بسم الله الرحمن الرحيم

٩٩٠٩٢

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشددر رشته مهندسی عمران(گرایش مکانیک خاک وپی)

تعیین منحنی مشخصه آب خاک با استفاده از نگرش فراکتالی

توسط

احسان نیکویی

۱۳۸۷ /۷/ ۱۵

استاد راهنما:

دکتر حبیب آگهی

شهریور ماه ۱۳۸۶

۹۹۰۹۲

به نام خدا

تعیین منحنی مشخصه آب - خاک با استفاده از نگرش فراکتالی

به وسیله ی :

احسان نیکویی

پایان نامه

ارائه شده به معاونت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

مهندسی عمران (گرایش مکانیک خاک وپی)

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی

دکتر قاسم حبیب آگهی، استاد بخش مهندسی راه وساختمان (رئیس کمیته).....

دکتر ارسلان قهرمانی، استاد بخش مهندسی راه وساختمان.....

دکتر نادرهاتف، استاد بخش مهندسی راه وساختمان.....

دکتر مجتبی جهان اندیش، دانشیار بخش مهندسی راه وساختمان.....

دکتر محمد حسن شیردره حقیقی، استادیار بخش ریاضی.....

شهریور ماه ۱۳۸۶

تقدیم به

پدرو مادربزرگوار و اساتید ارجمندم

سپاسگزاری

اکنون که این تحقیق به پایان رسیده است، بر خود فرض می دانم که از اساتید ارجمند بخش مهندسی راه وساختمان به جهت راهنمایی های ارزنده ایشان در انجام تحقیق تشکر نمایم. همچنین از پدر ومادرم به دلیل حمایت های بی دریغشان در زندگی و در تحصیل تشکر و قدردانی می نمایم. از زحمات استاد راهنمای پایان نامه جناب آقای دکتر حبیب آگهی که همواره با سعی وحوصله بسیار در کلیه مراحل این تحقیق بنده را راهنمایی نمودند تشکر وقدردانی می نمایم که بدون همفکری و مساعدت ایشان به انجام رسانیدن این تحقیق امکان پذیر نبود.

همچنین از اعضای کمیته پایان نامه آقایان دکتر قهرمانی، دکتر شیردره حقیقی، دکتر هاتف ودکتر جهان اندیش کمال تشکر را دارم وتوفیق و بهروزی ایشان در تمام مراحل زندگی از خدای منان خواستارم.

چکیده

تعیین منحنی مشخصه آب خاک با استفاده از نگرش فراکتالی

به وسیله :

احسان نیکویی

شناخت رفتار خاک های غیر اشباع در رخداد پدیده های مهمی چون تغییر حجم، مقاومت برشی و نفوذپذیری نیازمند بررسی وضعیت مکش موجود در این خاک ها می باشد که آن نیز خود تابعی از درصد رطوبت خاک است. در این میان منحنی مشخصه آب خاک (SWCC)، با برقراری ارتباط بین مکش موجود در خاک و درصد رطوبت، رابطه مناسبی جهت بیان تغییرات مکش در خاک فراهم می آورد. تعیین این منحنی نیازمند انجام آزمایش و صرف وقت وهزینه می باشد. لذا دستیابی به روشی که قادر به پیش بینی این منحنی با استفاده از اطلاعات پایه خاک مورد نظر باشد بسیار ارزشمند واز اهداف و آمال محققین در طول سالیان بوده است.

