پیش بینی تأثیر پوشش گیاهی بر ضریب زبری هیدرولیکی کرانه و بستر رودخانه خشک شیراز

محمدرضا نیک منش*

عضو هیأت علمی بخش عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: nikmanesh@iaua.ac.i r

تاریخ دریافت: 90/8/15 تاریخ پذیرش: 90/11/25

چکیده

مدیریت منابع آب و خاک در رودخانه‌ها، بدلیل ارتباط مستقیم با سیستم‌های مختلف همچون زمین ، جامعه و مردم از اهمیت بالایی برخوردار است. طرحهای احیای پوشش گیاهی و بیومهندسی در رودخانه‌ها، همواره به عنوان یکی از روشهای مدیریتی منابع آب و خاک مد نظر بوده، اما اینگونه طرح‌ها، علیرغم مزایای فراوانی که دارد، در صورت طراحی و روش‌های اجرایی نامناسب، می تواند مشخصات هیدرولیکی رودخانه را تغییر دهد. استفاده از پوشش گیاهی، کاهش میانگین سرعت جریان، کاهش عرض رودخانه، افزایش رسوب گذاری در بستر رودخانه و در نتیجه کاهش دبی جریان عبوری رودخانه را به همراه دارد و در مواردی ممکن است، باعث بالا آمدن سطح آب و افزایش عمق جریان گردد. در این مقاله ضمن معرفی جنبه‌های مختلف مدیریتی منابع آب و خاک در رودخانه‌ها و به طور خاص، رودخانه خشک، به عنوان یک عنصر تأثیرگذار مهم در شهر شیراز، طرحهای احیای پوشش گیاهی و بیومهندسی اجرا شده در این رودخانه و تأثیرات آنها بر هیدرولیک رودخانه، مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین فواید این طرحها، در بازه‌هایی از رودخانه خشک که با روش‌های مناسب اجرا شده و باعث حفظ منابع آب و خاک گردیده اند و همچنین مضرات آنها، در بازه‌هایی که با روشی نامناسب انجام شده و باعث افزایش ضریب زبری و کاهش دبی جریان عبوری می گردند، مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. بر اساس نتایج به دست آمده، اگرچه میزان فرسایش کناره‌های رودخانه در مقاطع فاقد پوشش گیاهی به مراتب بیشتر از مقاطع دارای پوشش گیاهی، می‌باشد، اما به دلیل افزایش ضریب زبری و کاهش سطح مقطع، ناشی از وجود پوشش گیاهی، در برخی مقاطع، دبی عبوری به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد. مقاطعی نظیر بالادست و پائین دست پل بلوار چمران، بالادست پل غدیر و پائین دست پل فضیلت، نمونه‌هایی از این مقاطع می باشند که نتایج آنالیز انجام شده با نرم افزار HEC-RAS در این مقاطع، برای دبی عبوری 100 تا 250 مترمکعب بر ثانیه، کاهش دبی عبوری به مقدار 10 تا 28/5 درصد را نتیجه می دهد.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، ضریب زبری هیدرولیکی، رودخانه خشک

مقدمه

اغلب مناطق جهان با تنش و بحران آبی مواجه اند که این مشکل، بدلیل کمبود آب در اثر رشد جمعیت، و کاهش کیفیت، در اثر افزایش آلودگی ناشی از دخالتهای بشر بوجود آمده است. منابع آبی، منابع محدودی هستند که در دوره‌های مختلف خشک سالی و ترسالی با نوسانات فصلی و دوره ای مواجه می شوند. این منابع، در شرایط سیل، خسارات شدیدی به جوامع بشری و طبیعیت وارد نموده و در شرایط خشکسالی حیات جامعه را به مخاطره می اندازند. از طرف دیگر خاک نیز عاملی محدودکننده است که در تعامل با آب، زنجیره حیاتی آب و خاک و گیاه را بوجود می آورد و البته پرواضح است که درکنار این دو عنصر حیاتی(آب و خاک)، انسان، اثر و نقش بسیار تعیین کننده ای ایفا می کند. علاوه بر رشد روزافزون جمعیت، عواملی چون تخریب منابع طبیعی، گسترش زمین‌های شور و آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، محدودیت منابع آب و خاک را تشدید کرده است. آنچه واضح است، بقا جوامع بشری به صورت منطقه ای و جهانی، بستگی به کنترل افزایش جمعیت و استفاده منطقی از منابع طبیعی دارد. مدیریت منابع آب و خاک در رودخانه‌ها، بدلیل ارتباط مستقیم با سیستم زمین ، سیستم حیات و سیستم جامعه و مردم، از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین فرسایش در جداره و بستر رودخانه‌ها و در نتیجه آن رسوب گذاری در نقاطی دیگر، همراه با تغییر مورفولوژی رودخانه یا رسوبگذاری در مخازن سدها، به عنوان یکی از مسائل مهم مطرح می باشد که روشهای مدیریتی مناسب، در کنار روشهای بیومهندسی، می تواند در حفظ منابع خاکی و آبی در رودخانه و مدیریت مناسب آنها بسیار تأثیرگذار باشد. کمبود منابع آب از یک سو و عدم مدیریت مناسب در بهره برداری مؤثر از این منابع از سوی دیگر، مشکلات اصلی پیش روی توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور محسوب می‌شود. نیازهای روز افزون به آب، بر اثر رشد جمعیت، محدودیت منابع قابل استحصال در کشور، هزینه سنگین طرح‌های جدید توسعه منابع آب و از طرف دیگر اثرات زیست محیطی و اجتماعی آنها از جمله دلایلی هستند که مدیریت مناسب منابع آب را ضروری می نماید. سیستم‌های منابع آب کشور باید به گونه ای مدیریت شوند تا بتوانند کاملاً نیازهای جامعه را در حال و آینده، برآورده کنند (ناظمی، 1380).

