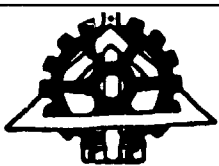
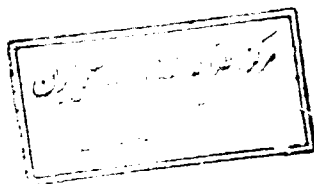


بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

۲۷۲۴۸



۱۳۷۸ / ۸ / ۲۵



# دانشگاه تهران

## دانشکده فنی

پایان نامه:

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - سازه‌های هیدرولیکی

موضوع:

### مدل ریاضی جریان آبهای زیرزمینی شور و شیرین (در کنار دریا)

استاد راهنما:

دکتر غیاثی

استاد مشاور:

دکتر دادمان

۱۴۹۵۹

توسط:

محمد ابراهیمی کیا

سال تحصیلی: ۷۸-۱۳۷۷

۲۷۲۴۸

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

## تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود واجب می‌دانم که از زحمات استاد ارجمند جناب آقای دکتر رضا غیائی که با راهنمایی‌های خردمندانه و مستمر خویش مرا در انجام این تحقیق یاری نموده‌اند، سپاسگزاری نمایم. همچنین از خواهر عزیزم الهام ابراهیمی‌کیا که در مراحل مختلف انجام این پایان‌نامه مرا یاری نموده‌اند تشکر می‌نمایم.

سرانجام این پایان‌نامه را به تمام کسانی که به نحوی مشوق من در امر تحصیل بوده‌اند، تقدیم می‌کنم.

## چکیده:

آبهای زیرزمینی یکی از مناسبترین منابع تأمین آب از لحاظ کمی و کیفی می باشد. حفظ و نگهداری از این منابع با ارزش امری ضروری است. در صورتی که در بهره برداری از منابع آبهای زیرزمینی بصورت برنامه ریزی شده عمل نشود، آب دریا (شور) وارد آبهای زیرزمینی می شود و باعث غیرقابل مصرف شدن آب برای مصارف کشاورزی می گردد.

به همین منظور برای کنترل شوری آبهای زیرزمینی، ابتدا مدل ریاضی دقیق سطح مشترک آب شور و شیرین را بدست آورده و با استفاده از معادله بهره برداری از آبهای زیرزمینی و فرضیات دویوئی، معادلات را درحالت غیردائمی برای یک لایه آبدست آورديم.

در حالت کلی حل تحلیلی این معادلات امکان پذیر نبود و به ناچار با استفاده از روش عددی تفاضلات محدود، معادلات فوق منقطع گردید و بر این اساس برنامه های کامپیوتری ارائه گردیده است.

زبان برنامه نویسی بکار برده شده که نام (Swing) (Seawater Intrusion in Groundwater) را برای آن انتخاب کردم، دلفی (۴) بوده و تحت سیستم عامل ۳۲ بیتی (ویندوز ۹۸) اجرا میشود. جهت کنترل نرم افزار تهیه شده با اعمال شرایط ساده ای مثالهایی با استفاده از برنامه کامپیوتری اجرا شده است و سپس نتایج با روشهای تحلیلی موجود مقایسه گردیده است.

# **Sea water Intrusion in Groundwater**

## ***Abstract***

One of the best water resources with respect to the quality and quantity is Groundwater. Protection and keeping of them is very essential. In the case which the exploiting of these resources won't be organized seawater intrudes in to the groundwater and the water will be unusable for agriculture. To control the salinity of the groundwater first, the exact mathematical models of seawater and fresh water interface should be obtained , then by using the groundwater exploitation ,equations and Dupuit assumption, we have obtained equations of aquifer in the unsteady case.

Generally, analytical solution of these equations are impossible and by using the finite difference method these equations have been prepared for computer programming.

The programming language is Delphi-4 and its name is Swing ( Seawater Intrusion in Groundwater) and it executes under 32 bit operating system (Win,98).

To control this program, some samples are executed and are prepared with analytical results.