در این تحقیق پس از بررسی مدل های فراکتالی مختلف، مدل فراکتالی مناسب جهت مدلسازی هندسی ساختار خاک انتخاب شده است. این مدل یک چند- فراکتال تصادفی سه بعدی است. پس از انتخاب مدل فراکتالی مناسب، با استفاده از توابع پردازش تصویر (Image processing functions, MATLAB) توزیع حفرات مدل فراکتالی ساخته شده به دست آمده است. سپس حفرات با اندازه های مختلف، شبکه حفرات خاک را پدید آورده اند و با استفاده از تئوری تراوش (Percolation theory)، منحنی مشخصه آب-خاک به دست آمده است. برای بررسی صحت مدل و بررسی چگونگی نتایج حاصل از بانک اطلاعاتی Soil Vision استفاده شده است. مقایسه نتایج حاصل از مدل با منحنی مشخصه حقیقی خاک ها که از بررسی های آزمایشگاهی به دست آمده است، نشانگر توانایی مناسب مدل جهت تعیین منحنی مشخصه آب خاک می باشد. در تعیین این منحنی از روش تراوش به شیوه ای نو استفاده شده است به این ترتیب که از چند شبکه مختلف جهت تعیین قسمت های مختلف منحنی مشخصه آب – خاک استفاده گردید که این روش گرچه محاسبات را مبتلا به درصدی از خطا می نماید ولی بدون این روش با توجه به محدودیت های حافظه کامپیوترهای عادی انجام روش تراوش بسیار سخت و حتی غیر ممکن می نمود.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
۱-۱-هدف	۲
۱-۲-اهمیت تحقیق	۳
۱-۳- روند تحقیق	۳
فصل دوم مفاهیم هندسه فراکتالی	
۲-۱- بعد فراکتالی، نگاهی شهودی	۴
۲-۲- بعد فراکتالی از منظر ریاضی، نگاه مجرد	۹
۲-۲-۱-اندازه هاوسدورف	۱۰
۲-۲-۲- بعد هاوسدورف (بعد بسکویچ – هاوسدورف)	۱۱
۲-۲-۳-بعد توپولوژیک	۱۱
۲-۳- روش محاسبه بعد فراکتالی	۱۳
۲-۳-۱- خودوابستگی و خود متشابه بودن	۱۳
۲-۳-۲- محاسبه بعد فراکتالی برای اشکال خود متشابه	۱۴
۲-۳-۳- محاسبه بعد فراکتالی برای اشکال خود وابسته	۱۶
۲-۳-۴- محاسبه بعد فراکتالی برای هردودسته	۱۷
۲-۴-انواع فراکتال	۱۸
۲-۴-۱-فراکتال های قطعی	۱۹
۲-۴-۲- فراکتال های تصادفی	۱۹
۲-۴-۳- تک فراکتال ها در مقابل چند فراکتال ها	۲۰
۲-۴-۴- ابزارهای بررسی چند فراکتال ها	۲۱
۲-۵- هندسه فراکتالی: دیدگاه کاربردی	۲۲
۲-۶- محیط فرکتالی متخلخل معین	۲۳
۲-۶-۱- خواص فراکتالی مجموعه قسمت های توپر	۲۴
۲-۶-۲- روابط فراکتالی مجموعه حفرات	۲۵

عنوان | صفحه

فصل سوم: مرور اجمالی کاربردهای هندسه فراکتالی در علوم خاک

۳-۱- میکرومکانیک خاک ۲۸

۳-۲- کاربردهای مدلسازی فراکتالی در بررسی مکانیک سنگ های دارای درزه وشکست ۳۰

۳-۲-۱- بررسی تغییرات بعد فراکتالی سطح درزه سنگ در اثر تغییر نرخ ومقدار بارگذاری ۳۱

۳-۲-۲- بررسی ارتباط ضرائب(درجات) زبری سطح درزه سنگ با عدد فراکتالی سطح درزه سنگ ۳۳

۳-۲-۳- بررسی سطح درزه سنگ از دیدگاه چند فراکتالگی ۳۵

۳-۲-۴- بررسی میدان تنش در سنگ های داری سطوح درزه با بعد فراکتالی متفاوت و در اثر بارگذاری های مختلف ۳۷

۳-۳- کاربرد مدلسازی فراکتالی جهت تعیین منحنی مشخصه آب- خاک ۳۸

فصل چهارم: منحنی مشخصه آب – خاک

۴-۱-مقدمه ۳۹

۴-۲-رفتار خاک های غیر اشباع ۳۹

۴-۳-تعریف اصطلاحات مورد نیاز ۴۰

۴-۳-۱-فشار ماتریک (Matric Potential) ۴۰

۴-۳-۲- مکش کل (Total Suction) ۴۰

۴-۳-۳- مکش اسمزی (Osmotic Suction) ۴۱

۴-۳-۴- خلاصه مطالب ۴۳

فصل پنجم : تئوری تراوش(Percolation Theory)

۵-۱-مقدمه ۴۳

۵-۲-تئوری تراوش – مقدمات ریاضی ۴۶

۵-۲-۱-حدبحرانی وجریان گذرا از شبکه ۴۶

۵-۲-۲-خصوصیات کلاستر ها ۴۷

۵-۲-۳-تراوش پیوسته (Continuum Percolation) ۵۰

۵-۳- تئوری تراوش و مدلسازی شبکه حفرات: نگاهی برکاربردها ۵۲

۵-۴- تئوری تراوش هجومی(Invasive Percolation) ۵۴

۵-۵- پدیده انسداد(Choke off) ۵۴

۵-۶- کاربرد تئوری تراوش درخاک: مشکلات وپیشرفت ها ۵۵

عنوان | صفحه

فصل ششم: بررسی تحقیقات پیشین

۶-۱-نگاه کلی بر بررسی های انجام شده در راستای تعیین منحنی مشخصه آب – خاک ۵۹

۶-۲-نحوه مرتبط ساختن بعد فراکتالی حفرات خاک به پارامترهای منحنی مشخصه آب-خاک ۶۰

۶-۳-نگاهی بر دو نمونه از تحقیقات پیشین که ازتئوری
تراوش ومدلسازی شبکه ای در تعیین منحنی آب-خاک بهره گرفته اند ۶۱

