



## مبانی شناسایی ژئوسنتیک‌ها

مؤلفان:

دکتر غلامعلی شفا بخش

دکتر عبدالحسین حداد

مهندس مهدی اکبری

سرشناسه : شفاعبخش، غلامعلی، ۱۳۴۲ -  
 عنوان و نام پدیدآور: مبانی شناسایی ژئوسنتتیکها/مولفان غلامعلی شفاعبخش، عبدالحسین حداد، مهدی اکبری.  
 مشخصات نشر : سمnan: دانشگاه سمnan، ۱۳۹۰.  
 مشخصات ظاهری : ۲۸۲ص: مصور، جدول، نمودار.  
 شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۴۰-۴۰-۴  
 یادداشت : واژه نامه.  
 یادداشت : کتاب نامه.  
 یادداشت : نمایه.  
 موضوع : ژئوسنتتیکشناسه افزوده : حداد، عبدالحسین، ۱۳۴۵ -  
 شناسه افزوده : اکبری، مهدی، ۱۳۵۹ -  
 شناسه افزوده : دانشگاه سمnan  
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۰ ش ۷/۹ TA۴۵۵/  
 رده بندی دیویی : ۶۲۴/۱۸۹۲۳  
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۵۷۸۵۲۶



## مبانی شناسایی ژئوسنتتیکها

- ✎ مؤلفان : دکتر غلامعلی شفاعبخش، دکتر عبدالحسین حداد، مهندس مهدی اکبری  
 ✎ طرح روی جلد: اسماعیل شجاعی  
 ✎ نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۰  
 ✎ چاپ : نفیس سمnan  
 ✎ شمارگان : ۲۰۰ جلد  
 ✎ قیمت : ۷۵۰۰۰ ریال  
 ✎ شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۴۰-۴۰-۴

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمnan می باشد.

تلفن انتشارات: ۰۲۳۱-۳۳۲۰۲۹۵

## پیشگفتار مولفان

حمد و سپاس پروردگار را که با الطاف بیکران خود، این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای سطح دانش علمی و فنی جامعه مهندسی، با تالیف کتاب حاضر، گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، موثر واقع شویم.

توسعه مواد پلیمری و کاربرد آن در تولید انواع ژئوسنتتیک، تغییرات بنیادینی را در مهندسی عمران به ارمغان آورده است. امروزه انواع ژئوسنتتیک در مقیاسی بسیار گسترده برای کاربردهای گوناگون و مناسب برای شرایط محیطی مختلف تولید می‌شوند. طی چهار دهه گذشته، استفاده از این نوع محصولات در فعالیت‌های عمرانی کاربردهای فراوانی یافته است. در این زمان، پیشرفت‌های قابل توجهی نیز در ارتباط با استفاده از ژئوسنتتیک برای کاربردهای خاص مهندسی عمران حاصل شده است. این پیشرفت‌ها برآیند رفتار تعاملی و همکاری مشترک و همراستا بین مجریان و محققان رشته مهندسی عمران و صنعت ژئوسنتتیک می‌باشد.

با افزایش دامنه کاربرد ژئوسنتتیک، از سال ۱۹۸۲ هر چهار سال یک بار، همایش بین‌المللی ژئوسنتتیک برگزار می‌گردد. در حال حاضر، دو نشریه علمی از سوی انجمن بین‌المللی ژئوسنتتیک<sup>۱</sup> با نام‌های "*Geotextiles and Geomembranes*" و "*Geosynthetics International*" با هدف ترویج دانش فنی در این زمینه منتشر می‌شود. در کشورهای غالباً توسعه‌یافته، کتاب‌ها و دستورالعمل‌های متنوع و منطبق با نیازهای دانشجویان، محققان و مجریان طرح‌های عمرانی انتشار یافته است. با این وجود، نیازهای علمی کشورمان هنوز تسامین نشده و جای خالی کتاب‌های تخصصی احساس می‌شود. از جمله این که، لازم است کتابی با محتوای مفاهیم پایه مرتبط با ژئوسنتتیک (یا بهتر است بگوییم، مهندسی ژئوسنتتیک) تهیه و در اختیار دانشجویان، محققان و متخصصان قرار گیرد. اهمیت تهیه این مجموعه آنجا آشکارتر می‌شود که به دلیل عدم لحاظ مباحث مهندسی ژئوسنتتیک در سرفصل‌های دروس دوره‌های کارشناسی در دانشگاه‌ها، مهندسان برای اجرای طرح‌هایی که در آنها از این محصولات استفاده است، با مشکل مواجه می‌شوند.

در همین راستا، مولفان کتاب حاضر قصد دارند تا موضوعات اصلی در معرفی انواع ژئوسنتتیک، کارکردها، خصوصیات و آزمایش‌های مختلف آنها را ارائه کنند. به همین خاطر تمام

<sup>۱</sup> International Geosynthetics Society (IGS)

تلاش خود را معطوف به تهیه مجموعه‌ای کرده‌اند که بتواند برای مهندسان عمران در زمینه‌های تخصصی مهندسی ژئوتکنیک، راهسازی و شبکه‌های ارتباطی، بهسازی زمین، تونل‌سازی، سدسازی، آبیاری و زهکشی و همچنین علاقه‌مندان به دانستن اصول مهندسی ژئوستتیک یک مرجع مناسب و قابل اطمینان محسوب گردد.

