دانشگاه شهید چمران اهواز
دانشکده مهندسی
گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد
رشته سازه های هیدرولیکی

عنوان

مدل بهینه سازی غیرخطی جهت تخمین ضریب زبری مانینگ

نگارش

افشین گازرزاده

استاد راهنما

دکترحسین محمد ولی سامانی

استاد مشاور

دکترآرش ادیب

تابستان ۸۹

بسم ا الرحمن الرحيم

تقدیر و سپاس

با لطف و عنایت پروردگار و با کمک‌ها و تشویق‌های اساتید عزیز و دوستان گرامی و همچنین حمایت-های بی‌شائبه‌ی خانواده‌ام که همواره در پیشبرد این پایان نامه اینجانب را یاری نموده‌اند، این مرحله نیز پایان یافت.

بر خود واجب می‌دانم که از زحمات استاد دانشمند جناب آقای دکترحسین محمدولی سامانی که با ایده‌های تازه و تشویق‌های مداوم خود باعث پیشبرد اهداف این پایان‌نامه شده‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. همچنین مراتب سپاس و امتنان خود را از زحمات و راهنمایی‌های استاد گرامی دکتر آرش ادیب ابراز می-دارم.

در پایان از کمک ، راهنمایی‌ها وتشویق‌های دلگرم‌کننده دوستان گرامی آقایان مهندس محمد عصار، مهندس ایمان احمدیان‌فر، مهندس سعید عامریون، مهندس حسین اردشیری کمال تشکر را دارم.

تابستان ۱۳۸۹

اهواز

افشین گازرزاده

چکیده:

علیرغم مطالعات گسترده و فراوانی که بر روی ضریب زبری هیدرولیکی صورت پذیرفته ، تا به امروز روشی مطمئن و دقیق جهت تعیین این ضریب در کانال‌های روباز ارئه نشده است.

در این پژوهش روشی جدید و دقیق را جهت تعیین ضریب زبری رودخانه ارائه نموده‌ایم. این روش بر پایه حل معکوس شکل گرفته است. در این روش به شکل معکوس با استفاده از مقادیر معلوم رقوم سطح آب در طول مجاری آب برروباز می‌توان ضرایب زبری مجهول را تعیین نمود.

در این پایان‌نامه برای مدل‌سازی هیدرولیک جریان از مدل ریاضی MIKEll که توانایی حل معادله سنت-ونانت را داراست، استفاده شد. و از الگوریتم ژنتیک نرم‌افزار MATLAB به منظور بهینه‌یابی استفاده نموده‌ایم.

درابتدا به تشکیل تابع هدف با فرض مجهول بودن ضرایب زبری اقدام خواهیم نمود. تابع هدف در نظر گرفته شده به منظور حداقل‌سازی حاصل جمع مربع اختلاف بین مقادیر برداشت‌شده و محاسبه‌شده‌ی رقوم سطح آب در نقاط شاهد است. در این الگوریتم مقادیر محاسبه شده‌ی پارامترهای حاصل از بهینه‌سازی مقادیر ضریب زبری در طول رودخانه خواهد بود .

ABSTRACT:

Since choosing Manning roughness coefficient suffers from subjectivity, a precise estimation of roughness coefficients remains as one of the most challenging tasks in open channel flow study.

The main objective of the present research is to propose an efficient technique for estimation of Manning coefficients at various reaches of rivers. This Research presents estimation of Manning coefficients at various reaches of the channel using a powerful optimization tool. The Genetic algorithm is adopted to minimize square error of the observed and simulated water depth values in an open channel system.

In this study, the applicability and effectiveness of the model are evaluated by several scenarios. Also, the influence of lack of measurement data availability on the accuracy of estimated parameters is investigated. Furthermore, the response of proposed model to measurement data noise is assessed through statistical methods. The results indicate that the developed model is applicable to natural rivers and has a satisfactory accuracy.