عنوان ..... صفحه

چکیده ..... ۲

### فصل اول : مقدمه و تشریح موضوع پایان نامه

۱-۱- مقدمه ..... ۱

۱-۲- روند شور شدن آبهای زیرزمینی ..... ۱

۱-۳- تشریح پایان نامه ..... ۳

۱-۴- تقسیمات موضوعی پایان نامه ..... ۴

### فصل دوم : تاریخچه‌ای از تحقیقات دیگران

۲-۱- مقدمه ..... ۶

۲-۲- رابطه گبین - هرزبرگ ..... ۶

۲-۳- شکل منحنی سطح مشترک ..... ۱۰

۲-۴- مدل گلور ..... ۱۲

### فصل سوم : بررسی پیشروی آب دریا در آبهای زیرزمینی در حالت دائمی

۳-۱- مقدمه ..... ۱۳

۳-۲- سطح مشترک ایستا ..... ۱۳

۳-۳- فرضیات دوپویی ..... ۱۵

۳-۴- بررسی سطح مشترک ایستا در حالت سفره تحت فشار ..... ۱۶

۳-۵- بررسی سطح مشترک ایستا در حالت سفره آزاد ..... ۱۸

۳-۶- تداخل آب شور و شیرین در محیط دو لایه ..... ۱۹

۳-۷- تأثیر چاهها بر روی موقعیت سطح مشترک ..... ۲۵

۳-۷-۱- پتانسیل دبی ..... ۲۶

۳-۷-۲- استعمال پتانسیل دبی در تداخل آب شور و شیرین ..... ۲۸

۳-۷-۳- سطح مشترک ناپایدار ..... ۳۲

۳-۷-۴- پتانسیل دبی برای جریان بسته و جریان بسته با سطح مشترک ..... ۳۶

### فصل چهارم : پیشروی آب دریا در آبهای زیرزمینی در حالت غیردائمی

۴-۱- مقدمه ..... ۳۸

۴-۲- ضریب ذخیره ..... ۳۸

فهرست مطالب ..... ۳۸

۳۹	۴-۳- فرمول دارسی.....
۴۰	۴-۴- معادله دیفرانسیل حرکت آبهای زیرزمینی.....
۴۲	۴-۵- شیب سطح مشترک ساکن و سیال.....
۴۵	۴-۶- مدل ریاضی دقیق سطح مشترک دو سیال.....
۴۹	۴-۷- معادلات پیوستگی براساس فرضیات دوپویی.....
۵۵	۴-۸- کاربرد معادلات پیوستگی دوپویی برای تداخل آب دریا.....

#### فصل پنجم: روشهای عددی برای حل معادلات

۵۸	۵-۱- مقدمه.....
۵۸	۵-۱-۱- روش اجزای محدود.....
۵۹	۵-۱-۲- روش المانهای مرزی.....
۵۹	۵-۱-۳- روش اختلافات محدود.....
۶۰	۵-۱-۳-۱- روش حجم کنترل در اختلاف محدود.....
۶۰	۵-۱-۳-۲- روش اختلاف محدود با استفاده از بسط تیلور.....
۶۱	۵-۱-۴- اعمال زمان در روش اختلاف محدود.....
۶۲	۵-۲- حل معادلات به روش اختلاف محدود.....
۶۶	۵-۲-۱- شرایط مرزی معادله ۵-۲-۱۰.....
۶۶	۵-۳- حل معادله (۴-۸-۵) به روش تفاضلات محدود.....
۶۹	۵-۳-۱- شرایط مرزی معادله (۵-۳-۶).....
۶۹	۵-۴- حل معادله (۴-۸-۶) به روش تفاضلات محدود.....
۷۲	۵-۴-۱- بررسی شرایط مرزی معادله (۴-۴-۵).....
۷۳	۵-۵- نکات مهم در رابطه با المان بندی سیستم.....
۷۴	۵-۵-۱- تعیین طول ناحیه آغشته به آب شور در هر لحظه.....
۷۶	۵-۶- حل همزمان معادلات.....

#### فصل ششم: تشریح برنامه کامپیوتری SWING

۷۷	۶-۱- مقدمه.....
۷۸	۶-۲- تشریح زبان برنامه نویسی Swing.....
۷۸	۶-۳- تشریح برنامه کامپیوتری Swing.....

فهرست مطالب.....