علاوه بر دانشجویان و مهندسان اجرایی، مطالب مطرح شده در این کتاب می‌تواند به عنوان مبنای و سرآغازی باشد برای بسیاری از طرح‌های تحقیقاتی و مطالعات پژوهشی که در آنها، مطالعات تکمیلی برای توسعه این شاخه از فن‌آوری مد نظر خواهد بود.

ضمن ارج نهادن به خدمات کلیه اساتید و متخصصان محترمی که در بازنگری این کتاب زحمات شایانی را متحمل شده‌اند، امید است کتاب حاضر به عنوان مرجعی مناسب در بحث شناخت ژئوستتیک، نقشی هرچند کوچک در جهت رشد و اعتلای دانش مهندسی داشته باشد.

با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از خطا نیست. لذا از شما خواننده محترم تقاضا می‌شود در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به اطلاع مولفان برسانند. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر شما گرامیان قدردانی می‌شود. بدیهی است نظرات و پیشنهادات شما در ویرایش‌های آتی این اثر که برگرفته از آخرین اطلاعات خواهد بود، لحاظ خواهد شد.

در خاتمه فرصت را غنیمت شمرده، از همه عزیزانی که به نحوی در ارائه این اثر همکاری کرده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

بهار ۱۳۹۰

غلامعلی شفابخش

(عضو هیات علمی دانشگاه سمنان)

عبدالحسین حداد

(عضو هیات علمی دانشگاه سمنان)

مهدی اکبری

(دانشجوی دکتری راه و ترابری دانشگاه سمنان)

## فهرست عناوین

- ۱- معرفی ژئوسنتتیک‌ها ————— ۱-۱
- ۱-۱ مقدمه ————— ۱-۱
- ۲-۱ انواع ژئوسنتتیک ————— ۳-۱
- ۱-۲-۱ ژئوتکستایل ————— ۴-۱
- ۲-۲-۱ ژئوگرید ————— ۶-۱
- ۳-۲-۱ ژئوت ————— ۸-۱
- ۴-۲-۱ ژئوممبرین ————— ۱۰-۱
- ۵-۲-۱ ژئوکامپوزیت ————— ۱۲-۱
- ۱-۵-۲-۱ ژئوتکستایل-ژئوگرید ————— ۱۳-۱
- ۲-۵-۲-۱ ژئوتکستایل-ژئوت ————— ۱۴-۱
- ۳-۵-۲-۱ ژئوتکستایل-ژئوممبرین ————— ۱۴-۱
- ۴-۵-۲-۱ ژئوممبرین-ژئوگرید ————— ۱۴-۱
- ۵-۵-۲-۱ ژئوتکستایل-هسته پلیمری ————— ۱۴-۱
- ۶-۲-۱ ژئوپایپ ————— ۱۵-۱
- ۷-۲-۱ دیگر ژئوسنتتیک‌ها ————— ۱۶-۱
- ۱-۷-۲-۱ ژئوسنتتیک آستر رسی ————— ۱۶-۱
- ۲-۷-۲-۱ ژئوبیل ————— ۱۸-۱
- ۳-۷-۲-۱ ژئوفوم ————— ۱۸-۱
- ۴-۷-۲-۱ ژئوت ————— ۱۸-۱
- ۵-۷-۲-۱ ژئومش ————— ۱۹-۱
- ۶-۷-۲-۱ ژئواسپیر ————— ۱۹-۱
- ۷-۷-۲-۱ ژئواستریپ ————— ۱۹-۱
- ۲- مواد اولیه و فرایند تولید ژئوسنتتیک‌ها ————— ۱-۲
- ۱-۲ مواد اولیه تولید ژئوسنتتیک‌ها ————— ۱-۲
- ۱-۱-۲ آشنایی با مواد پلیمری ————— ۱-۲
- ۲-۱-۲ پلیمرهای به کار رفته در ژئوسنتتیک ————— ۶-۲

