دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه‌های هیدرولیکی

عنوان:

مطالعه رفتار کانال‌های پایدار مرکب با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا عزیزیان

(استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان)

دکتر غلامحسین اکبری

(استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان)

تحقیق و نگارش:

رضا بزرگمهر

زمستان ۱۳۹۱

بسمه تعالی

این پایان‌نامه با عنوان **مطالعه رفتار کانال‌های پایدار مرکب با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد **مهندسی عمران – سازه‌های هیدرولیکی** توسط دانشجو **رضا بزرگمهر** تحت راهنمایی **جناب آقای دکتر غلامرضا عزیزیان و جناب آقای دکتر غلامحسین اکبری** تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می‌باشد.

رضا بزرگمهر

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می‌شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	دکتر غلامرضا عزیزیان		
استاد راهنما:	دکتر غلامحسین اکبری		
استاد مشاور:	_____		
داور ۱:	دکتر علیرضا حسین‌نژاد		
داور ۲:	دکتر حمیدرضا سلوکی		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر حسین آتشی		

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب رضا بزرگمهر تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کـار پژوهشـی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سـطح یـا بـالاتر ارائه نشده است .

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد .

رضا بزرگمهر

تو درخت روشنایی، گل مهر، برگ و بارت

تو شمیم آشنایی، همه شوقها نثارت

تو سرود ابر و باران و طراوت بهاران

همه دشت، انتظارت.

با سپاس بی‌دریغ از قلب پر عطوفت مادر، کلام مشفقانه‌ی پدر

و تقدیم به همسر مهربانم که دلا آرام تنهایی منست.

به ستاره برگ ناهید ،

نوشتم این غزل را

که بر این رواق خاموش

به یادگار ماند .....

سپاسگزاری

اعتراف می‌کنم که نه زبان شکر تو را دارم و نه توان تشکر از بندگان تو، اما بر حسب وظیفه از کلیه اساتید ارجمندم در طول سالهای به یادماندنی شاگردیشان تشکر می‌نمایم. از اساتید ارجمند جناب آقایان **دکتر عزیزیان و دکتر اکبری** برای راهنمایی، مشاوره و هدایت این پایان‌نامه و همچنین از اساتید عزیز جناب آقایان **دکتر حسین‌نژاد و دکتر سلوکی** که زحمت داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفته و اینجانب از ایده‌های خوب آنان بسیار بهره‌مند گردیده‌ام، خاضعانه سپاسگزارم. از اساتید محترم گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان که در مدت تحصیل کارشناسی و کارشناسی ارشد بسیار از آن‌ها آموخته‌ام نهایت تقدیر و تشکر را دارم .

از دوستان و همکلاسیهای عزیزم آقایان **مهندس میر، مهندس شهرآبادی، مهندس رضایی** صمیمانه سپاسگزارم.

و در پایان از **خانواده، همسر** و همه فرشتگانی که بالهای محبت خود را گسترانیدند و با تحمل دشواری‌ها، سبب شدند تا در کمال آسودگی خیال و فراغت بال، شوق آموختن در من زنده بماند صمیمانه سپاسگزارم و این نیست جز جلوه‌ای از لطف و رحمت پرودگاری که از ادای شکر حتی یک نعمت او ناتوانم.

چکیده:

