

مطالعه فاکتورهای ژئوتکنیکی در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی کارخانه سیمان (مطالعه موردی: کارخانه سیمان آبیک)

مریم نعیمی*^۱، علی لشگری^۲، عبدالحسین حداد^۳

۱ استادیار، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲ دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، دانشگاه سمنان، ایران

۳ دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه سمنان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۷/۰۹)

چکیده

امروزه ارزیابی اثرات توسعه بر محیط‌زیست یکی از راه‌های قابل قبول برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است و می‌تواند به عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی، اثرات بالقوه محیط‌زیستی که در نتیجه اجرای پروژه‌های عمرانی و توسعه، پدیدار می‌شوند را شناسایی و گزینه‌های منطقی برای حل آن‌ها را انتخاب کند. در سال‌های اخیر احداث کارخانه‌های سیمان در کشور رشد فزاینده‌ای داشته است که اصولاً به جنبه‌های اقتصادی آن‌ها نسبت به جنبه محیط‌زیستی بیشتر توجه می‌شود، در حالی که این صنعت می‌تواند اثرات منفی قابل توجهی علاوه بر محیط‌زیست بر روی مسایل ژئوتکنیکی منطقه نیز داشته باشد. در این تحقیق با استفاده از منابع موجود و بررسی‌های میدانی، آثار محیط‌زیستی و ژئوتکنیکی کارخانه سیمان آبیک که یکی از بزرگ‌ترین مجموعه‌های تولید سیمان در کشور می‌باشد، توسط ماتریس ایرانی و عکس‌های هوایی مورد بررسی قرار گرفته است. هر چند سالیان متمادی است که این مجموعه احداث شده است ولی یک ارزیابی محیط‌زیستی از شرایط موجود می‌تواند گویای اثرگذاری یک مجموعه تولید سیمان در طی گذشت زمان بر روی منطقه و محیط‌زیست باشد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین اثر منفی بر روی توپوگرافی منطقه با ارزش کیفی «تخریب یافته» می‌باشد که این موضوع علاوه بر اثرگذاری بر روی محیط‌زیست، بر روی شرایط ژئوتکنیکی منطقه نیز اثرگذار است. با توجه به وجود گسل‌های فعال در منطقه تغییرات توپوگرافی مخاطرات محیط‌زیستی و ژئوتکنیکی شدیدی را به همراه خواهد داشت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات توپوگرافی ناشی از فعالیت‌های توسعه‌ای کارخانه سیمان آبیک که یکی از فاکتورهای ژئوتکنیکی است، موجب کاهش ضریب گسیختگی شیب به میزان ۰/۰۱ می‌شود که در اثر وقوع زلزله احتمالی شیب‌های منطقه تغییر مکان بیشینه‌ای در حدود ۸۲۴ سانتی‌متر را تجربه می‌کنند.

کلید واژه‌ها: کارخانه سیمان، پارامترهای ژئوتکنیکی، ارزیابی اثرات توسعه بر محیط‌زیست

سرآغاز

پس از آن که در دهه شصت و هفتاد میلادی توجه کشورها به مساله محیط‌زیست جلب شد و دولتمردان متوجه اثرات فعالیت‌های عمرانی بر محیط‌زیست شدند، کنفرانس سران زمین در ریودوژانیرو برزیل (۱۹۹۲) منجر به ایجاد یک خط‌مشی مشخص و قانونمند در زمینه ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های انسانی شد. در واقع بینش فعالیت‌های انسانی تا قبل از این کنفرانس و یا دهه‌های گذشته به صورت یک بعدی و در جهت کسب توسعه و منابع مالی بدون در نظر گرفتن سلامت زیست بوم‌ها بوده است. این کنفرانس جرقه‌ای برای یک نگرش چند بعدی به فعالیت‌های انسانی ایجاد نمود. بر این اساس بشر به عنوان جزئی از سیستم طبیعت بوده و طبیعتا فعالیت در بخشی از طبیعت (که دارای قدرت تاثیرگذاری بسیاری است) بر روی سایر بخش‌های اثرگذار بوده و نیازمند انجام ارزیابی‌های اثرات محیط‌زیستی قبل از هرگونه فعالیت انسانی است (Morrison-Saunders et al., 2014; Saleh & Pourasghar, 2006). بنابراین، هدف از انجام مطالعه‌های ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، حصول اطمینان در جهت توافق همه جانبه گزینه‌های موردنظر توسعه با محیط‌زیست بوده و هرگونه پیامد محیط‌زیستی در مرحله طراحی پروژه، شناسایی و مورد توجه قرار گیرد (Canter, 1996).

