

دستورالعمل لایه بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

دستورالعمل لایه بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی

نشریه شماره ۱۵۳

معاونت امور فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

فهرست برگه

سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
دستورالعمل لایه‌بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی / معاونت امور فنی، دفتر تحقیقات و
معیارهای فنی؛ وزارت نیرو، [امور آب] -. تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی -
اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۵.
۵۵ص: مصور- (سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی؛ نشریه
شماره ۱۵۳) (انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۷۵/۰۰/۷۹)
مربوط به دستورالعمل شماره: ۱۳۸۸-۵۶/۵۶-۶۶۵۱/۱۰۲ مورخ ۱۳۷۵/۱۰/۸
کتابنامه: ص. ۵۵.

۱. خاک - بررسی - استانداردها. ۲. خاکشناسی. ۳. زهکشی - استانداردها. الف. ایران.
وزارت نیرو. امور آب. ب. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات.
ج. عنوان. د. فروست.

ش. ۱۵۳. ۲س/ ۳۶۸ TA

دستورالعمل لایه‌بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی

تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۵۰۰ نسخه، ۱۳۷۵

قیمت: ۳۵۰۰ ریال

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



شماره: ۱۰۲/۶۶۵۱/۵۶-۱۳۸۸	به: تمامی دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور
تاریخ: ۱۳۷۵/۱۰/۸	
موضوع: دستورالعمل لایه‌بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی	
به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی به پیوست نشریه شماره ۱۵۳ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی این سازمان با عنوان "دستورالعمل لایه‌بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی" از گروه دوم ابلاغ می‌گردد. تاریخ اجرای این دستورالعمل ۱۳۷۶/۱/۱ می‌باشد. شایسته است دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند. حمید میرزاده معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه	

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است. با توجه به مراتب فوق و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه (دفتر تحقیقات و معیارهای فنی) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبرتهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از بخش عمران آب مهندسین مشاور ره شهر، برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

زمستان ۱۳۷۵

ترکیب اعضای کمیته

اسامی اعضای کمیته فنی زهکشی (شماره ۳-۲) که در تهیه این دستورالعمل همکاری داشته‌اند به شرح زیر است :

آقای مجتبی اکرم	بانک کشاورزی	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
خانم بنفشه بهنام	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
آقای جواد پور صدرالله	کارشناس آزاد	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و آبادانی
آقای ماشاءالله خواجه پور	شرکت مهندسی آب و خاک کشور	فوق لیسانس مهندسی آبیاری
آقای ابراهیم شاه قاسمی	مهندسین مشاور تهران سحاب و عضو هیئت علمی دانشکده فنی دانشگاه تهران	دکترای مهندسی منابع آب و مهندسی بهداشت
آقای محمود شریعتمداری طالقانی	مهندسین مشاور آبخوان	دکترای مهندسی زراعی
آقای میراحمد میلانی	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	فوق لیسانس هیدرولیک و آبیاری

همچنین آقایان دکتر ابراهیم پذیرا، مهندس علی حقیقت طلب و مهندس احمد لطفی در جلسات نهایی کردن این استاندارد شرکت کرده و با تجربیات خود کمیته زهکشی را یاری نموده‌اند.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه
۲	۱- هدف و دامنه کاربرد
۲	۲- کلیات
۳	۳- بررسی لایه‌های خاک
۳	۳-۱ بافت خاک
۴	۳-۲ طبقه‌بندی بافت خاک
۵	۳-۳ تشخیص صحرایی بافت خاک
۱۰	۳-۴ ساختمان خاک
۱۲	۳-۵ رنگ خاک
۱۳	۳-۶ گچ
۱۴	۳-۷ آهک
۱۴	۳-۸ مقاومت خاک در مقابل حفاری
۱۵	۳-۹ پایداری خاک ؛ قوام خاک
۱۶	۳-۱۰ هدایت هیدرولیک
۱۷	۴- روش کار
۱۷	۴-۱ انتخاب محل
۱۹	۴-۲ عمق حفاری
۱۹	۴-۳ تراکم نقاط
۲۰	۴-۴ وسایل
۳۵	۴-۵ روش اجرای کار
۳۵	۵- مثال
۳۸	پیوست شماره ۱ - دیاگرام بافت خاک
۴۳	پیوست شماره ۲ - استفاده از دفترچه رنگ مانسل
۴۵	۶- منابع و مآخذ

فهرست جدولها

عنوان	صفحه
جدول ۱- حدود اندازه ذرات خاک	۳
جدول ۲- اندازه الک در استاندارد ASTM	۴
جدول ۳- تشخیص بافت خاک به روش لمسی	۷
جدول ۱- پیوست - مقادیر درصد ذرات خاک و میانگین و انحراف معیار آنها	۴۲

فهرست شکلها

شکل ۱- مثلث طبقه‌بندی بافت خاک	۴
شکل ۲- گروههای ساختمان خاک	۱۱
شکل ۳- شبکه نقاط برای مطالعات لایه‌بندی	۱۸
فرم ۱- کارت مشخصات نمونه خاک	۲۰
شکل ۴- آگر هلندی یا باز	۲۲
شکل ۵- آگر آمریکایی یا آگر بسته	۲۳
شکل ۶- آگر ماریچی	۲۴
شکل ۷- آگر باز	۲۵
شکل ۸- آگر نمونه‌برداری	۲۶
شکل ۹- آگر ماریچی نامتقارن	۲۶
شکل ۱۰- آگر با سر مته اراهی	۲۷
شکل ۱۱- آگر افقی	۲۸
شکل ۱۲- راهنمای تخمین درصد ذرات رنگدانه، گچ، آهک	۳۳
فرم شماره ۲- برگ ثبت اطلاعات لایه‌بندی	۳۴
فرم شماره ۲- برگ ثبت اطلاعات لایه‌بندی (مثال)	۳۷
شکل ۱- پیوست - دیاگرام جدید بافت خاک	۴۰
شکل ۲- پیوست - مثلث بافت خاک	۴۱

مقدمه

عملکرد سیستمهای زهکشی زیرزمینی مستقیماً به چگونگی جریان آب در محیط خاک بستگی دارد و خصوصیات کمی و کیفی و نحوه استقرار لایه‌ها در نیمرخ خاک یکی از مهمترین عوامل مؤثر در کارکرد زهکشها است. به همین دلیل بررسی نیمرخ خاک به منظور شناخت لایه‌ها و خصوصیات آنها به عنوان یکی از مهمترین و اساسی ترین مراحل مطالعات زهکشی مطرح است. مسلماً بدون شناخت کافی از ویژگیهای خاک، نمی توان از صحت مطالعات و طراحیها و نهایتاً عملکرد فنی و اقتصادی پروژه زهکشی اطمینان حاصل نمود.

از سوی دیگر، صرف نظر از اینکه مطالعات استاندارد خاکشناسی و طبقه بندی اراضی عموماً پاسخگوی همه نیازمندیهای مطرح در مطالعات زهکشی نیست، تنوع خاکها و ویژگیهای دشتهای، مسائل موجود در طبیعت، مطالعات صحرائی، فقدان دستورالعملهای مشخص برای انجام دادن مطالعات و نیز ناهماهنگیهای رایج در نحوه تنظیم گزارش مطالعات صحرائی، مکرراً سبب می شود تا کارشناسان در ارزیابی نتایج مطالعات با مشکل روبه رو گردند. عموماً این ناهماهنگیها در کمیت و تنوع اطلاعات و نحوه ارائه آن باعث می شود تا کارشناسان مختلف، استنباطهای یکسانی را به دست نیاورند.

به همین علت کمیته زهکشی در طرح استاندارد مهندسی آب تصمیم گرفت تا برای جلوگیری از مسائلی که در بالا به آنها اشاره شد، دستورالعمل لایه بندی خاک را تهیه نماید.

۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از تهیه این استاندارد، ارائه دستورالعمل لازم برای عملیات لایه‌بندی خاک^۱ در مطالعات زهکشی اراضی است.

لایه‌بندی خاک، عبارت است از بررسی و شناخت لایه‌های مختلف خاک از سطح زمین تا عمق لازم شامل: تعیین رنگ، بافت، میزان رطوبت، موقعیت سطح ایستابی و نوسانات فصلی آن با استفاده از رنگدانه‌ها، وجود مواد شیمیایی مهم از نظر هدایت هیدرولیک خاک، تعیین موقعیت لایه‌های متراکم خاک و غیره به منظور تعیین مشخصاتی که بر روی چگونگی ورود و حرکت آب در خاک تأثیر مهم و تعیین‌کننده دارد. به این ترتیب، علاوه بر اینکه برخی از خصوصیات مهم فیزیکی خاک مورد بررسی قرار می‌گیرد، تعدادی از ویژگیهای شیمیایی آن نیز مورد توجه واقع می‌شود. علاوه بر آن، با جمع‌بندی مطالعات لایه‌بندی می‌توان اطلاعاتی در خصوص نحوهٔ رسوبگذاری، سابقه نوسانات سطح ایستابی، شناخت لایه‌های با نفوذپذیری کم یا خیلی زیاد به دست آورد.

۲- کلیات

برش عمودی خاک، پروفیل یا نیمرخ خاک نامیده می‌شود. از نظر خاکشناسی نیمرخ خاک را می‌توان به لایه‌های تقریباً موازی با سطح خاک تقسیم نمود. شکل ظاهری نیمرخ خاک منعکس‌کننده تأثیر کلیه عوامل مختلف زاینده خاک است.

بررسیهایی که معمولاً در مطالعات متعارف خاکشناسی ارائه می‌شود، دارای ارزش محدود برای استفاده در مطالعات زهکشی است. به‌طورکلی می‌توان گفت که در مطالعات خاکشناسی، معمولاً از عکسهای هوایی، پوشش گیاهی، فیزیوگرافی و زمین‌شناسی سطحی زمین برای مشخص نمودن وضعیت اراضی، استفاده فراوان شده و با حفر چالهای آزمایشی به عمق ۱/۲ تا ۱/۵ متر، موارد مورد مطالعه به‌طور دقیقتر بررسی می‌شود؛ در حالی که در مطالعات زهکشی به بررسی لایه‌های عمیقتر خاک، به ویژه از لحاظ موقعیت لایه غیرقابل نفوذ یا لایه محدودکننده، زمین‌شناسی و هیدروپدولوژی^۲ که تأثیر آنها کمتر بر سیمای ظاهری سطوح فوقانی خاک منعکس است، توجه خاص مبذول می‌گردد. لازم به یادآوری است که در واقع برای متخصصان زهکشی، قابلیت انتقال آب در لایه‌های مختلف از اهمیت خاص برخوردار است.

1- Soil Logging

2- Hydropedology

۳- بررسی لایه‌های خاک

برای تعیین مشخصات مهم فیزیکی و به ویژه حرکت آب در لایه‌های مختلف خاک، مطالعاتی به شرح زیر در صحرا انجام می‌گیرد. ممکن است برای تکمیل و یا کنترل دقت برخی از آنها، این مطالعات برای تعدادی از نمونه‌ها در آزمایشگاه نیز دنبال شود:

۳-۱ بافت خاک

توزیع ذرات معدنی خاک را از نظر اندازه و میزان نسبی هریک از آنها، بافت خاک می‌نامند. بافت خاک را به روشهای صحرایی و آزمایشگاهی می‌توان تعیین نمود. گروه‌بندی‌هایی که برای ذرات خاک تاکنون انجام گرفته، متفاوت است ولی از بین همه، گروه‌بندی وزارت کشاورزی آمریکا در مطالعات خاکشناسی زراعی کاربرد بیشتری دارد. لازم به یادآوری است که این گروه‌بندی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب در ایران نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. حدود اندازه ذرات خاک در این گروه‌بندی به شرح جدول ۱ است.

۳۲۱

جدول ۱- حدود اندازه ذرات خاک

خاک	حدود قطر ذرات میلی‌متر
ماسه ^۱	۰/۰۵ - ۲
سیلت ^۲ (لای)	۰/۰۰۲ - ۰/۰۵
رس ^۳	کوچکتر از ۰/۰۰۲

ذراتی که قطر آنها از ۷/۵ سانتیمتر بزرگتر باشد قلوه سنگ^۴ و چنانچه بین ۷/۵ سانتیمتر تا ۲ میلیمتر باشد شن^۵ نامیده می‌شود. به ذرات کوچکتر از ۲ میلیمتر خاک گفته می‌شود.

برای تعیین دانه‌بندی ذرات بزرگتر از ۰/۰۶۳ میلیمتر از روش الک^۶ (نک. استاندارد شماره ۱۶-الف تحت عنوان "راهنمای آزمایش الک برای دانه‌بندی ماسه") و برای ذرات کوچکتر از آن معمولاً از روش هیدرومتری^۷ (نک. استاندارد شماره ۷۲-الف تحت عنوان "راهنمای آزمایش هیدرومتری برای دانه‌بندی لای و رس") استفاده می‌گردد. جدول ۲ اندازه الکهای مورد استفاده در استاندارد ASTM^۸ را نشان می‌دهد.

1- Sand

2- Silt

3- Clay

4- Cobbles

5- Gravel

6- Sieve Method

7- Hydrometric or Pipet Method

8- American Society of Testing Materials

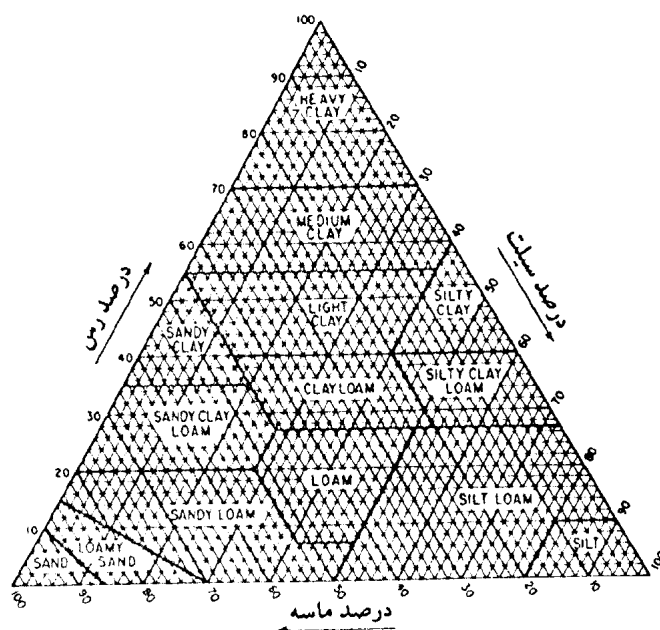
جدول ۲- اندازه الک در استاندارد ASTM

ردیف	شماره الک	قطر روزنه میلیمتر
۱	۵	۴/۰
۲	۱۰	۲/۰
۳	۱۸	۱/۰
۴	۳۵	۰/۵۰
۵	۶۰	۰/۲۵
۶	۱۲۰	۰/۱۲۵
۷	۲۳۰	۰/۰۶۳

به طور کلی رابطه‌ای بین بافت، ساختمان و هدایت هیدرولیک خاک وجود دارد. در شرایط متعارف (و نه همواره) در خاکهای سنگین بافت هدایت هیدرولیک خاک در مقایسه با خاکهای با بافت متوسط و سبک کمتر است.

۲-۳ طبقه‌بندی بافت خاک

میزان نسبی ذرات ماسه، سیلت و رس موجود در خاک، بافت آن را مشخص می‌سازد. شکل ۱ مثلث طبقه‌بندی بافت خاک را نشان می‌دهد. در عمل به مجموع ذراتی که از نظر قطر، در یکی از طبقات قرار می‌گیرند، یک نام توصیفی داده می‌شود.



شکل ۱- مثلث طبقه‌بندی بافت خاک

برخی از بافتهای خاک که از لحاظ سرعت نفوذ آب به خاک، برنامه ریزی زراعی و حفاظت خاک به یکدیگر نزدیک هستند، در یک گروه بندی کلی قرار می گیرند که در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

در سال ۱۹۸۴، اصلاحاتی بر روی مثلث دانه بندی با استفاده از دو پارامتر میانگین هندسی اندازه ذرات و انحراف معیار هندسی آنها به وجود آمده است. برای اطلاع بیشتر در این مورد می توان به پیوست شماره ۱ مراجعه نمود.

یکی از نتایج عملیات لایه بندی در مطالعات صحرایی زهکشی، تخمین سرعت حرکت آب در داخل لایه های خاک به منظور تشخیص لایه محدود کننده است. حرکت آب در خاک، تابع فرم منافذ خاک و طبیعت سطح ذرات خاک است. بنابراین میزان هدایت هیدرولیک خاک با بافت، ساختمان و تراکم ذرات خاک تغییر می یابد.

برای رسوبات ماسه ای که مخلوط رس و سیلت آن کمتر از ۶ درصد است، می توان هدایت هیدرولیک را براساس توزیع اندازه ذرات خاک به طور سریع و قابل اطمینانی تخمین زد. برای خاکهایی با بافت سنگین و متوسط، فاکتورها و عوامل دیگری که به ابعاد ذرات خاک ارتباطی ندارند و تأثیر آنها معمولاً مهمتر از اندازه ذرات است، مدنظر قرار می گیرند. از جمله این عوامل، می توان به ساختمان خاک، درصد مواد آلی، میزان کلسیم و سدیم، نوع کانی رس (متورم و غیر متورم شونده) اشاره کرد. این فاکتورها در هدایت هیدرولیک نقش با اهمیتتری نسبت به بافت خاک دارند.

به طور مثال در یک خاک لوم رسی با ESP بالا و کانی رس متورم شونده، هدایت هیدرولیک ممکن است تا حدود ۱۰۰۰ برابر کمتر از خاکی با همین بافت، ولی با ESP ناچیز و ساختمان مناسب باشد.

۳-۳ تشخیص صحرایی بافت خاک

برای تشخیص صحرایی بافت خاک توصیه می شود که از روش بین المللی طبقه بندی بافت خاک^۱ (لمسی) استفاده گردد. در این روش خاکها به ۱۴ گروه تقسیم می شوند. برای تشخیص بافت خاک به ترتیب زیر عمل می گردد:

- ۱-۳-۳ خردشوندگی کلوخه خاک در حالت خشک و پایداری^۲ آن در حالت تر مورد بررسی قرار می گیرد.
- ۲-۳-۳ گلوله گلی نسبتاً محکمی با آب ساخته می شود (از آب زیاد نباید استفاده نمود).
- ۳-۳-۳ گلوله بین شست و انگشت نشانه با فشار زیاد مالش داده می شود.
- ۴-۳-۳ به زبری و درشتی ذرات خاک که در اثر وجود ماسه پیش می آید توجه می گردد.
- ۵-۳-۳ شست و انگشتان در حالی که گلوله گلی در میان آنها قرار دارد از یکدیگر جدا می شود و به میزان

1- International Method of Soil Classification

2- Consistency

چسبندگی آن که ناشی از وجود ذرات رس است توجه می‌شود.

