



۹۲۵۴۳



دانشگاه رازی

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی آبیاری و زهکشی

گرایش آبیاری و زهکشی

عنوان پایان نامه:

مقایسه روشهای آزمون پمپاژ، افت پله‌ای و ژئوالکتریک برای برآورد ضرایب

هیدرولیکی لایه های آبدار

استاد راهنما:

دکتر عبدالله طاهری تیزرو

نگارش:

مرتضی صالح زاده

آذر ماه ۱۳۸۶

۱۸ / ۱۱ / ۱۳۸۷

۹۳۵۴۳

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابداعات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است



پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی آبیاری و زهکشی
گرایش آبیاری و زهکشی

نام دانشجو:

مرتضی صالح زاده

تحت عنوان

مقایسه روشهای آزمون پمپاژ، افت پله‌ای و ژئوالکتریک برای برآورد ضرائب
هیدرولیکی لایه های آبدار

در تاریخ ۸۶/۹/۳ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

امضاء
امضاء
امضاء

دکتر عبدالله طاهری تیزرو با مرتبه ی علمی استادیاری

۱- استاد راهنمای

دکتر هوشنگ قمرنیا با مرتبه ی علمی استادیاری

۲- استاد داور داخل گروه

دکتر حسین بانژاد با مرتبه ی علمی استادیاری

۳- استاد داور خارج از گروه

تقدیم به پدرم که مشوقم بود به ادامه تحصیل

و به مادرم که امید بخشم بود

و به همسرم که همراهم بود

از سال ۱۹۱۰ میلادی که توجه به آبهای زیرزمینی بعنوان یک منبع با ارزش توجه دانشمندان را بخود جلب کرد مطالعات علمی برای پی بردن به قوانین هیدرولیکی این آبها آغاز گردید. قوانینی که منجر به معادلاتی شدند که با وجود تشابهی که به دیگر مسائل فیزیکی داشتند، بسیاری از دانشمندان علوم آب را برای حل آنها از طریق این تشابه کمک کردند. اما بطور کلی در غالب این معادلات پارامترها و ضرایبی بکارگرفته شده‌اند که از لحاظ تعریف مشابه یکدیگرند. این پارامترها که بعنوان ضرایب هیدرولیکی لایه‌های آبدار از آنها یاد می‌شوند مبنای بسیاری از تفاسیر پژوهشگران علوم آب در زمینه ذخیره، انتقال، پخش و حرکت آبهای زیرزمینی می‌باشند.

اهمیت این ضرایب در رشته‌های مختلف مهندسی موجب گردیده که روشهای متعددی برای تخمین و اندازه‌گیری آنها توسط دانشمندان و پژوهشگران ارائه گردد. اما انتخاب یک روش توسط کاربرانی که می‌خواهند از نتایج نفسیری این ضرایب استفاده کنند به مسائلی بستگی دارد که از جمله مهمترین آنها می‌توان به موجود بودن اطلاعات اولیه و مورد تأیید بودن آن روش برای مراجع ذیصلاح اشاره کرد. در این پروژه سعی بر آن شده که از دو روش کلی بمنظور تعیین این ضرایب هیدرولیکی استفاده گردد، نخست استفاده از اطلاعات آزمون پمپاژ و سپس روش ژئوالکتریک، تا با مقایسه نتایج حاصل از هر روش میزان خطا و انحرافات احتمالی مشخص گردد و در نهایت این قضاوت صورت پذیرد که آیا می‌توان از روشی جایگزین بجای روشهای پر دردسر و پرهزینه آزمون پمپاژ استفاده کرد یا نه؟!

بر همین اساس بعنوان یک محدوده مطالعاتی، دشت کنگاور واقع در استان کرمانشاه از استانهای غربی کشور ایران، انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. مجموعه اطلاعات پمپاژ (آزمون کامل پمپاژ و افت پله‌ای) با مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای غرب گردآوری شده و بجهت تعیین ضرایب هیدرولیکی مورد تحلیل قرار گرفت. برای استفاده از روش ژئوالکتریک تعداد ۴۰ سونداژ الکتریک در دشت برداشت گردید تا وضعیت دشت مشخص گردد و سپس ۲۶ عدد از این سونداژها با توجه به موقعیتشان برای تعیین ضرایب هیدرولیکی انتخاب گردید. تعیین ضرایب هیدرولیکی به روش ژئوالکتریک بر اساس محاسباتی است که سینگال و نیواس ارائه کردند، محاسباتی که از مقاومت عرضی اصلاح شده بهره می‌گیرد. بررسی‌های انجام شده نشان دادند که مقادیر $k\sigma'$ در دشت کنگاور ۵ ناحیه مستقل را تشکیل می‌دهند که دارای $k\sigma'$ ثابتی هستند. همانطور که سینگال و نیواس اشاره می‌کنند می‌توان با توجه به این دسته بندی دشت ضرایب هیدرولیکی را تعیین نمود.

