دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکز-گروه مهندسی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)

در رشته مهندسی عمران (گرایش آب)

عنوان

تخمین احتمالاتی عمق آبشستگی پایه پل: کاربرد شبکه‌های بیزی

استاد راهنما

جناب آقای دکترمحمد رضا بازرگان لاری

استاد مشاور

جناب آقای دکتر عباس منصوری

پژوهشگر

نسا صادقی پور

زمستان ۱۳۹۲

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY
Centeral Tehran Branch
Faculty of Water Resources Management- Department of Civil Engineering

"M.Sc" Thesis

subject

Probabilistic Estimation of Scour Depth around Bridge Pier: Application of Bayesian Networks

Advisor
Dr. Mohamad Reza Bazargan-Lari

Consulting
Dr. Abbas Mansoori

By
Nesa Sadeghipour

Winter 2014

سپاس

از استاد گرانقدر دکتر محمدرضا بازرگان لاری

به خاطر تلاش‌های خستگی‌ناپذیر و حمایت‌های دلگرم کننده

تقدیم به

جان و نفسم

خانواده ام

فهرست:

۱ فصل اول: مقدمه ۳

۱-۱ مقدمه ۳

۱-۲ هدف ۴

۱-۳ ساختار پایان‌نامه ۴

۲ فصل دوم: آبشستگی و معرفی معادلات حاکم ۶

۲-۱ مقدمه ۶

۲-۲ آبشستگی ۶

۲-۳ انواع آبشستگی ۷

۲-۳-۱ کف‌کنی و بالا آمدن بستر ۷

۲-۳-۲ آبشستگی در اثر کاهش مقطع ۸

۲-۳-۳ آبشستگی طبیعی ۹

۲-۳-۴ آبشستگی موضعی ۹

۲-۴ الگوهای آبشستگی موضعی ۱۲

۲-۴-۱ الگوی گردابی نعل اسبی ۱۴

۲-۴-۲ الگوی گردابی شیاری ۱۵

۲-۴-۳ الگوی گردابی دنباله دار ۱۵

۲-۴-۴ الگوی گردابی موج کمانی ۱۶

۲-۵ جداشدگی خطوط جریان و منطقه جدایی اطراف پایه ۱۶

۲-۶ مؤلفه‌های مؤثر بر آبشستگی موضعی پایه‌های پل ۲۰

۲-۶-۱ مشخصه‌های هندسی ۲۰
۲-۶-۲ مشخصه‌های هیدرولیکی ۲۱
۲-۶-۳ خصوصیات سیال ۲۱
۲-۶-۴ مشخصه‌های رسوب ۲۲

۲-۷ معرفی معادلات موجود در تعیین عمق آبشستگی ۲۳
۲-۷-۱ روابط آزمایشگاهی اینگلیس و پونا ۲۳
۲-۷-۲ رابطه آزمایشگاهی لارسن وتاچ ۲۴
۲-۷-۳ رابطه صحرائی اینگلیس و لیسی ۲۴
۲-۷-۴ رابطه ایزازد و برادلی ۲۵
۲-۷-۵ رابطه وارزیوتیس ۲۵
۲-۷-۶ رابطه بتا ۲۵
۲-۷-۷ رابطه لی و همکاران ۲۶
۲-۷-۸ رابطه آزمایشگاهی چیتال ۲۸
۲-۷-۹ رابطه آزمایشگاهی لارسن ۲۹
۲-۷-۱۰ رابطه صحرائی احمد ۳۰
۲-۷-۱۱ رابطه صحرائی لاراس ۳۰
۲-۷-۱۲ رابطه نیل ۳۱
۲-۷-۱۳ رابطه آزمایشگاهی مازا و سانچز ۳۲
۲-۷-۱۴ رابطه آزمایشگاهی بروزرس ۳۳
۲-۷-۱۵ رابطه آرونچلام ۳۴
۲-۷-۱۶ رابطه بلنچ ۳۴
۲-۷-۱۷ رابطه آزمایشگاهی کارستنز ۳۵
۲-۷-۱۸ رابطه آزمایشگاهی شن ۳۵

