

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**هیدروژئوفیزیک با استفاده از روش‌های قطبش
القابی و مقاومت ویژه الکتریکی IP & RS به
انحصار آموزش نرم‌افزارهای
dinvRes2 و dinvRes1**

محمود قوامی لاهیجی، تیمور اسلام‌کیش، فرزاد شیرزادی‌تبار،
محمد طالبی، محسن کرجی، امان‌الله دهقانی.

عنوان و نام پدیدآور: هیدروژئوفیزیک با استفاده از روش‌های قطبش القایی و مقاومت ویژه الکتریکی

IP & RS به انضمام آموزش نرم‌افزارهای dinvRes1 و dinvRes2 ... /... تألیف

محمود قوامی لاهیجی ... [و دیگران].

تهران: نهر دانش، ۱۳۹۵.

مشخصات نشر:

۳۵۴ ص.

مشخصات ظاهری:

۱-۲۴-۵۷۱۴-۶۰۰-۹۷۸: ۱۸۵۰۰۰ ریال

شابک:

وضعیت فهرست‌نویسی: فیفا

یادداشت: تألیف محمود قوامی لاهیجی، تیمور اسلام کیش، فرزاد شیرزادی تبار، محمد

طالبی، محسن کرچی، امان‌الله دهقانی.

موضوع:

پی‌جویی اکتشافی -- روش‌های ژئوفیزیکی

Prospecting -- Geophysical methods

موضوع:

قطبش القایی

موضوع:

Induced polarization

موضوع:

مقاومت الکتریکی

موضوع:

Electric resistance

موضوع:

ب‌های زیرزمینی -- مدل‌های آنالوگ الکترومکانیکی

موضوع:

Groundwater-- Electromechanical analogies

موضوع:

پی‌جویی اکتشاف الکتریکی

موضوع:

Electric prospecting

موضوع:

زمین‌شناسی مهندسی

موضوع:

Engineering geology

موضوع:

قوامی لاهیجی محمود، ۱۳۵۹-

شناسه افزوده:

۱۳۹۵ / ۲۷۰ / ۲۷

رده‌بندی کنگره:

۶۲۲/۱۵

رده‌بندی دیویی:

شماره کتابشناسی ملی: ۴۳۰ ۱۲۳۳



هیدروژئوفیزیک با استفاده از روش‌های قطبش القایی و مقاومت ویژه الکتریکی

IP & RS به انضمام آموزش نرم‌افزارهای dinvRes1 و dinvRes2

• ناشر: انتشارات نهر دانش

• تألیف: محمود قوامی لاهیجی و دیگران

• نوبت چاپ: اول پاییز ۱۳۹۵

• شمارگان: ۱۶۰ جلد

• قیمت: ۱۸۵۰۰۰ ریال

• شابک: ۱-۲۴-۵۷۱۴-۶۰۰-۹۷۸

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ (الانبياء-۳۰)

و از آب هر چیزی را زنده نمودیم

تقدیم به آنان که در راه پیشرفت علمی کشور عزیزمان ایران کوشیدند.

مجموعه مطالب این کتاب با دیدگاه اصول هیدروژئوفیزیک نگارش شده است.

پیش‌گفتار:

هدف از نگارش این کتاب، دادن یک جهت فکری علمی درست در مطالعات ژئوفیزیکی اسم از اکتشافات معدنی، ژئوفیزیک مهندسی که شامل مطالعات مکان‌یابی مناسب سد و نشت از سدهای خاکی، مطالعات مسیر راه‌ها و تونل‌های راه‌سازی، زمین لغزش، فروزش و اثر بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، مکان‌یابی دفن زباله‌های خانگی، معادلات آلودگی‌های محیط زیستی و نیز اکتشاف منابع آب زیرزمینی به عنوان مهمترین مسئله پرداخته شده در این کتاب، به دانشجویانی که عناوین پایان نامه‌های خود را در مقاطع کارشناسی ارشد در مورد روش‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی و قطبش (پلاریزاسیون) القایی RS & IP انتخاب نموده‌اند، است. امیدواریم این مجموعه به دانشجویان مراکز تحصیلات تکمیلی کارشناسی ارشد که سرمایه‌های بزرگ ملی کشور برای آبادانی و پیشرفت همه‌جانبه ایران عزیز هستند، این دیدگاه را پس از خواندن این مجموعه بدهد که چگونه داده‌برداری صحیحی نمایند، چگونه در نرم افزارهای مطرح شده در این مجموعه $Inv-Res2dinv$ به صورت بهینه مدل‌سازی نمایند و از همه مهم‌تر چگونه شکل‌های بدست آمده را تفسیر نمایند. لذا در این مجموعه سعی نموده‌ایم، بخشی از تجارب علمی و عملی خود را در مورد نحوه مطالعات IP & RS که در طی سابقه حرفه‌ای خود که در مطالعات این شاخه از ژئوفیزیک داشتیم، برای دانشجویان عزیز ارائه نموده باشیم.

