

## مدل زمین‌شناسی مهندسی سواحل باختری دریای خزر

مرتضی هاشمی<sup>۱</sup>، محمدرضایکودل<sup>۲</sup>، ناصر حافظی مقدس<sup>۳</sup> و ماشاله خامه چیان<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

<sup>۴</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۷/۰۳

### چکیده

شناخت سیمای زمین‌شناسی یک منطقه برای تصمیم‌گیری کاربری آن اهمیت ویژه‌ای دارد. یک مدل زمین‌شناسی مهندسی می‌تواند تا حدودی این سیما را روشن نماید. در این تحقیق بر اساس مطالعات و بررسی‌های انجام شده، مدل مناسبی که نشان دهنده شرایط کلی زمین‌شناسی مهندسی رسوبات سواحل باختری دریای خزر است، ارائه شده است. این پژوهش بر اساس مطالعات زمین‌ریخت‌شناسی، زمین‌شناسی، رسوب‌شناسی، آب‌زمین‌شناسی و ژئوتکنیک به انجام رسیده است. در این مدل، واحدهای زمین با رفتار مشابه از یکدیگر تفکیک، و ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی و نیز مخاطرات زمین‌شناسی هر یک از واحدها تعیین شده است. این مدل اگرچه نمی‌تواند جایگزین مطالعات تفصیلی ساختگاه شود اما ابزار بسیار مفیدی در مطالعات مقدماتی ساختگاه خواهد بود و می‌توان از آن در برنامه‌ریزی هرچه بهتر مطالعات صحرایی و نیز انتخاب روش‌های بهینه مطالعات برای انجام پروژه‌های عمرانی استفاده نمود.

**کلید واژه‌ها:** سواحل باختری دریای خزر، مدل زمین‌شناسی مهندسی، ویژگی‌های ژئوتکنیک، مخاطرات زمین‌شناسی.

\*نویسنده مسئول: محمدرضا یکودل

E-mail: NikudelM@Modares.ac.ir

### ۱- مقدمه

مطالعات جامع زمین‌شناسی مهندسی و زیست‌محیطی و تهیه اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی یکی از مفیدترین و اصولی‌ترین ابزارها در برنامه‌ریزی کاربری زمین است. به گونه‌ای که مشکلات ناشی از شرایط نامناسب زمین‌شناسی مهندسی به اثبات رسانده که تهیه اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی یکی از اصول اولیه در برنامه‌ریزی کاربری زمین می‌باشد (Schalkwijk and Price, 1990).

زمانی که پروژه‌های عمرانی بر اساس مطالعات محدود زمین‌شناسی به انجام می‌رسند، مشکلات ژئوتکنیکی فراوانی در حین انجام و بهره‌برداری از پروژه‌ها به وجود می‌آید که هزینه‌های بسیاری را به این پروژه‌ها تحمیل می‌کند. برای کاهش این مشکلات، باید در هنگام مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی، ویژگی‌های زمین به خوبی شناسایی شده و واحدهای زمین با رفتار مشابه تعریف شوند (Anonymous, 1972, 1976. Cited by Delgado et al., 2003). با انجام مطالعات فوق امکان تهیه یک مدل زمین‌شناسی مهندسی فراهم می‌شود (Fookes, 1997). این مدل‌ها به فهم شرایط زمین‌شناسی مهندسی، برآورد واقعی تری از ویژگی‌های مصالح و نیز به تشخیص مشکلات مهم زمین‌شناسی کمک می‌کنند. اگر مدل به خوبی تهیه شود، مطالعات تکمیلی ساختگاه آن را تأیید و تکمیل می‌نماید (Delgado et al., 2003). از جمله مدل‌های زمین‌شناسی مهندسی می‌توان به مدل پیشنهاد شده برای دشت‌های سیلابی بنگلادش توسط Mollah (1993)، مدل رودخانه تیر (Tiber River) در ایتالیا توسط Bozzano et al. (2000) و مدل دشت سیلابی رودخانه سگورا (Segura River) در اسپانیا توسط Delgado et al. (2003) اشاره کرد.

سواحل دریای خزر از جمله مناطق با تراکم بالای جمعیتی در کشور است و در معرض توسعه روزافزون قرار دارد (Nouri et al., 2008). با توجه به این‌که فعالیت‌های عمرانی، زیربنای اصلی این توسعه را تشکیل می‌دهند، از این‌رو، پایدار بودن این توسعه نیازمند درک صحیحی از شرایط زمین‌شناسی مهندسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی این ناحیه برای شناخت فرصت‌ها و مخاطرات ناشی از این شرایط است. هدف از این پژوهش، معرفی مدل مناسب زمین‌شناسی مهندسی سواحل باختری دریای خزر حداثی شهرهای رضوانشهر تا آستارا به منظور استفاده در طرح‌های توسعه‌ای و مطالعات این منطقه می‌باشد. برای این منظور در ابتدا بر اساس

مطالعات زمین‌ریخت‌شناسی، زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی، واحدهای زمین با رفتار مشابه تعریف شده‌اند و سپس با استفاده از مطالعات آب‌زمین‌شناسی و ژئوتکنیک، ویژگی‌های این واحدها و مخاطرات زمین‌شناسی آنها تعیین شده است.

### ۲- زمین‌ریخت‌شناسی

بررسی‌های زمین‌ریخت‌شناسی و شناسایی و تفکیک عوارض سطحی زمین، نخستین گام در تهیه یک مدل زمین‌شناسی مهندسی بوده (Fookes, 1997; Fookes et al., 2000) و تفسیر و تهیه مدل‌ها را تسهیل می‌نماید (Griffiths and Edwards, 2001). در این پژوهش، در ابتدا شرایط زمین‌ریخت‌شناسی محدوده مورد مطالعه در مقیاس ناحیه‌ای و محلی مورد بررسی قرار گرفته و سپس بر اساس نتایج آن، عوارض زمین‌ریخت‌شناسی موجود شناسایی و تفکیک شده‌اند.

سواحل باختری دریای خزر در ایران از آستارا تا پونل (رضوانشهر) باریکه‌ای به پهنای ۲ تا ۸ کیلومتر را تشکیل داده‌اند که به دلیل دارا بودن رخساره‌ها و شرایط زمین‌ساختی متفاوت، از سایر بخش‌های سواحل دریای خزر قابل تفکیک هستند (شهرابی، ۱۳۷۱). به عقیده پژوهشگران بسیاری، جنبش‌های زمین‌ساختی اصلی‌ترین عامل در شکل‌گیری ریخت‌شناسی این بخش از ساحل خزر بوده‌اند (Brunet et al., 2003; Clark et al., 1975; Berberian, 1983; Paluska and Degens, 1980؛ نوگل سادات، ۱۳۷۰) و چگونگی پیدایش این بخش آشکارا در پیوند مستقیم با جنبش‌های شدید زمین‌ساختی گسله آستارا و به موازات آن است (Stocklin and Nabavi, 1973; Berberian, 1976. Cited by Paluska and Degens, 1980؛ شهرابی، ۱۳۷۱). گسل آستارا با روند شمالی‌جنوبی به گونه برجسته‌ای جلب توجه می‌نماید، به گونه‌ای که افزایش‌های پرشیب این گسل در طول بیش از ۱۰۰ کیلومتر از پونل تا آستارا و در امتداد شهرهای پونل، رضوانشهر، اسالم، هشتپر و آستارا قابل مشاهده است (Clark et al., 1975؛ نوگل سادات، ۱۳۷۰). گسل آستارا عملکرد راندگی (تراستی) دارد و شیب صفحه آن به سمت باختر-جنوب باختر است که در سطح دارای شیب زیاد و در ژرفا، دارای شیب کم است و عملکرد آن رسوبات موزوویک را در کنار رسوبات کواترنر قرار داده است (Berberian, 1983).

داده شده‌اند. نوگل سادات (۱۳۷۰) در مطالعات خود بر اساس تلفیق نتایج مطالعات Paluska and Degens (1980) (نقل از نوگل سادات، ۱۳۷۰) و نتایج حاصل از تفسیر عکس‌های ماهواره‌ای، تقسیمات جامع‌تری از واحدهای زمین‌شناسی کواترنر در سواحل خزر (در استان گیلان) ارائه کرده است. بر اساس مطالعات نوگل سادات (۱۳۷۰) واحدهای زمین‌شناسی از سمت کوه‌های تالش به سمت دریای خزر عبارتند از واحد نهشته‌های آبرفتی و کوهپایه‌ای پلیستوسن ( $Q_{d1}$ )، واحد نهشته‌های دریایی پلیستوسن ( $Q_{m1}$ )، واحد نهشته‌های دریایی هولوسن ( $Q_{m2}$ )، واحد نهشته‌های آبرفتی و دشت سیلابی هولوسن ( $Q_{a1}$ ) و واحد نهشته‌های ساحلی هولوسن ( $Q_{s2}$ ). در بررسی‌های صحرائی انجام شده در این تحقیق، واحدهای زمین‌شناسی در محدوده مطالعاتی به زیر مجموعه‌هایی مانند رسوبات شنی مخروط‌افکنه، رسوبات شنی و ماسه‌ای دشت سیلابی و رسوبات رسی سیلتی جلگه‌های ساحلی قابل تفکیک هستند. شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

#### ۴- رسوب‌شناسی

محیط رسوبی نقش بسزایی در ویژگی‌های خاک بخصوص خاک‌های ریزدانه دارد و رابطه مستقیمی بین رخساره‌های زمین‌شناسی یک لایه و ویژگی‌های مصالح آن وجود دارد و از این روابط می‌توان دست کم در پیش‌بینی‌های نیمه کمی در این لایه‌ها استفاده نمود (مرادی، ۱۳۸۶). بنابراین بررسی‌های رسوب‌شناسی و نتایج آن، ابزار بسیار مفیدی در تعریف واحدهای زمین با رفتار مشابه و ابزار بسیار خوبی در پیش‌بینی خصوصیات واحدهای تعریف شده خواهد بود.

از مهم‌ترین مطالعات رسوب‌شناسی انجام شده در محدوده مورد مطالعه می‌توان به مطالعات Paluska and Degens (1980) (ترجمه شهرابی، ۱۳۷۱)، Kazanci et al. (2004) و Alizadeh et al. (2008 and 2009) اشاره کرد. تغییرات سطح آب دریای خزر در ادوار گذشته، از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییرات رسوب‌شناسی این ناحیه بوده است و این تغییرات و تأثیرات آن، در مطالعات رسوب‌شناسی اشاره شده، به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است.

