بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد($M.Sc$)

گرایش: مهندسی عمران- آب

موضوع:

مطالعه آزمایشگاهی و عددی تاثیر اصلاح مسیر در پیچان‌رودها (مطالعه موردی: رودخانه شلمان‌رود)

استاد راهنما:

دکتر مهدی اسمعیلی ورکی

استاد مشاور:

دکتر هومن هاجی کندی

پژوهشگر:

مهسا کاظمی راد

تابستان ۱۳۹۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و هدف ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق ۵

۱-۳- روش تحقیق ٦

۱-٤- اهداف تحقیق ٦

۱-٥- جنبهٔ نوآوری تحقیق ٦

۱-٦- ساختار پایان نامه ۷

فصل دوم: کلیاتی بر هیدرولیک جریان و رسوب در رودخانه‌های پیچان‌رودی ۸

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- ریخت‌شناسی رودخانه‌های پیچانرودی ۱۰

۲-۲-۱- چگونگی تشکیل مئاندر ۱۲

۲-۲-۲- انواع مئاندر از نظر ریخت‌شناسی ۱٤

۲-۲-۳- چرخهٔ تکامل میان‌بر طبیعی و دریاچهٔ طوقی شکل ۱٥

۲-۲-٤- خسارات ناشی از تغییرشکل بستررودخانه‌ها ۱۸

۲-۲-٥- بررسي تغييرات خم‌هاي رودخانه در پلان ۱۹

۲-۲-٦- فاکتورهاي موثر بر تغيير مکان مئاندرها ۲۰

۲-۳- هیدرولیک جریان در رودخانه‌های پیچانرودی ۲۱

۲-٤- روش‌هاي تجربي جهت برآورد ميزان جابجايي مئاندرها ۲۶

۲-٤-۱- روش کدي و پرايست (۱۹۷۷) ۲۶

۲-٤-۲- روش هوك ۲۶

۲-٤-۳- نانسون و هیکن ۲۷
۲-٥- کلیاتی بر شبیه‌سازی عددی و فیزیکی ۲۷
۲-٥-۱- مقدمه ۲۷
۲-٥-۲- شبیه‌سازي هیدرولیك جریان رسوبی در کانال‌هاي باز ۳۱
۲-٥-۲-۱- معادلات اساسي و اصول تشابه هیدرولیك جریان ۳۲
۲-٥-۲-۲- کنترل شرایط جریان در مدل ۳٦
۲-٥-۲-۳- مدل‌هاي کج ۳٦
۲-٥-۲-٤- مطالعه حرکت رسوب در کانال‌هاي باز ۳۷
۲-٥-۲-٥- خصوصیات مواد رسوبي در مدل‌سازی فیزیکی- هیدرولیکی ۳۸
۲-٥-۲-٦- مقیاس زمان در مطالعه آزمایشگاهی ۳۹
۲-٥-۳- مدل‌سازی بستر های فرسایش‌پذیر ۳۹
۲-٥-۴- کاربرد میکرومدل در مطالعات مهندسی رودخانه ۴۲
۲-٥-٤-۱- مقدمه ٤۲
۲-٥-٤-۲- خصوصیات میکرومدل ٤٥
۲-٥-٤-۳- کالیبراسیون مدل ٤٦
۲-٥-٤-٤- ویژگي‌هاي وابسته به میکرومدل ٤٦
۲-٥-٤-٥- مقایسه میکرومدل با مدل‌هاي بسترهاي فرسایش‌پذیر قبلي ۴۸
۲-٥-٤-٦- پیشنهادات در مورد استفاده از میکرومدل ٥۰
۲-٥-٤-۷- مقایسه مدل و نمونه ٥۲
۲-٦- روش‌های عددی شبیه‌سازی و جریان و رسوب در رودخانه‌ها ٥۳
۲-٦-۱- معرفی مدل‌های عددی موجود ٥۳
۲-۷- ضوابط طراحي و احداث میان‌برها در رودخانه‌هاي مئاندري ٦۸
۲-۸- روش‌های اجرایی میان‌برها ۷۱

فصل سوم: تحقیقات انجام شده ۷۵

۳-۱- مقدمه ۷۶

۳-۲- تحقیقات انجام شده در خصوص استفاده از روش‌های عددی در مطالعات مهندسی رودخانه ۷۶

۳-۳- تحقیقات انجام شده در خصوص مدل‌سازی فیزیکی- هیدرولیکی در مطالعات مهندسی رودخانه ۸٤