۱-فصل اول ۱
۱-۱-صورت مسئله ۲
۱-۲-روش حل مسئله در این پایان‌نامه ۲
۱-۳-تقسیم موضوعی پایان‌نامه ۳
۲-فصل دوم ۵
۲-۱-تاریخچه‌ی کاربرد بهینه‌سازی در تعیین ضریب زبری رودخانه ۵
۲-۲-تاریخچه‌ی ضریب زبری رودخانه ۸
۲-۲-۱-رابطه شزی ۸
۲-۲-۲- رابطه مانینگ ۱۴
۲-۲-۲-۱- انتشار اطلاعات فرمول مانینگ ۱۷
۲-۳- تحلیل ابعادی مانینگ ۲۰
۲-۴-محدودیت رابطه مانینگ ۲۱
۲-۵-عوامل مؤثر بر زبری هیدرولیکی ۲۹
۲-۵-۱- بررسی عوامل مؤثر در زبری هیدرولیکی آبراهه اصلی ۳۲
۲-۵-۱-۱- اثر قطر دانه‌های رسوب، عمق جریان و لزجت جریان ۳۲
۲-۵-۱-۲- اثر شکل بستر ۳۴
۲-۵-۱-۳- رسوب و فرسایش ۳۶

۲-۵-۱-۴- ناهمواری سطح آبراهه ۳۶
۲-۵-۱-۵- اثر تغییرات اندازه و شکل مقاطع رودخانه ۳۷
۲-۵-۱-۶-اثر موانع ۳۷
۲-۵-۱-۷- اثر پوشش گیاهی ۳۷
۲-۵-۱-۸- اثر پیچانرودی ۳۸
۲-۵-۱-۹- اثر غلظت جریان ۳۸
۲-۵-۲- نحوه جمع‌آوری اطلاعات وداده‌های مورد نیاز برای تعیین ضریب زبری ۳۸
۲-۵-۲-۱- بازدیدهای میدانی ۳۸
۲-۵-۲-۱-۱- بررسی تغییرات پلان و مقطع عرضی رودخانه ۳۹
۲-۵-۲-۱-۲- بررسی موانع موجود ۳۹
۲-۵-۲-۱-۳- بررسی ایستگاه‌های آب سنجی ۳۹
۲-۵-۳- روش‌های مختلف تعیین ضریب زبری ۴۰
۲-۵-۳-۱- تعیین زبری ناشی از دانه‌های رسوب ۴۰
۲-۵-۳-۱-۱- روابط نیمه تجربی ۴۰
۲-۵-۳-۱-۲- روابط تجربی ۴۲
۲-۵-۳-۱-۳-جداول ۴۳
۲-۵-۳-۲-تعیین زبری ناشی از پوشش گیاهی ۴۹
۲-۵-۳-۳-روش تعیین ضریب زبری ناشی از مجموعه عوامل ۵۰
۲-۵-۳-۳-۱- تعیین ضریب زبری با استفاده از تصاویر ۵۱

۲-۵-۴- تعیین ضریب زبری در آبراهه‌های مرکب ۵۷
۲-۵-۴-۱- گام‌های بازه‌بندی رودخانه و مشخص کردن آبراهه اصلی و سیلابدشت ۵۷
۲-۵-۴-۲- گام‌های لازم برای تعیین ضریب زبری در آبراهه اصلی ۵۹
۲-۵-۴-۲-۱- ملاحظات مربوط به تقسیم‌بندی آبراهه اصلی به قطعات مختلف ۵۹
۲-۵-۴-۲-۲-تعیین ضریب مانینگ ناشی از مواد تشکیل دهنده آبراهه ۶۰
۲-۵-۴-۲-۳-گام‌های مربوط به ملاحظات ریخت‌شناسی و عوارض و موانع موجود ۶۱
۲-۵-۴-۳- گام‌های لازم برای تعیین ضریب زبری در سیلابدشت ۶۳
۲-۵-۴-۳-۱- زبری ناشی از دانه‌های مواد جداره‌ای سیلابدشت ۶۳
۲-۵-۴-۳-۲-زبری ناشی از موانع موجود در سیلابدشت ۶۳
۲-۵-۴-۴-روابط ترکیب ضریب زبری ۶۹
۲-۵-۴-۴-۱-رابطه هورتن ۶۹
۲-۵-۴-۴-۲-رابطه لوتر ۶۹
۲-۵-۴-۴-۳-رابطه انیشتن و بانکز ۷۰
۲-۵-۴-۴-۴-متوسط وزنی ضریب مانینگ ۷۰
۳-فصل سوم ۷۱
۳-۱- استخراج معادلات سنت- ونانت ۷۲
۳-۱-۱-معادله پیوستگی ۷۲
۳-۱-۲-معادله اندازه حرکت ۷۴
۳-۱-۲-۱-نیروی فشاری ۷۵