در مطالعات انجام شده توسط Paluska and Degens (1980) (ترجمه شهرابی، ۱۳۷۱)، سواحل دریای خزر به هفت بخش تقسیم شده است که هر بخش دارای ویژگی‌های رسوب‌شناسی و زمین‌ساخت مخصوص به خود است. باختری‌ترین بخش در این تقسیمات، محدوده بین آستارا تا پونل (رضوانشهر) می‌باشد که از آن به عنوان بخش کرانه‌ای میان آستارا و پونل یاد شده است. از جمله ویژگی‌هایی که در این نهشته‌ها دیده می‌شود، وجود سطوح مشخص و برجسته آبرفتی با بلندی‌ها و فرورفتگی‌های ناهماهنگ و همچنین ساختارهای متفاوت رسوبی می‌باشد. Paluska and Degens (1980) (ترجمه شهرابی، ۱۳۷۱) بر پایه الگوهای رسوب‌شناسی سواحل خزر، رخساره‌های خشکی را در این ناحیه به انواع مختلف رخساره‌های سیلابی، سیلابی-رودخانه‌ای، رودخانه‌ای، آبرفتی، کرانه‌ای، خشکی و رودخانه‌ای-بادی تقسیم بندی کرده‌اند.

Kazanci et al. (2004) با مقایسه و انطباق پادگانه‌های سواحل جنوبی دریای خزر در جلگه گیلان-مازندران و پادگانه‌های سواحل شمالی دریای خزر (واقع در کشورهای حاشیه شمالی دریای خزر و براساس نتایج مطالعات انجام شده بر روی آنها توسط پژوهشگران خارجی)، به بررسی رسوب‌شناسی جلگه گیلان-مازندران پرداخته‌اند. این انطباق براساس ارتفاع پادگانه‌ها، ریخت‌چینه‌شناسی، حضور گونه‌های جانوری خزر (Caspian Fauna) و رسوبات لسی انجام شده است. در مطالعات Kazanci et al. (2004)، به استثنای دلتای سفید رود و سواحل ماسه‌ای جدید، پنج رخساره رسوب‌شناسی A1، A2، B1، B2، B3 در جلگه گیلان-مازندران معرفی شده است. شکل ۴ نقشه رخساره‌های رسوبی شناسایی شده در جلگه گیلان-مازندران را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این نقشه مشاهده می‌شود، سواحل باختری دریای خزر تنها شامل دو رخساره A1 و A2 هستند. نبود

این گسل میان رشته‌کوه‌هایی که ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارند، جای دارد و سبب شده است که مرز آشکاری میان کوه و دشت به وجود آید و در نتیجه باریکه کم‌پهنای کرانه را تشکیل دهد (شهرابی، ۱۳۷۱).

افزون بر عوامل زمین‌ساختی، عوامل دیگری مانند تغییرات آب و هوایی به‌ویژه دوره‌های یخچالی و بین‌یخچالی، تغییرات سطح آب دریای خزر و فرایندهای رودخانه‌ای و سیلابی فراوان، نقش مهمی در شکل‌گیری ریخت‌شناسی کنونی سواحل باختری دریای خزر ایفا کرده‌اند (Paluska and Degens, 1980; Clark et al., 1975; Alizadeh et al., 2009). در مطالعات زمین‌ریخت‌شناسی انجام شده در سواحل باختری دریای خزر، عوارض زمین‌ریخت‌شناسی متعددی شناسایی شده‌اند که در تمام طول ساحل گسترش دارند. اشکال سطحی (Landform) محدوده مورد مطالعه، از دریا به سمت کوه‌های تالش عبارتند از واحدهای زمین‌ریخت‌شناسی سواحل ماسه‌ای، جلگه‌های ساحلی، دشت‌های سیلابی، مخروط‌افکنه، کوه و در آخر بستر رودخانه که در بیشتر موارد تمامی عوارض دیگر را قطع می‌نماید. جلگه‌های ساحلی و دشت‌های سیلابی از بیشترین پراکنش در محدوده مورد مطالعه برخوردارند (سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۸۴). در تصویر ماهواره‌ای (شکل ۱)، محدوده مورد مطالعه که به صورت پهنه باریکی بین دریای خزر و ارتفاعات تالش واقع شده، مشاهده می‌شود. از ویژگی‌های بارز این ناحیه، وجود رودخانه‌های فراوانی است که از ارتفاعات تالش سرچشمه گرفته و پس از عبور از پهنه باریک کرانه‌ای (در جهت باختری-خاوری و تا حد زیادی به موازات یکدیگر)، به دریای خزر می‌ریزند. فعالیت این رودخانه‌ها نقش بسزایی در شکل‌گیری ریخت‌شناسی کنونی محدوده مورد مطالعه داشته است. گواه این امر، وجود مخروط‌افکنه‌ها و دشت‌های سیلابی فراوان در امتداد این رودخانه‌ها است. با بررسی نقشه زمین‌ریخت‌شناسی محدوده مورد مطالعه (شکل ۲) مشاهده می‌شود که مخروط‌افکنه‌ها در نزدیکی ارتفاعات و در محل ورود رودخانه‌ها به دشت تشکیل شده‌اند و در برخی موارد تا بخش‌های میانی دشت گسترده شده‌اند. دشت‌های سیلابی تا فواصل زیادی از رودخانه‌ها گسترده شده‌اند و حتی در موارد زیادی با دشت‌های سیلابی رودخانه مجاور خود، همپوشانی دارند. در بخش‌هایی از محدوده مورد مطالعه که به دور از فعالیت‌های رودخانه‌ای و سیلابی قرار داشته‌اند، جلگه‌های ساحلی مشاهده می‌شوند. شکل‌گیری ریخت‌شناسی کنونی این جلگه‌ها بیشتر در اثر تغییرات سطح آب دریای خزر بوده است (نوگل سادات، ۱۳۷۰) و به دلیل دوری از فعالیت رودخانه‌ها، فرایندهای خشکی تأثیر کمتری در تغییرات ریخت‌شناسی آنها داشته است.

در بخش‌های نزدیک به دریا، سواحل ماسه‌ای به صورت نوارهای کم عرضی مشاهده می‌شوند (شکل ۲) که در اثر عملکرد امواج و جریان‌های دریایی شکل گرفته‌اند و به صورت پویا در حال تغییراند (Alizadeh et al., 2009; Kazanci et al., 2004; Khoshhravan, 2007).

#### ۳- زمین‌شناسی

سواحل باختری دریای خزر که به صورت نوار باریکی در بین دریا و کوه‌های تالش قرار گرفته، متشکل از واحدهای مختلف کواترنر است. این واحدهای زمین‌شناسی تحت تأثیر فرایندهای مختلفی مانند تغییرات سطح دریای خزر و فرایندهای رودخانه‌ای و سیلابی تشکیل شده‌اند (Clark et al., 1975; Paluska and Degens, 1980; Alizadeh et al., 2009). براساس نقشه‌های زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۷۷) با مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ (ورقه‌های آستارا و خلخال-رضوانشهر)، رسوبات کواترنری در محدوده مورد مطالعه از پادگانه‌های آبرفتی و نهشته‌های جوان متشکل از رسوبات رسی، سیلتی، ماسه‌ای و شنی (در بسیاری جاها مانند مخروط‌افکنه‌ها همراه با قله سنگ‌هایی با ابعاد تا ۳۰ سانتی‌متر) تشکیل شده‌اند که همه آنها در قالب یک واحد زمین‌شناسی  $Q_1$  نشان

از ویژگی‌های این گروه‌های مختلف آبرفتی در جدول ۱ ارائه شده است. شکل ۶، یک مقطع آب زمین‌شناسی از دشت تالش را نشان می‌دهد که بر اساس نمودار زمین‌شناسی سه چاه آب موجود در مجاورت رودخانه کرگانرود، تهیه شده است. در این مقطع آب زمین‌شناسی، تغییرات انواع خاک‌ها در جهات مختلف به خوبی قابل مشاهده است. در اراضی مخروط افکنه‌ای به واسطه رژیم‌های رسوب‌گذاری رودخانه‌ها، در زیر سفره آزاد منطقه چندین لایه آب‌دار تشکیل گردیده است که به علت عرض کم دشت، لایه‌های یاد شده، گسترش کمی دارند. در دشت تالش رقوم منحنی‌های تراز آب زیرزمینی بین ۲۵- تا ۶۰ متر متغیر است. روند عمومی منحنی‌های تراز آب زیرزمینی در این دشت شمالی جنوبی بوده و رقوم آنها از باختر به خاور کاهش می‌یابد. جهت جریان آب زیرزمینی در این دشت از باختر به خاور و به سمت دریای خزر است. همچنین در این دشت، رقوم منحنی‌های هم‌ژرفای آب زیرزمینی بین ۲ تا ۲۵ متر متغیر می‌باشد. منحنی‌های هم‌ژرفا تا حد زیادی راستای شمالی جنوبی دارند و رقوم آنها از باختر به سمت خاور (به سمت دریای خزر) کاهش می‌یابد. در اراضی مخروط افکنه‌ای، ژرفای سطح آب زیرزمینی بیش از ۱۰ متر است که به سمت دریا کاهش یافته و در اراضی ساحلی آبخوان به کمتر از ۲ متر می‌رسد. متوسط تغییرات سالانه سطح آبخوان دشت تالش بسیار ناچیز بوده و در مجموع آبخوان از تعادل نسبی خوبی برخوردار است. تغییرات فصلی سطح آبخوان بیشینه ۱/۵ متر است که در فصول پر باران سطح آب زیرزمینی افزایش و در فصول کم باران کاهش می‌یابد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹). تغییرات فصلی ۱/۵ متری سطح آب زیرزمینی، نشان دهنده تأثیرپذیری زیاد سفره از بارش‌های فصلی است که این امر نفوذپذیری بالای سفره را نشان می‌دهد. شکل ۷ آب‌نمود آبخوان آبرفتی دشت تالش را نشان می‌دهد.