فصل چهارم: مواد و روش‌ها ۸۷

٤-۱- معرفی محدوده مورد مطالعه ۸۸

٤-۲- تجهیزات آزمایشگاهی برای ساخت میکرومدل ۹۳

٤-۲-۱- مراحل ساخت میکرومدل ۹۳

٤-۲-۲- مشخصات میان‌برهای پیشنهادی ۹۵

٤-۲-۲-۱- مشخصات میان‌بر شماره یک ۹۷

٤-۲-۲-۲- مشخصات میان‌بر شماره دو ۹۹

٤-۲-۲-۳- مشخصات میان‌بر شماره سه ۱۰۱

٤-۲-۲-٤- مشخصات میان‌بر شماره چهار ۱۰۳

۴-۳- روش انجام آزمایش‌ها ۱۰۵

۴-۴- مراحل پیاده‌سازی مدل عددی HEC-RAS و اعمال مسیرهای پیشنهادی برای ایجاد میان‌بر ۱۰۶

۴-۴-۱- مقدمه ۱۰۶

۴-۴-۲- مبانی تئوری محاسبات هیدرولیکی برای جریان پایدار یک‌بعدی در مدل HEC-RAS ۱۰۷

۴-۴-۳- اصول تئوری محاسبات رسوبی برای جریان پایدار یک‌بعدی در
مدل هیدرولیکی-رسوبی HEC-RAS ۱۰۸
۴-۴-۳-۱- مقدمه ۱۰۸
۴-۴-۳-۲- معادلات انتقال رسوب ۱۰۹
۴-۴-۴- مراحل پیاده‌سازی و شبیه‌سازی بازه مورد مطالعه در نرم‌افزار RAS-HEC ۱۱۴
۴-۴-۴-۱- نحوه وارد کردن مشخصات هندسی ۱۱۴
۴-۴-۴-۲- وارد کردن اطلاعات جریان و شرایط مرزی ۱۱۶
۴-۴-۴-۳- وارد کردن داده‌های جریان (شرایط غیرماندگار برای تحلیل رسوب) ۱۱۷
۴-۴-۴-۴- وارد کردن داده های رسوبی ۱۱۸
۴-۴-۵- اجرای مدل شبیه‌سازی و نتایج حاصله ۱۲۰

فصل پنجم: تجزیه و تحلیل نتایج ۱۲۱
۵-۱- مقدمه ۱۲۲
۵-۲- مقایسه نتایج آزمایشگاهی اثرات اصلاح مسیر در بازه مورد مطالعه رودخانه
شلمان‌رود ۱۲۳
۵-۲-۱- بررسی اثرات اصلاح مسیر شماره یک، بر تغییرات تراز بستر و سطح
آب در طول بازه مورد مطالعه ۱۲۳
۵-۲-۲- بررسی اثرات اصلاح مسیر شماره دو، بر تغییرات تراز بستر و سطح
آب در طول بازه مورد مطالعه ۱۲۶
۵-۲-۳- بررسی اثرات اصلاح مسیر شماره سه، بر تغییرات تراز بستر و سطح
آب در طول بازه مورد مطالعه ۱۲۹
۵-۲-۴- بررسی اثرات اصلاح مسیر شماره چهار، بر تغییرات تراز بستر و سطح
آب در طول بازه مورد مطالعه ۱۳۳

۵-۳- بررسی اثرات اصلاح مسیر در شبیه‌سازی عددی در بازه مورد مطالعه رودخانه شلمان‌رود ۱۳۶
۵-۳-۱- بررسی اثرات اصلاح مسیر شماره یک بر تغییرات تراز بستر و سطح آب ۱۳۶
۵-۳-۲- بررسی اثرات اصلاح مسیر شماره دو بر تغییرات تراز بستر و سطح آب ۱۴۰
۵-۳-۳- بررسی اثرات اصلاح مسیر شماره سه بر تغییرات تراز بستر و سطح آب ۱۴۴
۵-۳-۴- بررسی اثرات اصلاح مسیر شماره چهار بر تغییرات تراز بستر و سطح آب ۱۴۸

فصل ششم: جمع بندی و پیشنهادات ۱۵۲
۶-۱- مقدمه ۱۵۳
۶-۲- جمع‌بندی نتایج ۱۵۳
۶-۳- پیشنهادات ۱۵۵

پیوست یک ۱۵۶

منابع و مأخذ ۱۸۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱- مشخصات ریخت‌شناسی قوس‌های مسیر رودخانه در بازه مورد مطالعه ۹۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- نمایی از خط سیر یک رودخانه پیچانرودی ۱۱