۶-۳-۳ گلوله گلی را با کمی آب مرطوب تر می‌کنیم و سپس بین کف دو دست مالش می‌دهیم، به طوری که به صورت لوله درآید. لوله گلی بین انگشتان شست و نشانه با فشار کمی به نوار تبدیل می‌گردد. خاکهای سنگین نوارهای طولانی و خاکهای سبک نوارهای کوتاه ایجاد می‌نمایند.

۷-۳-۳ خاک مرطوب با حرکت طولانی بین شست و انگشتان مالش داده می‌شود:

- رس، سطحی لیز و نرم روی شست و انگشتان به جای می‌گذارد.

- سیلت، احساس نرمی و لطافت شبیه مخمل ایجاد می‌کند.

- ماسه، موجب احساس زبری و درشتی می‌گردد.

برای اطمینان بیشتر از صحت تشخیص بافت خاک به روش لمسی توصیه می‌گردد که تعدادی از نمونه‌ها (حداکثر ۱۰ درصد) به آزمایشگاه ارسال شود تا مأموران صحرایی بتوانند نسبت به دقت و صحت تشخیص خود اطمینان یابند.

جدول ۳ روش لمسی تعیین بافت خاک را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۳- تشخیص بافت خاک به روش لمسی

بافت	حدود تقریبی درصد ذرات تشکیل دهنده			پایداری در حالات خشک و تر	نواری شدن	احساس در مالش بین انگشتان در حالت تر
	Sand	Silt	Clay			
خیلی سنگین	۵	۱۵	۸۰	خاکی است با بافت ریز، در حالت خشک کلوخه‌های محکمی را تشکیل می‌دهد که فقط می‌توان آن را با دست شکست و با کمک شست و انگشتان شکسته نمی‌شود. در حالت تر نیاز به فشار نسبتاً زیادی است تا بتوان گلوله‌گلی را تغییر شکل داد.	نوار بلند و قابل ارتجاعی در حالت تر تشکیل می‌دهد، اما برای این کار به فشار زیادی احتیاج است.	هنگامی که با فشار زیاد بین شست و انگشتان با حرکتی طولانی مالیده شود، سطحی لیز و نرم روی شست و انگشتان به جای می‌گذارد. پس از آن هرگاه انگشتان به یکدیگر فشرده شوند، چسبندگی رس مانع جدا شدن آنها می‌گردد.
سنگین	رس Clay	۲۰	۵۰	مانند حالت فوق، ولی با شدت کمتر	نوار بلند و انعطاف‌پذیری تشکیل می‌شود.	مانند حالت فوق، ولی با شدت کمتر
	رس سیلتی Silty Clay	۵	۴۵			حالت نرم مخملی دارد، اما به هنگام مالش به انگشتان می‌چسبد.
	رس ماسه‌ای Sandy Clay	۵۰	۴۰			سطح لیز و نرمی بر روی انگشتان باقی می‌گذارد، اما دانه‌های ماسه در آن قابل احساس و دیدن است.
نسبتاً سنگین	لوم رسی Clay Loam	۳۳	۳۳	خاکی است با بافت ریز در حالت خشک، معمولاً به صورت کلوخه‌های سختی تکه‌تکه می‌شود که می‌توان آن را بدون مشکل با دست شکست، اما با کمک انگشتان به ندرت قابل شکسته شدن است. هرگاه در حالت مرطوب فشرده شود، شکل می‌گیرد که بدون خطر از هم پاشیدگی قابل جابه‌جاشدن است، اما با فشار متوسط تغییر شکل می‌دهد. با ورزدادن می‌توان با آن به صورت توده متراکم سنگینی کار کرد.	نوار نازکی تشکیل می‌گردد که پس از رسیدن به ۲ تا ۴ سانتیمتری بر اثر وزن خود می‌شکند.	هنگامی که فشرده شود به انگشتان می‌چسبد و اگر بخواهیم آن را رها سازیم تا حدودی کش می‌آید و پس از آن پاره می‌شود.

ادامه جدول شماره ۳- تشخیص بافت خاک به روش لمسی

بافت	حدود تقریبی درصد ذرات تشکیل دهنده			پایداری در حالات خشک و تر	نواری شدن	احساس در مالش بین انگشتان در حالت تر
	Sand	Silt	Clay			
نسبتاً سنگین	لوم رسی سیلتی Silty Clay Loam	۱۰	۵۵	۳۵	مانند حالت فوق	بین انگشتان نرمی و لطافتی شبیه مخمل احساس می شود.
	لوم رسی ماسه‌ای Sandy Clay Loam	۶۰	۱۵	۲۵	مانند حالت فوق ولی، با شدت کمتر علی‌رغم وجود ماسه زیاد نوار تشکیل می‌شود، ولی به آسانی در اثر فشار بین انگشتان می‌شکنند.	حالت چسبیده دارد و در عین حال ذرات تک دانه آن قابل دیدن و احساس است.
متوسط	لوم Loam	۴۰	۴۰	۲۰	فقط می‌توان نوار نسبتاً ضخیمی را با آن درست کرد،	یکدست ولی کمی خشن به نظر می‌آید، اما با وجود این هنوز نرم است. بر اثر فشار بین انگشتان کمی لیز می‌خورد.
	لوم سیلتی	۲۰	۶۵	۱۵	دارای خصوصیتی شبیه حالت فوق، ولی پایداری آن کمتر است. در حالت خشک غالباً سله می‌بندد و در اثر فشار و مالش به شکل پودر در می‌آید. در حالت مرطوب به گلی نرم تبدیل می‌شود که این اثر، مشخصه سیلت است.	نرم و لطیف و مانند مخمل است. تک دانه‌های سیلت به اندازه‌ای کوچکند که با دست قابل تشخیص نیستند، اما خشونت آنها را می‌توان در زیر دندان احساس نمود. هرگاه بین شست و انگشت فشرده شود به هر دو می‌چسبد، ولی هنگام جدا کردن انگشتان کمی کش آمده و از آنها جدامی شود و تقریباً آثاری از خود بر روی انگشتان باقی نمی‌گذارد.

ادامه جدول شماره ۳- تشخیص بافت خاک به روش لمسی

بافت	حدود تقریبی درصد ذرات تشکیل دهنده			پایداری در حالات خشک و تر	نواری شدن	احساس در مالش بین انگشتان در حالت تر
	Sand	Silt	Clay			
نسبتاً سبک	لوم ماسه‌ای Sandy Loam و لوم ماسه‌ای ریز Fine Sandy Loam	۶۰	۳۰	۱۰	نواری نمی‌شود.	تک دانه‌های ماسه به آسانی قابل دیدن و احساس است. با وجود این، علی‌رغم اینکه درصد ماسه آن زیاد است، اما به اندازه کافی رس نیز داراست، که خاک تحت فشار بین شست و انگشتان بچسبند. به هنگام جداکردن انگشتان از یکدیگر، بدون کش آمدن جدا می‌شود و تقریباً آثاری از خود بر روی انگشتان باقی نمی‌گذارد.
سبک	ماسه ریز لومی Loamy Fine Sand و ماسه لومی Loamy Sand	۸۰	۱۵	۵		تک دانه‌ها به آسانی قابل دیدن و احساس است و وقتی که فشار از روی آن برداشته شود، عملاً هیچ ذره‌ای به انگشتان نمی‌چسبد.
خیلی سبک	ماسه Sand و ماسه درشت Coarse Sand	۸۵	۱۰	۵		مانند حالت فوق، ولی با شدت بیشتر
				در حالت خشک، توده خاک با فشار نسبتاً کمی به شکل پودر و یا تک دانه در می‌آید. در حالت مرطوب تحت اثر فشار ملایم، خرد و له می‌شود، اما ذرات بر اثر فشار به یکدیگر می‌چسبند.		
				در حالت خشک، حتی علی‌رغم وجود فشار، ذرات خاک از یکدیگر جدا می‌شود. در حالت مرطوب، گلوله ضعیفی تشکیل می‌گردد که به محض لمس از هم پاشیده می‌شود.		

۴-۳ ساختمان خاک

طرز قرارگرفتن ذرات خاک شامل: ماسه، سیلت و رس در یک فضای سه بعدی، ساختمان خاک را تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر، از به هم چسبیدن این ذرات به وسیله کلوئیدها، خاکدانه‌های ریز به وجود می‌آیند. این خاکدانه‌ها به نوبه خود در یک واحد بزرگتر تجمع می‌یابند و ساختمان خاک را تشکیل می‌دهند. در شرایطی که توده خاک فاقد نظام ساختمانی مشخص و شکل هندسی منظم باشد و تداوم و پیوستگی خلل و فرج خاکدانه‌ها از بین برود، خاک را بدون ساختمان و یا با ساختمان توده‌ای^۱ می‌گویند.

ساختمان خاک در چهارگروه کلی براساس نسبت طول محورهای عمودی به افقی و انحناهای لبه‌های آن از یکدیگر متمایز می‌شود و به شرح زیر طبقه‌بندی می‌گردد (شکل ۲):

۱-۴-۳ ساختمان ورقه‌ای^۲

در این ساختمان، بعد افقی خاکدانه بزرگتر از بعد عمودی آن است و طرز قرارگرفتن خاکدانه‌ها به صورت افقی (خواهید) حالت غالب دارد. اندازه هر واحد ساختمانی آن عمدتاً بین ۲ تا ۱۰ میلیمتر متغیر است. در این ساختمان، حرکت عمودی آب در خاک به سختی انجام می‌گیرد و مشکلاتی از نظر تهویه و نفوذ ریشه در خاک به وجود می‌آید.

۲-۴-۳ ساختمان منشوری^۳

در این ساختمان، خاکدانه‌ها به صورت عمودی و طویل و شبیه به منشورند. در حالتی که منشورها در گوشه‌ها گرد باشند، ساختمان خاک را ستونی^۴ می‌نامند. اندازه هر واحد ساختمانی آن عموماً بین ۲۰ تا ۵۵ میلیمتر متغیر است.

۳-۴-۳ ساختمان مکعبی^۵

در این ساختمان ابعاد افقی و عمودی خاکدانه‌ها تقریباً در یک حدودند. اندازه هر واحد ساختمانی آن عموماً بین ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر متغیر است. این ساختمان خود به دو نوع مکعبی گوشه‌دار^۶ و مکعبی بدون گوشه^۷ تقسیم می‌شود، که در اولی رویه‌ها صاف و لبه‌ها تیز و در دومی رویه‌ها مخلوطی از سطوح صاف و گرد است و برخی از لبه‌ها نیز گرد شده‌اند.

1- Massive

2- Platy

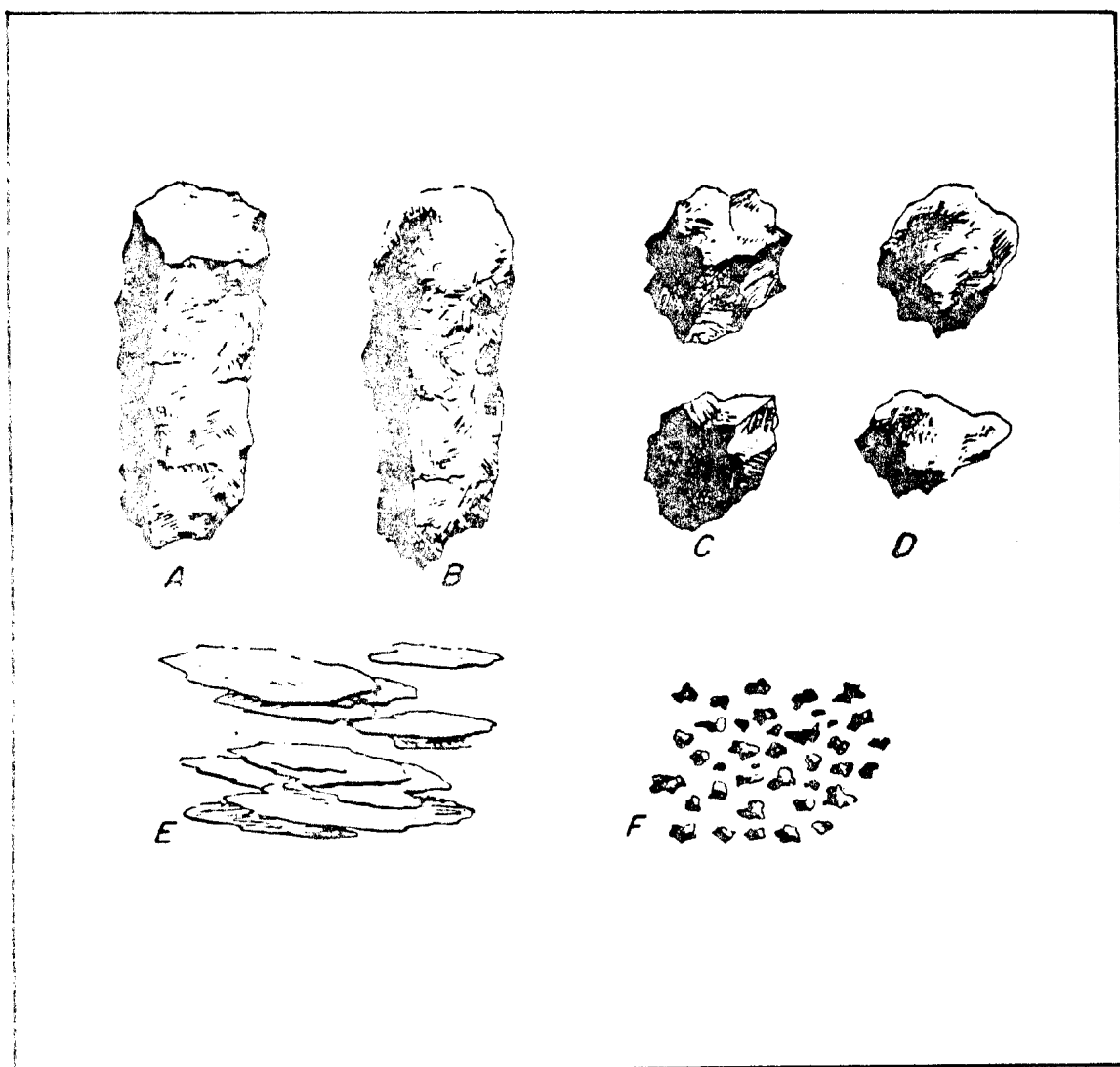
3- Prismatic

4- Columnar

5- Blocky

6- Angular Blocky

7- Sub-angular Blocky



شکل ۲- گروه‌های ساختمان خاک

A - منشوری

B - ستونی

C - مکعبی گوشه‌دار

D - مکعبی بدون گوشه

E - ورقه‌ای

F - دانه‌ای

۴-۴-۳ ساختمان دانه‌ای^۱

در این ساختمان خاکدانه‌ها کم و بیش کروی و از حیث اندازه و شکل یکنواخت‌اند. چنانچه این ساختمان دارای خلل و فرج بیشتر و اندازه و شکل آن نامنظم‌تر باشد، به آن ساختمان اسفنجی^۲ گفته می‌شود. اندازه هر واحد ساختمانی آن عموماً بین ۲ تا ۵ میلیمتر متغیر است.

۵-۳ رنگ خاک

رنگ خاک از عمده‌ترین مشخصاتی است که در مطالعات لایه‌بندی به آسانی قابل بررسی است. وقتی رنگ خاک به همراه بافت، ساختمان، رطوبت، پایداری و مقاومت در مقابل حفاری مورد مطالعه قرار گیرد، اطلاعات زیادی از لحاظ شرایط فیزیکی خاک به دست می‌دهد.

رنگ خاک تابعی از طبیعت سنگ مادر، مسائل و مشکلات زهکشی و نیز درجه حرارت متداول محیط خاک است. در خاکهایی که به خوبی تهویه می‌شوند (غیرمستغرق)، رنگ خاک عموماً قهوه‌ای تیره است. در چنین شرایطی چنانچه مواد آلی (هوموس) خاک زیاد باشد، خاک به رنگ کاملاً سیاه درمی‌آید و در صورتی که ترکیبات کم و بیش هیدراته آهن در آن وجود داشته باشد، به رنگ زرد مایل به قرمز درمی‌آید. در خاکهای مستغرق دائم، رنگ خاک خاکستری مایل به سبز است که این امر به علت احیای آهن سه ظرفیتی و تبدیل آن به آهن دو ظرفیتی است. این حالت، گلی^۳ نامیده می‌شود.

در شرایطی که سطح آب زیرزمینی دارای نوسان باشد (استغراق موقت)، خاک عموماً دارای رنگدانه^۴ است. رنگدانه‌ها معمولاً به صورت لکه‌های قرمز، زرد و یا به رنگ دیگر بر اثر اکسیداسیون مواد بعد از احیا در یک رژیم نوسانی سطح آب زیرزمینی به وجود می‌آیند. عامل مهم و مشخص دیگری که ممکن است تعیین‌کننده شرایط استغراق موقت خاک باشد، رنگ خاک در حوالی ریشه‌هاست. وقتی رنگ خاک منفذهای حاوی ریشه‌های زنده، روشتتر از خاک اطراف باشد (مثلاً در خاکهای قهوه‌ای رنگ منفذهای ریشه‌های زنده به طور کلی خاکستری و یا سبز است) یا خاک منفذهای ریشه‌های مرده، زرد مایل به قهوه‌ای و قهوه‌ای باشد، این مشخصات را می‌توان معرف قطع تهویه خاک به حساب آورد.

بر اثر احیای فعال آهن، خاک به رنگ خاکستری درمی‌آید. خاصیت اختصاصی گلی این است که اگر در مقابل هوا

1- Granular

2- Crumb

3- Gley

4- Mottling

قرار گیرد به سرعت به رنگ قهوه‌ای تغییر می‌یابد. از این جهت ضروری است که تشخیص رنگ این لایه‌ها بلافاصله پس از بیرون آوردن نمونه‌ها انجام گیرد.