همچنین فرسایش خاک، از جمله مشکلاتی به شمار می رود که کشور، همواره از خسارات جبران ناپذیر آن رنج می برد. فرسایش کنار و بستر رودخانه، همه ساله خسارات زیادی را به اراضی مجاور تحمیل کرده و تغییر مورفولوژی رودخانه‌ها را به همراه دارد. این پدیده، موجب شده تا همه ساله مقدار زیادی خاک حاصلخیز از دسترس خارج شده و خاک فرسایش یافته، خساراتی را به پائین دست وارد آورد. مقدار فرسایش خاک در کشور که در حدود یک تا دو و نیم میلیارد تن در سال برآورد می شود، نشان دهنده وجود بحران در مناطق مختلف کشور می باشد (علی آبادی و همکاران، 1381). استفاده از پوشش گیاهی یا روشهای بیومهندسی در تثبیت رودخانه‌ها، تنها روشی است که بطور طبیعی قابلیت تجدید حیات و بازسازی خود را دارد. نفوذ ریشه گیاهان در درون خاک، بر روی شیب‌های خاکی، همانند آرماتور در بتن، باعث مسلح سازی خاک گردیده و در نتیجه باعث افزایش مقاومت برشی خاک و افزایش پایداری شیب‌های خاکی می شود. با شناخت این فرایند و استفاده از گونه‌های مناسب، با ریشه‌های مقاوم و شرایط محیطی مناسب می توان تثبیت شیب‌های خاکی را با روش‌های کاملاً علمی انجام داد (شیردلی و همکاران، 1385).

در کنار مزایای طرحهای احیای پوشش گیاهی و بیومهندسی، ذکر این نکته نیز ضروری است که اجرای نامناسب این طرحها، تأثیراتی منفی بر هیدرولیک رودخانه خواهد داشت. افزایش ضریب زبری ، کاهش سطح مقطع جریان عبوری، و در نتیجه کاهش دبی جریان

عبوری نمونه‌هایی از مضرات اجرای ناصحیح طرحهای بیومهندسی می باشند. در این مقاله، مقاطعی از رودخانه خشک شیراز بـه عنـوان نمونه در نظر گرفته شده و تأثیر پوشش گیاهی بر روی مشخصات هیدرولیکی جریان (ضریب زبری و دبی جریان عبوری)، مورد تحلیل و بررسی قرار می گیرد.

پیشینه تحقیق

Join در سال 2003 به بررسی ارزش حفاظتی احیاء پوشش گیاهی در رودخانه بایر در کبک کانادا، پرداخته و به این نتیجه رسیده است که با احیاء پوشش گیاهی، هم تثبیت کرانه‌ها حاصل شده و هم حیات وحش و گونه‌های باارزش جانوری، افزایش یافته اسـت. همچنـین Li در سال 2006 با اندازه گیری پارامترهای اکولوژیکی و رطوبت خاک و تنش برشی، به این نتیجه رسیدند کـه پـروژه اجـرا شـده بـا پوشش گیاهی در رودخانه شهرک فرودگاهی شانگهای چین، به طور معنی داری فرسایش رودخانه را کاهش داده و تنوع زیستی موجود را افزایش داده است.

همچنین احمدیان یزدی(1381) با بررسی نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش کناری پیچانرود تجن-هریرود به این نتیجه رسید که گیاهان درختی، به خصوص بید و صنوبر، دیواره‌های رودخانه را محافظت کرده و کاشت آنها در حاشیه رودخانه، حداقل به فاصله 15 تا 20 متر از رودخانه، قادرند فرسایش ساحلی را به حداقل برسانند.

به طور کلی گیاهان انتخابی، جهت کشت در سواحل رودخانه، جهت مبارزه با فرسایش کناری باید دارای ویژگیهایی باشند که از بین این ویژگیها می توان به مواردی همچون سازگاری با شرایط آب و هوایی منطقه، سریع الرشد بودن، دارا بودن سیستم ریشه ای قوی،گسترده، عمیق و متراکم، خاصیت ارتجاعی بالا، مقاومت بالا در مقابل تنش برشی جریان، مقاومت در برابر کم آبی، مقاومت نسبت به مدفون شدن در رسوبات و غیره اشاره کرد. باید توجه داشت که درختان تا عمق مشخصی می توانند در افزایش مقاومت برشی خاک مؤثر باشـند و در نتیجه ممکن است لازم باشد برای تثبیت سواحل از روشهای سازه ای نیز در تلفیق با روشهای بیومهندسی استفاده کرد. نتایج نشان مـی دهند که درخت گز رودخانه ای، به علت تراکم بالاتر ریشه و تعداد ریشه بیشتر و تطابق پذیری بالاتر آن نسبت به محـیط، بـرای مسـلح سازی خاک برای اعماق کمتر و در کوتاه مدت مناسب می باشد. همچنین درخت بید، یکی از مناسب ترین گونه‌های درختی برای حفاظت کناره‌های رودخانه می باشد که ظرفیت احیاشوندگی بالایی داشته و در انواع مختلف آب و هوا یافت می شود و می توان آنرا در خاکهایی که تنش برشی آنها از 14 کیلوگرم در مترمربع تجاوز نمی کند کشت نمود. همچنین بسیاری از انواع بید، قادر به تولید ریشه‌های خودرو بوده و با قابلیت ارتجاعی بسیار بالا در مقابل فشارهای زیاد و جریانهای حاوی مواد، مقاومت می کنند. همچنین درخت بید سریع الرشـد بوده و می تواند بدون خسارت در داخل آب باقی بماند و اگر فقط قسمتی از آن در داخل آب باقی بماند، این وضعیت را هفته‌ها تحمل می کند. با توجه به اینکه ریشه درختان بید می توانند در مدت زمان طولانی پس از غرقاب شدن در فصول پرباران و سیلابی مقاومت کنند ، توصیه می شود که این درختان در ترازهای پائین مقطع رودخانه و نزدیک به محور کشت شوند (آقارضی ، 1381).

همچنین مطالعه بر روی درختان صنوبر یک تا سه ساله نشان داده که با افزایش سن، ریشه نیز توسعه یافته است به طوری که نهال یک ساله، 2/2 متر و نهال سه ساله، 5/2 متر ریشه دوانی داشته اند. صنوبرها و سپیدارها دارای سیستم ریشـه ای سـطحی افقـی و همچنـین ریشه‌های فرورفته عمودی می باشند. در یک توده صنوبر ده ساله مستقر در خاک شنی، وسعت ریشه، 15 متر و صنوبرهای مسن تر 20 متر و در سپیدار مسن، 18 متر دیده شده است (آقارضی ، 1381).

شیردلی و همکاران (1385) نیز با اندازه گیری آزمایشگاهی مقاومت کششی ریشه گونه‌های گیاهی مورد استفاده در تثبیت سواحل رودخانه سیستان به این نتیجه رسیدند که درختان اکالیپتوس و گز رودخانه ای از مقاومت کششی بالاتری نسبت به گونه‌های دیگر در تثبیت سواحل رودخانه برخوردارند .