در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت و نیاز روز افزون جوامع به ساخت‌وساز، صنایع ساختمانی نیز گسترش یافته‌اند. در صورت عدم توجه به مسایل محیط‌زیستی صنعت ساختمان و صنایع وابسته می‌توانند مشکلات محیط‌زیستی از جمله آلودگی‌های شیمیایی ناشی از تولید مصالح، انتشار گازهای آلاینده و گرد و غبار ناشی از تخریب ساختمان‌ها و تولید مصالح و یا تولید زباله‌های ساختمانی را به همراه داشته باشند. یکی از فعالیت‌های صنعت ساختمان که قادر به اثرگذاری بسیار زیاد بر روی محیط‌زیست بوده، احداث کارخانه‌هایی مانند سیمان و گچ می‌باشد (Haddad et al., 2015). در فرآیند تولید سیمان به ازای هر تن سیمان، ۹۰۰ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن آزاد می‌شود و با توجه به میزان تولید ۳۴۰۰ میلیون تن سیمان در جهان، در حدود ۳۰۶۰ میلیون تن دی‌اکسیدکربن بسیار زیادی وارد محیط می‌شود که بسته به نوع سوخت کوره‌های مورد استفاده، این میزان می‌تواند کاسته شود. به طور کلی ۵٪ دی‌اکسیدکربن موجود در جو ناشی از صنعت سیمان است. این صنعت می‌تواند علاوه بر اثرات مخفی مانند تولید گاز

دی‌اکسیدکربن (Ghader Marzi 2011; Karbasi et al., 2012; Jozi et al., 2012; Jozi & Hoseini, 2015; Aranda) تولید مواد زاید (Sereshki & Saffari, 2016; Usón et al., 2013) و پیامدهای مشهودی (مانند تغییرات توپوگرافی منطقه) نیز بر روی محیط‌زیست داشته باشد. بنابراین، صنعت تولید سیمان به تنهایی قادر است بر روی تمامی عوامل محیط‌زیستی از قبیل هیدرولوژی، بیولوژیکی (Sadeghi Ravesh & Khorasani, 2009)، فرهنگی و اجتماعی، آب و خاک و صدا (Chehregani & Mohsenzadeh, 2012) اثر گذار باشد. هر چند که ممکن است در محدوده نزدیک به کارخانه اثرات محیط‌زیستی بیشتر باشد (Sadeghi Ravesh & Khorasani, 2009; Heidari et al., 2017). ولی اثرات محیط‌زیستی در محدوده‌های دور از کارخانه نیز می‌تواند مهم باشد. به همین دلیل اجرای طرح ارزیابی از مرحله امکان‌سنجی تا نظارت پیوسته در تمام فرایند استخراج تا بسته‌بندی امری ضروری است و باید در هر مرحله با اعمال قوانین و تدابیر ویژه پیامدها را قبل از بروز مهار کرد (Majnonian, 2000).