نتایج محاسبه شده نشان داد که در تعیین ضرایب هیدرولیکی هیچ تفاوت معنی داری بین سه روش آزمون کامل پمپاژ، افت پله‌ای و روش ژئوالکتریک وجود ندارد. رابطه همبستگی که بین ضریب قابلیت انتقال و مقاومت عرضی اصلاح شده بدست آمده (با ضریب همبستگی ۰٫۹) نشان دهنده صحت آزمایشات در این دشت و همچنین تاییدی بر مطالعات قبلی سینگال و نیواس می‌باشد.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، ضرایب هیدرولیکی، ژئوالکتریک، آزمون پمپاژ، افت پله‌ای، کنگاور.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار.....
۲	فصل اول: بررسی منابع.....
۳	۱-۱- مقدمه.....
۵	۲-۱- پیشینه موضوع و بررسی منابع.....
۱۱	فصل دوم: کلیات و مفاهیم اولیه.....
۱۲	۱-۲- مفاهیم اولیه آبهای زیرزمینی.....
۱۲	۱-۱-۲- آبدهی ویژه (S_y) و آبدهی ویژه ظاهری (S_{ya}).....
۱۴	۲-۱-۲- هدایت هیدرولیکی.....
۱۵	۳-۱-۲- قابلیت انتقال.....
۱۵	۴-۱-۲- ذخیره ویژه، ضریب ذخیره.....
۱۸	۵-۱-۲- مقاومت ظاهری.....
۱۹	۶-۱-۲- مقاومت ویژه الکتریکی.....
۲۰	۲-۲- حرکت آب زیرزمینی.....
۲۰	۳-۲- بررسی جریان آب به سمت چاه.....
۲۱	۱-۳-۲- جریان یکنواخت یک بعدی در لایه آبدار محصور.....
۲۱	۲-۳-۲- جریان یکنواخت یک بعدی در لایه آبدار غیرمحصور.....
۲۲	۳-۳-۲- جریان شعاعی یکنواخت در لایه آبدار محصور.....
۲۳	۴-۳-۲- جریان شعاعی یکنواخت در لایه آبدار غیرمحصور.....
۲۴	۵-۳-۲- جریان شعاعی غیریکنواخت در لایه آبدار محصور.....
۲۶	۶-۳-۲- جریان شعاعی غیریکنواخت در لایه آبدار غیرمحصور.....
۲۸	۴-۲- ژئوالکتریک.....
۲۹	۱-۴-۲- خواص الکتریکی و مقاومت ویژه در سنگهای رسوبی، کانیها و آبها.....
۳۱	۲-۴-۲- روشهای مقاومت ویژه جریان مستقیم.....
۳۲	۳-۴-۲- سونداژ مقاومت ویژه.....
۳۳	۱-۳-۴-۲- آرایه ونر.....
۳۳	۲-۳-۴-۲- آرایه اشلومبرگر.....
۳۴	۳-۳-۴-۲- آرایه دای پل آزیموتی.....
۳۵	۴-۳-۴-۲- آرایه دای پل استوایی.....
۳۶	۵-۳-۴-۲- آرایه دای پل محوری (قطبی).....
۳۶	۶-۳-۴-۲- تعبیر و تفسیر داده‌های سونداژ مقاومت ویژه.....
۳۸	فصل سوم: مواد و روشها.....
۳۹	۱-۳- مقدمه.....
۳۹	۲-۳- انتخاب محدوده مطالعاتی (دشت کنگاور).....

- ۴۱ هواشناسی..... ۱-۲-۳
- ۴۱ تجزیه و تحلیل آمار هیدرومتئورولوژی..... ۱-۱-۲-۳
- ۴۴ اقلیم منطقه..... ۲-۱-۲-۳
- ۴۴ منشاء ریزشها..... ۱-۲-۱-۲-۳
- ۴۴ اقلیم..... ۲-۲-۱-۲-۳
- ۴۶ روش آمبرژه..... ۱-۲-۲-۱-۲-۳
- ۴۷ روش دمارتن..... ۲-۲-۲-۱-۲-۳
- ۴۸ هیدرولوژی..... ۳-۳
- ۴۸ آبهای سطحی..... ۱-۳-۳
- ۴۸ رودخانه‌ها و آبراهه‌های منطقه..... ۱-۱-۳-۳
- ۴۹ کیفیت آب رودخانه های منطقه..... ۲-۱-۳-۳
- ۴۹ کیفیت آب رودخانه ها از نظر کشاورزی..... ۱-۲-۱-۳-۳
- ۵۰ کیفیت آب رودخانه‌ها از نظر شرب..... ۲-۲-۱-۳-۳
- ۵۰ زمین شناسی..... ۴-۳
- ۵۰ چینه شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۱-۴-۳
- ۵۱ زون سنندج - سیرجان..... ۱-۱-۴-۳
- ۵۳ زون زاگرس رورانده..... ۲-۱-۴-۳
- ۵۴ واحدهای عهد حاضر..... ۳-۱-۴-۳
- ۵۵ واحدهای سنگی افیولتی..... ۴-۱-۴-۳
- ۵۵ گسله‌ها و چینها..... ۵-۱-۴-۳
- ۵۷ مطالعات ژئوفیزیک..... ۲-۴-۳
- ۵۷ هیدروژئولوژی..... ۵-۳
- ۵۷ بررسی لوگهای حفاری و پیزومترها..... ۱-۵-۳
- ۵۷ پیزومتر کارخانه..... ۱-۱-۵-۳
- ۵۸ پیزومتر طاهرآباد..... ۲-۱-۵-۳
- ۵۸ پیزومتر سلطان آباد..... ۳-۱-۵-۳
- ۶۲ پیزومتر فیروزآباد..... ۴-۱-۵-۳
- ۶۴ پیزومتر قارلق قدیم..... ۵-۱-۵-۳
- ۶۴ پیزومتر قارلق جدید..... ۶-۱-۵-۳
- ۶۴ پیزومتر عزیزآباد..... ۷-۱-۵-۳
- ۶۷ پیزومتر علی آباد..... ۸-۱-۵-۳
- ۶۸ پیزومتر رستم آباد..... ۹-۱-۵-۳
- ۶۹ پیزومتر شورجه..... ۱۰-۱-۵-۳
- ۷۱ پیزومتر سلطان آباد..... ۱۱-۱-۵-۳
- ۷۱ پیزومتر گودین..... ۱۲-۱-۵-۳