خاکهای گلی در دوره‌های کوتاه مدت غرقابی شدن خاک، مثلاً چند هفته و یا در درجه حرارت پایین تشکیل نمی‌گردند و مثل هر واکنش شیمیایی دیگر احتیاج به زمان دارند. بنابراین مشاهده نکردن پدیده گلی را در لایه‌های خاک، نباید بر عدم استغراق خاکهای محل تعبیر نمود. از طرف دیگر رنگدانه‌ها حتی در خاکهایی که زهکشی شده‌اند، ممکن است مدت‌ها باقی بمانند. بامشاهده رنگدانه‌ها، مشکل است قدمت آن را تشخیص داد، ولی به هر صورت اگر رنگدانه‌ها در نیمرخ خاک دیده شوند، توصیه می‌گردد که حفر چاهک تا رسیدن به آب زیرزمینی ادامه یابد.

وجود رنگدانه‌ها به ویژه منگنز سیاه سخت شده، می‌تواند معرف وجود سطح ایستابی معلق^۱ و موقت در لایه مربوطه باشد که مبین وجود لایه محدودکننده در زیر این لایه است. همچنین افزایش شوری در لایه‌های خاک از عمق به سطح در اقلیمهای خشک و نیمه خشک و در زمینهایی که آبیاری نمی‌شوند، دلیلی بر بالابودن سطح ایستابی است.

در عملیات لایه‌بندی عموماً رنگ خاک به صورت کیفی و براساس ملاحظات عینی و تجربی مشخص می‌گردد و استفاده از دفترچه رنگ مانسل ضرورت ندارد. توضیحات بیشتر در مورد دفترچه رنگ مانسل در پیوست شماره ۲ ارائه شده است.

۳-۶ گچ

گچ یا سولفات کلسیم آبدار ($\text{So}_4 \text{ Ca}, 2\text{H}_2\text{O}$) نمکی است با حلالیت کم (حدود ۱/۹ گرم در لیتر) که معمولاً بالابودن مقدار آن از لحاظ فیزیولوژی صدمه‌ای به گیاه نمی‌زند. خاکهای مناطق خشک عموماً میزان قابل توجهی گچ دارند که در اثر تبخیر آبهای زیرزمینی در خاک تجمع می‌یابد. گچ در خاک به صورتهای پودر، رشته‌ای و غالباً در تراکم زیاد به شکل بلور و به رنگ سفید یا بیرنگ دیده می‌شود و افزایش مایع اسیدی بر روی آن موجب جوشش نمی‌گردد.

وجود گچ در خاک به علت تأثیرات آن در ایجاد خاکدانه‌ها و ساختمان خاک اغلب باعث می‌شود که حرکت آب در خاک به راحتی انجام شود، ولی در شرایطی که گچ به مقدار بسیار زیادی در خاک وجود داشته باشد، لایه سخت و سیمانی‌شده‌ای^۲ از این ماده به وجود می‌آید که می‌تواند از عبور آب و حتی هوا و ریشه گیاهان جلوگیری نماید.

1- Perched Water Table

2- Gypsic Horizon

در صورتی که اندازه بلورهای گچ، متوسط یا درشت باشد با چشم غیر مسلح دیده می شود، ولی اگر ریز و خیلی ریز باشند می توان با کمک ذره بین با بزرگ نمایی ۱۰ برابر آن را تشخیص داد. در این حالت بلورهای گچ مانند دانه های شکر مشاهده می شود.

۷-۳ آهک

آهک یا کربنات کلسیم نمکی است با حلالیت بسیار کم (۱۳٪ گرم در لیتر) و به همین علت برای اکثر گیاهان صدمه ای به همراه ندارد. کربنات کلسیم در مجاورت گاز کربنیک به بیکربنات کلسیم تبدیل می شود، که در این حالت حلالیت آن حدود ۱۰ برابر افزایش می یابد.

آبهای سطحی و زیرزمینی به میزان قابل توجهی بیکربنات کلسیم محلول دارد و رسوبات حاصل از رودخانه ها همیشه حاوی مقدار زیادی کربنات کلسیم است. اگر سطح آب زیرزمینی بالا باشد، بر اثر تبخیر مقداری از کربنات کلسیم در لایه های سطحی خاک رسوب می کند.

تشخیص آهک در خاک به راحتی امکان پذیر است. آهک در خاک معمولاً به صورتهای رشته، دانه و یا پودر به رنگ سفید دیده می شود و افزایش مایع اسیدی بر روی آن موجب خروج گاز کربنیک و جوشش آن می شود. به این ترتیب می توان آهک را از گچ تشخیص داد.

۸-۳ مقاومت خاک در مقابل حفاری

مقاومت خاک نتیجه عکس العمل خاک در مقابل فشار مکانیکی است. این مقاومت تابع رطوبت خاک و در شرایط خشک، مرطوب، خیس و اشباع متفاوت است.

مقاومت خاک می تواند در بررسیهای صحرایی اطلاعات خوبی از نظر بافت، ساختمان و نفوذپذیری در اختیار مطالعه کننده قرار دهد. این عامل توسط مقاومت سنج^۱ قابل اندازه گیری است یا با توجه به سرعت حفاری و یا عکس العمل در مقابل حرکت آگر در خاک به صورت کیفی قابل توصیف است. از آنجاکه حفاری با دست و با مته های مختلف در شرایط متفاوت صورت می گیرد، تعیین کمی مقاومت امکان پذیر نیست و در نتیجه به شکل توصیفی بیان می گردد. درجات توصیفی مقاومت در مقابل حفاری معمولاً به صورت "کم"، "متوسط"، "زیاد" و "غیرقابل حفاری با دست" بیان می شود. در نتیجه مقاومت در مقابل حفاری بهتر است به همراه دیگر عوامل قابل اندازه گیری مورد توجه قرار گیرد.

1- Penetrometer

۹-۳ پایداری خاک؛ قوام خاک

خاصیت چسبندگی ذرات خاک یا مقاومت آنها در مقابل تغییر شکل و گسستگی را پایداری خاک می‌نامند. این خاصیت با میزان رطوبت موجود در خاک تغییر می‌کند که در حالت‌های خشک، مرطوب و خیس به شرح زیر تعیین می‌گردد:

۱-۹-۳ پایداری در حالت خشک^۱

- سست^۲ (Lo): در برابر فشار هیچگونه مقاومتی ندارد مانند شن و ماسه.
- نرم^۳ (So): به آسانی و در برابر فشار جزئی به صورت پودر و تکه‌دانه در می‌آید.
- کمی سخت^۴ (SH): در بین انگشتان شست و سبابه به آسانی شکسته می‌شود.
- سخت^۵ (H): با دست‌ها به آسانی، ولی با انگشتان شست و سبابه به سختی شکسته می‌شود.
- خیلی سخت^۶ (VH): با فشار دست‌ها به سختی شکسته می‌شود.
- فوق‌العاده سخت^۷ (EH): با فشار دست‌ها شکسته نمی‌شود.

۲-۹-۳ پایداری در حالت مرطوب^۸

- سست (Lo): در برابر فشار هیچگونه مقاومتی ندارد مانند شن و ماسه.
- خیلی شکننده^۹ (VFr): در برابر فشار جزئی خرد می‌شود، لیکن با فشار جزئی نیز بهم می‌چسبد.
- شکننده^{۱۰} (Fr): در بین انگشتان شست و سبابه با فشار کم تا نسبتاً زیاد به آسانی خرد می‌شود.
- سفت^{۱۱} (Fi): در بین انگشتان شست و سبابه با فشار نسبتاً زیاد خرد می‌شود و مقاومت آن محسوس است.
- خیلی سفت^{۱۲} (VFi): با فشار زیاد شکسته می‌شود و به ندرت ممکن است در بین انگشتان شست و سبابه خرد شود.
- فوق‌العاده سفت^{۱۳} (EFi): با فشار خیلی زیاد خرد می‌شود، ولی با فشار انگشتان شست و سبابه خرد نمی‌شود.

1- Dry Consistency

2- Loose

3- Soft

4- Slightly Hard

5- Hard

6- Very Hard

7- Extremely Hard

8- Moist Consistency

9- Very Friable

10- Friable

11- Firm

12- Very Firm

13- Extremely Firm

۳-۹-۳ پایداری در حالت خیس^۱

پایداری خاک در حالت خیس با دو معیار چسبندگی^۲ و شکل پذیری^۳ به شرح زیر تعیین می‌گردد:

۱-۳-۹-۳ چسبندگی

نمونه خاک خیس بین انگشتان شست و سیبانه فشار داده می‌شود و چسبندگی آن به انگشتان دست به شرح زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

- بدون چسبندگی^۴ (NS): بر اثر فشار، خاک به انگشتان می‌چسبد، ولی پس از برداشتن فشار، انگشت تمیز باقی می‌ماند و خاک به میزان قابل ملاحظه‌ای کش نمی‌آید.
- چسبنده^۵ (S): بر اثر فشار، خاک به انگشتان می‌چسبد، ولی کش آمدن آن نسبتاً زیاد است.
- خیلی چسبنده^۶ (VS): بر اثر فشار، چسبندگی خاک به انگشتان خیلی زیاد و کش آمدن نمونه نیز زیاد است.

۲-۳-۹-۳ شکل پذیری

این خاصیت، لوله شدن نمونه خاک را بر اثر مالش بین انگشتان شست و سیبانه به شرح زیر نشان می‌دهد:

- شکل ناپذیر^۷ (NP): لوله تشکیل نمی‌شود مانند ماسه.
- کمی شکل پذیر^۸ (SP): لوله تشکیل می‌شود، ولی به آسانی تغییر شکل می‌دهد.
- شکل پذیر^۹ (P): لوله تشکیل می‌شود، ولی با فشار نسبتاً زیاد تغییر شکل می‌دهد.
- خیلی شکل پذیر^{۱۰} (VP): لوله تشکیل می‌شود، ولی فشار زیادی برای تغییر شکل آن لازم است.

۱۰-۳ هدایت هیدرولیک

توصیه می‌شود در مطالعات صحرایی مقدار هدایت هیدرولیک هر لایه براساس کلیه پارامترهای مؤثر تخمین زده شود. سپس این تخمین برپایه نتایج اندازه‌گیریهای هدایت هیدرولیک^{۱۱} در آن نقطه و یا نقاط مشابه منطقه تعدیل گردد.

1- Wet Consistency

2- Stickness

3- Plasticity

4- Non Sticky

5- Slightly Sticky

6- Very Sticky

7- Non Plastic

8- Slightly Plastic

9- Plastic

10- Very Plastic

۱۱- دستورالعمل اندازه‌گیری هدایت هیدرولیک خاک در استاندارد شماره ۱۳۰-الف تدوین و منتشر گردیده است.

طبقه‌بندی هدایت هیدرولیک براساس روش SCS به شرح زیر است :

- آهسته (S): کمتر از 0.12 متر در روز
- نسبتاً آهسته (MS): 0.12 تا 0.50 متر در روز
- متوسط (M): 0.5 تا 1.50 متر در روز
- نسبتاً سریع (MR): 1.50 تا 3.00 متر در روز
- سریع (R): بیش از 3 متر در روز

۴- روش کار

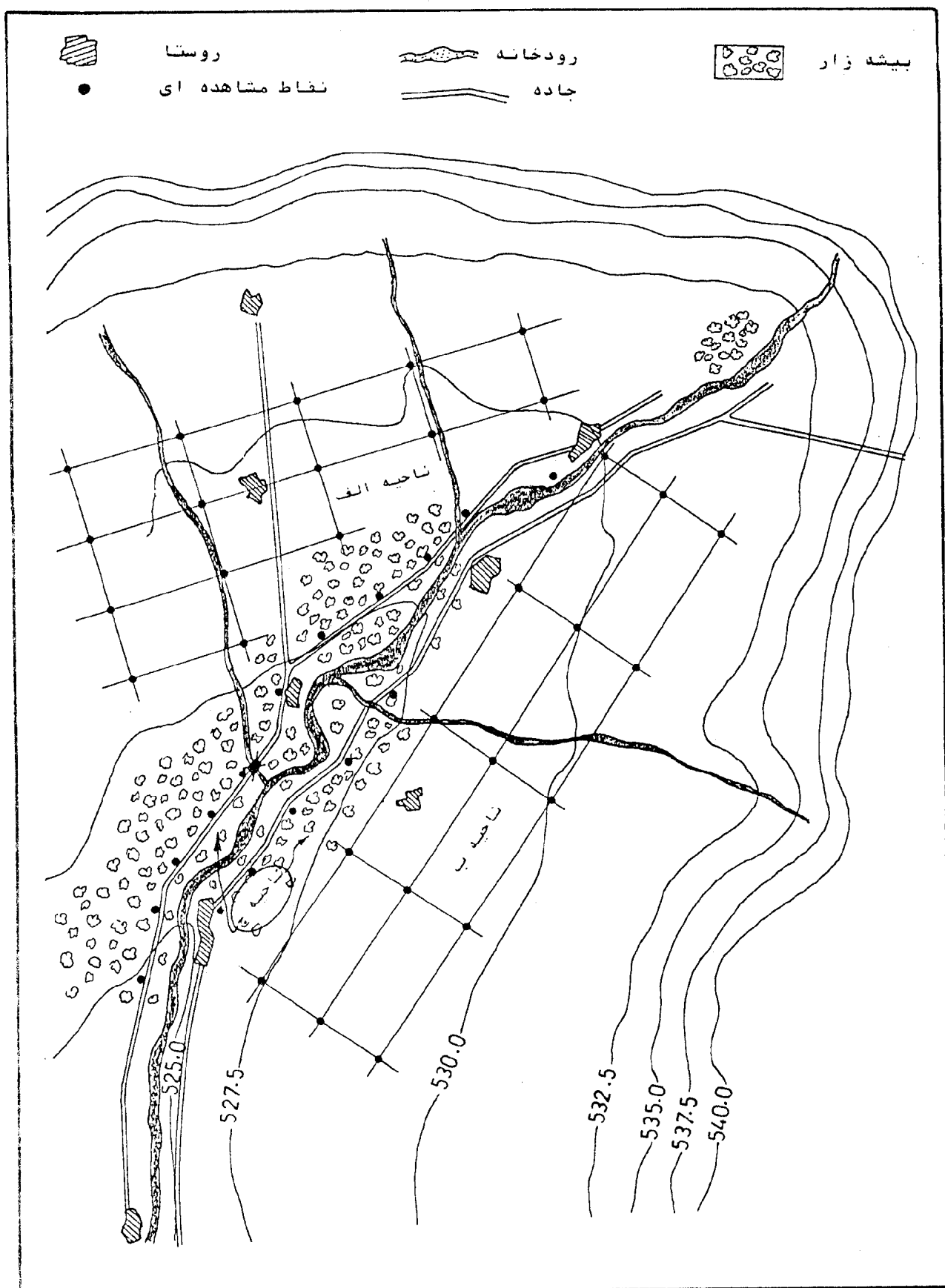
حفر چاهک به منظور انجام دادن مطالعات لایه‌بندی معمولاً به وسیله آگرهای دستی تا عمق 5 تا 6 متر انجام می‌شود. به منظور مکانیزه کردن عملیات حفاری می‌توان از آگر موتوری استفاده کرد. در این صورت حفاری سریعتر انجام می‌شود و احتمالاً در هزینه نیروی کار صرفه‌جویی خواهد شد. علاوه بر این عملیات حفاری در خاکهای سخت و در اعماق زیاد نیز می‌تواند تا حدودی تسهیل گردد.

۴-۱ انتخاب محل

انتخاب محل و تراکم نقاط مطالعاتی از قاعده مشخصی پیروی نمی‌کند و تابع ژئومرفولوژی و همگنی خاک است. در اراضی با خاک ناهمگن نسبت به اراضی با خاک همگن برای رسیدن به نتیجه مطلوب چاهکهای بیشتری باید حفر گردد. در عمل در شرایطی که زمین‌شناسی ناحیه ناشناخته و یا نسبتاً یکنواخت باشد، چاهکها در یک شبکه مربعی شکل حفر می‌شوند، زیرا در چنین شبکه‌هایی، شناسایی لایه‌ها نتایج دقیقتر و عملیتری به دست می‌دهد و ردیابی محل آنها در مزرعه برای سایر مطالعات زهکشی به راحتی امکانپذیر است.

در شرایط معمول، حفر چاهکها به صورت شبکه‌ای مربع شکل صورت می‌گیرد که یکی از ردیفهای شبکه عمود بر جهت رسوبگذاری است. در مناطقی که از وضعیت رسوبگذاری، شناخت بیشتری در دست باشد، به منظور عملیات لایه‌بندی توصیه می‌شود که شبکه به صورت مربع مستطیل در نظر گرفته شود، در این حالت فاصله بین چاهکها در جهت رسوبگذاری کمتر از فاصله چاهکها در مسیرهای دیگر است.

چنانچه فیزیوگرافی و یا توپوگرافی زمین در منطقه مورد مطالعه جهت‌های رسوبگذاری جداگانه‌ای را مشخص سازد، توصیه می‌شود، برای هریک از آنها شبکه مطالعاتی جداگانه‌ای تنظیم و اجرا شود (شکل ۳- ناحیه الف و یا ب) بهمین ترتیب در مواردی که به دلایل مختلف، پیاده کردن شبکه منظم امکان‌پذیر نباشد، توصیه می‌شود، نقاط



شکل ۳- شبکه نقاط برای مطالعات لایه بندی

مطالعاتی در امتداد یک مسیر مشخص و قابل دسترس (تراورس) به گونه‌ای انتخاب شود که مجموعاً اطلاعات کافی برای ترسیم یک مقطع طولی از نیمرخ خاک را فراهم آورد. (شکل ۳- ناحیه ج)

معمولاً چاهک‌هایی که برای مطالعات لایه‌بندی حفر می‌شوند، در مراحل بعدی مطالعات بعنوان چاهک مشاهده‌ای و بمنظور اندازه‌گیری نوسانات ادواری سطح آب زیرزمینی و یا نمونه‌برداری برای تجزیه کیفی آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این شرایط توصیه می‌شود، ضمن رعایت شبکه‌بندی عمومی، حتی‌الامکان نقاط موردنظر نزدیک جاده‌ها، ساختمانها، مرزهای ثابت مزارع و ... انتخاب شود تا دسترسی به آنها با سهولت بیشتری امکان‌پذیر باشد.

برای پیاده‌کردن نقاط مطالعاتی بر روی زمین توصیه می‌شود، مفاد بند ۴-۲ دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک، به روش چاهک (استاندارد شماره ۱۳۰-۱-الف) نیز مدنظر قرار گیرد.

