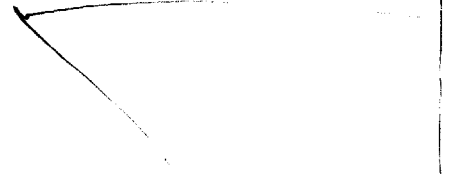


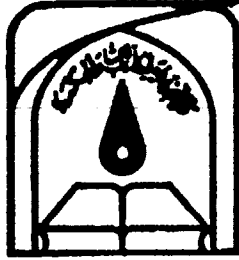
بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



۲۰۰۴  
۵-۹-۹۰ - عروس - دار

۳۹۳۸۳

وزارت اطلاعات و امور مجلس  
جمهوری اسلامی ایران



دانشگاه تربیت مدرس  
دانشکده فنی و مهندسی

۱۳۸۰ / ۱۱ / ۲۴

**پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران (مهندسی آب)**

**اثر طول پایه پل مستطیلی شکل بر روی فراآب**

016224

پدرام دانشمند

استاد راهنما:

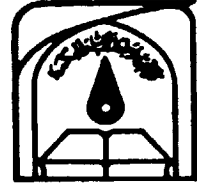
دکتر مسعود قدسیان

استاد مشاور:

دکتر مهدی شفیعی فر

زمستان ۱۳۸۰

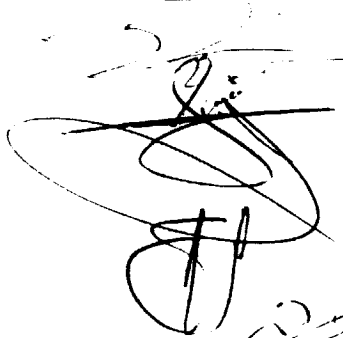
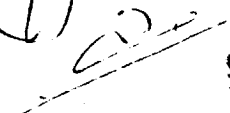
۳۹۳۸۳



دانشگاه تربیت مدرس

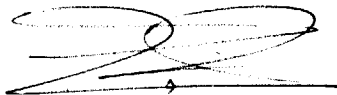
## تاییدیه هیات داوران

آقای پدram دانشمند پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان اثر طول پایه پل مستطیلی شکل بر روی فرا آب در تاریخ ۸۰/۱۰/۱۷ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران باگرایش آب پیشنهاد می کنند.

<u>امضاء</u>	<u>نام و نام خانوادگی</u>	<u>اعضای هیات داوران</u>
	آقای دکتر قدسیان	۱- استاد راهنما:
	آقای دکتر شفیعی فر	۲- استاد مشاور:
	آقای دکتر صالحی	۳- استادان ممتحن:
	آقای دکتر زراتی	۴- مدیر گروه:
 رئیس هیات داوران	آقای مهندس نصیری	(یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهائی پایان نامه / رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:





بسمه تعالی

## آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:  
و کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته هندسی آب است که در سال ۱۳۸۰ در دانشکده سازمان آب دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر بدین، مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر سعی در مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر \_\_\_\_\_ از آن دفاع شده است.

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب برنام رستم دانشجوی رشته هندسی آب مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: برنام رستم

تاریخ و امضا:

۸۰/۱/۲۹

۵/

## به نام آنکه هستی نام از او یافت

ضمن سپاس بیکران خداوند، بر خود لازم می دانم از استاد ارجمند جناب آقای دکتر قدسیان که با ارائه راهنماییهای مدبرانه و دلسوزانه خود، نظارت و سرپرستی این پایان نامه را به عهده داشته اند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

پدرام دانشمند

## به فرخنده فرگاه مادر و پدر مهربانم:

زبان سپاس ندارم، غریق دریای شرمم زیرا شناخت ارج آسمانی مادر و شکوه خداوندی پدر، در گرو هیچ شناساگری نیست و من در این راه، رهرو نوپائی بیش نیستم.

