

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۲۷۰۱۶

مرکز اطلاعات مکتوب تهران
تاسیس ۱۳۰۲

دانشگاه شهید چمران اهواز
دانشکده مهندسی
گروه عمران



پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع:

مدل اینرسی صفر برای مرحله پیشروی در آبیاری جویچه‌ای با
استفاده از روش المان محدود

" *ZERO-INERTIA MODEL FOR FURROW IRRIGATION
ADVANCE BY FINITE ELEMENT METHOD* "

نگارش:
محمود خزندی

۴۴۸۴

استاد راهنما:

دکتر محمد محمودیان شوشتری

استاد مشاور:

دکتر جمال‌الدین نورزایی

بهمن ماه ۱۳۷۷

۲۷۰۸۹

« فرم ارزیابی پایان نامه دوره کارشناسی ارشد »

۷۴۷۰۹۰۱

شماره دانشجویی

محمود خزندی

پایان نامه آقای

با عنوان :

« مدل اینرسی صفر برای مرحله پیشروی آبیاری جویچه‌ای با استفاده از روش المان محدود »

جهت دریافت کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - مهندسی آب در

ساعت ۱۰ صبح روز دوشنبه مورخ ۷۷/۱۲/۱۷ در

دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران اهواز ارائه گردید و توسط هیأت داوران مورد تصویب قرار گرفت. ضمناً "تزایشان با درجه عالی و نمره ۱۹/۵ ارزیابی گردید." خیلی

« اعضاء هیأت داوران »

امضاء

مرتبه دانشگاهی

عنوان

نام و نام خانوادگی

استاد

استاد راهنما

۱- دکتر محمد محمودیان شوشتری

استاد

استاد مشاور

۲- دکتر جمال‌الدین نورزایی

دانشیار

داور (۱)

۳- دکتر حسین محمد ولی سامانی

استادیار

داور (۲)

۴- دکتر محمود بینا

استادیار

نماینده تحصیلات

۵- دکتر شاپور مرادی

تکمیلی



تقدیم به :

* مادر دلسوز و فداکارم

به مهربانترینی که همواره ایام دعای پر خیر و برکتش حامی من و راهگشای ناهمواریها و مشکلات زندگیم بوده است . همو که همچون خورشیدی روشنگر مسیرم بوده و همیشه سرشار از محبت بیدریغ او عاجز و ناتوان از جبران زحماتش می باشم . تقدیم به برادران و خواهران مهربان و صمیمیم که همیشه مورد لطف و حمایت های این عزیزان بوده ام .

و تقدیم به :

* روح بزرگ و ملکوتی شهیدان گروه تسفحص گردان ویژه روح الله ، جستجوگران نور ، که در بیابانهای گرم فکّه ، عشق را سودا کردند و پیام آور شهیدان گمگشته جنگ بودند .

« تقدیر و تشکر »

من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق

شکر و سپاس خداوند زیبایی را که علم را در نزد انسانها و دبعه‌ای برای ایجاد زیبایی قرار داد. بدین بهانه درود می‌فرستیم بر مقام والا و ارزشمند اساتیدی که برترین زیبایی را، زیبایی اندیشه تقدیم دانشجویان می‌کنند.

در راستای تدوین و نگارش این مطالعه مختصر، مرهون بزرگواری، لطف، زحمات و تحمل‌های استادان گرانقدری بوده‌ام که امیدوارم ارائه این مختصر، جوابگوی اندکی از خوبیهای آن عزیزان باشد.

در این زمینه از زحمات بیدریغ استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محمودیان شوشتری که در مسیر هدایت و سرپرستی این نگارش مختصر، همواره راهنما و مشوق من بوده و نتایج چندین سال تحقیق و تجربه خود را بی‌شائبه در اختیارم گذاشتند تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از زحمات و تلاش‌های علمی سرور گرامی جناب آقای دکتر جمال‌الدین نورزایی که مشکلات و تنگناهای علمی این مسیر طی شده را با صبر و حوصله یک استاد و محبت یک پدر دلسوز حل نمودند و درس علم و صبر را به صورت همزمان به‌عنوان چراغ همیشه روشن مسیر زندگیم به من آموختند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر حمیدرضا غفوری به پاس بهره‌های فراوانی که از محضر علمی ایشان گرفتم و تا آخرین لحظات حامی من بودند سپاسگزاری می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر حسین محمد ولی سامانی که توفیق شاگردی ایشان در مدت تحصیل نصیب من شد و مفتخر به حضور ایشان به عنوان داور شدم و همچنین از جناب آقای دکتر محمود بینا که مسئولیت داوری را بر عهده گرفتند صمیمانه تشکر می‌نمایم.