شکل ۲-۲- مراحل ایجاد مئاندر و تحولات آن در یک منطقه..... ۱۳

شکل ۲-۳- نمایی از یک پیچانرود آزاد ۱۴

شکل ۲-٤- نمایی از یک پیچانرود دره‌ای ۱۵

شکل ۲-٥- مراحل تشکیل میان‌بر ۱۷

شکل ۲-٦- نمایی از میکرومدل روی میز هیدرولیکی..... ٤٥

شکل ۲-۷- نمایی از میکرومدل‌ها روی میز هیدرولیکی به همراه پمپ بازچرخان ٤۷

شکل ٤-۱- الف) نمای کلی از رودخانه شلمان‌رود و ب) محدوده مورد مطالعه..... ۸۹

شکل ۴-۲- نمایی از جانمایی مقاطع تغییر شکل یافته در مسیر رودخانه شلمان‌رود..... ۹۱

شکل۴-۳- نمایی از ریزش جداره رودخانه شلمان‌رود در مسیر قوس‌ها ۹۲

شکل۴-۴- مراحل مختلف ساخت میکرومدل بازه مورد مطالعه، الف) نصب دیواره‌های مرزهای رودخانه، ب) برش و استقرار قالب مقاطع عرضی، ج) تهیه قالب مقاطع عرضی با استفاده از گچ، د) نمایی از شکل نهایی میکرومدل قبل از ایجاد میان‌بر ۹۴

شکل ۴-۵- نمایی از (۱) میز هیدرولیکی، (۲) اشل و (۳) سرریز مثلثی جهت برقراری دبی مورد نظر ۹۵

شکل ۴-۶- معرفی بازه مورد مطالعه و مسیرهای پیشنهادی در رودخانه شلمان‌رود

الف) شماره‌گذاری قوس‌های مسیر رودخانه ب) مسیرهای پیشنهادی برای ایجاد میان‌بر ۹۶

شکل ۴-۷- نمایی از بازه مورد مطالعه و اصلاح مسیر شماره یک..... ۹۷

شکل ۴-۸- مراحل ساخت میان‌بر شماره یک ۹۸

شکل ۴-۹- نمایی از بازه مورد مطالعه و اصلاح مسیر شماره دو ۹۹

شکل ۴-۱۰- مراحل ساخت میان‌بر شماره دو..... ۱۰۰

شکل ۴-۱۱- نمایی از بازه مورد مطالعه و اصلاح مسیر شماره سه..... ۱۰۱
شکل ۴-۱۲- مراحل ساخت میان‌بر شماره سه..... ۱۰۲
شکل ۴-۱۳- نمایی از بازه مورد مطالعه و اصلاح مسیر شماره چهار..... ۱۰۳
شکل ۴-۱۴- مراحل ساخت میان‌بر شماره چهار..... ۱۰۴
شکل ۴-۱۵- نمایی از قرائت تراز سطح و بستر، توسط دوربین نقشه‌برداری..... ۱۰۵
شکل ۴-۱۶- شکل شماتیک معادله انرژی..... ۱۰۸
شکل ۴-۱۷- نمایی از پنجره داده‌های هندسی بعد از ورود اطلاعات رودخانه شلمان‌رود..... ۱۱۴
شکل ۴-۱۸- پنجره مربوط به ورود یک مقطع عرضی از رودخانه شلمان‌رود..... ۱۱۵
شکل ٤-۱۹- پنجره مربوط به ایجاد مقاطع کمکی بین مقاطع عرضی موجود ۱۱۵
شکل ٤-۲۰- پنجره مربوط به ورود داده‌های جریان رودخانه شلمان‌رود..... ۱۱۶
شکل ٤-۲۱- پنجره مربوط به ورود داده‌های جریان، سربرگ شرایط مرزی در
رودخانه شلمان‌رود..... ۱۱۷
شکل ٤-۲۲- پنجره مربوط به ورود داده‌های رسوبیرودخانه شلمان‌رود ۱۱۷
شکل ٤-۲۳- پنجره مربوط به ورود داده حرارتی در رودخانه شلمان‌رود..... ۱۱۸
شکل ٤-۲٤- پنجره مربوط به ورود اطلاعات رسوب در رودخانه شلمان‌رود..... ۱۱۹
شکل ٤-۲٥- پنجره مربوط به اطلاعات رسوب،سربرگ شرایط مرزی..... ۱۱۹
شکل ٤-۲٦- پنجره مربوط به اجرای برنامه برای جریان حاوی رسوب
٠رودخانه شلمان‌رود ۱۲۰
شکل ۵-۱- الف) موقعیت مقاطع عرضی و ب) شماره‌گذاری قوس‌ها ۱۲۲
شکل ٥-۲- بررسی تغییرات ارتفاع بستر رودخانه قبل و بعد از اصلاح مسیر یک،
الف) در دبی ۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب) در دبی ۲۰ مترمکعب بر ثانیه..... ۱۲۳
شکل ۵-۳- تصاویری از بازه‌های فرسایش‌یافته در میکرومدل بعد از ایجاد میان‌بر
شماره یک ۱۲۴