هر چه هستم و هر چه دارم از شماسست و اینک که به پشتوانه پشتیبانی های شما، چند پله ای از نردبان زندگانی را فراز آمده ام، این چند برگ را به نشان ناتوانی خویش در سپاس از آن یزدانیان، پای انداز می کنم.

پدرام

## چکیده

با احداث یک پل در مسیر رودخانه معمولاً عرض طبیعی جریان کاهش می‌یابد و لذا مانعی در برابر جریان به وجود می‌آید. برای اینکه عبور جریان از میان پایه‌های پل با حداقل انرژی مخصوص ممکن گردد، عمق آب در بالا دست پل افزایش پیدا خواهد کرد. این افزایش عمق را فرا آب می‌نامند و تغییرات آن با فاصله از بالادست پل را پروفیل برگشت آب می‌نامند.

تحقیقات نشان می‌دهد که هر چقدر پهنای دهانه پل نسبت به عرض مجرا کمتر باشد، میزان فرا آب و برگشت آب بیشتر خواهد بود. به عبارت دقیق تر آب بیشتر بالا خواهد آمد و هم چنین این اثر تا فاصله دورتری از بالادست پل ادامه پیدا خواهد کرد.

اهمیت موضوع هنگامی مشخص می‌گردد که بخواهیم مناطق خاص و مهمی در بالادست پل را از سیلاب محافظت نماییم. قبل از احداث پل باید برآورد مناسبی از میزان فرا آب بدست آید و براساس این میزان فرا آب پیش بینی شده، هزینه عملیات ساماندهی در بالادست پل بررسی گردد. یکی از پارامترهای بسیار مهم در طراحی پل‌ها، همین میزان فرا آب می‌باشد.

بررسی مطالعات انجام گرفته در زمینه فرا آب گویای این واقعیت است که اطلاعات جامع و کاملی در این زمینه وجود ندارد و در اکثر تحقیقات انجام شده، پارامترهای موثر بر روی فرا آب بطور کامل و دقیق در نظر گرفته نشده‌اند. با توجه به این موضوع مطالعات آزمایشگاهی حاضر به منظور بررسی دقیقتر پارامترهای موثر بر روی فرا آب و نحوه ارتباط آن‌ها با فرا آب انجام گرفته است. با توجه به مطالعات گذشته در مورد فرا آب، می‌توان نشان داد که پارامترهایی نظیر عدد فروید، ضریب تنگ شدگی، زاویه محور پایه پل با جهت جریان و شکل پایه پل در میزان فرا آب موثر می‌باشند. در این تحقیق آزمایشگاهی، پایه پل مستطیلی شکل انتخاب گردید. با انجام آزمایشات مربوطه، هدف اصلی تحقیق پیرامون نحوه ارتباط نسبت طول به عرض پایه پل و مقدار فرا آب می‌باشد. در کنار این هدف، نحوه ارتباط دیگر متغیرها با میزان فرا آب نیز مورد بررسی دقیق قرار خواهد گرفت. نتایج حاصله نشان می‌دهند که با افزایش عدد فروید، مقدار فرا آب زیاد می‌شود و با افزایش زاویه محور پایه پل با جهت جریان، فرا آب بیشتری خواهیم داشت. علاوه بر این در شرایط برابر هر چه ضریب تنگ شدگی کمتر

باشد ، یا به عبارت دیگر تعداد پایه‌های پل واقع در مسیر جریان بیشتر باشد ، فرآب بیشتری ایجاد می‌گردد و نیز پایه مستطیلی با نسبت طول به عرض بزرگتر ، فرآب بیشتری تولید می‌کند . علاوه بر موارد فوق با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی ، بررسی لازم بر روی میزان افت انرژی ناشی از احداث پل ، منجر به ارائه رابطه تجربی مناسب جهت برآورد میزان افت انرژی گردیده است . در قسمت دیگری از مطالعه ، بررسی‌ها بر روی ضریب دراگ  $C_d$  در حالات خاصی انجام گرفت و رابطه مناسبی ارائه گردید . علاوه بر این مطالب ، تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی منجر به ارائه رابطه جدیدی جهت برآورد مقدار فرآب شد . نتایج حاصل از این معادله با مقدار فرآب برآورد شده توسط روابط محققین دیگر نیز مقایسه گردید .

