دانشگاه شهید چمران اهواز
دانشکده مهندسی
گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

(گرایش سازه‌های هیدرولیکی)

عنوان:

مقایسه حل خطی، حل نیمه تحلیلی و حل عددی معادلات سنت ونانت(موج دیفیوژن)

استاد راهنما:

آقای دکتر محمد محمودیان شوشتری

استاد مشاور:

آقای دکتر حمید رضا غفوری

تحقیق و نگارش:

حسین اردشیری

شهریورماه ۱۳۸۹

با تشکر از پدر بزرگوارم که همواره خود را مدیون زحمات، گذشت‌ها و مهربانی‌اش می‌دانم.

با احترام به روح مادرم که دعای خیرش همواره بدرقه راهم بوده است.

تقدیم به همسر فداکارم که وجود مهربانش را همیشه در کنار خود احساس می‌کنم.

و تقدیم به دیگر اعضای خانواده ام که در تمام مراحل زندگی مشوق من بوده اند.

"من لم یشکر مخلوق لم یشکر الخالق"

تقدیر و تشکر

اکنون که با عنایت حضرت حق، نگارش این پایان نامه به اتمام رسیده بر خود لازم می دانم که از زحمات استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محمد محمودیان شوشتری که در تمام مراحل این تحقیق با راهنمایی های ارزنده و بی دریغشان مرا از دانش و نصایح ارزشمندشان بهره مند ساختند صمیمانه تشکر می‌کنم و از خداوند متعال موفقیت روزافزون ایشان را در سنگر علم و دانش آرزومندم.

همچنین از استاد مشاور جناب آقای دکتر حمیدرضا غفوری که در تهیه و تدوین این رساله با دقت نظر عالمانه روشنگر راه بودند کمال تشکر را دارم.

و در آخر از معلمان، مربیان و اساتید ارجمند که در تمام مراحل تحصیل برای اینجانب متحمل زحمت شده‌اند و مرا راهنمایی و تعلیم نمودند تشکر و قدر دانی می‌کنم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول : مقدمه

۱-۱- بیان مسئله، تعریف و تحدید موضوع ۲

۱-۲- هدف و اهمیت موضوع..... ۳

فصل دوم : پیشینه تحقیق

۲-۱-مقدمه..... ۸

۲-۲- حل تحلیلی و نیمه تحلیلی معادلات سنت- ونانت..... ۹

۲-۳- حل عددی معادلات حاکم بر جریان ناپایدار..... ۱۵

۲-۳-۱- روشهای تفاضل محدود..... ۱۶

۲-۳-۲ - پایداری[۱] و ناپایداری [۲]در روش های عددی..... ۱۸

۲-۳-۳- تقسیم بندی روش های عددی..... ۹۱

۲-۳-۳-۱- روش های صریح..... ۲۰

۲-۳-۳-۲- روش های ضمنی..... ۲۴

فصل سوم : داده های مورد بررسی

۳-۱- مقدمه..... ۹۲

۳-۲- شمای عمومی رودخانه کارون..... ۲۹

۳-۲-۱- رودخانه خرسان..... ۳۱

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۳-۲-۲- رودخانه آب ونک..... ۳۱

۳-۲-۳- رودخانه آب کیار..... ۳۱

۳-۲-۴- رودخانه بازفت..... ۳۳

۳-۲-۵- رودخانه شور لالی..... ۳۴

۳-۲-۶- رودخانه شور دشت بزرگ..... ۳۴

۳-۳- اطلاعات هندسی بازه مورد مطالعه..... ۳۷

۳-۳- ۱- وضعیت و موقعیت ایستگاه ملاثانی..... ۸.۳

۳-۳- ۲- وضعیت و موقعیت ایستگاه اهواز..... ۳۸

۳-۴- بررسی و کنترل کیفیت آمار و اطلاعات آبدهی..... ۳۹

۳-۵- نگاهی به سیلاب های رودخانه کارون..... ۳۹

۳-۶ - عرض متوسط مقطع مستطیلی معادل بازه ملاثانی – اهواز..... ۴۲

۳-۷ - محاسبه شیب متوسط بازه ملاثانی – اهواز..... ۴۲

۳-۸- معرفی ضرایب مانینگ رودخانه کارون و شاخه های آن..... ۴۳

۳-۹- بررسی مطالعات قبلی بر روی رودخانه کارون ۴۴

۳-۹-۱- گزارشات هیدرلوژی..... ۴۵

۳-۹-۲- گزارشات هیدرولیک..... ۴۶

فصل چهارم : مدل ها

۴-۱- حل تحلیلی خطی معادله سنت – ونانت (موج پخشیدگی)..... ۴۹

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۴-۱-۱- بررسی پاسخ سیستم های خطی به محرک های خارجی..... ۵۱