شکل ۵-۴- تغییرات ارتفاع بستر رودخانه بعد از اصلاح مسیر یک، در شرایط بستر اولیه هموار شده الف) در دبی ۱۰ و ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ب) در دبی ۱۰ و ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۲۵
شکل ۵-۵- تراز سطح آب قبل و بعد از اصلاح مسیر یک در دبی ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۲۶
شکل ٥-٦- بررسی تغییرات ارتفاع بستر قبل و بعد از اصلاح مسیر دو، الف) در دبی ۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب) در دبی ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۲۷
شکل ۵-۷- تصاویری از بازه‌های فرسایش‌یافته در میکرومدل بعد از ایجاد میان‌بر شماره دو ۱۲۷
شکل ٥-۸- تغییرات ارتفاع بستر رودخانه بعد از اصلاح مسیر دو، در شرایط بستر اولیه هموار شده الف) در دبی ۱۰ و ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ب) در دبی ۱۰ و ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۲۸
شکل ۵-۹- تراز سطح آب قبل و بعد از اصلاح مسیر دو در دبی ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۲۹
شکل ٥-۱۰- بررسی تغییرات ارتفاع بستر قبل و بعد از اصلاح مسیر سه، الف) در دبی ۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب) در دبی ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۳۰
شکل ۵-۱۱- تصاویری از بازه‌های فرسایش‌یافته در میکرومدل بعد از ایجاد میان‌بر شماره سه ۱۳۱
شکل ٥-۱۲- تغییرات ارتفاع بستر رودخانه بعد از اصلاح مسیر سه، در شرایط بستر اولیه هموار شده الف) در دبی ۱۰ و ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ب) در دبی ۱۰ و ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۳۲
شکل ۵-۱۳- تراز سطح آب قبل و بعد از اصلاح مسیر سه در دبی ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۳۳
شکل ٥-۱٤- بررسی تغییرات ارتفاع بستر قبل و بعد از اصلاح مسیر چهار، الف) در دبی ۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب) در دبی ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۳۴
شکل ۵-۱۵- تصاویری از بازه‌های فرسایش‌یافته در میکرومدل بعد از ایجاد میان‌بر

شماره چهار ۱۳۴
شکل ۵-۱۶- تغییرات ارتفاع بستر رودخانه بعد از اصلاح مسیر چهار، در شرایط بستر
اولیه هموار شده الف) در دبی ۱۰ و ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ب) در دبی
۱۰ و ۲۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۳۵
شکل ۵-۱۷- تراز سطح آب قبل و بعد از اصلاح مسیر چهار در دبی ۲۰
مترمکعب بر ثانیه ۱۳۶
شکل ۵-۱۸- الف) موقعیت بازه‌های فرسایش‌یافته و رسوبگذاری شده رودخانه
شلمان‌رود در نتیجه ایجاد میان‌بر یک و ب) موقعیت قوس‌ها ۱۳۷
شکل ۵-۱۹- تغییرات ارتفاع بستر رودخانه قبل از اصلاح مسیر یک و یک سال
بعد از اصلاح مسیر در دبی‌های الف)۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب) ۲۰
مترمکعب بر ثانیه ج)۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۳۸
شکل ۵-۲۰- تغییرات تفاضل بستر رودخانه قبل و بعد از اصلاح مسیر یک در
دبی‌های الف)۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب)۲۰ مترمکعب بر ثانیه
ج)۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۳۹
شکل ۵-۲۱- الف) موقعیت بازه‌های فرسایش‌یافته و رسوبگذاری شده رودخانه
شلمان‌رود در نتیجه ایجاد میان‌بر دو و ب) موقعیت قوس‌ها ۱۴۱
شکل ۵-۲۲- تغییرات ارتفاع بستر رودخانه قبل از اصلاح مسیر دو و یک سال
بعد از اصلاح مسیر در دبی‌های الف)۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب) ۲۰
مترمکعب بر ثانیه ج)۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۴۲
شکل ۵-۲۳- تغییرات تفاضل بستر رودخانه قبل و بعد از اصلاح مسیر دو در
دبی‌های الف)۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب)۲۰ مترمکعب بر ثانیه
ج)۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۴۳
شکل ۵-۲۴- الف) موقعیت بازه‌های فرسایش‌یافته و رسوبگذاری شده رودخانه