۷۱	..... ۳-۶- آزمایشات پمپاژ.....
۷۴	..... ۳-۶-۱- آزمایشات سفره.....
۷۵	..... ۳-۶-۱-۱- روش تائیس.....
۷۷	..... ۳-۶-۱-۲- روش کوپر- ژاکوب.....
۷۸	..... ۳-۶-۱-۳- روش چائو.....
۷۹	..... ۳-۶-۱-۴- روش بازیافت.....
۸۰	..... ۳-۶-۲- آزمایشات چاه.....
۸۱	..... ۳-۶-۲-۱- آزمایش افت پله‌ای.....
۸۳	..... ۳-۶-۲-۲- بررسی افت پله‌ای بر اساس اصول افت در چاه.....
۸۵	..... ۳-۶-۳- نرم افزار Aquifer Test.....
۸۷	..... ۳-۷- روش ژئوالکتریک.....
۹۱	..... فصل چهارم: نتیجه گیری و بحث.....
۹۲	..... ۴-۱- نتایج.....
۹۲	..... ۴-۱-۱- آزمایش پمپاژ.....
۹۳	..... ۴-۱-۲- آزمایش افت پله‌ای.....
۹۴	..... ۴-۱-۳- ژئوالکتریک.....
۹۴	..... ۴-۱-۳-۱- شرح مهمترین سونداژهای ژئوالکتریک برداشت شده در دشت کنگاور
۹۴	..... ۴-۱-۳-۱-۱- محدوده ده بالا - حسین آباد.....
۹۷	..... ۴-۱-۳-۱-۲- محدوده قارلق.....
۹۸	..... ۴-۱-۳-۱-۳- محدوده طاهر آباد.....
۹۹	..... ۴-۱-۳-۱-۴- محدوده سلطان آباد.....
۹۹	..... ۴-۱-۳-۱-۵- محدوده فیروزآباد کوچک.....
۱۰۰	..... ۴-۱-۳-۱-۶- محدوده کارخانه.....
۱۰۱	..... ۴-۱-۳-۱-۷- محدوده خمیس آباد.....
۱۰۲	..... ۴-۱-۳-۲- استفاده از داده‌های ژئوالکتریک برای تعیین ضریب قابلیت انتقال.....
۱۱۹	..... ۴-۲- بحث.....
۱۲۴	..... منابع.....

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۴	شکل (۱-۲) اثر SAR و غلظت نمک محلول خاک بر روی هدایت هیدرولیکی خاک.....
۱۷	شکل (۲-۲) طرحی شماتیک برای بیان مفهوم ضریب ذخیره
۱۸	شکل (۳-۲) مفهوم ضریب ذخیره در دو آبخوان (a) محصور (b) آزاد
۲۱	شکل (۴-۲) جریان در لایه آبدار محصور
۲۲	شکل (۵-۲) جریان در لایه آبدار غیرمحصور(آزاد)
۲۳	شکل (۶-۲) جریان شعاعی یکنواخت در لایه آبدار محصور
۲۴	شکل (۷-۲) جریان شعاعی یکنواخت در لایه آبدار غیرمحصور
۲۶	شکل (۸-۲) منحنی های بولتون
۲۷	شکل (۹-۲) نمودار تابع چاه غیر محصور $W(u_0, u_r, \eta)$
۳۲	شکل (۱۰-۲) مدل پل - پل (قطبی - قطبی)
۳۳	شکل (۱۱-۲) مقطع عرضی از پل-دای پل
۳۴	شکل (۱۲-۲) آرایش الکترودی اشلومبرگر
۳۵	شکل (۱۳-۲) آرایه دای پل آزیموتی
۳۶	شکل (۱۴-۲) آرایه دای پل آزیموتی
۳۶	شکل (۱۵-۲) دای پل محوری (قطبی)
۴۰	شکل (۱-۳) نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی
۴۷	شکل (۲-۳) اقلیم نمای آمبرژه
۴۷	شکل (۳-۳) اقلیم نمای دمارتن
۵۲	شکل (۴-۳) موقعیت نوار چین خورده زاگرس و سنندج - سیرجان در میان کمربند آلپ - هیمالیا
۵۵	شکل (۵-۳) الگوی ساده از زمین درزه زاگرس در منطقه باختر
۵۶	شکل (۶-۳) نقشه زمین شناسی دشت کنگاور
۵۹	شکل (۷-۳) لوگ حفاری پیزومتر طاهرآباد
۶۰	شکل (۸-۳) لوگ حفاری پیزومتر شماره ۱ سلطان آباد
۶۱	شکل (۹-۳) لوگ حفاری پیزومتر شماره ۲ سلطان آباد
۶۲	شکل (۱۰-۳) لوگ حفاری پیزومتر شماره ۳ سلطان آباد
۶۳	شکل (۱۱-۳) لوگ حفاری پیزومتر فیروز آباد
۶۵	شکل (۱۲-۳) لوگ حفاری پیزومتر قارلق قدیم
۶۶	شکل (۱۳-۳) لوگ حفاری پیزومتر قارلق جدید
۶۷	شکل (۱۴-۳) لوگ حفاری پیزومتر عزیز آباد
۶۸	شکل (۱۵-۳) لوگ حفاری پیزومتر علی آباد
۶۹	شکل (۱۶-۳) لوگ حفاری پیزومتر رستم آباد
۷۰	شکل (۱۷-۳) لوگ حفاری پیزومتر شوره
۷۲	شکل (۱۸-۳) لوگ حفاری پیزومتر سلطان آباد