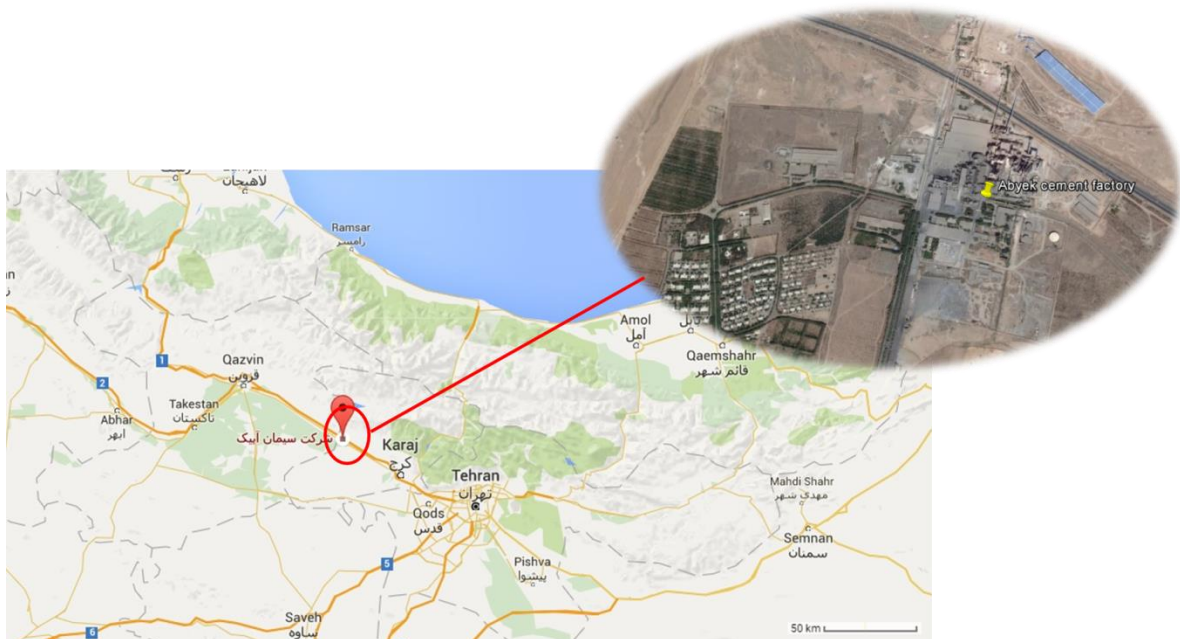
برای انجام ارزیابی محیط‌زیستی^(۱) روش‌های متعددی ارائه شده است که متداول‌ترین آن‌ها روش‌هایی مانند چک‌لیست، ماتریس، روی‌هم‌گذاری و تجزیه و تحلیل سیستمی است (Rikhtegar et al., 2014; Canter, 1996). انتخاب روش، با توجه به نوع پروژه و شرایط موجود است. از میان روش‌های موجود، روش ماتریس به دلیل در نظرگیری تاثیر پارامترها بر روی یکدیگر و سادگی نسبت به سایر روش‌های ارزیابی، بیشتر مورد توجه و استفاده قرار می‌گیرد. هر چند که تحقیقاتی در خصوص ارزیابی اثرات محیط‌زیستی کارخانه سیمان آبیگ انجام شده است ولی این تحقیقات بر روی یک نوع پارامتر محیط‌زیستی مانند هوا (Karbasi et al., 2012) و پوشش گیاهی (Sadeghi Ravesh & Khorasani, 2009) متمرکز شده‌اند و ارزیابی جامع با در نظر گرفتن سایر پارامترهای محیط‌زیستی و ژئوتکنیکی ناشی از فعالیت‌های عمرانی و انسانی انجام نشده است. در این مقاله به مطالعه فاکتورهای ژئوتکنیکی در ارزیابی محیط‌زیستی کارخانه سیمان آبیگ که یکی از بزرگترین مجموعه‌های تولید سیمان در کشور است، پرداخته شده است. به طور کلی تعداد ۷۲ واحد تولید سیمان در کشور فعالیت می‌کنند که در مجموع ظرفیت تولید سالانه ۷۹۴۴۳۹۹۷ تن سیمان را دارا می‌باشند که سهم تولید سالیانه کارخانه سیمان آبیگ در حدود ۵٪ است. در این مقاله سعی بر بررسی اثرات فاکتورهای ژئوتکنیکی