شلمان‌رود در نتیجه ایجاد میان‌بر سه و ب) موقعیت قوس‌ها ۱۴۵
شکل ۵-۲۵- تغییرات ارتفاع بستر رودخانه قبل از اصلاح مسیر سه و یک سال
بعد از اصلاح مسیر در دبی‌های الف)۱۰ مترمکعب بر ثانیه **ب)** ۲۰
مترمکعب بر ثانیه ج)۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۴۶
شکل ۵-۲۶- تغییرات تفاضل بستر رودخانه قبل و بعد از اصلاح مسیر سه در
دبی‌های الف)۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب)۲۰ مترمکعب بر ثانیه
ج)۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۴۷
شکل ۵-۲۷- الف) موقعیت بازه‌های فرسایش‌یافته و رسوبگذاری شده رودخانه
شلمان‌رود در نتیجه ایجاد میان‌بر چهار و ب) موقعیت قوس‌ها ۱۴۹
شکل ۵-۲۸- تغییرات ارتفاع بستر رودخانه قبل از اصلاح مسیر چهار و یک سال
بعد از اصلاح مسیر در دبی‌های الف)۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب) ۲۰
مترمکعب بر ثانیه ج)۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۵۰
شکل ۵-۲۹- تغییرات تفاضل بستر رودخانه قبل و بعد از اصلاح مسیر چهار در
دبی‌های الف)۱۰ مترمکعب بر ثانیه ب)۲۰ مترمکعب بر ثانیه
ج)۵۰ مترمکعب بر ثانیه ۱۵۱
شکل ۶-۱- مسیرهای پیشنهادی برای اصلاح مسیر رودخانه شلمان‌رود ۱۵۴

تقدیم به:

وجود پرمهر خانواده عزیزم که همیشه در تمامی مراحل زندگی بهترین مشوق و همراه من بوده‌اند.

تشكر و قدرداني:
از زحمات جناب آقاي دكتر مهدی اسمعیلی ورکی که راهنمايي اين كار را بر عهده داشتند تشكر و قدرداني مي‌نمايم. از استاتيد و صاحب نظراني كه در مسير انجام تحقيق، آموخته‌هايشان را در اختيار اينجانب قرار دادند و همچنين از تمام كساني كه طی انجام كار از ياريشان بهره بردم، كمال تشكر را دارم.

۱-۱- مقدمه

کلیه اقدامات مهندسي رودخانه که در بستر رودخانه‌ها به منظور بهره‌برداري بهینه و کاهش خطرات طبیعي صورت مي‌گیرد، به طور مستقیم باعث تغییرات شرایط طبیعي رودخانه و تحمیل وضعیت جدید مي‌گردد. برهم زدن شرایط پایدار رودخانه‌ها، منجر به شکل‌گیري تغییرات متوالي در مشخصه‌هاي فیزیکي رودخانه‌ها خواهد شد. بنابراین مهمترین نقش مطالعات ریخت‌شناسي در چنین رودخانه‌هایي تعیین کمي و کیفي عکس‌العمل رودخانه و پیش‌بیني روند تغییرات آن درآینده مي‌باشد. اصولا تغییرات بستر رودخانه شامل تغییرات هندسي بستر، تغییرات پلان و نیمرخ طولي آن مي‌باشد. یکی از روش‌هاي بررسي این تغییرات و تعیین بازه‌هاي پایدار و ناپایدار رودخانه، مقایسه نقشه‌هاي زماني موجود و یا بررسي پارامترهاي هندسي از قبیل نسبت شعاع به عرض، ضریب سینوسیته (خمیدگي یا پیچشي) و فراواني آنها مي‌باشد. پس از تعیین این بازه‌ها و در مراحل بعدي، عملیات ساماندهي و تثبیت آنها با روش‌هاي موجود انجام مي‌شود. اقدامات ساماندهي مسیر رودخانه، باعث تثبیت کناره‌ها و حفاظت اراضي مزروعي و مناطق مسکوني از خطر تخریب و تهاجم سیلاب‌ها مي‌گردد.

