

## بررسی تأثیر تغییرات فصلی ضریب زبری مانینگ در پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی سیلاب (مطالعه موردی: رودخانه هراز)

### چکیده

روش‌های مختلفی برای کنترل، یا کاهش خسارات سیلاب وجود دارد. یکی از این روش‌ها پهنه‌بندی سیل است که با شبیه‌سازی بستر و دشت سیلابی رودخانه و رفتار هیدرولیکی آن، پهنه‌های سیلاب را در دوره بازگشت‌های متفاوت مشخص می‌کند. یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار در سرعت، عمق و گستره سیلاب در این روش، ضریب زبری مانینگ است. از سوی دیگر، پوشش خاک، بویژه پوشش گیاهی از تعیین‌کننده‌ترین عوامل میزان ضریب زبری مانینگ به حساب می‌آید. بنابراین انتظار می‌رود تغییرات فصلی پوشش گیاهی منطقه در مقدار محاسباتی ضریب زبری مانینگ و در نهایت بر پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی سیلاب‌ها نقش بسزایی داشته باشد. در این تحقیق سعی شده به بررسی تأثیر تغییرات فصلی ضریب زبری مانینگ، متناسب با تغییرات حاصل در وضعیت پوشش گیاهی بازه‌ای از رودخانه هراز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (الحاقیه HEC-GeoRAS)، نرم افزار HEC-RAS و نقشه‌های پلان رودخانه با مقیاس ۱:۵۰۰ استفاده شده و ضریب زبری مانینگ با روش کاون در دو فصل زمستان و تابستان به پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی سیلاب‌های این مسیر پرداخته شود. نتایج حاکی از آن است که زمان تعیین ضریب زبری، به دلیل تغییرات در وضعیت پوشش گیاهی منطقه در مقادیر محاسباتی ضریب زبری برای سواحل رودخانه و دشت سیلابی آن مؤثر بوده و در نتیجه موجب تغییراتی در پهنه‌های سیلاب، سرعت و عمق آب، نیروی تنش برشی و توزیع حجم سیلاب در سطح دشت سیلابی در دوره بازگشت‌های مختلف می‌شود. افزایش پوشش گیاهی و به تبع آن ازدیاد ضریب زبری مانینگ در فصل تابستان سبب می‌شود در سواحل و دشت سیلابی تمامی مقاطع مورد مطالعه سرعت، قدرت و دبی جریان به مقدار زیادی نسبت به شرایط مشابه در فصل زمستان کاهش یابد. این امر در پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در بازه‌های زمانی متفاوت، بخصوص در طرح‌های سازه‌ای و هیدرولیکی مؤثر و حایز اهمیت است.

### کلید واژه:

ضریب زبری مانینگ، رفتار هیدرولیکی، دشت سیلابی، پوشش گیاهی، رودخانه هراز، روش کاون

### سرآغاز

یافته و به‌عنوان یکی از اطلاعات پایه و مهم در مطالعات طرح‌های عمرانی در دنیا، قبل از هرگونه سرمایه‌گذاری و یا اجرای طرح‌های توسعه در دشت‌های سیلابی، در دستور کار سازمان‌های ذی‌ربط قرار می‌گیرد. در هیدرولیک رودخانه، عوامل متعددی در سرعت، عمق و نیروی تنش آب در حین وقوع سیلاب مؤثرند که از جمله می‌توان به ضریب زبری مانینگ اشاره کرد. برای ارتباط مدلیزه تنش برشی، شیب

طی چند دهه اخیر بروز سیلاب‌های متعدد در کشور ما باعث خسارات جانی و مالی بسیاری شده است. دشت‌های سیلابی اغلب اراضی حاصلخیزی هستند که در معرض خطر سیلاب‌ها قرار می‌گیرند (احمدی، ۱۳۷۸). به دلیل شناخت پهنه‌های سیل‌گیر و مدیریت بر کاهش خسارات حاصل از بروز سیلاب، تهیه و بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در مطالعات مدیریت دشت‌های سیلابی کاربرد وسیعی

پهنه‌بندی سیلاب و تعیین پهنه‌های سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف، مطالعات زیادی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است، اما طبیعتاً برنامه‌ریزی برای مقابله با خطرهای بلایایی طبیعی باید براساس پیش‌بینی حادثترین شرایط ممکن صورت گیرد تا بتوان در حین بروز آنها از خطرهای حاصل در امان ماند. تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر تغییرات فصلی ضریب زبری در پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی سیلاب صورت گرفته است.