قزوین تاسیس شد. موقعیت مکانی این مجموعه در شکل (۱) نشان داده شده است. این مجموعه دارای دو واحد بوده که واحد اول آن در سال ۱۳۵۲ با ظرفیت اسمی ۳۵۰۰ تن کلینکر در روز و واحد دوم در سال ۱۳۵۸ با ظرفیت ۴۵۰۰ کلینکر در روز افتتاح شدند. با توجه به برنامه توسعه و افزایش ظرفیت تولید، این مجموعه با ظرفیت اسمی ۲۱۰۰۰ کلینکر در روز در سال ۱۳۹۲ یکی از بزرگ‌ترین مجموعه‌های تولید سیمان در کشور محسوب می‌شود (Karbasi et al., 2012).

همانند تغییرات توپوگرافی و شرایط لرزه‌ای ناشی از فعالیت‌های کارخانه سیمان آبیک با استفاده از داده‌های موجود و با به کارگیری دو روش ماتریس ایرانی و عکس‌های هوایی شده است. سپس آثار مثبت و منفی ناشی از فعالیت‌های عمرانی و انسانی این مجموعه بر روی پارامترهای محیط‌زیستی و ژئوتکنیکی مورد بحث قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

مجموعه سیمان آبیک در سال ۱۳۴۸ در ۸۰ کیلومتر جاده تهران-



شکل (۱): موقعیت شرکت سیمان آبیک

این مجموعه در اکوسیستم‌های نیمه‌بیابانی بنا شده است که دارای ویژگی‌های جغرافیایی و ساختمانی مناسب برای کشاورزی و سایر فعالیت‌های مرتبط بوده و یکی از مناطق با ارزش محسوب می‌شود. در این منطقه که گونه‌های متعددی از حیات‌وحش به خصوص گونه‌های روباه، کبک و خزندگان و گونه‌های گیاهی مانند ورک و درمنه را در خود جای داده است. از پرندگان این ناحیه می‌توان به کبک، تیپهو، هوبره اشاره کرد. در سال‌های اخیر میانگین بارندگی در حدود ۲۰ mm در سال می‌باشد و متوسط دمای سالانه در حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد است (اداره کل هواشناسی استان قزوین).

این مجموعه سیمان قابلیت تولید دی‌اکسیدکربن (CO_2)، اکسیدهای ازت (NO_x) و اکسیدهای گوگرد (SO_2) ناشی از احتراق سوخت را دارا می‌باشد. بررسی‌های انجام شده بر روی آلودگی‌های ناشی از مجموعه سیمان آبیک (Karbasi et al., 2012)، نشان می‌دهد که ذرات جامد تولید شده توسط مجموعه سیمان آبیک در حدود $170-160 \text{ mg/m}^3$ می‌باشد. با توجه به استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای کوره پخت کارخانه تهیه سیمان که میزان مجاز ذرات جامد 100 mg/m^3 در نظر گرفته شده است، ذرات جامد بیش از حد استاندارد در این مجموعه تولید می‌شود. همچنین میزان تولید آلاینده‌های NO_x و SO_2 برابر ۱۲۰ ppm است (Karbasi et al., 2012). بر اساس استاندارد اروپا مقدار مجاز NO_x برابر $200-180 \text{ mg/m}^3$ و بر اساس استاندارد اروپا مقدار مجاز SO_2 برابر 100 mg/m^3

این مجموعه در اکوسیستم‌های نیمه‌بیابانی بنا شده است که دارای ویژگی‌های جغرافیایی و ساختمانی مناسب برای کشاورزی و سایر فعالیت‌های مرتبط بوده و یکی از مناطق با ارزش محسوب می‌شود. در این منطقه که گونه‌های متعددی از حیات‌وحش به خصوص گونه‌های روباه، کبک و خزندگان و گونه‌های گیاهی مانند ورک و درمنه را در خود جای داده است. از پرندگان این ناحیه می‌توان به کبک، تیپهو، هوبره اشاره کرد. در سال‌های اخیر میانگین بارندگی در حدود ۲۰ mm در سال می‌باشد و متوسط دمای سالانه در حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد است (اداره کل هواشناسی استان قزوین).