رودخانه در بازه‌های پیر خود از پیچ و خم‌های متعددی تشکیل شده و مسیر تکاملی خود را تا رسیدن نیمرخ تعادل به سطح اساس طی می‌کند. در این راستا عمل کاوش و حفر آب در کنارۀ مقعر (ساحل کاو) و نیز نهشتن رسوبات در کنارۀ محدب(ساحل کوژ) تا آنجا ادامه می‌یابد که مهاجرت پیچان‌رود را به سمت پائین‌دست رودخانه سبب شود. در ادامۀ این فرآیند دو انحناء مئاندر آنقدر به یکدیگر نزدیک می‌شوند تا در یک جریان ناگهانی دیواره‌های آن فرو ریخته و مئاندر بدین ترتیب یک میان‌بر طبیعی پدید آمده و حلقه پیچان‌رود از آن جدا می‌گردد. در متون مختلف، اصطلاحات دریاچۀ طوقی شکل، برکۀ حلقوی و دریاچۀ گردن‌بند گاوی شکل، نیز برای نامگذاری این لندفرم رودخانه‌ای بکار برده شده است.

جابجایی مئاندر و تحول آن موجب می‌شود که جهت انحنای رودخانه عوض شود. در این صورت مکانیسم فرسایش دگرگون گشته و بخش‌هایی که قبلا محل به جاگذاری مواد بودند اینک حفر می‌شوند. خسارات حاصل از این تغییر شکل در بستر رودخانه بطور غیرمستقیم و با دخالت عوامل اقتصادی و اجتماعی با مسائل شهری ارتباط پیدا می‌کند . لذا نقش این تغییرشکل‌های بستر بطور مستقیم در ساختمان‌ها و بناهای شهری محسوس نیست، مگر در مواردی که توسعه شهری به دماغه پر شده از آبرفت نفوذ می‌کند.

در اکثر موارد مشکل بستر در یک زمان بسیار کوتاه، مثلا در عرض چند هفته، چند روز و یا حتی چند ساعت تغییر می‌یابد. اینگونه تغییرات ناگهانی بستر بطور دوره‌ای رخ می‌دهد یعنی پس از آنکه بستر رودخانه، در یک زمان معین دستخوش تغییر و تحولات شدیدی قرار گرفت در فاصله چندین سال که زمان آن برحسب سیستم‌های رودخانه‌ای و رژیم آب و هوایی متفاوت است، دوره آرامش فرا می‌رسد. گاه ممکن است که قرن‌ها بگذرد و تغییراتی ناگهانی در بستر رودخانه پدید نیاید. چنین بسترهایی را بستر باثبات و پایدار معرفی می‌کنند.

يكي از مهمترين معضلاتي كه مهندسي رودخانه با آن مواجه است، مسأله فرسايش و رسوبگذاري در بستر و سواحل رودخانه‌ها مي‌باشد. اين پديده درروديخانه‌هاي آبرفتي، عميق و كم عرض دائمي به شكل پيچان‌رودي و در رودخانه‌هاي عريض و فصلي و كم عمق به صورت شرياني شدن بروز پيدا مي‌كند. به منظور شبيه‌سازي اين فرآيند با استفاده از مدل‌هاي محاسباتي، روندیابي رسوب و فرسايش ساحل بايد به طور مناسبي مدلسازي شود تا بتوان تغييرات مورفولوژيكي و هم چنين پسروي ساحل و فرآيندهاي توسعه پيچان‌رود را پيش‌بيني كرد. فرآيندهاي رسوب‌گذاري و فرسايش در رودخانه از دلايل اصلي مهاجرت رودخانه‌هاي پيچان‌رودي مي‌باشد. اين فرآيندها تحت تاثير تنش برشي در رودخانه‌ها می‌باشد.

انجام مطالعات و تحقیقات مختلف مهندسی هیدرولیک وهیدرولیک رسوب به طور معمول داراي پيچيدگی‌ها و محاسبات فراوانی است که مستلزم دقت و توجه زیاد می‌باشد .بنابراین لازم است قبل از اقدام به طراحی و اجراي پروژه‌هاي هیدرولیکی از نحوه عملکرد آنها اطلاعاتی به دست آورده شود. به منظور پیش‌بینی پدیده‌هاي پیچیده هیدرولیکی لازم است از

تکنیک شبیه‌سازي یا مدلینگ استفاده شود که براي انجام این امر عمدتا دو روش مدل ریاضی و مدل فیزیکی بکار گرفته می‌شود. در مدل‌هاي ریاضی اطلاعات موردنظر از طریق محاسبات بدست می‌آیند در حالیکه این امر در مدل‌هاي فیزیکی. با اندازه‌گیري امکان‌پذیر است.