- ۳-۱-۲ روش‌های شناسایی پلیمرهای مصرفی در ژئوسنتیک ..... ۹-۲
- ۱-۳-۱-۲ روش حرارت دادن و سوزاندن پلیمرها ..... ۱۰-۲
- ۲-۳-۱-۲ روش تجزیه شیمیایی ..... ۱۱-۲
- ۳-۳-۱-۲ روش اندازه‌گیری خواص فیزیکی ..... ۱۱-۲
- ۴-۱-۲ خواص پلیمرهای مصرفی در تولید ژئوسنتیک ..... ۱۷-۲
- ۲-۲ فرآیندهای تولید ژئوسنتیک ..... ۲۲-۲
- ۱-۲-۲ تولید ژئوتکستایل ..... ۲۷-۲
- ۲-۲-۲ تولید ژئوگرید ..... ۳۲-۲
- ۳-۲-۲ تولید ژئونت ..... ۳۴-۲
- ۴-۲-۲ تولید ژئوممبرین ..... ۳۶-۲
- ۵-۲-۲ تولید ژئوکامپوزیت ..... ۴۰-۲
- ۶-۲-۲ تولید ژئوپایپ ..... ۴۴-۲
- ۳- کارکردهای ژئوسنتیک‌ها ..... ۱-۳
- ۱-۳ مقدمه ..... ۱-۳
- ۱-۱-۳ تسلیح ..... ۳-۳
- ۲-۱-۳ جداسازی ..... ۱۰-۳
- ۳-۱-۳ فیلتراسیون ..... ۱۲-۳
- ۴-۱-۳ زهکشی ..... ۱۴-۳
- ۵-۱-۳ عایق رطوبتی و آببندی ..... ۱۵-۳
- ۶-۱-۳ حفاظت ..... ۱۵-۳
- ۷-۱-۳ کارکردهای فرعی ..... ۱۶-۳
- ۲-۲ انتخاب کارکردی ژئوسنتیک ..... ۱۸-۳
- ۳-۲ کارکرد ژئوتکستایل ..... ۲۳-۳
- ۱-۳-۲ جداسازی ..... ۲۳-۳
- ۲-۳-۲ تسلیح ..... ۲۴-۳
- ۳-۳-۲ فیلتراسیون ..... ۲۵-۳
- ۴-۳-۲ زهکشی ..... ۲۶-۳
- ۵-۳-۲ آببندی ..... ۲۶-۳
- ۶-۳-۲ کارکرد چندگانه ..... ۲۷-۳

- ۴-۳ کارکرد ژئوگرید ..... ۲۷-۳
- ۱-۴-۳ استفاده در جاده‌های روکشی‌نشده (فاقد رویه آسفالتی یا بتنی) ..... ۲۸-۳
- ۲-۴-۳ استفاده در جاده‌های روکشی‌شده (رویه‌دار) ..... ۲۸-۳
- ۳-۴-۳ تقویت خاکریزها ..... ۲۸-۳
- ۴-۴-۳ دیوارهای حائل خاک مسلح ..... ۲۸-۳
- ۵-۴-۳ افزایش ظرفیت باربری ..... ۲۹-۳
- ۶-۴-۳ روکشی پوشش خاک‌ها ..... ۲۹-۳
- ۵-۳ کارکرد ژئونت ..... ۲۹-۳
- ۶-۳ کارکرد ژئوممبرین ..... ۲۹-۳
- ۱-۶-۳ پوشش بدنه حوضچه‌های ذخیره مایع ..... ۳۰-۳
- ۲-۶-۳ پوشش روی مخازن مایعات ..... ۳۰-۳
- ۳-۶-۳ پوشش حداره کانال‌های انتقال آب ..... ۳۱-۳
- ۴-۶-۳ پوشش کف محل دفن زباله ..... ۳۱-۳
- ۵-۶-۳ درپوش محل دفن زباله ..... ۳۱-۳
- ۶-۶-۳ پوشش مخازن زیرزمینی ..... ۳۱-۳
- ۷-۶-۳ کاربردهای ژئوتکنیکی ..... ۳۲-۳
- ۷-۳ کارکرد ژئوکامپوزیت ..... ۳۲-۳
- ۱-۷-۳ جداسازی ..... ۳۲-۳
- ۲-۷-۳ تسلیح ..... ۳۲-۳
- ۳-۷-۳ فیلتراسیون ..... ۳۳-۳
- ۴-۷-۳ زهکشی ..... ۳۳-۳
- ۵-۷-۳ عایق‌بندی ..... ۳۴-۳
- ۸-۳ مزایا و معایب کلی در کاربرد ژئوسنتتیک ..... ۳۴-۳
- ۴- خصوصیات ژئوسنتتیک‌ها ..... ۱-۴
- ۱-۴ مقدمه ..... ۱-۴
- ۲-۴ خصوصیات فیزیکی ..... ۲-۴
- ۱-۲-۴ وزن مخصوص ..... ۲-۴
- ۲-۲-۴ جرم واحد سطح ..... ۳-۴