۴-۱- ۲- مدل عمومی سیستم هیدرولوژیکی..... ۵۱

۴-۱- ۳- تابع واکنش سیستم های خطی..... ۵۲

۴-۱- ۴- تابع واکنش تحریک آنی..... ۵۳

۴-۱- ۵- سیستم خطی در زمان گسسته..... ۵۵

۴-۲- حل نیمه تحلیلی غیر خطی معادله سنت- ونانت..... ۵۹

۴-۳- مدل تفاضل محدود: روش چهار- نقطه..... ۶۳

۴-۴- مدل نرم افزار HEC-RAS..... ۶۹

۴-۴-۱- اطلاعات اولیه مدلسازی..... ۷۰

۴-۴-۱-۱ داده های هندسی..... ۷۰

۴-۴-۱-۲ شرایط مرزی، اطلاعات هیدرولیکی و تحلیل جریان غیر ماندگار..... ۷۱

فصل پنجم : ارزیابی و کاربرد مدل ها

۵-۱- مقدمه..... ۷۴

۵-۲- معیارهای ارزیابی..... ۷۵

۵-۲-۱- درصد خطای نسبی (E)..... ۷۵

۵-۲-۲- ضریب همبستگی..... ۷۶

۵-۲-۳- ریشه میانگین مربعات خطا..... ۷۶

۵-۳- واسنجی مدل ها..... ۷۷

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۵-۴- ارزیابی مدل ها..... ۸۲

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- مقدمه..... ۸۶

۶-۲- نتیجه گیری..... ۸۶

۶-۳ پیشنهادات تحقیقات آتی..... ۸۷

نابع..... ۹۴

ضمائم..... ۹۷

فهرست جداول

عنوان | صفحه

فصل اول : مقدمه

جدول (۱-۱)- سیلاب های پر اهمیت قرن بیستم ایالات متحده آمریکا ۵

جدول (۱-۲)- آمار خسارت های ناشی از سیل در ایران تا سال ۱۳۸۰..... ۶

فصل دوم : پیشینه تحقیق

جدول (۲-۱)- ضرایب تقریب های متفاوت ضرایب معادله پخشیدگی ۱۰

جدول (۲-۲)- تقریب های ارائه شده توسط Yen و Tsai (۲۰۰۰) ۱۱

جدول (۲-۳)- سرعت موج کینماتیکی در کانال ها با سطح مقطع مختلف..... ۱۱

جدول (۲-۴)- تقریب های مختلف معادله موج جابه جایی – پخشیدگی در کانال های باز عریض..... ۱۲

فصل سوم : داده های مورد بررسی

جدول (۳-۱)- خلاصه مشخصات ایستگاه های آب سنجی منطقه مورد مطالعه..... ۳۸

جدول (۳-۲)- آمار حد اکثر طغیانهای روزانه و لحظه ای رودخانه کارون..... ۴۰

جدول (۳-۳)- مقادیر عددی حداکثر طغیانهای لحظه ای با دوره های بازگشت مختلف رودخانه کارون ۴۱