۳-۱-۲-۲-نیروی گرانش ۷۶
۳-۱-۲-۳-نیروی اصطکاک ۷۷
۳-۱-۲-۴-تغییرات اندازه حرکت ۷۸
۳-۱-۳- روش دیگر نمایش معادلات ۷۹
۴-فصل چهارم ۸۱
۴-۱- حل عددی معادلات سنت- ونانت ۸۲
۴-۱-۱- روش حل عددی نرم‌افزار MIKE11 ..... ۸۳
۴-۱-۱-۱-معادله پیوستگی ۸۴
۴-۱-۱-۲-معادله اندازه حرکت ۸۷
۴-۱-۲-شرایط مرزی معادله ۸۹
۴-۱-۲-۱- رقوم آب بصورت تابعی از زمان ۸۹
۴-۱-۲-۲- دبی به صورت تابعی از زمان ۹۰
۴-۱-۲-۳- مرز دبی-اشل Q-h ۹۲
۵-فصل پنجم ۹۴
۵-۱-حل معکوس ۹۴
۵-۲- نحوه تعریف تابع هدف و قیدها ۱۰۱
۵-۲-۱- نحوه ارتباط برنامه‌های مورد استفاده ۱۰۱
۵-۲-۲- انتخاب تابع هدف ۱۰۶
۶-فصل ششم ۱۱۱
۶-۱- مثال‌های فرضی ۱۱۳

۶-۱-۱-تعیین ضرایب زبری در کانال‌های فرضی بر اساس مدل ارائه شده توسط رامش..... ۱۱۳
۶-۱-۱-۱-تعیین ضریب زبری در یک کانال تک شاخه‌ای فرضی ۱۱۳
۶-۱-۱-۲- تعیین ضرایب زبری در کانال چندشاخه‌ای فرضی..... ۱۱۴
۶-۱-۲- تعیین ضریب زبری در یک کانال فرضی با یک ضریب زبری مانینگ..... ۱۱۶
۶-۱-۳- تعیین ضریب زبری در یک کانال فرضی با سه ضریب زبری مانینگ..... ۱۱۷
۶-۱-۴- تعیین ضریب زبری در یک کانال فرضی با نه ضریب زبری مانینگ..... ۱۲۰
۶-۲-مثال واقعی..... ۱۲۴
۷-فصل هفتم ۱۴۱
۷-۱-خلاصه..... ۱۴۱
۷-۲-نتیجه‌گیری..... ۱۴۱
۷-۳- پیشنهادات برای ادامه کار..... ۱۴۲
مراجع..... ۱۴۳
واژه‌نامه..... ۱۴۹

۱-فصل اول

علیرغم پیشرفت اساسی در توسعه ابزارهای نرم‌افزارهای مدل‌سازی جریان درمجاری آب‌بر روباز در سال های اخیر، تعیین برخی مقادیر پارامترهای تاثیرگذار در حل مسئله، تا به امروز به عنوان یک عمل دشوار شناخته می‌شود. میزان اعتماد به صحت مدل‌های هیدرولیکی شبیه‌سازی شده به شکل قابل توجهی به انتخاب این پارامترها بستگی دارد. مهمترین و تاثیرگذارترین این پارامترها، ضریب زبری هیدرولیکی می‌باشد. برآورد دقیق ضریب زبری رودخانه‌ها همواره یکی از مسایل مهم و اساسی در مدلسازی هیدرولیک کانال‌های باز می-باشد. که باعث شده مطالعات گسترده‌ای جهت تعیین آن صورت پذیرد. علیرغم مطالعات فراوان تا به امروز روشی مطمئن و دقیق جهت تعیین این ضریب در مجاری آب‌بر روباز ارئه نشده است.