مقطع عرضی اکثر جریانهای طبیعی یا رودخانه‌ها مانند یک کانال مرکب بوده که این مقاطع معمولاً شامل یک کانال اصلی به همراه یک یا دو پهنه سیلابی است. رودخانه‌ها در طی سال‌های زیاد و تحت جریان‌های سیلابی و غیر سیلابی متعددی به هندسه هیدرولیکی نسبتاً پایداری رسیده‌اند و در اثر تغییرات شدت جریان و رسوب، شیب، عمق و عرض خود را به‌گونه‌ای تغییر داده و تنظیم می‌نمایند تا به حالت جدیدی از پایداری دینامیکی برسند. طراحی مناسب کانالها و بهینه‌سازی مقطع رودخانه‌ها یکی از پیچیده‌ترین و مهمترین مبانی مهندسی رودخانه است که به دلیل پیچیدگی و دینامیکی بودن پدیده از معیارهای تجربی، نیمه‌تجربی و آماری که دقت مطلوبی ندارند برای طراحی و تعیین ابعاد کانالهای پایدار رژیمی استفاده می‌شود. در این تحقیق مدلی جدید بر اساس سیستم شبکه‌های عصبی مصنوعی با استفاده از داده‌های صحرایی وسیعی آموزش داده و آزمایش شده است. ضرایب همبستگی بهترین مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آزمایش برای سه پارامتر عرض، عمق و شیب به ترتیب برابر ۰/۹۴۲۰، ۰/۹۴۱۰ و ۰/۸۸۹۷ و مقادیر میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی آن‌ها به ترتیب ۱۹/۳۱، ۲۷/۱۱، ۷۴/۲۲ درصد می‌باشد. همچنین برای اثبات کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی بررسی و ارزیابی معادلات تجربی و نیمه‌تجربی تعیین ابعاد کانال‌ها و رودخانه‌های پایدار انجام شده است که معادلات بلنچ و چانگ به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۸۳۵۴ و ۰/۸۷۵۳ و میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی ۳۶/۲۹ و ۳۷/۳۵ درصد در تخمین پارامتر عرض، معادله بلنچ با ضریب همبستگی ۰/۹۰۶۶ و میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی ۲۷/۱۹ در تخمین پارامتر عمق و معادله لیسی با ضریب همبستگی ۰/۳۹۹۹ و میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی ۵۶/۱۹ در تخمین پارامتر شیب نسبت به دیگر معادلات عملکرد بهتری داشته‌اند. پس از مقایسه نتایج حاصل از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی با نتایج حاصل از معادلات تجربی و نیمه تجربی، ارجحیت متدولوژی مطرح شده بر روش‌های تجربی سابق تأیید شده است.

کلمات کلیدی : کانالهای پایدار، شبکه‌های عصبی مصنوعی، مقطع رودخانه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- فصل اول: مقدمه‌ای بر محتویات پایان‌نامه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- پیشینه تحقیق ۴

۱-۳- هدف از این تحقیق ۶

۱-۴- روش انجام تحقیق ۶

۱-۵- نحوه تنظیم پایان‌نامه ۷

۲- فصل دوم: مفاهیم پایداری، معادلات و روش‌های طراحی در کانال‌های پایدار ۸

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- رودخانه‌ها و اهمیت آنها ۱۰

۲-۳- ریخت‌شناسی یا مورفولوژی رودخانه ۱۱

۲-۴- هندسه پایدار رودخانه ۱۲

۲-۵- هندسه کانال و فرایندهای حاکم بر آن ۱۴

۲-۵-۱- شکل‌های پلان رودخانه ۱۵

۲-۵-۲- مقطع عرضی ۱۶

۲-۵-۳- مقطع طولی ۱۷

۲-۵-۴- زبری ۱۷

۲-۶- اصول تعادل کانال ۱۸

۲-۷- بررسی معادلات و روشهای طراحی مجاری پایدار ۲۰

۲-۷-۱- معادلات تجربی رژیم در مجاری آبرفتی ۲۱

۲-۷-۲- روش حداکثر سرعت مجاز برای طراحی کانال‌های پایدار ۳۴

۲-۷-۳- روش نیروی برشی مجاز برای طراحی کانال‌های پایدار ۳۷

۲-۷-۴- روش حداقل قدرت جریان برای طراحی کانال‌های پایدار ۳۹

۳- فصل سوم: معرفی شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد استفاده در تحقیق ۴۱