۲–۷–۱۹ رابطه بلنچ و انگلیس ۳۷
۲–۷–۲۰ رابطه شن و مازا ۳۷
۲–۷–۲۱ روابط هانکو ۳۸
۲–۷–۲۲ رابطه کلمن ۳۹
۲–۷–۲۳ روابط آزمایشگاهی نورمن – رادکیوی – ملویل ۳۹
۲–۷–۲۴ رابطه نیل ۴۰
۲–۷–۲۵ رابطه آزمایشگاهی دانشگاه ایالتی کلرادو ۴۰
۲–۷–۲۶ رابطه آزمایشگاهی جین و فیشر ۴۱
۲–۷–۲۷ رابطه کلمن ۴۲
۲–۷–۲۸ رابطه بیکر ۴۲
۲–۷–۲۹ رابطه کادار ۴۲
۲–۷–۳۰ رابطه جین ۴۳
۲–۷–۳۱ رابطه گارد و راجو ۴۳
۲–۷–۳۲ رابطه گایناکتی ۴۴
۲–۷–۳۳ رابطه صحرائی فروهلیچ ۴۴
۲–۷–۳۴ رابطه آزمایشگاهی ملویل و ساترلند ۴۵
۲–۷–۳۵ رابطه آزمایشگاهی ریچاردسون ۴۸
۲–۷–۳۶ رابطه کوتیاری ۴۹
۲–۷–۳۷ رابطه صحرایی جااو و همکاران ۵۰
۲–۷–۳۸ رابطه صحرائی جونز ۵۱
۲–۷–۳۹ رابطه جانسون ۵۲
۲–۷–۴۰ رابطه عددی ریچاردماو ۵۲
۲–۷–۴۱ رابطه ملویل ۵۲

۲-۷-۴۲ رابطه صحرایی وله و باچ ۵۳
۲-۷-۴۳ رابطه دانشگاه ایالتی کلرادو ۵۳
۲-۷-۴۴ رابطه شپرد و همکاران ۵۵

۳ فصل سوم: سابقه تحقیقات انجام شده ۵۸

۳-۱ مقدمه ۵۸
۳-۲ سابقه تحقیقات در خصوص آبشستگی پایه پل ۵۹
۳-۲-۱ تحقیقات آزمایشگاهی ۵۹
۳-۲-۲ تحقیقات مبتنی بر روش‌های عددی ۶۹
۳-۲-۳ تحقیقات مبتنی بر بررسی‌های صحرائی ۷۳
۳-۲-۴ کاربرد روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی ۷۵

۳-۳ سابقه کاربرد شبکه‌های بیزی ۸۰
۳-۴ خلاصه و جمع بندی ۸۶

۴ ساختار مدل پیشنهادی ۸۹

۴-۱ مقدمه ۸۹
۴-۲ ساختار مدل پیشنهادی ۸۹
۴-۲-۱ جمع آوری اطلاعات لازم ۹۲
۴-۲-۲ دسته بندی داده‌های ورودی به دو دسته آموزش و آزمون ۹۲
۴-۲-۳ طراحی شبکه‌های بیزی ۹۳
۴-۲-۴ معرفی مدل GeNIe و اجزاء شبکه بیزی در این مدل ۱۰۱
۴-۲-۵ تعیین خروجی ۱۰۵

۴-۲-۶ تعیین عمق آبشستگی قطعی با استفاده از مقادیر احتمالاتی به دست آمده از مدل GeNIe ۱۰۵
۴-۲-۷ معیارهای ارزیابی شبکه‌های آموزش دیده ۱۰۶
۴-۲-۸ جمع‌بندی ۱۰۷

۵ نتایج ۱۱۰

۵-۱ مقدمه ۱۱۰
۵-۲ داده‌های به کار گرفته شده ۱۱۱
۵-۳ دسته بندی داده‌های آموزش و آزمون ۱۲۴
۵-۴ معرفی بهترین تعداد دسته بندی ۱۲۷
۵-۵ معرفی ترکیب داده‌های ورودی مورد بررسی ۱۳۱
۵-۶ نمونه‌ای از خروجی مدل آموزش دیده برای یک ترکیب خاص از ورودی‌ها ۱۳۵
۵-۷ نتایج حاصل از آموزش ترکیب‌های مختلف ورودی ۱۳۸
۵-۸ مقایسه عملکرد شبکه بیزی آموزش دیده در مقایسه با روابط تجربی مرسوم ۱۴۶
۵-۹ خلاصه و جمع بندی ۱۴۸