### مواد و روش‌ها

رودخانه هراز از کوهستان‌های البرز واقع در شمال ایران سرچشمه می‌گیرد و با گذر از شهر آمل به دریای خزر می‌ریزد. این تحقیق در بخشی از مسیر رودخانه هراز و دشت سیلابی آن در ابتدای ورودی به شهر آمل (بالادست شهر آمل) در مسیری به طول ۳۲۵۰ متر انجام شد. موقعیت مقطع مورد مطالعه در محدوده طول جغرافیایی  $23^{\circ} 52'$  شرقی و عرض‌های جغرافیایی  $33^{\circ} 36'$  تا  $25^{\circ} 36'$  شمالی در حوالی روستای ترک‌کلا (حومه آمل) است. دشت سیلابی مقطع مورد مطالعه شامل زمین‌های شالیزاری بوده که در فصول سرد سال به‌صورت آیش‌رها می‌شوند. در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر فصل در تعیین ضریب زبری و پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی سیلاب در بستر رودخانه و ساحل‌های چپ و راست در دو فصل زمستان و تابستان، روش کاون<sup>۲</sup> و به منظور شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه از سیستم اطلاعات جغرافیایی (الحاقیه HEC-GeoRAS) و نرم افزار HEC-RAS استفاده شد، که استفاده از آنها توانایی بسیار بالایی در شبیه‌سازی شرایط رودخانه و دشت سیلابی آن دارد (غفاری، ۱۳۸۳). بدین ترتیب، ابتدا آمار ۵۰ ساله دبی‌های حداکثر لحظه‌ای ایستگاه کره سنگ شهرستان آمل از لحاظ همگنی، مرتبط بودن و کفایت تجزیه و تحلیل شد و سپس با آزمون توالی در سطح اعتماد ۰/۰۵ تأیید شد (مهدوی، ۱۳۷۸). توزیع آماری مناسب نیز توسط نرم‌افزار Smada با بررسی میزان همپوشانی منحنی مقادیر مشاهده شده و برآورد شده، تعیین و دبی‌های حداکثر با دوره بازگشت‌های مختلف توسط توزیع آماری لوگ پیرسون نوع III محاسبه شد. سپس با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS در محیط نرم‌افزار ARCVIEW- از روی نقشه‌های پلان رودخانه با مقیاس ۱:۵۰۰ شرایط بستر و دشت سیلابی رودخانه هراز در مقطع مورد مطالعه نظیر خط اصلی جریان، کناره‌ها، سیلراهها و مقاطع عرضی شبیه‌سازی شد. در طول مسیر مورد نظر ۸۴ مقطع به‌شکلی در نظر گرفته شدند که معرف وضعیت رودخانه باشند. مقطع مورد مطالعه به هفت بازه با شرایط

و سرعت آب باید به رابطه‌های تجربی متوسل شد (برومندنسب، ۱۳۸۱، پوستی، ۱۳۷۹). یکی از روابط تجربی که به فراوانی برای محاسبه سرعت آب و پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها استفاده می‌شود، رابطه مانینگ است.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (1)$$

که در آن  $V$  سرعت جریان،  $n$  ضریب زبری مانینگ،  $R$  شعاع هیدرولیکی و  $S$  شیب آبراهه است. در این مدل، برای تعیین ضریب زبری مانینگ ( $n$ ) روش‌های مختلفی وجود دارد که خود تابعی از شرایط رودخانه از جمله دانه‌بندی کف بستر، وضعیت پوشش گیاهی، میزان انحنا در مسیر رودخانه، وجود، یا عدم وجود موانع و تغییرات در سطح بستر رودخانه است. در مقطعی از رودخانه با تغییرات وضعیت پوشش گیاهی در طی فصول مختلف، ضریب زبری نیز تغییر خواهد کرد. در نتیجه این تغییر می‌تواند در توزیع سرعت، ارتفاع آب و پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف تأثیرگذار باشد. از طرفی عدم دقت در برآورد ضریب زبری مانینگ می‌تواند منجر به نتایج غیر واقعی نیز شود (مولایی، ۱۳۷۷). تیت و همکاران (۱۹۹۹)، روشی را برای افزایش دقت آنالیز خروجی نرم افزار HEC-RAS در سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌وسیله مطابقت دادن داده‌های نقشه‌برداری زمینی، هندسه رودخانه و سازه‌های کنترل با مدل زمینی موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه دادند. مطیعی و همکاران (۱۳۸۱) با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS و نرم افزار HEC-RAS اقدام به پهنه‌بندی سیل در رودخانه سفیدرود کردند. آندم، در پایان نامه خود به عنوان مقایسه رژیم رودخانه‌های جنگلی و غیر جنگلی، با استفاده از مدل HEC-RAS و الحاقیه HEC-GeoRAS، تغییرات سرعت و عدد فرود را در این دو نوع رودخانه مورد بررسی قرار داده و تأثیر پوشش گیاهی بر رژیم و رفتار فیزیکی جریان را مقایسه کرد و نتیجه گرفت که استفاده از نرم افزار HEC-RAS می‌تواند مقادیر عددی مناسبی را برای مطالعه رژیم و سایر خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه، در اختیار محققان قرار دهد (Andam, 2003). اسلام و کیمیترو، با استفاده از داده‌های سنجش از دور<sup>۱</sup> و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه خطر سیل را برای سیل تاریخی ۱۹۸۸ بنگلادش تهیه کردند (Islam, et al, 2000). یزداندوست و نصیری (۱۳۷۲)، در رودخانه دره شهر اقدام به تعیین مناطق در معرض خطر سیلاب با دوره بازگشت‌های متفاوت کردند. صفری (۱۳۸۰)، اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل در رودخانه نکا واقع در شرق استان مازندران کرد. در زمینه