۷۳	..... شکل (۱۹-۳) لوگ حفاری پیژومتر گودین
۷۵	..... شکل (۲۰-۳) منحنی تابع چاه $W(u)$
۷۶	..... شکل (۲۱-۳) نحوه کاربرد روش تاپس برای تعیین ضرایب هیدرولیکی لایه‌های آبدار
۷۸	..... شکل (۲۲-۳) کاربرد روش کوپر-ژاکوب
۷۸	..... شکل (۲۳-۳) کاربرد روش چائو
۷۹	..... شکل (۲۴-۳) نمودار چائو برای تعیین $F(u)$
۷۹	..... شکل (۲۵-۳) روش بازیافت
۸۳	..... شکل (۲۶-۳) روشهای متداول در آزمایش افت پله‌ای (الف) آزمایش افت متناوب (ب) آزمایش افت پله‌ای
۸۵	..... شکل (۲۷-۳) افت در چاه بر اثر پمپاژ براساس رابطه ۳-۳۵
۸۹	..... شکل (۲۸-۳) نمونه ای از جدول (عملیات برداشتهای صحرائی سونداژ مقاومت الکتریکی
۹۰	..... شکل (۲۹-۳) نمونه ای از محل استقرار دستگاه سونداژ مقاومت الکتریکی
۹۰	..... شکل (۳۰-۳) گسترش الکترودهای A و B برای دستیابی به فواصل $AB/2$ مورد نظر
۹۴	..... شکل (۱-۴) نمونه‌ای از تعیین ضرایب B و C برای یک چاه در دشت مطالعاتی
۹۶	..... شکل (۲-۴) منحنی سونداژ شماره ۱ در روستای ده بالا
۹۶	..... شکل (۳-۴) منحنی سونداژ شماره ۲ در روستای ده بالا
۹۶	..... شکل (۴-۴) منحنی سونداژ شماره ۳ در روستای ده بالا
۹۷	..... شکل (۵-۴) منحنی سونداژ شماره ۱ در روستای قارلق
۹۸	..... شکل (۶-۴) منحنی سونداژ شماره ۲ در روستای قارلق
۹۸	..... شکل (۷-۴) منحنی سونداژ شماره ۳ در روستای قارلق
۹۸	..... شکل (۸-۴) منحنی سونداژ شماره ۴ در روستای قارلق
۱۰۰	..... شکل (۹-۴) منحنی سونداژ برداشت شده و نمودار فنس بدست آمده در محدوده روستای سلطان آباد
۱۰۰	..... شکل (۱۰-۴) منحنی سونداژ برداشت شده و نمودار فنس بدست آمده در محدوده روستای فیروزآباد کوچک
۱۰۱	..... شکل (۱۱-۴) منحنی سونداژ برداشت شده و نمودار فنس بدست آمده در محدوده روستای کارخانه
۱۰۲	..... شکل (۱۲-۴) منحنی سونداژ برداشت شده و نمودار فنس بدست آمده در محدوده روستای خمیس آباد
۱۰۶	..... شکل (۱۳-۴) نقشه موقعیت سونداژها و مسیر پروفیلها
۱۰۷	..... شکل (۱۴-۴) پروفیل عرضی در مقطع GG'
۱۰۷	..... شکل (۱۵-۴) پروفیل عرضی در مقطع EE'
۱۰۷	..... شکل (۱۶-۴) پروفیل عرضی در مقطع FF'
۱۰۸	..... شکل (۱۷-۴) پروفیل عرضی در مقطع AA'
۱۰۸	..... شکل (۱۸-۴) پروفیل عرضی در مقطع BB'
۱۰۸	..... شکل (۱۹-۴) پروفیل عرضی در مقطع CC'
۱۰۸	..... شکل (۲۰-۴) پروفیل عرضی در مقطع DD'
۱۰۹	..... شکل (۲۱-۴) نقشه هم عمق آبرفت در دشت کنگاور
۱۱۰	..... شکل (۲۲-۴) نقشه خطوط هم EC
۱۱۱	..... شکل (۲۳-۴) نتایج آزمایش کیفی آب در اردیبهشت ماه ۸۵

- شکل (۴-۲۴) نتایج آزمایش کیفی آب در مهرماه ۸۵ ۱۱۱
- شکل (۴-۲۵) نقشه هم ضریب قابلیت انتقال برای دشت مورد مطالعه به روش آزمایش کامل پمپاژ ۱۱۲
- شکل (۴-۲۶) نقشه هم ضریب ذخیره برای دشت مورد مطالعه به روش آزمایش کامل پمپاژ ۱۱۳
- شکل (۴-۲۷) نقشه هم ضریب قابلیت انتقال برای دشت مورد مطالعه به روش آزمایش افت پله‌ای ۱۱۴
- شکل (۴-۲۸) ناحیه بندی دشت مورد مطالعه بر اساس مقادیر $k\sigma'$ ۱۱۶
- شکل (۴-۲۹) نقشه هم قابلیت انتقال برای دشت مورد مطالعه به روش ژئوالکترونیک ۱۱۷
- شکل (۴-۳۰) نقشه هم هدایت هیدرولیکی برای دشت مورد مطالعه ۱۱۸
- شکل (۴-۳۲) رابطه بین مقاومت عرضی و ضریب قابلیت انتقال ۱۲۲
- شکل (۴-۳۱) رابطه بین مقاومت عرضی اصلاح شده و ضریب قابلیت انتقال ۱۲۲

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۳	جدول (۱-۲) آبدهی ویژه برای برخی از تشکیلات زمین شناسی.....
۱۵	جدول (۲-۲) هدایت هیدرولیکی برای مواد دانه‌ای
۱۶	جدول (۳-۲) هدایت هیدرولیکی برای مواد تحکیم نیافته.....
۳۰	جدول (۴-۲) محدوده مقاومت ویژه در برخی از سنگها و آبها
۴۱	جدول (۱-۳) ایستگاههای منطقه کنگاور
۴۳	جدول (۲-۳) بررسی ۵ شاخص اصلی دما در ایستگاه های منطقه
۴۴	جدول (۳-۳) مقادیر تبخیر اندازه گیری شده از تشتک برای ایستگاههای منطقه
۴۵	جدول (۴-۳) مقادیر بارندگی متوسط سالانه ایستگاههای در دوره آماری ۳۵ سالانه
۴۶	جدول (۵-۳) مقادیر سرعت وزش باد با دوره‌های برگشت مختلف
۴۶	جدول (۶-۳) مقادیر متوسط، حداکثر و حدائیل رطوبت نسبی در ایستگاه سینوپتیک کنگاور
۴۶	جدول (۷-۳) توزیع سالانه سیکلهای موثر بر منطقه غرب کشور و استان کرمانشاه
۴۸	جدول (۸-۳) مقدار آبهای سطحی ورودی به دشت کنگاور
۵۰	جدول (۹-۳) طبقه بندی آب رودخانه‌های کنگاور از نظر کشاورزی
۷۶	جدول (۱۰-۳) مقادیر تابع چاه $W(u)$
۸۴	جدول (۱۱-۳) مقادیر تجربی بدست آمده برای ضریب C
۹۲	جدول (۱-۴) نتایج آزمایش پمپاژ برای دشت کنگاور
۹۳	جدول (۲-۴) نمونه نتایج افت در یک آزمایش افت پله‌ای
۹۵	جدول (۳-۴) نتایج آزمایش افت پله‌ای برای چاه‌های دشت کنگاور
۱۰۳	جدول (۴-۴) تفسیر برخی از سوندازه‌های منطقه مطالعاتی
۱۱۵	جدول (۵-۴) نتایج حاصل از برآورد ضریب قابلیت انتقال به روش ژئوالکتریک
۱۲۰	جدول (۶-۴) ANOVA برای مقایسه آماری روشهای تعیین ضرایب قابلیت انتقال
۱۲۰	جدول (۷-۴) جدول تست توکی برای تعیین سطح معناداری بین روشهای مختلف تعیین ضریب قابلیت انتقال
۱۲۰	جدول (۸-۴) جدول تست توکی برای تعیین سطح معناداری بین روشهای مختلف تعیین ضریب قابلیت انتقال
۱۲۱	جدول (۹-۴) مقایسه روشهای تعیین ضریب قابلیت انتقال