۶ خلاصه و جمع بندی ۱۵۱

۶-۱ مقدمه ۱۵۱
۶-۲ خلاصه و جمع بندی ۱۵۲
۶-۳ پیشنهادات ۱۵۴

۷ منابع ۱۵۷

فهرست جداول

جدول۲-۱: مشخصه‌های هندسی مؤثر بر عمق آبشستگی پایه‌های پل ۲۰
جدول۲-۲: مشخصه‌های هیدرولیکی مؤثر بر عمق آبشستگی پایه‌های پل ۲۱
جدول۲-۳: مشخصه‌های سیال مؤثر بر عمق آبشستگی پایه‌های پل ۲۲
جدول۲-۴: مشخصه‌های رسوب مؤثر بر عمق آبشستگی پایه‌های پل ۲۲
جدول۲-۵: ضریب اصلاحی شکل پایه برای تعیین عمق آبشستگی.....۲۷
جدول۲-۶: ضریب تصحیح زاویه پایه نسبت به جریان برای تعیین عمق آبشستگی ۲۸
جدول۲-۷: فاکتور تاثیر زاویه پایه نسبت به جهت جریان.....۳۱
جدول۲-۸: مقادیر $K1$ صریب تأثیر شکل پایه و زاویه جریان ۳۲
جدول۲-۹: مقادیر $K2$ ضریب تأثیر عمق جریان و عرض ۳۲
جدول۲-۱۰: ضریب K ضریب موقعیت قرارگیری پایه ۴۰
جدول۲-۱۱: جدول تعیین ضرایب $Y1$, N بر اساس اندازه ذرات بستر ۴۳
جدول۲-۱۲: مقدار ضریب تأثیر شکل پایه ($Y4$) ۴۴
جدول۲-۱۳: ضریب شکل پایه (Φ) ۴۵
جدول۲-۱۴: مقدار $k\sigma$ با استفاده از انحراف معیار هندسی توزیع ذرات بستر ۴۷
جدول۲-۱۵: ضریب $k2$ با توجه به زاویه هجوم آب و نسبت طول به عرض پایه پل.....۴۹
جدول۲-۱۶: ضریب $k3$ برای تأثیر وضعیت بستر ۴۹
جدول ۴-۱: جدول داده‌های ورودی و مقادیر احتمالاتی بدست آمده از مدل GENIE و مقدار قطعی عمق آبشستگی ۱۰۶
جدول ۵-۱: نام رودخانه‌ها و پل‌های آمریکا استفاده شده در تحقیق(طهماسبی بیرگانی، ۱۳۸۴) .۱۱۲
جدول ۵-۲: آمار و اطلاعات آبشستگی تعدادی از پل‌های آمریکا (طهماسبی بیرگانی، ۱۳۸۴) ...۱۱۴

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: آبشستگی به دلیل تنگ شدگی مقطع(شفاعی بجستان، ۱۳۸۷، ۴۸۴) ۸
شکل ۲-۲: تغییرات نوسانی آبشستگی نسبت به زمان(شفاعی بجستان،۱۳۸۷،۴۸۳) ۱۱
شکل ۲-۳ :تغییرات عمق آبشستگی نسبت به سرعت برشی یا سرعت نزدیک به پایه ۱۱
شکل ۲-۴ : الگوی جریان در اطراف پایه استوانه‌ای پل ۱۳
شکل ۲-۵: جریان رو به پایین و سیستم‌های گردابی اطراف پایه استوانه‌ای پل(شفاعی بجستان، ۴۸۹،۱۳۸۷) ۱۳
شکل ۲-۶: مقطعی از الگوی جریان موضعی در اطراف پایه (MAY, R.W., ACKERS, J.C., KIRBY, A.M.,71, 2002) ۱۳
شکل ۲-۷ :نمایش منطقه جدایی هنگام برخورد سیال با سطح منحنی(حسونی زاده، ۱۳۷۰) ۱۸
شکل ۲-۸ : نمایش منطقه متلاطم پشت پایه پل(حسونی زاده، ۱۳۷۰) ۱۹
شکل ۲-۹: حالت‌های مختلف شکل پایه پل ۲۷
شکل ۲-۱۰: فاکتور شکل پایه نسبت به جهت جریان ۳۱
شکل ۲-۱۱: ضریب اصلاحی $k\sigma$ برای تاثیر ضریب غیر یکنواختی مصالح بستر رودخانه ۴۷
شکل ۴-۱: ساختار مدل پیشنهادی ۹۱
شکل ۴-۲: رابطه بین اثر و عامل ۹۵
شکل ۴-۳: رابطه بین اثرات مشاهده شده به ازاء حالت‌های مختلف ۹۶
شکل ۵-۱: ساختار شبکه طراحی شده و آموزش دیده برای پیش‌بینی احتمالاتی عمق آبشستگی ۱۲۸
شکل ۵-۲: مقادیر احتمال عمق آبشستگی به دست آمده برای هر دسته ۱۲۸
شکل ۵-۳: نمودار آبشستگی اندازه گیری شده در برابر آبشستگی پیش‌بینی شده توسط شبکه بیزی آموزش دیده برای حالت ۶ دسته‌ای ۱۲۹
شکل ۵-۴: نمودار شماره داده ورودی در برابر آبشستگی اندازه گیری شده و پیش‌بینی شده برای حالت ۶ دسته‌ای ۱۳۰