بر اساس بررسی‌های اکتشافی و مطالعات ژئوفیزیکی دشت تالش (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹)، رقوم منحنی‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری در این دشت بین ۱۰ تا ۷۰ اهم‌متر متغیر است. مقاومت‌های کمتر در بیشتر موارد در زمین‌های خاوری دشت (جلگه‌های ساحلی) به دلیل ریزدانه بودن رسوبات و ضعیف بودن جبهه آب شیرین شکل گرفته است. مقاومت ۳۰ اهم‌متر بیشتر در محدوده دشت‌های سیلابی به واسطه قوی بودن جبهه آب شیرین و دانه متوسط بودن رسوبات آبرفتی شکل گرفته است. مقاومت بین ۳۰ تا ۷۰ اهم‌متر نیز در بیشتر موارد تحت تأثیر رسوبات آبرفتی درشت‌دانه مخروط افکنه‌ای ناشی از فعالیت رودخانه‌های پرشیب و آب‌دار منطقه شکل گرفته است.

## ۶- ژئوتکنیک

هدف از بررسی‌های ژئوتکنیک، شناسایی و تعیین ویژگی‌های ژئوتکنیک واحدهای مختلف شناسایی شده و ارائه این ویژگی‌ها در مدل زمین‌شناسی مهندسی محدوده مورد مطالعه است. در این راستا و به منظور انجام بررسی‌های جامع ژئوتکنیک در این پژوهش، از مطالعات ژئوتکنیک انجام شده در محدوده مورد مطالعه مانند "گزارش بررسی‌های ژئوتکنیک دشت گیلان" توسط نوگل سادات (۱۳۷۰)، "پایگاه داده‌های ژئوتکنیک جلگه گیلان" توسط Ghayoumian et al. (1993)، "بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی واحدهای رسوبی سواحل باختری دریای خزر" توسط هاشمی و همکاران (۱۳۸۹) و نیز مطالعات ژئوتکنیک مربوط به پروژه‌های عمرانی مختلف در محدوده مورد مطالعه مانند مطالعات ژئوتکنیک مسیر بزرگراه آستارا-تالش (وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۴)، مطالعات ژئوتکنیک مسیر راه آهن رشت-آستارا (وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۸)، مطالعات ژئوتکنیک سد مخزنی خرمنگاه (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۸)، مطالعات ژئوتکنیک نیروگاه سیکل ترکیبی پره‌سر (وزارت نیرو، ۱۳۸۱) و بسیاری از پروژه‌های دیگر استفاده شده است. موقعیت برخی از گمانه‌های اکتشافی بررسی شده در این پژوهش، در شکل ۸ نشان داده شده

سایر رخساره‌ها در سواحل باختری دریای خزر، شاید به دلیل عرض کم و شیب زیاد این بخش در مقایسه با سواحل جنوبی آن است. رخساره A1 که قدیمی‌ترین رخساره کواترن است، از کنگلومرای بسیار درشت دانه با جورشدگی بد و چینه‌بندی ضعیف تشکیل شده و دارای زمینه (ماتریکس) شنی - ماسه‌ای است. اندازه بزرگ‌ترین ذرات این رخساره، معادل ۱۵۰ سانتی‌متر است. ستبرای این رخساره نامشخص است و سن آن بیش از ۱۷۰۰۰ سال است. این رخساره که به عنوان رسوبات کوهپایه‌ای و یا رسوبات قدیمی مبدأ مخروط افکنه‌ها به‌شمار می‌آید، بر روی سنگ بستر قرار می‌گیرد. رخساره A2 خود از دو زیررخساره A2a و A2b تشکیل شده است که بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند. زیررخساره A2a که در زیر قرار می‌گیرد، متشکل از ماسه و عاری از رس است. ستبرای این زیررخساره مشخص نیست اما بر اساس تطابق توپوگرافی، ستبرای ۲۰ متر برای آن پیشنهاد می‌شود. عوارض رسوب‌شناسی این زیررخساره نشان می‌دهد که این رسوبات در یک محیط دریایی ساحلی (marine coastal environment) نهشته شده‌اند و زمان تشکیل این زیررخساره بین ۱۰۰۰۰ تا ۱۷۰۰۰ سال پیش بوده است. زیررخساره A2b از نهشته‌های رسی - سیلتی تشکیل شده که به صورت ناپیوسته بر روی زیررخساره A2a قرار می‌گیرد و ستبرای آن بین ۳ تا ۳۰ متر در تغییر است. (Kazanci et al. (2004 این زیررخساره را به عنوان خاک‌های لسی معرفی کرده‌اند که بین ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سال پیش و در زمان حاکم بودن آب و هوای خشک در شمال ایران، نهشته شده‌اند. شکل ۵ مقطعی از رخساره‌های رسوبی جلگه گیلان - مازندران را نشان می‌دهد. این شکل چگونگی قرارگیری سنگ بستر و رخساره‌های A1 و A2 (شامل زیررخساره‌های A2a و A2b) نسبت به یکدیگر را در محدوده مورد مطالعه به خوبی نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات صحرائی انجام شده در این پژوهش و با کمک گرفتن از نقشه‌های زمین‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان افزون بر رخساره‌های رسوبی معرفی شده توسط (Kazanci et al. (2004، رخساره‌های رسوبی مربوط به نهشته‌های عهد حاضر بستر رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی را در محدوده مورد مطالعه معرفی نمود.

## ۵- آب‌زمین‌شناسی

ویژگی‌های آب‌زمین‌شناسی واحدهای مختلف، از جمله ویژگی‌های کاربردی مهمی است که در این تحقیق سعی گردیده تا مورد بررسی قرار گیرد و در مدل زمین‌شناسی مهندسی محدوده مورد مطالعه به آنها پرداخته شود. برای این منظور از نمودار زمین‌شناسی چاه‌های آب موجود، نقشه‌ها و مقاطع آب‌زمین‌شناسی (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹) استفاده شده است.

بر اساس تقسیم‌بندی انجام شده توسط سازمان مدیریت منابع آب ایران، محدوده مورد مطالعه در حوضه آبریز تالش قرار گرفته است. حوضه آبریز تالش به بخشی از حوضه آبریز دریای خزر گفته می‌شود که حداصل شهر آستارا و حاشیه شمال‌باختری تالاب انزلی قرار دارد. در این زیر حوضه رودخانه‌های کوچکی قرار دارند که آب‌های دامنه‌های خاوری تالش را جمع‌آوری و به دریای خزر می‌رسانند. رودخانه‌های این منطقه عموماً کوتاه هستند و در جهت باختری-خاوری و پس از طی مسیری کوتاه، وارد دریا می‌شوند. سطح این زیرحوضه حدود ۳۲۰۰ کیلومتر مربع بوده و حدود ۲۷۰۰ کیلومتر مربع آن را مناطق کوهستانی و ۵۰۰ کیلومتر مربع باقی‌مانده را دشت‌ها و جلگه‌های ساحلی تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین رودخانه‌هایی که در این قسمت جریان دارند، عبارتند از رودخانه‌های آستارا، لوندویل، حویق، کرگانرود، ناورود، لمیر و سفارود (وزارت نیرو، ۱۳۸۹). بر اساس نقشه‌های آب‌زمین‌شناسی دشت گیلان (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹) آبرفت‌های دشت تالش از باختر به خاور به ترتیب به گروه‌واریزه‌ها، مخروط افکنه‌ها، رسوبات میان دشتی و رسوبات بادی و ساحلی تقسیم شده‌اند. برخی

به‌طور کلی محیط‌های رسوبی شاخص در محدوده مطالعاتی شامل پهنه باریک ساحلی عهد حاضر، نواحی دلتایی، دشت ساحلی، دشت آبرفتی، مخروط افکنه، کانال رودخانه و نهشته‌های دامنه‌ای هستند. ویژگی‌های نهشته‌های تشکیل‌دهنده هر یک از محیط‌های رسوبی یاد شده با هم متفاوت بوده و همچنین گسترش آنها در سطح و در ژرفا تغییر می‌کند. دشت‌های ساحلی، دشت‌های سیلابی و مخروط افکنه بیشترین گسترش را در محدوده مطالعاتی دارند. دشت‌های ساحلی متشکل از تناوب نهشته‌های ماسه‌ای و میان‌لایه‌های رسی هستند و در بخش خاوری منطقه گسترش بیشتری دارند. لایه‌های ماسه‌ای با نفوذپذیری بالا آبخوان‌های مناسبی را تشکیل داده‌اند. در گذشته، وسعت دشت‌های سیلابی بیشتر بوده و با پسروی ساحل و عملکرد گسل راندگی آستارا نهشته‌های دشت سیلابی و مخروط افکنه‌ای بر روی دشت ساحلی پیشروی نموده و بخش عمده‌ای از دشت‌های ساحلی را پوشانده است. رسوبات دشت سیلابی متشکل از ماسه، رس و سیلت است و ژرفای کمتر از ۱۰ متر دارد. نهشته‌های مخروط افکنه‌ای متشکل از رسوبات درشت دانه می‌باشد که به‌طرف ارتفاعات و نزدیک گسل آستارا ستبرای آن افزایش می‌یابد. گسترش و پیشروی نهشته‌های مخروط افکنه تابعی از وسعت حوضه آبریز و دبی رودخانه تشکیل‌دهنده آن است. این نهشته‌ها آبخوان‌های مناسبی را تشکیل داده‌اند.

با توجه به اطلاعات گردآوری شده از منطقه مطالعاتی که در بخش‌های پیشین بیان شد، به‌طور کلی شرایط رسوب‌گذاری در این منطقه به دو بخش نواحی حاشیه رودخانه‌ها و مسیل‌ها و نواحی دور از مسیل‌ها قابل تفکیک است. در ادامه، ویژگی‌های هر بخش بیان شده است.

الف) نواحی حاشیه رودخانه‌ها: ویژگی‌های نهشته‌های بالایی در این نواحی متأثر از رسوب‌گذاری رودخانه است. در این نواحی از سمت کوه به طرف ساحل نهشته‌های مخروط افکنه‌ای، نهشته‌های کانال رودخانه، نهشته‌های دشت سیلابی، جلگه ساحلی و در نهایت دلتا وجود دارد. شکل ۱۰، نمودار سه‌بعدی نمادینی از این نواحی و چگونگی توزیع واحدهای مدل و ویژگی‌های آنها را نشان می‌دهد. در این مدل به استثنای سواحل ماسه‌ای، ۷ واحد زمین‌شناسی مهندسی شامل واحد کوهپایه، واحد مخروط افکنه، واحد رس پایینی، واحد ماسه‌ای، واحد رس بالایی، واحد دشت سیلابی و واحد بستر رودخانه تفکیک شده است.