از جناب آقای مهندس فریبرز عباسی، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج به خاطر راهنمایی‌های مفید و مقالاتی که در اختیار اینجانب قرار دادند، تشکر می‌کنم.

از دکتر محمد هادی افشار عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران و همچنین از دکتر عطایی فر از دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف و نیز از دکتر کارگر نوین معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف و سرکار خانم مهندس کوچک‌شوشتری از دانشکده علوم دانشگاه اهواز به پاس راهنمایی‌های ارزنده و صبر و حوصله‌ای که به خرج دادند و برخورد مهربان و صمیمی این عزیزان که شایسته مقام یک استاد بود و مرا به مسیر صحیح تحقیق علمی هدایت نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از کلیه دوستان و عزیزانی که مورد حمایت‌های علمی و راهنمایی‌های ایشان بودم از جمله آقایان مهندس فقیهی‌راد، میرزایی و فاضلی و سایر مسروران تشکر و قدردانی می‌کنم.

از خانمها منصوره قاطع و رامش گشتاسبی پور که زحمت تایپ این مجموعه را برعهده داشتند نیز تشکر می‌کنم.

فهرست مطالب

| عنوان | صفحه |
|-------|------|
|-------|------|

فصل اول: زمینه

| | |
|------------------|---|
| ۱-۱- مقدمه | ۱ |
| ۲-۱- اهمیت تحقیق | ۳ |
| ۳-۱- اهداف تحقیق | ۶ |
| ۴-۱- روش تحقیق | ۷ |

فصل دوم: آبیاری سطحی



| | |
|---|----|
| ۱-۲- سیستم‌های آبیاری سطحی | ۸ |
| ۱-۱-۲- آبیاری کرتی | ۱۰ |
| ۲-۱-۲- آبیاری نواری | ۱۱ |
| ۳-۱-۲- آبیاری جویچه‌ای | ۱۲ |
| ۲-۲- جریان در آبیاری سطحی | ۱۴ |
| ۳-۲- مراحل آبیاری سطحی | ۱۵ |
| ۱-۳-۲- مرحله پیشروی | ۱۵ |
| ۲-۳-۲- مرحله ذخیره | ۱۶ |
| ۳-۳-۲- مرحله تخلیه | ۱۷ |
| ۴-۳-۲- مرحله پسروی | ۱۷ |
| ۱-۴-۲- مرزها | ۱۸ |
| ۲-۴-۲- حرکت آب | ۱۸ |
| ۵-۲- گزینه‌هایی برای بهبود عملکرد هیدرولیکی | ۱۹ |
| ۱-۵-۲- زمان قطع | ۱۹ |

فهرست مطالب

| عنوان | صفحه |
|---|------|
| ۲-۵-۲- طول مسیر | ۲۰ |
| ۳-۵-۲- توپوگرافی | ۲۰ |
| ۴-۵-۲- زمان پیشروی | ۲۰ |
| ۵-۵-۲- رواناب پایاب | ۲۱ |
| ۱-۶-۲- شدت جریان ورودی | ۲۲ |
| ۲-۶-۲- شیب | ۲۲ |
| ۳-۶-۲- زبری هیدرولیکی | ۲۳ |
| ۴-۶-۲- مشخصات هندسی مقطع | ۲۳ |
| ۵-۶-۲- نفوذپذیری | ۲۳ |
| ۷-۲- تئوریهای نفوذپذیری | ۲۳ |
| ۱-۷-۲- معادله کوستیاکف | ۲۸ |
| ۲-۷-۲- معادله اصلاح شده کوستیاکف یا معادله کوستیاکف - لوئیز | ۲۹ |
| ۳-۷-۲- معادله نفوذ SCS | ۳۱ |
| ۴-۷-۲- معادله هورتون | ۳۱ |
| ۵-۷-۲- معادله هولتان | ۳۲ |
| ۸-۲- تعیین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف لوئیز | ۳۳ |



فصل سوم: تاریخچه تحقیق

| | |
|--|----|
| ۱-۳- تعریف مدل | ۳۵ |
| ۲-۳- اهمیت مدل‌های آبیاری سطحی | ۳۶ |
| ۳-۳- تعیین نوع و رژیم جریان در جویچه | ۳۷ |
| ۴-۳- معادلات حاکم بر جریان | ۳۹ |