- ۳-۴ ضخامت ----- ۳-۲-۴
- ۵-۴ سختی ----- ۴-۲-۴
- ۶-۴ خصوصیات مکانیکی ----- ۳-۳-۴
- ۶-۴ تراکم‌پذیری ----- ۱-۳-۴
- ۷-۴ خصوصیات کششی ----- ۲-۳-۴
- ۱۷-۴ تعیین شاخص "مقدار متوسط حداقل خصوصیات کششی طاقه ژئوستتیک" ----- ۱-۲-۳-۴
- ۱۹-۴ خصوصیات قوام ----- ۳-۳-۴
- ۲۵-۴ خصوصیات سطح مرزی خاک-ژئوستتیک ----- ۴-۳-۴
- ۲۹-۴ خصوصیات هیدرولیکی ----- ۴-۴
- ۳۰-۴ مشخصات حفره‌های (چشمه‌های) ژئوستتیک ----- ۱-۴-۴
- ۳۴-۴ مشخصات نفوذپذیری ----- ۲-۴-۴
- ۴۳-۴ خصوصیات تخریب و دوام ----- ۵-۴
- ۴۳-۴ خزش ----- ۱-۵-۴
- ۴۸-۴ سایش ----- ۲-۵-۴
- ۴۸-۴ مشخصات جریان درازمدت ----- ۳-۵-۴
- ۵۲-۴ دوام ----- ۴-۵-۴
- ۶۲-۴ خصوصیات کارکردی مجاز و آزمایش ----- ۶-۴
- ۶۷-۴ توصیف محصول ژئوستتیکی ----- ۷-۴
- ۱-۵ آزمایش‌های ژئوستتیک‌ها ----- ۵-۴
- ۱-۵ مقدمه ----- ۱-۵
- ۱-۵ آزمایش‌های ژئوتکستایل ----- ۲-۵
- ۲-۵ خصوصیات فیزیکی ----- ۱-۲-۵
- ۲-۵ وزن مخصوص ----- ۱-۱-۲-۵
- ۲-۵ جرم واحد سطح ----- ۲-۱-۲-۵
- ۲-۵ ضخامت ----- ۳-۱-۲-۵
- ۲-۵ سختی ----- ۴-۱-۲-۵
- ۳-۵ خصوصیات مکانیکی ----- ۲-۲-۵
- ۳-۵ تراکم‌پذیری ----- ۱-۲-۲-۵



- ۴-۵-۲-۲-۵ مقاومت کششی اجزای ژئوتکستایل
- ۴-۵-۳-۲-۲-۵ مقاومت کششی محصور شده
- ۶-۵-۴-۲-۲-۵ مقاومت درز دوخته شده
- ۶-۵-۵-۲-۲-۵ مقاومت خستگی
- ۷-۵-۶-۲-۲-۵ مقاومت ترکیدگی
- ۸-۵-۷-۲-۲-۵ آزمایش های پارگی
- ۸-۵-۸-۲-۲-۵ آزمایش های ضربه
- ۹-۵-۹-۲-۲-۵ آزمایش های سوراخ کردن
- ۹-۵-۱۰-۲-۲-۵ رفتار اصطکاکی
- ۱۲-۵-۱۱-۲-۲-۵ آزمایش مهار
- ۱۳-۵-۳-۲-۲-۵ خصوصیات هیدرولیکی
- ۱۳-۵-۱-۳-۲-۵ پوکی
- ۱۴-۵-۲-۳-۲-۵ درصد سطح باز
- ۱۴-۵-۳-۳-۲-۵ اندازه بازشدگی ظاهری یا معادل
- ۱۵-۵-۴-۳-۲-۵ عبوردهی ژئوتکستایل
- ۱۶-۵-۵-۳-۲-۵ عبوردهی تحت بار
- ۱۶-۵-۶-۳-۲-۵ زهکشی (گذردهی در صفحه داخلی)
- ۱۸-۵-۷-۳-۲-۵ نگهداری خاک - حفاظ کدری آب
- ۱۸-۵-۸-۳-۲-۵ نگهداری خاک - مانع سیلنتی بالای زمین
- ۱۹-۵-۴-۳-۲-۵ خصوصیات دوام
- ۱۹-۵-۱-۴-۲-۵ صدمات نصب
- ۲۰-۵-۲-۴-۲-۵ آزمایش های خزش (با تنش ثابت)
- ۲۱-۵-۳-۴-۲-۵ آزمایش های خزش محصور شده
- ۲۱-۵-۴-۴-۲-۵ آزمایش های رهایی تنش با کرنش ثابت
- ۲۱-۵-۵-۴-۲-۵ آزمایش های سایش
- ۲۲-۵-۶-۴-۲-۵ آزمایش جریان بلند مدت (انسداد)
- ۲۳-۵-۷-۴-۲-۵ آزمایش نرخ گرا دیان تحت شرایط انسداد
- ۲۳-۵-۸-۴-۲-۵ آزمایش نرخ ضریب هدایت هیدرولیکی
- ۲۴-۵-۵-۲-۲-۵ خصوصیات تخریبی
- ۲۴-۵-۱-۵-۲-۲-۵ تخریب نور خورشید (ماورای بنفش)
- ۲۵-۵-۲-۵-۲-۲-۵ تخریب دمایی
- ۲۵-۵-۳-۵-۲-۲-۵ تخریب اکسیداسیونی
- ۲۵-۵-۴-۵-۲-۲-۵ تخریب هیدرولیزی