بررسی پارامترهای اساسی لایه های آبدار تحت عنوان ضرایب هیدرولیکی لایه آبدار، هدف اصلی در این پایان نامه است. ضرایبی که به دلیل اهمیت آن از گذشته تا کنون مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و محققین در زمینه هیدرولوژی و هیدروژئولوژی می باشد. اهمیت این ضرایب از آنجاست که مبنای تفاسیری از وضعیت، موجودیت و چگونگی حرکت آب زیرزمینی می باشد. بدلیل همین اهمیت است که متناسب با سطح دقت مورد نیاز در تعیین ضرایب، روشهای متعدد و متنوعی جهت تعیین آنها توسط دانشمندان ارائه گردیده است. در این پایان نامه سعی بر آنست که با بررسی دو روش کلی یعنی آزمایشات پمپاژ و روش ژئوالکتربیک و مقایسه آنها با یکدیگر ضمن تعیین مقدار انحراف و خطای نتایج هر کدام از روشها، بررسی گردد که آیا روشهای وقتگیر، پیچیده و پرهزینه گذشته تنها راه برای تعیین این ضرایب است یا می توان از روشهای جدید نیز برای این منظور استفاده کرد؟

فصل اول در این پایان نامه با مقدمه ای کوتاه به بررسی پیشینه مطالعات و تحقیقات انجام شده در این زمینه پرداخته است. در فصل دوم مفاهیم اولیه از آبهای زیرزمینی شامل معرفی و بحث بر ضرایب هیدرولیکی لایه های آبدار و همچنین اصطلاحات رایج در این زمینه می پردازد و سپس کلیاتی در ارتباط با حرکت و جریان آب زیرزمینی بیان می گردد. در فصل سوم مواد و روشهای بکار گرفته شده برای بررسی و تعیین ضرایب هیدرولیکی لایه های ارائه گردیده و منطقه مورد مطالعه از لحاظ مسائل هواشناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و زمین شناسی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در فصل آخر نیز نتایج پایان نامه و آنچه که در فصلهای پیشین ارائه گردید مورد تحلیل، بررسی و بحث قرار می گیرد.

برخود لازم می دانم تا از زحمات بی دریغ استاد راهنمای محترم، جناب آقای دکتر عبدالله طاهری تیزرو صمیمانه تشکر کنم. همچنین از جناب آقای فتح الله محسنی پور، کارشناس آبهای زیرزمینی شرکت آب منطقه ای غرب بجهت همکاریشان در تهیه و گردآوری آمار و اطلاعات هیدرولوژی و هیدروژئولوژی دشت کنگاور، مدیریت محترم شرکت پارس هاناب برای در اختیار قرار دادن برخی از اطلاعات ژئوفیزیک منطقه کنگاور کمال قدردانی و تشکر را دارم. از دو دوست عزیز و گرامی خود، آقایان مهندس اکبر محمدیها و مهندس محسن عبدلی به جهت کمک در برداشتهای صحرائی نیز بسیار متشکرم.

فصل اول

بررسی منابع

از زمانیکه مینزر (۱۹۴۲) واژه ژئوهیدرولوژی را برای مطالعه آبهای زیرزمینی و یا کمی قبل تر از او میه (۱۹۱۹) که مهندس هیدرولیک و یکی از روسای پیشین جامعه مهندسان راه ساختمان آمریکا بود واژه هیدروژئولوژی را برای مطالعه قوانین مربوط به پیدایش و حرکت آبهای زیرزمینی بکاربرد، تاکنون، موضوع آب و حرکت آن در زیرزمین یکی از مباحث حساس و در عین حال جذاب برای متخصصین بوده است. شناخت عوامل موثر بر این فرایند و بررسی پارامترهای اساسی همواره و بطور پیوسته در راس فعالیتهای هیدروژئولوژیست‌ها بوده و خواهد بود. از زمانیکه آزمایشات ساده داری و هیگل قوانین ابتدایی را در زمینه حرکت آب در خاک بیان کرد تا زمانیکه از محاسبات پیشرفته عددی و یا روشهای جدید ردیابی عناصر برای تفسیر چگونگی حرکت آب در خاک استفاده شده است، همه بدنبال جوابی برای این پرسش بوده اند که چرا و چگونه آب در زیرزمین ذخیره می شود، پخش می شود و حرکت می کند؟

کمبود آب، ازدحام محلی جمعیت و اهمیت کشاورزی در مناطق خشک قاره آسیا سبب شده است که هنر ساختن چاهها و راهروهای تراوش (قنات) اول بار در آنجا توسعه یابد. [۱۰] اما چاهها فقط به منظور استحصال آبهای زیرزمینی برای مصرف (شرب، کشاورزی و یا صنعتی) مورد استفاده قرار نمی گیرند. چاههایی که برای زهکشی و اهداف مشابه آن حفر می شوند نیز کم نیستند. بهر حال آنچه که مسلم است تاثیر چاهها بر سطح آب زیرزمینی امری قطعی است. بررسی این تاثیرات نیز ناگزیر از بررسی دقیق و یافتن تحلیلی درست از حرکت آب در زیرزمین نیست.