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۴۱ | ۳-۵- انواع مدل های آبیاری سطحی |
| ۴۱ | ۳-۵-۱- مدل هیدرودینامیک |
| ۴۲ | ۳-۵-۲- مدل اینرسی صفر |
| ۴۳ | ۳-۵-۳- مدل موج کینماتیک |
| ۴۴ | ۳-۵-۴- مدل موازنه حجم |
| ۴۶ | ۳-۶- پیشینه تحقیق |
| ۴۶ | ۳-۶-۱- کلیات |
| ۴۷ | ۳-۶-۲- مروری بر مطالعات مدل هیدرودینامیک |
| ۴۷ | ۳-۶-۳- مروری بر مطالعات مدل موج کینماتیکی |
| ۵۱ | ۳-۶-۴- مروری بر مطالعات مدل موازنه حجم و حل های تحلیلی ارائه شده |
| ۶۳ | ۳-۶-۵- مطالعات مدل اینرسی صفر |



فصل چهارم: روش های حل عددی معادلات

| | |
|----|---|
| ۷۴ | مقدمه |
| ۷۵ | ۴-۱- روشهای انفصال |
| ۷۵ | ۴-۱-۱- ماهیت روشهای عددی |
| ۷۶ | ۴-۱-۲- ساختمان معادله انفصال |
| ۷۷ | ۴-۲- روشهای حل عددی یک معادله دیفرانسیل |
| ۷۸ | ۴-۲-۱- روش تفاضل محدود |
| ۷۸ | ۴-۲-۲- روش تغییرات |
| ۷۹ | ۴-۲-۳- روش های باقی مانده وزنی |
| ۸۱ | ۴-۲-۳-۱- روش تلفیق یا هم مکانی نقطه ای |

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۸۱ | ۲-۳-۲-۴- روش زیر دامنه یا فرموله کردن به روش حجم کنترلی |
| ۸۱ | ۳-۳-۲-۴- روش گالرکین |
| ۸۲ | ۴-۳-۲-۴- روش حداقل مربعات |
| ۸۲ | ۳-۴- فرمولبندی به روش انرژی پتانسیل |
| ۸۳ | ۴-۴- روش المان محدود (اجزاء محدود) |
| ۸۶ | ۵-۴- متد کلی حل در روش المان محدود |
| ۸۶ | ۱-۵-۴- المان بندی یا انفصال |
| ۸۶ | ۲-۵-۴- معادلات المان |
| ۸۶ | ۳-۵-۴- رویهم گذاری یا جمع بندی |
| ۸۱ | ۴-۵-۴- شرائط مرزی |
| ۸۹ | ۵-۵-۴- حل دستگاه معادلات |
| ۸۹ | ۶-۴- المان های خطی |
| ۹۱ | ۱-۶-۴- المان های خطی |
| ۹۳ | ۲-۶-۴- روش مستقیم سختی برای جمع بندی |
| ۹۴ | ۳-۶-۴- خواص ماتریس کلی |
| ۹۶ | ۷-۴- مسائل وابسته به زمان و فرمول بندیهای حاکم در روش المان محدود |
| ۹۶ | ۱-۷-۴- فرمول بندی سازگار |
| ۹۸ | ۲-۷-۴- فرمول بندی توده شده یا متمرکز |
| ۱۰۱ | ۸-۴- گسسته سازی نسبی (انفصال) مسائل وابسته به زمان |
| ۱۰۱ | ۱-۸-۴- انفصال مسائل وابسته به زمان در روش تفاضل محدود |
| ۱۰۴ | ۲-۸-۴- انفصال مسائل وابسته به زمان در روش اجزاء محدود |
| ۱۰۹ | ۳-۸-۴- انفصال مسائل وابسته به زمان در روش تغییرات |
| ۱۱۰ | ۹-۴- روش اختلافات محدود |



فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۱۱۱ | ۱-۹-۴- جایگزین نمودن مشتقات جزئی با روش اختلافات محدود |
| ۱۱۳ | ۱۰-۴- الگوی تفاضل‌های محدود |
| ۱۱۷ | ۱-۱۰-۴- الگوی محاسباتی <i>Lax</i> |
| ۱۱۸ | ۲-۱۰-۴- الگوی محاسباتی ابات - یانسکو |
| ۱۲۰ | ۱۱-۴- همگرایی و خطای تقریب |
| ۱۲۲ | ۱-۱۱-۴- تقریب و خطا |
| ۱۲۴ | ۲-۱۱-۴- پایداری و شرائط |
| ۱۲۵ | ۳-۱۱-۴- خطای عددی کل |
| ۱۲۶ | ۱۲-۴- روش‌های حل دستگاه معادلات |
| ۱۲۷ | ۱-۱۲-۴- روش‌های مستقیم |
| ۱۲۷ | ۱-۱-۱۲-۴- حذف گوس |
| ۱۳۰ | ۲-۱-۱۲-۴- روش تجزیه <i>L-U</i> |
| ۱۳۱ | ۳-۱-۱۲-۴- الگوریتم توماس |
| ۱۳۲ | ۲-۱۲-۴- روش‌های تکراری |
| ۱۳۳ | ۱-۲-۱۲-۴- روش ژاکوبی |
| ۱۳۴ | ۲-۲-۱۲-۴- روش گوس سایدل |
| ۱۳۴ | ۳-۲-۱۲-۴- روش فاکتور ترمیم |

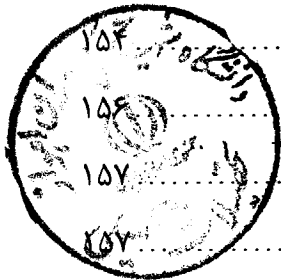


فصل پنجم: فرمول بندی و بسط روش المان محدود برای مدل اینرسی صفر

| | |
|-----|--|
| ۱۳۶ | ۱-۵- مقدمه |
| ۱۳۷ | ۲-۵- فرمولبندی تکنیک المان محدود در مدل اینرسی صفر |
| ۱۴۱ | ۳-۵- تکنیک حل |

فهرست مطالب

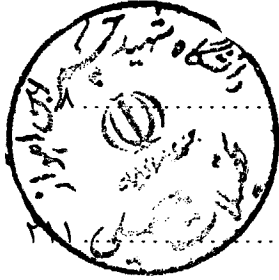
| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۱۴۳ | ۵-۳-۱- حل تفاضل محدود در زمان |
| ۱۴۴ | ۵-۳-۲- ساده سازی و نحوه اعمال معادله ممننوم |
| ۱۴۷ | ۵-۴-۴- کاربرد فرمول بندی مدل المان محدود در فازهای مختلف آبیاری |
| ۱۴۸ | ۵-۴-۱- فاز پیشروی |
| ۱۴۸ | ۵-۴-۱-۱- «عمق جریان در ابتدای جویچه» |
| ۱۵۱ | ۵-۴-۱-۲- شرایط مرزی و اولیه برای فاز پیشروی |
| ۱۵۲ | ۵-۴-۱-۳- بنا کردن و ساخت دستگاه معادلات |
| ۱۵۴ | ۵-۴-۱-۴- روند تکراری برای حل دستگاه معادلات فاز پیشروی |
| ۱۵۶ | ۵-۴-۲- فاز ذخیره |
| ۱۵۷ | ۵-۴-۳- فاز تخلیه |
| ۱۵۷ | ۵-۴-۴- فاز پسروی |
| ۱۵۹ | ۵-۵- شرح برنامه کامپیوتری |
| ۱۶۰ | ۵-۶- مشکلات عددی مسائل وابسته به زمان (فرضیات عملی) |



فصل ششم: آزمون مدل با آمار و ارقام صحرائی

| | |
|-----|--|
| ۱۶۴ | ۶-۱- مقدمه |
| ۱۶۵ | ۶-۲- اندازه گیریهای صحرائی |
| ۱۷۱ | ۶-۳- آزمون مدل و بحث نتایج |
| ۱۷۱ | ۶-۳-۱- اندازه گامهای زمانی |
| ۱۷۲ | ۶-۳-۲- بررسی عمق واقعی جریان |
| ۱۷۳ | ۶-۳-۳- مقایسه مدل با آمار صحرائی |
| ۱۷۳ | ۶-۳-۴- مقایسه مدل با مدل <i>Sirmod</i> |

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|--|---|
| ۱۷۴ | ۵-۳-۶- آنالیز حساسیت مدل |
| ۱۹۵ | ۴-۶- پیشنهادات |
| ۱۹۶ | ضمائم |
| ۱۹۶ | ضمائم الف |
| ۲۰۰ | ضمائم ب |
|  | واژه‌نامه |
| ۲۰۱ | مراجع و منابع |
| ۲۱۱ | الف - کتب |
| ۲۱۲ | ب - مقالات، گزارشات و نشریات ادواری |

فهرست مطالب
 مرکز اسناد و کتابخانه ملی
 سازمان اسناد و کتابخانه ملی
 وزارت اسناد

فهرست اشکال

| صفحه | عنوان |
|----------|--|
| ۹..... | شکل (۱-۲) اجزاء نمونه یک سیستم آبیاری سطحی |
| ۱۲..... | شکل (۲-۲) نمونه‌هایی از سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای |
| ۱۴..... | شکل (۳-۲) مراحل مختلف الگوی جریان آب روی خاک |
| ۱۶..... | شکل (۴-۲) نمودار شماتیک فازهای پیشروی و ذخیره |
| | شکل (۵-۲) نمایش شماتیک فازهای تحلیه و پسروی |
| | شکل (۶-۲) منحنی نمونه شدت نفوذ (I) و نفوذ تجمعی (Z) |
| | شکل (۱-۳) رسم یک جریان پیشرونده در نوار کرت یا جویچه |
| ۵۸..... | شکل (۲-۳) منحنی برون بعد پیشروی آب در نوار |
| ۹۱..... | شکل (۱-۴) تقسیم یک فضای تکبعدی به المانها |
| ۹۲..... | شکل (۲-۴) یک المان خطی تکبعدی باگره‌های i و j |
| ۹۵..... | شکل (۳-۴) یک ماتریس محصور |
| ۹۷..... | شکل (۴-۴) پارامتر $\frac{\partial \phi}{\partial t}$ به عنوان تابعی از x |
| ۹۸..... | شکل (۵-۴) تغییرات پله‌ای $\frac{\partial \phi}{\partial t}$ بعنوان تابعی از x |
| ۱۰۰..... | شکل (۶-۴) تغییرات تابع پله‌ای برای مسائل دوبعدی |
| ۱۰۲..... | شکل (۷-۴) یک تقریب برای $\phi(a)$ در $\frac{\partial \phi}{\partial t}$ معین |
| ۱۰۶..... | شکل (۸-۴) تقسیم حوزه‌ی زمان با استفاده از المان محور خطی |
| ۱۱۴..... | شکل (۹-۴) شبکه محاسباتی برای الگوهائی که دو متغیر وابسته در هر یک از نقاط شبکه محاسبه می‌شود |



فهرست اشکال

| عنوان | صفحه |
|--|-------|
| شکل (۴-۱۰) شبکه محاسباتی برای الگوی ابات و یانسکو | ۱۱۹ |
| شکل (۵-۱) نحوه المان بندی در جویچه | ۱۳۷ |
| شکل (۵-۲) شیب هیدرولیکی جریان آب در جویچه | ۱۴۹ |
| شکل (۵-۴) دیاگرام شماتیک پروفیل سطحی و زیر سطحی طی اولین گام زمانی | ۱۵۲ |
| شکل (۵-۵) دیاگرام شماتیک پیشروی جریان سطحی و نفوذ برای یک شبکه المان خطی با گام زمانی ثابت | |
| شکل (۵-۶) سلول نوک در فاز پیشروی | |
| شکل (۵-۷) فلوچارت کلی برنامه | |
| شکل (۵-۸) فلوچارت فاز پیشروی | ۱۶۰ |
| شکل (۶-۳) مقایسه منحنی های پیشروی مدل برای گام های زمانی مختلف با داده های صحرائی دزفول سری ۱ | ۱۷۷ |
| شکل (۶-۴) مقایسه منحنی های پیشروی مدل برای دو حالت عمق واقعی و نرمال جریان در ابتدای جویچه با داده های دزفول سری ۲ | ۱۷۸ |
| شکل (۶-۵) مقایسه منحنی های پیشروی محاسبه شده توسط مدل با داده های صحرائی دزفول سری ۱ | ۱۷۹ |
| شکل (۶-۶) مقایسه منحنی های پیشروی محاسبه شده توسط مدل با داده های صحرائی دزفول سری ۲ | ۱۸۰ |
| شکل (۶-۷) مقایسه منحنی های پیشروی محاسبه شده توسط مدل با داده های صحرائی مشهد سری ۱ | ۱۸۱ |
| شکل (۶-۸) مقایسه منحنی های پیشروی محاسبه شده توسط مدل با داده های صحرائی مشهد سری ۲ | ۱۸۲ |



فهرست اشکال

| عنوان | صفحه |
|-------|------|
|-------|------|

شکل (۹-۶) مقایسه نتایج پیشروی محاسبه شده توسط مدل با نرم افزار *Sirmod* و داده‌های صحرائی

دزفول سری ۱ ۱۸۳

شکل (۱۰-۶) مقایسه نتایج پیشروی محاسبه شده توسط مدل با نرم افزار *Sirmod* و داده‌های صحرائی

مشهد سری ۱ ۱۸۴

شکل (۱۱-۶) مقایسه نتایج پیشروی محاسبه شده توسط مدل با نرم افزار *Sirmod* و داده‌های صحرائی

مشهد سری ۲ ۱۸۵



شکل (۱۲-۶) نتایج حاصل از تست حساسیت

شکل (۱۳-۶) تأثیر میزان دبی ورودی روی نتایج مدل

شکل (۱۴-۶) تأثیر ضریب زبری مانینگ روی نتایج خروجی ۱۸۸