- ۵-۲-۲۶-۵ تخریب شیمیایی ..... ۲۶-۵
- ۵-۲-۲۶-۵ تخریب رادیواکتیوی ..... ۲۶-۵
- ۵-۲-۲۷-۵ تخریب بیولوژیکی ..... ۲۷-۵
- ۵-۳-۲۷-۵ آزمایش‌های ژئوگرید ..... ۲۷-۵
- ۵-۳-۲۷-۵ خصوصیات فیزیکی ..... ۲۷-۵
- ۵-۳-۲۸-۵ خصوصیات مکانیکی ..... ۲۸-۵
- ۵-۳-۲۸-۵ مقاومت تک نوار و اتصال داخلی ژئوگرید (نقطه اتصال) ..... ۲۸-۵
- ۵-۳-۲۹-۵ مقاومت کشش عرضی ..... ۲۹-۵
- ۵-۳-۳۱-۵ مقاومت برشی ..... ۳۱-۵
- ۵-۳-۳۲-۵ مقاومت مهاری (بیرون کشیدن از خاک) ..... ۳۲-۵
- ۵-۳-۳۳-۵ مقاومت مهاری (بیرون کشیدن از دیوار) ..... ۳۳-۵
- ۵-۳-۳۴-۵ خصوصیات دوام ..... ۳۴-۵
- ۵-۳-۳۴-۵ صدمات نصب ..... ۳۴-۵
- ۵-۳-۳۵-۵ رفتار خزش کششی ..... ۳۵-۵
- ۵-۳-۳۵-۵ رفتار رهایی تنش ..... ۳۵-۵
- ۵-۳-۳۵-۵ خصوصیات تخریبی ..... ۳۵-۵
- ۵-۴-۳۵-۵ تأثیرات دمایی ..... ۳۵-۵
- ۵-۴-۳۶-۵ تأثیرات اکسیداسیون ..... ۳۶-۵
- ۵-۴-۳۶-۵ تأثیرات هیدرولیز ..... ۳۶-۵
- ۵-۴-۳۶-۵ تأثیرات شیمیایی ..... ۳۶-۵
- ۵-۴-۳۶-۵ تأثیرات رادیواکتیو ..... ۳۶-۵
- ۵-۴-۳۶-۵ تأثیرات بیولوژیکی ..... ۳۶-۵
- ۵-۴-۳۶-۵ تأثیرات نور خورشید ..... ۳۶-۵
- ۵-۴-۳۷-۵ مقاومت ترک تنشی ..... ۳۷-۵
- ۵-۴-۳۷-۵ آزمایش‌های ژئونت ..... ۳۷-۵
- ۵-۴-۳۷-۵ خصوصیات فیزیکی ..... ۳۷-۵
- ۵-۴-۳۸-۵ خصوصیات مکانیکی ..... ۳۸-۵
- ۵-۴-۳۸-۵ مقاومت کششی ..... ۳۸-۵
- ۵-۴-۳۹-۵ مقاومت فشاری ..... ۳۹-۵
- ۵-۴-۴۰-۵ مقاومت برشی ..... ۴۰-۵
- ۵-۴-۴۰-۵ خصوصیات هیدرولیکی ..... ۴۰-۵
- ۵-۴-۴۲-۵ خصوصیات دوام ..... ۴۲-۵

- ۴۲-۵ ————— ۱-۴-۴-۵ نوع رزین پلیاتیلنی
- ۴۲-۵ ————— ۲-۴-۴-۵ رفتار خزش
- ۴۲-۵ ————— ۳-۴-۴-۵ ورود مصالح مجاور به داخل حفرات ژئونت
- ۴۳-۵ ————— ۴-۴-۴-۵ امکان نفوذ رس از ژئوتکستایل پوششی ژئونت
- ۴۳-۵ ————— ۵-۴-۴-۵ خصوصیات محیطی
- ۱-۶ ————— ۶- مراجع
- ۱-۱ پ ————— پیوست ۱- واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
- ۱-۲ پ ————— پیوست ۲- واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱: تاریخچه تولید و کاربردهای ژئوستیک ----- ۲-۱
- جدول ۲-۱: نشانه گرافیکی و حروف اختصاری محصولات ژئوستیکی ----- ۲۰-۱
- جدول ۱-۲: پلیمرهای متداول در تولید ژئوستیک ----- ۶-۲
- جدول ۲-۲: انواع پلیمرهای به کار برده شده در تولید ژئوستیک ----- ۷-۲
- جدول ۳-۲: پلیمرهای اصلی برای تولید انواع متداول ژئوستیک ----- ۷-۲
- جدول ۴-۲: آزمایش‌های تشخیص شیمیایی ----- ۱۰-۲
- جدول ۵-۲: ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی برخی پلیمرهای مصرفی در ژئوستیک ----- ۱۸-۲
- جدول ۶-۲: مقایسه مقاومت پلیمرهای متداول به کار رفته در تولید ژئوستیک ----- ۱۹-۲
- جدول ۷-۲: ترکیب تقریبی برخی پلیمرهای متداول برای تولید ژئوستیک ----- ۲۱-۲
- جدول ۸-۲: خصوصیات کلی مکانیکی برخی از پلیمرها در مقایسه با فولاد ----- ۲۲-۲
- جدول ۹-۲: ساختار پارچه گونه‌ها ----- ۲۳-۲
- جدول ۱-۳: کارکردهای اصلی ژئوستیک در فعالیتهای عمرانی ----- ۲-۳
- جدول ۲-۳: کارکردهای ژئوستیک و نمادهای آن ----- ۱۷-۳
- جدول ۳-۳: انتخاب ژئوستیک مبتنی بر کارکردهای آن ----- ۱۸-۳
- جدول ۴-۳: برخی اسامی تجاری انواع ژئوستیک ----- ۳۵-۳
- جدول ۱-۴: مقایسه روش‌های تعیین توزیع اندازه حفره‌های ژئونکتایل‌ها ----- ۳۱-۴
- جدول ۲-۴: ضرایب ایمنی ----- ۳۵-۴