محتوای این کتاب بر اساس تئوری‌ها و نظریات جدید و پیشرفته مدل‌سازی ارائه شده است. در این کتاب، به آموزش کامل یکی از نرم افزارهای برتر ژئوفیزیک یعنی $Res2Dinv$ پرداخته شده است. این نرم افزار یکی از کاربردی‌ترین نرم افزارها در رشته‌های ژئوفیزیک، اکتشاف معدن و زمین‌شناسی است. در این مجموعه سعی شده اصولی را که این نرم افزار بر مبنای آن طراحی شده به صورت خلاصه ارائه نمایم تا

دانشجویان با مفاهیم روش‌های مدل‌سازی و چگونگی انجام آن در نرم افزار ذکر شده آشنا شوند. قبل از انجام هرگونه تفسیر و نتیجه‌گیری بر روی داده‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی و قطبش (پلاریزاسیون) القایی، ابتدا باید مدل‌هایی صحیح و منطقی بدست آوریم. لذا در این مجموعه سعی شده است تا مراحل انجام یک مدل‌سازی مناسب شرح داده شود.

فصل‌های یک و دو این نوشتار، عمدتاً ترجمه بخش‌هایی از متن زیر بوده که قابل دسترسی برای عموم است:

Loke, M. H., 2016. Tutorial : 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Available at: <http://www.geoelectrical.com>

فصل سوم آن نیز شامل مطالبی برگرفته از راهنمای نرم‌افزارهای Res1Dinv, Res2Dinv, Res3Dinv در چند کتاب و مرجع دیگر عمدتاً به زبان فارسی و کمی منابع به زبان انگلیسی به دست آمده در مراجع کتاب همگی ذکر شده‌اند و برای ارائه مختصری از کاربردهای مشابهت و روش الکتریکی و قطبش (پلاریزاسیون) القایی از متن آن‌ها استفاده شده است. در این فصل سعی شده تا ذهن خواننده را به سمت برقراری ارتباط بین مدل‌های ژئوفیزیکی و مفاهیم ژئو-زمین‌شناسی کاربردی تشویق نماییم. همچنین در فصل سوم به چگونگی مراحل ورود داده‌ها و تهیه خروجی در نرم افزار Res1Dinv و نقشه‌های مورد نیاز برای اکتشاف منابع آب زیرزمینی پرداخته شده است. برتری خروجی پردازش داده‌ها در نرم افزار Res1Dinv در سونداژنی یک بعدی به منظور اکتشاف منابع آب زیرزمینی، مطالعات اولیه در اکتشافات مس پورفیری و منابع اورانیوم کاملاً مسجل و حتمی است. لذا ابتدا به مفسرین و پردازشگران توصیه می‌شود که از این نرم افزار برای دادن حکم تحلیلی برتر استفاده کنند. در این فصل به بخش‌های مختلف نرم افزار Res2Dinv اشاره مختصری شده است. در انتها، مراحل قرأت تا ارائه یک مدل‌سازی بهینه در این نرم افزار، نمایش داده شده است. علاوه بر آن، در این فصل به توضیح کامل یکی از قالب‌های مورد استفاده در نرم افزار Res2Dinv به نام آرایه عمومی (ترکیبی) پرداخته شده است. این قالب به چگونگی ترکیب آرایه‌های مختلف می‌پردازد تا از آن طریق، به یک مدل با کیفیت خوب که توجیه کننده کامل ساختارهای زمین‌شناسی است، نائل شویم. استفاده از

آرایه های ترکیبی ما را قادر به اکتشاف معادن فلزی به خصوص پورفیری و حتی منابع اورانیوم تا عمق 350m زمین به روش IP&Rs می نماید. اگر هدف صرفا برداشت Rs باشد، به منظور شناسایی لایه ها و ساختارهای تکتونیکی عمقی، این روش ما را قادر به عمق نفوذ تا 700m می نماید. البته دو قالب دیگر مدل سازی در نرم افزار Res2Dinv هم در این فصل تشریح شده اند. در این فصل، چگونگی مدل سازی با آرایه های gradient, offset pole-dipole و Square در نرم افزار Res2Dinv و نیز چگونگی اعمال عملای دستگاه و محاسبه ضریب آرایش هندسی واقعی در مدل سازی، بیان شده تا مدلی صحیح تری بدست آیند. علاوه بر آن، چگونگی مدل سازی درصد اثر فرکانس و اختلاف فاز و نیز چگونگی اعمال اثر قطبش (پلاریزاسیون) القایی (IP) منفی، در حالتی که مدل سازی بحث شده است.