۳-۱- مقدمه ۴۲

۳-۲- شبکه عصبی بیولوژیکی ۴۲

۳-۳- مفهوم شبکه ۴۳

۳-۴- شبکه عصبی مصنوعی ۴۴

۳-۴-۱- ساختار شبکه ۴۵

۳-۴-۲- روند آموزش شبکه ۴۵

۳-۴-۳- توابع تحریک ۴۷

۳-۵- ویژگی‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی ۴۹
۳-۵-۱- قابلیت یادگیری ۴۹
۳-۵-۲- پراکندگی اطلاعات ۴۹
۳-۵-۳- قابلیت تعمیم ۵۰
۳-۵-۴- پردازش موازی ۵۰
۳-۵-۵- مقاوم بودن ۵۰
۳-۶- شبکه های تک لایه ۵۱
۳-۷- شبکه های چند لایه ۵۲
۳-۸- تاریخچه استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در مهندسی رودخانه ۵۳
۳-۹- تشریح شبکه عصبی مورد بررسی در این تحقیق ۵۴
۳-۹-۱- آموزش شبکه با الگوریتم‌های پس‌انتشار خطا ۵۴
۳-۹-۲- معیار توقف ۵۶
۳-۹-۳- تعمیم پذیری ۵۷
۳-۹-۴- توقف زودهنگام Cross Validation ۵۸
۳-۹-۵- نرمال‌سازی داده‌ها ۵۹
۳-۱۰- نحوه مدلسازی شبکه‌های عصبی در این تحقیق ۶۰
۳-۱۰-۱- توپولوژی شبکه‌های عصبی ۶۰
۳-۱۰-۲- نحوه ارائه زوجهای آموزشی به شبکه ۶۱
۳-۱۰-۳- الگوریتم‌های مختلف یادگیری در شبکه‌های عصبی پیش‌سو ۶۲
۳-۱۰-۴- سنجش میزان یادگیری و عملکرد شبکه ۶۳
۴- فصل چهارم: استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی عرض، عمق و شیب رودخانه و مقایسه با برخی معادلات تجربی و نیمه‌تجربی ۶۴
۴-۱- مقدمه ۶۵
۴-۲- الگوریتم‌های انتشار برگشتی (BP) ۶۶
۴-۲-۱- پیش‌بینی عرض کانال با الگوریتم کاهش شیب با نرخ یادگیری متغیر (GDA) ۶۶
۴-۲-۲- پیش‌بینی عرض کانال با الگوریتم کاهش شیب با ممنتم (GDM) ۶۸
۴-۲-۳- پیش‌بینی عرض کانال با الگوریتم شیب توأم (CGF) ۷۰
۴-۲-۴- پیش‌بینی عرض کانال با الگوریتم پس انتشار ارتجاعی (RP) ۷۳
۴-۲-۵- پیش‌بینی نقطه عملکرد با الگوریتم لونبرگ- مارکواردت (LM) ۷۵
۴-۳- دسته بندی شبکه های عصبی مصنوعی مدل شده در این فصل ۷۸
۴-۴- معرفی و بررسی مدل ۱-۱ ۷۸
۴-۵- معرفی و بررسی مدل ۱-۲ ۸۱

۴-۶- معرفی و بررسی مدل ۱-۳ ۸۴
۴-۷- معرفی و بررسی مدل ۲-۱ ۸۷
۴-۸- معرفی و بررسی مدل ۲-۲ ۹۰
۴-۹- معرفی و بررسی مدل ۲-۳ ۹۳
۴-۱۰- بررسی نتایج حاصل از برخی معادلات تجربی و نیمه‌تجربی ۹۶
۴-۱۰-۱- نتایج و بحث ۱۰۱
۴-۱۱- مقایسه بهترین نتایج حاصل از شبکه‌های عصبی مصنوعی و معادلات رژیم ۱۰۶
۵- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۰
۵-۱- نتیجه‌گیری ۱۱۱
۵-۲- پیشنهادات برای ادامه این تحقیق ۱۱۳
مراجع ۱۱۴
پیوست ۱۱۸