شکل ۵-۵: نمودار شماره داده ورودی در برابر خطای نسبی برای حالت ۶ دسته‌ای..... ۱۳۰
شکل ۵-۶ :نمایی از دسته بندی متغیرهای ورودی به مدل ۱۳۵
شکل ۵-۷: نمایی از مقادیر احتمالاتی عمق آبشستگی به دست آمده از مدل..... ۱۳۶
شکل ۵-۸ :عمق آبشستگی واقعی در برابر عمق آبشستگی پیش‌بینی شده توسط شبکه بیزی آموزش دیده برای حالت شماره ۹۰ ..... ۱۴۲
شکل ۵-۹ :نمودار شماره داده در برابر خطای نسبی برای حالت ۹۰ با ورودی عرض پایه، طول پایه، زاویه پایه، عمق جریان، سرعت جریان و قطر متوسط ذرات بستر ۱۴۳
شکل ۵-۱۰ :نمودار متوسط بازه‌های عمق آبشستگی در برابر مقادیر احتمالاتی پیش‌بینی شده توسط شبکه بیزی آموزش دیده ۱۴۵
شکل ۵-۱۱: نمودار شماره داده ورودی در برابر عمق آبشستگی اندازه گیری شده و پیش‌بینی شده توسط شبکه بیزی آموزش دیده برای حالت شماره ۹۰ ..... ۱۴۵
شکل ۵-۱۲: نمودار عمق آبشستگی اندازه گیری شده در برابر عمق آبشستگی پیش‌بینی شده توسط شبکه بیزی آموزش دیده و معادله CSU 1975..... ۱۴۷
شکل ۵-۱۳: نمودار عمق آبشستگی اندازه گیری شده در برابر عمق آبشستگی پیش‌بینی شده توسط شبکه بیزی آموزش دیده و معادله اینگلیس ۱۹۴۹ ..... ۱۴۸

چکیده

پل‌ها یکی از مهمترین سازه‌های رودخانه‌ای هستند و در شبکه راه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار هستند و از نظر مالی نیز سهم عمده‌ای از هزینه ساخت راه را شامل می‌شوند. ولی هر ساله با وقوع سیلاب تعداد زیادی از آن‌ها تخریب می‌شوند. یکی از دلایل عمده آن آبشستگی اطراف پایه های پل می‌باشد. معادلات تجربی زیادی توسط محققان مختلف جهت تخمین عمق آبشستگی ارائه شده‌است که معمولاً از دقت خوبی برخوردار نیستند. از طرف دیگر تعداد پارامترهای که درایجاد آبشستگی مؤثر هستند زیاد بوده و نحوه تأثیرشان به طور کامل مشخص نشده است و در نتیجه شناخت معادله‌ای که ماکزیمم عمق آبشستگی را با دقت مناسب ارائه دهد، برای طراحی مناسب پایه پل بسیار سودمند خواهد بود.

با پیشرفت‌هایی که در علوم کامپیوتر شده است تا کنون تلاش‌های زیادی جهت تعیین بهترین روش برای مدل کردن در شرایط عدم قطعیت انجام شده است. یکی از جدید ترین روش‌های احتمالاتی شبکه‌های بیزی می‌باشند. شبکه‌های بیزی مدل‌های گرافیکی هستند که برای نشان دادن ساختار بین چندین متغیر اثر گذار بر هم استفاده شده است. شبکه‌های بیزی برای حالاتی مفیداند که وضعیت قبلی بر روی وضعیت فعلی سیستم تأثیر گذار است. با استفاده از این شبکه‌ها می‌توان مقدار متغیر خروجی را بر اساس مشاهدات متغیرهای ورودی تعیین نمود. مدل GeNIe یکی از مدل‌هایی است که می‌توان برای تحلیل شبکه‌های بیزی یا نمودارهای بدون حلقه جهت‌دار ار آن استفاده نمود.