جلد دوم کتاب که مباحث و روش های و بازخوانی آن را در حال حاضر طی می نماید، در مورد مدل سازی و پردازش سه بعدی داده های قطبش القایی و مقاومت ویژه الکتریکی در نرم افزارهای Res3dinv و Voxler رده که به زودی از همین انتشارات برای دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی کارشناس ارشد ارائه می شود. جلد دوم کتاب بیشتر حول دیدگاه اکتشافات زمین شناسی و معدنی بوده و به چگونگی استفاده از نرم افزار Voxler برای تخمین ذخیره ماده معدنی و ایجاد یک مدل سه بعدی از خروجی داده های پردازش شده در نرم افزارهای Res1dinv-Res2dinv-Res3dinv می پردازد. در جلد دوم به آموزش کامل دو نرم افزار Res3dinv و Voxler پرداخته شده است. از نرم افزار Voxler برای تحلیل های سه بعدی داده های لرزه، رس، مغناطیس سنجی، مقاومت ویژه الکتریکی و قطبش القایی به طور گسترده استفاده می شود. در این جلد مثالهای عملی از مدل سازی و تحلیل سه بعدی اکتشاف معادن فلزی مس، سرب و روی، منگنز، طلا، هماتیت و خصوصا اکتشاف منابع آب زیرزمینی در مناطق مختلف ایران، به همراه مدل های سه بعدی از نحوه استفاده از داده های IP&Rs برای اکتشاف معادن اورانیوم در نرم افزارهای Res1dinv-Res2dinv-Res3dinv-Voxler آمده است. طرح جلد دوم کتاب و افرادی که در تهیه آن همکاری می نمایند، در انتهای جلد اول کتاب ارائه شده است.

مقدمه

آیا ما می توانیم عمق سفره های آب زیرزمینی را تعیین کنیم؟

آیا ما می توانیم ضخامت لایه مواد معدنی را تعیین کنیم؟

چنین اموری با ارزیابی دقیق، چشمان بینا و حساس امکان پذیر است.

در مورد زمین، نتایج مطالعات در ضمن تنافر ظاهری، دارای آمیختگی و وابستگی قابل توجهی هستند. تکه های شطرنجی چمن به رنگ های قهوه ای و سبز، وجود بوته ها در میان راضی با حاصل خیزی متوسط که مبین وجود آب های زیرزمینی کم عمق است، پژمردگی گندم، اثر کمبود آب، درختانی که مورد هجوم انبوهی از سوسک ها واقع شده اند و غیره، برخی موارد قابل ملاحظه ای هستند که می بایست مورد بررسی قرار گیرند. این ها در بعضی نشانه هایی هستند که برای تشخیص مسائل، بدان ها نیازمندیم.

در مورد آب هم مسائل مشابهی می تواند مطرح شود. مثلاً چه مقدار برف روی کوه ها انباشته شده است؟ عمق آن را چه اندازه است؟ تراکم آن ها چه میزانی است؟ در چه مدتی و با چه سرعتی توده های برف آب می روند؟ اهمیت آن ها برای ما انسان ها چیست؟

در حال حاضر ما نمی دانیم چگونه نتایج را به طور دقیق تفسیر کنیم. ولی مسلماً روزی به این مهم دست خواهیم یافت و آن ها با اطلاعات مربوط به رطوبت خاک و هواشناسی تلفیق خواهیم کرد و ممکن است بتوانیم میزان آبی را که در عمق یک کیلومتری زمین جایی که وجود آب بوسیله تراکم و سردگی زمین محدود می گردد مشخص نماییم. نیز احتمالاً خواهیم توانست، همین اراضی را بوسیله مته های مخصوص و یا توسط اشعه لیزر حفر کنیم. اگر این امر به وقوع بپیوندد، می توانیم مدلی بسازیم که ما را در پی گیری سیکل برگشت آب به اقیانوس و اتمسفر موفق سازد. اما کار عظیم و طاقت فرسایی در پیش است. تنها وسائل مدرن و ذهن های حجیم و قابل انعطاف کامپیوترها می توانند ما را در انجام و کنترل عملیات و هم آهنگی آن ها با محیط یاری کنند.

ژئوفیزیستی که خصوصاً در اکتشاف آب های زیرزمینی کار می کند، در می یابد که منابع با ارزش اطراف او در صورت استفاده از آخرین تجارب و تکنیک های جهانی مربوط به

روابط و وابستگی هایی همیشه وجود دارد، اما ما در اغلب موارد ترجیح می دهیم که آن ها را نادیده بگیریم. رشد شدید جمعیت در سطح جهان و محدودیت منابع موجود، ما را مجبور می کند که بیشتر بیندیشیم. برای موفقیت در این امر، ضروری است که عملکرد امروز خود را بهتر درک کنیم. این بدان معناست که دریافت خود را از جهان پویا و دینامیک اطراف خود و از ارتباط تکنیکی رشته های مختلف علوم، بهبود ببخشیم. در این کتاب برای نخستین بار کوشیده شده است که بین برداشت های یک بعدی و قواعد آن پلی ایجاد گردد و کلیه مسائل مربوط به مدل سازی برداشت های ژئوالکتریکی آب های زیرزمینی و نیز سایر مواد معدنی، گردآوری و بررسی شوند.