گونه‌های صنوبر نیز به دلیل نیاز آبی کمتر نسبت به بید، می تواند در نقاط خشک تر رودخانه کشت شوند. ضمناً این گیاهان بدلیل رشد سریع و ارتفاع بالا، می بایست به عنوان دومین خط حفاظتی کانال رودخانه و در منطقه پادگانه آبرفتی، کشت شوند. همانگونه که قبلاً اشاره شد نوعی از صنوبر به نام پده که دارای ریشه گسترده افقی بوده، در حدود 10 متر، شعاع اطراف درخت را تا عمق 50 تا 80 سانتیمتر مسلح می نماید. در شرایط خاص(خاک خشک) عمق ریشه دوانی پده، در عمق 13 متری نیز مشاهده گردیده است. در آزمایشات صحرایی نیز مشخص شده است که ریشه درخت پده یکساله، به میزان 20 درصد و پده چندساله، به میزان 66 درصد، مقاومت برشی خاک را افزایش داده اند (خواجه ای، 1385).

هیدرولیک جریان رودخانه‌ها و روش انجام کار

هیدرولیک جریان در رودخانه‌ها از نوع هیدرولیک جریان در مجاری روباز بوده و به لحاظ تغییرات زمانی، به دو دسته جریان غیردائم و جریان دائم تقسیم می شود.اگرچه جریان دائم، به صورت واقعیت، در رودخانه‌ها وجود ندارد ولی جریان، در شرایط غیرسیلابی رودخانه را می توان، جریان دائم فرض نمود. عمده تحقیقات انجام شده در زمینه هیدرولیک جریان و زبری هیدرولیکی، بر روی جریان دائم بوده و زبری جریان غیردائم با زبری جریان دائم، تقریب زده می شود.برای تحلیل جریان غیردائم، باید معادلات حاکمه را از طریق عددی، حل کرد که برای این منظور می توان از مدلهایی نظیر Hec-Ras استفاده کرد. در طراحی پوشش گیاهی در رودخانه‌ها، نیاز به داشتن تراز سطح آب به ازای دبی‌های مختلف کم آبی، متوسط و سیلابی می باشد. بدین منظور لازم است تحلیل هیدرولیکی جریان، با وجود پوشش گیاهی به عمل آید که معمولاً از یکی از روابط جریان نظیر رابطه مانینگ یا دارسی وایسباخ، برای تحلیل جریان پایدار، استفاده می گردد:

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \qquad (1)$$

$$(\frac{V}{V_0})^2 = \frac{8}{f} \qquad (2)$$

در رابطه بالا Q دبی جریان بر حسب مترمکعب بر ثانیه، A سطح مقطع جریان بر حسب مترمربع، n ضریب مانینگ،R شعاع هیدرولیکی جریان بر حسب متر،s شیب خط انرژی ،V و V_0 به ترتیب سرعت و سرعت برشی بر حسب متر بر ثانیه و f ضریب دارسی وایسباخ می باشد. از نظر هیدرولیکی، میزان کندی جریان ناشی از پوشش گیاهی در کانال‌های طبیعی، یک عامل مهم در طراحی سیلاب دشت و مدیریت حریم رودخانه و کانال‌های طبیعی است (شمال نسب و همکاران، 1386).

پوشش‌های گیاهی، با ایجاد مانع در مقابل جریان زبری هیدرولیکی، جریان را افزایش می دهند. همچنین صلب یا انعطاف پذیر بودن پوشش گیاهی، استغراق جریان، تراکم پوشش گیاهی و الگوی کشت نیز بر زبری هیدرولیکی تأثیر می گذارند و به طور کلی می توان گفت که افزایش تراکم پوشش گیاهی، افزایش زبری هیدرولیکی را موجب می شود. بر اساس مطالعات صورت گرفته، پوشش گیاهی، زمانی می تواند تأثیری روی میزان دبی رودخانه داشته باشد که نسبت عرض به عمق، کمتر از 16 باشد. بر اساس این مطالعه، با افزایش نسبت عرض

به عمق، درصد دبی عبوری از محدوده سواحل به دبی کل، کاهش می یابد. به طوریکه در حالتی که این نسبت به 35 برسد، تنها یک درصد از کل دبی، از محدوده تحت تأثیر سواحل عبور می کند (طالب بیدختی و سلیمانی، 1375).

لازم به ذکر است که پوششهای گیاهی بلند و کوتاه در بستر و کناره رودخانه‌ها، باعث اضافه شدن زبری مسیر جریان و گرفتن مقدار زیادی از انرژی آب می شوند. علت اصلی این موضوع، افزایش ضریب زبری n می باشد.اولین تحقیقات برای به دست آوردن رابطه بین زبری هیدرولیکی جریان با عمق و سرعت جریان و همچنین نوع و ارتفاع پوشش گیاهی، در سال 1936 در آزمایشگاه سازمان حفاظت خاک ایالت کارولینای جنوبی آمریکا شروع شد و پس از آن در سالهای 1940تا1943 تحقیقات مشابهی توسط اداره حفاظت خاک و مرکز تحقیقات کشاورزی ایالت اکلاهما انجام گردید (فتحی مقدم و شریفی، 1385).

Kouwen در سال 1992 با مدلسازی زبری نسبی، روشی برای تخمین زبری (f) پوشش های گیاهی مستغرق در کانال ها و مجاری طبیعی ارائه نمود. کاون برای توسعه مدل خود، زبری نسبی را در رابطه تئوریک جریان متلاطم برای محاسبه زبری به شکل زیر تعریف نمود:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = a + b\log(\frac{y}{h_p}) \qquad (3)$$