۲-۴ عمق حفاری

در خاکهای یکنواخت، عمقی که در آن بخش عمده آب زیرزمینی به طرف زهکشها جریان می‌یابد، تقریباً $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{8}$ فاصله زهکشها را شامل می‌شود. به همین نسبت حفاری چاهکها به منظور مطالعات لایه‌بندی به عمق ۵ تا ۶ متر برای زهکشهایی با فاصله حدود ۲۵ تا ۵۰ متر مناسب است. گرچه برای زهکشهایی با فاصله بیشتر و در صورت عمیق‌بودن لایه محدودکننده، کاوش برای شناخت لایه‌های مختلف خاک، حفر چاه به عمق ۲۰ متر و یا بیشتر مورد نیاز است، ولی در مجموع با درنظر گرفتن جميع جهات توصیه می‌شود، در صورتی‌که با حفر چاهکهای ۵ تا ۶ متری لایه غیرقابل نفوذ مشخص نگردد، در تعدادی نقاط، حفاری با آگر دستی (یا برحسب ضرورت حفر چاه دستی) تا عمق ۸ تا ۹ متر انجام شود.

۳-۴ تراکم نقاط

به طور کلی در خاکهای یکنواخت و همگن، تراکم نقاط مطالعاتی در مرحله شناسایی حداقل یک نقطه در هر ۴۰۰ هکتار (شبکه ۲×۲ کیلومتر) و برای مطالعات مرحله یک حداقل یک نقطه در هر ۱۰۰ هکتار (شبکه ۱×۱ کیلومتر) و در مطالعات مرحله دو یک نقطه در هر ۲۵ هکتار پیشنهاد می‌شود. در خاکهای ناهمگن می‌باید تراکم نقاط تا حد شناخت و درک درست اطلاعات از محدوده اراضی با لایه‌های مختلف خاک افزایش یابد. توصیه می‌شود در هر مرحله از مطالعات پراکندگی و تراکم نقاط به گونه‌ای انتخاب شود که تمامی سری‌های خاک منطقه مورد مطالعه زیر پوشش نقاط مطالعاتی قرار گیرد.

بعضی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر: ساختمان، پایداری، وجود لایه‌های نازک ماسه، آهک، گچ و منافذ ریشه‌ها از طریق عملیات لایه‌بندی با آگر قابل بررسی دقیق نیست. از این رو به منظور بررسی دقیق این خواص، لازم است تعدادی پروفیل مطالعاتی نیز حفر شود. محل این پروفیلها در شبکه چاهکهای مطالعاتی قرار گیرد و تعداد آنها به طور کلی در مرحله اول مطالعات حدود ۱۰ درصد نقاط لایه‌بندی و در مرحله دوم حدود ۵ درصد آن توصیه می‌شود.

۴-۴ وسایل

وسایل مورد نیاز برای حفر چاهک شامل: آگر با میله‌های اضافی، متر، کاردک یا میله آهنی مناسب، بیل دستی، آب، آبفشان، کیسه نایلونی، دفترچه رنگ، برگ ثبت اطلاعات لایه‌بندی و کارت مشخصات نمونه خاک است.

۴-۴-۱ آگر

آگرها با وسایل اضافی و اتصالات آنها شامل سه بخش است:

- نیزه یا سرمته با بوشن اتصال

- دسته

- میله و یا میله‌های اضافی با بوشن اتصال

شکلهای ۴ تا ۱۱ آگرهای مناسب برای مقاصد مختلف را نشان می‌دهند.

۴-۴-۲ متر

به منظور اندازه‌گیری ضخامت لایه‌ها، عمق برخورد به آب زیرزمینی، لایه غیرقابل نفوذ و تعیین عمق نهایی چاهک از متر فلزی استفاده می‌شود. همچنین می‌توان با مدرج کردن میله‌های آگر عمق حفاری را به سهولت مشخص نمود.

۴-۴-۳ کاردک و یا میله آهنی مناسب

برای تخلیه خاک از درون آگر از کاردک و یا میله آهنی مناسب استفاده می‌گردد.

۴-۴-۴ کیسه نایلونی و کارت مشخصات نمونه خاک

برای برداشت نمونه‌های خاک و حمل به آزمایشگاه و ثبت مشخصات محل نمونه‌برداری از کیسه نایلونی و کارت

مشخصات نمونه خاک طبق فرم شماره یک استفاده می‌شود.

فرم شماره ۱

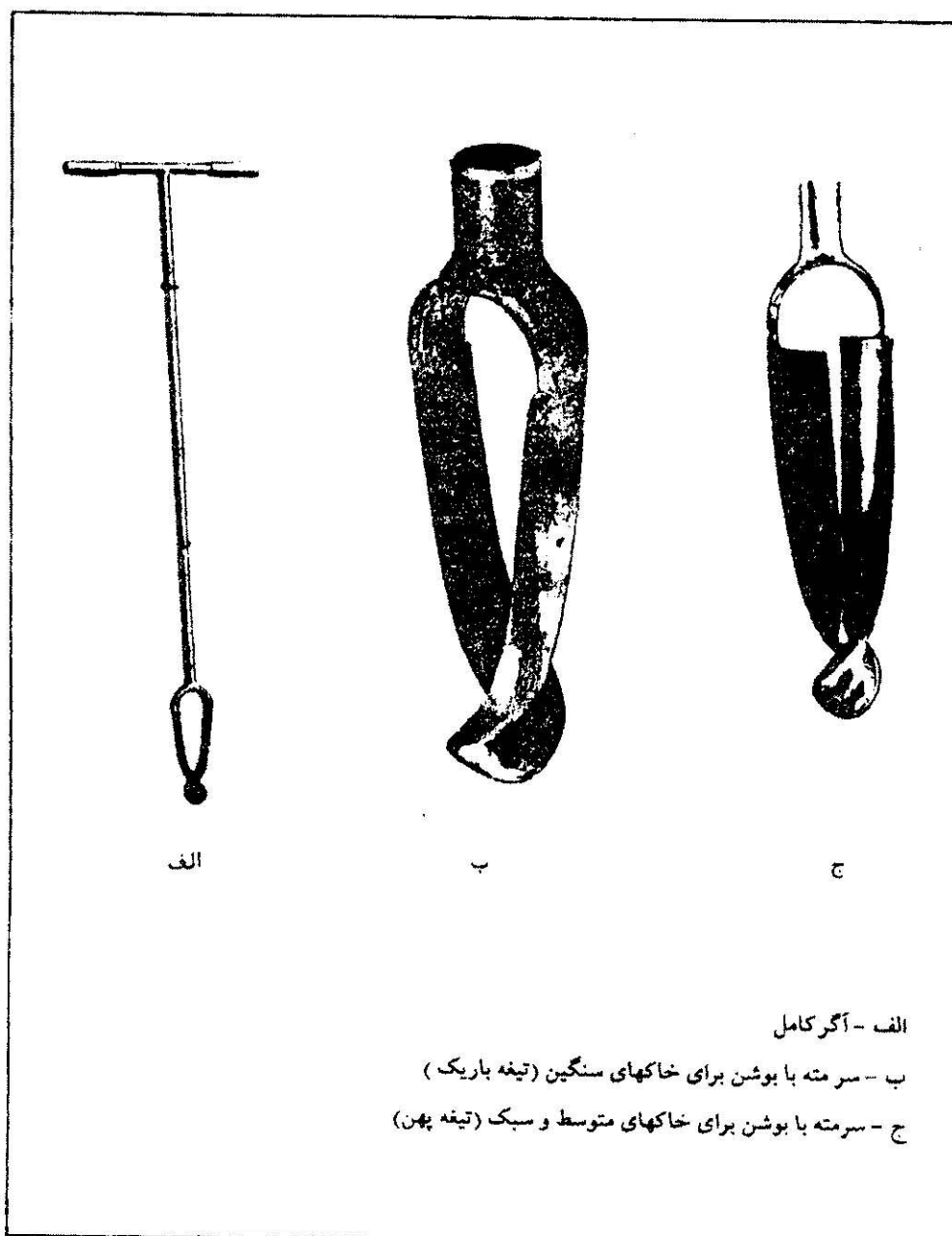
کارت مشخصات نمونه خاک	
نام پروژه:	تاریخ:
نام محل:	شماره چاهک:
عمق برداشت نمونه:	نمونه‌بردار:
تشخیص صحرایی بافت خاک:	

۵-۴-۴ آب

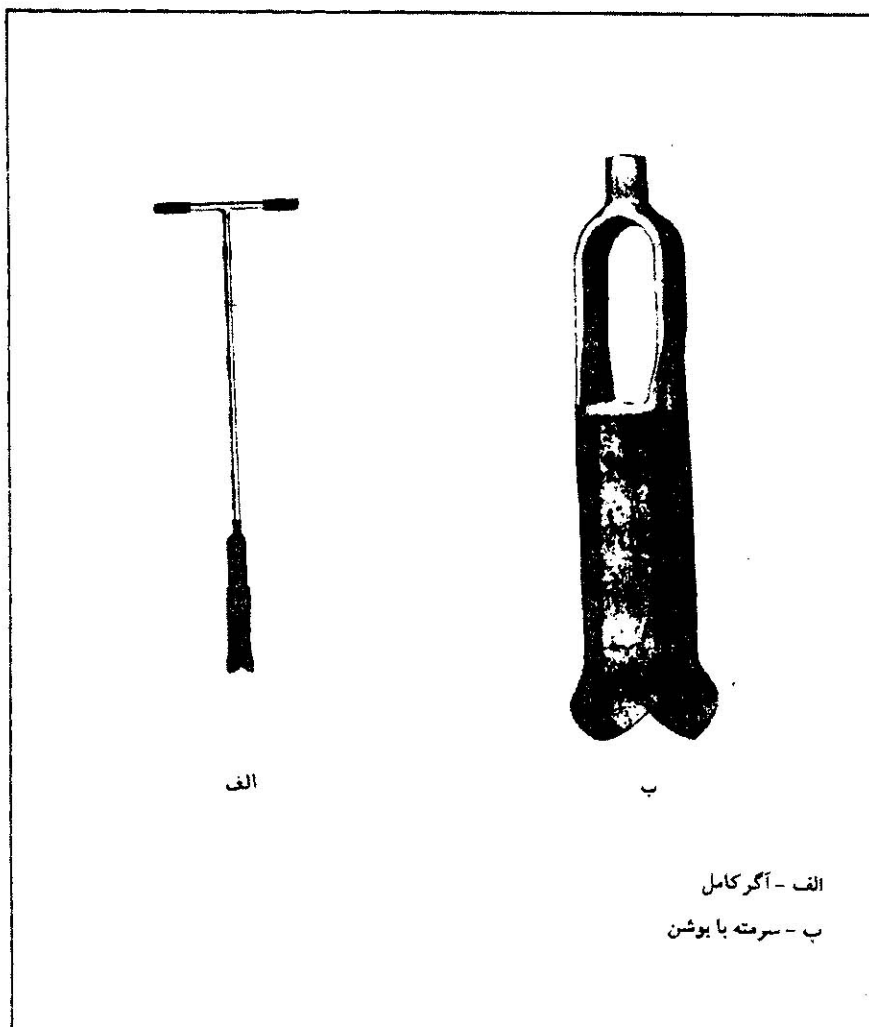
در برخی از خاکهای خشک، حفاری بسیار سخت و گاهی غیرممکن است، به همین سبب لازم است که لایه‌های خشک را قدری مرطوب نمود که عملیات حفاری در آن میسر گردد.

۶-۴-۴ دفترچه رنگ

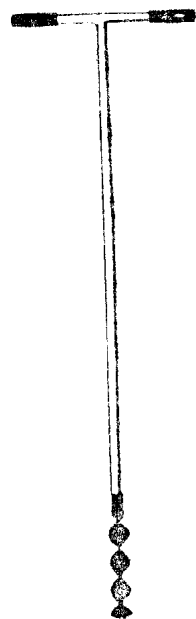
به منظور تعیین رنگ لایه‌های خاک و در صورت نیاز می‌توان از دفترچه رنگ مانسل استفاده نمود.



شکل ۴- آگر هلندی یا باز
 مناسب برای خاکهای مرطوب و غیر ویزشی



شکل ۵- آگر آمریکایی یا آگر بسته
مناسب برای خاکهای سخت (خشک و یا مرطوب)



الف



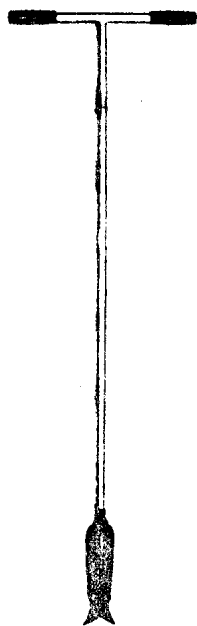
ب

الف - آگر کامل

ب - سرمته

شکل ۶- آگر مارپیچی

مناسب برای حفاری در لایه‌های بسیار سخت (خاکهای گچی و آهکی)



الف



ب

الف - آگر کامل

ب - سرمته و بوشن

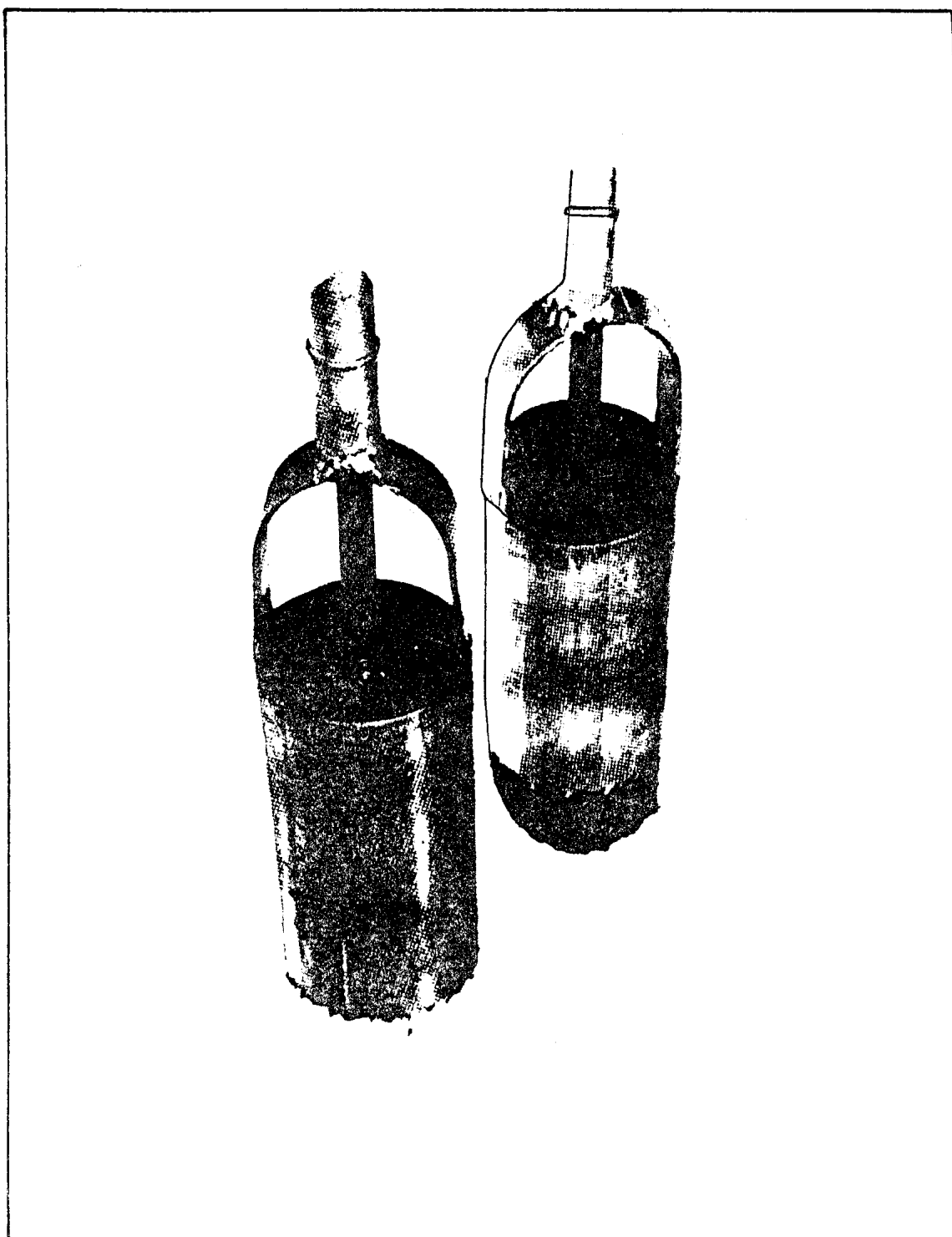
شکل ۷- آگر باز
مناسب برای خاکهای سنگریزه‌دار

شکل ۸- اگر نمونه بردای
مناسب برای برداشت نمونه نسبتاً دست نخورده



شکل ۹- اگر ماریچی نامتقارن
مناسب برای نمونه برداری سطحی از زمینهای چمنی





شکل ۱۰- آگر با سرمته اره‌ای

مناسب برای خاکهای جنگلی و زمینهایی که در آن ریشه‌های زیاد وجود دارد.



شکل ۱۱- آگر افقی
مناسب برای برداشت نمونه‌های افقی از پروفیل خاک

۷-۴-۴ برگ ثبت اطلاعات لایه بندی

اطلاعات به دست آمده از لایه بندی در برگ ثبت اطلاعات طبق فرم شماره ۲ درج می گردد. علائم و اختصارات به کارگرفته در این برگ به شرح زیر است :

۱-۷-۴-۴ بافت خاک

نام اختصاری	انگلیسی	گروه بافت خاک
S	Sand	ماسه
L	Loam	لوم
Si	Silt	سیلت
C	Clay	رس
G	Gravel	شن
S(f)	Fine Sand	ماسه نرم
S(m)	Medium Sand	ماسه متوسط
S(c)	Coarse Sand	ماسه درشت

علائم گروه های مختلف بافت خاک به شرح زیر پیشنهاد می شود. بدین منظور می توان از علامتهای مختلف دیگری نیز استفاده کرد، مشروط بر آنکه زمینه های تیره تر به خاکهای سنگین تر و بعکس ، زمینه های روشن تر به خاکهای سبکتر اختصاص داده شود:

نام اختصاری	علامت	انگلیسی	گروه بافت خاک
HC		Heavy Clay	خیلی سنگین
C,Sic, SC		Clay, Silty Clay, Sandy Clay	سنگین
SiCL, CL, SCL		Silty Clay Loam, Clay Loam, Sandy Clay Loam	نسبتاً سنگین
SiL, L, Si		Silty Loam, Loam, Silt	متوسط
SL		Sandy Loam	نسبتاً سبک
LS		Loamy Sand	سبک
S		Sand	خیلی سبک
G		Gravel	سنگریزه

۴-۴-۷-۲ رطوبت

وضعیت رطوبت خاک	انگلیسی	علامت اختصاری
خشک	Dry	1
مرطوب	Moist	2
خیس	Wet	3
اشباع	Saturate	4

۴-۴-۷-۳ گلی، مقاومت خاک در مقابل حفاری، ریشه، خلل و فرج

شرح حالات	علامت اختصاری
وجود ندارد یا مقدار آن ناچیز است	-
کم	+
متوسط	++
زیاد	+++

۴-۴-۷-۴ رنگدانه، آهک، گچ

شرح حالات	علامت اختصاری
وجود ندارد	-
کم ° تا ۲٪ سطح خاک	+
متوسط ۲٪ تا ۲۰٪ سطح خاک	++
زیاد بیش از ۲۰٪ سطح خاک	+++

برای تخمین درصد این ذرات به شکل ۱۲ مراجعه شود.

