ El Kairouani

^۳ Grand canal

^۴ Tianping Diversion Weir



شکل ۱-۱- مهندسی هیدرولیک در روزگار باستان؛ الف) آبراهه استورم در میا-جیما (ژاپن) در سال ۲۰۰۱. سرریز پلکانی (۱۴) > $h \approx 0.4 \text{ m}$ که در طول قرن دوازدهم پس از میلاد ساخته شد؛ ب) قنات رومی در فرجیس^۲ در سال ۲۰۰۰؛ ج) سد ناباتیان در آبراهه مامشیت^۳ در سال ۲۰۰۱. دیوار سد در پایان قرن اول پیش از میلاد ساخته شد.

پیشرفت علم مهندسی هیدرولیک به تقریب به تأسیس رشته مهندسی عمران به عنوان یک رشته علمی و پایه ریزی ارتش بزرگراهها و پلها^۴ در فرانسه در سال ۱۷۱۶ با تأسیس دانشکده ملی پلها و بزرگراهها در ۱۷۴۷ برمی گردد. در میان مدیران این دانشکده، بسیاری از دانشمندان هیدرولیک همچون سزی (۱۷۹۸-۱۷۱۷) و دی پرونی^۵ (۱۸۳۹-۱۷۵۵) حضور داشتند. سایر استادان معروف این دانشگاه عبارتند از: دی بلیدور^۶ (۱۹۷۶-۱۶۹۳)، بیلانگر^۷ (۱۸۷۴-۱۷۸۹)، برس^۸ (۱۸۸۳-۱۸۲۲)، کوریولیس^۹ (۱۸۴۳-۱۷۹۲) و ناویر^{۱۰} (۱۸۳۵-۱۷۸۵).

۲-۱- ویژگی‌های سیال

جرم مخصوص سیال ρ به صورت جرم در واحد حجم سیال تعریف می‌شود. تمامی سیالات واقعی در مقابل هرگونه نیرویی که سبب حرکت یک لایه روی لایه دیگر شوند مقاومت می‌کنند، ولی این مقاومت فقط در حالتی وجود دارد که حرکت رخ دهد. به مقاومت در مقابل حرکت یک لایه از سیال روی لایه مجاور، لزجت سینماتیک سیال گفته می‌شود. قانون نیوتن فرض می‌کند که برای حرکت موازی و مستقیم یک سیال معلوم، تنش تماسی بین دو لایه مجاور با گرادیان سرعت در جهت عمود بر لایه‌ها به صورت زیر متناسب است:

^۱ Storm waterway at Miya-jima (Japan) below Senjō-kaku wooden hall

^۲ Roman aqueduct in Fréjus, Arches de Sainte Croix, downstream of Chateau Aurélien

^۳ Nabataean Dam on the Mamshit stream

^۴ Corps des Ponts et Chaussées (Bridge and Highway Corps)

^۵ De Prony

^۶ De Bélidor

^۷ Bélanger

^۸ Bresse

^۹ Coriolis

^{۱۰} Navier

۱- ایساک نیوتن (۱۷۲۷-۱۶۴۲) یک ریاضی‌دان انگلیسی بود.

۲- لزجت سینماتیک با نسبت لزجت دینامیک به جرم مخصوص برابر است:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

۳- ویژگی‌های پایه‌ای سیال به صورت خلاصه در جدول ۱-۱ ارائه شده‌اند. فشار اتمسفر استاندارد یا نرمال در سطح دریا برابر با ۳۶۰ میلی‌متر جیوه (Hg) یا ۱۰۱۳۲۵ پاسکال است.

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \quad (1-1)$$

در این رابطه، τ تنش برشی میان لایه‌های سیال مجاور، μ لزجت دینامیک سیال، v سرعت و y جهت عمودی بر حرکت سیال است. در سطح مشترک میان مایع و گاز، مایع و جامد، یا دو مایع مخلوط‌ناپذیر، یک نیروی کششی در سطح مایع اعمال می‌شود و تمایل دارد تا مساحت این سطح را تا بیشترین اندازه کاهش دهد. کشش سطحی، نیروی کشش موردنیاز برای تشکیل غشاء (فیلم)^۱ است.