کناره‌های رودخانه عاری از پوشش هستند تغییر کند. بدین ترتیب ضریب زبری در فصل تابستان در سواحل چپ و راست بمراتب بیشتر از فصل زمستان است.

با وجود آن‌که زبری ساحل چپ بیش از ساحل راست است، اما میزان افزایش ضریب زبری ساحل چپ در تابستان نسبت به زمستان ۱/۸ برابر و در ساحل چپ ۱/۴ برابر است، درحالی‌که تغییر فصل در مقدار کمی ضریب زبری کانال اصلی رودخانه به دلیل عدم رویش پوشش گیاهی تأثیری نداشته است. ساحل چپ به دلیل تنوع بیشتر تغییر کاربری اراضی در طول این بازه، دارای تغییرات ضریب زبری بیشتری نسبت به ساحل راست است.

پروفیل طولی بستر رودخانه هراز در مقطع مورد مطالعه در شکل شماره (۱) ارائه شده است. همچنین دو مدل شبیه‌سازی شده، فقط با اختلاف در ضرایب زبری برای پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه هراز در مقاطع مورد مطالعه اجرا و در شکل شماره (۲) توزیع سرعت و پروفیل سطح آب در یکی از مقاطع عرضی به ترتیب با ضرایب زبری تابستانی و زمستانی نمایش داده شده و مشخص است که ارتفاع آب در سیلاب‌های تابستانه به دلیل افزایش ضریب زبری بیش از سیلاب‌های زمستانه است.

بررسی تغییرات سرعت آب در حین وقوع سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های مختلف در ساحل چپ و راست حاکی از آن است که به دلیل افزایش ضریب زبری محاسبه شده در فصل تابستان، سرعت در ساحل رودخانه کاهش چشمگیری نسبت به شرایط زمستانی دارد (شکل شماره ۳).

با توجه به تغییرات سرعت آب در حین وقوع سیل در کانال اصلی که در شکل شماره (۴) و جدول شماره (۴) ارائه شده است، مشاهده می‌شود با کاهش سرعت آب در ساحل و دشت سیلابی رودخانه همراه با رویش پوشش گیاهی و افزایش ضریب زبری مانینگ در فصل تابستان، تغییرات عمده‌ای در کانال اصلی رودخانه نسبت به شرایط زمستانی مشاهده نمی‌شود و فقط افزایش جزئی (چند صدم متر برثانه) سرعت آب در کانال اصلی رودخانه رخ می‌دهد.

همچنین اطلاعات مربوط به مقطع عرضی شماره ۶۱ در جدول شماره (۴) در رابطه با سیلاب ۲۰۰ ساله برای دو مدل با ضرایب زبری تابستانی و زمستانی حاکی از آن است که تغییرات در ضرایب زبری موجب تغییرات در سرعت، تنش برشی، ارتفاع آب، پهنه سیلاب و توزیع حجم سیلاب در سطح دشت سیلابی شده و با رشد پوشش

یکسان برای تعیین ضریب زبری تفکیک شد و در هریک از این بخش‌ها ضرایب زبری به‌طور جداگانه با روش کاون برای بستر رودخانه و ساحل چپ و راست در دو فصل زمستان و تابستان محاسبه شد. فرمول مانینگ و روش کاون جهت برآورد ضریب زبری مانینگ در رابطه‌های (۱) و (۲) ارائه شده است:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5)m_5 \quad (2)$$

در روابط (۱) و (۲)،  $n$  ضریب زبری مانینگ،  $n_0$  ضریب زبری مواد بستر و  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  ضرایب اصلاحی بوده که به ترتیب ضریب آثار نامنظمی سطح مقطع، چگونگی تغییرات سطح مقطع، وجود موانع در مسیر کانال، پوشش گیاهی و درجه ماریچی بودن مسیر است (حسینی و ابریشمی، ۱۳۸۰). ضرایب زبری با عملیات میدانی و پیمایش مسیر مقطع مورد مطالعه و استفاده از دستگاه GPS برای هر یک از ۸۴ مقطع در نظر گرفته شده تعیین شد.