یک مجموعه سیمان قابلیت تولید دی‌اکسیدکربن (CO_2)، اکسیدهای ازت (NO_x) و اکسیدهای گوگرد (SO_2) ناشی از

۴۰۰ می‌باشد.

مقایسه بین مقادیر مجاز آلودگی و میزان آلودگی تولید شده نشان‌دهنده آن است که مقدار آلاینده در برخی از آلودگی‌های تولید شده در نزدیکی مرزهای مجاز قرار دارد. لازم به ذکر است که اگرچه آلودگی تولید شده ممکن است شرایط هوا را در محدوده اضطرار قرار ندهد ولی موجب بروز آلودگی بر روی سایر عوامل محیط‌زیست مانند خاک و گیاه می‌شود و میزان رسوب ذرات در مناطق نزدیک به مجموعه سیمان آبیگ را افزایش می‌دهد (Sadeghi Ravesh & Khorasani, 2009). این موضوع نشان‌دهنده بررسی‌های چند پارامتری در یک ارزیابی محیط‌زیستی می‌باشد که همواره باید مورد توجه قرار گیرد.

روش انجام پژوهش

برای انجام یک ارزیابی محیط‌زیستی روش‌های مختلفی وجود دارد. در این تحقیق ابتدا روش ماتریس ایرانی برای ارزیابی محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گرفته است. سپس با استفاده از عکس‌های هوایی نتایج ماتریس مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. شایان ذکر است به دلیل آن که مجموعه سیمان آبیگ دارای قدمت طولانی در عرصه فعالیت می‌باشد، اثرات محیط‌زیستی در مرحله ساخت و بهره‌برداری این مجموعه مورد ارزیابی قرار گرفته است. هر چند که در یک ارزیابی محیط‌زیستی می‌بایست اثرات محیط‌زیستی قبل و یا در حین ساخت نیز مورد توجه قرار گیرد. همچنین انتخاب هر یک از پارامترهای محیط‌زیستی بر اساس اثرگذاری فعالیت‌های عمرانی و انسانی بر روی محیط‌زیستی بوده است.

ماتریس ایرانی

در میان روش‌های ماتریس، روش ماتریس لئوپولد (Leopold et al., 1971) به دلیل ارائه یک ارزیابی جامع و در عین حال ساده و مناسب می‌تواند در پروژه‌های عمرانی مورد استفاده قرار گیرد و یک نگرش محیط‌زیستی مناسب و قابل درک را برای مهندسين فراهم نماید. در این ماتریس با ارزش‌گذاری اثرات محیط‌زیستی بین +۱۰ و -۱۰ اثر کیفی فعالیت‌های عمرانی و انسانی بر روی محیط‌زیست به صورت کمی تبدیل شد. به دلیل بازه نسبتاً وسیع ارزش‌دهی (بین +۱۰ تا -۱۰) و با توجه به این که تعریف محدوده هر یک از این امتیازها توسط یک فارسی زبان

به خوبی قابل درک نبود، با کاهش محدوده ارزش‌دهی (بین +۵ تا -۵)، ماتریس ایرانی توسط مخدوم در دهه هفتاد ارائه شد (Makhdoum, 2009). به همین دلیل در این تحقیق از ماتریس ایرانی که توسعه یافته و بومی شده ماتریس لئوپولد است، برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی مجموعه سیمان آبیگ و فعالیت‌های عمرانی ناشی از آن استفاده شده است. به دلیل بومی شدن شیوه امتیازدهی در ماتریس ایرانی، این روش مورد استقبال ارزیابان محیط‌زیست در بسیاری از پروژه‌های عمرانی کشور قرار گرفته است. در جدول (۱) محدوده امتیازدهی ماتریس ایرانی نشان داده شده است.