۷۹	.....	۱-۳-۶- منوی فایل
۸۰	.....	۲-۳-۶- منوی Data
۸۷	.....	۳-۳-۶- منوی Edit
۸۸	.....	۴-۳-۶- منوی Run
۸۹	.....	۵-۳-۶- منوی Draw
۸۹	.....	۶-۳-۶- منوی Help

### فصل هفتم : حل کامپیوتری مسائل نمونه و نتیجه گیری

۹۲	.....	۱-۷- مقدمه
۹۲	.....	۲-۷- بررسی یک مسأله حل شده در حالت خاص
۹۴	.....	۳-۷- مقایسه حل کیولگان با حل عددی
۱۰۰	.....	۴-۷- حل یک مسأله نمونه
۱۰۸	.....	۵-۷- نتیجه گیری
۱۰۸	.....	۶-۷- پیشنهاد برای ادامه تحقیق
۱۱۰-۱۱۱	.....	فهرست مراجع

## چکیده:

آبهای زیرزمینی یکی از مناسب‌ترین منابع تأمین آب از لحاظ کمی و کیفی می‌باشد. حفظ و نگهداری از این منابع با ارزش امری ضروری است. در صورتی که در بهره‌برداری از منابع آبهای زیرزمینی بصورت برنامه‌ریزی شده عمل نشود، آب دریا (شور) وارد آبهای زیرزمینی می‌شود و باعث غیرقابل مصرف شدن آب برای مصارف کشاورزی می‌گردد.

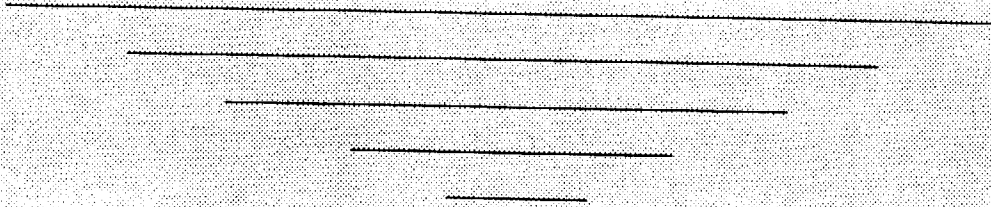
به همین منظور برای کنترل شوری آبهای زیرزمینی، ابتدا مدل ریاضی دقیق سطح مشترک آب شور و شیرین را بدست آورده و با استفاده از معادله بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی و فرضیات دوپوئی، معادلات را در حالت غیردائمی برای یک لایه آبدست آورديم.

در حالت کلی حل تحلیلی این معادلات امکان پذیر نبود و به ناچار با استفاده از روش عددی تفاضلات محدود، معادلات فوق منقطع گردید و بر این اساس برنامه‌های کامپیوتری ارائه گردیده است.

زبان برنامه نویسی بکار برده شده که نام (Seawater Intrusion in Groundwater) Swing را برای آن انتخاب کردم، دلفی (۴) بوده و تحت سیستم عامل ۳۲ بیتی (ویندوز ۹۸) اجرا میشود. جهت کنترل نرم افزار تهیه شده با اعمال شرایط ساده‌ای مثالهایی با استفاده از برنامه کامپیوتری اجرا شده است و سپس نتایج با روشهای تحلیلی موجود مقایسه گردیده است.

# فصل اول

## مقدمه و تشریح موضوع پایان نامه



## فصل اول: مقدمه و تشریح موضوع پایان نامه:

### ۱-۱- مقدمه:

پرواضح است که در شرایط کنونی، آب یکی از مهمترین عوامل جهت توسعه اقتصادی به شمار می‌رود. مخصوصاً در شرایط خاص آب و هوایی ایران، مسأله آب نمود بیشتری می‌یابد. در حال حاضر نیاز به توسعه هر چه بیشتر کشاورزی و دامپروری در جهت رسیدن به خودکفایی، ضرورت تأمین و کنترل آب را ایجاب می‌نماید، که این امر مستلزم نگهداری و بهره برداری هر چه مناسب تر از منابع آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی می‌باشد. در این میان مسأله بهره برداری از ذخیره آبهای زیرزمینی که منبع پر ارزشی برای تأمین نیازهای کشاورزی است، اهمیت بیشتری می‌یابد. ارجحیت آبهای زیرزمینی بر آبهای سطحی را میتوان بطور خلاصه به شرح زیر بیان نمود:

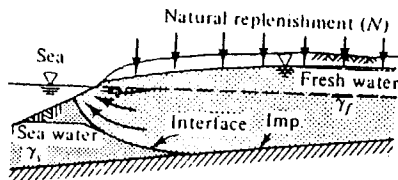
- ۱- سهولت بهره برداری و کمی هزینه استخراج نسبت به تهیه آب از منابع سطحی نظیر ایجاد بند یا سد.
- ۲- سرعت عمل در برنامه ریزی و همچنین پیشرفت اکتشاف و حفاری در چاههای عمیق و نیمه عمیق و وجود پمپ ها و موتورهای گوناگون.
- ۳- عدم تغییرات شدید نسبت به اوضاع جوی و بارندگی فصلی به گونه‌ای که در مواقع بارندگی با نفوذ تدریجی باران به درون سفره آب زیرزمینی، برنامه ریزی جهت بهره برداری راحت تر صورت خواهد گرفت.