جدول ۱-۱- ویژگی‌های هوا، آب زلال، آب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار استاندارد اتمسفر

ویژگی‌های سیال	هوا	آب زلال	آب دریا	توضیحات (°C)
ترکیب	نیتروژن (۷۸٪) اکسیژن (۲۱٪) گازهای دیگر (۱٪)	H ₂ O	H ₂ O یون‌های سدیم و کلرید محلول (۳۰ g/kg) و نمک‌های محلول	
جرم مخصوص	۱/۱۹۷	۹۹۸/۲	۱۰۲۴	۲۰
لزجت دینامیک	۱۸/۱×۱۰ ^{-۶}	۱/۰۰۵×۱۰ ^{-۳}	۱/۲۲×۱۰ ^{-۳}	۲۰
کشش سطحی بین هوا و آب	N/A	۰/۰۷۳۶	۰/۰۷۶	۲۰
هدایت الکتریکی (μS/cm)	-	۸۷/۷	۴۸۸۰۰	۲۵

۳-۱- استاتیک سیالات

با در نظر گرفتن یک سیال ساکن (شکل ۱-۲) فشار در هر نقطه از سیال از قانون پاسکال^۲ پیروی می‌کند. برای هر حجم کنترل کوچک، هیچ تنش برشی فعالی روی سطح کنترل وجود ندارد. تنها نیروهای فعال روی حجم کنترل سیال، نیروهای ثقل و فشار هستند. در یک سیال ساکن، فشار در یک نقطه از سیال، مستقل از جهت آن است و مقدار منحصره‌فردی دارد. به این قانون، قانون پاسکال گفته می‌شود. تغییر فشار در یک سیال ساکن از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g \quad (2-1)$$

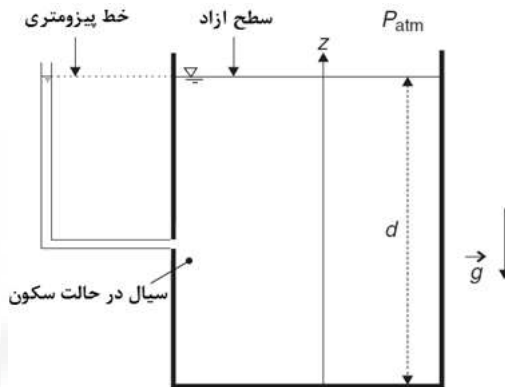
که در این رابطه، P فشار، z جهت عمودی مثبت رو به بالا، ρ جرم مخصوص سیال و g شتاب ثقل است. برای یک بدنه سیال ساکن با سطح آزاد (برای نمونه یک دریاچه) و با جرم مخصوص ثابت، تغییر فشار برابر است با:

$$P(x, y, z) = P_{atm} - \rho g(z - d) \quad (3-1)$$

در این رابطه، P_{atm} فشار اتمسفر (فشار هوا روی سطح آزاد) و d عمق مخزن است (شکل ۱-۲).

^۱ Film

^۲ Pascal's law



شکل ۱-۲- تغییر فشار در یک سیال ساکن

یادداشت

۱- بلایس پاسکال^۱ (۱۶۶۲-۱۶۲۳) یک ریاضی‌دان، فیزیک‌دان و فیلسوف فرانسوی بود. وی نظریه مدرن احتمال را توسعه داد. او همچنین مفهوم فشار را فرمول‌بندی کرد (بین سال‌های ۱۶۴۶ و ۱۶۴۸) و نشان داد که فشار به وسیله سیال در تمامی جهت‌ها منتقل می‌شود (قانون پاسکال).

۲- طبق تعریف، فشار اغلب عمود بر یک سطح عمل می‌کند. بنابراین، نیروی فشاری مؤلفه مماس بر سطح ندارد.

۳- نیروی فشاری فعال روی یک سطح با مساحت محدود که در تماس با سیال است، روی سطح توزیع می‌شود. نیروی برآیند از انتگرال زیر بدست می‌آید:

$$F_p = \int PdA$$

در این رابطه، A مساحت سطح است. در شکل ۱-۲ نیروی فشاری (بر واحد عرض) اعمال شده روی دیواره‌های جانبی مخزن به صورت زیر تعیین می‌شود:

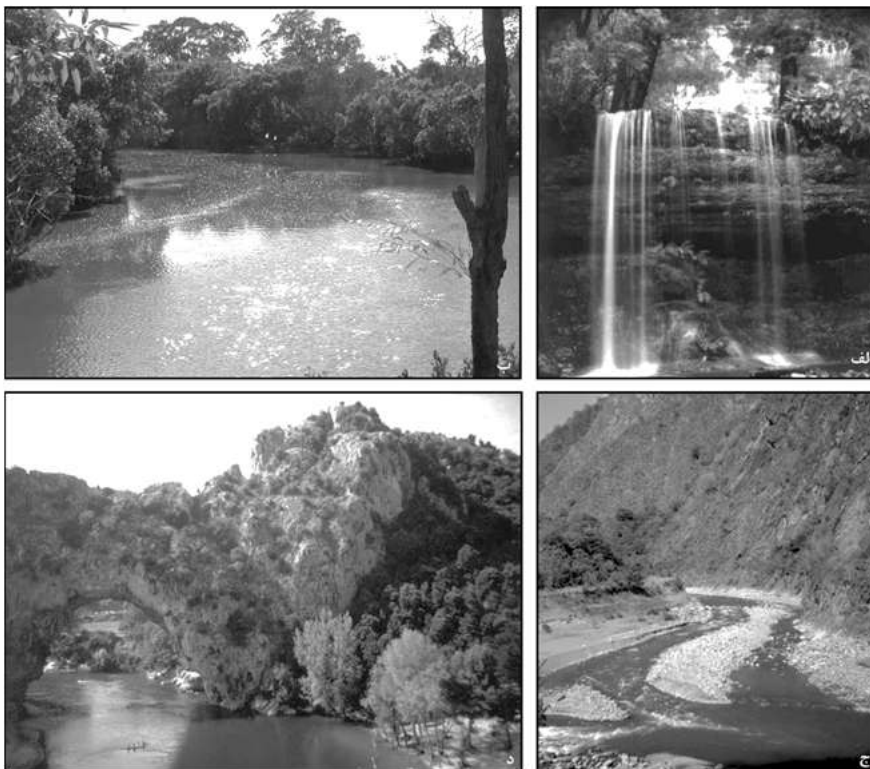
$$F_p = \frac{1}{2} \rho g d^2$$

که نیروی فشاری اعمال شده روی دیواره سمت راست در واحد عرض است.

۱-۴- جریان در مجاری روباز

مجرای روباز، به آبراهه، کانال یا آبگذری اطلاق می‌شود که در آن سیال با سطح آزاد جریان می‌یابد. جریان در مجاری روباز حرکت سیال را در مجرای روباز توصیف می‌کند (شکل ۱-۳). در بیشتر کاربردها، سیال مورد نظر آب است و هوا بر روی جریان به طور معمول ساکن و در فشار اتمسفر استاندارد در نظر گرفته می‌شود. جریان در مجاری روباز در طبیعت افزون بر سازه‌های ساخت بشر مشاهده می‌شود. در طبیعت، هجوم آب‌ها در رودخانه‌های کوهستانی، رودخانه‌های سریع و تندآب‌ها وجود دارد (شکل ۱-۳-الف). جریان‌های ساکن در رودخانه‌های بزرگ و نزدیک به مصب‌ها مشاهده می‌شوند (شکل ۱-۳-ب). رودخانه‌های طبیعی توانایی فرسایش بستر مجرا، حمل مواد رسوبی و ته‌نشینی بارهای رسوبی را دارند (شکل ۱-۳-ج و د).

^۱ Blaise Pascal



شکل ۳-۱- مثال‌هایی از جریان در مجاری روباز؛ الف) رودخانه هسینوولو، ساحل شرقی تایوان^۱ در دسامبر ۱۹۹۸؛ ب) رود اپیراپا، کوئینزلند استرالیا^۲ در تاریخ ۲۴ نوامبر ۲۰۰۳؛ ج) آبشار روسل در تاسمانیا (استرالیا)^۳؛ د- رودخانه‌ای در فرانسه^۴ در جولای ۱۹۷۷

۱-۵- تمرین‌ها

- ۱- مقادیر (و واحدها) زیر را برای سیالات مشخص‌شده و ویژگی‌های فیزیکی معین تعیین کنید:
 - الف- جرم مخصوص آب در فشار اتمسفر و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد.
 - ب- جرم مخصوص هوا در فشار اتمسفر و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد.
 - ج- لزجت دینامیک آب در فشار اتمسفر و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد
 - د- لزجت سینماتیک آب در فشار اتمسفر و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد
 - ه- لزجت سینماتیک هوا در فشار اتمسفر و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد
 - و- کشش سطحی هوا و آب در فشار اتمسفر و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد
 - ز- شتاب ثقل در بریزبین (استرالیا)

- ۲- در یک سیال ساکن، تغییرات فشار با عمق را تشریح کنید.

^۱ Hsinwulu River, Taiwan East coast
^۲ Eprapah Creek, Queensland
^۳ Russel Falls in Tasmania
^۴ Pont d'Arc, Vallée de l'Ardèche (France)