جدول (۱): ارزش‌های کمی در ماتریس ایرانی (مخدوم، ۱۳۸۷)

| اثرات مثبت (+) | | اثرات منفی (-) | |
|----------------|-------|----------------|-------------|
| +۵ | عالی | -۵ | تخریب یافته |
| +۴ | خوب | -۴ | تباه شده |
| +۳ | متوسط | -۳ | آشفته |
| +۲ | ضعیف | -۲ | نابسامان |
| +۱ | فقیر | -۱ | تنش دار |

در این تحقیق با استفاده از ماتریس ایرانی اثرات محیط‌زیستی و ژئوتکنیکی یک کارخانه سیمان مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، محیط‌زیست به بخش‌های هوا، صدا، خاک، آب، بیولوژیکی، اقتصادی، رفاهی و بهداشتی تقسیم‌بندی شده است. سپس اثرات فعالیت‌های عمرانی و انسانی ناشی از مجموعه سیمان آبیگ بر روی آن‌ها از دیدگاه ژئوتکنیکی بررسی و امتیازدهی شده است.

عکس‌های هوایی

عکس‌های هوایی یکی از روش‌های ارزیابی اثرات محیط‌زیستی است (Roodgarmi et al., 2009). با استفاده از این روش می‌توان اثرات فعالیت‌های انسانی و عمرانی را با گذشت زمان بررسی نمود. به دلیل مقایسه عکس‌های منطقه در طول مدت بهره‌برداری از پروژه‌ها، این روش یک روش مناسب برای ارزیابی محیط‌زیستی می‌باشد. به همین دلیل در این تحقیق روش عکس‌های هوایی نیز برای ارزیابی تأثیرات فعالیت‌های عمرانی و انسانی بر روی پارامترهایی مانند توپوگرافی و پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است.

یافته‌ها

در ابتدا ارزیابی محیط‌زیستی با استفاده از روش ماتریس ایرانی مورد بررسی قرار گرفت و سپس نتایج حاصل از روش ماتریس ایرانی با روش عکس‌های هوایی مقایسه شد. نتایج انجام ارزیابی بر اساس داده‌های موجود (Sadeghi Ravesh & Khorasani, 2009) و ارزیابی میدانی با استفاده از ماتریس ایرانی در شکل (۲) نشان داده شده است.

همان‌طور که شکل (۲) نشان می‌دهد در این ماتریس سعی شده است تمامی پارامترهای محیط‌زیستی و فعالیت‌های انسانی و عمرانی بررسی شود. هر چند که بعضی از اثرات محیط‌زیستی کارخانه سیمان (مانند ذرات معلق) تا شعاع ۱۰ کیلومتری بر روی محیط‌زیست اثرگذار هستند (Karbasi et al., 2012)، با این حال اثرات برخی دیگر از فعالیت‌ها (مانند فعالیت‌های معدنی) فراتر از محدوده ۱۰ کیلومتری خواهند بود. به همین دلیل توجه به یک محدوده مشخص در ارزیابی محیط‌زیستی، می‌تواند نتایج نادرستی به همراه داشته باشد.

شکل (۲) نشان می‌دهد که بیشترین نسبت اثرات مثبت برای فعالیت انتقال مصالح به میزان ۲۵٪ و کمترین نسبت مثبت برای فعالیت تولید زباله سمی به میزان صفر درصد می‌باشد. در پارامترهای محیط‌زیستی بیشترین نسبت مثبت برای پارامترها اشتغال به میزان ۱۰۰٪ می‌باشد. بررسی نسبت اثر مثبت به تنهایی برای یک ارزیابی محیط‌زیستی کافی نمی‌باشد. زیرا، به درستی گویای اثر مثبت و منفی یک پارامتر و یا یک فعالیت بر روی محیط‌زیست نیست. به همین دلیل نیاز است که میانگین رده‌بندی برای هر سطر و ستون ماتریس ارزیابی محاسبه شود و با استفاده از آن میزان اثر گذاری پارامتر بر روی محیط‌زیست مورد بررسی قرار گیرد. همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، میانگین رده‌بندی در هر سطر و ستون محاسبه شده است.