در رابطه بالا y عمق جریان بر حسب متر، h_p ارتفاع خمیده پوشش گیاهی (ارتفاع پوشش گیاهی پس از عبور جریان آب) بر حسب متر و a و b نیز ضرایب تجربی می باشند که مقدار این ضرایب، بستگی به درجه خمیدگی المانهای زبری و هندسه مقطع جریان دارد. در نهایت می توان رابطه تجربی زیر را برای محاسبه ضریب زبری ارائه نمود (فتحی مقدم و شریفی، 1385):

$$n = 0.0817\left[\frac{y}{h} - 0.948\right]^{1/6} \qquad (4)$$

با استفاده از رابطه تجربی بالا، مقدار ضریب زبری مانینگ با لحاظ کردن عمق و سرعت جریان (بازاء $2 \le \frac{y}{h} \le 6$) بین 0/06 تا 0/15 قابل تغییر است. این روش، مقدار n را با در نظر گرفتن شرایط پوشش و جریان تخمین زده و در نتیجه به مراتب از روشهای مرسوم فعلی که شامل استفاده از جداول و نمودارهای موجود است، دقیق تر می نمایاند. در روشهای مرسوم، از یک عدد ثابت، برای تمام حالات جریان و پوشش استفاده می گردد و تجارب استفاده کننده، نقش بسیار زیادی در دقت و استخراج n دارد. همچنین مطالعات کاون و فتحی مقدم نشان داد که اضافه شدن سرعت آب، از 0/1 به 1 متر بر ثانیه باعث کاهش ضریب زبری دارسی وایسباخ تا حد 1/4 درصد می شود. این کاهش زبری، ناشی از قابلیت ارتجاع پوشش گیاهی و همسو شدن پوشش گیاهی با جریان آب است (Kouwen and Fathi-Moghadam, 2000).

در بررسی‌های آزمایشگاهی که Wilson و همکاران در سال 2003 بر روی دو نوع گیاه شبیه سازی شده (میله میله همراه با شاخ و برگ چسبیده به آن و بدون شاخ و برگ) در شرایط مستغرق انجام دادند، دریافتند که در قسمت لایه مرزی داخلی گیاه (20% نزدیک بستر) ، پروفیل عمودی سرعت، از توزیع لگاریتمی سرعت پیروی نمی کند و سرعت متوسط جریان برای میله، همراه با شاخ و برگ، از نصف سرعت متوسط برای میله، کمتر می باشد.

مطالعات فتحی مقدم و شریفی (1385) نیز نشان داد که این کاهش، در مورد زبریهای قابل ارتجاع (پوشش گیاهی)، در سرعتهای کم به دو برابر مقدار متوسط و در سرعتهای زیاد، به نصف مقدار متوسط خود می رسد. آزمایشات وی نشان داد که تقریباً ضریب زبری

پوشش گیاهی، در سرعت 0/1 متر بر ثانیه، 4 برابر ضریب زبری همان پوشش، در سرعت جریان 2 متر بر ثانیه است که این امر ناشی از قابلیت ارتجاع گیاهی و هم سو شدن بیشتر پوشش با افزایش سرعت می باشد. همچنین این مطالعات نشان داد، افزایش سرعت جریان که ناشی از افزایش شیب زمین باشد، باعث به حداقل رسیدن فاکتور اصطکاک می گردد. همچنین در اثر وجود پوشش گیاهی، در مسیر شیب زمین، عمق جریان، افزایش و ضریب اصطکاک نیز، افزایش خواهد یافت. تحقیقات انجام گرفته بر روی زبری گیاهان در دشتهای سیلابی نیز نشان داد که با افزایش عدد رینولدز در گیاهان، ضریب زبری دارسی- وایسباخ به صورت غیر خطی کاهش می یابد زیرا افزایش عدد رینولدز که در اثر افزایش سرعت متوسط جریان ایجاد می گردد باعث، هم سو شدن گیاهان در مسیر جریان شده و در نتیجه، باعث کاهش زبری در گیاهان می گردد (شمال نسب و همکاران، 1386).

تحقیقات دیگری نیز در این مورد توسط رئیسیان انجام شده است. بر اساس مطالعات ایشان، وجود پوشش گیاهی در بستر و بر روی دیواره رودخانه، موجب کاهش میانگین سرعت جریان و همچنین تغییر توزیع میزان سرعت، در هر نقطه از مقطع عرضی رودخانه می شود. علت اصلی این موضوع، افزایش ضریب زبری n می باشد. مطابق با رابطه مانینگ، سرعت جریان آب رودخانه، نسبت عکس با ضریب زبری بستر و بدنه آن دارد و میزان تأثیر پوشش گیاهی بر افزایش ضریب زبری، بستگی به نوع، تراکم و ارتفاع گیاه دارد. در جریانهایی که ارتفاع گیاه بیش از عمق آب باشد، گیاه در برابر جریان آب، به طور ایستاده قرار می گیرد ولی وقتی عمق جریان زیادتر شود، گیاهان تمایل به خم شدن پیدا می کنند که در نتیجه، مقاومت آنها در مقابل جریان، سریعاً کاهش می یابد. هر چه مقدار خم شدن بیشتر باشد مقاومت گیاه در برابر جریان کاهش بیشتری می یابد. اگر در رودخانه ای گیاهان بلند وجود داشته و سرعت جریان قادر به غوطه ور کردن آنها در آب نباشد، ضریب زبری با افزایش عمق جریان، افزایش می یابد. در رودخانه‌های پوشیده از گیاه، ضریب زبری با تغییر سرعت جریان و شعاع هیدرولیکی، تغییر می کند و بنابراین ضریب زبری در رودخانه‌های با پوشش گیاهی، متأثر از سرعت جریان،شعاع هیدرولیکی، نوع گیاه، تراکم و ارتفاع گیاه می باشد. رابطه تجربی پیشنهادی ضریب زبری n در این حالت به صورت زیر می باشد (رئیسیان، 1381):

$$n = \exp\left\{CI\left[\begin{matrix}0.0133\left[\ln(uR_h)\right]^2 - \\ 0.0322(uR_h) + 0.145\end{matrix}\right] - 4.46\right\} \qquad (5)$$

در رابطه بالا، u سرعت جریان آب با ملاحظه گیاه، R_h شعاع هیدرولیکی مقطع جریان بدون گیاه و CI ضریبی است که از رابطه ذیل به دست می آید:

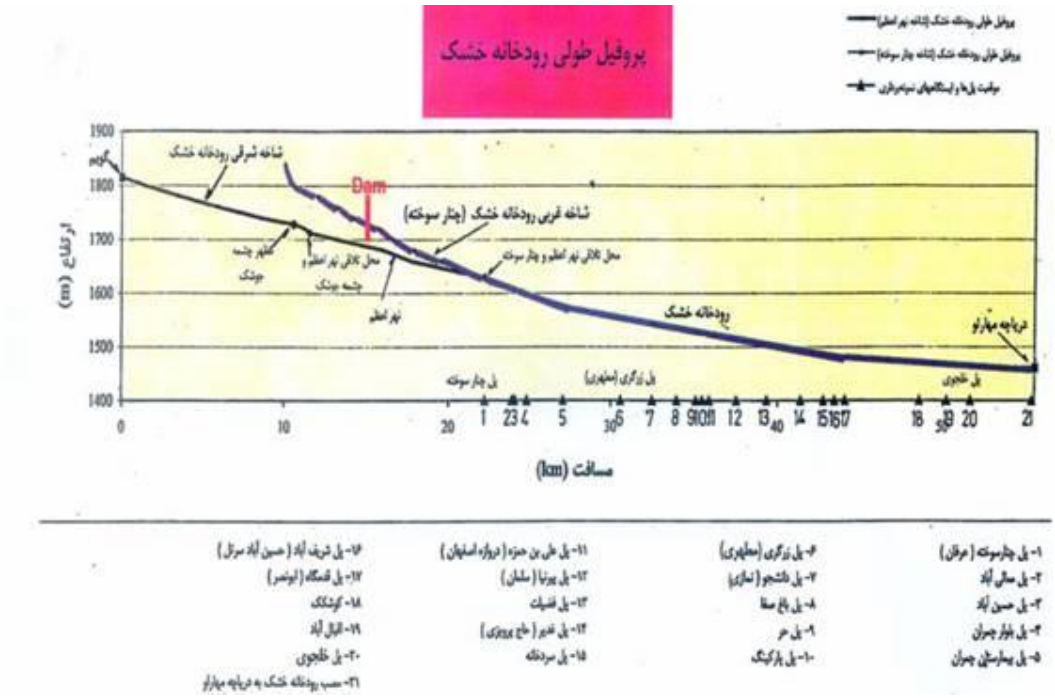
$$CI = 2.5(h_p M^{0.5})^{1/3} \qquad (6)$$

در رابطه بالا h_p بیانگر طول ساقه (متر) و M میانگین تراکم گیاهان (تعداد گیاه در مترمربع) می باشد. از دیگر اثرات پوشش گیاهی ایجاد شده روی دیواره و بستر رودخانه، تغییر توزیع سرعت جریان در مقطع عرضی رودخانه می باشد. وجود گیاه بر روی سطح دیواره رودخانه نه تنها بر مقدار سرعت جریان در شیب دیواره، بلکه بر مقدار سرعت در بخش میانی آن نیز تأثیر دارد. این اثر در بسترهای عریض کمتر است، ولی هر چه عرض رودخانه کمتر شود، این تأثیر بیشتر است.

موقعیت مطالعاتی و مشخصات رودخانه خشک شیراز

حوضه آبریز رودخانه خشک شیراز با مساحت 1041/5 کیلومتر مربع، در داخل حوضه آبریز دریاچه مهارلو قرار گرفته و در واقع بخش

غرب-شمال غرب آن را شامل می گردد. طول طویل ترین آبراهه در این حوضه، 77/75 کیلومتر، شیب متوسط آن 12/8 درصد و ارتفاع متوسط آن، 1921/7 متر است. رودخانه خشک شیراز در خط القعر دشت شیراز از شمال غرب به جنوب شرق در جریان است. این رودخانه از دو شاخه فرعی، نهراعظم و تنگ سرخ یا معالی آباد تشکیل شده که پس از پیوستن دو شاخه معالی آباد و نهراعظم، رودخانه خشک از قسمتهای شمال غرب وارد شهر شیراز شده و پس از عبور از میان شهر، به سمت جنوب شرقی حرکت کرده و بعد از پشت سرگذاشتن چندین روستای حاشیه آن به دریاچه مهارلو می ریزد. طول رودخانه از محل پیوستن دو شاخه معالی آباد و نهراعظم، نزدیک به 34 کیلومتر است و در طول مسیر این رودخانه، آبراهه‌هایی نظیر سعدی و دروازه قرآن به آن وارد می شود. در شکل زیر پروفیل و پلهای موجود بر روی رودخانه نشان داده شده است.



شکل1: پروفیل و پل‌های موجود بر روی رودخانه خشک و شاخه‌های شرقی و غربی آن

کاربرد روش‌های بیومهندسی در مدیریت منابع آب و خاک رودخانه خشک شیراز

استفاده از پوشش گیاهی برای جلوگیری از فرسایش و تخریب کناره رودخانه، زمانی مؤثر واقع خواهد شد که گیاه دارای ویژگیهای مناسب بوده و بتواند در محل مورد نظر استقرار یافته و رشد کند و پوشش مناسب بر روی سطح دیواره به وجود آورد و کارآیی لازم جهت کاهش سرعت و تنش برشی و افزایش مقاومت خاک و استحکام کافی جهت تثبیت دیواره را داشته باشد. به طورکلی گیاه مناسب برای کاربرد در طرحهای مهندسی رودخانه، به منظور جلوگیری از فرسایش و تخریب دیواره‌های رودخانه، باید دارای ویژگیهای زیر باشد:

1- با شرایط آب و هوایی منطقه سازگار بوده و در عین حال به توجه و مراقبت کمی نیاز داشته باشد.

2- به آسانی و سهولت استقرار یابد.

3- سریع الرشد بوده و در مدت زمان کوتاهی بتواند سطح زیادی از زمین را بپوشاند.

4- از سیستم ریشه ای قوی،گسترده، عمیق و متراکم برخوردار باشد.

5- از خاصیت ارتجاعی بالایی برخودار بوده و در مقابل فشارهای زیاد و جریانهای حاوی مواد معلق مقاومت کند.

6- در مقابل غرقاب شدن در آب مقاوم باشد.

7- در مقابل سرما و یخبندان مقاوم باشد.

8- نسبت به کم آبی، مقاوم بوده و به آب زیادی نیاز نداشته باشد.

9- نسبت به مدفون شدن در رسوبات، مقاوم باشد.

10- زیبا و دلپذیر باشد.

رودخانه خشک شیراز را بر اساس وضعیت تثبیت کرانه‌ها با پوشش گیاهی و دیوار ساحلی، به چهار نوع، بازه بدون پوشش گیاهی و بدون دیوار ساحلی (شکل 2-الف)، بدون پوشش گیاهی و دارای دیوار ساحلی (شکل 2-ب)، دارای پوشش گیاهی و دیوار ساحلی (شکل 2-ج) و دارای پوشش گیاهی و بدون دیوار ساحلی (شکل2-د) می توان تقسیم کرد.