امروزه با پیشرفت فراوان رایانه و توسعه هر چه بیشتر روش‌هاي عددي، مدل‌هاي ریاضی کاربرد فوق‌العاده وسیعی یافته‌اند. در مدل‌هاي ریاضی سیستم رودخانه توسط یک سري معادلات ریاضی که بیانگر خصوصیات آن سیستم می‌باشند، بیان شده و سپس این معادلات به روش‌هاي تحلیلی یا عددي حل می‌گردند. توسعه یک مدل ریاضی براي بیان یک پدیده خاص عبارتست از شناخت قوانین حاکم بر آن و بیان آن در قالب مجموعه‌اي از روابط ریاضی (این روابط ممکن است به طریق تجربی و یا تئوریک به دست آیند) و سپس دادن شکل خاصی به این روابط به گونه‌اي که بتوان در کوتاه‌ترین مدت رفتار واقعی پدیده را که در طبیعت رخ می‌دهد، پیش‌بینی نمود.

مراحلی جهت آماده‌سازي مدل براي استفاده عملی در پروژه‌ها لازم می‌باشد که خود آشنائی با نحوه آزمایشات فیزیکی و مطالعات و اندازه‌گیري‌هاي صحرائی را طلب می‌نماید. این مراحل که شامل تنظیم و واسنجی (کالیبراسیون) مدل با استفاده از معیارهاي مناسب آزمایشگاهی و صحرائی و سنجش میزان صحت و دقت عملکرد مدل از طریق آزمایشات گوناگون می‌باشد، خود بخش اعظمی از زمان تهیه مدل را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این یک مدل ریاضی ممکن است سیر تکاملی خود را در صحنه عمل و به کارگیري در پروژه‌هاي عینی طی کند. مواردي بوده است که یک مدل به تدریج طی ۲۰ سال تجربه و استفاده عملی شکل جامع و کامل خود را یافته است.

برای بررسی تغییرات رودخانه‌ها لازم است شرایط هیدرولیکی جریان در رودخانه، مدل شده و محدوده مورد نظر برای دبی مورد نظر مشخص گردد. برای این منظور مدل‌های هیدرولیکی متعددی وجود دارد که بسته به داده‌های در دسترس و نیز درجه اهمیت شبیه‌سازی جریان در رودخانه می‌توان از آنها استفاده نمود. در این تحقیق از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و توانایی آن در تحلیل جریان یکنواخت و غیر یکنواخت و نیز قابلیت شبیه‌سازی انتقال رسوب،

استفاده شده است. نرم‌افزار HEC-RAS یک سیستم مجتمع نرم‌افزاري مي‌باشد كه براي استفاده‌ي متقابل در محيط شبكه چند منظوره چند كاربره طراحي شده است.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

امروزه موضوع دخالت انسان در طبیعت در مقیاس بسیار وسیعی مطرح است و می‌دانیم که هرگونه دخالت انسان در طبیعت منشاء ایجاد اختلال در تعادل پدیده است. بنابراین دخالت در طبیعت باید آگاهانه صورت گیرد. در حوضه‌های رودخانه‌ای بعنوان یک مجموعه سازمان‌یافته طبیعی باید برای انجام هرگونه فعالیت عمرانی مناسب‌ترین مکان‌ها انتخاب شود و برای این منظور انجام مطالعات ژئومورفولوژیک حائز اهمیت است. آزمایش حوضه‌های رودخانه‌ای و تعدیل مورفودینامیک آنها از مسائل پیچیده‌ای است که با روش بهره‌برداری از زمین‌ها نگهداری آبها و حفاظت خاکها در ارتباط است. در حوضه‌های رودخانه‌ای منظور از آمایش تحقق اقدامی بشرح زیراست:

۱) سعی در کاهش فعالیت‌های عوامل مورفوژنیک در جریان آب‌ها.

۲) تنظیم دبی جریان آب و سعی در پائین آوردن اختلاف آن در مواقع طغیانی و کم آبی رودخانه‌ها.

۳) اصلاح سیستم جریان از طریق کاهش خساراتی که در نتیجه حمل مواد حاصل می‌شود.

اگرچه اثرات اقدامات فوق الذکر ظاهری است و برخلاف، اقداماتی از قبیل سدسازی و غیره که چشم گیرند، به سرعت قابل لمس نیست ولی برای آنکه سدسازی‌ها و سایر فعالیت‌های آسایشی به ثمر برسند باید به این واقعیت‌ها توجه کرد به کارهای غیرظاهری و ضروری و در عین حال مشکل مبادرت ورزید.

همانطور که اشاره شد، یکی از فرایندهای طبیعی در رودخانه‌های پیچانرودی، جابجایی قوس‌ها و تغییر مسیر رودخانه می‌باشد. این تغییرات منجر به آن می‌شود که در بازه‌هایی از

مسیر رودخانه که در آن اراضی حاشیه‌ای دارای کاربرد کشاورزی، مسکونی و صنعتی می‌باشد، مشکلات اجتماعی و اقتصادی بروز نماید.