اهمیت اکتشاف

همان گونه که تقاضای جامعه نسبت به مصرف آب تازه و قابل شرب روز به روز افزایش می یابد، به همان ترتیب اکتشاف آب های زیرزمینی نیز، برای افراد و صنایع اهمیت پیدا می کند. امروزه منبع آب زیرزمینی در مقایسه با آب های سطحی که امکان آلودگی آن ها رو به رشد است، پاک تر هستند. واضح است که استفاده از آب های زیرزمینی در آینده نیز تشدید می شود. آب زیرزمینی به عنوان یکی از منابع طبیعی فراوان، ذخیره ارزانی است که در سال های خشک نیز موجودیت خود را تا حدی حفظ می کند. آب زیرزمینی بخشی از یک سیستم غیر قابل مشاهده است که مطالعه مستقیم آن با اشکالاتی مواجه می باشد. بنابراین برای عموم مردم، درک اهمیت آن چندان ساده نیست. به همین لحاظ پاک نگه داشتن و حفاظت اولیه از آن به وسیله دولت ها و دست اندرکاران از ضروریات است. در مجموع می توان گفت که آشنایی کامل با تکنولوژی اکتشاف و مدل سازی لایه آبدار جهت حفاظت آب های زیرزمینی از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است.

مخاطرات آب های زیرزمینی

آب در زندگی بشر اهمیت بنیادین دارد. از این رو آب را مایه حیات گویند. در روز گرم تابستان وقتی جریان شیر آب قطع می شود، ضرورت وجود آب در زندگی انسان نمایان می گردد. انسان می تواند بدون غذا چند روزی را بگذراند اما بدون آب به زودی از پا

در می آید. منابع آب زیرزمینی به صورت مستقیم یا غیر مستقیم از آب های سطحی و بارندگی تغذیه می شوند. بنابراین استفاده پایدار از این منابع به معنای برداشت محدود از آن هاست. در سال های اخیر در بسیاری از کشورهای جهان برداشت آب از منابع زیرزمینی از میزان تغذیه سالیانه آن ها بیشتر بوده است. این امر به معنای استخراج و استفاده از آبی است که در طول هزاران سال در لایه های آب دار زمین ذخیره شده است. با این کار سطح آب های زیرزمینی در منطقه روز به روز افت کرده و سرانجام به جایی خواهد رسید که آبی برای استخراج وجود نخواهد داشت. پایین افتادن سطح آب های زیرزمینی به معنای خشک شدن مناطق پایین دست (مناطق با ارتفاع کمتر که آب جاری در لایه های آب دار، تحت اثر جاذبه به سمت آن ها جریان می یابند) و از بین رفتن چاه ها، قنات ها و چشمه ها، آنها است.

چین، هند و ایران در سال ۲۰۵۰ میلادی رتبه های اول تا سوم برداشت بیش از حد از منابع زیرزمینی آب را داشته اند. از به طور متوسط سالانه پنج میلیارد متر مکعب آب بیش از حد مجاز از لایه های آب دار زمین بهره برداری می کند. این مقدار آب معادل آب مورد نیاز جهت تولید یک سوم کل غذای تولیدی کشور است. برای نمونه، سطح آب های زیرزمینی در منطقه چناران در شمال شرقی ایران، که منطقه کوچک اما بسیار پراهمیتی برای کشاورزی است، در اواخر دهه نود میلادی به صورت میانگین ۲/۸ متر در سال افت داشته است. چاه های حفر شده جهت تامین آب کشاورزی و هم چنین تامین آب آشامیدنی شهر مشهد عامل این اتفاق بوده اند.

این مثال ها از جمله مواردی هستند که انسان را وادار به فکر کردن در مورد سئوال های زیر می کنند:

- برای استفاده مطلوب از آب چه کار باید کرد؟
 - آیا آب را به طور سالم و در حد نیاز استفاده می کنید؟
 - آیا آب به اندازه کافی و در همه جا در دسترس بشر هست؟
 - آیا می توانید روزی را تجسم کنید که آب نداشته باشید؟
- و هزاران سوال مشابه دیگر که مبین مخاطرات آب های زیرزمینی هستند.

وضعیت آب در کره زمین

مقدار آب موجود در کره زمین تقریباً ثابت است. این آب به مصارف آشامیدن، کشاورزی، صنعت و غیره می‌رسد و زندگی بشر را بهبود می‌بخشد. اگر کره زمین از فضا مشاهده شود، رنگ طبیعی آن آبی دیده می‌شود یعنی کره‌ای که بیشتر سطح آن را آب پوشانده است. به عبارت دیگر، بخش اعظم سطح زمین را اقیانوس‌ها و دریاها فراگرفته است. ۹۷٪ آب‌های کره زمین درون اقیانوس‌ها است و ۲٪ آن یخ زده است. ما آب مورد نیاز خود را از ۱٪ باقیمانده تهیه می‌کنیم که از یکی از دو منبع زیر بدست می‌آید:

سطح زمین (رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و نهرها) و یا از آب‌های زیرزمینی. در این میان، کشف آلودگی آب‌های زیرزمینی در تمام دنیا موجب بروز نگرانی‌های شدیدی شده است.