(الف)

(ب)

(ج)

(د)

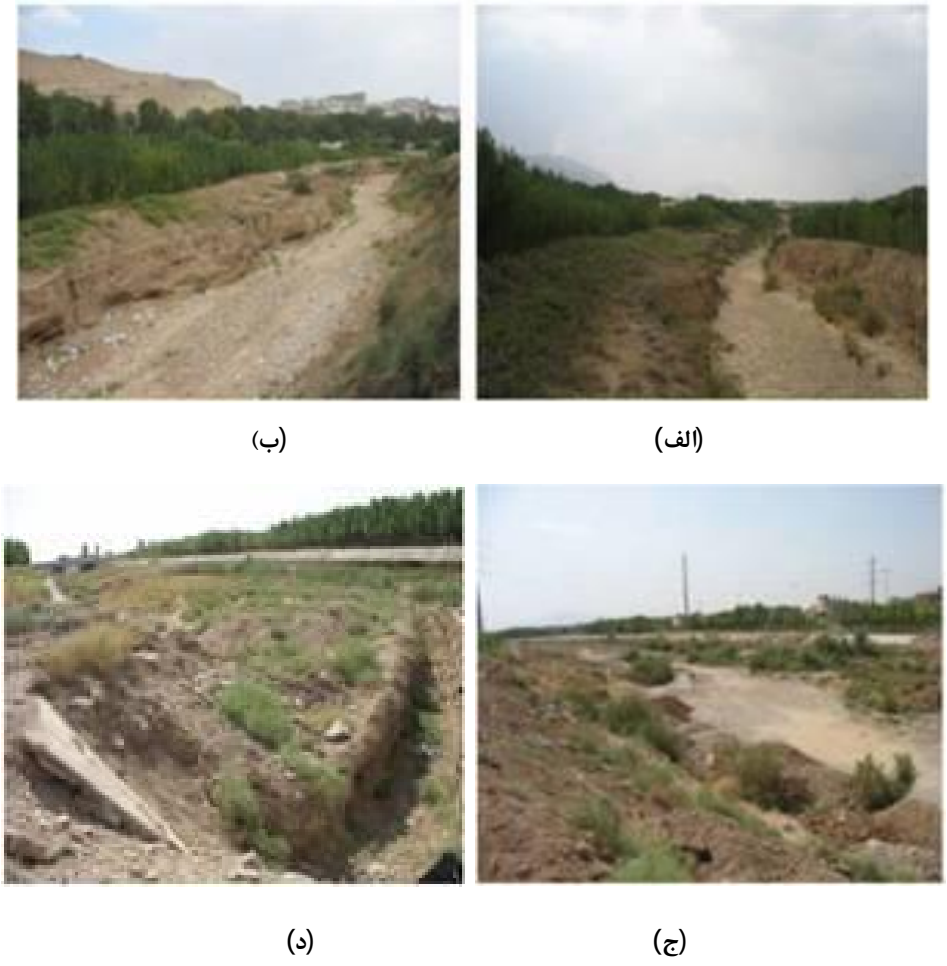
شکل2: بازه‌هایی از رودخانه خشک شیراز در (الف) پائین دست پل فضیلت (ب) پائین دست پل علی بن حمزه (ج) پائین دست پل بلوار چمران (د) پائین دست پل پیرنیا

بازدیدهای صحرایی و بررسی‌های به عمل آمده بر روی بازه‌های مختلف رودخانه خشک شیراز نشان داده است، در نقاطی که جهت حفاظت کرانه‌ها از روش‌های مکانیکی مثل: دیوارهای بتنی یا سنگی استفاده نشده است، ریشه دوانی خوب، انعطاف پذیری گیاه در مقابل جریان سیلاب، رشد مجدد و سریع گیاه بعد از وقوع سیلاب، از عمده دلایل تثبیت کرانه‌ها به شمار می آیند. همچنین با بررسیهای انجام شده بر روی رودخانه خشک، مشخص شد که میزان فرسایش و تخریب کناره‌های رودخانه در مسیرهای مستقیم و پیچانرودی در نقاط فاقد پوشش گیاهی، به مراتب بیشتر از نقاط دارای پوشش گیاهی می باشد. البته باید متذکر شد که به دلیل وجود دیوارهای ساحلی دو طرف رودخانه و عدم فاصله مناسب پوشش گیاهی اجرا شده تا محور رودخانه، در برخی بازه‌ها به دلیل افزایش زبری ،کاهش سطح مقطع عبوری و در نتیجه کاهش دبی عبوری، عملکرد هیدرولیکی مناسبی در رودخانه وجود ندارد. بر اساس آنالیزهای صورت گرفته برای دبی عبوری 100 تا 250 مترمکعب بر ثانیه، در بازه‌هایی از رودخانه خشک شیراز، کاهش دبی عبوری به میزان 10 تا 28/5 درصد وجود دارد که می تواند باعث صدمه به مناطق شهری مجاور رودخانه گردد.

نتایج و بحث

وجود پوشش گیاهی در رودخانه خشک شیراز، ساختار هیدرولیک جریان در رودخانه را بسیار پیچیده نموده و صحت محاسبات معمول تعیین سرعت، دبی، انتقال رسوب و غیره را با ابهام مواجه کرده است. گیاهان درختی، مثل صنوبر در حفاظت دیواره‌های رودخانه نقشی اساسی را ایفا می کنند. مطالعه بر روی نقش این گیاه درختی قبلاً توسط آقارضی(1381) و احمدیان یزدی(1381) به طور جامع انجام شده است. در مورد رودخانه خشک شیراز باید اشاره کرد که به دلیل محدود شدن عرض رودخانه توسط دیوارهای ساحلی دو طرف، تعیین فاصله مشخص (مثلاً از محور رودخانه) برای کاشت این درختان در تمام طول رودخانه امکان پذیر نبوده و در برخی نقاط، مشکلات هیدرولیکی حادی را ایجاد می کند.

هم چنین همانگونه که قبلاً اشاره شد بر اساس مطالعات طالب بیدختی و سلیمانی(1375) ، پوشش گیاهی زمانی می تواند باعث افزایش زبری هیدرولیکی و کاهش میزان دبی عبوری از رودخانه شود، که نسبت عرض به عمق، کمتر از 16 باشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی بازه‌هایی از رودخانه خشک شیراز که نمونه‌هایی از آن در شکل‌های3 نشان داده شده است در اثر وجود پوشش گیاهی، افزایش ضریب زبری تا 46 درصد و کاهش دبی عبوری تا 28/5 درصد حاصل می گردد که می تواند باعث آب گرفتگی احتمالی در سیلهای آتی گردد. همچنین بر اساس آنالیز صورت گرفته، افزایش سرعت جریان در اعماق مختلف، باعث کاهش ضریب زبری و افزایش عمق جریان در سرعتهای مختلف، باعث افزایش ضریب زبری می گردد که این موضوع نیز با نتایج مطالعات فتحی مقدم و شریفی (1385) و شمال نسب و همکاران(1386) تطابق دارد.