به طور کلی، توانایی شبیه‌سازی مناسب یک رودخانه بر اساس دانش مقدماتی نسبت این ضریب می-باشد. اما معمولاً اطلاعات ما از خصوصیات رودخانه‌ی مورد مطالعه به منظور تخمین این ضریب کافی نمی‌باشد و همچنین بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز در این زمینه نیز پرهزینه و زمانبر می‌باشد. در مسایل عملی، مقادیر این پارامترها بوسیله‌ی روش خسته‌کننده‌ی سعی و خطا بدست می‌آید. کاربرد این روش اصولا بر اساس مقایسه نتایج حاصل ازشبیه‌سازی مدل و داده‌های مشاهده‌ای استوار می‌باشد. که در این روش ضرایب زبری توسط کاربر تغییر داده می‌شود تا مقادیر حاصل از مدل و داده‌های مشاهده‌ای به هم نزدیک شوند. به علت خسته کننده بودن و نیاز به انجام مداوم آن، این روش روشی ناکارآمد و طاقت‌فرسا می‌باشد. علاوه بر این به علت اینکه قضاوت کاربر نقش مهمی در انتخاب این ضرایب بازی می‌کند، معمولا این ضرایب با درصد خطای بالایی تخمین زده می‌شوند.لذا درا ینجا بر آن شدیم تا روشی جدید و دقیق جهت تعین ضریب زبری رودخانه ارائه دهیم. این روش بر پایه حل معکوس شکل گرفته است.

در این روش ابتدا با استفاده از داده‌های نقاط شاهد که از محدوده‌ی مورد مطالعه برداشت شده، به تشکیل تابع هدف با فرض مجهول بودن این ضرایب به منظور تطابق داده‌های مشاهده‌ای و محاسباتی اقدام

خواهیم نمود. سپس برای یافتن جواب صحیح از روش الگوریتم ژنتیک که یکی از روش‌های جدید بهینه سازی توابع است بهره خواهیم برد. در نهایت جواب بهینه را بدست خواهیم آورد.

۱-۱-صورت مسئله

در این قسمت به تشریح صورت مسئله پیش رو می پردازیم. در فرآیند معمول مدل‌سازی یک رودخانه، ابتدا ضریب زبری آن به عنوان یک ضریب ثابت و معلوم به برنامه داده می‌شود و سپس برنامه اقدام به حل مدل می‌نمایند. هدف از حل مدل نیز بدست آوردن متغیرهای مجهول مسئله که همان تراز سطح آب و دبی جریان(یا سرعت) در نقاط گرهی در طول رودخانه می‌باشد. در مسئله‌ی پیش‌روی، هدف ما تعیین ضرایب زبری مجهول در رودخانه می‌باشد. در این حالت به طور معکوس با داشتن مقادیر واقعی رقوم سطح آب و دبی جریان در نقاط شاهد به تعیین این ضرایب زبری در طول رودخانه اقدام می‌کنیم.

۱-۲-روش حل مسئله در این پایان‌نامه

استفاده از روش‌های عددی جهت حل مسائل موجود در طبیعت از گذشته مورد توجه بوده است . اما نبود توان محاسباتی قوی جهت انجام محاسبات طولانی مانع از انجام محاسبات مورد نیاز شده بود. با پیشرفت علم کامپیوتر در سه دهه گذشته و افزایش قدرت محاسباتی آنها، استفاده از روش‌های عددی در مهندسی هیدرولیک بصورت بسیار سریع گسترش یافت. بطوریکه در حال حاضر لزوم استفاده از کامپیوتر و حل عددی در مسائل روز به روز رو به افزایش می‌باشد .در دهه‌ی اخیر ظهور نرم افزارهای مدل‌سازی هیدرولیک جریان در مجاری‌روباز رشد چشمگیری داشته است. و به کمک این نرم‌افزارها توانایی مهندسان هیدرولیک در مدل‌سازی هیدرولیک جریان سطح آزاد در رودخانه‌ها به نحو چشمگیری افزایش یافته است. در همین راستا در این پایان-نامه از نرم افزار MIKEll که یکی از قویترین نرم‌افزار در زمینه مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیک جریان سطح آزاد در رودخانه‌ها می‌باشد و همچنین از الگوریتم ژنتیک در فرآیند بهینه‌یابی استفاده شده است .