۶-۳-۱-بررسی انجام شده توسط راسلروا در دانشگاه فنی چک ۶۱

۶-۳-۲-بررسی انجام شده توسط آروین وهمکاران در دانشگاه شیراز در سال ۲۰۰۷ ۶۲

فصل هفتم :روش انجام کار(مدلسازی)

۷-۱-تهیه داده های خاک ۶۴

۷-۱-۲-داده های موجود در بانک اطلاعاتی ۶۴

۷-۱-۳-مشخصات پروژه ها و نحوه استفاده از بانک اطلاعاتی ۶۴

۷-۲-تهیه مدل فراکتال مناسب از محیط خاک ۶۹

۷-۲-۱- نتایج بررسی مدل فراکتالی قطعی ۶۹

۷-۲-۲- نتایج بررسی مدل های تک فراکتالی ۶۹

۷-۲-۳-۱- مدل تصادفی چند فراکتالی ۶۹

۷-۲-۳-۲- الگوریتم جدید ۷۲

۷-۲-۳-۳- پیش به سوی مدل سه بعدی ۷۴

۷-۲-۳-۴- پیاده سازی الگوریتم ۷۶

۷-۳-تهیه شبکه حفرات ۷۸

۷-۳-۱-الگوریتم ارائه شده توسط لیندکوئیست وهمکاران،
[Lindquist and Venkatarangan 1999, Lindquist, 2002] ۷۸

۷-۳-۲-الگوریتم استفاده شده در این تحقیق ۸۰

۷-۳-۲-۱- تابع BWLabel ۸۰

۷-۳-۲-۲- الگوریتم استفاده شده جهت تعیین حفرات در سه بعد ۸۱

۷-۴-تهیه شبکه حفرات ۸۲

۷-۵-اعمال تئوری تراوش ۸۳

فصل هشتم: نتایج

۸-۱-مقدمه ۸۴

۸-۲-ارائه نتایج ۸۴

۸-۳-بررسی نتایج ۹۰

عنوان	صفحه

فصل نهم: تحلیل نتایج

۹-۱-مقدمه ۹۲

۹-۲-خطا در بحث مدلسازی فراکتالی ۹۲

۹-۳-خطا در بحث تشکیل شبکه حفرات ۹۲

۹-۳-۱-خطا به واسطه نحوه قرارگیری، تعداد واندازه گلوگاه های به کاررفته در شبکه حفرات ۹۲

۹-۳-۲-خطا به واسطه شکل حفرات و فرایند فرض شده جهت خالی شدن حفرات ۹۳

۹-۳-۳-خطا در روند اعمال تئوری تراوش در شبکه حفرات ۹۳

۹-۳-۳-۱-خطا به واسطه پدیده های مرتبط با ریز دانه ها ۹۳

۹-۳-۳-۲-خطا به واسطه محدودیت رایانه های شخصی ۹۳

فصل دهم: ملاحظات نهایی و پیشنهادات ۹۴

مراجع ۹۵

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۳-۱)- مقدار درجه زبری برای چند مقطع نمونه از درزه ی سنگ ها	۳۴
جدول (۳-۲)- نتایج بررسی اودلینگ	۳۴
جدول (۷-۱)- روابط ارائه شده در تحقیقات پیشین جهت تعیین یک منحنی پیوسته برای نمودار دانه بندی	۷۷