همچنین در این طرح اطلاعات ژئومتری از محیط GIS به محیط نرم افزار HEC-RAS برای ارائه مدل و شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه هراز وارد شد. رژیم جریان مختلط در نظر گرفته شد و از عمق نرمال استفاده شد. نتایج حاصل از دو مدل شبیه‌سازی شده، فقط با اختلاف در ضرایب زبری (ضرایب زبری متفاوت در فصول مختلف سال به تناسب تغییرات موجود در وضعیت پوشش گیاهی)، به‌منظور بررسی رفتار هیدرولیکی رودخانه مقایسه شده است.

## نتایج و بحث

شرایط بستر و دشت سیلابی رودخانه هراز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار HEC-RAS که توانایی بالایی در مطالعه رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها دارد و عملیات میدانی شبیه‌سازی شد (Barr, 2002; Hill, 2001).

نتایج حاصل از برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب‌های این رودخانه با توزیع لوگ پیرسون در دوره بازگشت‌های مختلف در جدول شماره (۱) ارائه شده است. این نتایج نشانگر رودخانه‌ای با دبی اوج بالاست. ضرایب زبری برای کانال اصلی و ساحل چپ و راست رودخانه هراز در ۸۴ مقطع عرضی، با روش کاون در دو فصل زمستان و تابستان به‌طور جداگانه برآورد شدند که نتایج درجداول شماره (۳ و ۲) ارائه شده است. با بررسی نتایج حاصل مشخص شد که مقادیر ضرایب زبری ساحل چپ و راست در فصل تابستان نسبت به زمستان متغیر است. رویش پوشش گیاهی و همچنین کشت زمین‌های شالیزاری در دشت سیلابی در فصل تابستان سبب شده تا ضرایب زبری ساحل‌های چپ و راست، در مقایسه با فصل زمستان که دشت سیلابی و

همچنین مطابق جدول شماره (۴) قدرت جریان آب با رویش پوشش گیاهی و افزایش ضریب زبری در سواحل و دشت سیلابی کاهش زیادی خواهد یافت، اما در کانال اصلی افزایشی به اندازه تغییرات در سواحل نخواهد داشت. بنابراین می‌توان به صورت کمی نتیجه گرفت که رشد پوشش گیاهی می‌تواند قدرت جریان آب را کاهش دهد.

گیاهی و افزایش ضرایب زبری در سواحل، محیط خیس شده و پهنه سیلاب نسبت به فصل زمستان افزایش یافته است. در اشکال شماره (۵ و ۶) تغییرات تنش برشی در سواحل و کانال اصلی رودخانه با رشد پوشش گیاهی و افزایش ضریب زبری در مقطع مورد مطالعه ارائه شده که مشاهده می‌شود با رویش پوشش گیاهی و افزایش ضریب زبری، میزان تنش برشی نیز در سواحل و کانال اصلی رودخانه افزایش یافته است. این افزایش در مورد کانال اصلی رودخانه محسوس تر است.

**جدول شماره (۱): دبی‌های حداکثر برآورد شده با دوره‌های بازگشت مختلف توسط توزیع آماری مناسب (لوگ پیرسون نوع III)**

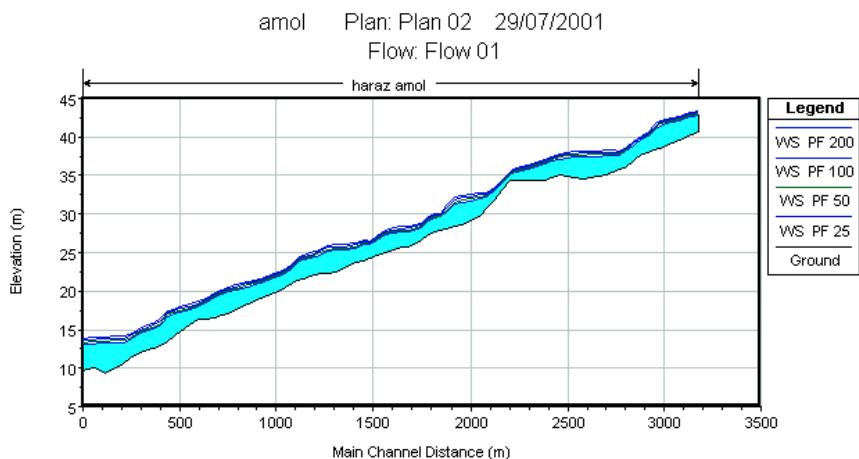
دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
دبی حداکثر $(\frac{m^3}{s})$	۱۰۷/۵۵	۱۷۷/۰۶	۲۳۲/۶۶	۳۱۴/۲۳	۳۸۳/۵۶	۴۶۰/۵	۵۴۶/۰۳