فهرست جداول

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱. سطح مقطع عرضی رودخانه ۳

شکل ۲-۱. انواع شکلهای بستر در رودخانه های ماسه‌ای ۱۸

شکل ۲-۲. مجرای کانال غیر فرسایشی در دو حالت مختلف ۳۹

شکل ۳-۱. یک نمونه عصب واقعی ۴۳

شکل ۳-۲. مدل ریاضی ساده شده عصب واقع ۴۵

شکل ۳-۳. نمودار تابع تحریک سیگموید ۴۸

شکل ۳-۴. نمودار تابع تحریک تانژانت هایپربولیک ۴۸

شکل ۳-۵. شبکه عصبی تک لایه با تمام ارتباطات ممکن ۵۱

شکل ۳-۶. شبکه عصبی دو لایه با تمام ارتباطات ممکن ۵۳

شکل ۳-۷. ساختار شبکه عصبی پیش سوی سه لایه ۵۶

شکل ۳-۸. خطای دو مجموعه آموزشی و ارزیابی بر حسب اپوک ۵۹

شکل ۴-۱. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عرض کانال ۶۷

شکل ۴-۲. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عرض کانال ۶۸

شکل ۴-۳. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عرض کانال ۶۹

شکل ۴-۴. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عرض کانال ۷۰

شکل ۴-۵. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عرض کانال ۷۲

شکل ۴-۶. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عرض کانال ۷۲

شکل ۴-۷. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عرض کانال ۷۴
شکل ۴-۸. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عرض کانال ۷۴
شکل ۴-۹. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عرض کانال ۷۶
شکل ۴-۱۰. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عرض کانال ۷۷
شکل ۴-۱۱. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عرض کانال ۸۰
شکل ۴-۱۲. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عرض کانال ۸۰
شکل ۴-۱۳. اثر تعداد زوجهای آموزشی بر روی عملکرد شبکه ۸۱
شکل ۴-۱۴. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عمق کانال ۸۳
شکل ۴-۱۵. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عمق کانال ۸۳
شکل ۴-۱۶. اثر تعداد زوجهای آموزشی بر روی عملکرد شبکه ۸۴
شکل ۴-۱۷. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین شیب کانال ۸۶
شکل ۴-۱۸. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین شیب کانال ۸۶
شکل ۴-۱۹. اثر تعداد زوجهای آموزشی بر روی عملکرد شبکه ۸۷
شکل ۴-۲۰. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عرض کانال ۸۹

شکل ۴-۲۱. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عرض کانال ۸۹
شکل ۴-۲۲. اثر تعداد زوجهای آموزشی بر روی عملکرد شبکه ۹۰
شکل ۴-۲۳. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین عمق کانال ۹۲
شکل ۴-۲۴. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین عمق کانال ۹۲
شکل ۴-۲۵. اثر تعداد زوجهای آموزشی بر روی عملکرد شبکه ۹۳
شکل ۴-۲۶. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Tansig برای تخمین شیب کانال ۹۵
شکل ۴-۲۷. همبستگی بین مقادیر محیطی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی با تابع تحریک Logsig برای تخمین شیب کانال ۹۵
شکل ۴-۲۸. اثر تعداد زوجهای آموزشی بر روی عملکرد شبکه ۹۶
شکل ۴-۲۹. مقایسه میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی معادلات جدول ۴-۱۴ در پیش‌بینی عرض رودخانه ۹۸
شکل ۴-۳۰. مقایسه ضرایب همبستگی معادلات جدول ۴-۱۴ در پیش بینی عرض رودخانه ۹۹
شکل ۴-۳۱. مقایسه میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی معادلات جدول ۴-۱۴ در پیش‌بینی عمق رودخانه. ۹۹
شکل ۴-۳۲. مقایسه ضرایب همبستگی معادلات جدول ۴-۱۴ در پیش بینی **عمق** رودخانه ۹۹
شکل ۴-۳۳. مقایسه میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی معادلات جدول ۴-۱۴ در پیش‌بینی شیب رودخانه ۱۰۰
شکل ۴-۳۴. مقایسه ضرایب همبستگی معادلات جدول ۴-۱۴ در پیش‌بینی شیب رودخانه ۱۰۰
شکل ۴-۳۵. مقایسه عرض اندازه‌گیری شده با عرض محاسبه شده توسط معادلات جدول ۴-۱۴ ..... ۱۰۲
شکل ۴-۳۶. مقایسه عمق اندازه‌گیری شده با عمق محاسبه شده توسط معادلات جدول ۴-۱۴ ..... ۱۰۴
شکل ۴-۳۷. مقایسه شیب اندازهگیری شده با شیب محاسبه شده توسط معادلات جدول ۴-۱۴ ..... ۱۰۵
شکل ۴-۳۸. مقایسه عملکرد فرمولهای تجربی و بهترین مدل ANN در تخمین عرض ۱۰۷
شکل ۴-۳۹. مقایسه ضریب همبستگی فرمولهای تجربی و بهترین مدل ANN در تخمین عرض ۱۰۷

شکل ۴-۴۰. مقایسه عملکرد فرمولهای تجربی و بهترین مدل ANN در تخمین عمق ۱۰۸
شکل ۴-۴۱. مقایسه ضریب همبستگی فرمولهای تجربی و بهترین مدل ANN در تخمین عمق ۱۰۸
شکل ۴-۴۲. مقایسه عملکرد فرمولهای تجربی و بهترین مدل ANN در تخمین شیب ۱۰۹
شکل ۴-۴۳. مقایسه ضریب همبستگی فرمولهای تجربی و بهترین مدل ANN در تخمین شیب ۱۰۹

فهرست جداول

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۲-۱. انواع شکل پلان رودخانه ۱۵