\* کلمات کلیدی : فرآب ، پایه پل ، هیدرولیک پل



## فهرست مطالب

شماره صفحه

۶ مقدمه

### فصل اول - اثر پل بر جریان رودخانه

۸	۱-۱- مقدمه
۸	۱-۲- پروفیل برگشت آب و فراآب
۱۲	۱-۳- رابطه تحلیلی فراآب
۱۴	۱-۴- رابطه تحلیلی افت انرژی
۱۶	۱-۵- مروری بر مطالعات انجام شده جهت برآورد میزان فراآب
۱۶	۱-۵-۱- رابطه Victor
۱۶	۱-۵-۲- رابطه Yarnell
۱۸	۱-۵-۳- رابطه Beruly and Pelit
۱۸	۱-۵-۴- رابطه Isard
۱۸	۱-۵-۵- رابطه صباح الانصری
۱۸	۱-۵-۶- رابطه قدسیان و همکاران
۲۰	۱-۵-۷- روش USBPR و روش USGS

### فصل دوم - آنالیز ابعادی و تشریح آزمایشات لازم

۲۲	۲-۱- مقدمه
۲۲	۲-۲- آنالیز ابعادی
۲۴	۲-۳- تشریح آزمایشات لازم
۲۴	۲-۳-۱- مشخصات فلوم آزمایشگاهی
۲۸	۲-۳-۲- مشخصات پایه‌های پل

## فهرست مطالب

شماره صفحه

۳۰	۲-۳-۳- وسایل اندازه گیری
۳۲	۲-۳-۴- مراحل انجام آزمایشات
۳۴	۲-۳-۵- محدوده متغیرهای مورد نظر

## فصل سوم - تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی و برآورد مقدار فراآب

۳۶	۳-۱- مقدمه
۳۶	۳-۲- پروفیل طولی جریان
۳۷	۳-۳- بررسی اثر پارامترهای مختلف بر روی فراآب
۴۱	۳-۳-۱- اثر نسبت طول به عرض پایه بر روی نسبت فراآب
۴۳	۳-۳-۲- اثر عدد فروید بر روی نسبت فراآب
۴۶	۳-۳-۳- اثر زاویه محور پایه پل با جهت جریان بر روی نسبت فراآب
۵۰	۳-۳-۴- اثر ضریب تنگ شدگی بر روی نسبت فراآب
۵۳	۳-۴- ارائه رابطه نهایی فراآب و مقایسه با روابط موجود
۵۳	۳-۴-۱- رابطه فراآب
۵۵	۳-۴-۲- مقایسه با روابط ارائه شده توسط محققین دیگر

## فصل چهارم - محاسبه رابطه افت انرژی و ضریب دراگ

۶۲	۴-۱- افت انرژی
۶۲	۴-۱-۱- مقدمه
۶۲	۴-۱-۲- بررسی اثر پارامترهای مختلف بر روی افت انرژی
۶۵	۴-۱-۳- ارائه رابطه نهایی برای افت انرژی

شماره صفحه

## فهرست مطالب

۶۶	۴-۲- ضریب دراگ
۶۶	۴-۲-۱- مقدمه
۶۶	۴-۲-۲- بررسی اثر پارامترهای مختلف بر روی ضریب دراگ
۶۸	۴-۲-۳- ارائه رابطه نهایی برای ضریب دراگ

## فصل پنجم - نتیجه گیری و پیشنهادات

۷۲	پیشنهادات
۷۳	مراجع
۷۴	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۷۵	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۷۷	پیوستها