با توجه به تعداد زیاد پارامترهای مؤثر و تأثیرات پیچیده که این عوامل بر عمق آبشستگی دارند و همچنین کارآیی شبکه‌های بیزی در اینگونه مسائل در این تحقیق به ارزیابی کارایی استفاده از شبکه‌های بیزی در تخمین عمق آبشستگی پایه‌های پل پرداخته شده است.

فصل اول : مقدمه

۱ فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه

پل‌ها یکی از مهمترین سازه‌های رودخانه‌ای هستند و در شبکه راه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار هستند و از نظر مالی نیز سهم عمده‌ای از هزینه ساخت راه را شامل می‌شوند. ولی هر ساله با وقوع سیلاب تعداد زیادی از آن‌ها تخریب می‌شوند. یکی از دلایل عمده آن آبشستگی اطراف پایه‌های پل می‌باشد و هنوز با وجود پیشرفت‌های انجام شده در زمینه مصالح ساختمانی و فنون سازه‌ای، تعداد تخریب‌ها روز به روز درحال افزایش است.

برای اینکه طراحی پل‌ها اقتصادی و با ضریب اطمینان بالا باشد باید ماکزیمم عمق آبشستگی به صورت دقیق برآورد شود. معادلات تجربی زیادی توسط محققان مختلف ارائه شده‌است که معمولاً از دقت خوبی برخوردار نیستند. از طرف دیگر تعداد پارامترهای که درایجاد آبشستگی مؤثر هستند زیاد بوده و نحوه تأثیرشان بطور کامل مشخص نشده است و در نتیجه شناخت معادله‌ای که ماکزیمم عمق آبشستگی را با دقت مناسب ارائه دهد، برای طراحی مناسب پایه پل بسیار سودمند خواهد بود.

با پیشرفت‌هایی که در علوم کامپیوتر شده است، بسیاری از مشکلات موجود در مسائلی که دارای عدم قطعیت هستند، می‌تواند با کمک هوش‌مصنوعی برطرف شود. در تعیین مناسب‌ترین روش مبتنی بر هوش مصنوعی، تلاش‌های زیادی انجام شده است. اغلب روش‌های پیشنهاد شده در این زمینه مبتنی بر تئوری احتمالات و منطق فازی هستند. شبکه‌های بیزی از جدیدترین روش‌های احتمالاتی در هوش مصنوعی است. شبکه بیزی یک مدل گرافیکی برای نمایش احتمالاتی بین متغیرهای مورد نظر می‌باشد. با توجه به تعداد زیاد پارامترهای مؤثر و تأثیرات پیچیده که این عوامل بر عمق آبشستگی دارند در این پایان نامه به ارزیابی کارایی استفاده از شبکه‌های بیزی در تخمین عمق آبشستگی پایه‌های پل پرداخته شده است.

۱-۲ هدف

از آنجایی که تعیین عمق آبشستگی در طراحی پایه‌های پل و روش‌های کنترل آن بسیار مؤثر است، پیش‌بینی مقدار آن می‌تواند به ارائه طرح بهینه و کاهش هزینه‌های مالی و جانی ناشی از تخریب پل‌ها شود. هدف این تحقیق تخمین دقیق‌تر عمق آبشستگی بدون نیاز به شبیه سازی‌های عددی و مبتنی بر داده‌های واقعی برداشت شده به کمک شبکه‌های بیزی می‌باشد.

۱-۳ ساختار پایان‌نامه

شبکه‌های بیزی یک ابزار نسبتاً جدید است که در زمینه استدلال احتمالی به طور گسترده مورداستفاده قرار می‌گیرند. به طور خلاصه می‌توان گفت شبکه بیزی، نمایش بامعنی روابط نامشخص ما بین پارامترهای تأثیر گزار بر یک پدیده می‌باشد. در این پایان‌نامه از شبکه‌های بیزی برای تعیین عمق آبشستگی اطراف پایه‌های پل بهره‌گرفته شده است.