جدول (۳-۴)- عرض متوسط محاسبه شده توسط نرم افزار HEC-RAS ۴۳

جدول (۳-۵)- ضرایب مانینگ رودخانه کارون وسرشاخه ها..... ۴۵

فصل پنجم : ارزیابی و کاربرد مدل ها

جدول (۵-۱)- تحلیل آماری نتایج آزمون واسنجی مدل حل تحلیلی..... ۷۸

جدول (۵-۲)- تحلیل آماری نتایج آزمون واسنجی مدل حل نیمه تحلیلی..... ۷۹

فهرست جداول

عنوان | صفحه

جدول (۵-۳)- تحلیل آماری نتایج آزمون واسنجی مدل حل عددی..... ۸۰

جدول (۵-۴)- تحلیل آماری نتایج آزمون واسنجی مدل نرم افزار HEC-RAS ۸۱

جدول (۵-۵)- تحلیل آماری مدلها برای سیل ۲۰ تا ۲۳ آبان ماه ۷۶..... ۸۲

جدول (۵-۶)- تحلیل آماری مدلها برای سیل ۱۹ تا ۲۰دی ماه ۷۷..... ۸۳

جدول (۵-۷)- تحلیل آماری مدلها برای سیل ۱۷ تا ۱۸ اردیبهشت ماه ۸۰..... ۸۴

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

فصل دوم : پیشینه تحقیق

شکل (۲-۱)- تابع $f(x)$ در اطراف نقطه x ۱۷

نقشه (۲-۲)- روش ناپایدار ۲۱

شکل (۲-۳)- روش پخشیدگی ۲۱

شکل (۲-۴)- روش پرش قورباغه ۲۲

شکل(۲-۵)- روش لاکس- وندروف ۲۲

شکل (۲-۶)- روش ساده ۲۵

شکل (۲-۷)- روش کرانک نیکلسون ۲۶

شکل (۲-۸)- روش چهارنقطه ۲۶

فصل سوم : داده های مورد بررسی

شکل (۳-۱)- شمای عمومی رودخانه کارون ۳۵

فصل چهارم : مدل ها

شکل (۴-۱)- تابع واکنش تحریک آنی ۵۳

شکل (۴-۲)- مثالی از قانون برهم نهی ۵۴

شکل (۴-۳)- دو روش کلی بیان تابع پیوسته ۵۵

شکل (۴-۴)- بیان شماتیک رابطه(۴-۱۷) ۵۶

شکل (۴-۵)- مثالی از قانون برهم نهی ۶۱

شکل (۴-۶)- نمایش تابع $F(v)$ بر حسب متغییر v.....۶۲

شکل (۴-۷)- بیان شماتیک نیاز به درون یابی خطی برای محاسبه نتایج در ΔL (طول کانال مورد بررسی).....۶۳

شکل (۴-۸)- شبکه مستطیلی در روش چهارنقطه.....۶۶

فصل پنجم : ارزیابی و کاربرد مدل ها

شکل (۵-۱)- کالیبراسیون مدل حل تحلیلی برای مقادیر مختلف ضریب زبری مانینگ.....۷۷

شکل (۵-۲)- کالیبراسیون مدل حل نیمه تحلیلی برای مقادیر مختلف ضریب زبری مانینگ.....۷۸

شکل (۵-۳)- کالیبراسیون مدل حل عددی برای مقادیر مختلف ضریب زبری مانینگ.....۷۹

شکل (۵-۴)- کالیبراسیون مدل HEC-RAS برای مقادیر مختلف ضریب زبری مانینگ.....۸۰

شکل (۵-۵)- مقایسه نتایج مدل ها در سیلاب ۱۶ تا ۲۰ دی ماه ۱۳۷۶.....۸۲

شکل (۵-۶)- مقایسه نتایج مدل ها در سیلاب ۱۹ تا ۲۰ دی ماه ۱۳۷۷.....۸۳

شکل (۵-۷)- نمودار هیدروگراف شاخص طغیانهای حوضه میانی حدفاصل دو سد کارون ۴ و کارون ۳.....۸۴

نام خانوادگی: اردشیری **نام: حسین**

عنوان پایان نامه مقایسه حل خطی، نیمه تحلیلی و عددی معادله سنت – ونانت

استاد راهنما : دکتر محمد محمودیان شوشتری **استاد مشاور: دکتر حمیدرضا غفوری**

درجه تحصیلی:کارشناسی ارشد **رشته:مهندسی عمران** **گرایش:سازه های هیدرولیکی**

دانشکده: فنی و مهندسی **تاریخ فارغ التحصیلی:۸۹/۶/۲۲** **تعداد صفحه:۱۲۰**

کلید واژه ها: روش عددی، روش تفاضل محدود، روش ضمنی چهار نقطه، معادله پخشیدگی، حل نیمه تحلیلی،حل تحلیلی