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱) – پیکره خاک به عنوان یکی از نمونه های فراکتال در طبیعت	۲
شکل(۲-۱)- استفاده از آرایه فراکتالی در آنتن ها	۵
شکل(۲-۲)- چگونگی تولید منحنی کخ	۶
شکل(۲-۳)- چگونگی تولید مجموعه کانتور	۷
شکل(۲-۴)- چگونگی تولید مثلث سرپینسکی	۷
شکل(۲-۵)- چگونگی تولید فرش سرپینسکی	۸
شکل(۲-۶)- چگونگی تولید هرم سرپینسکی	۸
شکل(۲-۷)- چگونگی تولید اسفنج مونژه	۹
شکل (۲-۸)- نمونه ای از اشکال خود متشابه	۱۳
شکل (۲-۹)- نمونه ای از اشکال خود وابسته	۱۳
شکل (۲-۱۰)- نحوه محاسبه بعد شمارش جعبه ای (Box Counting Dimension)	۱۵
شکل (۲-۱۱)- روش واریوگرام برای تعیین بعد فراکتالی	۱۶
شکل (۲-۱۲)- روش پوشش دادن تصویر (PCM)	۱۷
شکل (۲-۱۳)- نمودار بعد تعمیم یافته برای قلب سالم وبیمار	۲۰
شکل (۲-۱۴)- نحوه ساخت مدل م ف م م	۲۴
شکل (۳-۱)- آرایه شامل ۵۰ مثلث قائم الزاویه	۲۸
شکل (۳-۲)- نتایج حاصل از اجرای برنامه Crumble	۲۹
شکل (۳-۳)- منحنی تحکیم در (Clastic Mechanics)	۳۰
شکل (۳-۴)- تغییرات بعد فراکتالی با نرخ بارگذاری	۳۱
شکل (۳-۵)- ارتباط بعد فراکتالی سطح درزه سنگ با مقدار بار عمودی	۳۲
شکل (۳-۶)- ارتباط بعد فراکتالی درزه با درجه ی زبری آن	۳۵
شکل (۳-۷)- تغییرات بعد تعمیم یافته با مقدارپایه برای درزه سنگ پس از شکست کششی	۳۶
شکل (۳-۸)- تغییرات طیف چند فراکتالکی با شدت تکینگی برای درزه سنگ پس از شکست کششی	۳۶

عنوان | صفحه

شکل (۳-۹)- الگوهای همرنگ میدان تنش پس از اعمال فشار تک محوری بر روی نمونه های سنگ مصنوعی تولید شده با بعد فراکتالی ۱/۱ ۳۸
شکل (۴-۱)- نمونه ای از منحنی های مشخصه آب-خاک ۴۰
شکل (۵-۱)- محل اتصالات ومناطق ۴۴
شکل (۵-۲)- برخی از انواع شبکه های رایج مورد استفاده در تئوری تراوش ۴۶
شکل (۵-۳)- تراوش پیوسته ۵۲
شکل(۵-۴)- شبکه های استفاده شده تاکنون ۵۵
شکل (۵-۵)- مقایسه تئوری تراوش عادی وهجومی ۵۷
شکل (۵-۶)- پدیده انسداد ۵۸
شکل (۶-۱)- نتایج تحقیق آروین وهمکاران در سال ۲۰۰۷(Arvin et al., 2007) ۶۳
شکل (۷-۱) -نحوه جستجو در بانک اطلاعاتی Soil Vision ۶۵
شکل (۷-۲)- نتایج جستجودر بانک اطلاعات ۶۶
شکل (۷-۳)- اطلاعات موجود برای نمونه خاک ۱۰۷۰۴# ۶۶
شکل (۷-۴)- پنجره حاوی مشخصات نمونه ۶۷
شکل(۷-۵-۱)- پنجره حاوی اطلاعات دانه بندی نمونه ۶۷
شکل (۷-۵-۲)- پنجره حاوی اطلاعات دانه بندی نمونه ۶۸
شکل(۷-۶)- پنجره حاوی اطلاعات منحنی مشخصه آب –خاک نمونه ۶۸
شکل (۷-۷-۱)- ماتریس اعداد تصادفی در مرحله اول با در نظر گرفتن $b = 3$ ۷۰
شکل (۷-۷-۲)، فراکتال تولید شده درانتهای مرحله اول ۷۰
شکل (۷-۷-۳)- ماتریس اعداد تصادفی اختصاص یافته در مرحله ی دوم ۷۱
شکل (۷-۷-۴)- فراکتال تولید شده در انتهای مرحله ی دوم ۷۱
شکل (۷-۸)- فراکتال تولید شده توسط پرفکت وهمکاران ۷۲
شکل (۷-۹)- نمونه ای از نتایج الگوریتم دو بعدی ۷۵
شکل (۷-۱۰)- پنجره ی انتظار برنامه ۷۵
شکل (۷-۱۱-۱)-تعدادی از مقاطع برنامه ۷۵
شکل (۷-۱۱-۲)-تعدادی از مقاطع برنامه ۷۶
شکل (۷-۱۱-۳)- شکل سه بعدی فراکتال تولید شده ۷۶
شکل (۷-۱۲)- روش لیندکوئیست وونکاتارانگان، [Lindquist and Venkatarangan, 1999] ۷۹
شکل (۷-۱۳)- نتیجه روش لیندکوئیست وونکاتارانگان (الف) (عکس دو بعدی) ۷۹
شکل (۷-۱۳)- نتیجه روش لیندکوئیست وونکاتارانگان (ب) (عکس سه بعدی) ۸۰
شکل (۷-۱۴)- عملکرد تابع BWLabel ۸۱
شکل (۷-۱۵)- جداسازی حفرات ۸۱
شکل (۷-۱۶)- نمای کلی از یک شبکه حفرات ۸۳
شکل (۸-۱)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک ۶۱ # ۸۴
شکل (۸-۲)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک ۶۱#، یک نگاه نزدیکتر ۸۵

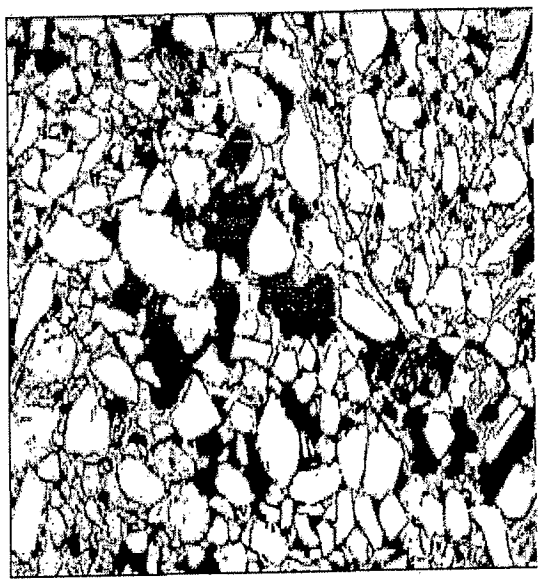
عنوان	صفحه
شکل (۸-۳)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک #۱۰۷۷۷	۸۵
شکل (۸-۴)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک #۱۰۷۷۷، یک نگاه نزدیکتر	۸۶
شکل (۸-۵)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک #۱۰۸۹۰	۸۶
شکل (۸-۶)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک #۱۰۸۹۱	۸۷
شکل (۸-۷)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک #۱۰۷۲۰	۸۷
شکل (۸-۸)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک #۱۰۷۲۰، یک نگاه نزدیکتر	۸۸
شکل (۸-۹)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای خاک #۱۱۵۳۹	۸۸
شکل (۸-۱۰)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای Rubicon loamy sand, Soil # 63 of Soil Vision	۸۹
شکل (۸-۱۱)- نتیجه منحنی مشخصه آب –خاک برای Rubicon loamy sand, Soil # 63 of Soil Vision، نگاه نزدیکتر	۹۰

مقدمه

با گذشت زمان روابط بسیاری برای خصوصیات مکانیکی وهیدرولیکی خاک ارائه شده اند که بسیاری از این روابط تجربی یا آزمایشگاهی می باشند؛ علاقه محققین علم مکانیک خاک به ارائه روابط تحلیلی برای رفتار خاک سبب گردیده است که مدل های گوناگونی برای خاک ارائه گردد. در این بین، دو دیدگاه پیوسته وگسسته وجود دارد. در حقیقت بسیاری از خصوصیات خاک باید با توجه به دیدگاه گسسته و با این نگاه که خاک محیطی متخلخل است مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین محققین بررسی های فراوانی جهت یافتن هندسه ای مناسب برای مدل نمودن خاک به عمل آوردند. پس از مندلبرات ریاضیدان فرانسوی هندسه فراکتالی به عنوان هندسه ای مناسب برای تهیه مدل های واقعی تر از پدیده های طبیعی مطرح گردید ومورد آزمایش واقع شد. در این بین مدل های فراکتالی برای مدلسازی خاک نیز پیشنهاد گردیدند؛ گرچه ادعای محققان برپایه ارائه مدلی متناسب با فیزیک وطبیعت مسئله وهمانا متخلخل بودن محیط بود ولی آنان نیز در بررسی های خود تنها به ارائه نسخه ای دیگر از روابط تجربی پرداختند وآنان نیز روش رگرسیونی(برازش) را در پیش گرفتند آن چنان که برای خاک مدل فراکتالی ساده ای ارائه نمودند مدلی که تنها پارامتر آن که به ساختار خاک مربوط می گردد، بعد فراکتالی می باشد. این بعد از طریق منطبق نمودن رابطه توانی بر نمودار اندازه-تعداد ذرات خاک به دست می آید. بدیهی است که ساختار محیط متخلخل مصنوعی که دارای بعد فراکتالی مشابه با محیط خاک می باشد با ساختار خاک تفاوت قابل ملاحظه ای خواهد داشت. از آن جا که حداقل باید بررسی کافی در جهت منطبق نمودن نمودار دانه بندی محیط فراکتالی با نمودار خاک واقعی صورت پذیرد، یک رگرسیون ساده به تنهایی کافی نمی باشد. در حقیقت مدل های مونوفراکتالی که تاکنون برای خاک ارائه شده اند، مدل های صددرصد مناسبی نمی باشند. در ادامه بحث نکته مهم تر در نحوه بهره گیری از نتایج مدل می باشد به جای اضافه نمودن پارامتر بعد فراکتالی به پارامترهایی که در روابط تجربی وجود دارند ویا ارائه نمودن یک توجیه فراکتالی برای وجود پارامترهای خاصی که در روابط تجربی وجود دارند می توان به بهره گیری از سایر خصوصیات مدل پرداخت. تحقیقات اندکی در تاریخچه این روش وجود دارند که به استفاده ازنتایج خروجی مدل فراکتالی پرداخته اند. مدل فراکتالی می تواند به عنوان یک پل ریاضی مناسب بین خصوصیات و مقادیر مرتبط با ذرات که به راحتی قابل اندازه گیری می باشند و خصوصیات و کمیات مرتبط با حفرات که اندازه گیری آن ها دشوارتر می باشد، استفاده گردد.

برای ورود به بحث ابتدا به این موضوع پرداخته می شود که هندسه فراکتالی چیست و مروری اجمالی بر کاربرد های هندسه فراکتالی در علوم خاک ارائه می گردد. سپس اصول تئوری تراوش مورد بحث قرار می گیرد و در ادامه پس از معرفی منحنی مشخصه آب –خاک، مروری

بر کارهای پیشینیان در زمینه استفاده از هندسه فراکتالی و تئوری تراوش هر یک به تنهایی در پیش بینی خصوصیات هیدرولیکی خاک از جمله منحنی مشخصه صورت می پـذیرد . در انتهـا روش این تحقیق- که در برگیرنده هردو روش می باشد- نوآوری های تحقیق ونتایج تحقیق و در انتها تحلیل نتایج وپیشنهادهائی برای تحقیقات آتی ارائه می گردد.



شکل(۱-۱)-پیکره خاک به عنوان یکی از نمونه های فراکتال در طبیعت

۱-۱-هدف

در این تحقیق با استفاده از اطلاعات پایه خاک همانند نمودار دانه بندی و نسبت تخلخل سـعی بر آن بوده است که مناسب ترین مدل فراکتالی- مدلی کـه بتوانـد معیـار هـای در نظـر گرفتـه (خصوصیات پایه خاک) شده را برآورده سازد- ساخته شود وبـا اسـتفاده از ایـن مـدل منحنـی مشخصه آب –خاک تهیه گردد.

۱-۲-اهمیت تحقیق

یافتن مدل هندسی مناسب که بتوان توسط آن تاثیرات آثار خارجی (نیروها، هوازدگی، فرسایش و...) را بر ریزساختار خاک ویا سنگ مدل نمود از آمال و آرزوهای محققان در طی سالیان بوده است. علاوه برآن تعیین برخی خصوصیات مکانیکی یا هیدرولیکی خا ک در آزمایشگاه مستلزم صرف ماه ها وقت می باشد. یکی از این موارد منحنی مشخصه آب- خاک می باشدکه برای تعیین آن با استفاده از پارامترهای اولیه خاک همانند دانه بندی که به آسانی از آنالیز دانه بندی وهیدرومتری به دست می آید، تلاش های فراوانی صورت پذیرفته است. تعدادی از محققین سعی نموده اند، با استفاده از هندسه فراکتالی به عنوان عاملی که اطلاعات دانه بندی ویا بافت خاک را به منحنی مشخصه آب – خاک مرتبط سازد، منحنی مشخصه آب –خاک را تعیین نمایند. بدیهی است که چنینی نگرشی برای سرعت بخشیدن به استفاده های عملی از منحنی مشخصه آب- خاک می تواند بسیار ثمربخش وپرکاربرد باشد چرا که در صورتی که چنین مدلی در اختیار کاربر باشد وی می تواند با تعیین پارامترهای پایه خاک از قبیل دانه بندی و... که به سرعت وسهولت از آزمایش های معمول هر آزمایشگاه مکانیک خاک به دست می آیند به تعیین منحنی مشخصه آب- خاک دست بزند.

در اختیار داشتن منحنی مشخصه آب – خاک در مهندسی ژئوتکنیک برای تعیین پارامترهای مکانیکی وهیدرولیکی خا کهای غیر اشباع، در مهندسی محیط زیست برای بررسی پخش آلودگی در آبهای زیرزمین و در مهندسی کشاورزی وزمین شناسی در بررسی خصوصیات ژئوهیدرولوژیکی منطقه مورد نظر مورد نیاز است.

همچنین لازم به ذکر است که شاخه ای نوین در مکانیک خاک توسط دکتر بولتن در دانشگاه کمبریج متولد شده است این شاخه نوین با نام ریز مکانیک یا (Micromechanics)در مجموعه فرضیات خود در برگیرنده فرض شکستن فراکتالی ذرات می باشد که اهمیت توجه به چنین مدل هایی را آشکار می سازد.

در مجموع با توجه به آنچه گفته شود می توان اهمیت پرداختن به چنین مدلسازی را از جنبه های مختلف دریافت.

۱-۳- روند تحقیق:

در این تحقیق پس از تهیه مناسب ترین مدل فراکتالی که بتواند معیارهایی همانند نسبت تخلخل ودانه بندی خاک را برآورده سازد، با استفاده از تکنیک های پردازش تصویر توزیع حفرات خاک تهیه می گردد، سپس با استفاده از مجموعه حفرات خاک، شبکه حفرات خاک تهیه می گردد ودرنهایت با اعمال تئوری تراوش در این شبکه منحنی مشخصه آب خاک، تهیه می گردد.

۲-مفاهیم هندسه فراکتالی

هندسه فراکتالی به مطالعه اجسامی می پردازد که مجموعه نقاط یا در یک نگاه کلی تر المان های سازنده این اجسام یک مجموعه فراکتالی است. همانند هندسه کلاسیک یا اقلیدسی بعد مجموعه نقاط نکته کلیدی ویکی از ابزارهای ایجاد افتراق بین اجسامی می باشد که باید با هندسه کلاسیک مورد مطالعه قرار گیرند با اجسامی که باید با هندسه فراکتالی نگریسته شوند. بنابر این بحث با نگاهی کیفی به مفهوم بعد و نیز به بعد فراکتالی آغاز می گردد.

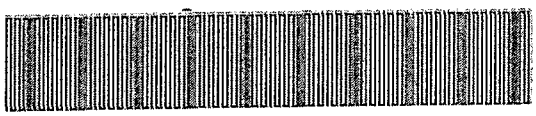
۲-۱- بعد فراکتالی، نگاهی شهودی (Intuitive View)

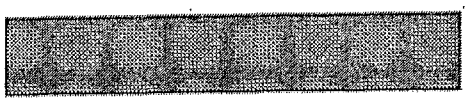
برای این که مفهوم بعد بیشتر درک گرددبه یک عملیات ساده هندسی با یک منحنی یک بعدی پرداخته می شود .

از آنچه از هندسه اقلیدسی دانسته است، منحنی روبرو بعد ۱ را داراست.

حال منحنی را تحت یک عملگر ریاضی قرار می دهیم تا مقداری بیشتر آن را خم نماید.

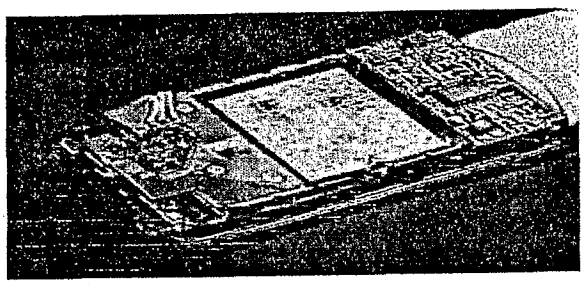
و این فرآیند را ادامه می دهیم تا یک صفحه را پر نماید.





از آنجا که ورودی فرایند یک جسم یک بعدی و خروجی فرآیند جسمی ۲ بعدی است و رفتار عملگر رفتار پیوسته ای بوده است، انتظارمی رود بعد اجسامی که درمراحل بینابین تولید شده

اند بعدی بین ۱ و ۲ باشد، یعنی بعداین اجسام عدد صحیح نمی باشد. اما کاربرد این هندسه در کجاست و دیدگاه عملی نسبت به آن چه می تواند باشد؟ پاسخ این سؤال در طی بررسی های مندلبرات، ریاضیدان وطبیعیدان فرانسوی به این صورت عرضه شده است: هندسه فراکتالی هندسه ای است که بسیار سازگار تر و درخورتر از هندسه اقلیدسی برای فرایندها واجسام طبیعی است. برای مثال اگر یک عکس هوایی از جنگلی که در حال سوختن است تهیه گردد و با روش شمارش جعبه ای(box counting) که در بخش های بعدی به آن اشاره می گردد، بعد خط- یا سطح(بسته به مورد) - آتش در جنگل محاسبه گردد. این بعد غیر صحیح و فراکتالی است. در عین حال محاسبه این بعد وتغییرات آن معیاری مناسب برای سرعت پیشرفت آتش در جنگل به دست می دهد. تغییرات بعد فراکتالی الگوی مکانی زلزله های اتفاق افتاده در طی ۱۰۰ سال می تواند معیاری مناسب برای فرکانس وقوع زلزله های آتی و چگونگی لرزه خیزی منطقه به دست دهد و نشانی برای پیشگویی درازمدت و حتی میان مدت زلزله های آینده باشد. بعد فراکتالی الگوی پخش شدن سرطان در بین سلول های بدن می تواند به عنوان معیاری از خوش خیم یا بدخیم بودن سرطان مطرح گردد. با توجه به مسیر جریان آب از میان حفرات خاک که عموما مسیری بسیار پیچیده وپر پیچ وخم است استفاده از مدلی فراکتالی برای سرعت عبور آب از خاک و نیز تعیین ضریب نفوذ پذیری خاک می تواند مطرح گردد. بعد فراکتالی مجموعه قطعات تشکیل دهنده سنگ می تواند معیاری برای مقاومت برشی آن به دست دهد و با توجه به پیچیدگی درزه سنگ ها که عموما نه یک سطح صاف بلکه دارای پیچ وتاب و ناهمگونی بسیار است می تواند برای محاسبه خواص مکانیکی درزه سنگ به کارگرفته شود. جدا از مدلسازی طبیعت، کاربرد این هندسه در صنایع پیشرفته نیز قابل ذکر است، چرا که صنعت همواره از طبیعت الهام گرفته و هندسه طبیعت نیز هندسه فراکتالی است. برای مثال محققان آرایه های فراکتالی رادرعلم ارتباطات و در آنتن ها به کار گرفته اند الگوی فرش سرپینسکی که به آن پرداخته خواهد شد، در این نوع آنتن ها به منظور فراهم آوردن کارایی بالاتر با تعداد کمتری المان استفاده شده است، شکل (۲-۱).



شکل (۲-۱)- استفاده از آرایه فراکتالی در آنتن ها

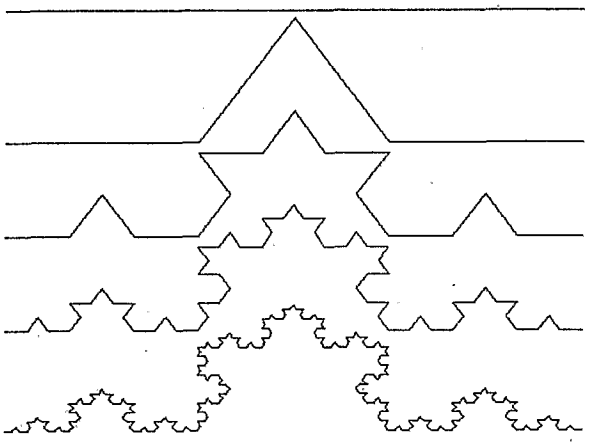
واژه فراکتال برای اولین بار توسط مندلبرات از ریشه لاتین فراکتوس به معنای شکسته شده برای این علم جدید برگرفته شده است و با توجه به مثالی که عرضه گردید وجه تسمیه آن برای

اجسامی که مجموعه پیچیده از الگوی های تکرار شونده را می سازند قابل دریافت است. مندلبرات در نظر داشت این مفهوم را القاء کند که فرایندهای زمانی، مکانی یا اجسامی که فراکتالی می باشند، ماهیتی پیوسته ولی غیر قابل تفکیک دارند یعنی هر تلاشی برای تفکیک این اجسام به اجسام ریزتر به مشاهده همان ساختار و با وضوح بیشتر منجر می گرددیعنی نوعی تکرارگونگی دریک یا چند المان مشخص یا یک الگو که این تکرار منجربه تولیدیک جسم یا پدیده ای پیچیده می شود.

برای این که در ابتدا این مفاهیم به خوبی دریافت گردد این بخش باسه مثال دیگر از مجموعه های فراکتالی کامل تر می گردد.

مثال ۱- منحنی کخ

این مثال از کتاب دکتر مندلبرات ، [Mandelbrot,1977]، انتخاب شده است و قبل از آن توسط فون کخ ریاضیدان آلمانی در ۱۹۰۴ تشریح شده است. یک پاره خط با طول واحد در نظر گرفته می شود. بعد از تقسیم نمودن پاره خط به سه بخش، قسمت میانی با دوبخش به طول $\frac{۱}{۳}$ جایگزین می شود، حال طول کل پاره خط $\frac{۴}{۳}$ می باشد. برای رسیدن به یک مجموعه فراکتالی فرد می تواند این کار را برای هریک از ۴ قطعه تکرارنماید با تکرار این فرایند به صورت نامحدود یک شی ء فراکتالی به دست می آید، شکل (۲-۲) .



شکل (۲-۲)- چگونگی تولید منحنی کخ، [Mandelbrot, 1977].