در شکل (۳) میانگین رده‌بندی برای هر یک از ردیف‌ها و ستون‌ها ترسیم شده است. همان‌طور که شکل (۳-الف) نشان می‌دهد که از مجموع ۱۷ پارامتر، تعداد ۸ پارامتر دارای میانگین بیشتر از ۳/۱- هستند که ۴۷٪ پارامترها را شامل می‌شود. با توجه به شکل (۳-ب)، تعداد میانگین رده‌بندی بیشتر از ۳/۱- در ستون‌ها تقریباً برابر ۱٪ می‌باشد. بنابراین، با توجه به ضوابط ماتریس ایرانی به دلیل تعداد میانگین رده‌بندی کمتر از ۵۰٪ در ستون‌ها و ردیف‌ها پروژه ارزیابی اثرات محیط‌زیستی کارخانه سیمان آبیگ مردود نمی‌باشد.

با توجه به نتایج شکل (۳-الف)، پارامترهای ذرات معلق موجود در هوا، آلودگی صوتی، فرسایش خاک، شرایط لرزه‌ای، توپوگرافی زمین، تأثیرات بر روی گیاهان، خزندگان و پرندگان به ترتیب دارای میانگین رده‌بندی ۳/۲-، ۳/۴-، ۳/۵۶-، ۳/۴-، ۵-، ۳/۹۲-، ۳/۶۹- و ۳/۵- می‌باشند که بیشتر از مقدار ۳/۱- بوده و نیازمند طرح‌های پاکسازی است. با توجه به این که میزان خطرپذیری گیاهان، خزندگان و پرندگان به دو عامل اصلی هوا و خاک بستگی دارد، بنابراین با پاکسازی آلودگی‌های ناشی از این دو پارامتر می‌توان میزان خطرپذیری آلودگی گیاهان، خزندگان و پرندگان را کاهش داد.

بررسی فاکتورهای ژئوتکنیکی

در مطالعه حاضر برای ارزیابی اثرات محیط‌زیست کارخانه آبیگ توجه ویژه‌ای به تغییرات توپوگرافی منطقه به دلیل اثرات آن بر پارامترهای ژئوتکنیکی مبذول شده است. زیرا، تغییرات توپوگرافی سبب وقوع زمین لغزش به ویژه در نواحی لرزه‌خیز می‌شود. بنابراین فاکتورهای ژئوتکنیکی مانند تغییرات توپوگرافی زمین، زمین لغزش ناشی از زلزله می‌تواند به طور خاص مورد بررسی قرار گیرد. تحلیل‌های مختلفی برای پیش‌بینی تغییر مکان ماندگار لرزه‌ای یک شیب ارایه شده است. یکی از روش‌های تحلیلی روش بلوک صلب (Newmark, 1966) است که با استفاده از یک شتاب بحرانی تغییر مکان ماندگار لرزه‌ای شیب‌ها پیش‌بینی می‌شود. بر اساس روش بلوک صلب نیومارک توده لغزش به صورت یک بلوک صلب که روی یک سطح شیب‌دار قرار دارد فرض می‌شود. حرکت توده لغزش زمانی آغاز می‌شود که شتاب وارده به توده لغزش توسط زمین لرزه، بزرگ‌تر از مقاومت گسیختگی توده لغزش شود. این حرکت تا زمانی ادامه می‌یابد که سرعت بلوک بزرگتر از صفر باشد. در شکل (۴) روند محاسباتی این روش نشان داده شده است. این شتاب بحرانی وابسته به ویژگی‌های مقاومتی و هندسی ساختگاه است. براساس (Kramer, 1996) شتاب بحرانی یک شیب برای حرکت در امتداد شیب برابر است با:

$$a_c = \tan(\phi - \beta) \quad (1)$$

که ϕ زاویه اصطکاک خاک و β زاویه شیب لغزش می‌باشد. در اثر تغییرات توپوگرافی (با فرض عدم دست‌خوردگی خاک) و با فرض عدم تغییر زاویه اصطکاک خاک، زاویه شیب لغزش تغییر می‌کند. زاویه اصطکاک بر حسب نوع خاک در جدول (۲) نشان داده شده است.