چکیده: یکی از مهمترین مسائلی که در زمینه‌ی مطالعات منابع آب مطرح است، پیش بینی عمق، دبی و دیگر مشخصات جریان ناپایدار در نقاط کلیدی رودخانه های طبیعی است که با عنوان روندیابی سیل نامگذاری می شود. روش‌های روندیابی به دو گروه کلی شامل روندیابی هیدرولوژیکی و روندیابی هیدرولیکی تقسیم بندی می‌گردند. هدف از ارائه این پایان نامه، مقایسه نتایج حاصل از حل تحلیلی معادله‌ی سنت-ونانت ساده شده (مدل موج پخشیدگی)، حل نیمه تحلیلی معادله‌ی کامل سنت-ونانت و روش تفاضل محدود ضمنی چهار نقطه، و تبیین سریعترین و دقیق ترین روش از روش های فوق که در واقع خود از روش های برگزیده در روندیابی سیلاب به شمارمی آیند، می باشد. هم چنین نتایج این روش‌ها با نتایج حاصل از نرم افزار HEC-RAS v.3.0 مقایسه گردیده‌اند. نتایج حاکی از این است که درصد خطای مدل های ارائه شده در دبی های کم به مراتب بیشتر از حالتهایی است که دبی بیشتری از رودخانه عبور می کند با توجه به الگوریتم های ارائه شده در فصل چهارم میزان اطلاعات ورودی در روش نیمه تحلیلی از دو مدل دیگر کمتر بوده و این موضوع صرف هزینه کمتر برای مدل سازی با این روش را در بر خواهد داشت. همچنین دقت مدل عددی از دو روش دیگر بیشتر می باشد. این در حالی است که در مدل سازی عددی نیاز به اطلاعات ورودی بیشتر و در نتیجه صرف هزینه بالاتری می باشد. همچنین تعداد محاسبات در الگوریتم مدل عددی بیشتر بوده و در نتیجه زمان بیشتری برای حصول نتایج صرف می گردد. همانطور که از فرمول بندی مدل تحلیلی مشخص است خروجی این مدل در هر مدلسازی تنها برای یک طول مشخص (که به عنوان اطلاعات ورودی برای مدل تعریف می گردد) از رودخانه یا کانال قابل استحصال می باشد که در مدل نیمه تحلیلی در هر مدلسازی نتایج برای تعداد بازه های بیشتری از رودخانه قابل برداشت می باشد. شایان ذکر است در این مدلسازی بازه هایی که در آنها نتایج حاصل می شوند قابل تنظیم نبوده و براساس روابطه ارائه شده محاسبه می گردد و این در حالی است که در مدل عددی بازه هایی که در آن نتایج محاسبه می گردند قابل تنظیم توسط کاربر می باشد.

فصل اول

مقدمه

فصل اول

مقدمه

۱-۱- بیان مسئله، تعریف و تحدید موضوع

یکی از مهمترین مسائلی که در زمینه‌ی مطالعات منابع آب مطرح است، پیش بینی عمق، دبی و دیگر مشخصات جریان ناپایدار در نقاط کلیدی رودخانه های طبیعی است که با عنوان روندیابی سیل[۱] نامگذاری می شود. روندیابی سیل در طراحی سازه هایی که در محدوده سیلاب قرار دارند، طراحی و بهینه سازی مخازن و هم چنین کاهش خسارتهای وارده به شهرها و تاسیسات مجاور رودخانه ها، نقش به سزایی دارد[۱۵].

روش‌های روندیابی به دو گروه کلی شامل روندیابی هیدرولوژیکی و روندیابی هیدرولیکی تقسیم بندی می‌گردند. در روندیابی هیدرولوژیکی به کلی از معادله اندازه حرکت صرف نظر و تنها از معادله پیوستگی در یک بعد استفاده می‌شود و این در حالی است که در روندیابی هیدرولیکی از معادله پیوستگی و تمام یا قسمتی از معادله اندازه حرکت بهره گرفته می شود [۱]. با در نظر گرفتن فرم کامل معادله اندازه حرکت معادله‌ی سنت – ونانت حاصل می‌گردد که حل تحلیلی ندارد و می بایست از روش‌های عددی مانند: روش خطوط مشخصه، روش های تفاضل محدود، روش های حجم محدود استفاده کرد. در این پایان نامه به صورت جزیی‌تر به بررسی روش ضمنی چهار نقطه [۲] که یکی از روش‌های تفاضل محدود به شمار می‌آید و به گواه بسیاری از منابع مرجع از دقت و سرعت قابل قبولی برخوردار است، پرداخته می‌شود [۱۵].

۱-Flood Routing ۲- Impilicit Four-Point Scheme

حال اگر در روندیابی هیدرولیکی تعدادی از جملات معادله مومنتم مورد استفاده قرار گیرد روندیابی حاصل با عنوان روندیابی تقریبی خوانده می شود. روند یابی هیدرولیکی تقریبی خود به سه روش : موج پخشیدگی، موج کینماتیکی و موج دینامیکی دسته بندی می شود [۱].