پارامترهایی که در یافتن تفسیری درست از حرکت آب زیرزمینی نقش دارند بطور کلی تحت عنوان پارامترهای هیدرولیکی یا ضرایب هیدرولیکی لایه های آبدار معروف می باشند. مهمترین این ضرایب هدایت هیدرولیکی، ضریب قابلیت انتقال و ضریب ذخیره می باشد. کاربرد ضرایب هیدرولیکی بسیار وسیع بوده و محدود به یک رشته خاص نیستند؛ بررسی میزان آبدهی چاهها، تعیین و تخمین بیلان آبی در یک دشت، تعیین جهت و چگونگی حرکت آب زیرزمینی در یک دشت، تاثیر متقابل چاهها بر روی یکدیگر و یا بر روی سطح سفره آب زیرزمینی، بررسی پخش آلودگی‌ها در آبهای زیرزمینی و یا تهیه مدل‌های مختلف از آبهای زیرزمینی، از مدل‌های ریاضی و کامپیوتری تا مدل‌های مفهومی، مطالعات ژئوتکنیک در گرایش‌های مختلف مهندسی عمران و ... همه به نوعی و در سطحی از نیاز خود، این ضرایب را مورد استفاده قرار داده و یا از نتایج آن برای تحلیلهای خود بهره می گیرند.

هنگامیکه پروژه‌ای مرتبط با آب زیرزمینی تعریف و طرح ریزی می‌شود، در اغلب موارد مهمترین معضل فقدان داده‌های اساسی و پایه‌ای در تفسیر وضعیت آب زیرزمینی در آن موقعیت می‌باشد. مهمترین این پارامترها همین ضرایب هیدرولیکی و در راس آن ضریب قابلیت انتقال و ضریب ذخیره است [۲۱].

روشهای مختلف و متنوعی که در تعیین این ضرایب وجود دارد از یک سو بیانگر اهمیت این ضرایب برای پژوهشگران و محققین است و از سوی دیگر کار را برای کاربران و مهندسان ساده می‌کند. انتخاب روشی مناسب و در عین حال کاربردی، موضوعی است که باید با دیدی مهندسی با آن برخورد کرد. روشهایی که تخمینهایی اولیه در اختیار قرار می‌دهند اگرچه برای بدست آمدن دید کلی از آن پارامتر در منطقه مناسب هستند اما هیچگاه نمی‌توانند در تصمیم‌گیریهای یک پروژه دقت کافی را داشته باشند. همچنین زمانیکه تنها بدست آمدن وضعیت کلی منطقه برای یک پروژه مفید است، بکارگیری روشهای دقیق که از یک سو هزینه هستند و از سوی دیگر بسیار وقتگیر می‌باشند مسلماً تصمیمی بخردانه نخواهد بود.

در تصمیم‌گیری برای انتخاب روشی مناسب جهت تعیین ضرایب هیدرولیکی علاوه بر اینکه مسائلی همچون هزینه‌های مالی برای انجام عملیات، زمان موجود جهت انجام آزمایشات و دقت مورد نیاز در تعیین پارامترها، بسیار تاثیر گذار هستند، از سوی دیگر اینکه منطقه مورد مطالعه دارای چه شرایطی است نیز بر انتخاب روش تعیین ضرایب هیدرولیکی به همان اندازه موثر است. در شرایطی که وضعیت لایه آبدار بلحاظ نوع آن (محصور، غیرمحصور، نشتی، نیمه محصور و یا نیمه غیرمحصور) مشخص نیست و یا زمانیکه اطلاعاتی در مورد وضعیت و عمق سنگ کف در منطقه موجود نیست و یا بطور کلی مطالعات اولیه‌ای بجهت مسائل هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی در محدوده مورد نظر انجام نشده، نمی‌توان هر روشی را برای تعیین ضرایب هیدرولیکی انتخاب کرد.

آنچه که در این پایان‌نامه ارائه گردیده است گذریست بر مسائل و شرایط انتخاب چند روش برای تعیین ضرایب هیدرولیکی لایه‌های آبدار با توجه به کمبودها و کاستی‌هایی که در ارتباط با داده‌های اولیه و مطالعات پایه‌ای در بیشتر نقاط کشور مشاهده می‌شود. از آنجائی که تهیه و نگهداری اطلاعات پایه در این زمینه از وظایف شرکتهای آب منطقه‌ای می‌باشد، به این سازمانها مراجعه شد و با بررسی اطلاعات و داده‌های موجود دو روش کلی برای تعیین ضرایب هیدرولیکی بنظر رسید. نخست روشی مبتنی بر آزمایشات پمپاژ و دیگری استفاده از روش ژئوالکتریک. آنچه که از آزمایشات پمپاژ در غالب موارد در این سازمانها موجود می‌باشد، آزمایشاتی جهت تعیین راندمان چاه و انتخاب پمپ مناسب برای چاه است - آزمایشاتی که موسوم به افت پله‌ای می‌باشند - و آزمایشات کامل پمپاژ که بسیار کمتر مورد توجه بوده است. شاید دلیل اصلی این امر پرهزینه بودن آزمایشات کامل پمپاژ و نیاز به نیروی انسانی بیشتر است. بهر حال در این پایان‌نامه سعی بر آنست که از دو نوع آزمایش پمپاژ و همچنین از روش ژئوالکتریک برای تعیین ضرایب هیدرولیکی لایه آبدار سود جسته و در پایان نتایج حاصله با یکدیگر مقایسه گردد.