۴-۴-۷-۵ پایداری خاک

اختصارات به کار گرفته شده در متن توضیح داده شده است.

۴-۴-۷-۶ رنگ خاک

نام اختصاری	انگلیسی	رنگ خاک
B	Brown	قهوه‌ای
RB	Reddish Brown	قهوه‌ای مایل به قرمز
DB	Dark Brown	قهوه‌ای تیره
LB	Light Brown	قهوه‌ای روشن
OB	Olive Brown	قهوه‌ای مایل به زیتونی
GB	Grayish Brown	قهوه‌ای مایل به خاکستری
G	Gray	خاکستری
LG	Light Gray	خاکستری روشن
DG	Dark Gray	خاکستری تیره
OG	Olive Gray	خاکستری مایل به زیتونی
BK	Black	سیاه

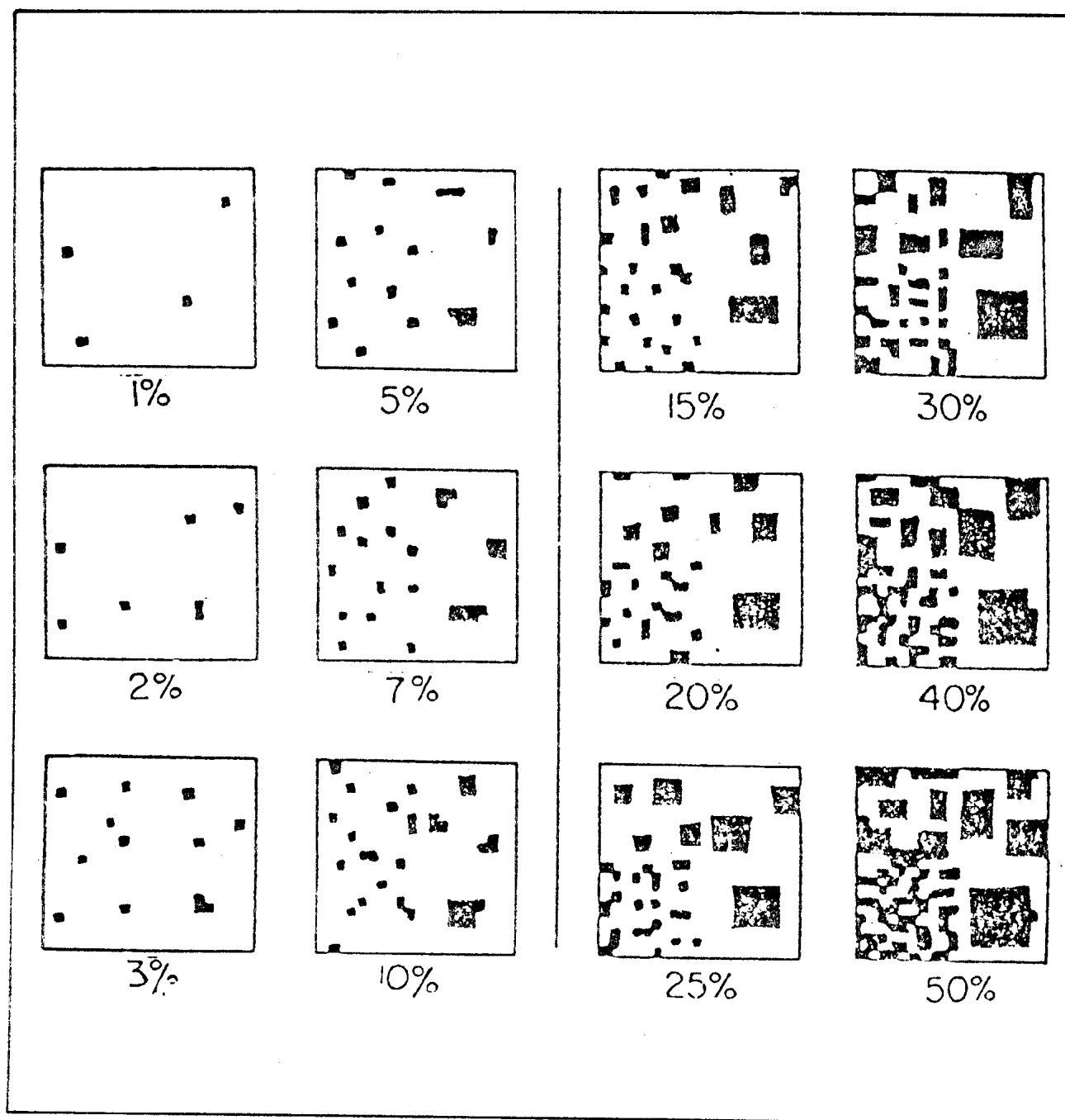
در صورت لزوم برای بقیه رنگهایی که احتمالاً در یکی از طبقه‌بندیهای فوق قرار نمی‌گیرند، می‌توان از دفترچه رنگ مانسل استفاده نمود.

۴-۴-۷-۷ ساختمان خاک

نام اختصاری	انگلیسی	نوع ساختمان خاک
Pl.	Platy	ورقه‌ای
Pr.	Prismatic	منشوری
Co.	Columnar	ستونی
Bl.a.	Angular Blocky	مکعبی گوشه‌دار
Bl.s.	Sub Angular Blocky	مکعبی بدون گوشه
Gr.	Granular	دانه‌ای
Ma.	Massive	توده‌ای
SG	Single Grain	تک‌دانه
Cr.	Crumb	اسفنجی

۴-۴-۷-۸ تخمین هدایت هیدرولیک

نام توصیفی	انگلیسی	نام اختصاری
آهسته	Slow	S
نسبتاً آهسته	Moderately Slow	MS
متوسط	Moderate	M
نسبتاً سریع	Moderately Rapid	MR
سریع	Rapid	R



شکل شماره ۱۲- راهنمای تخمین درصد ذرات رنگ دانه، گچ، آهک

فرم شماره ۲ - برگ ثبت اطلاعات لایه بندی

نام پروژه :	نام مطالعه کننده :
مطالعات پایه بنیادی اراضی :	تاریخ :
شماره چاهک :	فرایط کاربری اراضی :
موقعیت چاهک با توجه به عوارض موجود :	ملاحظات :

عمق سانتیمتر	ملاحظات	هدایت هیدرولیکی تخمینی	ساختمان خاک	وجود ریشه	بایداری *	مقاومت در مقابل خفاری	آهک کج	رنگ آهک دانه	رنگ کلی	رنگ رطوبت	بافت		ضخامت لایه سانتیمتر
											علامت	نام	

عمق برخورد به سطح آب هنگام خفاری

عمق سطح ایستابی در حالت تعادل حدود ۲۴ ساعت بعد از خفاری

تخلیص صحرایی عمق برخورد به لایه محدود کننده

سانتیمتر

سانتیمتر

سانتیمتر و ضخامت آن

* عموماً پایداری، اخل و فرج درخت و ساختمان خاک از طریق حفرو بررسی پروتئیل مشخص می‌گردد.
 ** مخضات فیزیکی مانند: آب و وجود شن و سنگریزه، فسیل، لجنی بودن و غیره ذکر گردد.

۵-۴ روش اجرای کار

- ۱-۵-۴ عملیات لایه‌بندی با حفاری توسط آگر به قطر ۲ تا ۴ اینچ انجام می‌گیرد و برای اعماق بیشتر با اضافه کردن میله‌های اضافی به آگر، حفاری تا عمق موردنظر ادامه می‌یابد.
- ۲-۵-۴ همزمان با بیرون آوردن هر نمونه خاک از داخل چاهک، مشخصات ظاهری آن نظیر: بافت، رطوبت، گلی، رنگدانه، آهک، گچ و غیره یادداشت می‌شود. این روش ایجاب می‌کند که کارشناس مسئول در حین عملیات حفاری در محل حضور داشته باشد.
- ۳-۵-۴ مشخصات هر نمونه با ویژگی لایه‌های فوقانی مقایسه می‌شود و در صورت مشاهده هرگونه تغییری در آن، اطلاعات مربوط به صورت لایه‌ای جداگانه در برگ ثبت اطلاعات درج می‌گردد.
- ۴-۵-۴ در حین عملیات، عمق برخورد به آب زیرزمینی با دقت کافی مشخص می‌گردد. سطح ایستابی پس از پایان عملیات حفاری نیز اندازه‌گیری و در برگ ثبت اطلاعات یادداشت می‌شود.
- ۵-۵-۴ در خاکهای خشک، در صورتی که حفاری به سختی صورت گیرد، می‌توان با اضافه کردن مقدار کمی آب به چاهک، عملیات حفاری را تسهیل نمود. در صورت عدم موفقیت با این روش، می‌توان ابتدا از مته‌ای با قطر کوچکتر استفاده کرد و سپس با مته بزرگتر عملیات را ادامه داد. در هر دو صورت لازم است که عملیات اضافی در ستون ملاحظات برگ ثبت اطلاعات درج گردد.
- در خاکهای ریزشی چنانچه ریزش لایه‌ها در روند حفاری، نمونه‌برداری و تشخیص لایه‌ها اختلال ایجاد کند، می‌توان با استفاده از لوله‌های جدار موقت، و با کاربرد آگر مخصوص عملیات را از درون لوله جدار تا عمق موردنظر ادامه داد.
- ۶-۵-۴ برای کنترل عملیات صحرایی، نمونه‌هایی تهیه و به آزمایشگاه ارسال می‌شود تا با تجزیه فیزیکی آن بافت خاک به‌طور دقیقتر تعیین شود. مشخصات نمونه شامل: نام پروژه، شماره چاهک، عمق برداشت نمونه و ... بر روی دو عدد کارت مخصوص ثبت می‌گردد. یکی از کارتها در داخل کیسه نایلونی محتوی نمونه گذاشته و دیگری به آن الصاق می‌شود.
- ۷-۵-۴ توصیه می‌شود برای تعیین دانه‌بندی فیلتر و پوشش زهکشها، حتی‌الامکان نمونه‌هایی از عمق احتمالی استقرار زهکشها نیز برداشته شده و برای تعیین منحنی دانه‌بندی خاک به آزمایشگاه مکانیک خاک ارسال شود. در این صورت پیشنهاد می‌شود که تعداد نمونه‌ها با توجه به یکنواختی خاک حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد چاهکها را شامل شود.

۵-مثال

به عنوان نمونه، داده‌های به‌دست آمده از مطالعات صحرایی لایه‌بندی در برگ ثبت اطلاعات به شرح پیوست درج

گردیده است، موارد زیر را می توان از آن استنتاج نمود:

- ۱-۵ لایه های خاک به صورت نسبتاً یکنواخت با بافت سنگین تشخیص داده می شوند.
- ۲-۵ رطوبت خاک از سطح تا عمق ۴۶۰ سانتیمتر به تدریج افزایش و از آن پس تا عمق مورد مطالعه کاهش می یابد.
- ۳-۵ رنگ خاک در لایه های بالای سطح ایستابی عموماً دارای زمینه قهوه ای است و در زیر آن به تدریج علائم احیای خاک به رنگ خاکستری مایل به سبز مشاهده می شود.
- ۴-۵ حالت گلی به تدریج از حدود عمق ۱۲۵ سانتیمتری آغاز می شود و در فاصله بین ۲۰۰ تا ۲۸۰ سانتیمتری به صورت متوسط دیده می شود و سپس تا عمق حدود ۵۵۰ سانتیمتری به مقدار زیاد مشاهده می گردد و از آن پس به تدریج کاهش می یابد.
- ۵-۵ رنگدانه ها از حدود ۹۰ سانتیمتری آغاز می شوند. سپس به تدریج افزایش می یابد و در اعماق ۱۶۰ تا ۲۸۰ سانتیمتری مقدار آنها زیاد است، از آن پس مقدار آنها کاهش می یابد و به مقادیر کم حتی در لایه های حاوی گلی نیز به چشم می خورند. رنگدانه ها در لایه های خیلی سنگین اعماق ۴۶۰ تا ۵۵۰ سانتیمتری دیده نمی شوند.
- ۶-۵ گچ و آهک از اعماق ۲۵ تا ۴۲۰ سانتیمتری به مقدار کم وجود دارد. تجمع آنها در عمق ۱۲۵ تا ۱۶۰ سانتیمتری بیشتر است.
- ۷-۵ مقاومت در مقابل حفاری به جز در لایه های سطحی عموماً متوسط و زیاد بوده است.
- ۸-۵ هدایت هیدرولیک لایه ها تا عمق حدود ۳۴۰ سانتیمتری عموماً متوسط است. مقدار آن تا عمق ۴۶۰ سانتیمتری کاهش می یابد و سپس در حد فاصل ۴۶۰ تا ۵۵۰ سانتیمتری آهسته می گردد.
- ۹-۵ لایه موجود در زیر عمق ۴۶۰ سانتیمتری که دارای ضخامت حدود ۹۰ سانتیمتر است و به دلایل زیر لایه محدودکننده تشخیص داده می شود:
 - وجود رنگ قهوه ای در لایه های فوقانی (عمق غیرمستغرق)
 - وجود حالت اشباع در لایه های بالا و حالت مرطوب در لایه های زیر آن
 - وجود بافت خیلی سنگین در لایه های زیر آن
 - وجود رنگ خاکستری مایل به زیتونی (گلی به مقدار زیاد) در لایه های با استغراق دائم
 - وجود رنگدانه به مقدار زیاد در بالای لایه های با استغراق دائم
 - بالا بودن مقاومت در مقابل حفاری
 - آهسته بودن هدایت هیدرولیک

فرم شماره ۲ - برگ ثبت اطلاعات لایه بندی (مثال)

نام پروژه :	نام مطالعه کننده :
مطالعات لایه بندی اراضی :	تاریخ : ۷۰/۸/۵
شماره چاهک : ۳ - B	شرایط کاربری اراضی : زمین شخم خورده و در حال آیش
موقعیت چاهک با توجه به عوارض موجود : ۱۵۰ متری زهکش صن آباد	ملاحظات :

عمق سانتی متر	ملاحظات	هدایت هیدرولیکی تخمینی	ساختمان خاک	وجود ریزه	پایداری	مقاومت در مقابل خفاری	کج	آهک	رنگ دانه	کلی	رنگ	رطوبت	بافت		ضخامت لایه سانتی متر
													نام	علامت	
25		MR		++		+	-	-	-	-	DB	1	SiCL		25
60		M		+		+	-	+	-	-	B	1	SiCL		35
90		M		+		++	+	+	-	-	B	1	SiC		30
125		M		-		++	+	+	+	-	LB	2	C		35
160		MR		-		+	++	++	++	+	RB	2	SiC		35
200		M		-		++	+	+	+++	+	RB	3	SC		40
240	همراه با لایه های متناوب سازه ساس	MR		-		+++	++	+	+++	++	LRB	4	SiC		40
280	همراه با لایه های خاکستری	M		-		++	+	+	+++	++	LR	4	C		40
		M		-		++	+	+	++	+++	RG	4	SiC		60
360															
385		MS		-		+++	+	+	+	+++	OG	4	SC		35
		MS		-		+++	+	+	+	+++	OG	4	SiC		45
420															
460		MS		-		++	-	-	+	+++	OG	4	SiC		40
500		S		-		+++	-	-	-	+++	OG	2	HC		40
		S		-		+++	-	-	-	++	G	2	HC		50
560															
		R		-		++	-	-	-	+	YR	1	SL		50
600															

عمق برخورد به سطح آب هنگام خفاری ۲۲۰ سانتیمتر در انتهای خفاری ۲۰۰ سانتیمتر
عمق سطح ایستایی در حالت تعادل حدود ۲۴ سانت بعد از خفاری ۱۱۵ سانتیمتر
تخمین صحرایی عمق برخورد به لایه محدود کننده ۴۶۰ سانتیمتر و ضخامت آن ۹۰ سانتیمتر

* عموماً پایداری، خزل و فرج درخت و ساختمان خاک از طریق حفرو بررسی پروفیل مشخص می گردد.
** مشخصات فیزیکی مانند: بو و وجود فن و سنگریزه، قلیل، لجنی بودن و غیره ذکر گردد.

پیوست شماره یک - دیاگرام بافت خاک

در امر تعیین بافت خاک، روش دیگری در سال ۱۹۸۴، تحت عنوان آنالیز کمی بافت خاک توسط آقایان شیرازی و بوئرسما^۱ [مرجع شماره ۷] پیشنهاد شده است. در این روش، مثلث بافت خاک به دیاگرام جدیدی تبدیل شده است که در آن علاوه بر تمامی اطلاعاتی که در مثلث اصلی وجود دارد، میانگین هندسی^۲ اندازه ذرات و انحراف معیار هندسی^۳ اندازه آنها، نیز مورد توجه قرار گرفته است. دیاگرام جدید در شکل ۱ پیوست نشان داده شده است. گروههای مختلف خاک ارائه شده در این دیاگرام، دقیقاً همان گروههایی هستند که در مثلث بافت خاک شکل ۲ پیوست وجود دارند. به عنوان مثال ناحیه شماره ۱۰ در مثلث بافت خاک (ناحیه مربوط به خاکهای گروه Sandy- Clay) دارای سه رأس بوده که مختصات هریک از این رئوس به شرح زیر است:

$$\begin{array}{ccc}
 x & \left[\begin{array}{l} \text{Clay} = \%55 \\ \text{Silt} = \%0 \\ \text{Sand} = \%45 \end{array} \right. & s & \left[\begin{array}{l} \text{Clay} = \%35 \\ \text{Silt} = \%20 \\ \text{Sand} = \%45 \end{array} \right. & r & \left[\begin{array}{l} \text{Clay} = \%35 \\ \text{Silt} = \%0 \\ \text{Sand} = \%65 \end{array} \right.
 \end{array}$$

در دیاگرام جدید نیز همین ناحیه با شماره ۱۰ مشخص شده و رئوس X, S, r دقیقاً دارای مختصات ذکر شده در فوق هستند. از نظر طبقه بندی نیز، خاک همچنان Sandy-Clay است.