در فرآیند بهینه‌یابی به منظور یافتن ضرایب مانینگ در رودخانه ، ابتدا الگوریتم ژنتیک مقادیر اولیه‌ای از ضریب زبری مانینگ به منظور تخمین آن تولید می‌کند. سپس این مقادیر تولید شده به عنوان ورودی به برنامهMIKE11 داده می‌شود. برنامهMIKE11 این مقادیر اولیه را به عنوان ضرایب مانینگِ محدوده‌ی مورد مطالعه اختصاص می‌دهد وسپس این مدل هیدرولیکی را با توجه به آن ضرایب حل می‌نماید. مقادیر متغیرهای رقوم سطح آب و دبی بدست آمده از حل MIKE11 مسلماً با مقادیر برداشت شده در نقاط شاهد متفاوت خواهد بود. لذا با نوشتن یک تابع که حاصل جمع مربع تفاضلات مقادیر رقوم سطح آب و دبی محاسبه شده در نقاط شاهد به مقادیر موجود(برداشت شده) در نقاط شاهد است، در هر بازه زمانی اقدام به مینیمم کردن این تابع می کنیم .روش مورد استفاده در بهینه کردن و رفتن به سمت مینیمم برای این تابع روش جدید الگوریتم تکاملی ژنتیک است که از جدیدترین و سریع‌ترین روشهای حل مسائل بهینه سازی غیرخطی است. حاصل بهینه کردن این تابع عبارت است از مقادیر ضرایب زبری بهینه در هر بازه‌ی اختصاص‌یافته در طول رودخانه مورد مطالعه می‌باشد.

۱-۳-تقسیم موضوعی پایان‌نامه

این پایان نامه دارای هفت فصل می باشد که خلاصه ای از هر کدام در زیر آمده است.

فصل اول:

در این فصل صورت مسئله بیان شده است و روش برخورد جهت حل مسئله بیان گردیده است. سپس تقسیم موضوعی رساله ارائه شده است.

فصل دوم:

در این فصل ابتدا خلاصه‌ای از تاریخچه‌ی کاربرد بهینه‌سازی در تعیین ضریب زبری رودخانه و مطالعاتی که

توسط پژوهشگران پیشین صورت گرفته مطالبی ارائه می‌شود. سپس در ادامه با نگاهی به تاریخچه‌ی استخراج فرمول مانینگ به بیان فاکتورها و شرایطی که ضریب زبری به آنها وابسته می‌باشد می‌پردازیم.

فصل سوم:

در این فصل در مورد معادلات مورد استفاده در حل مسأله و نحوه استخراج آنها و ترم‌های مورد استفاده در هر یک از معادلات و همچنین فرضیات اعمال شده در معادلات بیان می‌شود.

فصل چهارم:

در این فصل روش عددی بکار گرفته شده در برنامهMIKE11 جهت حل معادلات سنت-ونانت مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

فصل پنجم:

در این فصل استراتژی حل مسئله بصورت کامل بیان می‌شود و تابع هدف در این مرحله تعریف شده و چگونگی استفاده از بهینه‌یابی جهت رسیدن به جواب نهایی بیان می‌شود.

فصل ششم:

دراین فصل بر مبنای برنامه تهیه شده برای یافتن مقادیر ضریب زبری مانینگ مجاری آب بررو باز مثال‌هایی حل خواهد شد.

فصل هفتم:

در این فصل خلاصه پایان نامه ، نتیجه گیری و پیشنهاد ارائه شده است.

۲-فصل دوم

برآورد دقیق ضریب زبری رودخانه‌ها همواره یکی از مسایل مهم و اساسی در مطالعات هیدرولیک مجاری‌آب‌بر روباز[1] می‌باشد که باعث شده مطالعات گسترده‌ای جهت تعیین آن صورت بپذیرد. علیرغم مطالعات فراوان، تا به امروز تعیین مقدار دقیق این ضریب برای مهندسان هیدرولیک به صورت یک مشکل باقی مانده است. شاید بتوان گفت اگرچه مهندسان باتجربه با استفاده قضاوت مهندسی توانسته‌اند با کمک گرفتن از فرمول‌های تجربی و یا جداول موجود تا حدودی بر این مشکل فائق آیند، اما هنوز هم با انتخاب دقیق آن فاصله دارند. در اینجا بر آن شدیم تا روشی جدید و دقیق جهت تعین ضریب زبری رودخانه ارائه دهیم.

در این فصل ابتدا خلاصه‌ای از تاریخچه‌ی کاربرد بهینه‌سازی در تعیین ضریب زبری رودخانه و مطالعاتی که توسط دانشمندان پیشین صورت گرفته مطالبی ارائه می‌شود. سپس در ادامه با نگاهی به تاریخچه استخراج فرمول مانینگ به بیان فاکتورها و شرایطی که ضریب زبری به آنها وابسته می‌باشد می‌پردازیم.