**جدول شماره (۲): ضرایب زبری مانینگ برای مقاطع در نظر گرفته شده در فصل زمستان**

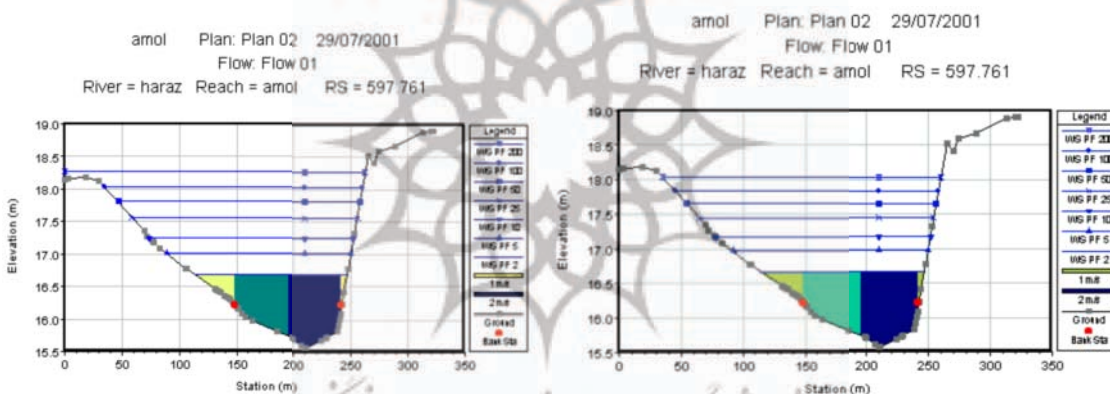
شماره بازه	ساحل راست	کانال اصلی	ساحل چپ	شماره مقاطع هر بازه
۱	۰/۰۴۹	۰/۰۹۵	۰/۰۴۹	۱-۸
۲	۰/۰۵۳	۰/۰۹۵	۰/۰۷۸	۹-۱۸
۳	۰/۰۵۳	۰/۰۴۵	۰/۰۷۸	۱۹-۲۵
۴	۰/۰۵۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۲۶-۴۲
۵	۰/۰۵۳	۰/۰۹۵	۰/۰۶	۴۳-۵۰
۶	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱	۰/۰۶۶	۵۱-۶۷
۷	۰/۰۴۹	۰/۰۹۵	۰/۰۵۳	۶۸-۸۴

**جدول شماره (۳): ضرایب زبری مانینگ برای مقاطع در نظر گرفته شده در فصل تابستان**

شماره بازه	ساحل راست	کانال اصلی	ساحل چپ	شماره مقاطع هر بازه
۱	۰/۰۹۷	۰/۰۹۵	۰/۰۸۶	۱-۸
۲	۰/۰۷	۰/۰۹۵	۰/۱۲	۹-۱۸
۳	۰/۰۸۵	۰/۰۴۵	۰/۱۲	۱۹-۲۵
۴	۰/۰۸۵	۰/۰۵	۰/۱۰۹	۲۶-۴۲
۵	۰/۰۸۵	۰/۰۹۵	۰/۰۹۷	۴۳-۵۰
۶	۰/۰۸۶	۰/۰۵۱	۰/۱۰۳	۵۱-۶۷
۷	۰/۰۶۹	۰/۰۹۵	۰/۰۷	۶۸-۸۴

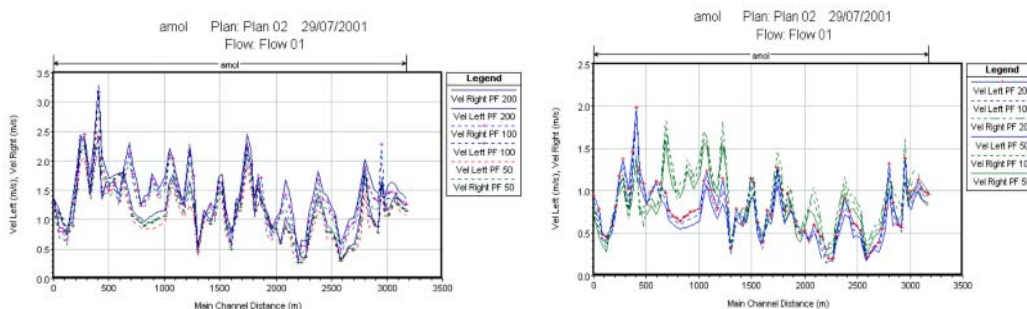


شکل شماره (۱): پروفیل طولی بستر و سطح جریان در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله (ضرایب زبری تابستانی)