## مقدمه

احداث یک پل در مسیر رودخانه ، پیامدهایی به دنبال خواهد داشت . اثر متقابل پل و رودخانه بر یکدیگر از جنبه های گوناگون دارای اهمیت می باشد . یکی از مهمترین اثرات ناشی از این احداث ، بالا آمدن سطح آب در بالا دست پل می باشد که به فرآب مشهور است . اهمیت موضوع در مواقعی بیشتر می شود که بخواهیم جهت حفاظت مناطق بالادست پل ، عملیات ساماندهی انجام دهیم . هزینه عملیات ساماندهی ارتباط مستقیم با افزایش ارتفاع آب برآورد شده دارد . علاوه بر این یکی از پارامترهای بسیار مهم در طراحی پل ها ، همین مقدار فرآب است . مطالعات نشان می دهند که متاسفانه بررسی های جامعی بر روی فرآب و پارامترهای موثر بر روی آن صورت نگرفته است .

با توجه به نیاز به لحاظ نمودن پارامترهای مختلف ، در این تحقیق آزمایشگاهی پارامترهای نسبت طول به عرض پایه ، عدد فروید ، ضریب تنگ شدگی و زاویه محور پایه پل با جهت جریان به عنوان پارامترهای موثر بر فرآب در نظر گرفته شده اند .

در فصل اول این گزارش به کلیاتی در مورد فرآب و رابطه تحلیلی آن ، افت انرژی و مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه فرآب اشاره می گردد . سپس در فصل دوم آنالیز ابعادی لازم انجام شده و در نهایت چهار چوب کلی آزمایشات تعیین می شود . در این فصل خصوصیات آزمایشگاهی و دیگر مسائل مربوطه شرح داده می شوند .

در فصل سوم ، نحوه ارتباط پارامترهای در نظر گرفته شده بر فرآب مورد بررسی قرار می گیرند و در نهایت با توجه به داده های آزمایشگاهی رابطه نهایی جهت برآورد فرآب ارائه می شود . در ضمن در این فصل مقایسه ای بین روابط ارائه شده توسط محققین دیگر انجام می گیرد و نتایج مربوطه ارائه می شود . در فصل چهارم با توجه به داده های آزمایشگاهی و بررسی آن ها ، در نهایت رابطه مناسبی برای محاسبه ضریب دراگ و نیز افت انرژی ارائه می شود .

جهت جمع بندی و نتیجه گیری از مطالب ارائه شده ، فصل پنجم به این امر اختصاص یافته است .

## فصل اول

### اثر پل بر جریان رودخانه

## ۱-۱- مقدمه

بسیاری از افرادی که با هیدرولیک پل آشنا نمی‌باشند تصور می‌کنند که احداث پل بر روی یک رودخانه تنها مبتنی بر اصول سازه‌ای پل می‌باشد و تنها مهندسین سازه در امر طراحی آن دخالت دارند. اما در حقیقت طراحی مناسب پل باید با توجه به ضوابط سازه‌ای و هیدرولیکی ارائه گردد. متأسفانه هنوز نقش مهندسی هیدرولیک در طراحی پل‌های عبوری از رودخانه‌ها، شامل طول و تعداد دهانه‌ها و محل استقرار آن‌ها به خوبی درک نگردیده است. از سوی دیگر در اکثر موارد فقدان اطلاعات در زمینه مسایل هیدرولیکی آبراهه‌ها از دیگر مشکلات در زمینه طراحی پل می‌باشد.

در این فصل ابتدا به اختصار پدیده فرآب شرح داده می‌شود و اهمیت برآورد مقدار فرآب در طراحی پل مورد بررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر این، روابط تحلیلی جهت برآورد فرآب با توجه به مبانی هیدرولیکی ارائه می‌گردد. سپس روابط تحلیلی به منظور محاسبه افت انرژی ناشی از احداث پل بر رودخانه مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت روابط مربوطه ارائه می‌شوند. در انتهای فصل بر مطالعات انجام شده جهت برآورد میزان فرآب مروری خواهیم داشت.