۲-۱-تاریخچه‌ی کاربرد بهینه‌سازی در تعیین ضریب زبری رودخانه

بر خلاف مطالعات گوناگون انجام شده در رابطه با نحوه‌ی تعیین ضریب زبری رودخانه‌ها که بیشتر آنها بر پایه‌ی روابط تجربی و نیمه تجربی استوار می‌باشند، به ندرت می‌توان منابعی در رابطه با نحوه تعیین ضریب زبری رودخانه بر پایه‌ی روش‌های بهینه‌سازی یافت. بنابراین در این بخش به این منابع محدود اشاره خواهد شد.

در سال 1997 خطیبی[2]به همراه همکارانش ویلیامز[3] و ورملیتون[4] طی مطالعه‌ای به بررسی مسئله تعیین ضریب زبری در کانال‌های باز پرداختند. در این تحقیق به بررسی نقاط قوت و ضعف مسایل تعیین ضریب زبری رودخانه پرداخته شد و همچنین فاکتورهایی که در فرآیند حل مسئله معکوسِ تعیین ضریب زبری دخیل می‌باشند مورد بررسی قرارگرفت. که از جمله آنها می‌توان به بررسی خطا در داده‌های مشاهده‌ای و یا خطاهای

1-Open channel flow
2-Khatibi
3-Williams
4-Wormleaton

`

ناشی از فرض‌های ساده‌کننده درمدل‌سازی رودخانه و همچنین انتخاب تابع هدف در مسئله تعیین ضریب زبری اشاره نمود. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که وجود خطا در داده‌های مشاهده‌ای در مسئله تعیین ضریب زبری اختلال ایجاد می‌کند. ولی با بکارگیری تابع هدف مناسب حتی با وجود خطاهای نسبتا زیاد در داده‌های مشاهدهای می‌توان در حل آن به نتایج قابل قبولی دست یافت. در این مسئله معادلات حاکم بر مسئله به دو روش 4 نقطه‌ای و6 نقطه‌ای تفاضلات محدود گسسته‌سازی شده است که بررسی نتایج این مقایسه نشان داد که بکارگیری هردو روش در مسیر فرآیند بهینه‌سازی تاثیر چندانی نگذاشته و هر دو روش نتایج قابل قبولی را ارائه می‌کنند. مدل بررسی شده در این تحقیق، یک مدل تک شاخه‌ای و با شرایط مرزی مشخص است که برای حالت‌های مختلف خطا در داده‌های مشاهده‌ای و با استفاده از توابع هدف مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج پژوهش آن‌ها نشان دهنده این مطلب می‌باشد که ازمیان توابع هدفِ مجموع مطلق مربع تفاضلات و مجموع نسبی مربع تفاضلات نسبت به داده‌های مشاهده‌ای و مجموع نسبی مربع تفاضلات نسبت به داده‌های محاسبه شده، بهترین جواب با بکارگیری تابع هدفِ مجموع مطلق مربع تفاضلاتِ بین داده‌های مشاهده‌ای و محاسبه شده بدست خواهد آمد[25].

در سال 2000 رامش[1] و همکارانش یک مدل بهینه‌سازی جهت تخمین ضرایب زبری از داده‌های برداشت شده در جریان غیرماندگار درکانال چند شاخه‌ای را پیشنهاد نمود. در این تحقیق معادلات حاکم بر جریان معادلات سنت‌ونانت بودند که برای یک کانال مستطیلی عریض و با استفاده از الگوی تفاضلات محدود پرایزمن[2] خطی‌سازی شده است. الگوریتم SQP[3] در فرآیند بهینه‌سازی اختیار شده است که با استفاده از آن تابع هدف که مجموع مربع تفاضلات نسبی(نسبت به مقادیر مشاهده‌ای) بین مقادیر تخمینی و مقادیر مشاهده-ای ارتفاع آب در کانال می‌باشد، را حداقل می‌کند. برای بررسی عملکرد مدل پیشنهادی، حالت‌های مختلفی بر روی یک کانال تک شاخه‌ای با یک n مشخص و یک کانال چندشاخه‌ای با چندین n متفاوت اختیار شده است.

1-Ramesh
2-Preisman
3-Sequential quadratic program

`

در حالت اول نتایج قابل قبولی بدست آمده است ولی در حالت دوم مشاهده می‌شود که از دقت مسئله کاسته شده است و در نتیجه همگرایی به یک جواب بهینه مشکل می‌شود[41].