نمودار یاد شده مربوط به رودخانه کرگانرود، بزرگ‌ترین رودخانه محدوده مورد مطالعه (وزارت نیرو، ۱۳۸۹) است که از شهر هشترود عبور می‌نماید و در محل روستای کرگانرود به دریای خزر می‌ریزد. در این مدل ملاحظه می‌گردد که در قاعده تناوب ماسه و رس وجود دارد که مربوط به دشت ساحلی می‌باشد. نهشته‌های ماسه‌ای در زمان پیشروی دریا و نهشته‌های رسی در زمان پسروی دریا و در اثر عملکرد همزمان دریا و خشکی گذاشته شده است. آخرین فاز رسوب‌گذاری دریایی - دشت سیلابی نهشته‌های ریز دانه می‌باشد که شرایط کنونی آخرین فاز پسروی را نشان می‌دهد. همزمان در اثر عملکرد گسل فعال آستارا اختلاف ارتفاع بین دشت و کوه و در نهایت قدرت فرسایشی رودخانه‌ها افزایش می‌یابد از این رو، نهشته‌های مخروط افکنه‌ای بر روی دشت‌های ساحلی پیشروی نموده‌اند. نهشته‌های دشت سیلابی ستبرای زیادی ندارند و به‌طرف مرکز دشت نیز از ستبرای آن کاسته می‌شود. به سمت پایین دست، جابه‌جایی کانال رودخانه در عرض دشت سیلابی بیشتر است و این شرایط سبب ناهمگنی زیاد در بافت خاک سطحی خواهد شد. در حالی که به‌طرف ژرفا، شرایط زیر سطحی یکنواخت‌تر است. همچنین در خارج از محدوده دشت سیلابی شرایط زیر سطحی خاک ساده و قابل پیش‌بینی می‌باشد.

ب) نواحی دور از محیط رودخانه‌ای: در بخش‌هایی از محدوده مطالعاتی نقش رسوب‌گذاری رودخانه‌ای در تشکیل افق خاک زیر سطحی کم‌رنگ‌تر است. این نواحی در بین دو رودخانه قرار دارند. شرایط رسوب‌گذاری در این محدوده‌ها ساده‌تر است. در این محدوده‌ها نهشته‌های کوهپایه‌ای در کنار نهشته‌های دشت ساحلی و دشت

است. در شش محل نشان داده شده در شکل ۸، بالغ بر ۲۰ گمانه اکتشافی وجود دارد که از بین آنها، نمودار ۹ گمانه در شکل ۹ به نمایش درآمده است.

پس از بررسی و جمع‌بندی داده‌های ژئوتکنیک در محدوده مورد مطالعه، مشخص شد که در بیشتر گمانه‌هایی که در رسوبات دشت سیلابی حفر گردیده‌اند، در ابتدا خاک‌های شنی حاوی قلوه سنگ با ابعاد مختلف مشاهده می‌شوند که ستبرای این خاک‌ها بین ۲ تا ۱۰ متر در تغییر است. این خاک‌ها در رده GP و GW قرار دارند که در برخی نقاط افزون بر قلوه سنگ، حاوی لایه‌های ماسه و لای هستند. اعداد SPT در این خاک‌ها در بیشتر موارد بیش از ۳۰ است. بعد از خاک‌های شنی، خاک‌های رسی لای‌دار مشاهده می‌شوند. در گمانه‌هایی که به دور از بستر رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی حفر شده‌اند مانند گمانه‌های BH1 و BH2، این لایه‌های رسی در سطح مشاهده می‌شوند. این خاک‌ها در بیشتر موارد در رده CL و گاه در رده CH قرار می‌گیرند و ستبرای آنها بین ۵ تا ۲۰ متر در تغییر است. اعداد SPT در این خاک‌ها بین ۴ تا ۱۳، حد روانی آنها بین ۴۰ تا ۶۰ درصد و حد پلاستیک آنها بین ۲۰ تا ۴۰ درصد در تغییر است. این رس‌ها عادی تحکیم یافته هستند و در رده رس‌های نرم تا متوسط قرار دارند.

پس از لایه‌های رسی، در تمامی گمانه‌ها، لایه‌های ماسه‌ای مشاهده می‌شود. این لایه‌های ماسه‌ای که در رده SP، SM، SP-SM و SM قرار دارند تا انتهای بیشتر گمانه‌های ۳۰ متری مشاهده می‌شوند و در برخی گمانه‌های ۳۰ متری به لایه‌های رسی تبدیل می‌شوند اما در گمانه‌های ۵۰ متری پس از عبور از این لایه‌های رسی، مجدداً لایه‌های ماسه‌ای مشاهده می‌شوند و تا انتهای گمانه‌های ۵۰ متری ادامه می‌یابند. اعداد SPT در این خاک‌ها در بیشتر موارد بیش از ۴۰ است و در برخی محل‌ها به صورت محدود اعداد SPT بین ۱۵ تا ۲۵ در تغییر است. وزن واحد حجم این خاک‌ها در حالت اشباع در حدود ۱۸/۵ کیلونیوتن بر متر مکعب است. با توجه به نتایج آزمایش نفوذ استاندارد، این خاک‌ها در رده ماسه‌های متراکم تا خیلی متراکم قرار دارند. همان‌گونه که اشاره شد، یک لایه رسی در ژرفای بیش از ۳۰ متر، لایه‌های ماسه‌ای را قطع می‌کند (گمانه‌های ۱، ۲، ۳، ۴). این رس‌ها در رده خاک‌های CL قرار دارند و ستبرای آن بین ۲ تا ۸ متر در تغییر است. اعداد SPT در این خاک‌ها در بیشتر موارد بیش از ۳۰ است. با توجه به نتایج آزمایش نفوذ استاندارد، این خاک‌ها در رده رس‌های سخت قرار دارند. این رس‌ها پیش تحکیم یافته‌اند.

در گمانه‌های محدودی که در رسوبات بستر رودخانه‌ها حفر شده‌اند، تناوبی از لایه‌های شنی به همراه قلوه سنگ با زمینه‌ای از رسوبات لای و رس مشاهده می‌شود که به سمت پایین دست رودخانه‌ها (به سمت دریا) بر میزان لای و رس افزوده می‌شود. این خاک‌ها در رده‌های GM، GC و GP-GM قرار دارند. در برخی از قسمت‌ها، عدسی‌های (لنزهای) ماسه‌ای نیز در رسوبات بستر رودخانه مشاهده می‌شود. در گمانه‌هایی که در محل مخروط افکنه‌ها حفر شده‌اند، لایه‌های شنی به همراه قلوه سنگ مشاهده می‌شود. این خاک‌ها در رده‌های GP، GP-GM و GW قرار دارند و سنگ‌شناسی آنها شامل شن با دانه‌بندی بد همراه با لای و ماسه به همراه قلوه سنگ به ابعاد تا ۲۰ سانتی‌متر و نیز شن با دانه‌بندی خوب همراه با ماسه به همراه قلوه سنگ به ابعاد تا ۳۵ سانتی‌متر است. اعداد SPT در این خاک‌ها در بیشتر موارد بیش از ۴۰ است. از رسوبات وارزیه‌ای و کوهپایه‌ای که در نزدیکی ارتفاعات قرار دارند، اطلاعات کمی در دست است. بر اساس این اطلاعات این رسوبات شامل بولدر همراه با شن، ماسه و رس هستند که عموماً در رده خاک‌های GC و SC قرار دارند. اعداد SPT در این خاک‌ها معمولاً بیش از ۴۰ است.

## ۷- مدل زمین‌شناسی مهندسی

منظور از ارائه مدل زمین‌شناسی تشریح وضعیت رسوب‌گذاری و ویژگی‌های نهشته‌های رسوبی محدوده مطالعاتی بر اساس فرایندهای تشکیل‌دهنده آنها است.

#### ۴-۷. واحد رس پایینی

این واحد نیز همانند واحد ماسه‌ای در سطح زمین مشاهده نمی‌شود، اما موقعیت آن بر اساس سنگ‌شناسی چاه‌های آب و گمانه‌های اکتشافی ژئوتکنیک، قابل شناسایی و تفکیک است. این واحد در ژرفای بیش از ۳۰ متر مشاهده می‌شود و به صورت هم‌شیب در بین واحد ماسه‌ای قرار دارد. بر اساس اطلاعات ژئوتکنیک ستبرای آن بین ۲ تا ۸ متر در تغییر است. سنگ‌شناسی این واحد شامل رس با خاصیت خمیری کم است و با توجه به نتایج آزمایش نفوذ استاندارد، این خاک‌ها در رده رس‌های سخت قرار داشته و پیش‌تحکیم یافته‌اند. بر اساس ویژگی‌های این واحد، مخاطرات زمین‌شناسی خاصی در آن پیش‌بینی نمی‌شود.

#### ۵-۷. واحد رس بالایی

این واحد که دشت ساحلی محدوده مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد، ریخت‌شناسی به‌نسبت هموار و کم‌شیب دارد و توسط پوشش گیاهی پوشیده شده است. این واحد مربوط به آخرین فاز پسروی دریای خزر است و به صورت ناپیوسته و هم‌شیب واحد ماسه‌ای را می‌پوشاند و بخش‌هایی از آن نیز به صورت ناپیوسته و دگرشیب بر روی واحد مخروط افکنه قرار می‌گیرد و در قسمت‌هایی که دشت‌های سیلابی تشکیل شده‌اند توسط رسوبات واحد دشت سیلابی پوشیده می‌شود. ستبرای این واحد بین ۵ تا ۲۰ متر در تغییر است و سنگ‌شناسی آن شامل رس لای دار با خاصیت خمیری کم است و در برخی موارد سنگ‌شناسی آن به سیلت با خاصیت خمیری کم و یا رس با خاصیت خمیری زیاد تبدیل می‌شود. این رس‌ها عادی تحکیم یافته هستند و در رده رس‌های نرم تا متوسط قرار دارند. به دلیل عادی تحکیم یافته بودن این رس‌ها، پدیده نشست در اثر اعمال بار، از مهم‌ترین مخاطرات زمین‌شناسی در آنها به شمار می‌آید. همچنین این رس‌ها از ظرفیت باربری خوبی برخوردار نیستند. شکل ۱۴ نمایی از این واحد را نشان می‌دهد.

#### ۶-۷. واحد دشت سیلابی

این واحد حاصل فرایندهای سیلابی رودخانه‌های محدوده مورد مطالعه است و به دلیل حکمفرما بودن سیلاب‌های نامنظم در زمان‌های طولانی و فازهای سیلابی متعدد (Paluska and Degens, 1980؛ ترجمه شهرابی، ۱۳۷۱) گسترش قابل توجهی دارند. نقشه‌های زمین‌ریخت‌شناسی، گسترش این واحد در سطح را به خوبی نشان می‌دهند. این واحد که از جوان‌ترین واحدهای محدوده مورد مطالعه است، بخش‌هایی از واحدهای قدیمی‌تر رس بالایی و مخروط افکنه را می‌پوشاند و ستبرای آن در بیشتر موارد کمتر از ۱۰ متر است که در برخی موارد محدود، ستبرای آن به اندکی بیش از ۱۰ متر می‌رسد. سنگ‌شناسی این واحد شامل شن حاوی میان‌لایه‌های لای و ماسه به همراه قلوه سنگ است که به سمت پایین‌دست بخش ریزدانه آن افزایش می‌یابد. لایه‌های ماسه‌ای این واحد به دلیل سست و اشباع بودن دارای قابلیت روانگرایی شدن هستند اما به دلیل ستبرای کم، دارای خطر روانگرایی قابل توجهی نیستند. در هنگام وقوع زلزله ۱۳۶۹ منجیل، پدیده روانگرایی در این محدوده گزارش نشده است (Yegian et al., 1990 a,b; Ishihara et al., 1992). رسوبات این واحد به دلیل جوان بودن، از ظرفیت باربری و قابلیت نشست متوسط برخوردارند. شکل ۱۵ نمایی از این واحد را نشان می‌دهد.

#### ۷-۷. واحد بستر رودخانه

این واحد که متشکل از رسوبات بستر رودخانه‌ها است، جوان‌ترین واحد در محدوده مورد مطالعه بوده و ستبرای آن در بیشتر موارد کمتر از ۱۰ متر است. سنگ‌شناسی این واحد شامل لایه‌های شنی به همراه قلوه سنگ با زمینه‌ای از رسوبات لای و رس است. این رسوبات بسته به مکان‌های مختلف دچار تغییراتی می‌شوند و در قسمت‌های بالادست رودخانه‌ها اغلب رسوبات شامل تخته‌سنگ‌ها و قلوه‌سنگ‌های فراوان است که به سمت پایین دست رودخانه‌ها از میزان تخته‌سنگ‌ها و قلوه‌سنگ‌ها کاسته شده و بیشتر رسوبات شنی حاوی ماسه و لای مشاهده می‌شود. به دلیل این که

سیلابی قرار گرفته‌اند. در شکل ۱۱ مدل ساده‌ای از این شرایط نشان داده شده‌است. در این بخش‌ها واحدهای زمین‌شناسی مهندسی شامل واحد کوهپایه، واحد رس پایینی، واحد ماسه‌ای و واحد رس بالایی قابل تفکیک است. در ادامه، ویژگی‌های هر یک از واحدهای زمین‌شناسی مهندسی تفکیک شده، از قدیم به جدید تشریح می‌شوند.

#### ۱-۷. واحد کوهپایه

این واحد که کهن‌ترین واحد کواترنر در محدوده مطالعاتی و حاصل فرسایش کوه‌های تالش (البرز) است، در نزدیکی ارتفاعات و در ترازهای بین ۵۰ تا ۱۵۰ متر مشاهده می‌شود و در بخش‌هایی رسوبات آن به وسیله عوامل حمل، تا فاصله ۲ تا ۳ کیلومتری دور از دامنه در دشت رانده شده‌اند. این واحد که بر اساس مطالعات رسوب شناسی دارای ستبرای نسبتاً زیادی است، به صورت دگرشیب بر روی سنگ بستر قرار می‌گیرد و در محل مخروط افکنه‌ها توسط واحد مخروط افکنه به صورت هم‌شیب و در سایر جاها به وسیله واحدهای ماسه‌ای و رس بالایی به صورت دگرشیب پوشیده می‌شود. رسوبات تشکیل‌دهنده آن، بولدر همراه با شن، ماسه و رس هستند و به دلیل زمان زیاد تشکیل آن از تراکم خوبی برخوردارند. مخاطرات زمین‌شناسی خاصی در این واحد مشاهده نمی‌شود. شکل ۱۲ نمایی از رسوبات سطحی این واحد در پای دامنه را نشان می‌دهد.

#### ۲-۷. واحد مخروط افکنه

این واحد در محل ورود بیشتر رودخانه‌ها به دشت مشاهده می‌شود و در برخی موارد رسوبات آن تا بخش‌های میانی دشت گسترش یافته‌اند. این واحد به صورت دگرشیب بر روی واحد کوهپایه و گاه سنگ بستر قرار می‌گیرد و واحدهای ماسه‌ای و رس بالایی بخش‌هایی از آن را به صورت دگرشیب می‌پوشاند. رسوبات آن شامل شن با دانه‌بندی بد همراه با لای و ماسه به همراه قلوه‌سنگ به ابعاد تا ۲۰ سانتی‌متر و نیز شن با دانه‌بندی خوب همراه با ماسه به همراه قلوه‌سنگ به ابعاد تا ۳۰ سانتی‌متر است. بررسی‌ها نشان می‌دهند بخش‌های ریزدانه‌تر رسوبات این واحد (رسوبات ماسه‌ای) در بخش‌های انتهایی آن به سمت بخش‌های میانی دشت، افزایش می‌یابند. دانه‌بندی رسوبات این واحد سبب تشکیل آبخوان‌های مناسبی در آن شده است. از طرفی به دلیل دانه‌بندی خوب رسوبات، از آنها به عنوان منابع قرضه در ساخت و سازهای عمرانی استفاده می‌شود. این واحد دارای ستبرای به‌نسبت زیادی است و ستبرای آن به طرف کوه و گسل آستارا افزایش می‌یابد. رسوبات واحد مخروط افکنه همانند رسوبات واحد کوهپایه تراکم خوبی دارند و مخاطرات زمین‌شناسی خاصی در این واحد مشاهده نمی‌شود. شکل ۱۳ نمایی از این واحد را نشان می‌دهد.

#### ۳-۷. واحد ماسه‌ای

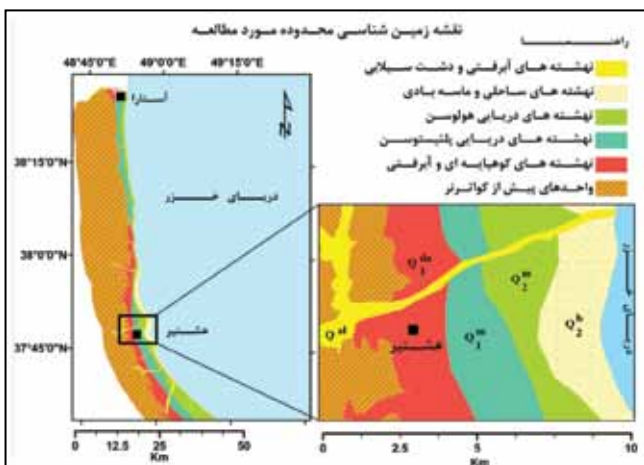
این واحد در سطح زمین مشاهده نمی‌شود، اما موقعیت آن بر اساس سنگ‌شناسی چاه‌های آب و گمانه‌های اکتشافی ژئوتکنیک، قابل شناسایی و تفکیک است. این واحد را می‌توان معادل زیررخساره A2a از رخساره A2 در مطالعات رسوب‌شناسی در نظر گرفت. بنابراین به صورت دگرشیب واحد مخروط افکنه را می‌پوشاند و به صورت ناپیوسته و هم‌شیب توسط واحد رسی بالایی پوشیده می‌شود و توسط واحد رسی پایینی قطع می‌شود (واحد رس پایینی به صورت هم‌شیب در بین واحد ماسه‌ای قرار دارد). در بخش‌هایی که واحد مخروط افکنه وجود ندارد این واحد به صورت دگرشیب بر روی واحد کوهپایه قرار می‌گیرد. ستبرای دقیق این واحد مشخص نیست اما بر اساس شواهد موجود ستبرای آن بیش از ۳۰ متر ارزیابی می‌شود. بر اساس مطالعات رسوب‌شناسی این واحد دارای منشأ دریایی است و در یک فاز پیشروی دریای خزر نهشته شده است. سنگ‌شناسی آن شامل ماسه با دانه‌بندی بد و ماسه لای دار حاوی قطعات صدف‌های دریایی است. خاک‌های این واحد در رده ماسه‌های متراکم تا خیلی متراکم قرار دارند و پتانسیل روانگرایی در آنها بسیار کم است. مخاطرات زمین‌شناسی خاصی در این واحد پیش‌بینی نمی‌شود.

زمین‌شناسی مهندسی به نسبت مناسب‌تری برخوردارند و مخاطرات زمین‌شناسی خاصی در آنها پیش‌بینی نمی‌شود اما واحدهای جوان‌تر مانند واحد رس بالایی، واحد دشت سیلابی و واحد بستر رودخانه به دلیل جوان‌تر بودن و شرایط تشکیل، ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی نامطلوب‌تری به نسبت سایر واحدها دارند و هر گونه ساخت و ساز و فعالیت عمرانی در محدوده این واحدها باید با در نظر گرفتن مشکلات احتمالی پیش رو در آنها انجام شود. توجه به این نکته ضروری است که با استفاده از اطلاعات این مدل و واحدهای آن نمی‌توان به طور دقیق به جزئیات لایه‌های خاک دست یافت اما این مدل ابزار بسیار مفیدی در پیش‌بینی شرایط زمین‌شناسی مهندسی و خطرات زمین‌شناسی پیش‌رو در انجام پروژه‌های عمرانی آتی در محدوده مورد مطالعه خواهد بود. این مدل می‌تواند در آینده با استفاده از اطلاعات جدید، تکمیل و به‌روز شود.

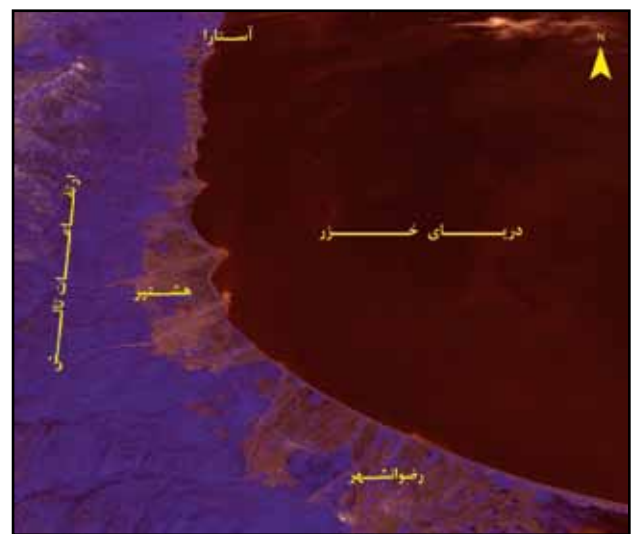
این رودخانه‌ها فاصله زیادی را از ارتفاعات تا دریا طی نمی‌کنند (اغلب کمتر از ۵ کیلومتر) و به دلیل انرژی نسبتاً زیاد رودخانه، حجم قابل توجهی از بار رسوبی ماسه و لای آنها به دریا حمل می‌شود. به دلیل بافت چیره درشت‌دانه در این واحد، مخاطرات زمین‌شناسی خاصی در آن پیش‌بینی نمی‌شود. شکل ۱۶ نمایی از رسوبات این واحد را نشان می‌دهد.

### ۸- نتیجه‌گیری

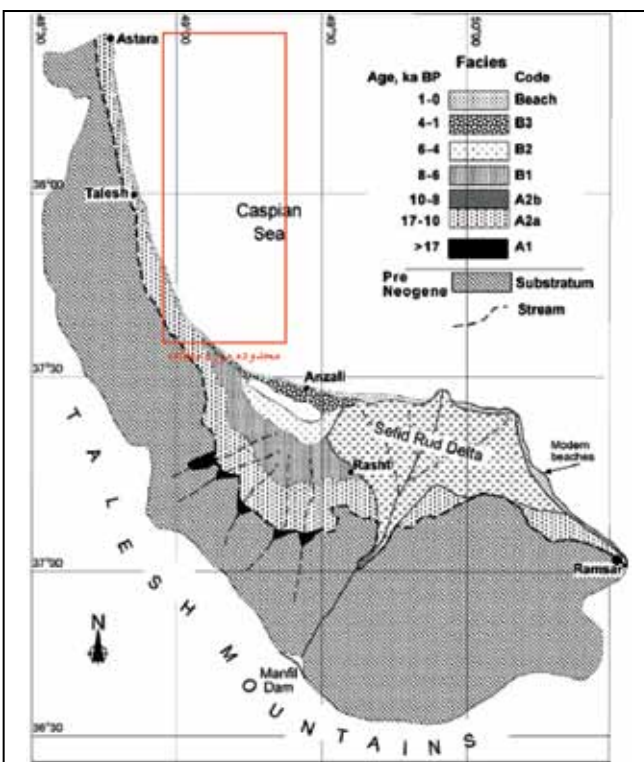
در این پژوهش با بررسی وضعیت رسوب‌گذاری و ویژگی‌های نهشته‌های رسوبی محدوده مطالعاتی، امکان تفکیک و معرفی ۷ واحد زمین‌شناسی مهندسی در قالب یک مدل فراهم گردید. از بین واحدهای شناسایی شده، واحدهای قدیمی‌تر مانند واحد کوهپایه، واحد مخروط افکنه، واحد ماسه‌ای و واحد رس پایینی از ویژگی‌های



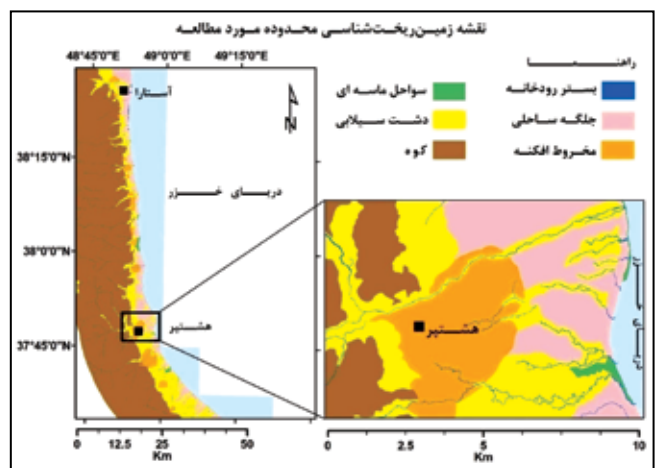
شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (بر اساس نقشه زمین‌شناسی استان گیلان، نوگل سادات، ۱۳۷۰)



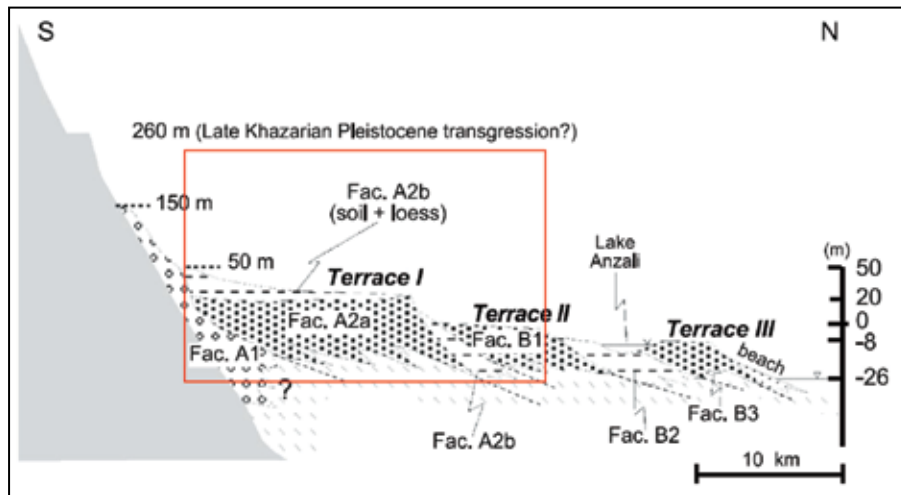
شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه



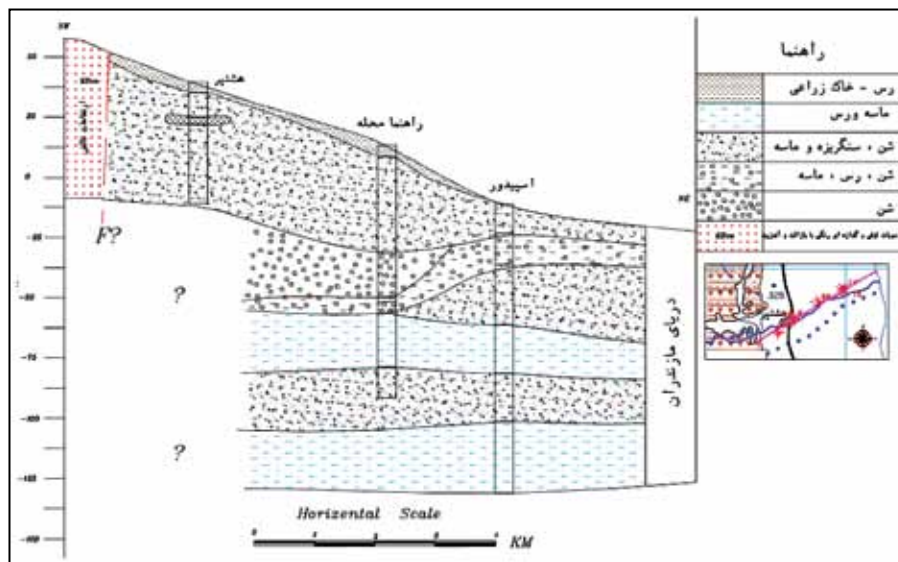
شکل ۴- نقشه رخساره‌های رسوبی جلگه کواترنری گیلان-مازندران (Kazanci et al., 2004).



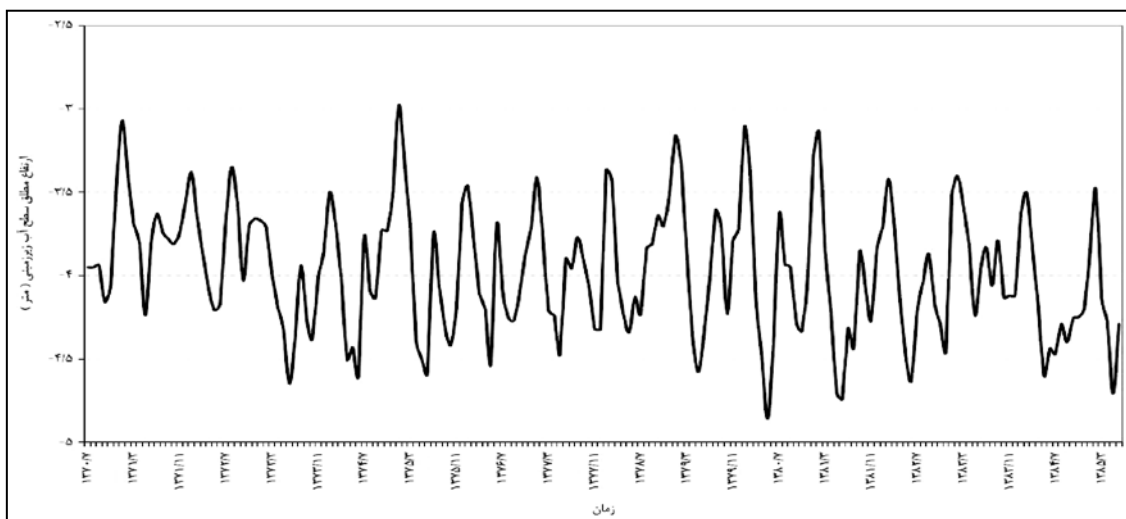
شکل ۲- نقشه زمین‌ریخت‌شناسی محدوده مورد مطالعه (برگرفته از سازمان بنادر و دریا نوردی، ۱۳۸۴)



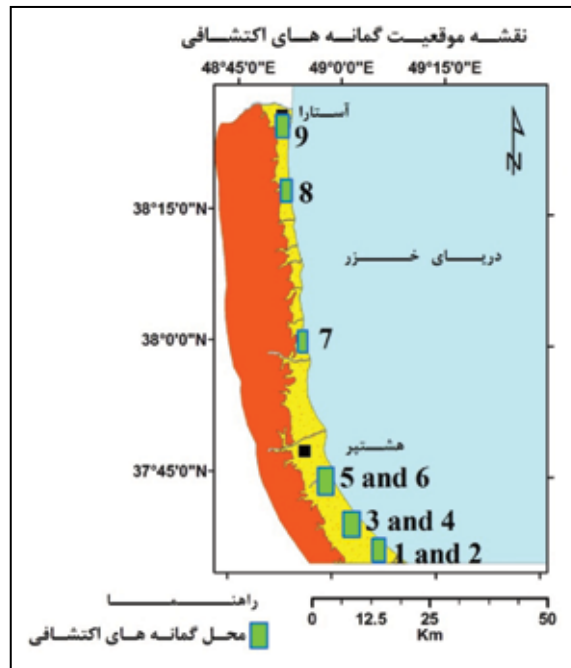
شکل ۵- مقطع رخساره‌های رسوبی جلگه گیلان- مازندران (Kazanci et al., 2004).



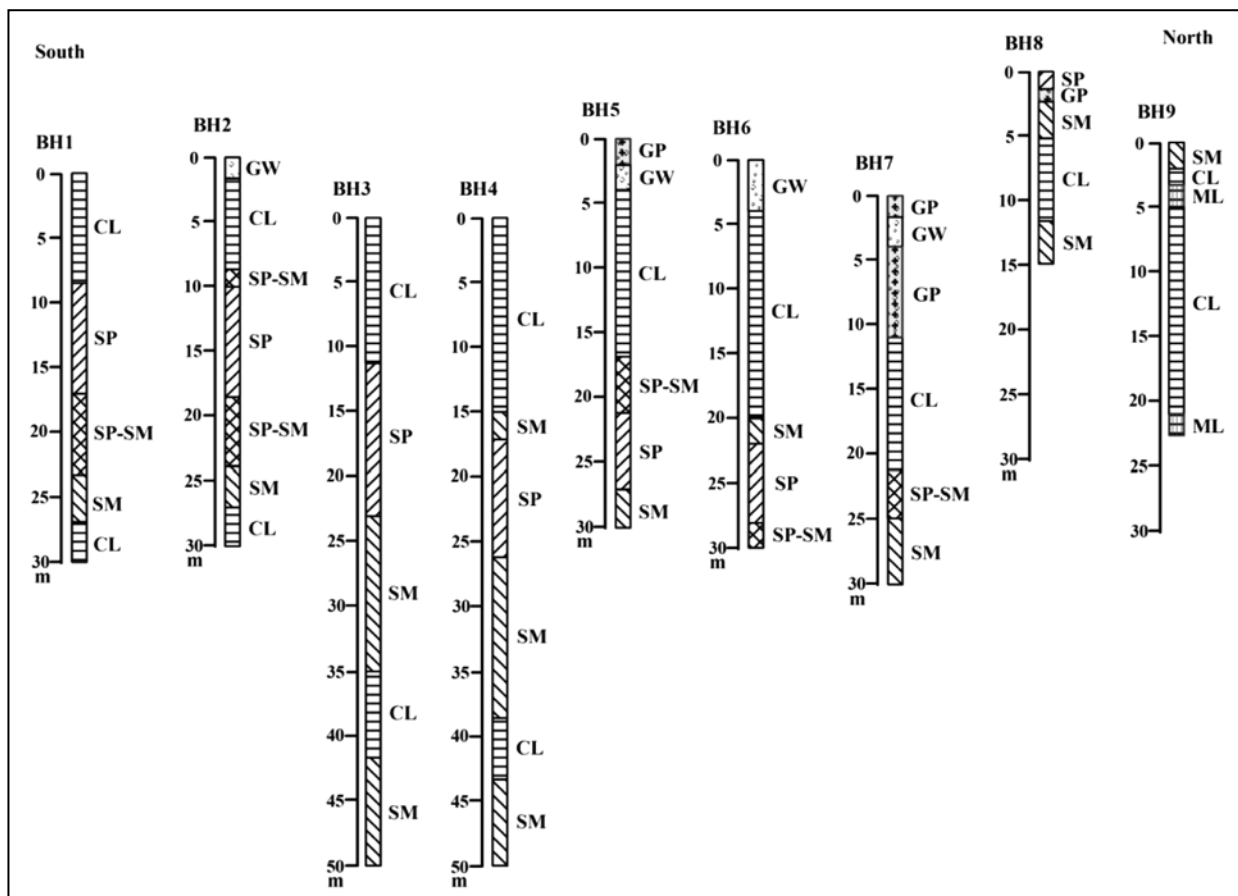
شکل ۶- یک مقطع آب‌زمین‌شناسی از دشت تالش در مجاورت رودخانه کرگانرود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹)



شکل ۷- آب‌نمود آبخوان آبرفتی دشت تالش (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹)

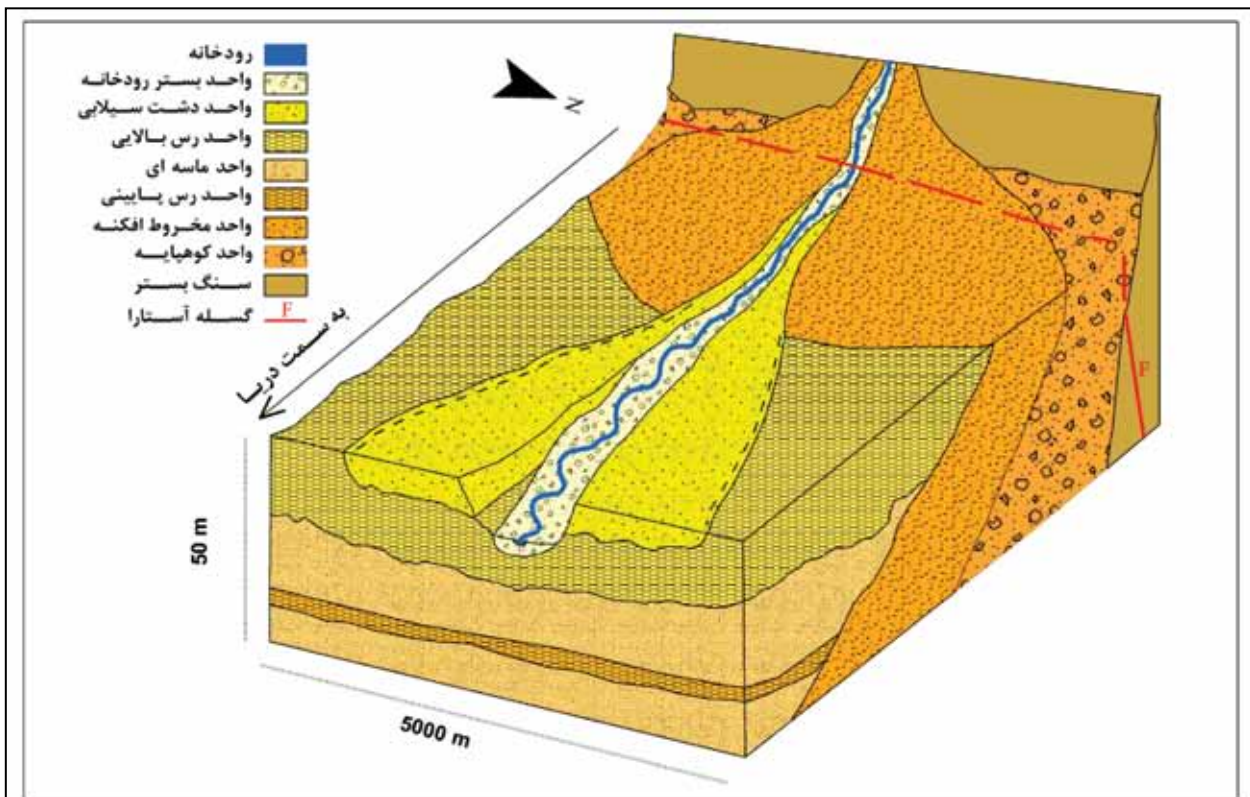


شکل ۸- نقشه موقعیت گمانه‌های اکتشافی ژئوتکنیک



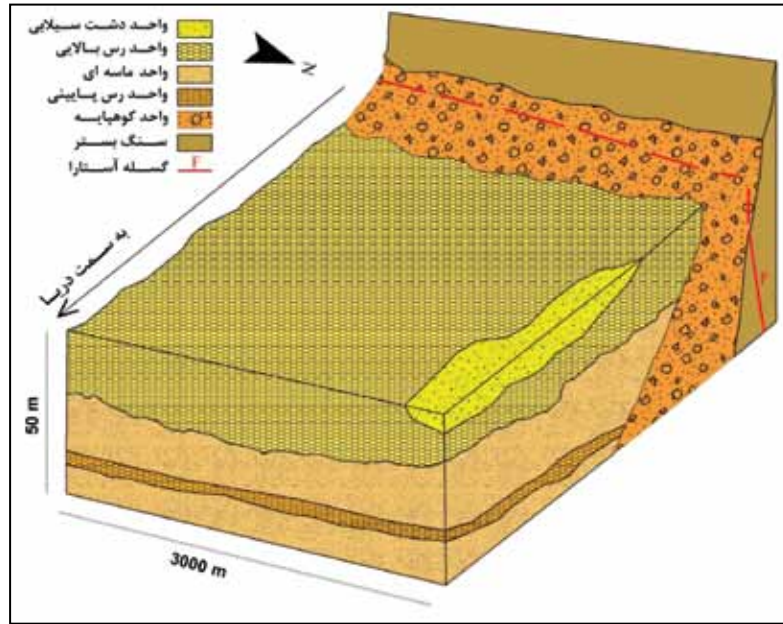
شکل ۹- نمودار گمانه‌های اکتشافی ژئوتکنیک مطابق با نقشه موقعیت گمانه‌ها در شکل ۸





واحد	لیتولوژی	ضخامت	رده بندی خاک	SPT	تراکم	وضعیت اشباع	خطرات زمین شناسی
بستر رودخانه 	لایه های شنی به همراه قلیوه سنگ یا ماتریکسی از رسوبات لای و رس	کمتر از ۱۰ متر	GM-GC GP-GM	بیش از ۳۰	متوسط تا زیاد	اشباع	فاقد خطر
دشت سیلابی 	شن حاوی میان لایه های لای و ماسه به همراه قلیوه سنگ	کمتر از ۱۰ متر	GW-GP	بیش از ۳۰	متوسط تا زیاد	در عمق بیش از ۳ متر اشباع	فاقد خطر
رس بالایی 	رس لای دار و در مواردی سیلت	بین ۵ تا ۲۰ متر	CL و در مواردی ML و CH	بین ۴ تا ۱۳	کم. عادی تحکیم یافته	در عمق بیش از ۳ متر اشباع	نشت زیاد در اثر اعمال بار
ماسه ای 	ماسه و ماسه لای دار	بیشتر از ۳۰ متر	.SP-SM, SP SM	بیش از ۴۰	زیاد، متراکم	اشباع	فاقد خطر
رس پایینی 	رس	بین ۲ تا ۸ متر	CL	بیش از ۳۰	زیاد، پیش تحکیم یافته	اشباع	فاقد خطر
مخروط افکنه 	شن همراه با لای، ماسه و قلیوه سنگ	بیشتر از ۳۰ متر	.GP-GM GW-GP	بیش از ۴۰	زیاد، متراکم	در عمق بیش از ۸ متر اشباع	فاقد خطر
کوهپایه 	بولدر همراه با شن، ماسه و رس	بیشتر از ۳۰ متر	SC, GC	بیش از ۴۰	زیاد، متراکم	در عمق بیش از ۱۰ متر اشباع	فاقد خطر

شکل ۱۰- نمودار سه بعدی مدل زمین شناسی مهندسی سواحل باختری دریای خزر در مجاورت رودخانه‌ها که چگونگی توزیع واحدهای مدل و ویژگی‌های آنها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- نمودار سه‌بعدی مدل زمین‌شناسی مهندسی سواحل باختری دریای خزر در نواحی دور از رودخانه‌ها



شکل ۱۳- نمایی از واحد مخروط افکنه در محل ورود رودخانه ناورود (اسالم) به دشت (دید به سوی باختر)



شکل ۱۲- نمایی از رسوبات سطحی واحد کوهپایه در پای دامنه کوه‌های تالش



شکل ۱۵- نمایی از واحد دشت سیلابی در مجاورت رودخانه (دید به سوی جنوب)



شکل ۱۴- نمایی از واحد رس بالایی که توسط رودخانه بریده شده است.



شکل ۱۶- نمایی از واحد بستر رودخانه (دید به سوی شمال)

جدول ۱- گروه‌بندی آبرفت‌های دشت تالش (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹)

شرح	نوع
ریزدانه تا درشت‌دانه، گسترش زیاد، ستبرای نسبتاً کم، سطح ایستابی متغیر	واریزه‌ها
دانه‌درشت تا متوسط، ستبرای زیاد، گسترش زیاد، سطح ایستابی در ژرفای کم	مخروط افکنه
دانه‌درشت تا متوسط، ستبرای نسبتاً زیاد، گسترش زیاد، سطح ایستابی در ژرفای نسبتاً پایین	رسوبات میان‌دشتی
ریزدانه و یکنواخت، گسترش کم، ستبرای کم، سطح ایستابی بالا	رسوبات بادی و ساحلی

## کتابنگاری

- سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۸۴- مطالعات مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور (ICZM)، نقشه‌های شکل اراضی مناطق ساحلی با مقیاس ۱:۲۵،۰۰۰.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۷- نقشه‌های زمین‌شناسی آستارا و رضوانشهر-خلخال با مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۸- مطالعات مرحله اول سد مخزنی خرمنگاه.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹- گزارش بهنگام سازی تلفیق مطالعات منابع آب، حوضه آبریز رودخانه‌های سفیدرود بزرگ و تالش-تالاب انزلی.
- شهرابی م، ۱۳۷۱- ترجمه کتاب "زمین‌شناسی کواترنر کرانه‌های دریای خزر"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، چاپ اول، نوشته: Paluska, A. and Degens, E.T., 1980 ; ۱۲۰ صفحه.
- مرادی هرسینی، ک، ۱۳۸۶- بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی نهشته‌های محیط‌های رسوبی عهدحاضر در جنوب دشت خوزستان، دانشگاه تربیت مدرس، رساله دوره دکتری زمین‌شناسی مهندسی به راهنمایی دکتر ماشاله خامه‌چیان، ۳۶۲ صفحه.
- نونگل سادات م، ۱۳۷۰- مطالعات جامع زمین‌شناسی گیلان، استانداری گیلان.
- وزارت راه و ترابری، شرکت مادر تخصصی ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور، ۱۳۸۸- گزارش‌های تحقیقات و مطالعات ژئوتکنیک مسیر راه آهن رشت به آستارا.
- وزارت راه و ترابری، شرکت مادر تخصصی ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور، ۱۳۸۴- گزارش‌های تحقیقات و مطالعات ژئوتکنیک مسیر بزرگراه آستارا تالش.
- وزارت نیرو، دفتر کل برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا، ۱۳۸۹- بهنگام سازی طرح جامع آب کشور، مطالعات آب زیرزمینی حوضه آبریز تالش-تالاب انزلی.
- وزارت نیرو، شرکت مدیریت پروژه‌های نیروگاهی ایران، مینا، ۱۳۸۱- گزارش مطالعات مرحله اول سیستم آبگیر نیروگاه سیکل ترکیبی پره‌سر.
- هاشمی م، نیکودل م، حافظی مقدس ن، خامه‌چیان م، ۱۳۸۹- بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی واحدهای رسوبی سواحل غربی دریای خزر، چهارمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، مشهد، دانشگاه پیام نور.

## References

- Alizadeh Lahijani, H., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., Hosseindoost, M., 2009- Evidence for late Holocene highstands in Central Guilan–East Mazanderan, South Caspian coast, Iran, *Quaternary International*, 197: 55-71.
- Alizadeh Lahijani, H., Tavakoli, V., Amini, A.H., 2008- South Caspian river mouth configuration under human impact and sea level fluctuations, *Environmental Sciences*, 5, No.2: 65-86
- Berberian, M., 1983- The southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20: 163-183.
- Bozzano, F., Andreucci, A., Gaeta, M., Salucci, R., 2000- A geological model of the buried Tiber river valley beneath the historical centre of Rome. *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 59: 1-21.
- Brunet, M.F., Korotaev, M.V., Ershov, A.V., Nikishin, A.M., 2003- The South Caspian Basin: a review of its evolution from subsidence modelling, *Sedimentary Geology*, 156: 119–148.
- Clark, G.C., Davis, R.G., Hamzepour, B., Jones, C.R., 1975- Explanatory text of the Bandar-e-Anzali Quadrangle Map 1:250000, Geological survey of Iran.
- Delgado, J., Alfaro, P., Andrua, J.M., Cuencab, A., Domenech, C., Esteveza, A., Soriaa, J.M., Tomasd, R., Yebenesa, A., 2003- Engineering-geological model of the Segura River flood plain, *Engineering Geology*, 68: 171-187.
- Fookes, P.G., 1997- Geology for engineers: the geological model, prediction, and performance, *Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology*, 30, 293- 424.
- Fookes, P.G., Baynes, F., Hutchinson, J.N., 2000- Total Geological History: a model approach to the anticipation, observation and understanding of site conditions. *Geo-Eng 2000. Int. Conf. Geotech. and Geol. Eng.*, Melbourne, Vol I, invited papers, pp 1704.
- Ghayoumian, J., Fatemi Aghda, S.M., Koike, K., Doi, E., Nogole Sadat, M.A., Nakajima, S., 1993- Construction and application of a geotechnical database for preparation of engineering geological maps for Northwestern Iran, *Geoinformatics*, 4, No. 3: 273-282.
- Griffiths, J.S., Edwards, R.J.G., 2001- *Land Surface Evaluation for Engineering Practice.*, Geological Society, London, *Engineering Geology, Special Publications*, v. 18, p. 3-9.
- Ishihara, K., Haeri, S. M., Moifar, A. A., Towhata, I., Tsunjino, S., 1992- Geotechnical aspects of the June 20, 1990 Manjil Earthquake in Iran, *Soil and Foundations*, 32 (3), pp. 61–78.
- Kazanci, N., Gulbabazadeh, T., Leroyd, S., Ilerie, O., 2004- Sedimentary and environmental characteristics of the Gilan–Mazenderan plain, northern Iran: influence of long- and short-term Caspian water level fluctuations on geomorphology, *Marine Systems*, 46: 145-168.
- Khoshrahan, H., 2007- Beach sediments, morphodynamics, and risk assessment, Caspian Sea coast, Iran, *Quaternary International*, 167–168, 35-39.
- Mollah, M. A., 1993- Geotechnical conditions of the deltaic alluvial plains of Bangladesh and associated problems., *Engineering Geology*, 36: 125-140.
- Nouri, J., Karbassi, A. R., Mirkia, S., 2008-Environmental management of coastal regions in the Caspian Sea, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5(1): 43-52.
- Paluska, A. and Degens, E.T., 1980- *Das Quartar Des Kaspischen Küstenvorlandes*, Geological Survey of Iran.
- Schalkwijk, A.V., Price, G.V., 1990- Engineering geological mapping for urban planning in developing countries, 6<sup>th</sup> International congress of International Association of Engineering Geology, 257-264.
- Yegian, M. K., Ghahraman, V. G., Nogole-Sadat, M. A. A., Daraie H., 1990 a- Liquefaction during the 1990 Manjil, Iran, Earthquake, I: Case history data, *Bulletin of the seismological society of America*, 85 (1), pp. 66–82.
- Yegian, M. K., Ghahraman, V. G., Nogole-Sadat, M. A. A., Daraie, H., 1990 b- Liquefaction during the 1990 Manjil, Iran, Earthquake, II: Case history analysis, *Bulletin of the seismological society of America*, 85 (1), pp. 83–92.