ویژگی و برتری دیاگرام جدید در این است که می توان خصوصیات خاکهای واقع در گروه Sandy-Clay و یا هریک از گروههای دیگر را به شکل کمی مشخص نمود. به عنوان مثال، دیاگرام جدید نشان می دهد که برای گروه Sandy-Clay، میانگین هندسی اندازه ذرات از ۰/۰۲۲۶ تا ۰/۰۹۰۶ میلی متر تغییر می کند. علاوه بر آن دیاگرام مزبور این مشخصه آماری را برای همه گروهها نیز بدون محاسبه اضافی ارائه می دهد. به عنوان مثال گروه شماره ۴۰ واقع در محدوده خاکهای Sandy-Clay متعلق به بافتی از خاک است که ۴۰ درصد آن را رس، ۵۰ درصد آن را ماسه و ۱۰ درصد آن را سیلت تشکیل می دهد. همچنین دیاگرام روشن می سازد که میانگین هندسی اندازه ذرات چنین خاکی ۰/۰۴۴۴ میلی متر است.

درجه یکنواختی اندازه ذرات نیز از جمله اطلاعات مفید و مؤثری است که توسط دیاگرام جدید ارائه می شود. انحراف معیار هندسی، وسیله ای برای تعیین این مشخصه آماری است که در دیاگرام جدید گنجانده شده است. به عنوان مثال، انحراف معیار هندسی برای خاکهای Sandy-Clay از ۲۱/۹ تا ۳۲ تغییر می کند، در حالی که گروه شماره ۴۰ دارای انحراف معیار برابر ۲۶/۳۹ است. این عدد می تواند برای مقایسه نمونه ها از دیدگاه یکنواختی ذرات

1- Shirazi & Boersma

2- Geometric Mean Diameter

3- Geometric Standard Deviation

مورد استفاده قرار گیرد. دو نمونه خاک ممکن است دارای میانگین هندسی یکسان (از دیدگاه اندازه ذرات) باشند، ولی نمونه‌ای که انحراف معیار هندسی دانه‌های آن کمتر است، از درجه یکنواختی بیشتری برخوردار است. بدیهی است که مثلث بافت خاک نمی‌تواند اطلاعاتی از این نوع راتأمین نماید. روش تعیین متوسط میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی اندازه ذرات با استفاده از جدول پیوست و یا با کاربرد معادلات زیر صورت می‌گیرد:

$$d_g = \exp a$$

$$\sigma_g = \exp b$$

$$a = .01 \sum_{i=1}^n f_i \ln M_i$$

$$b^2 = .01 \sum_{i=1}^n f_i \ln^2 M_i - a^2$$

n = تعداد گروههای جداگانه خاک مانند: رس، سیلت، ماسه

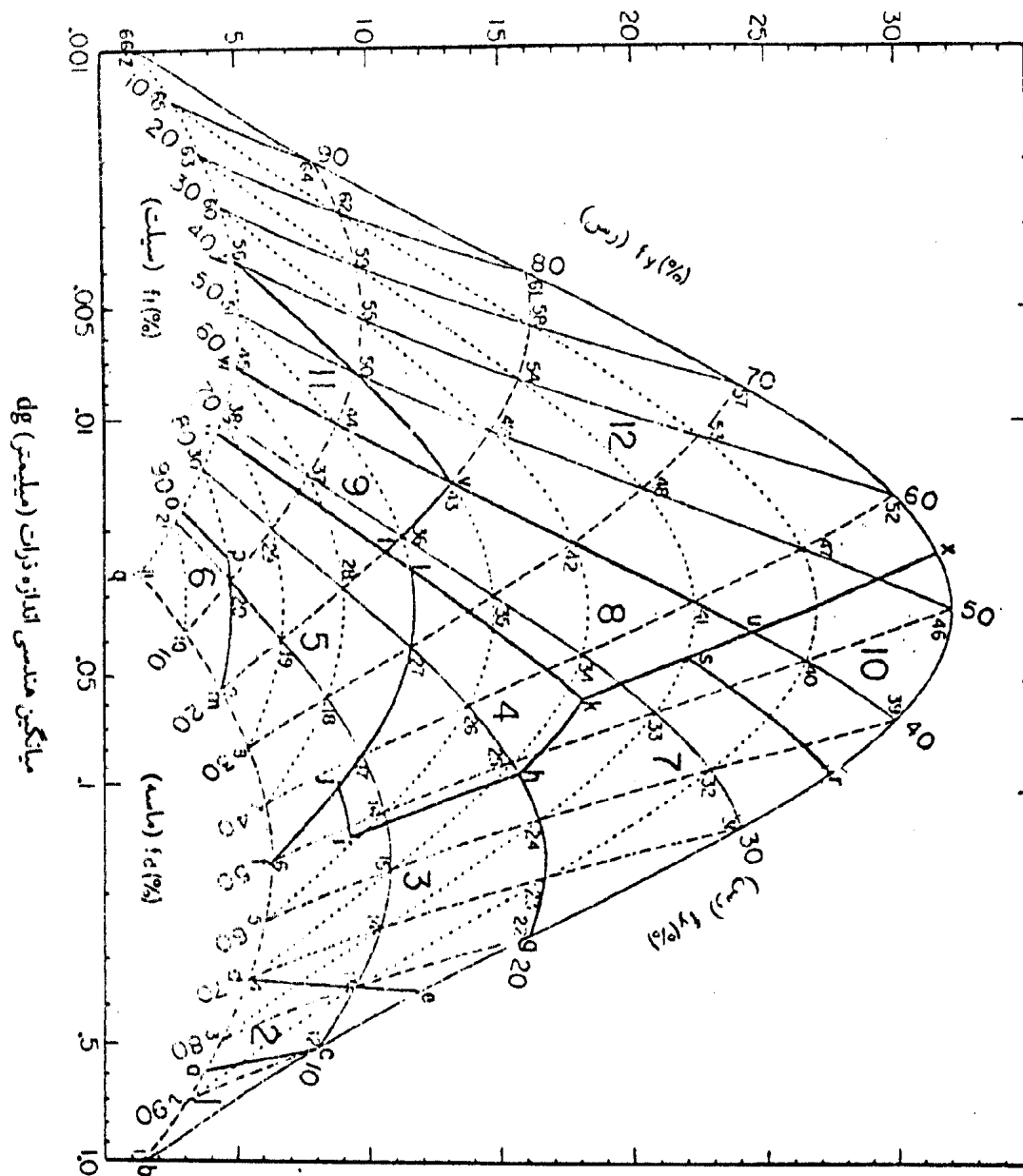
f_i = درصدی از جرم کل خاک که دارای دانه‌هایی با قطر برابر و یا کوچکتر از M_i هستند.

M_i = میانگین حسابی اندازه حدود تغییرات هر گروه خاک (براساس طبقه‌بندی USDA) مقادیر M_i برای رس، سیلت و ماسه به ترتیب برابر 0.001 و 0.025 و 0.075 میلیمتر است).

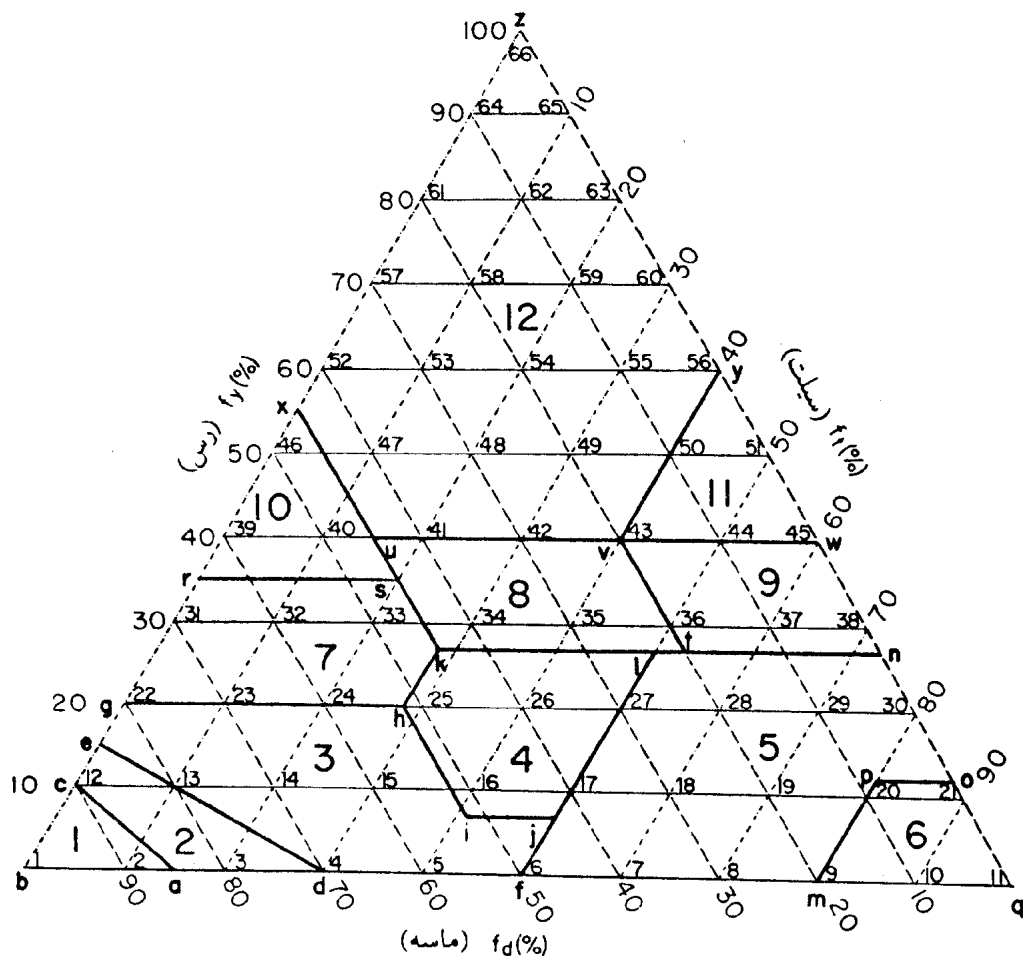
d_g = میانگین هندسی اندازه ذرات

σ_g = انحراف معیار هندسی اندازه ذرات

به‌طور خلاصه می‌توان گفت که دیاگرام جدید، علاوه بر همه اطلاعاتی که توسط مثلث بافت خاک قابل دستیابی است، در درون هر گروه از گروههای دوازده‌گانه خاک، دو مشخصه آماری: یکی میانگین هندسی و دیگری انحراف معیار هندسی اندازه ذرات را نیز ارائه می‌دهد. برای دستیابی به این مشخصه‌های اضافی، همان دسته اطلاعات لازم برای استفاده از مثلث بافت خاک کافی است و نیاز به داده‌های جدید نخواهد بود.



شکل ۱ پیوست - دیاگرام جدید بافت خاک



۱) ماسه، ۲) ماسه لومی، ۳) لوم ماسه‌ای، ۴) لوم، ۵) لوم سیلتی، ۶) سیلت، ۷) لوم رسی ماسه‌ای، ۸) لوم رسی،
 ۹) لوم رسی سیلتی، ۱۰) رس ماسه‌ای، ۱۱) رس سیلتی، ۱۲) رس

شکل ۲ پیوست - مثلث بافت خاک

جدول ۱ پیوست - مقادیر درصد ذرات خاک و میانگین و انحراف معیار آنها

Node	Vertex	Clay			Silt		Sand		Whole sample	
		f_y, f_t, f_d	d_g	σ_g	d_g	σ_g	d_g	σ_g	d_g	σ_g
		%	mm		mm		mm		mm	
1	b	0, 0, 100					0.316 E+00	0.164 E+01	0.316 E+00	0.164 E+01
2		0, 10, 90			0.272 E+00	0.375 E+01	0.129 E+00	0.209 E+01	0.125 E+00	0.223 E+01
3		0, 20, 80			0.128 E+00	0.306 E+01	0.987 E-01	0.224 E+01	0.954 E-01	0.239 E+01
4	d	0, 30, 70			0.848 E-01	0.274 E+01	0.798 E-01	0.238 E+01	0.768 E-01	0.248 E+01
5		0, 40, 60			0.633 E-01	0.253 E+01	0.633 E-01	0.253 E+01	0.632 E-01	0.253 E+01
6	f	0, 50, 50			0.500 E-01	0.238 E+01	0.500 E-01	0.270 E+01	0.526 E-01	0.253 E+01
7		0, 60, 40			0.407 E-01	0.225 E+01	0.382 E-01	0.290 E+01	0.438 E-01	0.249 E+01
8		0, 70, 30			0.336 E-01	0.214 E+01	0.273 E-01	0.317 E+01	0.362 E-01	0.242 E+01
9	m	0, 80, 20			0.276 E-01	0.203 E+01	0.170 E-01	0.360 E+01	0.294 E-01	0.229 E+01
10		0, 90, 10			0.219 E-01	0.190 E+01	0.720 E-02	0.454 E+01	0.228 E-01	0.210 E+01
11	q	0.100, 0			0.999 E-02	0.154 E+01			0.999 E-02	0.154 E+01
12	c	10, 0, 90	0.139 E-01	0.455 E+01			0.129 E+00	0.209 E+01	0.899 E-01	0.510 E+01
13		10, 10, 80	0.139 E-01	0.455 E+01	0.236 E+02	0.151 E+04	0.987 E-01	0.224 E+01	0.629 E-01	0.546 E+01
14		10, 20, 70	0.139 E-01	0.455 E+01	0.465 E+00	0.702 E+02	0.789 E-01	0.238 E+01	0.472 E-01	0.560 E+01
15		10, 30, 60	0.139 E-01	0.455 E+01	0.111 E+00	0.229 E+02	0.633 E-01	0.253 E+01	0.365 E-01	0.558 E+01
16		10, 40, 50	0.139 E-01	0.455 E+01	0.500 E-01	0.123 E+02	0.500 E-01	0.270 E+01	0.286 E-01	0.543 E+01
17		10, 50, 40	0.139 E-01	0.455 E+01	0.294 E-01	0.814 E+01	0.382 E-01	0.290 E+01	0.225 E-01	0.518 E+01
18		10, 60, 30	0.139 E-01	0.455 E+01	0.196 E-01	0.594 E+01	0.273 E-01	0.317 E+01	0.176 E-01	0.482 E+01
19		10, 70, 20	0.139 E-01	0.455 E+01	0.140 E-01	0.455 E+01	0.170 E-01	0.360 E+01	0.136 E-01	0.434 E+01
20		10, 80, 10	0.139 E-01	0.455 E+01	0.100 E-01	0.351 E+01	0.720 E-02	0.454 E+01	0.100 E-01	0.369 E+01
21		10, 90, 0	0.139 E-01	0.455 E+01	0.456 E-02	0.190 E+01			0.438 E-02	0.210 E+01
22	g	20, 0, 80	0.589 E-02	0.361 E+01			0.987 E-01	0.224 E+01	0.492 E-01	0.778 E+01
23		20, 10, 70	0.589 E-02	0.361 E+01	0.102 E+02	0.255 E+05	0.789 E-01	0.238 E+01	0.363 E-01	0.776 E+01
24		20, 20, 60	0.589 E-02	0.361 E+01	0.200 E+00	0.238 E+03	0.633 E-01	0.253 E+01	0.277 E-01	0.754 E+01
25		20, 30, 50	0.589 E-02	0.361 E+01	0.500 E-01	0.458 E+02	0.500 E-01	0.270 E+01	0.214 E-01	0.717 E+01
26		20, 40, 40	0.589 E-02	0.361 E+01	0.237 E-01	0.189 E+02	0.382 E-01	0.290 E+01	0.167 E-01	0.677 E+01
27		20, 50, 30	0.589 E-02	0.361 E+01	0.145 E-01	0.106 E+02	0.273 E-01	0.317 E+01	0.130 E-01	0.604 E+01
28		20, 60, 20	0.589 E-02	0.361 E+01	0.100 E-01	0.677 E+01	0.170 E-01	0.360 E+01	0.100 E-01	0.528 E+01
29		20, 70, 10	0.589 E-02	0.361 E+01	0.761 E-02	0.455 E+01	0.720 E-02	0.454 E+01	0.735 E-02	0.434 E+01
30		20, 80, 0	0.589 E-02	0.361 E+01	0.362 E-02	0.202 E+01			0.340 E-02	0.229 E+01
31		30, 0, 70	0.367 E-02	0.317 E+01			0.789 E-01	0.238 E+01	0.284 E-01	0.995 E+01
32		30, 10, 60	0.367 E-02	0.317 E+01	0.101 E+01	0.144 E+06	0.633 E-01	0.253 E+01	0.215 E-01	0.945 E+01
33		30, 20, 50	0.367 E-02	0.317 E+01	0.500 E-01	0.463 E+02	0.500 E-01	0.270 E+01	0.166 E-01	0.879 E+01
34		30, 30, 40	0.367 E-02	0.317 E+01	0.175 E-01	0.627 E+02	0.382 E-01	0.290 E+01	0.129 E-01	0.799 E+01
35		30, 40, 30	0.367 E-02	0.317 E+01	0.100 E-01	0.215 E+02	0.273 E-01	0.317 E+01	0.100 E-01	0.708 E+01
36		30, 50, 20	0.367 E-02	0.317 E+01	0.688 E-02	0.106 E+02	0.170 E-01	0.360 E+01	0.767 E-02	0.604 E+01
37		30, 60, 10	0.367 E-02	0.317 E+01	0.590 E-02	0.594 E+01	0.720 E-02	0.454 E+01	0.567 E-02	0.482 E+01
38		30, 70, 0	0.367 E-02	0.317 E+01	0.298 E-02	0.213 E+01			0.276 E-02	0.242 E+01
39		40, 0, 60	0.262 E-02	0.290 E+01			0.633 E-01	0.253 E+01	0.168 E-01	0.114 E+02
40		40, 10, 50	0.262 E-02	0.290 E+01	0.500 E-01	0.330 E+06	0.500 E-01	0.270 E+01	0.129 E-01	0.103 E+02
41		40, 20, 40	0.262 E-02	0.290 E+01	0.100 E-01	0.574 E+02	0.382 E-01	0.290 E+01	0.100 E-01	0.922 E+01
42		40, 30, 30	0.262 E-02	0.290 E+01	0.571 E-02	0.627 E+02	0.273 E-01	0.317 E+01	0.776 E-02	0.799 E+01
43	v	40, 40, 20	0.262 E-02	0.290 E+01	0.421 E-02	0.189 E+02	0.170 E-01	0.360 E+01	0.597 E-02	0.677 E+01
44		40, 50, 10	0.262 E-02	0.290 E+01	0.340 E-02	0.814 E+01	0.720 E-02	0.454 E+01	0.444 E-02	0.518 E+01
45	w	40, 60, 0	0.262 E-02	0.290 E+01	0.246 E-02	0.225 E+01			0.228 E-02	0.249 E+01
46		50, 0, 50	0.200 E-02	0.270 E+01			0.500 E-01	0.270 E+01	0.100 E-01	0.119 E+02
47		50, 10, 40	0.200 E-02	0.270 E+01	0.200 E-02	0.330 E+06	0.382 E-01	0.290 E+01	0.775 E-02	0.103 E+02
48		50, 20, 30	0.200 E-02	0.270 E+01	0.200 E-02	0.463 E+03	0.273 E-01	0.317 E+01	0.603 E-02	0.879 E+01
49		50, 30, 20	0.200 E-02	0.270 E+01	0.200 E-02	0.458 E+02	0.170 E-01	0.360 E+01	0.466 E-02	0.717 E+01
50		50, 40, 10	0.200 E-02	0.270 E+01	0.200 E-02	0.123 E+02	0.720 E-02	0.454 E+01	0.350 E-02	0.543 E+01
51		50, 50, 0	0.200 E-02	0.270 E+01	0.200 E-02	0.238 E+01			0.190 E-02	0.253 E+01
52		60, 0, 40	0.158 E-02	0.253 E+01			0.382 E-01	0.290 E+01	0.595 E-02	0.114 E+02
53		60, 10, 30	0.158 E-02	0.253 E+01	0.987 E-04	0.144 E+06	0.273 E-01	0.317 E+01	0.465 E-02	0.945 E+01
54		60, 20, 20	0.158 E-02	0.253 E+01	0.500 E-03	0.238 E+03	0.170 E-01	0.360 E+01	0.361 E-02	0.754 E+01
55		60, 30, 10	0.158 E-02	0.253 E+01	0.905 E-03	0.229 E+02	0.720 E-02	0.454 E+01	0.274 E-02	0.558 E+01
56	y	60, 40, 0	0.158 E-02	0.253 E+01	0.158 E-02	0.253 E+01			0.158 E-02	0.253 E+01
57		70, 0, 30	0.127 E-02	0.239 E+01			0.273 E-01	0.317 E+01	0.351 E-02	0.995 E+01
58		70, 10, 20	0.127 E-02	0.239 E+01	0.997 E-05	0.255 E+05	0.170 E-01	0.360 E+01	0.275 E-02	0.776 E+01
59		70, 20, 10	0.127 E-02	0.239 E+01	0.215 E-03	0.702 E+02	0.720 E-02	0.454 E+01	0.212 E-02	0.560 E+01
60		70, 30, 0	0.127 E-02	0.239 E+01	0.118 E-02	0.274 E+01			0.130 E-02	0.248 E+01
61		80, 0, 20	0.101 E-02	0.225 E+01			0.170 E-01	0.360 E+01	0.203 E-02	0.778 E+01
62		80, 10, 10	0.101 E-02	0.225 E+01	0.423 E-05	0.151 E+04	0.720 E-02	0.454 E+01	0.159 E-02	0.546 E+01
63		80, 20, 0	0.101 E-02	0.225 E+01	0.781 E-03	0.306 E+01			0.105 E-02	0.239 E+01
64		90, 0, 10	0.777 E-03	0.209 E+01			0.720 E-02	0.454 E+01	0.111 E-02	0.510 E+01
65		90, 10, 0	0.777 E-03	0.209 E+01	0.369 E-03	0.374 E+01			0.798 E-03	0.223 E+01
66	z	100, 0, 0	0.316 E-03	0.164 E+01					0.316 E-03	0.164 E+01
	a	0, 15, 85			0.173 E+00	0.332 E+01	0.112 E+00	0.217 E+01	0.108 E+00	0.232 E+01
	e	15, 0, 85	0.832 E-02	0.396 E+01			0.122 E+00	0.217 E+01	0.658 E-01	0.649 E+01
	h	20, 28, 52	0.589 E-02	0.361 E+01	0.613 E-01	0.584 E+02	0.525 E-01	0.266 E+01	0.226 E-01	0.725 E+01
	i	7, 41, 52	0.227 E-01	0.518 E+01	0.560 E-01	0.956 E+01	0.525 E-01	0.266 E+01	0.332 E-01	0.488 E+01
	j	7, 50, 43	0.227 E-01	0.518 E+01	0.355 E-01	0.702 E+01	0.416 E-01	0.283 E+01	0.269 E-01	0.474 E+01
	k	27, 28, 45	0.414 E-02	0.328 E+01	0.289 E-01	0.782 E+02	0.440 E-01	0.279 E+01	0.158 E-01	0.797 E+01
	l	27, 50, 23	0.414 E-02	0.328 E+01	0.861 E-02	0.108 E+02	0.200 E-01	0.345 E+01	0.899 E-02	0.613 E+01
	n	27, 73, 0	0.414 E-02	0.328 E+01	0.315 E-02	0.210 E+01			0.293 E-02	0.239 E+01
	o	12, 88, 0	0.110 E-01	0.427 E+01	0.433 E-02	0.193 E+01			0.413 E-02	0.215 E+01
	p	12, 80, 8	0.110 E-01	0.427 E+01	0.866 E-02	0.348 E+01	0.533 E-02	0.492 E+01	0.867 E-02	0.366 E+01
	r	35, 0, 65	0.306 E-02	0.302 E+01			0.707 E-01	0.236 E+01	0.218 E-01	0.108 E+02
	s	35, 20, 45	0.306 E-02	0.302 E+01	0.227 E-01	0.544 E+03	0.440 E-01	0.279 E+01	0.129 E-01	0.911 E+01
	t	27, 52, 20	0.414 E-02	0.328 E+01	0.776 E-02	0.914 E+01	0.170 E-01	0.360 E+01	0.829 E-02	0.583 E+01
	u	40, 15, 45	0.262 E-02	0.290 E+01	0.172 E-01	0.488 E+04	0.440 E-01	0.279 E+01	0.113 E-01	0.980 E+01
	x	55, 0, 45	0.177 E-02	0.261 E+01			0.440 E-01	0.279 E+01	0.772 E-02	0.117 E+02