در سال 2004 تحقیقی توسط یان دینگ[1] و همکارانش بر روی مسئله تعیین ضریب زبری مانینگ در جریان آب‌های کم عمق انجام شد . آنها در این تحقیق به مطالعه برروی مسئله تعیین ضریب زبری مانینگ با استفاده از الگوریتم‌های مختلف بهینه‌سازی پرداختند که وظیفه آنها حداقل نمودن اختلاف بین مقادیر داده‌های مشاهده‌ای و محاسباتی ارتفاع سطح آزاد آب براساس معیار مجموع مربع تفاضلات می‌باشد. آنها ابتدا با اعمال سه نوع الگوریتم متفاوت بر روی یک مدل ساده از رودخانه‌ای فرضی جهت اطمینان از عملکرد الگوریتم‌های ارائه شده پرداختند و سپس این الگوریتم‌ها را بر روی یک رودخانه واقعی و با شرایط مرزی مشخص اعمال نمودند. نتایج بررسی‌های آنها نشان داد که بکار بردن الگوریتم‌هایی که درآن‌ها قیدهای حاکم بر مسئله بصورت کران‌های بالا و پایین برای مقدار n مانینگ می‌باشند،از دقت بیشتری برخودار می‌باشد و سرعت همگرایی آنها نیز در فرآیند حل مسئله بیشتر می‌باشد .همچنین نتایج کلی مطالعه‌ی آنها نشان داد که الگوریتم ارائه شده درفرآیند حل مسئله، قابل کاربرد برای دیگر مسائل موجود در علم هیدرولیک می‌باشد[14].

در سال 2005 نگوین[2] و فنتون[3] در یک تحقیق، مسئله تعیین ضریب زبری در کانال‌های مرکب[4] را بررسی نمودند. این تحقیق بر روی یک کانال طبیعی که دارای سطح مقطع مرکب می‌باشد صورت پذیرفت است. در این مطالعه از الگوریتم پاول[5] به منظور حداقل‌کردن تابع هدف که مجموع مربع تفاضلات بین سطح آب مشاهدهای و سطح آب محاسباتی است، استفاده شده است. عملکرد مدل با استفاده از سیلاب‌هایی مختلف(با دبی پیک متفاوت) ارزیابی گشته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مقادیر زبری‌ها در کانال‌های اصلی و سیلاب‌دشت رودخانه در هنگام رویداد سیلاب‌های مختلف متفاوت بوده ولی مقادیر آنها به گونه‌ای می‌باشد که

1-Yan Ding
2-Nguyen
3-Fenton
4-Compound channel
5-Powel algorithm

`

می‌توان تقریباً آن را با درصد خطایی قابل قبول، ثابت فرض نمود. همچنین در این پژوهش مسئله تغییر ضریب زبری با افزایش ارتفاع بدین صورت که ضریب زبری تابعی درجه دوم از ارتفاع می‌باشد مورد بررسی قرارگرفته است. که نتایج آن نشان می‌دهد که در کانال اصلی ضریب زبری تقریبا ثابت می‌ماند اما ضریب زبری سیلاب-دشت با تغییر ارتفاع سطح آب دچارتغییر می‌شود[36].

۲-۲-تاریخچه ضریب زبری رودخانه

۲-۲-۱ رابطه شزی

جریان سیال واقعی همیشه در معرض مقاومت و اتلاف انرژی می‌باشد و جریان درون کانال‌های باز از این قضیه مستثنی نمی‌باشد. در واقع ضریب مقاومت هیدرولیکی اغلب یکی از اساسی‌ترین اطلاعات مورد نیاز برای انجام هرگونه محاسبات و طراحی در علم هیدرولیک می‌باشد.

جستجو و تحقیق برروی مقاومت هیدرولیکی دارای یک تاریخچه‌ی طولانی است. براساس تحقیقات رُوز[1] مفهوم مقاومت جریان به زمان قرن چهارم قبل از میلاد در یونان باز می‌گردد[44]. مفهوم جدید مقاومت در جریان‌های باز احتمالاً به آنتونی شزی[2] در قرن هجدهم باز می‌گردد که شزی به این نتیجه رسیده بود که سرعت جریان متناسب با جذر حاصلضرب شعاع هیدرولیکی[3] و شیب می‌باشد.(معادله(۲-۱))

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{R_1 S_1}}{\sqrt{R_2 S_2}} \qquad (۱-۲)$$

شزی در حدود سال 1776 فرمول خویش را ارائه نمود[8]. ولی این موضوع برای چندین دهه ناشناخته باقی ماند، تا اینکه پرونی[4] و جرارد[1] به ترتیب در سال‌های1803و1804 به فرمول شزی اشاره کردند. در فرمول سرعتِ پرونی ضریبِ cی فرمول شزی به صورت معادله(۲-۲) محاسبه می‌شود[39].