جدول ۴-۳: بازه معمول برخی خصوصیات خاص ژنوستتیک تجاری موجود ----- ۶۳-۴

جدول ۴-۴: مقایسه خصوصیات ژنوتکتایل بافته‌شده و بافته‌نشده با چگالی سطح یکسان ۶۴-۴

جدول ۴-۵: خصوصیات مهم ژنوستتیک مبتنی بر کارکردهای اصلی آن ----- ۶۵-۴

www.ketab.ir

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: برخی نمونه‌های ژئوتکستایل ..... ۵-۱
- شکل ۲-۱: برخی نمونه‌های ژئوگرید ..... ۶-۱
- شکل ۳-۱: نمونه‌ای از ژئونت ..... ۸-۱
- شکل ۴-۱: نمونه‌هایی از ژئونت دو بعدی صلب ..... ۹-۱
- شکل ۵-۱: نمونه‌های از ژئونت دو بعدی اسفنجی ..... ۹-۱
- شکل ۶-۱: نمونه‌هایی از ژئونت سه بعدی صلب ..... ۱۰-۱
- شکل ۷-۱: نمونه‌ای از ژئوممبرین ..... ۱۱-۱
- شکل ۸-۱: نمونه‌هایی از ژئوکامپوزیت ..... ۱۲-۱
- شکل ۹-۱: نمونه محصولات وابسته ژئوتکستایلی ..... ۱۷-۱
- شکل ۱-۲: فرآیند پلیمراسیون ..... ۳-۲
- شکل ۲-۲: نتایج آزمایش دینامیکی پویا روی یک نمونه پلی‌اتیلن سنگین ..... ۱۴-۲
- شکل ۳-۲: نمودار تاثیر دما روی برخی پلیمرهای ژئوستتیک ..... ۲۰-۲
- شکل ۴-۲: انواع الیاف نساجی شده ..... ۲۴-۲
- شکل ۵-۲: یک نمونه الیاف کش‌باف ..... ۲۵-۲
- شکل ۶-۲: یک نمونه مش ..... ۲۶-۲
- شکل ۷-۲: عکس‌هایی از بافت ژئوتکستایل ..... ۲۷-۲
- شکل ۸-۲: فرآیند تولید به وسیله دستگاه بافندگی ..... ۲۹-۲

- شکل ۹-۲: نمونه ژئوتکستایل بافته شده دارای بافت مسطح ----- ۳۰-۲
- شکل ۱۰-۲: فرآیند تولید نمونه ژئوتکستایل بافته نشده سوزن کاری شده ----- ۳۱-۲
- شکل ۱۱-۲: نمونه ژئوتکستایل کش بافی شده ----- ۳۱-۲
- شکل ۱۲-۲: نمونه ژئوگریدهای متداول ----- ۳۲-۲
- شکل ۱۳-۲: فرآیند تولید نمونه شبکه های ژئوگرید ----- ۳۳-۲
- شکل ۱۴-۲: فرآیند تولید نمونه شبکه های ژئونت ----- ۳۵-۲
- شکل ۱۵-۲: نحوه قرارگیری و انجام چرخش قلاویز ----- ۳۶-۲
- شکل ۱۶-۲: الگوریتم روش های مختلف تولید ژئوممبرین ----- ۳۷-۲
- شکل ۱۷-۲: فرآیند تولید نمونه ژئوممبرین با روش قالب گیری ----- ۳۸-۲
- شکل ۱۸-۲: فرآیند تولید نمونه ژئوممبرین با روش قالب گیری مدور ----- ۳۸-۲
- شکل ۱۹-۲: فرآیند نورد نمونه ژئوممبرین تولیدی ----- ۳۸-۲
- شکل ۲۰-۲: فرآیند تولید نمونه ژئوممبرین سه لایه ----- ۴۰-۲
- شکل ۲۱-۲: فرآیند تولید نمونه ژئوممبرین با روش پوشش دهی ----- ۴۰-۲
- شکل ۲۲-۲: نمونه نوار زهکش و انواع هسته زهکشی درون آن ----- ۴۱-۲
- شکل ۲۳-۲: مقطع عرضی انواع ژئوستتیک آستر رسی ----- ۴۲-۲
- شکل ۲۴-۲: نمونه هایی از ژئوستتیک آستر رسی ----- ۴۲-۲
- شکل ۲۵-۲: فرآیند تولید نمونه ژئوستتیک آستر رسی با مواد چسباننده (صمغی) ----- ۴۳-۲
- شکل ۲۶-۲: فرآیند تولید ژئوستتیک آستر رسی سوزن کاری شده و پیوند کوکازنی شده ----- ۴۳-۲
- شکل ۱-۳: نمونه کاربرد همزمان تسلیح کننده و زهکش ژئوستتیکی در دیوار خاک مسلح ----- ۲-۳