### ۱-۲- روند شور شدن آبهای زیرزمینی ساحلی:

با توجه به اهمیت آبهای زیرزمینی که به آن اشاره شد، حفظ و نگهداری از این منابع با ارزش امری ضروری است و شور شدن آبهای زیرزمینی که منجر به آلوده شدن آبهای زیرزمینی شده و در نتیجه باعث غیرقابل مصرف شدن آب برای مصارف کشاورزی میشود، مسأله مهمی است که باید توجه زیادی به آن داشت.

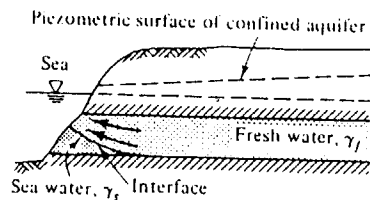
مسأله پیشروی آب دریا در لایه های آبد ساحلی (۱) در اکثر سواحل دنیا، نظیر سواحل دریای خزر، سواحل کالیفرنیا و نیویورک در آمریکا و کلاً در تمام سواحلی که آب دریا دارای شوری قابل ملاحظه ای باشد، مشکلات زیادی را باعث میشود.

علت بوجود آمدن این پدیده بدینصورت است، تا زمانی که هیچگونه آبی از لایه آبد ساحلی برداشت نشود، گرادیان هیدرولیکی به طرف دریا وجود دارد و دریا به عنوان یک دریافت کننده آب زیرزمینی عمل می کند. مادامیکه برداشت از لایه های آبد ساحلی از حد مجازی بالاتر رفت، جهت گرادیان هیدرولیکی معکوس شده و آب از طرف دریا به آبهای زیرزمینی جریان می یابد و در این زمان است که آب دریا وارد آبهای زیرزمینی میشود و باعث شوری لایه آبد ساحلی میشود. در این لحظه آب شور (۲) وارد چاه شده و همراه آب شیرین (۳) وارد مزارع کشاورزی میشود و سبب خسارات جبران ناپذیری به مزارع میشود. اشکال (۱-۱) تا (۱-۵) حالت های مختلفی از بوجود آمدن این پدیده را نشان میدهند.



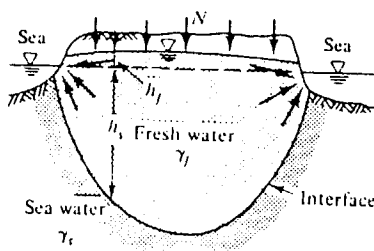
شکل (۱-۲)

پیشروی آب دریا در لایه آبد ساحلی باز



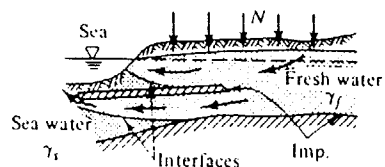
شکل (۱-۱)

پیشروی آب دریا در لایه آبد ساحلی تحت فشار



شکل (۱-۴)

وضعیت سطح مشترک در جزایر اقیانوسی



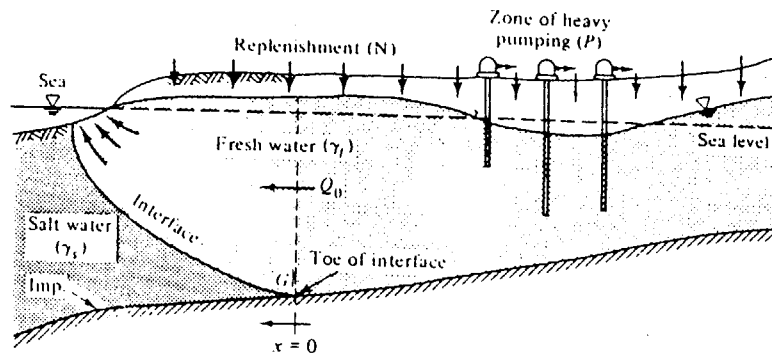
شکل (۱-۳)