پیوست شماره دو - استفاده از دفترچه رنگ مانسل

دفترچه رنگ مانسل را سازمان حفاظت خاک آمریکا^۱ (SCS) برای تشخیص رنگهای مختلف خاک در هفت چارت پیشنهاد نموده است. در این دفترچه ۱۹۶ رنگ مختلف دیده می شود. رنگها به کمک سه عامل نوع رنگ،^۲ روشنی رنگ،^۳ و شدت رنگ^۴ تشخیص داده می شوند.

- نوع رنگ

نوع رنگ، رابطه آن را با رنگهای قرمز،^۵ زرد،^۶ سبز،^۷ آبی^۸ و ارغوانی^۹ نشان می دهد. هفت نوع رنگ به شرح زیر در دفترچه رنگ مانسل نشان داده شده است:

10.0 R , 2.5 YR , 5.0 YR , 7.5 YR , 10.0 YR , 2.5 Y , 5.0 Y

به عبارت دیگر، نوع رنگ از قرمز پررنگ (10 R) تا زرد متوسط (5 Y) تغییر می کند؛ مثلاً نوع رنگ 10.0 R کمی قرمزتر از 7.5 R و نوع رنگ 7.5 R کمی قرمزتر از 5.0 R است. نوع رنگ 5.0 R معمولاً برای مناطق گرمسیری^{۱۰} به ویژه استرالیا، آفریقا و جنوب شرقی آسیا و نوع رنگ 7.5 R برای مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری^{۱۱} به کار می رود.

نوع رنگ، به طور خلاصه، با حروف اول رنگ مربوط قرمز (R)، قرمز زرد رنگ (YR) و زرد (Y) با شماره ۰ تا ۱۰ نشان داده می شود. انواع رنگها به ترتیب از قرمز به سمت قرمز کمتر و زرد بیشتر و بالاخره زرد تغییر می کند. رنگ حد واسط دو رنگ مختلف با متوسط عددی آن دو رنگ مشخص می شود؛ مثلاً رنگ واقع بین 2.5 YR و 5.0 YR را می توان با 3.75 YR نشان داد.

- روشنی رنگ

روشنی رنگ معرف روشن و تیره بودن آن است. درجه روشنی و تیرگی رنگ از صفر (سیاه مطلق) تا ۱۰ (سفید مطلق)

1- Soil Conservation Service

2- Hue

3- Value

4- Chroma

5- Red

6- Yellow

7- Green

8- Blue

9- Purple

10- Tropical

11- Sub-Tropical

تقسیم‌بندی شده است. به عنوان مثال، درجه ۵ نشان‌دهنده رنگی است که تیرگی آن حد واسط سفید مطلق و سیاه مطلق قرار دارد و یا درجه ۶ نشان‌دهنده رنگی است که تیرگی آن ۶۰ درصد از سیاه مطلق و ۴۰ درصد از سفید مطلق فاصله دارد.

– شدت رنگ

شدت رنگ، پررنگی و کم‌رنگی و یا شدت و ضعف رنگ را مشخص می‌کند که از صفر تا ۲۰ (که هرگز در خاکها مشاهده نمی‌شود) تغییر می‌کند. در خاکها معمولاً شدت رنگ بسته به نوع رنگها از صفر تا ۸ متغیر است.

برای رنگهای با شدت رنگ صفر (خاکستری، سفید و سیاه مطلق)، نوع رنگ یکسان است و با حرف N نشان داده می‌شود.

– نمایش رنگها

رنگها به شکل زیر نمایش داده می‌شوند:

$$\text{روشنی رنگ} \quad \text{نوع رنگ} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{Value}}{\text{Hue Chroma}} \quad \text{شدت رنگ}$$

به عنوان مثال، رنگی با نوع 5 YR و روشنی ۵ و شدت ۶ به صورت 5 YR 5/6 نشان داده می‌شود. معمولاً حالت‌های خشک^۱ (D) و مرطوب^۲ (M) خاک در ادامه نمایش رنگ ذکر می‌گردد.

دفترچه رنگ مانسل دو عدد ماسک به رنگهای سیاه و خاکستری به همراه دارد. از ماسک سیاه‌رنگ برای تشخیص رنگهای تیره و از ماسک خاکستری برای تشخیص رنگهای حد واسط و روشن استفاده می‌شود.

مربع خالی یا سوراخ ماسک روی چهار رنگ نزدیک به هم قرار داده می‌شود، تا بقیه رنگها از دید بررسی‌کننده مخفی شود و موجب خطای چشم نگردد. با قراردادن نمونه در زیر چارت و مقایسه با چهاررنگ زیر ماسک، نوع رنگ به‌طور دقیق مشخص می‌شود.

1- Dry

2- Moist

۶- منابع و مأخذ

- 1) Drainage Principles & Applications, ILRI, Wageningen, The Netherlands, 1994.
- 2) Definition & Abbreviation & Soil Description, USDA, SCS, 1974.
- 3) Munsell Soil Color Charts, Kollmorgen Corporation, USA, 1971.
- 4) Equipment for Soil Research, Eijkelkamp B.V., The Netherlands, 1985.
- 5) Soil Auger & Machine Factory, Eijkelkamp B.V., The Netherlands, 1974.
- 6) Drainage of Agricultural Lands, USDA, SCS, 1973.
- 7) A Unifying Quantitative Analysis, of Soil Texture, M.Shirazi & L.Boersma, Soil Sci. Soc. Am. J. Vol 48.,1984.
- 8) Irrigation, J.B. Zimmerman, John Wiley & Sons, New York, 1966, USA.
- 9) Drainage Manual, USBR, 1992.

- ۱- اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک، محمد بایبوردی، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.
- ۲- خاک، تشکیل و طبقه‌بندی، بایبوردی و کوهستانی، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران ۱۳۵۹.
- ۳- فیزیک خاک، محمد بایبوردی، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۵۷
- ۴- راهنمای مطالعات شناسایی و تشریح نیمرخ خاک، نشریه فنی شماره ۷۵۸، مؤسسه تحقیقات خاک و آب ۱۳۶۷.
- ۵- زهکشی اراضی، لامبرت اسمیدما و دیویدرای کرافت، ترجمه امین علیزاده، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۶۶.

جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

فهرست نشریات

زمستان

۱۳۷۵

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۱	زلزله خیزی ایران (از سال ۱۹۰۰ تا سال ۱۹۶۹)	۱	۱۳۵۰	-	
۲	زلزله هشتم مرداد ماه ۴۹ قراوه (گنبد کاووس)	۲	۱۳۵۰	-	
۳	بررسی های فنی	۳	۱۳۵۰	-	
۴	طرح و محاسبه و اجرای رویه های بتنی در فرودگاهها	۴	۱۳۵۰	-	
۵	آزمایش لوله های تحت فشارسیمان و پنبه نسوز				
	درکارگاه های لوله کشی	۵	۱۳۵۰	-	
۶	ضمائم فنی دستورالعمل طرح، محاسبه و اجرای رویه های بتنی در فرودگاهها	۶	۱۳۵۰	-	
۷	دفترچه تپ شرح قیمت های واحد عملیات راههای فرعی	۷	۱۳۵۱	۱۳۵۲	فاقد اعتبار
۸	دفترچه تپ شرح قیمت های واحد عملیات راههای اصلی	۸	۱۳۵۱	۱۳۵۲	فاقد اعتبار
۹	مطالعه و بررسی در تعیین ضوابط مربوط به طرح مدارس ابتدائی	۹	۱۳۵۱	-	
۱۰	بررسی فنی مقدماتی زلزله ۲۱ فروردین ماه ۱۳۵۱ منطقه قزوین	۱۰	۱۳۵۱	-	
۱۱	برنامه ریزی فیزیکی بیمارستانهای عمومی کوچک	۱۱	۱۳۵۱	-	
۱۲	روسازی شنی و حفاظت رویه آن	۱۲	۱۳۵۲	-	
۱۳	زلزله ۱۷ آبان ماه بندرعباس	۱۳	۱۳۵۲	-	
۱۴	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش کارهای آجری)	۱۴	۱۳۵۲	۱۳۵۳	
۱۵	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش تعیین هزینه سازه های ماسه های راهسازی)	۱۵	۱۳۵۲	-	فاقد اعتبار
۱۶	شرح قیمت های واحد تپ برای کارهای ساختمانی	۱۶	۱۳۵۲	-	فاقد اعتبار
۱۷	برنامه ریزی فیزیکی بیمارستان های عمومی از ۱۵۰ تخت تا ۷۲۰ تخت	۱۷	۱۳۵۲	-	
۱۸	مشخصات فنی عمومی لوله ها و اتصالات پی.وی.سی سخت				
	برای مصارف آب رسانی	۱۸	۱۳۵۲	-	
۱۹	روش نصب و کارگذاری لوله های پی.وی.سی	۱۹	۱۳۵۲	-	
۲۰	جوشکاری در ساختمان های فولادی	۲۰	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۱	تجهیز و سازماندهی کارگاه جوشکاری	۲۱	۱۳۵۲	۱۳۶۳	
۲۲	جوش پذیری فولادهای ساختمانی	۲۲	۱۳۵۲	۱۳۶۲	
۲۳	بازرسی و کنترل کیفیت جوش در ساختمان های فولادی	۲۳	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۴	ایمنی در جوشکاری	۲۴	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۵	زلزله ۲۳ نوامبر ۱۹۷۲ ماناگوا	۲۵	۱۳۵۲	-	
۲۶	جوشکاری در درجات حرارت پایین	۲۶	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۷	مشخصات فنی عمومی لوله کشی آب سرد و گرم و فاضلاب ساختمان	۲۷	۱۳۵۲	-	

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۲۸	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی (بخش ملاتها)	۲۸	۱۳۵۳	-	
۲۹	بررسی نحوه توزیع منطقی تخت های بیمارستانی کشور	۲۹	۱۳۵۳	-	
۳۰	مشخصات فنی عمومی برای طرح و اجرای انواع شمعها و سپرها	۳۰	۱۳۵۳	۱۳۶۵	
۳۱	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش اندودها، قرنیزها و بندکشی)	۳۱	۱۳۵۳	-	
۳۲	شرح قیمت های واحد تیپ برای کارهای لوله کشی آب و فاضلاب ساختمان	۳۲	۱۳۵۳	-	
۳۳	مشخصات فنی عمومی راههای اصلی	۳۳	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۳۴	مشخصات فنی عمومی اسکلت فولادی ساختمان	۳۴	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۳۵	مشخصات فنی عمومی کارهای بتنی	۳۵	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۳۶	مشخصات فنی عمومی کارهای بنایی	۳۶	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۳۷	استانداردهای نقشه کشی	۳۷	۱۳۵۳	-	
۳۸	مشخصات فنی عمومی اندودکاری	۳۸	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۳۹	شرح قیمت های واحد تیپ برای کارهای تاسیسات حرارتی و تهویه مطبوع	۳۹	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۴۰	مشخصات فنی عمومی درو پنجره	۴۰	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۴۱	مشخصات فنی عمومی شیشه کاری در ساختمان	۴۱	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۴۲	مشخصات فنی عمومی کاشی کاری و کفپوش در ساختمان	۴۲	۱۳۵۳	-	فائد اعتبار
۴۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش کاشی کاری، سرامیک کاری، فرش کف، و عایق کاری)	۴۳	۱۳۵۳	-	
۴۴	استاندارد پیشنهادی لوله های سخت پی.وی.سی در لوله کشی آب آشامیدنی	۴۴	۱۳۵۴	-	
۴۵	استاندارد پیشنهادی لوله های سخت پی.وی.سی در مصارف صنعتی	۴۵	۱۳۵۴	-	
۴۶	زلزله ۱۶ اسفند ۱۳۵۳ (سرخون بندرعباس)	۴۶	۱۳۵۴	-	
۴۷	استاندارد پیشنهادی اتصالات لوله های تحت فشار پی.وی.سی	۴۷	۱۳۵۴	-	
۴۸	مشخصات فنی عمومی راههای نرخی درجه یک و دو	۴۸	۱۳۵۴	-	فائد اعتبار
۴۹	بخشی پیرامون فضا در ساختمانهای اداری	۴۹	۱۳۵۴	-	
۵۰	گزارش شماره ۱ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران	۵۰	۱۳۵۴	-	
۵۱	مشخصات فنی عمومی کارهای نصب ورقهای پوششی سقف	۵۱	۱۳۵۴	-	فائد اعتبار
۵۲	شرح قیمت های واحد تیپ برای کارهای تاسیسات برق	۵۲	۱۳۵۴	-	فائد اعتبار
۵۳	زلزله های سال ۱۹۷۰ کشور ایران	۵۳	۱۳۵۴	-	
۵۴	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله های سخت پی.وی.سی در لوله کشی آب سرد	۵۴	۱۳۵۴	-	