- شکل ۲-۳: سازوکار اصلی در کارکرد تسلیح ----- ۴-۳
- شکل ۳-۳: منحنی‌های تنش- کرنش (در شرایط کرنش صفحه‌ای و وجود تسلیح‌کننده ----- ۵-۳
- شکل ۴-۳: نحوه اثرگذاری کارکرد تسلیح روی نمونه ژئوستتیک ----- ۶-۳
- شکل ۵-۳: تأثیرات تسلیح خاک با ژئوگرید ----- ۹-۳
- شکل ۶-۳: سازوکار اصلی در کارکرد جداسازی ----- ۱۰-۳
- شکل ۷-۳: نمایی از موقعیت قرارگیری لایه ژئوستتیک در سطح مرزی ----- ۱۱-۳
- شکل ۸-۳: تأثیر تنش وارده روی سهم اثربخشی جداسازی و تسلیح ----- ۱۱-۳
- شکل ۹-۳: سازوکار اصلی در کارکرد فیلتراسیون ----- ۱۳-۳
- شکل ۱۰-۳: نحوه لایه‌بندی ساختار خاک برای ایجاد تعادل خاک و فیلتر ژئوستتیک ----- ۱۳-۳
- شکل ۱۱-۳: سازوکار اصلی در کارکرد فیلتراسیون ----- ۱۴-۳
- شکل ۱۲-۳: سازوکار اصلی در کارکرد عایق رطوبتی ----- ۱۵-۳
- شکل ۱۳-۳: سازوکار اصلی در کارکرد حفاظت ----- ۱۵-۳
- شکل ۱۴-۳: مخفف‌های نشان‌دهنده کارکردهای ژئوتکستایل ----- ۱۸-۳
- شکل ۱۵-۳: سازوکار اصلی در کارکرد جداسازی ----- ۲۴-۳
- شکل ۱۶-۳: منحنی‌های تأثیر موقعیت‌های ژئوتکستایل در آزمایش سه‌محوری ----- ۲۵-۳
- شکل ۱۷-۳: رشد میزان مصرف ژئوستتیک در آمریکای شمالی ----- ۳۶-۳
- شکل ۱۸-۳: میزان مصرف ژئوستتیک‌ها در اروپای غربی ----- ۳۶-۳
- شکل ۱۹-۳: میزان مصرف و سرمایه‌گذاری روی ژئوستتیک در ژاپن ----- ۳۷-۳
- شکل ۱-۴: نمونه منحنی‌های تغییر ضخامت ژئوستتیک در برابر فشار قائم وارده ----- ۴-۴



- شکل ۴-۲: نمونه منحنی‌های رفتار فشاری ژئوستتیک ----- ۴-۷
- شکل ۴-۳: نحوه انجام آزمایش کششی نوار ژئوستتیکی با پهنای عریض ----- ۴-۹
- شکل ۴-۴: نمونه منحنی‌های تاثیر عرض نمونه ژئوتکستایل روی مقاومت کششی آن ----- ۴-۹
- شکل ۴-۵: نمونه نمودارهای تاثیر دما روی مقاومت کششی پلیمرها ----- ۴-۱۰
- شکل ۴-۶: نمودار تغییر مقاومت کششی ژئوتکستایل پلی‌پروپیلنی با جرم واحد سطح ----- ۴-۱۰
- شکل ۴-۷: نمونه آزمایش‌های مقاومت کششی ----- ۴-۱۱
- شکل ۴-۸: وضعیت نشان‌دهنده شرایط میدانی در آزمایش کشش فک ----- ۴-۱۲
- شکل ۴-۹: نمونه منحنی‌های کرنش-بار، نشان‌دهنده نوع رفتار در ژئوتکستایل ----- ۴-۱۵
- شکل ۴-۱۰: حدود تغییرات مقاومت کششی نهایی در برابر انبساط طولی ژئوستتیک ----- ۴-۱۶
- شکل ۴-۱۱: منحنی توزیع آماری خصوصیات مقاومت کششی ژئوتکستایل ----- ۴-۱۹
- شکل ۴-۱۲: وضعیت نشان‌دهنده وقوع سوراخ‌شدگی و ترک‌زدگی احتمالی ژئوستتیک ----- ۴-۲۰
- شکل ۴-۱۳: الگوی دوزنقه‌ای شکل روی قطعه ژئوتکستایلی در آزمایش مقاومت پارگی ----- ۴-۲۱
- شکل ۴-۱۴: نمونه منحنی‌های نیرو-انبساط طولی برای نمونه‌های آزمایشی مجزا ----- ۴-۲۱
- شکل ۴-۱۵: نمونه دستگاه آزمایش مقاومت سوراخ‌شدگی استاتیکی ----- ۴-۲۲
- شکل ۴-۱۶: نمونه منحنی نیروی پیستون (استوانه)-جابجایی ----- ۴-۲۳
- شکل ۴-۱۷: نمونه دستگاه آزمایش مقاومت ضربه (مقاومت سوراخ‌شدگی دینامیکی) ----- ۴-۲۴
- شکل ۴-۱۸: نمونه دستگاه آزمایش برش مستقیم ----- ۴-۲۶
- شکل ۴-۱۹: نمونه نمودارهای آزمایش برش مستقیم ----- ۴-۲۶
- شکل ۴-۲۰: کارکرد تسلیح‌کننده ژئوستتیکی در حالت گسیختگی لغزشی ----- ۴-۲۷