الف ب

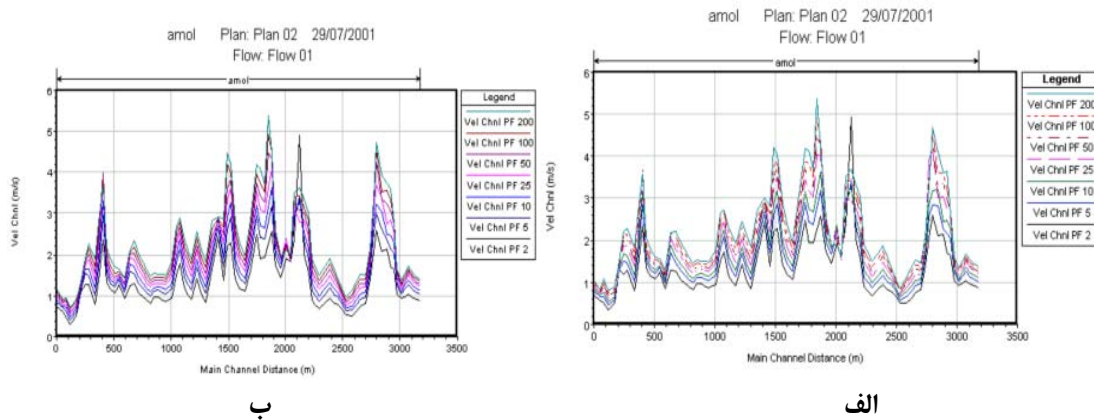
شکل شماره (۲): توزیع سرعت و پروفیل سطح آب در دوره بازگشت‌های مختلف ( ضرایب زبری تابستانی شکل الف و زمستانی شکل ب مقطع شماره ۷۰ )



ب الف

شکل شماره (۳): تغییرات سرعت آب در کناره‌های چپ و راست رودخانه هراز در دوره بازگشت‌های مختلف ( ضرایب زبری تابستانی شکل الف و زمستانی شکل ب )

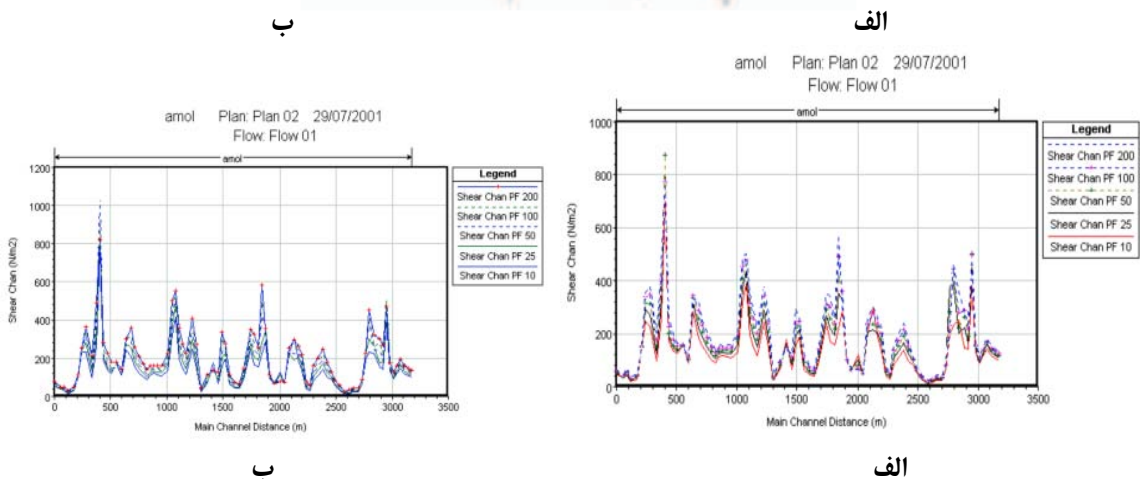




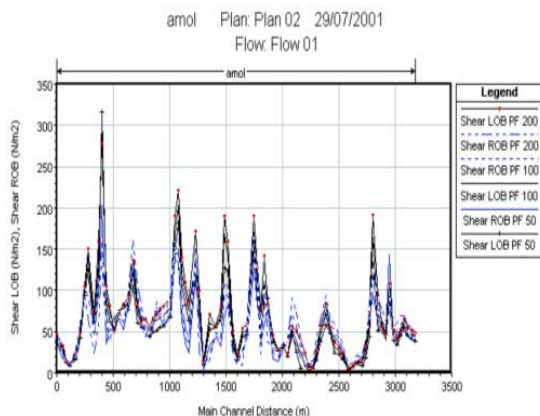
الف  
 ب  
 شکل شماره (۴): تغییرات سرعت آب در کانال اصلی رودخانه هراز با دوره بازگشت های مختلف (ضرایب زبری تابستانی شکل الف و زمستانی شکل ب)

جدول شماره (۴): نتایج خروجی HEC-RAS در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله، مقطع شماره ۶۱ (ضرایب زبری تابستانی جدول الف و زمستانی جدول ب)