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۵۵	مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (تجدید نظر اول)	۵۵	۱۳۵۴	۱۳۷۴	تجدید نظر اول: چاپ دوم
۵۶	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی.وی.سی	۵۶	۱۳۵۴		
۵۷	شرایط لازم برای طرح و محاسبه ساختمانهای بتن آرمه	۵۷	۱۳۵۴		
۵۸	گزارش شماره ۲ مربوط به نمودارهای شتاب‌نگار در ایران	۵۸	۱۳۵۴		
۵۹	شرح قیمت‌های واحد تیپ برای خطوط انتقال آب	۵۹	۱۳۵۴		فائده اعتبار
۶۰	شرح قیمت‌های واحد تیپ برای شبکه توزیع آب	۶۰	۱۳۵۵		
۶۱	طرح و محاسبه قابهای شیبدار و قوسی فلزی	۶۱	۱۳۵۵		
۶۲	نگرشی بر کارکرد و نارسائیهای کوی نهم آبان	۶۲	۱۳۵۵		
۶۳	زلزله‌های سال ۱۹۶۹ کشور ایران	۶۳	۱۳۵۵		
۶۴	مشخصات فنی عمومی درزهای انبساط	۶۴	۱۳۵۵		فائده اعتبار
۶۵	نقاشی ساختمانها (آئین کاربرده)	۶۵	۱۳۵۵		فائده اعتبار
۶۶	تحلیلی بر روند دگرگونیهای سکونت در شهرها	۶۶	۱۳۵۵		فائده اعتبار
۶۷	راهنمایی برای اجرای ساختمان بناهای اداری	۶۷	۱۳۵۵		
۶۸	ضوابط تجزیه و تحلیل قیمت‌های واحد اقلام مربوط به خطوط انتقال آب	۶۸	۱۳۵۶		
۶۹	زلزله‌های سال ۱۹۶۸ کشور ایران	۶۹	۱۳۵۶		
۷۰	مجموعه مقالات سمینار سنتو (پیشرفتهای اخیر در کاهش خطرات زلزله، تهران ۲۳-۲۵ آبان‌ماه ۱۳۵۵)	۷۰	۱۳۵۶		
۷۱	محافظت ابنیه فنی آهنی و فولادی در مقابل خوردگی	۷۱	۱۳۵۶		
۷۲	راهنمایی برای تجزیه قیمت‌های واحد کارهای تاسیساتی	۷۲	۱۳۵۶		
۷۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش عملیات خاکی با وسایل مکانیکی)	۷۳	۱۳۵۶		
۷۴	ضوابطی برای طرح و اجرای ساختمانهای فولادی (براساس آئین نامه AISC)	۷۴	۱۳۵۶		
۷۵	برنامه کامپیوتری مربوط به آنالیز قیمت کارهای ساختمانی و راهسازی	۷۵	۱۳۵۶		
۷۶	مجموعه راهنمای تجزیه واحد قیمت‌های واحد کارهای ساختمانی و راهسازی (قسمت اول)	۷۶	۱۳۵۶		
۷۷	زلزله ۴ مارس ۱۹۷۷ کشور رومانی	۷۷	۱۳۵۶		
۷۸	راهنمای طرح ساختمانهای فولادی	۷۸	۱۳۵۷	۱۳۶۲	
۷۹	شرح خدمات نقشه‌برداری	۷۹	۱۳۶۰	۱۳۶۴	
۸۰	راهنمای ایجاد بناهای کوچک در مناطق زلزله‌خیز	۸۰	۱۳۶۰		
۸۱	سیستم گازهای طبی در بیمارستانها - محاسبات و اجرا	۸۱	۱۳۶۱		

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۸۲	راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک	۸۲	۱۳۶۲	۱۳۷۵	ویرایش سوم: چاپ دوم
۸۳	نقشه‌های تیپ پلها و آبروها تا دهانه ۸ متر	۸۳	۱۳۶۶	۱۳۷۳	
۸۴	طراحی مسکن برای اشخاص دارای معلولیت (باصندلی چرخدار)	۸۴	۱۳۶۳		
۸۵	معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی	۸۵	۱۳۶۵		
۸۶	معیارهای طرح هندسی راههای روستائی	۸۶	۱۳۶۴		
۸۷	معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها	۸۷	۱۳۶۷		
۸۸	چکیده‌ای از طرح هندسی راهها و تقاطع‌ها	۸۸	۱۳۶۴		
۸۹	مشخصات فنی تأسیسات برق بیمارستان	۸۹	۱۳۶۹	۱۳۷۳	
۹۰	دیوارهای سنگی	۹۰	۱۳۶۳		
۹۱	القبای کالبد خانه سنتی (یزد)	۹۱	۱۳۶۴		
۹۲	جزئیات معماری ساختمانهای آجری	۹۲	۱۳۶۳	۱۳۷۳	چاپ چهارم
۹۳	گزارش فنی (ساختمان مرکز بهداشت قم)	۹۳	۱۳۶۳		
۹۴	تیرچه‌های پیش‌ساخته خربائی (مشخصات فنی، روش طرح و محاسبه به انضمام جدولهای محاسبه تیرچه‌ها)	۹۴	۱۳۶۶	۱۳۷۵	
۹۵	مشخصات فنی نقشه‌برداری	۹۵	۱۳۶۸		
۹۶	جداول طراحی ساختمانهای بتن فولادی به روش حالت حدی	۹۶	۱۳۶۵		
۹۷	ضوابط طراحی فضاهای آموزشگاههای فنی حرفه‌ای (جلد اول، کارگاههای مربوط به رشته ساختمان)	۹۷	۱۳۶۵		
۹۸	ضریب‌ها و جدولهای تبدیل واحدها و مقیاسها	۹۸	۱۳۶۶	۱۳۶۷	
۹۹	وسایل کنترل ترافیک	۹۹	۱۳۷۰		
۱۰۰	بلوک بتنی و کاربرد آن در دیوار	۱۰۰	۱۳۶۸		
۱۰۱	مشخصات فنی عمومی راه	۱۰۱	۱۳۶۴	۱۳۷۵	چاپ سوم
۱۰۲	مجموعه نقشه‌های تیپ تابلیه پلها (پیش ساخته، پیش تنیده، درجا) تا دهانه ۲۰ متر	۱۰۲	۱۳۶۶	۱۳۷۳	
۱۰۳	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (منابع آب و خاک و نحوه بهره‌برداری در گذشته و حال)	۱۰۳	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۴	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک کانالها و مجاری)	۱۰۴	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۵	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک لوله‌ها و مجاری)	۱۰۵	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۶	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (اندازه‌گیرهای جریان)	۱۰۶	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۷	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (نقشه‌های تیپ)	۱۰۷	۱۳۶۸	۱۳۷۳	

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۱۰۸	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (مشخصات فنی عمومی)	۱۰۸	۱۳۶۸	۱۳۷۳	
۱۰۹	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (خدمات فنی دوران بهره‌برداری و نگهداری)	۱۰۹	۱۳۶۸	۱۳۷۳	
۱۱۰	مشخصات فنی عمومی و اجرائی تاسیسات برقی ساختمان	۱۱۰	۱۳۷۱	۱۳۷۵	چاپ سوّم
۱۱۱	محافظت ساختمان در برابر حریق (بخش اول)	۱۱۱	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۱۲	محافظت ساختمان در برابر حریق (بخش دوّم)	۱۱۲	۱۳۷۱	۱۳۷۳	
۱۱۳	کتابنامه تونل و تونل سازی	۱۱۳	۱۳۶۸		
۱۱۴	کتابنامه بندر	۱۱۴	۱۳۶۸		
۱۱۵	مشخصات فنی عمومی ساختمانهای گوسفندداری	۱۱۵	۱۳۷۱		
۱۱۶	استاندارد کیفیت آب آشامیدنی	۱۱۶	۱۳۷۱		
۱۱۷	مبانی و ضوابط طراحی طرحهای آبرسانی شهری	۱۱۷	۱۳۷۱		
۱۱۸	مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی و فاضلاب شهری	۱۱۸	۱۳۷۱		
۱۱۹	دستورالعمل‌های تیپ نقشه‌برداری (مجموعه‌ای شامل ۴ جلد)	۱۱۹	۱۳۷۱		
۱۲۰	آئین‌نامه بتن ایران "آبا" (بخش اول)	۱۲۰	۱۳۷۰	۱۳۷۵	ویرایش دوّم
	آئین‌نامه بتن ایران "آبا" (بخش دوّم)	۱۲۰	۱۳۷۲	۱۳۷۵	چاپ سوّم
۱۲۱	ضوابط فنی بررسی و تصویب طرحهای تصفیه آب شهری	۱۲۱	۱۳۷۱		
۱۲۲	مجموعه نقشه‌های تیپ اجرایی ساختمانهای گوسفندداری	۱۲۲	۱۳۷۱		
۱۲۳	ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی	۱۲۳	۱۳۷۴		ویرایش دوّم
۱۲۴	مشخصات فنی عمومی مخازن آب زمینی	۱۲۴	۱۳۷۲		
۱۲۵	مجموعه نقشه‌های تیپ اجرایی مخازن آب زمینی	۱۲۵	۱۳۷۳		
۱۲۶	فهرست مقادیر و آحادبهای مخازن آب زمینی	۱۲۶			زیر چاپ
۱۲۷	آزمایشهای تیپ مکانیک خاک (شناسایی و طبقه‌بندی خاک)	۱۲۷	۱۳۷۲		
۱۲۸	مشخصات فنی عمومی تاسیسات مکانیکی ساختمانها:				
	تاسیسات گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع (بخش دوّم)	۱۲۸	۱۳۷۲		
	تاسیسات بهداشتی (بخش سوّم)	۱۲۸	۱۳۷۴		
۱۲۹	ضوابط فنی بررسی و تصویب طرحهای تصفیه فاضلاب شهری	۱۲۹-۳	۱۳۷۲		
۱۳۰	گزارش و آمار روزانه بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های آب	۱۳۰-۳	۱۳۷۳		
۱۳۱	راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راههای جنگلی	۱۳۱			
۱۳۲	موازن فنی ورزشگاههای کشور (مجموعه‌ای شامل ۴ جلد)	۱۳۲	۱۳۷۴		
۱۳۳	راهنمای نگهداری و تعمیرات تصفیه‌خانه‌های آب و حفاظت و ایمنی تاسیسات	۱۳۳	۱۳۷۴		
۱۳۴	نیروی انسانی در تصفیه‌خانه‌های آب و مراقبت بهداشتی و کنترل سلامت آنها	۱۳۴	۱۳۷۴		

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۱۳۵	سه مقاله از آقای مهندس مگردیچیان در یک مجلد	۱۳۵	۱۳۷۴		در دست اقدام
۱۳۶	طرح جامع مصالح ساختمانی کشور	۱۳۶	-		
۱۳۷	راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از مخازن آب	۱۳۷	۱۳۷۴		
۱۳۸	مهندسی نگهداری ساختمان و تاسیسات	۱۳۸	۱۳۷۴		
۱۳۹	آئین نامه بارگذاری پلها	۱۳۹	۱۳۷۴		در دست اقدام
۱۴۰-۱	نقشه‌های تیب کلینیک و آزمایشگاه درجه یک دامپزشکی	۱۴۰-۱			
۱۴۰-۲	نقشه‌های تیب کلینیک و آزمایشگاه درجه دو دامپزشکی	۱۴۰-۲			
۱۴۰-۳	نقشه‌های تیب کلینیک مستقل دامپزشکی	۱۴۰-۳			
۱۴۱	راهنمای طراحی کارگاههای پرورش ماهی‌های گرم آبی	۱۴۱	۱۳۷۵		در دست اقدام
۱۴۲	ضوابط طراحی کارگاههای پرورش ماهی‌های گرم آبی	۱۴۲	۱۳۷۵		
۱۴۳	برنامه‌ریزی و طراحی هتل	۱۴۳	۱۳۷۵		
۱۴۴-۱	تسهیلات پیاده‌روی، مبانی فنی	۱۴۴-۱	۱۳۷۵		
۱۴۴-۲	تسهیلات پیاده‌روی (توصیه‌ها و معیارهای فنی)	۱۴۴-۲	۱۳۷۵		در دست اقدام
۱۴۵-۱	تقاطع‌های هم‌سطح، مبانی فنی (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت)	۱۴۵-۱			
۱۴۵-۲	تقاطع‌های هم‌سطح، توصیه‌ها و معیارهای فنی (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت)	۱۴۵-۲			
۱۴۶	آموزش ایمنی تردد به خردسالان و نوجوانان	۱۴۶	۱۳۷۵		
۱۴۷	ضوابط طراحی ساختمانهای پرورش گاو شیری	۱۴۷	۱۳۷۵		در دست اقدام
۱۴۸	دستورالعمل تهیه پروژه راههای جنگلی	۱۴۸			
۱۴۹-۱	مقدار تابش کلی خورشید بر تراز افقی در گستره ایران (قسمت اول: تابش خورشید و ابرگرگنگی)	۱۴۹-۱			
۱۵۰	سازه‌های بتنی مهندسی محیط‌زیست و آزمون آب‌بندی سازه‌های بتن آرمه	۱۵۰			
۱۵۱	نقشه‌های تیب ساختمانهای پرورش گاوشیری در اقلیم کاملاً مناسب	۱۵۱			در دست اقدام
۱۵۲	راهنمای اجرای بتن در مناطق گرمسیری	۱۵۲	۱۳۷۵		
۱۵۳	دستورالعمل لایه‌بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی	۱۵۳	۱۳۷۵		
۱۵۴	دستورالعمل حفر و تجهیز چاهکهای مشاهده‌ای	۱۵۴	۱۳۷۵		
۱۵۵	دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک - روش چاهک	۱۵۵	۱۳۷۵		در دست اقدام
۱۵۶	راهنمای تعیین منحنی دبی - اشل رودخانه با استفاده از روش ایتشتین - بارباروسا	۱۵۶	۱۳۷۵		
۱۵۷	دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از ماشین آلات مورد نیاز شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۱۵۷	۱۳۷۵		

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۱۵۸	دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از تأسیسات و تجهیزات شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۱۵۸	۱۳۷۵		
۱۵۹	ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد و مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه	۱۵۹	۱۳۷۵		
۱۶۰	دستورالعمل مطالعات فیزیوگرافی در حوضه‌های آبخیز	۱۶۰	۱۳۷۵		

فهرست مجموعه سخنرانیها و مقالات سمینارها و نشریات بدون شماره
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۱	مجموعه برگردان مقاله‌های برگزیده از سمینارهای بین‌المللی تونل‌سازی (تونل سازی ۸۵)	-			
۲	مجموعه سخنرانیهای دومین سمینار تونل‌سازی	-	۱۳۶۵		
۳	بتن در مناطق گرمسیر (اولین سمینار بندرسازی)	-			
۴	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به چهارمین سمپوزیوم آثرو دینامیک و تهویه تونل‌های راه (انگلستان ۱۹۸۲)	-	۱۳۶۵		
۵	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به کنفرانس محافظت ساختمانها در برابر حریق (۳۰-۳۰ تیرماه ۱۳۶۵)	-	=		
۶	مجموعه سخنرانیهای سومین سمینار تونل‌سازی	-	=		
۷	مجموعه سخنرانیهای اولین سمینار بندرسازی	-	=		
۸	توصیه‌های بین‌المللی متحدالشکل برای محاسبه و اجرای سازه‌های متشکل از پانل‌های بزرگ بهم پیوسته	-	۱۳۶۷		
۹	چهره معماری دزفول در آینده امروز	-			
۱۰	واژه‌نامه بتن (بخشی از آئین‌نامه بتن ایران)	-	۱۳۶۸	۱۳۷۱	
۱۱	مهندسی زلزله و تحلیل سازه‌ها در برابر زلزله	-	۱۳۶۹		
۱۲	بررسی و تهیه بتن با مقاومت بالا با استفاده از کلینگر	-	۱۳۶۸		
۱۳	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۶۹	-	۱۳۶۹		
۱۴	مجموعه مقالات سمینار بتن ۶۷	-	۱۳۶۹		
۱۵	گزارش زلزله منجیل ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹	-	۱۳۶۹		
۱۶	مجموعه مقالات اولین سمینار بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران (جلدهای اول و دوم)	-	۱۳۶۹		
۱۷	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۶۹ (پیوست)	-	۱۳۷۰		
۱۸	بررسی، ارزیابی و نقد طرحهای مرتع و آبخیزداری	-	۱۳۷۰		
۱۹	بررسی، ارزیابی و نقد طرحهای مرتع و آبخیزداری (جمع‌بندی و نتیجه‌گیری)	-	۱۳۷۰		
۲۰	مجموعه مقالات اولین سمینار بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران (جلد سوم)	-	۱۳۷۰		
۲۱	زلزله و شکل‌پذیری سازه‌های بتن‌آرمه	-	۱۳۶۹		
۲۲	خلاصه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱	-	۱۳۷۱		
۲۳	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱ (فارسی)	-	۱۳۷۱		
۲۴	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱ (انگلیسی)	-	۱۳۷۱		
۲۵	مجموعه مقالات دومین سمینار بین‌المللی مکانیک و مهندسی پی ایران (فارسی - انگلیسی)	-	۱۳۷۱		
۲۶	مقدمه‌ای بوضع موجود دامداری، تولیدات دامی، بیماری و خدمات دامپزشکی در کشور	-	۱۳۷۲		

In the Name of God
Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy
Iran Water Resources Management CO.
Deputy of Research
Office of Standard and Technical Criteria

Manual of Soil Logging for Land Drainage Survey

Publication No. 153

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات