



دانشکده مهندسی

گروه عمران

## اثر توزیع المانهای زبری بر ضریب زبری مانینگ $n$

استاد راهنما:

دکتر محمود فغفور مغربی

مؤلف:

حمیدرضا تدین فر

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران – سازه های هیدرولیکی

مهر ۱۳۸۸

بنام خدا  
دانشگاه فردوسی مشهد  
دانشکده مهندسی  
گروه عمران

## اثر توزیع المانهای زبری بر ضریب زبری مانینگ $n$

مؤلف:

حمیدرضا تدین فر

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد عمران - سازه های هیدرولیکی

استاد راهنما:

دکتر محمود فغفور مغربی

استاد مشاور:

دکتر محمد گیوه چی

مهر ۱۳۸۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

پایان نامه حاضر تحت عنوان: اثر توزیع المانهای زبری بر ضریب زبری مانینگ  $n$  که توسط آقای حمیدرضا تدین فر تهیه و در تاریخ ۸۸/۷/۱۵ به هیأت داوران ارائه گردیده است، با نمره ۱۸/۲۵ و با درجه عالی مورد تأیید کمیته تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد می باشد.

اعضای هیأت داوران:

نام و نام خانوادگی	هیأت داوران	مرتبۀ علمی	امضا
۱- دکتر محمود فغفور مغربی	استاد راهنما	دانشیار	
۲- دکتر محمد گیوه چی	استاد مشاور	استادیار	
۳- دکتر محسن کهرم	استاد مدعو	دانشیار	
۴- دکتر فریدون ایرانی	نماینده تحصیلات تکمیلی	استاد	

## تأییدیه

گواهی می‌شود این پایان‌نامه قبلاً برای احراز یک درجه علمی ارائه نشده و تمامی مطالب آن بجز مواردی که نام منبع ذکر گردیده است، نتیجه کار پژوهشی دانشجو می‌باشد.

تاریخ

امضاء دانشجو: حمیدرضا تدین فر

تاریخ

امضاء استاد راهنما: دکتر محمود فغفور مغربی

تقديم به:

# ﴿سبب المتصل بين الارض والسماء﴾

تقدیم به

پدر و مادرم:

سرچشمه های صمیمیت و فداکاری

همسر م:

اسطوره صبر، محبت و مهربانی

همدم و مونس سختی ها و شیرینی های زندگیم

## تقدیر و تشکر

خدای بزرگ را سپاس، که چشم من را به دریچه دانش گشود تا از آن، آنچه دانستی است بر گیرم. و توفیق شاگردی استاد بزرگوام جناب آقای دکتر محمود فغفور مغربی و بهره گیری از تعالیم ایشان را در پیشبرد این کار به من عرضه داشت. بر خود لازم می دانم تا از مساعدت های بی دریغ ایشان که علاوه بر راهنمایی های علمی در طول تحصیل، درس زندگی را به من آموختند، صمیمانه قدردانی نمایم.

از استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر محمد گیوه چی که اینجانب را از راهنماییهای خود بهره مند ساختند، سپاسگزاری می نمایم.

از دوستان عزیزم، آقایان محمدرضا سواد کوهی، حسن سیفی، عقیل امیری و حسین علیزاده که بنده را در تمام مراحل سخت آزمایشگاهی (تابستان و ماه مبارک رمضان) یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزارم. از آقای علیزاده (تکنیسین آزمایشگاه هیدرولیک) نیز بخاطر همراهی اینجانب، کمال تشکر را دارم. خدایا ناتوانی در قدردانی ام را، با عنایات روز افزونت بر ایشان جبران گردان.

حمیدرضا تدین فر





بسمه تعالی .

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی دانشجویان .  
دانشگاه فردوسی مشهد

عنوان رساله/پایان نامه: اثر توزیع المانهای زبری بر ضریب زبری مانینگ  $n$

نام نویسنده: حمیدرضا تدین فر

نام استاد(ان) راهنما: دکتر محمود فغفور مغربی

نام استاد(ان) مشاور: دکتر محمد گیوه چی

دانشکده : مهندسی

گروه: عمران

رشته تحصیلی: سازه‌های هیدرولیکی

تاریخ تصویب:

تاریخ دفاع: ۱۳۸۸/۷/۱۵

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد ●

دکتری ○

تعداد صفحات: ۱۴۰

چکیده رساله/پایان نامه :

یکی از مهم ترین پارامترهای بررسی رفتار رودخانه ها، پارامتر مقاومت در برابر جریان است. تاکنون برای یافتن ضریب مقاومت در برابر جریان تلاشهای زیادی صورت گرفته و روشهای مختلفی نیز ارائه شده است. اما از آنجایی که در طبیعت پراکندگی زبریها بسیار نامشخص، تصادفی و از یک مقطع به مقطع دیگر تفاوتها فاحش می باشد، رابطه ای که بتواند اثرات کلی زبری ها را با همه رفتارهای غیر خطی مقاومتی در برابر جریان بیان کند، کار ساده ای نخواهد بود. به نظر می رسد باید به گونه ای مشخص اثر توزیع و اندازه المانهای زبری در روابط پیشنهادی لحاظ گردد. در پایان نامه حاضر در یک فلوم آزمایشگاهی اقدام به شبیه سازی بستر یک رودخانه گردیده است که تحت حالت های مختلف زبری از نظر توزیع، اندازه و دبی های مختلف قرار گرفته، سپس بر اساس یک تحلیل آماری بهترین ضریب زبری مانینگ، با استفاده از اطلاعات تمامی بازه ها بدست آورده شده است. نتایج نشان می دهد زمانیکه تمرکز المانهای زبری کم است مقدار ضریب زبری مانینگ  $n$  کمتر از آن چیزی است که از روابط معمول حاصل می شود(نظیر رابطه استریکلر که بر اساس  $d_{50}$  ارائه شده) و با افزایش تراکم المانهای زبری مقدار  $n$  به سمت رابطه استریکلر نزدیک می شود.

کلید واژه:

۱. ضریب زبری مانینگ ( $n$ )
۲. زبری
۳. توزیع المان های زبری
۴. جریان متغیر تدریجی
۵. مقاومت جریان

امضای استاد راهنما:

تاریخ:

## فهرست عناوین

V ..... فهرست علائم

VII ..... چکیده فارسی

### فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- شرح مسئله..... ۱
- ۲-۱- تاریخچه..... ۲
- ۳-۱- اهداف..... ۳
- ۴-۱- فرضیات و محدودیت ها..... ۵
- ۵-۱- ساختار پایان نامه..... ۶

### فصل دوم: بررسی هیدرولیک آبروهای روباز

- ۲-۱- مقدمه..... ۹
- ۲-۲- ضرورت بررسی جریان در کانالهای باز..... ۱۰
- ۳-۲- طبقه بندی کانالهای باز..... ۱۱
- ۴-۲- طبقه بندی و تشخیص انواع جریان در کانالهای باز..... ۱۱
- ۵-۲- وضعیت جریان در کانالهای باز..... ۱۳
- ۲-۵-۱- تاثیر نیروی لزجت..... ۱۳
- ۲-۵-۲- تاثیر نیروی ثقل..... ۱۵
- ۲-۵-۳- رژیم جریان..... ۱۷
- ۲-۶- توزیع سرعت در کانالها..... ۱۷
- ۲-۷- اندازه گیری دبی در کانالها..... ۱۹
- ۲-۷-۱- سرریز مستطیلی..... ۲۰

## فصل سوم روشهای برآورد ضریب زبری و ارزیابی عوامل موثر بر آن

- ۱-۳-۱- مقدمه..... ۲۳
- ۲-۳-۱- ضرایب زبری نقطه ای، مقطعی و بازه ای..... ۲۵
- ۳-۳-۱- مقاومت جریان..... ۲۷
- ۱-۳-۳-۱- ضریب شزی..... ۳۱
- ۱-۳-۳-۱- فرمول شزی..... ۳۱
- ۲-۳-۳-۱-۲- تعیین ضریب شزی با استفاده از رابطه گانگلیت - کاتر..... ۳۲
- تعیین ضریب شزی بر اساس رابطه بیزن..... ۳۳
- تعیین ضریب شزی با استفاده از فرمول پاول..... ۳۴
- تعیین ضریب شزی بر مبنای ضریب اصطکاک داریسی - وایسباخ..... ۳۴
- ۲-۳-۳-۲- ضریب زبری مانینگ..... ۳۷
- ۱-۲-۳-۳-۱- تعیین ضریب زبری مانینگ..... ۳۷
- ۳-۳-۳-۳- ضریب اصطکاک داریسی - وایسباخ..... ۴۹
- ۱-۳-۳-۳-۱- استفاده از ضریب زبری مانینگ..... ۵۰
- ۲-۳-۳-۳-۲- معادله کلروک..... ۵۰
- ۴-۳-۱- تغییرات ضرایب زبری مانینگ و داریسی - وایسباخ با دبی جریان..... ۵۱
- ۵-۳-۱- مقایسه ضرایب زبری با یکدیگر..... ۵۲
- ۱-۵-۳-۱- ویژگیها و تفاوتهای تعاریف ضرایب زبری..... ۵۳
- ۶-۳-۱- زبری معادل..... ۵۳
- ۱-۶-۳-۱- بررسی تئوریهای تعیین ضریب زبری معادل مانینگ..... ۵۴
- ۱-۶-۳-۱-۱- رابطه هورتن - ایششتین..... ۵۶
- ۲-۶-۳-۱-۲- رابطه پاولوفسکی..... ۵۶
- ۳-۶-۳-۱-۳- رابطه لوتر..... ۵۷

## فصل چهارم: کارهای آزمایشگاهی

- ۱-۴-۱- مقدمه..... ۶۰

۶۲	۲-۴- مشخصات کانال آزمایشگاهی.....
۶۳	۳-۴- حالت‌های مختلف آزمایش.....
۶۸	۴-۴- نحوه انتخاب دانه ها و زیر کردن کف و جداره ها.....
۷۱	۵-۴- اندازه گیری دبی.....
۷۳	۶-۴- اندازه گیری عمق.....
۷۳	۷-۴- برداشت اطلاعات در طول کانال.....
۷۴	۸-۴- محاسبه شیب کانال.....

### فصل پنجم: محاسبه ضریب زبری مانینگ در جریان‌های متغیر تدریجی

۷۷	۱-۵- مقدمه.....
۷۷	۲-۵- جریان‌های متغیر تدریجی (دائمی).....
۷۹	۳-۵- روش‌های معمول در محاسبات نیمرخ های سطح آب.....
۸۰	۴-۵- روش‌های مناسب در کانال‌های منشوری.....
۸۱	۱-۴-۵- روش‌های عددی ساده.....
۸۲	۲-۴-۵- روش انتگرال گیری ترسیمی.....
۸۲	۳-۴-۵- روش‌های انتگرال گیری مستقیم.....
۸۳	۱-۳-۴-۵- روش برس.....
۸۳	۲-۳-۴-۵- روش بختف.....
۸۳	۳-۳-۴-۵- روش بختف- چاو.....
۸۳	۵-۵- محاسبه نیمرخ های سطح آب در کانال های طبیعی (رودخانه ها).....
۸۴	۱-۵-۵- روش گام به گام استاندارد در کانال‌های طبیعی با مقاطعی ساده.....
۸۵	۶-۵- تجزیه و تحلیل داده ها به کمک روش‌های آماری.....
۹۰	۱-۶-۵- بررسی تغییرات عمق جریان و عدد فرود در طول کانال.....
۹۳	۲-۶-۵- تغییرات ضریب زبری مانینگ در طول کانال.....
۹۴	۳-۶-۵- تغییرات عدد رینولدز در طول کانال.....
۹۶	۴-۶-۵- تجزیه و تحلیل داده ها به کمک نرم افزار SPSS.....

۹۷.....	۱-۴-۶-۵- بررسی تعاریف انحراف معیار و مقدار $R^2$
۹۸.....	۲-۴-۶-۵- تجزیه و تحلیل داده ها به کمک رگرسیون خطی
۱۰۶.....	۳-۴-۶-۵- تجزیه و تحلیل داده ها به کمک رگرسیون غیرخطی
۱۱۶.....	۵-۶-۵- بررسی مقادیر برازش داده شده و آزمایشگاهی
۱۱۶.....	۶-۶-۵- بررسی مقادیر برازش داده شده از آرایش مربعی به آرایش قطری

### فصل ششم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۱۲۰.....	۱-۶- مقدمه
۱۲۰.....	۲-۶- بررسی فرمول های ارائه شده
۱۲۱.....	۳-۶- نتیجه گیری
۱۲۲.....	۴-۶- ارائه پیشنهادات
۱۲۵.....	پیوست
۱۳۸.....	مراجع

# فصل اول

مقدمه

# فصل اول

## مقدمه

### ۱-۱- شرح مسئله

بررسی و مطالعه‌ی جریان در کانالهای باز به علت کاربرد فراوان آن در طبیعت و صنعت مورد توجه فراوان محققان بوده است. بیشتر این نوع جریانها در کانالهای زیر اتفاق می‌افتند و در مجاری طبیعی به ندرت شرایط کانال صاف ایجاد خواهد شد. به همین دلیل مطالعه بر روی زبری‌ها دارای اهمیت فراوانی است [۱]. ایجاد جریانهای آشفته، تغییر کنتورهای سرعت در سطح مقطع کانالها تحت تأثیر زبری‌ها، تنشهای برشی در بستر و انتقال مواد تحت تأثیر آن، ایجاد جریانهای ثانویه و ... از مسائل مبتلا به، در رابطه با زبری‌ها می‌باشد [۲].

از آنجا که در تخمین سرعت، دبی و مشخصات دیگر جریان در کانالهای باز، زبری نقش مهمی ایفا می‌کند، تعیین آن همواره از اهمیت زیادی برخوردار بوده است. تعاریف متفاوت برای ضریب مقاومت جریان (مانند ضرایب مانینگ، شزی و دارسی - وایسباخ) و گاه روشهای مختلف در بدست آوردن یک ضریب خاص دلیل بر این مسئله

است [۳].

یکی از مسائل جالب توجه در رابطه با زبری در کانالهای باز چگونگی توزیع زبری در کانال و تأثیر آن بر کمیتهای مختلف جریان است. در رودخانه هایی که دارای مصالح مخلوط، شامل رسوبات درشت و نرم در کف هستند (بسترهای سست یا متحرک)، جریان به نحوی حرکت خواهد کرد که این مصالح در طول کانال پس از طی مدتی از یکدیگر جدا شده و به شکل های مختلف در جهت جریان قرار می گیرند، به خصوص هنگامی که جریان در مدت طولانی در حالت ماندگار بصورت یکنواخت برقرار باشد، نمود بیشتری پیدا می کند [4].

بنابراین بررسی دبی و ضریب زبری در این کانالها ضروری به نظر می رسد. سؤالات مهمی در این ارتباط مطرح هستند که می توان آنها را چنین بر شمرد: ۱- آیا توزیع و آرایش زبری ها بر روی ضریب زبری تأثیر آشکاری دارند؟ ۲- رابطه توزیع زبری در دبی های مختلف، با ضریب زبری به چه صورت است؟ ۳- تأثیر اندازه دانه های مختلف بر روی ضریب زبری به چه صورت است؟ اینها نمونه ای از سؤالاتی می توانند باشند که، قرار است در این پایان نامه به آنها جواب روشنی داده شود.

## ۱-۲- تاریخچه

تحقیقات علمی بر روی جریان در کانالها و لوله ها به قرنهای پیش برمی گردد اما مطالعات سینماتیک جریانهای روباز از نیمه دوم قرن نوزدهم شروع شد. پس از آن می توان به کارهای نیکورادزه<sup>۱</sup> [5] اشاره کرد. از مدتها پیش چگونگی رفتار جریان بر روی نوارهای طولی در بستر کانال مورد توجه محققان قرار گرفته است. اینگونه بسترها در

<sup>1</sup> Nikuradse



شرایط طبیعی مختلفی مشاهده می‌شوند. سامبروک و فرگوسن<sup>۱</sup> [6] نیز مشاهده شکل گیری این نوع زبری ها در بسترهای شن و ماسه‌ای را گزارش کرده‌اند. نزو و ناکاگوا<sup>۲</sup> [7] نیز جهت مطالعه بیشتر این پدیده به مدلسازی شرایط طبیعی در آزمایشگاه پرداخته‌اند. در سال های اخیر نیز تحقیقاتی بر روی زبری جدار در کانال و لوله توسط چو<sup>۳</sup> [8]، مغربی و رحیم پور<sup>۴</sup> [9]، یین<sup>۵</sup> [10] و چن<sup>۶</sup> [11] انجام گرفته است.

### ۱-۳- اهداف

یکی از مهم ترین منابع اصلی تامین آب در سطح زمین رودخانه ها هستند. تخمین پارامترهای هیدرولیکی رودخانه ها برای ساخت و سازهای هیدرولیکی، کنترل سیلاب، طراحی کانالها، محافظت کناره‌ها و امثال آنها ضروری است. افزایش دقت در تخمین این پارامترها سبب پیش بینی دقیق تر رفتار رودخانه در زمان وقوع سیل می شود. از مهم ترین پارامترهایی که در مطالعات و طراحی کانالهای باز و سازه های مرتبط با آنها مورد استفاده قرار می گیرد، پارامتر مقاومت در برابر جریان است. تاکنون برای یافتن ضریب مقاومت مذکور تلاشهای زیادی صورت گرفته و روشهای مختلفی نیز ارائه شده است. تخمین ضریب زبری بعنوان پارامتر مقاومت در برابر جریان از اهمیت زیادی برخوردار است. تعیین دقیق پارامتر مذکور، تاثیر مستقیم در برآورد دبی جریان داشته که از اساسی ترین عوامل در طراحی سازه های هیدرولیکی و پروژه های مرتبط با آن بشمار می آید. در اکثر محاسبات هیدرولیکی برای تعیین عمق جریان، تخمین ضریب زبری بعنوان یکی از پارامترهای موثر لازم است. افزایش دقت در تخمین

<sup>1</sup> Sambrook and Ferguson

<sup>2</sup> Nezu and Nakagawa

<sup>3</sup> Chiu

<sup>4</sup> Maghrebi and Rahimpour

<sup>5</sup> Yen

<sup>6</sup> Chen

ضریب مذکور سبب افزایش درجه اطمینان در زمینه کنترل سیلاب و سبب کاهش هزینه در زمینه ساخت و سازهای هیدرولیکی می شود. بعنوان مثال اگر دبی سیلاب رودخانه ای را با ۱۰ درصد خطا در تخمین  $n$  اندازه گیری نمائیم، دبی ۱۰ درصد بیشتر یا کمتر از دبی واقعی برآورد خواهد شد.

روشهای مختلفی برای تعیین ضریب زبری وجود دارد، که متخصص براساس یکی از روش ها و تجربه مهندسی می تواند آن را حدس بزند، بطوری که برای مهندسین تازه کار، تعیین این ضریب تقریباً مشکل ساز و احیاناً اشتباه آمیز است. افزایش دقت در تخمین ضریب مذکور تاثیر مستقیم در تعیین دبی سیستم و توجیه اقتصادی آن دارد.

یکی از متداول ترین معادلات مقاومت برای جریان در کانالهای باز، رابطه مانینگ است. این معادله در سیستم SI به صورت زیر می باشد:

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_0^{\frac{1}{2}} A \quad (1-1)$$

که در آن  $Q$  دبی جریان ( $m^3/s$ )،  $S_0$  شیب طولی کانال ( $m/m$ )،  $R$  شعاع هیدرولیکی ( $m$ )،  $A$  مساحت سطح مقطع جریان در کانال ( $m^2$ ) و  $n$  ضریب زبری مانینگ است. مهمترین عامل ناشناخته در این رابطه ضریب زبری  $n$  می باشد. تعیین دقیق این ضریب به سادگی در سطوحی از مصالح که به صورت تجارتي ساخته می شوند کار نسبتاً ساده ای است. اما از آنجایی که در طبیعت پراکندگی زبری ها بسیار نامشخص، تصادفی و از یک مقطع به مقطع دیگر تفاوت ها فاحش است، رابطه ای که بتواند اثرات کلی زبری ها را با همه رفتارهای غیر خطی مقاومتی در برابر جریان بیان کند، کار ساده ای نخواهد بود. به نظر می رسد باید به گونه ای مشخص اثر توزیع و اندازه المانهای زبری در روابط پیشنهادی لحاظ گردد.

روش کلی انجام کار به این صورت است که در یک فلوم آزمایشگاهی اقدام به شبیه سازی یک محیط رودخانه ای می گردد، تا بتوان اثر توزیع زبری را بر روی ضریب زبری مانینگ بررسی کرد. عبارتی در این پایان نامه هدف این است که روشی برای اصلاح ضریب زبری مانینگ با توزیع المانهای زبری و فرض محاسبات جریان متغیر تدریجی بدست آید. ایده اولیه بررسی ضریب زبری مانینگ و تاثیر آرایش زبری روی ضریب مانینگ، توسط استاد راهنمای این رساله (آقای دکتر مغربی) ارائه شده است. با توجه به ماهیت عدم یکنواختی زبری در یک کانال، روابط متعارف قادر به تخمین دبی بطور صحیحی نمی باشد، لذا بهترین و عملی ترین راه برای این کار چه می تواند باشد؟ انجام این تحقیق گامی نو در جهت پیشرفت روشهای محاسبه تخمین ضریب زبری در کانالها می باشد و کاربرد نتایج این تحقیقات می تواند در مطالعات کاربردی آینده و استفاده در پروژه های مختلف مطالعاتی در زمینه مهندسی رودخانه و هیدرولیک بسیار مفید باشد.

## ۱-۴- فرضیات و محدودیت ها

- ۱- برای انتخاب المانهای زبری از مصالح رودخانه ای استفاده می شود.
- ۲- زبریهای مورد نظر از نظر اندازه حداقل در چهار نوع تهیه می شود.
- ۳- از چهار توزیع زبری متفاوت استفاده می شود.
- ۴- برداشت تراز سطح آب در طول کانال با استفاده از پوینت گیج<sup>۱</sup> و در بازه های نسبتاً کوتاه که به منظور لحاظ نمودن انحنای سطح مورد نیاز است، انجام می گیرد.
- ۵- با تغییر دبی در کانال، حالتیهای مختلفی از سطح آب که بر تغییر کمیت پارامترهای هیدرولیکی از جمله شعاع هیدرولیکی و عدد فرود جریان تاثیر گذار است، برداشت می گردد.

<sup>۱</sup> Point gage

۶- با فرض محاسبات جریان متغیر تدریجی، و داشتن اطلاعات پروفیل سطح آب با استفاده از معادله انرژی در بازه های طولی به زبریهای تئوریک مختلفی می توان دست یافت که قاعدتا باید جوابهای متفاوتی برای یک نوع خاص از زبری باشد.

۷- بر اساس یک تحلیل آماری بهترین ضریب زبری مانینگ را با استفاده از اطلاعات تمامی بازه ها می توان بدست آورد.

۸- با توجه به حجم زیاد اطلاعات حاصل شده نسبت به ارائه فرمولهای جدیدی که بیانگر رابطه ضریب زبری مانینگ  $n$  هستند، امکان پذیر خواهد بود.

۹- انتظار می رود نقش توزیع زبری بر روی سطح آشکار شود.

## ۱-۵- ساختار پایان نامه

این رساله شامل شش فصل است. در فصل اول به بررسی اجمالی موضوع و ترسیم کلیات رساله پرداخته شده است. در این قسمت ضرورت و اهمیت موضوع مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش های بعدی کارهای انجام شده توسط محققین و فرضیات و محدودیت های لحاظ شده در رساله بیان شده است.

در فصل دوم به بررسی هیدرولیک آبروهای روباز، انواع جریان در مجاری روباز پرداخته شده است. در فصل سوم با توجه به ضرورت آشنایی با بحث مقاومت جریان و زبری در کانالهای باز، به بررسی کلی این موضوع پرداخته شده است. انواع زبری ها، فرمولهای مختلف و متفاوت برای تخمین ضرایب زبری، تأثیر زبری ها در جریان از جمله موارد مورد بحث در این فصل است.

در فصل چهارم چگونگی انجام آزمایشات به طور کامل بررسی شده است، نحوه مدل کردن حالات مختلف