جدول ۲-۲. مشخصات انواع کانالها ۲۷

جدول ۲-۳. ضرایب و نماهای معادلات (۲-۳۳) تا (۲-۴۰). ۲۸

جدول ۲-۴. حداکثر سرعت مجاز (متر بر ثانیه) در آب صاف و آب دارای رسوب و ضریب زبری مانینگ در کانالهای خاکی ۳۵

جدول ۲-۵. ضریب فرسایش G در رابطه (۲-۷۸) ۳۶

جدول ۳-۱. دامنه داده های صحرایی مورد استفاده در این تحقیق برای مدلهای ۱ و ۲ ۶۲

جدول ۴-۱. نتایج آموزش و آزمایش الگوریتم (GDA) ۶۷

جدول ۴-۲. نتایج آموزش و آزمایش الگوریتم (GDM) ۶۹

جدول ۴-۳. نتایج آموزش و آزمایش الگوریتم (CGF) ۷۱

جدول ۴-۴. نتایج آموزش و آزمایش الگوریتم (RP) ۷۳

جدول ۴-۵. نتایج آموزش و آزمایش الگوریتم (LM) ۷۶

جدول ۴-۶. بهترین نتایج حاصل شده از روش های مختلف ۷۷

جدول ۴-۷. دسته‌بندی شبکه‌های عصبی مدل شده ۷۸

جدول ۴-۸. پارامترهای آماری شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل ۱-۱ ۷۹

جدول ۴-۹. پارامترهای آماری شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل ۱-۲ ۸۲

جدول ۴-۱۰. پارامترهای آماری شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل ۱-۳ ۸۵

جدول ۴-۱۱. پارامترهای آماری شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل ۱-۴ ۸۸

جدول ۴-۱۲. پارامترهای آماری شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل ۱-۵ ۹۱

جدول ۴-۱۳. پارامترهای آماری شبکه های عصبی مصنوعی مدل ۱-۶ ۹۴

جدول ۴-۱۴. معادلات انتخابی برای بررسی ابعاد کانالهای پایدار ۹۷

جدول ۴-۱۵. ضرایب همبستگی مقادیر محاسبه شده توسط معادلات انتخابی با مقادیر واقعی ۹۸

جدول ۴-۱۶. میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی (درصد) مقادیر محاسبه شده توسط معادلات انتخابی با مقادیر واقعی..... ۹۸

فهرست علائم

نشانه	علامت	بعد
بردار خروجی شبکه	Y	-
بردار ورودی شبکه	X	-
ماتریس وزن شبکه عصبی	w	-
مرکز تابع گوسین	C	-
پهنای تابع گوسین	σ	-
شعاع تابع گوسین	r	-
خروجی شبکه	y_i	-
خروجی واقعی	t_i	-
تعداد زوج های آموزشی	N	-
بردار وزنها در تکرار k ام	X_k	-
سرعت یادگیری	α	-
گرادیان درتکرارk ام	g_k	-
میانگین مربعات خطا	MSE	-
جذر میانگین مربعات خطا	RMSE	-
میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی	MARE	-
ضریب همبستگی	R^2	-
مقادیر حداکثر داده‌ها	MaxP	-
مقادیر حداقل داده‌ها	MinP	-
حد بالایی بازه	UB	-
حد پایینی بازه	LB	-
داده خام	SP	-
داده نرمالیزه شده	NP	-

نشانه	علامت	بعد
میانگین داده‌ها	MeanP	-
انحراف از استاندارد داده‌ها	StdP	-
سرعت متوسط جریان	V	L^2T^{-1}
عمق متوسط جریان	d	L
عرض سطح آب	B	L
شعاع هیدرولیکی	R	L
ضریب شزی	C_{sh}	$L^{1/2}T^{-1}$
ضریب زبری مانینگ	n	-
فاکتور سیلت	f	-
محیط خیس شده	P	L
دبی	Q	L^3T^{-1}
قطر میانه ذرات	D_{50}	L
شیب کانال	S	-
لزجت سینماتیکی	ν	L^2T^{-1}
غلظت رسوبات معلق	C	ML^{-1}
فاکتور کف در معادله بلنچ	f_b	-
فاکتور کناره در معادله بلنچ	f_s	-
بار رسوبات ورودی شامل رسوبات معلق و بار کف	Q_s	ML^{-1}
حداکثر تنش برشی غیر فرسایشی مجاز	τ_s	L^2T^{-1}
تنش برشی متوسط	τ	L^2T^{-1}
اندازه ذرات کف در معادلات چیتال	m	L
عرض در معادلات بلنچ	W	L
ضریبی برای تخمین سختی کناره‌ها در معادلات بلنچ	F_s	-

نشانه	علامت	بعد
ضریب فرسایش در رابطه ۲-۷۸	G	-
حداقل سرعت مجاز در رابطه ۲-۷۹	V_{min}	L^2T^{-1}
سطح مقطع جریان	A	L^2
حداکثر عمق آب در کانال در رابطه ۲-۸۰	$d_\circ$	L
زاویه اصطکاک داخلی خاک	Φ	-
قطر ذره مربوط به درصد عبوری ۷۵	D_{75}	L
وزن مخصوص آب و رسوب در توان رودخانه (γQS)	γ	$ML^{-2}T^{-2}$
شیب بحرانی کف کانال در معادله چانگ	S_c	-

فصل اول

مقدمه‌ای بر محتویات پایان‌نامه

۱-۱- مقدمه

نقش حیاتی رودخانه‌ها در تمدن بشری و در توسعه و بهره‌برداری از آبهای سطحی و به تبع آن شناخت رفتار رودخانه‌ها از جنبه‌های مختلف امری بدیهی است. از جمله مهمترین این موارد شناخت رفتار کانال‌ها و رودخانه‌های خاکی و آبرفتی است. کانال‌های خاکی و رودخانه‌های طبیعی، هندسه هیدرولیکی خود را به گونه-ای تغییر داده و تنظیم می‌نمایند که بین شدت جریان و رسوب ورودی و خروجی کانال تعادل ایجاد شود. کانال‌های آبرفتی پایدار به عنوان کانال‌هایی که شیب، عمق و عرض خود را به گونه‌ای تغییر داده که شرایط پایداری را تحت شدت جریان و رسوب مشخصی بدست آورند، معرفی می‌شوند[۱].

کانال‌های مرکب مقطع عرضی بسیاری از رودخانه‌ها خصوصاً در بازه‌های مجاور مناطق مسکونی و زراعی را تشکیل می‌دهد. مقاطع مرکب شامل یک مقطع عمیق اصلی و یک یا دو دشت سیلابی عریض می‌باشند. این مقاطع دارای اهمیت زیادی بوده و در طرحهای مهندسی رودخانه کاربرد فراوانی دارند. مهندسین هیدرولیک، بسیاری از رودخانه‌های طبیعی را به‌فرم مقطع مرکب درمی‌آورند تا در هنگام سیل، دشتهای سیلابی وارد عمل شده و از افزایش سریع عمق جریان سیلابی جلوگیری کنند. در اغلب اوقات سال فقط مقطع اصلی رودخانه فعال بوده و دشتهای سیلابی خشک و پوشیده از گیاه می‌باشند. در هنگام سیلاب که آب مقطع اصلی را پر کرده و وارد بخش سیلابی رودخانه می‌شود مکانیسم پیچیده‌ای اتفاق افتاده که محققین سالهای زیادی را صرف مطالعهٔ آن کرده‌اند. جریان در مقطع اصلی رودخانه بدلیل عمق زیاد و ضریب زبری کمتر نسبت به دشتهای سیلابی، سرعت زیادی دارد در حالیکه جریان در دشتهای سیلابی بدلیل عمق کم و ضریب زبری زیاد، دارای سرعت بسیار کمتری است. اختلاف سرعت جریان در این دو بخش، گرادیان قابل ملاحظه‌ای را ایجاد کرده بطوریکه تنش برشی قابل توجهی در مرز تماس این دو بخش به وجود می‌آید. گرادیان سرعت باعث انتقال مومنتوم از مقطع اصلی به دشتهای سیلابی شده و سرعت جریان در مقطع اصلی را کاهش می‌دهد.

سیلاب یا طغیان رودخانه‌ها باعث می‌شود تا سطح مقطع رودخانه از حالت اولیه و اصلی آنچنان که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است خارج شده و به علت گسترش جریان آب و بالا آمدن سطح آن مقطع عرضی جدیدی به وجود آید. به این مجموعه که شامل یک کانال اصلی و کرانه های سیلابی به طوری که عمق و شیب جانبی کانال اصلی نسبت به کرانه های سیلابی بیشتر است، مقطع مرکب گفته می‌شود. با این تعریف کانال با مقطع مرکب طبیعی آبراهه‌ای است که دارای بستر سیلابی جانبی بوده و ترکیبی از مجرای عمیق