آب شیرین

انسان برای انجام فعالیت‌هایش به آب شیرین نیاز دارد. آب شیرین، یعنی آبی که میزان نمک‌های آن بسیار کم باشد. آب اقیانوس‌ها و دریاها شور هستند و استفاده از آنها نیازمند تصفیه کردن آن‌هاست که این امر به حدّات مرکز تصفیه خانه آب با مکانیزم‌های پیشرفته نیاز دارد. هزینه بالای این کار سبب شده است که انسان عمدتاً به آب‌های شیرین موجود در خشکی‌ها و اتمسفر زمین قانع باشد. حجم آب شیرین در جهان بسیار کم و در حدود ۲/۸٪ از حجم کل آن است. برای مصرف آب شیرین اندک موجود در جهان، محدودیت‌هایی هم وجود دارد. زیرا مقداری از آب شیرین جهان به شکل یخ در یخچال‌های قطبی و کوهستانی قرار دارد که به صورت آسان قابل بهره‌برداری نمی‌باشند. اما انسان به آب‌های شیرین موجود در رودها، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی با سهولت بیشتری دسترسی دارد. البته برای دسترسی و استحصال آنها خصوصاً آب‌های زیرزمینی که در لایه‌های داخلی زمین موجود هستند، لازم است به مسائلی هم‌چون اکتشاف، حفر چاه، کانال‌کشی، استفاده از دستگاه‌های پمپ آب، ایجاد تاسیسات و لوله‌کشی پرداخته شود.

گردش طبیعی آب

آب های موجود در زمین همواره در حال تغییر شکل هستند. این آب ها حالت های مختلفی از مایع، جامد و گاز به خود می گیرند. جلوه های طبیعی آب بسیار وسیع است. به عنوان مثال، مقداری از آن در زمین نفوذ کرده و آب های زیرزمینی را تشکیل می دهد. قدری از آن هم در درون شاخه ها، برگ ها، تنه و ریشه درختان ذخیره می شود.

آب موجود در اتمسفر زمین بر اثر گردش طبیعی آن هر ۹ روز یک بار بین آسمان و زمین مبادله می شود. در هر سال این عمل چندین مرتبه تکرار می شود. حجم آبی که در هر سال به وسیله گردش آب در طبیعت فراهم می شود، در حدود ۴۰۰۰۰ کیلومتر مکعب است. انسان با تکنولوژی امروزی می تواند ۲۵۰۰۰ کیلومتر مکعب آن را مورد بهره برداری قرار دهد. ریزش های جوی در همه جای سیاره زمین یکسان نیست و در برخی جاها بارندگی بسیار زیاد و در بعضی جاها کم است.

وضعیت آب های ایران

با توجه به قرار گرفتن عمده بخش های ایران در نواحی خشک و بیابانی، مقدار بارندگی و حجم آب های ایران کم است و بخش جوی نیز به طور یکنواخت در تمام مناطق آن صورت نمی گیرد. مقدار متوسط بارندگی سالانه در سطح کشور ایران حدود ۲۵۰ میلی لیتر می باشد که معادل حدود ۴۱۳ میلیارد متر مکعب آب است. در مجموع ۷۲ درصد از بارندگی ها بلافاصله از طریق تبخیر- تعرق مجدداً به اتمسفر بازمی گردد و لذا حجم آب قابل استحصال، که عمده آن نیز در مناطق کوهستانی است بسیار اندک می باشد (۲۸ درصد نزولات جوی). کشور ایران با این که ۱/۱٪ از مساحت خشکی های جهان را دارد، فقط ۰/۴۵٪ از آب های موجود در خشکی های جهان را در اختیار دارد. از سوی دیگر، در اغلب مناطق ایران ریزش های جوی به صورت محلی و در فصولی است که نیاز چندانی به آب برای کشاورزی نیست (در پاییز و زمستان). همچنین بارندگی به طور یکنواخت در کشور توزیع نمی شود. محدودیت منابع آب و توزیع فصلی نامناسب بارندگی، دال بر این است که بایستی منابع آب های موجود سطحی و زیرزمینی را به خوبی شناسایی و مطالعه کرده و با برنامه ریزی دقیق، بهره برداری

صحیح‌تری از آن‌ها صورت گیرد. البته مردم ایران از ابتدا با این مشکل مواجه بوده‌اند. آن‌ها با حفر و ابداع قنات و کاریز به بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی پرداخته‌اند و با احداث سد و بندهای متعدد نیز آب‌های سطحی را مورد استفاده قرار می‌دهند.

آنچه باید بدانیم

- ۱- حجم آب‌های شیرین قابل استفاده توسط انسان بسیار محدود است.
- ۲- میزان میانگین بارندگی سالانه ایران بسیار کمتر از مقدار جهانی است.
- ۳- پراکندگی بارش در همه جای ایران یکسان نیست و بیشتر بارندگی‌ها در زمانی صورت می‌گیرد که نیاز چندانی به آب برای کشاورزی نیست.
- ۴- برای بهره‌برداری صحیح‌تر از منابع آب، ابتدا بایستی آن منابع را خوب شناخت و بر روی آن‌ها برنامه‌ریزی ذی انجام داد.

مدل‌سازی

مدل‌سازی یکی از تکنیک‌های ذهنی بشر می‌باشد که نه تنها برای اهداف علمی، بلکه برای انجام امور روزمره بشر به دفعات مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طریق به کارگیری مدل‌ها می‌توان به تنوع و پیچیدگی یک پدیده پی‌برد از طرف دیگر، در دنیای امروزی داده‌ها آن‌قدر زیادند و مسائل آن‌قدر در هم تنیده‌اند که بدون استفاده از مدل‌سازی، تنظیم و پردازش داده‌ها، انجام مطالعات و تفسیر مشاهدات بسیار مشکل خواهد بود. ساده‌ترین مدل تصویری در علوم زمین، نقشه است. امروزه به واسطه از وقایع مهم که در طول زمان‌های زمین‌شناسی بر روی زمین اعمال شده‌اند، توپوگرافی مدل‌های زمین‌شناسی قابل بازسازی هستند. بسیاری از فرایندهای زمین‌ساختی (تکتونیکی) مانند چین‌خوردگی‌ها، گسل‌خوردگی‌ها و پیدایش رشته کوه‌ها، پیدایش دریاها و اقیانوس‌ها، فرآیندهای فرسایشی و رسوب‌گذاری، پیدایش و تکامل زمین و حیات روی آن، تشکیل و مهاجرت نفت و نهایتاً تجمع در مخازن نفتی، مدل‌های مختلف حوضه‌های رسوبی، شکل حوضه‌ها و توسط مدل‌های زمین‌شناسی معنادار و قابل فهم هستند. با گسترش و پیشرفت علوم زمین و همچنین علوم نوین مانند علم رایانه و نیز به کارگیری هر چه بیشتر علوم ریاضی و آمار در علوم زمین، نرم افزارهای گوناگون برای

مدل سازی و طراحی ساخته شده است. در مجموع می توان گفت که مدل سازی خلاصه ای از واقعیت است. مدل سازی به طور کلی یعنی شبیه سازی یک محیط با اندازه های متفاوت نسبت به محیط واقعی. در اغلب موارد به علت وجود انواع محدودیت ها، مواد و مصالحی متمایز از جنس، مواد و مصالح محیط حقیقی در مدل سازی بکار می رود. در مدل سازی ابتدا اجزای محیط واقعی انتخاب شده و متناسب با هدف مورد نظر از مدل سازی، خصوصیتی از هر یک از اجزای واقعی انتزاع می شود. به عبارت دیگر ابتدا به ازای هر یک از اجزای محیط واقعی، یک موجودیت تجربی ساخته می شود. سپس با برقراری ارتباط در میان موجودیت های تجربی مشابه با ارتباطی که بین اجزاء واقعی است، مدل واقعی شبیه سازی می شود.

هدف از مدل سازی

شناخت: هدف از مدل سازی شناخت محیط مورد مدل می باشد. ماکت ماشین مثالی از جنبه شناخت است.

تبیین: گاه برای معرفی و ارائه خصوصیات یک موجودیت واقعی، یک مدل از آن ارائه می شود. نقشه های زمین شناسی و جغرافیایی مثال های خوبی هستند که این جنبه از اهداف مدل سازی را بیان می کنند.

در مدل سازی یک یا هر دو هدف بالا در نظر گرفته می شود نکته دیگری که بایستی در مدل سازی بدان توجه کرد، روش ساخت یک مدل می باشد. در شناخت هایی از مهندسی که مدل سازی حائز اهمیت فراوان است، قطعاً روش های استاندارد برای ساختن مدل وجود دارد. هر روش مدل سازی طبعاً نیازمند مصالحی برای ساخت مدل می باشد. مصالح لازم برای تولید مدل در روش های مدل سازی نرم افزاری، زبان های مدل سازی می باشند. توضیحات بیشتر در این خصوص، فراتر از این بحث است. در بعضی از موارد، مدل بسیار ساده است و به راحتی ساخته می شود. اما گاهی مدل بسیار پیچیده است، هر چند که از نظر منطقی غیر ممکن می نماید. در بعضی از موارد نیز مدل پیچیده تر از موجودیت واقعی است. شاید ساده ترین نوع مدل سازی در علوم زمین، مدلی باشد که بر اساس مطالعات زمین شناسی و ژئوفیزیکی برای ساختار سه گانه زمین

در تدوین این مجموعه، سعی بر گردآوری بهترین روش‌ها برای مدل‌سازی داده‌های ژئوالکتریکی با تاکید بر اکتشاف منابع آب زیرزمینی بوده است. آب زیرزمینی مانند نفت خام و اورانیوم یکی از اساسی‌ترین منابع است. دستیابی به این منابع از طریق اکتشاف و مدل‌سازی که نقطه اشتراک آنها است میسر می‌گردد. ما حداکثر کوشش خود را به کار برده‌ایم تا این مجموعه، رضایت بیشترین خواننده از اقشار مختلف را جلب نماید. مشاوران علوم زمین تشنه کسب اطلاعات در حیطه مربوط به خود هستند. علاقمندان رشته‌های ژئوفیزیک، زمین‌شناسی، معدن، محیط‌زیست، عمران هرگز یک منبع بر اصول مدل‌سازی پیشرفته در اختیار نداشتند. به منظور مفید بودن مطالب مندرج برای گروه‌های درگیر در رشته اکتشاف، توجه خاص به اصول اساسی مدل‌سازی پیشرفته برداشته‌ام. ربولک ریک (مطالعات مقاومت ویژه الکتریکی و قطبش القایی) به عنوان یک منبع مناسب است. اگر چه موضوع‌های مندرج در این کتاب محدود است، اما در هر مورد شرحی مکفی برای درک و دریافت کامل آنها بیان گردیده است. امید است که خوانندگان، کتاب حاضر را که، حصول تحقیق، تلاش و تجارب عملی است، منبع اطلاعاتی با ارزشی تشخیص دهند. ما جار فعلی این کتاب را به عنوان یک اثر علمی بنیادین برای تدوین کتب مشابه در دهه‌های آینده ارزیابی می‌کنیم. مسلماً به منظور گردآوری و چاپ آثار بعدی به هم‌فکری واری تمامی علاقه‌مندان به این مجموعه در خصوص توضیح اشکال، حذف برخی مطالب، پیشنهاد، انتقاد موثر و سازنده نیازمندیم. چنانچه این مهم عملی گردد محققاً مجموعه آتی ضمن تغییرات بسیار از کیفیت بالاتری برخوردار خواهد شد. این کتاب برای کسانی است که اطلاعات اولیه از ژئوفیزیک را دارند یعنی با ژئوفیزیک آشنا هستند. چون مطالب کتاب طوری است که باید اطلاعات کلی از ژئوفیزیک داشت و فرصت توضیح تمام مطالب ژئوفیزیکی در این کتاب نیست. ما معتقدیم آن‌هایی که طالب و خواستار رفع نقائص و تکمیل آثاری مانند مجموعه حاضر هستند، هرگز کتاب فعلی را کامل نمی‌دانند. ما در حد توان علمی خود کوشیدیم و آنچه که می‌ماند، به عهده آینده است.

فهرست مطالب

فصل اول بررسی مقاومت ویژه	۱
۱-۱- ارتباط زمین شناسی و مقاومت ویژه	۲
۲-۱- خصوصیات الکتریکی مواد زمین	۲
۳-۱- بررسی یک بعدی مقاومت ویژه- کاربردها و محدودیت ها	۴
۴-۱- مبانی تئوری مقاومت ویژه	۶
۵-۱- تئوری وارون سازی	۱۰
۶-۱- روش گسسته سازی مدل دو بعدی	۱۶
۷-۱- مدل ها در بررسی مقاومت ویژه و وارون سازی	۱۹
۱-۷-۱- استفاده غیر صحیح از آرایه دوقطبی- دوقطبی	۱۹
۲-۷-۱- عدم اعمال صحیح الکترو دپه زمین	۱۹
۳-۷-۱- عدم مرز جریان	۲۰
۴-۷-۱- عدم انتشار- معیاریش- جریان	۲۰
۵-۷-۱- اشتباه در برداشت های صحیح	۲۰
۶-۷-۱- مشخص نشدن ابعاد صحیح- آثارها در بررسی های دو بعدی	۲۱
۷-۷-۱- محدودیت فیزیکی روش مقاومت ویژه	۲۲
۸-۷-۱- ناپیکناپی	۲۳
۹-۷-۱- تعیین نوع بهینه سازی مناسب	۲۳
فصل دوم ترسیم داده های الکتریکی دو بعدی	۲۵
۱-۲- روش پلات کردن داده های مقاطع شبه عمق	۲۶
۲-۲- مشتق فرشت برای یک نیم فضای همگن	۲۸
۳-۲- تابع حساسیت در حالت یک بعدی و عمق پی جویی	۲۹
۴-۲- تابع حساسیت در حالت دو بعدی- قدرت تفکیک عمودی و جویی	۳۲
۵-۲- بررسی آرایه های الکترو دی مختلف	۳۳
۱-۵-۲- آرایه وتر	۳۳
۲-۵-۲- آرایه دوقطبی- دوقطبی	۳۵
۳-۵-۲- آرایه وتر- شلومبرژه	۳۶
۴-۵-۲- آرایه قطبی- قطبی	۳۸
۵-۵-۲- آرایه قطبی- دوقطبی	۳۹
۶-۲- پی جویی الکتریکی با قدرت تفکیک بالا، به کمک سطوح هم پوشانی داده ها	۴۱
۷-۲- اصلاح مدل	۴۲
فصل سوم قطبش (پلاریزاسیون) القایی	۴۸
۱-۳- روش قطبش (پلاریزاسیون) القایی	۴۸

- ۳-۳- روش‌های اندازه‌گیری میزان شارژپذیری ۵۲
- ۳-۴- بررسی آرایه‌های معمول استفاده شده در اکتشاف معادن ۵۶
- ۳-۵- مدل‌سازی به روش سوم (ضرب مستقیم) ۸۵
- ۳-۶- بررسی آرایه مربعی (Square) ۸۸
- ۳-۷- بررسی آرایه دایبل دایبل - شلومبرژه و پل پل - شلومبرژه ۹۳
- ۳-۸- بررسی آرایه offset pole-dipole ۹۷
- ۳-۹- محاسبه ضریب هندسی واقعی K در آرایه‌ها ۹۷
- ۳-۱۰- طریقه ورود مقادیر خطای نوفه دستگاه در مدل‌سازی ۱۰۲
- ۳-۱۱- استفاده از ضریب آهنگ افزایش فاصله الکترودی غیر صحیح در مدل‌سازی ۱۰۳
- ۳-۱۲- روش مدل‌سازی ترکیبی با کدهای یک و دو ۱۰۴
- ۳-۱۳- بررسی نقش سطحی نسبت داده شده در مقاطع شبه عمق برای سه آرایه ۱۰۹
- ۳-۱۴- مدل‌سازی به روش افزایش آهنگ فاصله الکترودی با دو کد یک و صفر ۱۱۲
- ۳-۱۵- بررسی نحوه محاسبه شارژپذیری در دستگاه‌های چینی نوع BTKS ۱۱۸
- ۳-۱۶- بررسی پل - دایبل - شلومبرژه ۱۲۱
- ۳-۱۷- بررسی آرایه گردادیان ad ۱۲۴
- ۳-۱۸- بررسی ویژگی نرم افزارهای $Res2dinv-Res1dinv-II (2V, IN)$ ۱۳۵
- ۳-۱۹- رابطه تقریبی عمق و ضخامت لایه در نتایج مدل‌سازی یک بعدی و دو بعدی ۱۳۷
- ۳-۲۰- اهمیت نتایج مدل‌سازی دو بعدی در مطالعه هیدروژئوفیزیک ۱۸۱
- ۳-۲۱- رابطه تغییرات فواصل الکترودهای پتانسیل در یک فاصله الکترودی جریان ثابت با عمق آرایه ۱۹۳
- ۳-۲۲- اعمال اثر IP منفی و خطای دستگاه با یکدیگر در مدل‌سازی ۲۱۶
- ۳-۲۳- نحوه مدل‌سازی پل - دایبل معکوس ۲۱۷
- ۳-۲۴- نحوه مدل‌سازی Time-lapse resistivity inversion ۲۱۹
- ۳-۲۵- نکاتی در تخمین عمق حقیقی سنگ بستر ۲۲۷
- ۳-۲۶- رابطه تغییرات فاصله الکترودهای پتانسیل با عمق نفوذ جریان در یک فاصله الکترودی جریان ثابت در شلومبرژه ۲۲۸
- ۳-۲۷- نحوه برداشت و ورود داده‌ها در نرم افزار $Res1dinv-Res2dinv$ برای آرایه ونر - آلفا ۲۳۳
- ۳-۲۸- کاربردهای ژئوالکتریک ۲۳۸
- ۳-۲۸-۱- بررسی خوردگی خاک ۲۳۸

۲۴۰	۳-۲۸-۲- بررسی کیفیت توده سنگ
۲۴۳	۳-۲۸-۳- Seepage Monitoring in Embankment Dams بررسی
۲۴۵	۳-۲۸-۴- Land Slide بررسی
۲۴۶	۳-۲۸-۵- Land Fill بررسی
۲۵۷	۳-۲۸-۶- انواع سفره های آبدار
۲۵۹	۳-۲۸-۶-۱- بررسی ویژگی انواع سفره های آبدار
۲۶۳	۳-۲۸-۶-۲- فرونشست زمین در اثر استخراج آب زیرزمینی
۲۷۵	۳-۲۸-۶-۳- ویژگی های عمومی منابع آب کارستی
۲۷۹	۳-۲۸-۴- ریسین شناسی سفره های آبدار آبرفتی
۲۸۱	۳-۲۸-۶-۴- رسوبات متفصل آبدار
۲۸۴	۳-۲۸-۶-۶- زمین شناسی سازندهای متراکم (سنگی) آبدار
۲۸۶	۳-۲۸-۶-۷- سد زیرزمینی
۲۹۱	۳-۲۹- بررسی پهنه های مخلف در نرم افزار Res2dinv
۳۰۲	۳-۳۰- ترتیب مراحل مرآت فاکتور داده ها در نرم افزار Res2dinv برای مدل سازی
۳۱۹	پیوست ها
۳۳۴	مراجع

www.ketaboo.ir