در بسیاری از مسائل عملی می توان از جملات شتاب به دلیل کوچک بودن آنها در مقایسه با دیگر جملات معادله سنت- ونانت صرف نظر کرد که در نتیجه ترکیب معادلات به حالت ساده شده موج دیفیوژن تبدیل می‌گردد. در سال های اخیر با توجه به نتایج قابل قبول این روش در روندیابی سیل و همچنین در نظر گرفتن مسائل ناشی از پدیده پس زنی آب [۱]، استفاده از مدل موج دیفیوژن در روندیابی جریان‌های ناپایدار کاربرد روز افزون پیدا کرده است. به همین دلیل و دلایل دیگری که در فصول آتی به آن پرداخته می‌شود در این پایان نامه به بررسی روش موج دیفیوژن می‌پردازیم.

شایان ذکر است که در این پایان نامه به صورت موردی به بررسی سیلاب های رودخانه کارون در بازه ملاثانی– اهواز پرداخته می‌شود. با توجه به مطالعات گسترده‌ای که در این بازه انجام گردیده است می توان گفت دلایلی که تکرار یا تجدید مطالعات هیدرولوژی در هر منطقه را موجه جلوه می‌دهد عبارتند از:

۱- افزایش طول دوره آماری موجود نسبت به زمانی که مطالعات قبلی انجام پذیرفته است.

۲- دستیابی به اطلاعات و داده های دقیق‌تر با گذشت زمان

۳- پدید آمدن روش‌های محاسباتی دقیق‌تر و کامل‌تر

۴- اهداف اختصاصی و نیازهای ویژه مطالعاتی طرحهای جدید و کمبود یا عدم پرداخت مطالعات قبلی به جنبه‌های خاص و مورد نظر طرحهای جدید [۴].

۱-۲- هدف و اهمیت موضوع :

در خلال قرن بیستم در آمریکا سیل به عنوان فاجعه بارترین بلای طبیعی، خسارت‌های جانی و مالی زیادی

۱- Backwater Effect

را ایجاد کرده است. جدول (۱-۱) خلاصه ای از سیل های بوقوع پیوسته در آمریکا و خسارت های وارده را بیان می کند[۲۲]. هم چنین در ایران نیز سیل در سال های اخیر در بسیاری از استان های کشور خسارت های زیادی را بوجود آورده است که جدول (۱-۲) به نقل از سایت اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، میزان این آسیب ها را بیان می‌کند. آمار ارائه شده مبین آن است که سیستم‌های اندازه‌گیری و پیش بینی سیل از اهمیت خاصی در جلوگیری از حوادث احتمالی و ایجاد زمان کافی برای دستگاه‌های اجرایی، برخوردار هستند.

شایان ذکر است که در جهت ایجاد زمان کافی برای مقابله با سیلاب علاوه بر روندیابی سیل در رودخانه و محاسبه سیلاب در پایین دست، به سیستم های قدرتمند در زمینه هواشناسی نیز، نیاز می باشد. در این راستا Vorosmarty و همکاران(۱۹۹۳) ، Lin و همکاران(۲۰۰۲)، Schultz و همکاران(۱۹۹۵) تحقیقات گسترده‌ای، در زمینه ارتباط بین سیستم های پیش بینی هیدرولوژیکی و مدل های هواشناسی انجام داده‌اند. نتیجه این تحقیقات تهیه نقشه‌ی هشدار سیلاب[1] می باشد که در فصل‌های آتی مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱۷].

با توجه به مطالب یاد شده هدف از ارائه این پایان نامه، مقایسه نتایج حاصل از حل تحلیلی معادله‌ی سنت-ونانت ساده شده (مدل موج پخشیدگی)، حل نیمه تحلیلی معادله‌ی کامل سنت-ونانت(۲۰۰۳) و روش تفاضل محدود ضمنی چهار نقطه، و تبیین سریعترین و دقیق ترین روش از روش های فوق که در واقع خود از روش های برگزیده در روندیابی سیلاب به شمارمی آیند، می باشد. هم چنین نتایج این روش‌ها با نتایج حاصل از نرم افزار HEC-RAS v.3.0 مقایسه گردیده‌اند.