(ب) (الف)

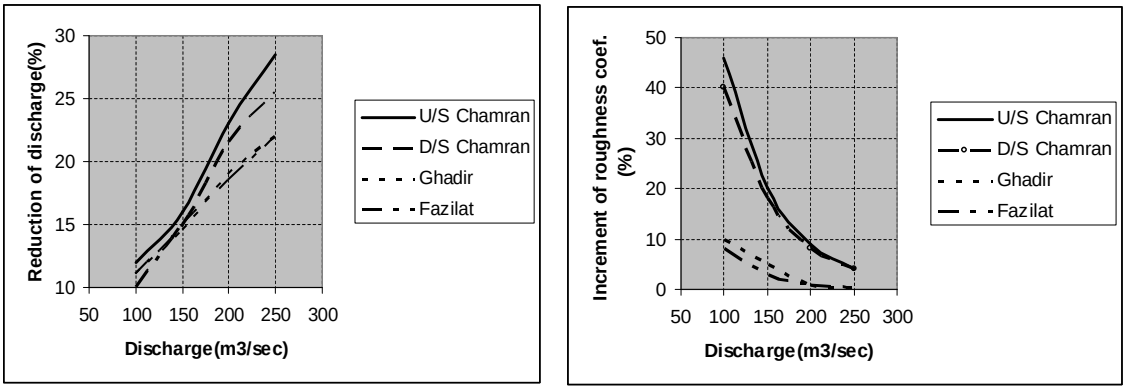
(د) (ج)

شکل3: بازه‌هایی از رودخانه خشک شیراز در (الف) بالادست پل بلوار چمران

(ب) پائین دست پل بلوار چمران (ج) بالادست پل غدیر (د) پائین دست پل فضیلت

لازم به ذکر است که وجود پوشش گیاهی از نظر بالا آمدن سطح آب در مواقع سیلابی و غرقاب شدن اراضی حاشیه رودخانه، اهمیت دارد و از این رو در طرح‌های بیومهندسی باید این نکته مورد نظر قرار گیرد. متأسفانه در بازه‌هایی از رودخانه خشک شیراز، تثبیت بیولوژیکی کرانه‌ها، بدون توجه به تبعات منفی کاهش ظرفیت آبدهی رودخانه انجام شده که لازم است طرح اصلاح پلان و مقاطع رودخانه در این بازه‌ها، هر چه سریعتر انجام گیرد. به عنوان نمونه، اگر چه در مقاطعی از رودخانه خشک در بلوار چمران، طرح کاشت صنوبر اجرا شده اما به دلیل تنگ شدن مقطع، لازم است اصلاحاتی روی مسیر انجام گیرد. همچنین توصیه می شود در اوایل پائیز، درختانی که تنه و شاخ و برگ آنها به داخل رودخانه خم شده و ممکن است سیلاب با آنها برخورد کند را برداشت کرده و رودخانه را تمیز کنند تا از تنگ شدن دهانه رودخانه جلوگیری گردد.

مقادیر درصد افزایش ضریب زبری ، درصد کاهش دبی عبوری (در اثر وجود پوشش گیاهی و کاهش سطح مقطع عبوری جریان) و عـدد فرود جریان عبوری، برای مقاطعی از رودخانه خشک، در بالادست و پائین دست پل بلوار چمران، بالادست پل غدیر و پائین دست پـل فضیلت که به کمک نرم افزار HEC-RAS حاصل شده است، در شکل 4 و جدول 1 ارائه شده است. این مقاطع به عنوان نمونه، مـورد تحلیل قرار گرفته اند که بر این اساس، برای دبی عبوری 100 تا 250 مترمکعب بر ثانیه در رودخانه خشک شیراز برای مقاطع بالادست و پائین دست پل بلوار چمران، کاهش دبی عبوری به میزان 11 تا 28/5 درصد، در بالادست پل غدیر، کاهش دبی عبوری به میزان 11 تا 22 درصد و در پائین دست پل فضیلت کاهش دبی عبوری به میزان 10 تا 22 درصد را شاهد خواهیم بود که می تواند باعث آسیب جدی به مناطق شهری مجاور رودخانه گردد. در این مقاطع که به عنوان نمونه انتخاب شده اند، پوششهای گیاهی دارای توزیعهـای مختلـف، روی کرانه و بستر می باشند به گونه ای که پوشش گیاهی در مقاطع بالادست و پائین دست پل بلوار چمران، عمـدتاً روی کرانـه‌ها، در مقطـع بالادست پل غدیر، عمدتاً روی بستر و در مقطع پائین دست پل فضیلت، هم روی کرانه و هم روی بستر وجود دارد. همچنین در مقـاطع بالادست و پائین دست پل بلوار چمران، کرانه‌ها دارای ارتفاع و پوشش گیاهی قابل توجه و در مقاطع بالادست پل غدیر و پائین دست پل فضیلت، تراکم پوشش گیاهی کم و کرانه‌ها نیز دارای ارتفاع کم می باشند. آنچه واضح است دلایل مذکور، احتمال جاری شدن سیلاب به خیابانها و مناطق مجاور رودخانه را افزایش می دهد.