- شکل ۴-۲۱: نمونه دستگاه آزمایش مهاری (آزمایش بیرون کشیدگی) ----- ۴-۲۷
- شکل ۴-۲۲: تاثیر طول نمونه مهار شده روی رفتار مهاری ژئوگرید ----- ۴-۲۹
- شکل ۴-۲۳: نمونه نمودار مقاومت مهاری در مقابل تنش قائم ----- ۴-۲۹
- شکل ۴-۲۴: کارکرد تسلیح کننده ژئوستتیک در حالت گسیختگی مهاری ----- ۴-۲۹
- شکل ۴-۲۵: نمونه دستگاه آزمایش الک (سرنده خشک) ----- ۴-۳۲
- شکل ۴-۲۶: توزیع اندازه حفرات انواع ژئوتکتایل ----- ۴-۳۴
- شکل ۴-۲۷: نمونه دستگاه آزمایش عبوردهی (جریان در امتداد قائم) با هد ثابت ----- ۴-۳۶
- شکل ۴-۲۸: نمونه دستگاه آزمایش گذردهی (جریان درون صفحه‌ای) با هد ثابت ----- ۴-۳۶
- شکل ۴-۲۹: نمونه نمودار عبوردهی (فیلترسیون) ژئوستتیک ----- ۴-۳۸
- شکل ۴-۳۰: گذردهی (زهکشی) ژئوستتیک ----- ۴-۳۹
- شکل ۴-۳۱: تاثیر تنش فشاری روی خصوصیات ژئوتکتایل بافته نشده سوزن کاری شده ----- ۴-۴۲
- شکل ۴-۳۲: نتایج آزمایش‌های خزش رشته‌های گوناگون پلیمر ----- ۴-۴۴
- شکل ۴-۳۳: نمودار کرنش کل در مقابل لگاریتم تعداد تکرار بارگذاری ----- ۴-۴۷
- شکل ۴-۳۴: نمونه دستگاه نفوذسنج نرخ گرا دیان ----- ۴-۴۹
- شکل ۴-۳۵: نمونه منحنی‌های تغییرات عبوردهی در مقابل زمان (درجات انسداد بیولوژیکی) ----- ۴-۴۹
- ۵۳
- شکل ۴-۳۶: نمونه دستگاه آزمایش ارزیابی انسداد بیولوژیکی فیلترهای ژئوستتیک ----- ۴-۵۳
- شکل ۵-۱: نمونه دستگاه آزمایش مقاومت کششی محدود شده ----- ۵-۵
- شکل ۵-۲: نمودار مقاومت درز دوخته شده ژئوتکتایل ----- ۵-۶

- شکل ۳-۵: نمونه دستگاه و نمودارهای نتایج آزمایش اصطکاک ----- ۱۱-۵
- شکل ۴-۵: نمونه دستگاه آزمایش مهاري ----- ۱۲-۵
- شکل ۵-۵: نتایج بررسی میدانی تاثیر سوراخ‌شدگی بر مقاومت ژئوتکستایل ----- ۲۰-۵
- شکل ۶-۵: گیره مخصوص آزمایش و نحوه قرارگیری قطعه ژئوگرید در داخل آن ----- ۲۹-۵
- شکل ۷-۵: انواع گیره‌ها در آزمایش کشش عرضی ژئوگرید ----- ۳۱-۵
- شکل ۸-۵: سازوکارهای موجود در مقاومت مهاري ژئوگرید ----- ۳۳-۵
- شکل ۹-۵: نمونه دستگاه آزمایش مقاومت مهاري ژئوگرید ----- ۳۴-۵
- شکل ۱۰-۵: مقاومت کششی یک ژئونت دومتوجه با ضخامت ۵ میلیمتر صلب ----- ۳۸-۵
- شکل ۱۱-۵: نمونه نتایج آزمایش فشاری ژئونت‌های مختلف ----- ۳۹-۵
- شکل ۱۲-۵: نمونه دستگاه آزمایش نرخ جریان داخل صفحه‌ای در ژئونت ----- ۴۱-۵