بنابراین پیش‌بینی رفتار رودخانه و نیز ارائه راهکارهایی برای کاستن از اثرات فرایندهای طبیعی و نیز پاسخ رودخانه به تغییرات اعمال شده در آن ضروری می‌باشد. در پژوهش حاضر تغییرات اصلاح مسیر بازه‌ای از رودخانه شلمان‌رود که از نظر جغرافیایی در محدوده شهرستان لنگرود بوده و از نظر ریخت‌شناسی امکان وقوع میان‌بر در آن وجود دارد به صورت آزمایشگاهی و عددی مورد بررسی قرار گرفت و در انتها گزینه مناسب برای اصلاح مسیر پیشنهاد گردید.

۱-۳- روش تحقیق

در آغاز به منظور بررسی وضعیت رودخانه، پیمایش صحرایی و و بازدیدهای محلی از رودخانه مورد نظر انجام شد.از آنجا که این رودخانه در گروه مئاندرهای بیش از حد توسعه یافته می‌باشد، در ۴ بازه آن، مسیر رودخانه بسیار به یکدیگر نزدیک شده و با توسعه فرسایش سواحل رودخانه‌ها، ایجاد میان‌بر در آینده نزدیک محتمل می‌باشد. بعد از ساخت میکرومدل از بازه مورد مطالعه و واسنجی آن با اطلاعات واقعی و دبی‌های جریان‌های مورد نظر انجام گردید. سپس در ۴ بازه ذکر شده بطور جداگانه، با انتخاب شعاع قوس مناسب، اصلاح مسیر انجام گردید و در ادامه تغییرات ایجاد شده در هر مورد نسبت به حالت اولیه رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت بررسی کارایی در مدل یک‌بعدی HEC-RAS در شبیه‌سازی اثرات ایجاد میان‌بر، مشابه عملیات ذکر شده در بالا، شبیه‌سازی شد و با اطلاعات بدست آمده از میکرومدل مورد مقایسه قرار گرفت.

۱-۴- اهداف تحقیق

اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از:

- ✓ ارزیابی کارایی میکرومدل، در تخمین تغییرات رودخانه بعداز ایجاد اصلاح مسیر نسبت به حالت اولیه

- ✓ ارزیابی کارایی مدل یک‌بعدی HEC-RAS، در تخمین تغییرات رودخانه بعداز ایجاد اصلاح مسیر نسبت به حالت اولیه
- ✓ ارائه مناسب‌ترین گزینه برای اصلاح مسیر رودخانه در بازه مورد مطالعه

۱-۵- جنبه نوآوری تحقیق

همانطور که ذکر شد رودخانهٔ مورد مطالعه در این تحقیق در زمرهٔ رودخانه‌های پیچانرودی قرار دارد و استفاده از روش‌های کارآمد و آسان در خصوص بهترین گزینه اصلاح مسیر در بازه‌هایی رودخانه‌ها از اهمیت بسزایی برخودار می‌باشد. در تحقیق حاضر کاربرد میکرومدل به عنوان روشی نوین که می‌تواند در بررسی گزینه‌های اصلاح مسیر در رودخانه‌ها استفاده گردد، مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین قابلیت مدل یک‌بعدی HEC-RAS در شبیه‌سازی تغییرات هندسی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱-۶- ساختار پایان نامه

ساختار این پایان نامه در غالب شش فصل بشرح زیر می‌باشد:

در فصل اول کلیاتی راجع به بیان مسئله، ضرورت پرداختن به این موضوع و اهداف تحقیق ارائه شده است.

در فصل دوم به بررسی کلیات، در خصوص هیدرولیک جریان و رسوب در رودخانه‌های پیچانرودی پرداخته شده است.

در فصل سوم، مروری بر نتایج تحقیقات پیشین آورده شده است.

در فصل چهارم به معرفی منطقهٔ مورد مطالعه و مشخصات رودخانهٔ مورد نظر پرداخته شده و همچنین مواد و روش‌های مورد نیاز برای انجام اهداف تحقیق ارائه شده است.

در فصل پنجم نتایج پژوهش حاضر در قالب ارزیابی و مقایسه دقت روش‌های فیزیکی و عددی با کمک نمودارهای ارائه شده در هر بخش، آورده شده است.

در فصل ششم به جمع‌بندی نتایج تحقیق و ارائه پیشنهاداتی برای ادامه مطالعه پرداخته شده است.