تعیین ضرایب هیدرولیکی با دقت کافی شاید از آن زمان مورد توجه قرار گرفت که دانشمندان و پژوهشگرانی همچون تایس، دریافتند که تنها راه تحلیل جریان آب زیرزمینی استفاده از معادلانیست که با تشابه جریان آب زیرزمینی و انتقال حرارت بدست آمده است. در این نوع از معادلات ضریب قابلیت انتقال (T) و ضریب ذخیره (S) جزئی لاینفک می‌باشند که صحت و اطمینان از دقت کافی در محاسبه این ضرایب در نتایج حاصل از معادلات جریان بسیار تاثیر گذار می‌باشد.

هدایت هیدرولیکی (K) به همراه ضرایب فوق علاوه بر هیدروژئولوژی در رشته‌هایی دیگر همچون عمران، آبیاری و زهکشی و... کاربردهای گوناگونی دارند و پر واضح است که این سطح وسیع از کاربرد ضرایب هیدرولیکی خود موجب گردیده روشهای بسیار متنوعی جهت تعیین آنها توسط محققین ارائه گردد. آزمون پمپاژ که توسط تایس ارائه گردید در نوع خود نخستین روش دقیق تعیین ضریب قابلیت انتقال و ضریب ذخیره محسوب می‌شود. وی در سال ۱۹۳۵ روش گرافیکی خود را ارائه نمود که روابط وی مبنای بسیاری دیگر از روشهای آزمون پمپاژ گردید، روشهایی چون کوپر-ژاکوب، چائو و افت پله‌ای بر مبنای روابط اولیه تایس طرح ریزی شده‌اند. پس از تایس، دو پژوهشگر دیگر یعنی هانتوش و ژاکوب برای مدلی از لایه آبدار که از بالا به یک لایه غیر محصور و از پایین به یک بستر نفوذناپذیر، محدود می‌گردد جریان آب زیر زمینی را مورد تحلیل قرار دادند و روشهایی گرافیکی برای تعیین ضرایب هیدرولیکی ارائه دادند. هانتوش همچنین در سال ۱۹۶۴ برای تعیین پارامترهای لایه آبدار نشتی در شرایطی که زمان پمپاژ بمقدار کافی برای نشان دادن تاثیر نشت ادامه یافته باشد منحنی های تپی را ارائه کرد [۳۲]. در سالهای بین ۱۹۵۴ تا ۱۹۶۳ بولتون روشی ریاضی را با بکارگیری مفهوم دبی تاخیری در تشکیلات غیر محصور ارائه نمود [۱۷، ۱۸]. نیومن (۱۹۷۲، ۱۹۷۴) نیز با در نظر گرفتن تاثیر ذخیره الاستیک^۱ و نایزوتروپی بر افت سطح آب و تشخیص وجود جریان عمودی راه حلی دیگر را برای محاسبه ضرایب هیدرولیکی ارائه کرد که در بسیاری از فعالیتهای مهندسی بسادگی قابل استفاده است [۴۹، ۵۰]. وی همچنین در سال ۱۹۷۵ راه حلی گرافیکی نیز ارائه کرده است [۵۱]. مونچ راه حلی را بر اساس معادله تغییر شکل یافته لاپلاس برای چاههایی که بطور نیمه کامل در لایه آبدار حفر شده ارائه نمود. در روش وی تاثیر ذخیره چاه و مشخصات جداره نیز در نظر گرفته شده است که در حقیقت راه حلی عددی، مشتق شده از الگوریتم استیفست^۲ می‌باشد [۴۸]. پریکت (۱۹۶۵) بر اساس منحنی های بولتون روشی گرافیکی را جهت تعیین پارامترهای لایه آبدار تعیین نمود [۵۳]. در حدود سالهای ۱۹۷۵ نیز روشهای عددی برای تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ بوسیله رایانه توسط پژوهشگرانی همچون و.جان لابادیه و او.ج.هلوگ (۱۹۷۵)، رشتون و ردشا (۱۹۷۹) مورد توجه قرار گرفت [۵۶].

1. Elastic Storage
2. Stehfest

آزمایش پمپاژ به هر شکل و با هر کدام از روشهایش نیازمند تلاش و صرف هزینه زیاد برای اجرای آزمایش و اندازه گیری افت بمنظور تعیین پارامترهای لایه آبدار می باشد. علاوه بر این موضوع در حالانی که زمان پمپاژ کوتاه باشد تعیین پارامترهای لایه آبدار از طریق انطباق منحنی ها (روش گرافیکی) با دقت خوبی صورت نمی پذیرد [۸۱]. هانگ و همکارانش پیشنهاد کردند که مشکل نیاز به طولانی بودن زمان پمپاژ می تواند اینگونه مرتفع گردد که افت سطح آب بصورت پیوسته طی آزمایش اندازه گیری شود و پارامترهای لایه آبدار نیز همراه با آن تخمین زده شود. اما در لایه های آبدار نشتی و غیرمحصور که پدیده دبی تاخیری مطرح بوده و الگوی افت سطح آب با پمپاژ دارای زمان تاخیر می باشد. چنانچه از مدل تخمین پارامترها^۱ به روش زنده (On-Line) استفاده گردد تصمیم گیری برای زمان اتمام تخمین پارامترها بسادگی و بسرعت امکان پذیر نیست. بدین منظور هانگ و همکارانش از آنالیز حساسیت بمنظور تعیین دوره موثر هر پارامتر لایه آبدار به افت ناشی از پمپاژ و همچنین دوره موثر برای قطع تخمین استفاده کردند. لذا از همین آنالیز حساسیت برای تعیین تاثیر مقادیر مختلف S_y و فاصله بین چاه پمپاژ و چاه مشاهده بر زمان موثر تعیین S_y طی پمپاژ استفاده شده است [۸۱].

ون در شاف (۲۰۰۴) با آزمایش پمپاژ و بازیافت در مناطقی با نفوذپذیری بالا که در قسمت فوقانی ماندابها قرار دارند و با در نظر گرفتن این مفهوم که مخروط افت طی زمان پمپاژ و بازیافت گسترش می یابد نتایج قابل بحثی را ارائه نمود. وی اشاره می کند که به دلیل انعطاف پذیری خاص ناحیه آکروتلم این امکان وجود دارد که تفاوتی طی آزمایشات مختلف و مجزا از هم دیده شود [۵۹].