مطالب این پایان‌نامه در ۶ فصل ارائه شده است. بعد از فصل مقدمه در فصل دوم به بررسی آبشستگی و معرفی معادلات حاکم بر آن پرداخته شده است. در فصل سوم به بررسی سابقه تحقیقات انجام شده در مورد آبشستگی و کاربرد هوش مصنوعی و به خصوص استفاده از شبکه‌های بیزی پرداخته شده است. فصل چهارم به معرفی شبکه‌های بیزی و ساختار مدل پیشنهادی اختصاص یافته و در فصل پنجم نتایج مدل پیشنهادی ارائه شده است. در این فصل نتایج به دست آمده با معادلات تجربی ارائه شده توسط محققین مختلف مقایسه شده و در نهایت برای تعیین ترکیب مناسب پارامترهای مؤثر در تعیین دقیق میزان آبشستگی ترکیب‌های مختلفی از پارامترهای مؤثر مدل شده است. فصل ششم به جمع‌بندی نتایج و ارائه پیشنهادات اختصاص یافته است.

فصل دوم:

آبشستگی و معرفی معادلات حاکم

۲ فصل دوم: آبشستگی و معرفی معادلات حاکم

۲-۱ مقدمه

سابقه تحقیقات نشان می‌دهد که یکی از مهمترین دلایل تخریب پل‌ها، آبشستگی است که اطراف پل‌ها رخ می‌دهد. از این رو شناخت مکانیزم آبشستگی برای جلوگیری ازآن ضروری است. آبشستگی[1] هم به عوامل هیدرولیکی و هم به نوع بستر رودخانه بستگی دارد و معمولاً با گذشت زمان تشدید می‌شود. فرسایش پذیری بستر در این مسأله نقش بسیار مهمی دارد، به گونه‌ای که در رودخانه‌هایی که بستر، پوشیده ازگرانیت است فرسایش پس از سال‌های زیاد رخ می‌دهد اما در رودخانه‌های با بستر ماسه‌ای در فاصله زمانی کوتاه عمق آبشستگی قابل توجهی به وقوع خواهد انجامید. این فصل به بررسی مبانی آبشستگی و ارائه انواع آن و بررسی معادلات تجربی ارائه شده در این خصوص اختصاص دارد.

۲-۲ آبشستگی

به فرسایش بستر و کناره‌های آبراهه در اثر عبور جریان آب آبشستگی گویند. معمولاً فرسایش بستر در پایین دست سازه‌های هیدرولیکی به علت شدت جریان زیاد و یا در اثر وجود جریان‌های متلاطم موضعی رخ می‌دهد. عمق ناشی از فرسایش بستر نسبت به بستر اولیه را عمق آبشستگی[2] می‌گویند (شفاعی بجستان،۱۳۸۷،۴۸۱).

[1] Scour
[2] Scour depth

۲-۳ انواع آبشستگی

آبشستگی در اطراف پایه‌های پل و کف بستر رودخانه به دلیل عوامل مختلف ایجاد می‌گردد. از آن میان می‌توان تغییر در مقطع رودخانه، شرایط خاص جریان و غیره را اشاره نمود. در این بخش به بررسی انواع آبشستگی و شرایط ایجاد آن پرداخته شده است.

۲-۳-۱ کف‌کنی و بالا آمدن بستر

اگر مقدار رسوب وارد شده به رودخانه و یا قسمتی از آن، از مقدار رسوب خارج شده کمتر باشد، فرسایش در کف یا دیواره‌های رودخانه اتفاق می‌افتد. در نتیجه رودخانه رفته رفته گود می‌شود، که به این پدیده کف‌کنی گفته می‌شود.

یکی از محل‌هایی که به طور خاص تحت تأثیر کف‌کنی است، پایین دست سدها می‌باشد. زیرا سدهای مخزنی مقدار زیادی از رسوبات حمل شده توسط رودخانه را در پشت خود ته‌نشین کرده و در نتیجه آب خارج شده از سد، تقریباً بدون رسوب است و از آنجایی که این آب قدرت حمل رسوب بالایی دارد، چنانچه طراحی مناسب انجام نشود به تدریج فرسایش صورت می‌گیرد و با حمل رسوب بستر رودخانه، گود خواهد شد (حسونی زاده، ۱۳۷۰).

در بالادست سدها به دلیل کاهش سرعت جریان آب، مقدار زیادی از رسوبات در این محل ته نشین می‌شود و نه تنها احتمال وقوع فرسایش وجود ندارد بلکه پدیده افزایش یا بالا آمدن بستر[1] رخ می‌دهد.

[1] Agradation and degradation