## ۱-۲- پروفیل برگشت آب و فرآب

پایه‌های پل احداث شده در مسیر رودخانه، یکی از موانعی می‌باشند که در مسیر جریان آب قرار گرفته و باعث انقباض و انبساط بعدی جریان و بطور کلی تغییرات در حرکت آب می‌شوند. اگر چه میزان نیروهای وارده از سوی جریان آب بر پایه‌ها در مقایسه با سایر نیروهای سازه‌ای که می‌بایست تحمل گردد، ناچیز است و کمتر مورد توجه مهندسین قرار می‌گیرد و با آنکه شسته شدن اطراف فونداسیون پایه‌ها خود به تنهایی دارای اهمیت به سزایی است و مستقلاً مورد بحث و مطالعه قرار می‌گیرد، اما آنچه در اینجا مورد مطالعه قرار گرفته، افزایش عمق جریان آب در بالادست پایه پل است. با احداث پل در مسیر رودخانه معمولاً عرض طبیعی جریان کاهش می‌یابد. برای اینکه عبور جریان از میان پایه‌های پل با حداقل انرژی مخصوص ممکن گردد، عمق آب در بالادست پل افزایش می‌یابد. این افزایش عمق را فرآب می‌نامند و تغییرات آن با فاصله از بالادست پل را پروفیل برگشت آب می‌نامند. بدیهی است که هر چه پهنای دهانه پل نسبت به عرض مجرا کمتر باشد، میزان فرآب بیشتر بوده و پروفیل برگشت آب تا فاصله بیشتری از بالادست پل ادامه پیدا خواهد کرد.

اهمیت اثر فرآب ایجاد شده در بالادست پل در برآورد اقتصادی تراز آب رودخانه معین می‌شود. اگر به علت وجود مناطق خاص و معین در اطراف و بالادست رودخانه، نیاز به عملیات ساماندهی باشد و بخواهیم کناره‌های رودخانه را به خصوص به هنگام وقوع سیل از خرابی محافظت نماییم، هزینه‌های مورد نیاز مستقیماً به ارتفاع آب پیش بینی شده بستگی خواهد داشت و لذا لازم است جهت طراحی بهینه پل، میزان تاثیر مجموعه‌ای از پایه‌ها را در شرایط خاص حاکم بر رودخانه در حد قابل قبول و نسبتاً دقیق مورد بررسی قرار داد.

شکل (۱-۱) مقطع طولی جریان هنگام عبور از پایه پل را نشان می‌دهد. هنگامی که جریان از یک تنگ شدگی عبور می‌کند، سطح آب در بالادست سازه در مقایسه با قبل از ایجاد تنگ شدگی افزایش می‌یابد. در شکل (۱-۱) مشخص است که پروفیل برگشت آب تا مقطع 0 (صفر) در بالادست پل ادامه پیدا می‌کند. در این نقطه تنگ شدگی دیگر اثری بر روی جریان نداشته و لذا جریان یکنواخت در این نقطه و بالادست آن وجود دارد. فاصله بین این مقطع تا سازه پل به فاکتورهایی چون هندسه، زبری و شیب کانال بستگی دارد و می‌توان محل آن را با استفاده از یک آنالیز برگشت آب محاسبه نمود. در فاصله بین مقطع 0 و پل، سطح آب بالا می‌آید و از عمق نرمال بیشتر می‌شود. جریان معمولاً در بالادست و پایین دست پل متغیر تدریجی و در محل پل متغیر سریع می‌باشد [5]، [7].

لازم به ذکر است چون در آزمایشات حاضر، شیب کانال نزدیک به صفر اختیار شده است، لذا مقاطع صفر و ۳ در آزمایشگاه تشکیل نخواهند شد. با این وجود چون در اینجا تعریف فرآب بصورت اختلاف عمق آب قبل و بعد از احداث پایه پل می‌باشد، لذا می‌توان از عدم برقراری عمق نرمال صرف نظر نموده و داده‌های بدست آمده را جهت ارائه رابطه مناسب برای برآورد فرآب آنالیز نمود.