(ب) (الف)

شکل4: (الف) افزایش ضریب زبری و (ب) کاهش دبی عبوری در اثر وجود پوشش گیاهی در رودخانه خشک شیراز

جدول1: درصد کاهش دبی عبوری در رودخانه خشک شیراز در اثر وجود پوشش گیاهی

نوع بازه	شکل	درصد افزایش ضریب زبری نسبت به حالت بدون پوشش گیاهی	دبی عبوری برای آنالیز (متر مکعب بر ثانیه)	درصد کاهش دبی عبوری نسبت به حالت بدون پوشش گیاهی	عدد فرود
بلوار چمران	3 -الف	46	100	12	0/18
بلوار چمران	3 -الف	20	150	16	0/28
بلوار چمران	3 -الف	9	200	23	0/32
بلوار چمران	3 -الف	4	250	28/5	0/38
بلوار چمران	3 -ب	40	100	11	0/13
بلوار چمران	3 -ب	18	150	15	0/22
بلوار چمران	3 -ب	8	200	21/5	0/27
بلوار چمران	3 -ب	4	250	25/5	0/34
بالا دست پل غدیر	3-ج	10	100	11	0/29
بالا دست پل غدیر	3-ج	5	150	14/5	0/43
بالا دست پل غدیر	3-ج	1	200	19	0/57
بالا دست پل غدیر	3-ج	کمتر از 1	250	22	0/72
پائین دست پل فضیلت	3-د	8	100	10	0/26
پائین دست پل فضیلت	3-د	3	150	15	0/41
پائین دست پل فضیلت	3-د	1	200	18/5	0/55
پائین دست پل فضیلت	3-د	کمتر از 1	250	22	0/69

نتیجه گیری

بررسی‌های به عمل آمده بر روی رودخانه خشک شیراز نشان داد، ریشه دوانی خوب، انعطاف پذیری گیاه در مقابل جریان سیلاب، رشد مجدد و سریع گیاه بعد از وقوع سیلاب ، مقاومت در برابر خشکی در فصلهای کم آبی و غیره، از عمده دلایل تثبیت بستر و دیواره به شمار می آیند. با بررسیهای انجام شده بر روی رودخانه خشک، مشخص شد که میزان فرسایش و تخریب کناره‌های رودخانه، در مسیرهای مستقیم و پیچانرودی در نقاط فاقد پوشش گیاهی، به مراتب بیشتر از نقاط دارای پوشش گیاهی می باشد. علیرغم مزایای فوق الذکر برای تثبیت بیولوژیکی کرانه ای رودخانه، اجرای غیر اصولی این طرحها می تواند باعث تغییر مشخصات هیدرولیکی رودخانه مثل: افزایش زبری جریان، کاهش میانگین سرعت جریان، کاهش عرض رودخانه، افزایش رسوبگذاری در بستر رودخانه و در نتیجه کاهش ظرفیت دبی عبوری رودخانه گردد. همچنین رشد غیر پیش بینی شده گیاهان در رودخانه‌ها، می تواند مشکلات مذکور را به همراه داشته و در مواردی که نسبت عرض به عمق جریان در رودخانه، کمتر از 16 باشد، ظرفیت دبی عبوری، می تواند کاهش قابل ملاحظه ای داشته. بر اساس

مطالعات انجام گرفته بر روی رودخانه خشک شیراز و در بازه‌هایی از این رودخانـه، پوششـهای گیـاهی کـه در قالـب طرحهـای تثبیـت بیولوژیکی کرانه‌ها با کاشت صنوبر یا به صورت پوشش گیاهی غیر پیش بینی شده وجود دارند، ظرفیت دبی عبوری از رودخانه را به دلیل افزایش زبری بستر و کرانه‌ها و همچنین کاهش سطح مقطع را به مقدار قابل توجهی کاهش می دهند که لازم است طرح اصلاح پـلان و مقاطع رودخانه در این بازه‌ها، هر چه سریعتر انجام گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از طرح پژوهشی می باشد که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان و با حمایت حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه انجـام شده است و بنابراین بر خود لازم می دانم از این حوزه تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

- **آقا رضی ،ح.**(1381). تأثیر پوشش گیاهی در حفاظت کناره‌های رودخانه قره چای استان مرکزی ، مجموعه مقالات ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
- **احمدیان یزدی،م.**(1381). بررسی میزان فرسایش کناری رودخانه هریرود-تجن و نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش، ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
- **خواجه ای، ا.**(1385). بررسی تأثیر پوشش گیاهی در تثبیت و حفاظت کناری رودخانه نازلوچای ارومیه، مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه،دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز .
- **رئیسیان،ر.**(1381). نقش و تأثیر پوشش گیاهی در حفاظت از کناره رودخانه‌ها، ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز .
- **شمال نسب،ب. ، مسجدی،ع. و فتحی مقدم، م.**(1386). ضریب زبری پوشش گیاهی طبیعی در ساحل رودخانه‌ها، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.
- **شیردلی،ع. ، شفاعی بجستان،م. و سیاسر،ه.**(1385). بررسی مقاومت ریشه گونه‌های گیاهی مورد استفاده در تثبیت سواحل رودخانه سیستان، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
- **طالب بیدختی،ن. و سلیمانی،ع.**(1375). محاسبات پایداری سواحل رودخانه با در نظر گرفتن اثرات فرسایش جانبی و کف کنی بستر"، چهارمین سمینار مهندسی رودخانه،دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
- **علی آبادی،ع.، دادرسی سبزوار،ا. و محمدی گلرنگ، ب.**(1381). مدیریت رسوب در رودخانه‌ها با روش تثبیت بیولوژیکی بستر و کنار رودخانه(مطالعه موردی شهرستان سبزوار) ، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
- **فتحی مقدم،م. و شریفی،ع.**(1385). اندازه گیری پارامترهای زبری برای پوششهای گیاهی بلند در مجاری روباز"، هفتمین سمینار

بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز .

- **ناظمی،ا.**(1380). توسعه پایدار منابع آب- جنبه‌های مدیریت یکپارچه، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، زابل، ص 104-93.

- **Join, B. (2003).** Conservation value of agricultural riparian strips in the Boyer River watershed, Quebec (Canada) Canadian Wildlife Service, Environment Canada, 1141 route de legalize, P.O. Box 10100, Sainte-Foy, Que., Canada G1V 4H5.
- **Kouwen, N.(1992).** Modern approach to design of grassed channels, J. Irrig. And Drain. Eng., 118(5), pp.733-743.
- **Kouwen, N and Fathi-Moghadam, M. (2000).** Friction factors for coniferous trees along rivers, J. of Hydr. Eng., 126(10), pp.732-740.
- **Li, X. (2006).** Soil bioengineering and the ecological restoration of riverbanks at the Airport Town, Shanghai, China Shanghai Academy of Environmental Sciences, 508 Qinzhou Road, Shanghai 200233, China.
- **Wilson, C.A.M., Stoesser, T., Bates, D and Pinzen, A.B. (2003).** Open channels flow through different forms of submerged flexible vegetation, J. Hydr. Eng., ASCE, 129(11), pp. 847-853.