بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

دانشکده آب

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران – رودخانه

مدل تصادفی پیش‌بینی عمق چاله فرسایشی بر اساس تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها

تحقیق و تدوین:

سمیه پوربخشیان

استاد راهنما:

دکترمحمدرضا مجدزاده طباطبائی

اساتید مشاور:

دکترسید سعید موسوی ندوشنی

دکتر شهرام منصوری

اسفند ۱۳۸۷

دانشگاه صنعت آب و برق(شهید عباسپور)

دانشکده مهندسی آب

پایان نامه کارشناسی ارشد / رشته عمران- رودخانه / سمیه پوربخشیان

تحت عنوان

مدل تصادفی پیش بینی عمق چاله فرسایشی بر اساس تغییرات مورفولوژی رودخانه ها

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه: دکتر محمدرضا مجدزاده طباطبائی .....

۲- استاد مشاور پایان‌نامه : دکتر سید سعید موسوی ندوشنی .....

۳- استاد مشاور پایان‌نامه : دکتر شهرام منصوری .....

٤- استاد داور : دکتر ابراهیم جباری .....

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده : دکتر محمدرضا مجدزاده طباطبائی .....

حمد وثنا معبود لایزال که به ما قدرت تفکر ارزانی داشت

در ابتدای این مقال بر خود وظیفه دانستم با مکتوبی قاصرانه، ناتوان لب به تشکر و قدردانی بزرگان و فرهیختگان نمایم که انجام این مجموعه منوط به مساعدت‌های تعقلی، تفکری و الطاف بی‌شائبه این وارستگان بود.

استاد شهیر و دلسوزم جناب آقای **دکتر محمدرضا مجدزاده طباطبائی** که در طی مراحل مختلف این پروژه با خلقیات صبورانه و راهنمایی‌های ارزنده علمی و تمهید مقدمات لازم، تکیه گاه بنیه علمی بنده بودند.

استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر **سید سعید موسوی ندوشنی** که همواره خوشه‌چین خرمن دانش‌شان بودم و تجارب اندیشمندشان پیشبرنده این تحقیق بود.

استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر **شهرام منصوری** که با راهنمایی‌های خود رهگشای این جانب بوده‌اند.

ازآقای **Yamashita کارشناس جایکا در شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، دکتر علی چاوشیان** و **آقای رزم‌آرا** که در جمع‌آوری داده‌ها از **کشور ژاپن** برای انجام این تحقیقات زحمات زیادی کشیدند، قدردانی می‌کنم.

در خاتمه از پدر و مادر مهربان و فداکارم که همیشه با الفاظ و اعمال خلوصانه و سراسر عاطفی خود همواره حامی بی‌ادعای بنده بودند و همچنین از اعضای محترم خانواده که همیشه یاورم بوده‌اند، و کلیه عزیزانی که در دوران تحصیل همواره مشوق و پشتیبان این جانب بودند، تقدیر و تشکر می‌نمایم.

به نام خدا

تعهدنامه اصالت اثر:

اینجانب سمیه پوربخشیان تائید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه، حاصل کار پژوهشی اینجانب می‌باشد و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است.

این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک همسطح، پایین‌تر و بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور) می‌باشد.

نام و نام خانوادگی

به پدر و مادرم

چکیده

مدلهای ریخت‌شناسی رودخانه به منظور فراهم آوردن یک بینش فیزیکی نسبت به واکنشهای ریخت‌شناسی و کمک به مهندسین رودخانه در مدیریت، طراحی و بهره‌برداری سیستمهای رودخانه، طراحی می‌شوند. در این راستا مدلهای قطعی بدلیل ساختار تصادفی و دینامیکی سیستم رودخانه ضعیف عمل می‌کنند، بخصوص که این مدلها نمی‌توانند شکل دقیق بستر رودخانه، بویژه رودخانه شریانی را به دلیل تغییرپذیری بستر رودخانه و نوسانات در هندسه مقطع عرضی، پیش‌بینی کنند. از آنجا که شیوه مدل تصادفی، تغییرپذیری رفتار سیستم رودخانه را با زمان رسیدگی می‌کند بنابراین ضرورت مدلسازی تصادفی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها و نوسانات بستر رودخانه لازم بنظر می‌رسد.

مورفولوژی بسیاری از رودخانه‌های جهان دستخوش یک سری از تغییرات وسیع شده که هم زمان توسعه آبشستگی موضعی رودخانه یک مسئله مهم در مهندسی رودخانه شده است. تغییرات مورفولوژی رودخانه در دو بازه شریانی و مئاندری به ترتیب توسط دو پارامتر شریانی و ضریب مارپیچی قابل ارزیابی می‌باشد، بدین‌صورت که کاهش پارامتر شریانی با افزایش تمرکز و قدرت جریان، افزایش ضریب مارپیچی با کاهش شعاع انحنا همراه است در نتیجه آبشستگی موضعی توسعه پیدا می‌کند. از طرفی تغییرات تراز بستر رودخانه در یک مقطع عرضی می‌تواند با مشخصه‌هایی از قبیل میانگین، انحراف معیار، ضریب چولگی و فاکتور یکنواختی تغییرات تراز بستر در عرض رودخانه نسبت به یک سطح مبنا سنجیده شود. آبشستگی موضعی ناشی از تغییرات مورفولوژی رودخانه همچنین توسط مشخصه‌های‌آماری فوق بیان می‌شود. توسعه آبشستگی موضعی با کاهش میانگین تراز بستررودخانه ، افزایش انحراف معیار و کاهش ضریب چولگی همراه است . با کاهش فاکتور یکنواختی، چاله فرسایشی هم درجهت عمقی و هم در جهت افقی توسعه پیدا می‌کند (مانند حالتی که در رودخانه شریانی پارامتر شریانی کم می‌شود). در مقابل با افزایش ضریب یکنواختی، چاله فرسایشی در جهت افقی توسعه پیدا نمی‌کند و تنها حداقل تراز بستر رودخانه عمیقتر می‌شود (مانند حالتی که در رودخانه مئاندری ضریب پیچشی زیاد می‌شود). بنابراین حداقل تراز بستر رودخانه بر اساس مشخصه‌های‌آماری میانگین، انحراف معیار، ضریب چولگی و فاکتور یکنواختی تغییرات تراز بستر در عرض رودخانه نسبت به یک سطح مبنا در آینده با ارائه یک مدل آماری (رگرسیونی) که در آن حداقل تراز بستر رودخانه به عنوان متغیر وابسته و مشخصه‌های آماری مذکور به عنوان متغیرهای مستقل عمل می‌کنند قابل پیش‌بینی است.

از آنجائی که روند تغییرات مقطع عرضی رودخانه معمولاً در نتیجه تغییرات دبی جریان و یا بار رسوب ورودی از حوضه آبخیز و یا ناشی از طرح‌های موجود در رودخانه می‌باشد، علاوه بر این شیب بستر رودخانه از عوامل بسیار مهم در تغییر مرفولوژی رودخانه است. لذا جهت بررسی ارتباط آبشستگی بستر رودخانه شریانی با تغییر ریخت‌شناسی، یک مدل تصادفی براساس چهار پارامتر تراز بستر رودخانه، حداکثر دبی جریان، حداکثر دبی رسوب و شیب رودخانه، ارائه شده است که در آن، به منظور مدلسازی سری زمانی حداکثر جریان ماهانه و پیش‌بینی مقدار و زمان وقوع آن از مدل استوکستیکی ARIMA و برای برآورد دبی رسوب از روشهای بگنولد، مییر-پیتر و انیشتین برون استفاده شده است. مطالعه موردی بر روی داده‌های استخراج شده از رودخانه Yahagi از کشور ژاپن انجام یافته است. مقایسه نتایج حاصل از مدل تصادفی با داده‌های واقعی نشان می‌دهدکه اگر برآورد بار بستر با روش بگنولد صورت گیرد، مدل به خوبی می‌تواند با پیش‌بینی مقطع عرضی رودخانه شریانی و بدنبال آن پیش‌بینی عمق آبشستگی بستر رودخانه در چندین سال متوالی، تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه شریانی را پیش‌بینی

کند. سیر نزولی مقادیر پیش‌بینی شده عمق آبشستگی بستر بیانگر تغییر مورفولوژی رودخانه Yahagi در ایستگاه Yonezu از حالت شریانی به مئاندری می‌باشد.

کلمات کلیدی: مرفولوژی رودخانه، آبشستگی موضعی، مدل تصادفی، مدل ARIMA، رگرسیون گیری غیر خطی

فهرست

عنوان صفحه

فهرست I
فهرست اشکال V I
فهرست جداول X
فهرست علائم X I

فصل اول : کلیات

۱-۱) مقدمه..... ۲
۱-۲) مطالعات رودخانه‌ای..... ۲
۱-۲-۱) مرفولوژی رودخانه..... ۲
۱-۲-۱-۱) شکل پلان رودخانه..... ۳
۱-۲-۱-۲) مقاطع عرضی رودخانه..... ۳
۱-۲-۱-۳) شیب کف و پروفیل بستر رودخانه..... ۳
۱-۲-۱-۴) مقاومت بستر..... ۴
۱-۲-۲) هیدرولیک رودخانه..... ۵
۱-۲-۲-۱) نوع مقطع رودخانه..... ۶
۱-۲-۳) پایداری رودخانه‌ها ۶
۱-۲-۴) متغیرهای حاکم بر هندسه رودخانه‌های آبرفتی..... ۷
۱-۲-۵) مدلهای بررسی فرایندهای رژیم در رودخانه ها..... ۸
۱-۲-۵-۱) مدلهای مفهومی..... ۸
۱-۲-۵-۲) مدلهای رژیم ۸
۱-۲-۵-۳) مدلهای تحلیلی..... ۸
۱-۲-۶) انتقال رسوب..... ۸
۱-۲-۶-۱) آستانه حرکت ۹
۱-۲-۶-۲) انواع معادلات انتقال بار بستر..... ۱۰
۱-۲-۶-۲-۱) روش تنش برشی اضافی ۱۱
۱-۲-۶-۲-۱-۱) معادله دوبوی (۱۸۷۹)..... ۱۱
۱-۲-۶-۲-۱-۲) معادله میر پیتر (۱۹۳۴)..... ۱۲

۱-۲-۶-۲-۱-۳) معادله میر پیتر و مولر (۱۹۴۸)..... ۱۳
۱-۲-۶-۲-۱- ۴) معادله پارکر (۱۹۹۰) ۱۴
۱-۲-۶-۲-۲) روش تصادفی ۱۵
۱-۲-۶-۲-۱) اینیشتین– براون (۱۹۵۰)..... ۱۶
۱-۲-۶-۲-۳) روش توان جریان ۱۷
۱-۲-۶-۲-۴) روش تجربی ۱۸
۱-۲-۷) تأثیر شیب روی مرفولوژی رودخانه و آنالیز معادلات شیب ۱۹
۱-۲-۸) ارتباط تغییرات مورفولوژی رودخانه با آبشستگی موضعی..... ۲۱
۱-۲-۸-۱) تغییرات مورفولوژی رودخانه..... ۲۱
۱-۲-۸-۲)آبشستگی موضعی..... ۲۱
۱-۲-۸-۳) رودخانه مئاندری و ارتباط تغییرات مورفولوژی آن با آبشستگی موضعی..... ۲۳
۱-۲-۸-۳-۱) نحوه پیدایش رودخانه مئاندری و تحقیقات انجام شده ۲۳
۱-۲-۸-۳-۲) ارتباط ضریب مارپیچی با آبشستگی..... ۲۴
۱-۲-۸-۳-۲-۱) ضریب مارپیچی..... ۲۴
۱-۲-۸-۳-۲-۲) نقش پارامتر شیب در ضریب مارپیچی..... ۲۵
۱-۲-۸-۳-۲-۳) ارتباط بار رسوبی رودخانه با ضریب مارپیچی..... ۲۶
۱-۲-۸-۴) رودخانه شریانی و ارتباط تغییرات مورفولوژی آن با آبشستگی موضعی..... ۲۹
۱-۲-۸-۴-۱)تعریف ومنشأ شریانی شدن درررودخانه‌ها..... ۳۰
۱-۲-۸-۴-۲) شاخص و درجه شریانی..... ۳۰
۱-۲-۹)کنترل هیدرولیکی الگوی کانال ۳۷
۱-۲-۹-۱) روشهای تجربی بااستفاده از دبی، شیب واندازه مصالح و نرخ انتقال رسوب..... ۳۷
۱-۲-۹-۲) روشهای تجربی با استفاده از پارامترهای دیگر..... ۴۰
۱-۲-۹-۳) تحلیلهای تئوری پایداری..... ۴۰
۱-۲-۹-۴) تشریح نمودار طبقه بندی Shen(1981)..... ۴۴
۱-۳) مطالعات استوکستیکی ۴۶
۱-۳-۱) رگرسیون ۴۶
۱-۳-۲) پیش‌بینی جریان ماکزیمم ماهانه به روش استوکستیک..... ۴۶
۱-۳-۲-۱) پیش‌بینی حداکثر دبی رودخانه..... ۴۷
۱-۳-۲-۱-۱) روش های تحلیل فرایند..... ۴۹
۱-۳-۲-۱-۲) روشهای آماری (مبتنی بر داده یا آماری)..... ۴۹
۱-۳-۲-۱-۲-۱) روشهای رگرسیون..... ۴۹
۱-۳-۲-۱-۲-۲) سری های زمانی..... ۵۰
۱-۳-۲-۲) سری های زمانی..... ۵۰
۱-۳-۲-۲-۱) اجزاء تشکیل دهنده سریهای زمانی..... ۵۱

۱-۳-۲-۲-۲) مفاهیم و مشخصات آماری سریهای زمانی ۵۲
۱-۲-۲-۲-۳) سابقه تحقیقات تحلیل جریان رودخانه با استفاده از سری زمانی..... ۵۳
۱-۳-۲-۲-۴) مدلهای سری زمانی..... ۵۴
۱-۳-۲-۲-۴-۱) مدل اتورگرسیو (AR) ۵۴
۱-۳-۲-۲-۴-۲) مدل میانگین متحرک (MA)..... ۵۵
۱-۳-۲-۲-۴-۳) مدل اتورگرسیو میانگین متحرک(ARMA) ۵۵
۱-۳-۲-۲-۴-۴) (ARIMA) ۵۶
۱-۴) مروری بر روشهای پیش بینی تغییرات مورفولوژی رودخانه با استفاده از روشهای تصادفی..... ۵۸

فصل دوم : مواد و روشها

۲-۱) منطقه مورد مطالعه..... ۸۰
۲-۲) روش تحقیق..... ۸۳
۲-۲-۱) پیش‌بینی عمق آبشستگی با توجه به تغییرات مورفولوژی رودخانه از طریق آنالیز میانگین، انحراف معیار، ضریب چولگی و فاکتور یکنواختی تراز بستر رودخانه..... ۸۳
۲-۲-۲) ارائه مدل تصادفی پیش‌بینی عمق آبشستگی بستر رودخانه با توجه به تغییرات مورفولوژی..... ۸۶
۲-۲-۲-۱) ارائه مدلهای رگرسیونی چندمتغیره خطی بر اساس پارامتر وابسته تراز بستر و پارامترهای مستقل دبی ، دبی رسوب و شیب ۸۶
۲-۲-۲-۱-۱) اطلاعات ژئومتری..... ۸۶
۲-۲-۲-۱-۲) اطلاعات هیدرولیکی ۸۷
۲-۲-۲-۱-۳) اطلاعات رسوبی ۸۸
۲-۲-۲-۲) تعیین معادله سنجه رسوب و معادله شیب بستر رودخانه بصورت تابعی از دبی و دبی رسوب..... ۹۱
۲-۲-۲-۲-۱) منحی سنجه رسوب ۹۱
۲-۲-۲-۲-۲) تعیین معادله شیب بستر رودخانه بصورت تابعی از دبی جریان و دبی رسوب..... ۹۱
۲-۲-۳) پیش‌بینی دبی جریان به روش روشهای استوکستیک متداول مدلسازی سری‌های زمانی (مدل میانگین متحرک تجمعی خودبازگشت ARIMA)..... ۹۱
۲-۲-۲-۳-۱) رسم نمودار سری زمانی..... ۹۲
۲-۲-۲-۳-۲) آنالیز اولیه..... ۹۲
۲-۲-۲-۳-۲-۱) نرمال سازی سری زمانی..... ۹۲
۲-۲-۲-۳-۲-۲) ایستایی سری زمانی..... ۹۳
۲-۲-۲-۳-۳) شناسایی مدل..... ۹۵
۲-۲-۲-۳-۴) تخمین پارامترها ۹۵
۲-۲-۲-۳-۵) نکویی برازش مدل..... ۹۶
۲-۲-۲-۳-۴-۱) فرض نرمال بودن باقی مانده‌ها..... ۹۶

۲-۲-۲-۳-۴-۲) فرض استقلال باقی مانده ها.....۹۷
۲-۲-۲-۴-۵-۳) فرض ثابت بودن واریانس باقی مانده ها.....۹۷
۲-۲-۳-۴-۶) انتخاب مناسب ترین مدل.....۹۸
۲-۲-۲-۴) پیش‌بینی مقطع عرضی و عمق چاله فرسایشی توسط مدل تصادفی.....۹۹
۲-۲-۲-۵) روند نمای مدل تصادفی پیش بینی عمق آبشستگی بستررودخانه.....۱۰۰

فصل سوم : نتایج

۳-۱) پیش‌بینی عمق آبشستگی با توجه به تغییرات مورفولوژی رودخانه Yahagi در ایستگاه Yonezu
از طریق آنالیز مشخصه های آماری.....۱۰۲
۳-۱-۱) ارتباط تغییرات مورفولوژی رودخانه، آبشستگی موضعی و تغییرات مشخصه های آماری.....۱۰۲
۳-۱-۲) ارائه مدلهای رگرسیونی پیش بینی حداقل تراز بستر رودخانه Yahagi در ایستگاه Yonezu.....۱۰۶
۳-۱-۳) تجزیه و تحلیل مدلهای پیش‌بینی حداقل تراز بستر رودخانه.....۱۰۸
۳-۲) ارائه مدل تصادفی پیش بینی عمق آبشستگی بستر رودخانه با توجه به تغییرات مورفولوژی ۱۰۹
۳-۲-۱) ارائه مدلهای رگرسیونی چندمتغیره خطی بر اساس پارامتر وابسته تراز بستر و پارامترهای مستقل دبی،
دبی رسوب و شیب..... ۱۰۹
۳-۲-۱-۱) اطلاعات ژئومتری ۱۰۹
۳-۲-۱-۲) اطلاعات هیدرولیکی ۱۱۱
۳-۲-۱-۳) اطلاعات رسوبی ۱۱۵
۳-۲-۱-۴) ارائه نتایج مدلهای رگرسیونی چندمتغیره خطی بر اساس پارامتر وابسته تراز بستر و پارامترهای مستقل
دبی ، دبی رسوب و شیب ۱۲۰
۳-۲-۲) تعیین معادله سنجه رسوب و معادله شیب بستر رودخانه بصورت تابعی از دبی و دبی رسوب.....۱۲۳
۳-۲-۲-۱) منحی سنجه رسوب ۱۲۳
۳-۲-۲-۲) تعیین معادله شیب بستر رودخانه به صورت تابعی از دبی جریان و دبی رسوب..... ۱۲۵
۳-۲-۳) نتایج مدل سری زمانی.....۱۲۶
۳-۲-۳-۱) تشخیص پارامترهای مدل.....۱۳۱
۳-۲-۳-۲)آزمون معنی‌داری پارامترها.....۱۳۳
۳-۲-۳-۳) آزمون نکویی برازش مدل و انتخاب بهترین مدل.....۱۳۴
۳-۲-۳-۴) پیش‌بینی.....۱۳۵
۳-۲-۴) پیش‌بینی مقطع عرضی.....۱۳۷
۳-۲-۵) پیش‌بینی حداقل تراز بستر.....۱۴۰

فصل چهارم : نتیجه‌گیری

پیشنهادات ۱۴۳
منابع ۱۵۰
پیوست ۱ ..... ۱۵۶
پیوست ۲ ..... ۱۶۹

فهرست اشکال

عنوان.....صفحه

شکل (۱-۱) : مقایسه پیشرفت عمق آبشستگی در شرایط آب زلال و بستر زنده.....۲۲
شکل (۱-۲) : الگوی جریان در قوس ۲۳
شکل (۱-۳) : نمایش طول رودخانه و طول
دره.....۲۴
شکل (۱-۴) : ارتباط بین ضریب مارپیچی و فرم کانال.....۲۴
شکل (۱-۵) : نمودار ضریب مارپیچی و رابطه متقابل بین فرم کانال با شیب.....۲۵
شکل (۱- ۶) : ارتباط بین ضریب مارپیچی با آبشستگی موضعی در یک رودخانه مئاندری.....۲۷
شکل(۱-۷) : نمایش پلان رودخانه Tenryu و مشاهده تغییر مرفولوژی رودخانه.....۲۷
شکل (۱-۸) : نمایش مقطع عرضی رودخانه Tenryu در۳/۲ کیلومتری از پایین‌دست در سالهای مختلف و توسعه آبشستگی
موضعی با گذشت زمان.....۲۸
شکل (۱-۹) : ارتباط بین درجه شریانی و فرم کانال.....۳۰
شکل(۱-۱۰) : ارتباط بین ضریب مارپیچی کل ، شاخص شریانی و ضریب مارپیچی متوسط کانالها.....۳۲
شکل (۱-۱۱) : سلسله مراتب تقسیم کانال شریانی و بارها برای چندین مقدار شاخص شریانی ۳۲
شکل(۱-۱۲) : نمایش شاخص شریانی طبق تعریف Howard, Keetch & Vincent (1970) ۳۳
شکل (۱-۱۳) : نمایش شاخص شریانی طبق تعریف Church and Jones (1982).....۳۴
شکل(۱-۱۴) : نمایش شاخص شریانی طبق تعریف Ashmore (1991).....۳۴
شکل (۱-۱۵) : ارتباط بین شاخص شریانی با آبشستگی موضعی در یک رودخانه شریانی.....۳۵
شکل (۱-۱۶) : نمایش پلان رودخانه Yahagi و مشاهده تغییر مرفولوژی از حالت شریانی به مئاندری.....۳۶
شکل (۱-۱۷): نمایش مقطع عرضی رودخانه Yahagi در۱۸/۲ کیلومتری از پایین دست در سالهای مختلف و ۳۶
توسعه آبشستگی موضعی با گذشت زمان
شکل (۱-۱۸) : نمودار طبقه‌بندی کانال و پایداری و انواع خطراتی که هر الگوی کانال مواجه می‌شود.....۴۴
شکل (۱-۱۹) : تصویر روش احتمالاتی و روش قطعی.....۶۰
شکل (۱-۲۰): ارتباط بین تغییر مقطع عرضی رودخانه با فاکتور ضریب چولگی و ضریب یکنواحتی ۶۲
شکل (۱-۲۱) : نمایش توسعه آبشستگی، (الف) رودخانه شریانی و (ب) رودخانه مئاندری ۶۳
شکل (۱-۲۲): تغییرات زمانی مشخصه‌های آماری تغییرات تراز بستر ، در رودخانه Yahagi ۶۵
شکل (۱-۲۳) :تغییرات زمانی مشخصه‌های آماری تغییرات تراز بستر ، در رودخانه Tenryu ۶۶
شکل (۱-۲۴): مقایسه حداقل تراز بستر پیش بینی شده با مقادیرواقعی، در رودخانه Yahagi ۶۷
شکل (۱-۲۵): مقایسه حداقل تراز بستر پیش بینی شده با مقادیرواقعی، در رودخانه Tenryu.....۶۷

شکل (۱-۲۶) : نمایش مقطع عرضی مدل در سیلابدشت رودخانه ۶۹

شکل (۱-۲۷) : نمایش سیلابدشت و کانال اصلی در پلان رودخانه Waal در بازه مورد مطالعه ۶۹

شکل (۱-۲۸) : نمایش مقطع عرضی رودخانه Waal در بازه مورد مطالعه ۷۰

شکل(۱-۲۹) : نمایش پروفیل طولی متعادل مورفولوژیکی مدل رودخانه Waal در بازه مورد مطالعه..... ۷۱
به دو صورت با مقطع عرضی ساده و مرکب (دبی جریان کمتر از دبی مقطع پراست

شکل (۱-۳۰) : نمایش پروفیل طولی متعادل مورفولوژیکی مدل رودخانه Waal در بازه مورد مطالعه..... ۷۱
با مقطع عرضی مرکب (دبی جریان بیشتر از دبی مقطع پراست

شکل (۱-۳۱) : نوسانات مکانی تغییرات تراز بستر رودخانه در کانال اصلی ۷۲

شکل (۱-۳۲) : نوسانات زمانی تغییرات تراز بستر درانتهای بالادست و بازه پایینی دشت سیلابی..... ۷۳

شکل (۱-۳۳) : نمایش پلان رودخانه Waal، بین دوایستگاه..... ۷۴
Nijmegen (884.73 km) و Andries(930.28km)

شکل (۱-۳٤): نمایش مقطع عرضی مدل ترکیبی(مونت کارلو و مدل یک بعدی Sobek)..... ۷۴
در حالت دوم(با پائین آوردن دشت سیلابی)

شکل (۱-۳۵): نمایش مقطع عرضی مدل ترکیبی(مونت کارلو و مدل یک بعدی Sobek)..... ۷۵
در حالت سوم (پائین آوردن دشت سیلابی و برداشت خاکریز)

شکل (۱-۳۶) : نوسانات زمانی تغییرات ترازبستر بعد از ۱۰۰ سال در رودخانه Waal بین مقاطع..... ۷۵
Pannerdense Kop (886 km) و Tiel (915 km)

شکل (۱-۳۷): پلان سیلابدشت Willemspolde (906 – 908 km) بانوسانات بزرگ درعرض سیلابدشت..... ۷۶

شکل (۱-۳۸): نوسانات مکانی تغییرات تراز بستر بعد از ۱۰۰ سال در رودخانه Waal. ۷۶

شکل (۱-۳۹): نوسانات زمانی تغییرات تراز بستر رودخانه Waal در حالت ۳..... ۷۷

شکل (۲-۱) : نمایش رودخانه Yahagi در ژاپن..... ۸۲

شکل(۲-۲): روند نمای پیش‌بینی عمق آبشستگی با توجه به تغییرات مورفولوژی رودخانه Yahagi ۸۵
در ایستگاه Yonezu از طریق آنالیز رگرسیون بین داده های ورودی (z_m, z', S, F) با داده های خروجی (z_d)

شکل (۲-۳): روند نمای محاسبه بار بستر به روش(1934) Meyer–Peter..... ۸۹

شکل (۲-۴): روند نمای محاسبه بار بستر به روش(1950) Enistein-Brow ۹۰

شکل (۲-۵): روند نمای محاسبه بار بستر به روش (1980) Bagnold..... ۹۰

شکل(۲-۶): روند نمای مدل تصادفی پیش بینی عمق آبشستگی بستررودخانه..... ۱۰۰

شکل (۳-۱) : نمایش مقطع عرضی رودخانه درایستگاه Yonezu بین سالهای (۱۹۶۵-۲۰۰۰)..... ۱۰۲

شکل (۳- ۲) : مقادیرحداقل تراز در۱۰کیلومتری پایین دست رودخانه Yahagi در ایستگاه Yonezu..... ۱۰۳

شکل (۳-۳) : مقادیر میانگین تراز بستر در۱۰کیلومتری پایین دست رودخانه Yahagi در ایستگاه Yonezu..... ۱۰۳

شکل (۳-۴) : مقادیر انحراف معیار تراز بستر در۱۰کیلومتری پایین دست رودخانه Yahagi در ایستگاه .Yonezu..... ۱۰۴

شکل (۳-۵) : مقادیر ضریب‌چولگی تراز بستر در۱۰کیلومتری پایین دست رودخانه Yahagi در ایستگاه Yonezu..... ۱۰۴

شکل (۳-۶) : مقادیر ضریب‌یکنواختی تراز بستر در۱۰کیلومتری پایین‌دست رودخانه Yahagiدرایستگاه .Yonezu..... ۱۰۵

شکل (۳-۷): نمایش پیشرفت آبشستگی موضعی در بستر رودخانه Yahagi در ایستگاه Yonezu ۱۰۶
شکل (۳-۸): نمایش پروفیل طولی حداقل تراز بستر رودخانه از پایین دست به بالادست در رودخانه Yahagi ۱۰۹
شکل (۳-۹): نمایش پروفیل طولی متوسط تراز بستر رودخانه از پایین دست به بالادست در رودخانه Yahagi ۱۱۰
شکل (۳-۱۰): مقادیر دبی جریان حداکثر روزانه سالانه در ایستگاه Yonezu ۱۱۲
شکل (۳-۱۱) : نمایش سد Yahagi در نزدیکی شهرToyota در ژاپن ۱۱۲
شکل (۳-۱۲) : نمودار دانه بندی رودخانه Yahagi از پایین‌دست به بالادست در سالهای ۱۹۶۵، ۱۹۸۳ و ۲۰۰۰ ۱۱۵
شکل(۳-۱۳): رابطه بین پارامتر دبی جریان و دبی رسوب محاسبه شده در حالت ۱۱۸
الف)Meyer–Peter ، ب) Enistein-Brown ، ج) Bagnold
شکل (۳-۱۴) : رابطه بین پارامتر تنش برشی بدون بعد ذارت بسترو دبی رسوب ۱۱۸
محاسبه شده با روش Enistein-Brown
شکل(۳-۱۵): رابطه بین پارامتر دبی جریان و دبی رسوب محاسبه شده در حالت ۱۱۹
الف)Meyer–Peter ، ب) Enistein-Brown ، ج) Bagnold
شکل (۳-۱۶): رابطه بین دبی بار بستر و توان جریان واحد در خلال فرایند تغییر الگوی ۱۲۱
آبراهه ازحالت شریانی به مئاندری
شکل (۳-۱۷) : نمایش ارتباط تعداد مدلهای رگرسیونی قابل قبول با مقدارp-value در مقطع مورد مطالعه ۱۲۲
شکل (۳-۱۸) : نمایش ارتباط تعداد مدلهای رگرسیونی غیر قابل قبول با مقدارp-value در مقطع مورد مطالعه ۱۲۳
شکل (۳-۱۹) : منحنی های مختلف سنجه رسوب ۱۲۴
شکل (۳-۲۰): نمودار حداکثر دبی ماهانه ایستگاه Yonezu ۱۲۷
شکل (۳-۲۱): نمودار باکس- کاکس برای سری حداکثر جریان ماهانه ۱۲۸
شکل (۳-۲۲): نمودار باکس- کاکس برای سری نرمال حداکثر جریان ماهانه ۱۲۸
شکل (۳-۲۳): نمودار p-p برای مقادیر سری زمانی مورد مطالعه قبل از تبدیل نرمال ۱۲۹
شکل (۳-۲۴): نمودار p-p برای مقادیر سری زمانی مورد مطالعه بعد از تبدیل نرمال ۱۲۹
شکل(۳-۲۵) : نمودار حداکثر جریان نرمال ماهانه ایستگاه Yonezu ۱۳۰
شکل (۳-۲۶): مقادیر ضرایب خودهمبستگی برای داده های ایستگاه Yonezu ۱۳۱
شکل (۳-۲۷) : مقادیر ضرایب خودهمبستگی جزئی برای داده های ایستگاه Yonezu ۱۳۱
شکل (۳-۲۸): مقادیر ضرایب خودهمبستگی برای داده های تفاضل گیری شده از مرتبه ۱۲ ۱۳۲
شکل (۳-۲۹) : مقادیر ضرایب خودهمبستگی جزئی برای داده های تفاضل گیری شده از مرتبه۱۲ ۱۳۳
شکل (۳-۳۰) : مقایسه مقادیر حداکثر دبی مشاهداتی و پیش بینی شده با استفاده از مدل منتخب ۱۳۶
(شکل ۳-۳۱): آنالیز حساسیت مقادیر حداکثر بار بستر پیش‌بینی شده با سه روش.
الف)Bagnold(1950) ، ب) Meyer–Peter(1934)، ج) Enistein-Brown(1950) ۱۳۷
(شکل ۳-۳۲): آنالیز حساسیت مقادیر شیب بستر پیش‌بینی شده با سه روش
الف)Bagnold(1950) ، ب) Meyer–Peter(1934)، ج) Enistein-Brown(1950) ۱۳۷
شکل (۳-۳۳): نمایش مقاطع عرضی پیش بینی شده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ و مقطع عرضی واقعی سال ۲۰۰۰
با برآورد انتقال رسوب با معادله Meyer–Peter(1934) ۱۳۹

شکل (۳-۳۴): نمایش مقاطع عرضی پیش بینی شده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ و مقطع عرضی واقعی سال ۲۰۰۰
با برآورد انتقال رسوب با معادله(1950)Bagnold ۱۳۹
شکل (۳-۳۵): نمایش مقاطع عرضی پیش بینی شده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ و مقطع عرضی واقعی سال ۲۰۰۰
با برآورد انتقال رسوب با معادله (1950)Enistein-Brown ۱۴۰
شکل (۳- ۳۶) مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده حداقل تراز بستر رودخانه با دو مدل تصادفی و آماری در ایستگاه Yonezu
با برآورد انتقال بار بستر با روش (1934)Meyer–Peter..... ۱۴۱
شکل (۳- ۳۷) مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده حداقل تراز بستر رودخانه با دو مدل تصادفی و آماری در ایستگاه Yonezu
با برآورد انتقال بار بستر با روش (1950)Bagnold..... ۱۴۱
شکل (۳- ۳۸) مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده حداقل تراز بستر رودخانه با دو مدل تصادفی و آماری در ایستگاه Yonezu
با برآورد انتقال بار بستر با روش (1950)Enistein-Brown ۱۴۲

فهرست جداول

عنوان.....صفحه

جدول (۱-۱) : شاخص‌های رودخانه‌های شریانی.....۳۱

جدول (۱-۲) : کنترلهای هیدرولیکی بر روی الگوهای کانال شریانی: دبی، شیب و مصالح بستر ۳۸

جدول (۱-۳): پارامترهای هیدرولیکی در الگوهای کانال شریانی: معادلات بی بعد.....۴۱

جدول (۱-۴) : کنترل کننده های هیدرولیکی درالگوهای کانال شریانی.....۴۳

جدول (۲-۱): مشخصات رودخانه Yahagi ۸۲

جدول (۲-۲) : طبقه بندی اندازه رسوب (USACE, 1977).....۸۸

جدول(۲-۳): خصوصیات ضرایب خودهمبستگی وخودهمبستگی جزئی درارتباط با نوع مدل ۹۶

جدول (۳-۱) : مقادیر پارامترهای آماری تراز بستر رودخانه در ایستگاه Yonezu بین سالهای (۱۹۶۵-**۱۹۹۹**) ۱۰۲

جدول (۳-۲) : فرمولهای انتخابی پیش بینی حداقل تراز بستر رودخانه.....۱۰۷

جدول (۳-۳): مقادیر شیب بستر رودخانه در ایستگاه Yonezu ۱۱۰

جدول (۳-۴): مقادیر جریان حداکثر روزانه سالانه در ایستگاه Yonezu.....۱۱۱

جدول (۳-۵): مشخصات سد Yahagi.....۱۱۳

جدول (۳-۶): مقادیر A و B در معادله دبی-اشل $Q = A(H + B)^2$ در ایستگاهYonezu ۱۱۴

جدول(۳-۷) : مقادیر بار بستر محاسباتی به روش Meyer–Peter (1934) در ایستگاه Yonezu. ۱۱۶

جدول(۳-۸) : مقادیر بار بستر محاسباتی به روش Enistein-Brown ,(1950) در ایستگاه Yonezu.....۱۱۶

جدول(۳-۹) : مقادیر بار بستر محاسباتی به روش Bagnold , (1980) در ایستگاه Yonezu. ۱۱۷

جدول (۳-۱۰) : نمایش نقاطی از مقطع مورد مطالعه که در آنها مدل رگرسیونی.....۱۲۱
تعریف نشده است.(بر حسب نوع معادله برآورد رسوب)

جدول (۳-۱۱): نمایش مدلهای رژیم شیب بستر رودخانه در ایستگاه Yonezu. ۱۲۵

جدول (۳-۱۲): خصوصیات آماری داده های حداکثر جریان در دوره های واسنجی و اعتبارسنجی.....۱۲۶

جدول (۳-۱۳): مقدارآزمون من-کندال برای داده های جریان ماکزیمم ماهانه ایستگاهYonezu ۱۳۰

جدول (۳-۱۴) : معیارهای ارزیابی عملکرد سه مدل ممسک تردرپیش بینی بهنگام سری زمانی حداکثر ماهانه.....۱۳۴

جدول(۳-۱۵): نتایج آزمون های نکویی برازش مدل منتخب در سری های زمانی حداکثر جریان ماهانه.....۱۳۵

فهرست علائم

شرح	علائم
واریانس	C_0
تابع اتوکواریانس مرتبه k	C_k
قطر ذرات رسوبی در شرایط بحرانی	D_c
اندازه متوسط ذرات رسوب	D_{50}
قطر ذرات رسوبی	D
عمق متوسط آب	d
قطر متوسط ذرات لایه زیرسطحی بستر	D_{spvt50}
فاکتور راندمان	e_b
فاکتور سیلت	f
عدد فرود	F_r
ضریب یکنواختی تراز بستر رودخانه	F
شتاب ثقل	g
جرم مخصوص ذرات رسوبی	G_S
طول رودخانه	L_r
طول دره	L_v
ضریب زبری	n
تعداد فصلهای موجود در هر سال	n_s
تعداد سالها	n_k
ضریب مارپیچی	P
دبی جریان	Q
دبی مقطع پر	Q_b
دبی متوسط سالانه	Q_m
دبی متوسط سیل سالانه	(Q_{maf})
دبی رسوب	Q_s
دبی جریان در واحد عرض آبراهه	q
دبی بار بستر در واحد عرض آبراهه	q_b
نرخ بدون بعد انتقال بار بستر در واحد عرض	q_b^*
عدد رینولدز ذره	Re^*
ضریب خود همبستگی با تاخیر k	r_k

شیب رودخانه	S
شیب دره	S_V
ضریب چولگی تراز بستر رودخانه	S
رعت برشی	u^*
سرعت برشی بحرانی	u^*_c
بار بستر نهائی بدون بعد	w^*
عرض کانال	W
عمق ماکزیمم کانال	Y
میانگین تراز بستر رودخانه	Z_m
انحراف معیار تراز بستر رودخانه	Z'
مقدار سری در فصل k در سال j	x_{kj}
مقدار سری در فصل k در سال i	x_{ki}
تنش برشی متوسط	τ_0
وزن مخصوص رسوب	γ_S
وزن مخصوص آب	γ
ویسکوزیته سینماتیکی	ν
تنش برشی بستر آبراهه	τ_b
تنش برشی بحرانی	τ_c
ضریب فرمول دوبوی	ϕ
چگالی آب	ρ
چگالی رسوب	ρ_s
تنش برشی متوسط بستر	τ_{bed}
نسبت تنش برشی بدون بعد به تنش برشی آستانه حرکت ذرات	ϕ_{50}
توان جریان در واحد عرض کانال	ω
توان واحد جریان در آستانه حرکت	ω_o
طول موج مئاندر	λ
تعداد کانالهای پیوسته	τ
تنش برشی بدون بعد در آستانه حرکت	θ_c
تنش برشی بدون بعد	θ
تابع خودهمبستگی جزئی	$\phi_k(k)$