1-Flood Alert Map

جدول (۱- ۱) : سیلاب های پر اهمیت قرن بیستم ایالات متحده آمریکا[۲۲]

تاریخ وقوع سیل	منطقه وقوع سیلاب	تعداد مرگ های گزارش شده	میزان خسارات مالی
مارس و آوریل ۱۹۱۳	اوهایو	۴۶۷	۱۴۳ M$
آوریل و می ۱۹۲۷	رودخانه می سی سی پی	نامعین	۲۳۰ M$
مارس ۱۹۳۶	نیو انگلند	۱۵۰	۳۰۰ M$
جولای ۱۹۵۱	کانزاس	۱۵۰	۸۰۰ M$
دسامبر ۱۹۶۴- ژانویه ۱۹۶۵	منطقه شمالی پاسیتک	۱۵	۴۳۰ M$
جون ۱۹۶۵	کلرادو	۴۷	۵۷۰ M$
جون ۱۹۲۷	منطقه شمالی ایالت متحده	۱۱۷	۳/۲ B$
آوریل و جون ۱۹۸۳	منطقه یوتا	نامعین	۶۲۱ M$
می ۱۹۸۳	رودخانه می سی سی پی	۱	۵۰۰ M$
نوامر ۱۹۸۵	ویرجینیا	۶۹	۱/۲۵ B$
آوریل ۱۹۹۰	ارکانزاس و اوکلاها ما	۱۷	۱ B$
ژانویه ۱۹۹۳	آریزونا	نامعین	۴۰۰ M$
می - سپتامبر ۱۹۹۳	رودخانه می سی سی پی	۴۸	۲۰ B$
می ۱۹۹۵	جنوب و مرکز ایالت متحده	۳۲	۵-۶ B$
ژانویه - مارس ۱۹۹۵	کالیفورنیا	۲۷	۳ B$
فوریه ۱۹۹۶	مونتانا	۹	۱ B$
دسامبر ۱۹۹۶ - ژانویه ۱۹۹۷	مونتانا	۳۶	۲-۳ B$
مارس ۱۹۹۷	اوهایو	۵۰	۵۰۰M$
آوریل - می ۱۹۹۷	داکوتا	۸	۲ B$
سپتامبر ۱۹۹۹	کارولینا	۴۲	۶ B$
جون ۱۹۰۳	ارگان	۲۲۵	نامعین
جون ۱۹۷۲	داکوتا	۲۳۷	۱۶۰ M$
جولای ۱۹۷۶	کولورادو	۱۴۴	۳۹ M$
جولای ۱۹۹۷	پنسیلوانیا	۷۸	۳۰۰M$

* M$ نشان دهنده میلیون دلار و B$ مبین میلیارد دلار می باشد.

جدول (۱-۲) : آمار خسارت های ناشی از سیل در ایران تا سال ۱۳۸۰

ردیف	استان ها	تعداد حوادث سیل	خانه (باب)	پل (دهانه)	راه (کیلومتر)	کشته (نفر)	مجروح (نفر)	خسارت (میلیون ریال)
۱	آذربایجان شرقی	۷۹	۳۰۳۴	۲۹	۳۱۳۵	۲۷۴	۱۹	۴۸۲۸۶
۲	آذربایجان غربی	۷۶	۱۱۹۴۲	۶۰۵	۳۶۸	۱۱۸	۶۹	۵۴۸۶۱
۳	اردبیل	۲۶	۱۴۳۰	۴	۴۵	۱۲۸	۲۶	۵۵۴۱
۴	اصفهان	۹۶	۱۰۸۵۶	۷۹	۲۶۶۸	۲۴۰۱	۳۹۳	۸۷۸۶۷
۵	ایلام	۳۳	۱۷۴۱	۱۰۶	۷۶	۲۱	۵۶	۱۰۸۸۷
۶	بوشهر	۸۷	۹۳۶۲	۱۱۴	۳۳۸	۲۶۵	۰	۳۴۲۶۴
۷	تهران	۱۱۳	۴۵۶۸	۴۱	۲۵۰	۳۰۱۷	۷۷۱	۳۰۱۴۸
۸	چهارمحال بختیاری	۱۷	۸۵۰۰	۱	۲۸۵	۳۹	۹۴	۳۱۰۶۳
۹	خراسان	۳۰۰	۲۰۱۴۸	۹۵	۸۲۶	۵۸۰	۱۶۲	۱۶۶۰۷۳
۱۰	خوزستان	۱۳۴	۲۰۴۵۹	۷۲	۵۰۶	۲۸۱	۵۱	۱۵۰۷۶۸
۱۱	زنجان	۲۹	۱۱۳۰	۵	۱	۵۰	۳	۴۴۷۷
۱۲	سمنان	۶۶	۶۱۴۰	۵۷	۳۲۹	۷۵	۹۳	۳۲۹۷۳
۱۳	سیستان و بلوچستان	۶۶	۱۱۴۹۱	۰	۱۳۲۰	۳۷۲	۳۸	۱۶۳۴۲۱
۱۴	فارس	۹۱	۱۶۷۷۹	۴۸۸۷	۹۶۶	۱۳۸۴	۴۲	۱۱۸۶۱۸
۱۵	کردستان	۳۷	۵۹۳	۲	۳۰	۲۲	۰	۲۲۱۲
۱۶	کرمان	۱۱۷	۱۲۱۲۶	۳۱	۴۴۵۸	۲۹۳	۷	۱۲۱۷۱۱
۱۷	کرمانشاه	۲۱	۹۶۶۷	۳۵	۵۲۶	۸۳	۵۸	۴۲۵۴۵
۱۸	کهکیلویه وبویراحمد	۵۰	۶۹۴۳	۱۵۷	۳۲۹	۲۸	۰	۳۱۴۷۷
۱۹	گیلان	۵۷	۲۷۶۶	۱۴	۱۱۰	۱۰	۰	۱۰۷۵۷
۲۰	لرستان	۸۲	۲۷۱۹	۶۳	۳۵۱	۳۶۸	۲	۱۴۹۹۱
۲۱	مازندران	۱۲۷	۴۰۰۶	۵۹	۳۷	۱۳۰	۷	۱۸۴۲۳
۲۲	مرکزی	۱۳۵	۵۱۲۴	۳	۵۹	۸۶	۴۹	۱۷۲۴۱
۲۳	هرمزگان	۳۳	۱۰۳۷	۷	۱۰	۳۸	۰	۳۴۱۴
۲۴	همدان	۸۱	۳۳۶۶	۴۱	۳۴۵	۶۲	۶۰	۲۱۲۰۷
۲۵	یزد	۳۷	۱۰۰۵	۳۹	۹۹۸	۴۲۶	۶	۱۷۴۴۹
۲۶	جمع کل	۱۸۹۰	۱۷۷۰۳۲	۶۵۴۶	۱۸۳۶۵	۱۰۵۵۱	۲۰۰۶	۱۲۴۰۶۷۶

فصل دوم

پیشینه تحقیق

فصل دوم

پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه

در این فصل به بررسی تحقیقات محققان و دانشمندان، در گذشته که در واقع پایه و اساسی برای تحقیقات آتی است، می‌پردازیم. شایان ذکر است که بسیاری از نرم افزارهایی که امروزه به کار می‌روند نیز براساس روش‌هایی که این محققان انجام داده‌اند پایه‌ریزی شده است. حال شاید این سئوال مطرح گردد که چرا تحقیقات بیشتر با وجود روشهای گذشتگان، مورد نیاز می باشد؟

برای پاسخ به این سئوال می توان گفت تکرار تحقیقات گذشتگان با امکانات و داده‌های کنونی و گسترد گی فضای انتقال اطلاعات در عصر حاضر، اولا نتایج تحقیقات مذکور را دقیق‌تر کرده و ثانیا امکان بررسی مسایلی که در گذشته به دلیل کمبود امکانات میسر نبوده، حاصل می‌گردد.

بررسی جریان ناپایدار در کانال‌های باز با استفاده از قوانین بقای جرم و اندازه حرکت یا انرژی صورت می‌گیرد. ارائه معادلات حاکم بر جریان ناپایدار عموما به A.J.C. Barre'de Saint-Venant نسبت داده می‌شود با این حال شواهدی دال بر ارائه آن اولین بار توسط لاگرانژ در سال ۱۷۸۱ موجود است[۱۵].

یادآوری فرضیات به کار رفته در معادله سنت – ونانت ضروری است. این فرضیات عبارتند از :

۱- جریان یک بعدی است.

۲- آب، سیالی همگن و غیر قابل تراکم می باشد.

۳- سرعت در تمام سطح مقطع جریان یکنواخت است.