پیشروی آب دریا در لایه آبد ساحلی دولایه

1- Seawater Intrusion in coastal aquifer

2- Saltwater

3- Fresh water



شکل (۱-۵)

بهره‌برداری بی‌رویه و معکوس شدن گرادیان هیدرولیکی آبهای زیرزمینی

پیشروی آب دریا در لایه‌های آبدی ساحلی به فاکتورهای متعددی بستگی دارد که عبارتند از: شرایط آب و هوایی، مرزهای سفره‌های زیرزمینی، هیدرولوژی منطقه، خواص سازه‌ای، تغییرات در جریان طبیعی دریا، فعالیت‌های انسان همانند حفر چاهها (بهره‌برداری یا برداشت دبی و تغذیه مصنوعی)، تغییرات فشار و اثرات جذر و مد.

### ۱-۳- تشریح پایان نامه:

همانطوریکه در بند ۱-۲ تشریح شد، هنگامیکه دبی بهره‌برداری از حد مجازی بالاتر می‌رود، آب شور وارد آب شیرین می‌شود، آب شیرین به علت وزن مخصوص کمتر از وزن مخصوص آب شور (وزن مخصوص آب شیرین  $1.0 \text{ gr/cm}^3$  و وزن مخصوص آب شور در حدود  $1.025 \text{ gr/cm}^3$ ) بر روی آب شور قرار می‌گیرد. مرز بین آب شور و شیرین بنام تداخل آب شور و شیرین<sup>(۱)</sup> یا بطور اختصار تداخل<sup>(۲)</sup> نامیده می‌شود. حقیقتاً این مرز یک منطقه زودگذر<sup>(۳)</sup> (انتقالی) از تغییرات شوری است.

گرچه بررسی‌های زیادی در رابطه با پخش و انتشار صورت گرفته ولی نتایج هنوز بصورت قطعی درباره آبهای زیرزمینی جواب نداده است.

1- Saltwater-Freshwater interface

2- Interface

3- Transition zone

شیدگر<sup>(۱)</sup> (۱۹۶۱)، گلهار<sup>(۲)</sup> و کالینز<sup>(۳)</sup> (۱۹۷۱)، بیر<sup>(۴)</sup> (۱۹۷۹)، ایزاک<sup>(۵)</sup> (۱۹۹۳) در زمینه ضخامت منطقه تداخل تحقیقات مفصلی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که ضخامت این ناحیه ناچیز است و حداکثر به یکدهم عمق لایه آبدی میرسد و بهمین جهت تعویض این ناحیه با یک خط تغییراتی در حل مسأله ایجاد نخواهد کرد.

برای بدست آوردن معادلات حاکم بر حرکت آب در محیط متخلخل عموماً فرضیاتی در نظر گرفته میشود که عمدتاً عبارتند از:

الف - آب غیر قابل تراکم است، با این فرض دانسیته آب در کلیه نقاط ثابت فرض میشود.

ب - محیط کاملاً اشباع است، در اینصورت هر المان از محیط از دو قسمت جامد و مایع تشکیل میشود.

ج - جریان آبهای زیرزمینی بصورت ورقه ای است. این فرض بدین معنی است که قانون داریسی حاکم است.

د - همانطوریکه قبلاً توضیح دادیم آب شیرین و شور دریا را میتوان به عنوان دو سیال مخلوط نشدنی در نظر گرفت و در نتیجه یک سطح جدایی در بین آنها متصور گردید. این سطح، سطح جدایی آب شور و شیرین نامیده میشود. در استفاده از آبهای زیرزمینی نواحی ساحلی، بایستی با دقت کافی موقعیت سطح فوق الذکر را تعیین کرد و تغییر محل آنرا با تغییرات میزان بهره برداری، تغذیه و عوامل دیگر مورد مطالعه قرارداد و سپس نسبت به میزان و نحوه بهره برداری مناسب در هر ناحیه تقسیمات لازم را اتخاذ نمود.

#### ۴-۱- تقسیمات موضوعی پایان نامه:

این پایان نامه مشتمل بر ۷ فصل میباشد که عبارتند از:

۱ - فصل اول: در این فصل به اهمیت آب در کشور ایران، اهمیت حفظ و نگهداری آبهای زیرزمینی، تشریح و تبیین پایان نامه اشاره شده است.

1- Scheidegger

2- Gelhar

3- Collins

4- Bear

5- Issac

..... مقدمه و تشریح موضوع پایان نامه