1-Rouse
2-Antoine Chezy
3-Hydraulic radius
4-Prony

`

$$C = \left(0.000309 + \frac{0.0000445}{V} \right) \quad (۲-۲)$$

که این ضرایب از طریق نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی بسترکانال‌های خاکی و چوبی به دست آمده است. آیتلوِین[2] بر پایه‌ی آزمایشات دوبوات[3] (که همچنین پرونی هم از آن استفاده کرده بود واحتمالاً از کارهای شزی هم بی اطلاع بوده است) معادله (۲-۳) را پیشنهاد کرد[15].

$$C = \left(0.000356 + \frac{0.0000243}{V} \right) \quad (۲-۳)$$

تأثیر لزجت[4] سیال بر مقاومت سیال نیز تا حدودی در اوایل قرن نوزدهم پذیرفته شده بود.کولمب[5]به وجود دو نوع مقاومت اشاره نمود: که یکی بدلیل وجود چسبندگی بین مولکول‌ها و دیگری به سبب اینرسی مولکول‌ها می‌باشد[10].در اواسط قرن نوزدهم هاگن[6] و همچنین پویسیولی [7] (بطور جداگانه) بواسطه‌ی آزمایش‌هایشان درون یکسری لوله‌های کوچک، به چگونگی تأثیر دمای سیال برروی مقاومت سیال پی-بردند[10], [38]. این موضوع ناشناخته باقی ماند تا اینکه رینولدز[8] نقش لزجت را به درستی تعیین نمود. وی بطور ضمنی یک عبارت بی‌بعد را به صورت ضریبی که امروزه به عنوان عدد رینولدز شناخته می‌شود، را پیشنهاد نمود [43]. اگرچه رینولدز بعداً مقدار پایداری عدد رینولدز در لوله‌ها را بین 1900تا 2000 پیدا کرد ولی به نظر می‌رسد که او به طور کامل و جامع نقش عدد رینولدز در مقاومت جریان را درک نکرده باشد. وایسباخ[9] براساس افت انرژی بدست آمده در آزمایش‌هایش و داده‌های بدست آمده از آزمایش‌های دیگران، فرمول معروفش معادله (۲-۴) برای تعیین افت لوله‌ها پیشنهاد نمود[49].

1-Girard
2-Eytelwein
3-Du Buat
4-Viscosity
5-Coulomb
6-Hagen
7-Poiseuille
8-Reynolds
9-Weisbach

`

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (۴-۲)$$

که در آن:

D = قطر لوله ، (m)

v = سرعت متوسط ، ($m.s^{-1}$)

L = طول لوله ، (s)

f = ضریب مقاومت بی‌بعد وایسباخ

دراوایل قرن بیستم، بواسطه‌ی انجام کارهای تحقیقاتی در گوتینگن[1] آلمان ، مقادیر کلی‌ای از f برای جریان ماندگار یکنواخت به شکل دیاگرام مودی تعیین شد.که وایسباخ باتوجه به معادله (۲-۴) معادله‌ی معادله(۲-۵) را برای جریان درون کانال‌های باز بیان نمود[50].

$$v = \sqrt{\frac{2g}{f_1} \frac{A}{D} \frac{h_f}{L}} \quad (۵-۲)$$

جالب است که بدانیم وایسباخ به غلط تصور می‌کرد که ضریب f_1 تنها با سرعت تغییر می‌کند(در مجاری آب بر رو باز) در حالی که او هم‌زمان به این نتیجه رسیده بود که ضریب f برای لوله‌ها نه تنها به سرعت بلکه همچنین به قطر و جنس مرزها نیز وابسته است و وی این مقدار و یا فرمول f_1 را برای کاربردهای عمومی پیشنهاد نکرد.

دراین جا مناسب است که اشاره شود، که برخلاف معروفیت کنونی معادله (۲-۴)که با اسم دارسی همراه است، وی فرمول یا ضریب f را معرفی نکرده است. فرمولی که دارسی برای جریان سیال بیان کرد به صورت معادله (۲-۶) بود[11].

1-Gottingen

`