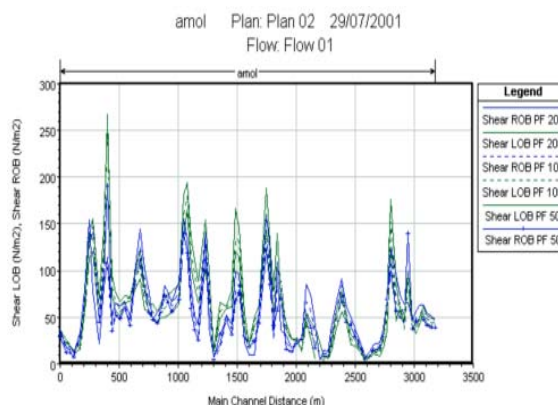
Element	Left OB	Channel	Right OB
Wt. n-Val.	0.078	0.095	0.053
Reach Len. (m)	33.82	31.42	37.68
Flow Area (m <sup>2</sup> )	66.73	275.25	34.79
Area (m <sup>2</sup> )	66.73	275.25	34.79
Flow (m <sup>3</sup> /s)	71.25	412.86	61.92
Top Width (m)	70.50	130.00	30.43
Avg. Vel. (m/s)	1.07	1.50	1.78
Hydr. Depth (m)	0.95	2.12	1.14
Conv. (m <sup>3</sup> /s)	824.4	4777.1	716.4
Wetted Per. (m)	70.55	130.01	30.51
Shear (N/m <sup>2</sup> )	69.28	155.07	83.52
Stream Power (N/m s)	73.97	232.60	148.63
Cum Volume (1000 m <sup>3</sup> )	78.85	212.67	34.00
Cum SA (1000 m <sup>2</sup> )	74.87	83.50	37.09



الف  
 ب  
 شکل شماره (۵): تغییرات تنش برشی در کانال اصلی در دوره بازگشت های مختلف (ضرایب زبری تابستانی شکل الف و زمستانی شکل ب)



ب



الف

شکل شماره (۶): تغییرات تنش برشی در کناره‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های مختلف ضرایب زبری تابستانی شکل الف و زمستانی شکل ب

### نتیجه‌گیری

زمستان افزایش یافته و حتی سرعت جریان و عمق هیدرولیکی نیز به‌طور ناچیزی زیاد می‌شوند. بنابراین به‌نظر می‌رسد در سطح مقطع کانال اصلی، تغییرات فصلی پوشش گیاهی تأثیرگذار نبوده و ضریب زبری این مقطع دستخوش تغییرات اساسی نمی‌شود. بنابراین تغییرات مشخصه‌های هیدرولیکی این مقطع به رفتار هیدرولوژیکی و هیدرواقليمی منطقه وابسته است.

در بررسی گراف‌های مربوط به فصل زمستان و تابستان یک مقطع و انطباق آنها با یکدیگر مشخص است که هماهنگی و وجود نظم در روند تغییرات و پیک‌های حاصل است که تغییرات پوشش گیاهی با تأثیر بر ضریب زبری فقط بر مقادیر کمی مشخصه‌های هیدرولیکی مؤثر بوده است. بدین ترتیب در نتیجه این تحقیق بروشنی تأثیر تغییرات فصلی پوشش گیاهی منطقه، بویژه در دشت سیلابی بر ضریب زبری و در نهایت رفتار هیدرولیکی و چگونگی توزیع حجم سیلاب در دشت سیلابی و سواحل رودخانه‌ای به نمایش گذاشته شده است. تجربه نشان می‌دهد که بیشتر سیلاب‌های مهم در شمال کشور مانند سیل نکا (۱۳۷۸/۵/۴) و طغیان گرگان‌رود (۱۳۷۱/۲/۲۷) در فصل رشد پوشش گیاهی رخ داده‌اند.

با در نظر گرفتن این مطالب که هدف از مطالعه و پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها، مهار سیلاب و جلوگیری از خسارات ناشی از آن است، برنامه‌ریزی مدیریت سیلاب در زمینه کنترل بلایای طبیعی باید در حادترین شرایط ممکن در نظر گرفته شود. بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق که مبین تغییر رفتار هیدرولیکی رودخانه، وسعت بیشتر پهنه‌های سیلاب و افزایش عمق جریان آب در فصل

بدون شک زمان تعیین ضریب زبری مانینگ تأثیر زیادی در نتایج پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها و سرعت، ارتفاع، گستره آب در حین وقوع سیلاب‌ها دارد. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن است که تغییر در وضعیت پوشش گیاهی دشت سیلابی رودخانه هراز در بازه مورد مطالعه در فصل زمستان و تابستان بر میزان ضریب زبری مانینگ بسیار تأثیرگذار است. البته بررسی‌های محیطی نشان می‌دهد به دلیل انجام عملیات زراعی در اراضی دشت‌های سیلاب و افزایش نسبی پوشش گیاهی در سواحل و کناره‌های رودخانه، تغییر ضریب زبری در سواحل و دشت سیلابی بمراتب بیش از کف رودخانه بوده و در برخی مناطق تغییر ناچیز ضریب زبری کف مربوط به تغییر احتمالی پوشش گیاهی منطقه نیست. افزایش پوشش گیاهی و به تبع آن ازدیاد ضریب زبری مانینگ در فصل تابستان سبب می‌شود در سواحل و دشت سیلابی تمامی مقاطع مورد مطالعه سرعت، قدرت و دبی جریان به مقدار چشمگیری نسبت به شرایط مشابه در فصل زمستان کاهش یابد. اما عمق هیدرولیکی جریان، تنش برشی کناره‌ها و سطح مقطع جریان افزایش می‌یابد.

بدین ترتیب پروفیل سطح آب در فصل تابستان تراز بالاتری را نشان می‌دهد. این موضوع در دبی‌های با دوره بازگشت بالا (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله) در پروفیل سطح آب نمود بیشتری یافته است. این درحالی است که تقریباً تمام مشخصه‌های هیدرولیکی رودخانه مثل قدرت، سرعت، و دبی جریان، تنش برشی و سطح مقطع جریان در کانال اصلی (مقطع مربوط به کف کانال) در فصل تابستان نسبت به

### تشکر و قدردانی

در پایان از همکاری‌ها و مساعدت‌های تمامی کسانی که به نحوی ما را در این تحقیق یاری کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

### یادداشت‌ها

1-Remote Sensing

2-Cawer

تابستان به دلیل تغییر پوشش گیاهی منطقه و به تبع آن افزایش ضریب زبری بوده است، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آبی و سازه‌های هیدرولیکی، به‌ویژه در پهنه‌بندی منطقه‌ای سیلاب‌ها، ضرایب زبری در فصل رشد پوشش گیاهی برآورد و مورد استفاده قرار گیرند و حتی‌المقدور با شناخت پوشش دشت سیلابی (دانش بومی افراد محلی)، ضرایب زبری مربوط به پوشش گیاهی برای هر مقطع در مقاطع مختلف زمانی در نظر گرفته شود.

### منابع مورد استفاده

- احمدی، ح. ۱۳۷۹. ژئومورفولوژی کاربردی. فرسایش آبی، جلد ۱، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ صفحه.
- برومند نسب، س. ۱۳۸۱. هیدرولوژی رگبار در حوزه‌های شهری. چاپ اول، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- پوستی، ب. ۱۳۷۹. مقدمه‌ای بر مکانیک سیالات. تألیف رابرت. دبلیو، فاکس و آلن تی. مکدنالد، چاپ دوم، ۵۱۲ صفحه.
- حسینی، م. و ابریشمی، ج. ۱۳۸۰. هیدرولیک کانالهای باز. انتشارات آستان قدس رضوی، ۶۱۳ صفحه.
- صفری، ع. ۱۳۸۰. تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.
- غفاری، گ. ۱۳۸۳. پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی رودخانه بابلرود)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، دانشکده منابع طبیعی، ۱۱۰ صفحه.
- مطیعی، ه.، بهنیا، ع و بارید، م. ۱۳۸۱. پهنه بندی سیلاب در حوزه‌های آبریز با ترکیب سیستم GIS و مدل‌های ریاضی، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز.
- مهدوی، م. ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۴۵ صفحه.
- مولایی، ح. ۱۳۷۷. مهندسی منابع آب. تألیف ری کی لنزی و ژوزف ب. فرانزینی. انتشارات سازمان آب منطقه ای تهران، ۴۶۰ صفحه.
- یزداندوست، ف. و نصیری، ف. ۱۳۷۲. کنترل و تقلیل خسارات سیلاب و آبخیزداری شهرستان دره شهر. گزارش سمینار مشترک ایران و فرانسه تحت عنوان مدیریت منابع آب و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی تهران، ۵۲ صفحه.

Andam, K. 2003. Comparing Physical Habitat Conditions in Forested and Non-Forested Streams. Thesis of Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science Specializing in Civil and Environmental Engineering. University of Vermont. 136P.

Barr, T. 2002. Application of Tools for Hydraulic Power Point Presentation. 105-Upper Gotvand Hydroelectric Power Project Feasibility Study. 1996. Reservoir Operation Flood. 14p.

Hill, M. 2001. Flood Plain Delineation Using the HEC-GeoRAS Extension for Arcview, Brigham Young University, 514p.

Islam, M. D. and K. Sado. 2000. Development of flood Hazard maps of Bangladesh Using NOAA-AVHRR Images with GIS, Hydrological Sciences Journal, 45(3).

Tate, E. C., F. Olivera and D. Maidment. 1999. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ARCView GIS, Center for Research In Water Resources (CRWR). Report, NO. 99-1.