تعیین دقیق و ساده پارامترهای لایه آبدار هدف نهایی محققین منابع آب زیرزمینی است. آزمایشات پمپاژ شیوه ای استاندارد در تعیین ضرایب هیدرولیکی از جمله هدایت هیدرولیکی، قابلیت انتقال، ضریب ذخیره و ضریب نشت می باشد که روشهای گرافیکی آن بسیار متداول نیز می باشد [۵۷].

ساموئل و مادان (۲۰۰۳) به دنبال استفاده از الگوریتم عصبی (GA)^۲ برای تعیین پارامترهای هیدرولیکی از طریق داده های افت-زمان آزمایش پمپاژ بودند [۵۷]. آنها روشهای کامپیوتری متعددی جهت بهینه سازی پارامترهای لایه های آبدار تحت شرایط هیدرولوژیکی مختلفی بوسیله GA بکار گرفتند. کاربرد پذیری، دقت و توانایی برنامه های ارائه شده توسط آنها برای ۱۲ مورد از نتایج آزمایش تحقیق شد و همچنین نتایج آزمایش پمپاژ توسط نرم افزار Aquifer Test برای تعیین پارامترهای هیدرولیکی مورد استفاده قرار گرفت و با نتایج حاصله از تکنیک GA مقایسه گردید. نتایج استفاده از تکنیک GA پس از آنکه در مقایسه با نتایج روشهای گرافیکی بوسیله تکنیکهای آماری مورد بررسی قرار گرفت و نشان داد که SSE پائینی را دارا بوده و بخصوص در مواردی که تطبیق منحنی ها در روش گرافیکی ضعیف باشد، روش GA بسیار کارآمد خواهد بود. باید توجه داشت که روشهای GA بلحاظ زمانی نیز دارای مزایای فراوانی می باشند.

1. Parameter Estimation Model (PEM)
2. Generic Algorithm (GA)

وینسنت و جوشی (۱۹۸۳) در طی چهار سال مطالعه و تحقیق در منطقه دکان هند به بررسی بیش از ۷۰۰ چاه اکتشافی در منطقه پرداختند [۷۶]. آنها آزمایش‌های پمپاژ را بر بیش از ۲۰۰ حلقه چاه انجام داد و نتایج علمی و کاربردی را برای تهیه مدلی جهت آنالیز آزمایشات در لایه آبدار ارائه نمودند. آنها از آزمایشات افت پله‌ای و همچنین روش گرافیکی رورابا^۱ برای نتایج روابط بین افت سطح آب و افت چاه و افت لایه آبدار استفاده کردند.

ماک (۱۹۹۹) برای تعیین وضعیت استفاده از روش اسلاگ تست^۲ جهت تعیین هدایت هیدرولیکی ۳۷ چاه را با شرایط مختلف مورد آزمایش قرار داد [۴۰]. چاه‌های مورد مطالعه در منطقه مرکزی تگزاس قرار داشتند و تماماً چاه‌هایی بودند که بصورت دستی کنده شده و اصطلاحاً دهانه گشاد بودند. وی از یک روش عددی و همچنین یک روش تجربی که منحصراً برای تفسیر داده‌های آزمایش بازیافت برای چاه‌های دهانه گشاد بدست آورده بود در تفسیر نتایج خویش استفاده کرد. نتایجی که او بدست آورد از این جهت قابل توجه است که مقادیر هدایت هیدرولیکی بدست آمده از روش اسلاگ تست در بین مقادیر بدست آمده از روش عددی و روش تجربی اوست. تود و همکارانش در راستای تعیین خصوصیات هیدرولیکی لایه آبدار بمنظور دستیابی به راه حلی ریاضی برای آبخوان‌های محصور، نشتی و در شرایطی که چاه بطور کامل حفر نگردیده، مقایسه روش حل ریاضی با روش‌های اجزاء محدود، تعیین رفتار و چگونگی آزمایش سینوسی لایه آبدار و در نهایت تخمین پارامترهای لایه آبدار، این نوع آزمایشات پمپاژ را مورد بررسی قرار دادند. روش ریاضی آنها بجز در نواحی بسیار نزدیک به چاه پمپاژی نتایج مشابهی را با مدل المان محدود ارائه نمود [۷۱]. ویکز (۲۰۰۵) بمنظور تعیین نایزوتروپی در حوزه رودخانه پودر^۳ در ایالت مونتانا یک سری از آزمایشات لایه آبدار را برای چندین چاه انجام داده است. وی در آزمایش خود با حفر سه چاه که دارای زوایای حفر مختلف بودند نایزوتروپی را با اندازه‌گیری سطح آب در سه چاه مشاهده به جهت تعیین قابلیت نفوذ مورد بررسی قرار داد. وی همچنین ذخیره ویژه را در منطقه اندازه گرفته و تغییرات آن را همراه با تغییرات قابلیت نفوذ مورد تفسیر قرار داده است [۷۸].

مخازن زیرزمینی که در محل شکستگی‌ها و گسل‌ها بوجود آمده اند با تفاسیر قدیمی که توسط بسیاری از دانشمندان ارائه شده است همخوانی ندارند چرا که در این مخازن طی گسترش تنش ناشی از پمپاژ (گسترش مخروط افت) نفوذپذیری، تخلخل، قابلیت نفوذ و ظرفیت ذخیره با زمان پمپاژ کاهش می‌یابد [۶۷]. این امر موجب گردید که استفان براند (۲۰۰۶) و همکارانش با بکارگیری روشی مبتنی بر وزن دهی به بسیاری از پارامترها به دنبال راه‌حلی برای این نوع از مخازن باشند. آنها در نهایت با مقایسه روش‌های کلاسیکی چون کوپر-ژاکوب به تفاسیر جدیدی دست یافتند که نشان دهنده کاهش

1. Rorabaugh
2. Slug Test
3. Powder River Basin