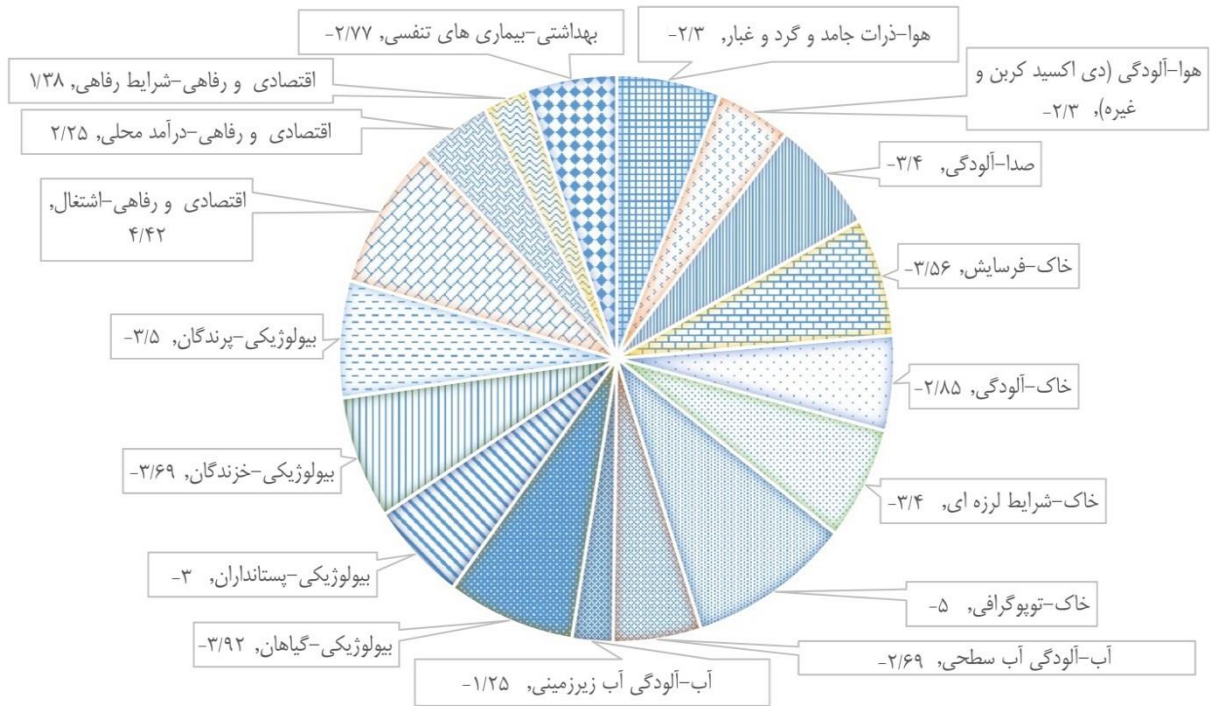
در پروژه مورد مطالعه در کارخانه سیمان آبیگ نیز همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، بیشترین اثرات منفی فعالیت‌های انسانی و عمرانی بر روی توپوگرافی است. با توجه به رابطه (۱) افزایش زاویه شیب منجر به کاهش شتاب بحرانی شده و به تبع آن تغییر مکان ماندگار توده شیب در اثر وقوع زلزله افزایش می‌یابد. بنابراین، توجه به تغییرات توپوگرافی و یا مقاومتی خاک در اثر فعالیت‌های انسانی در صورت عدم توجه به مسایل ژئوتکنیکی می‌تواند اثرات مخربی به همراه داشته باشد.

جدول (۲): زاویه اصطکاک انواع خاک (Bowels, 1992)

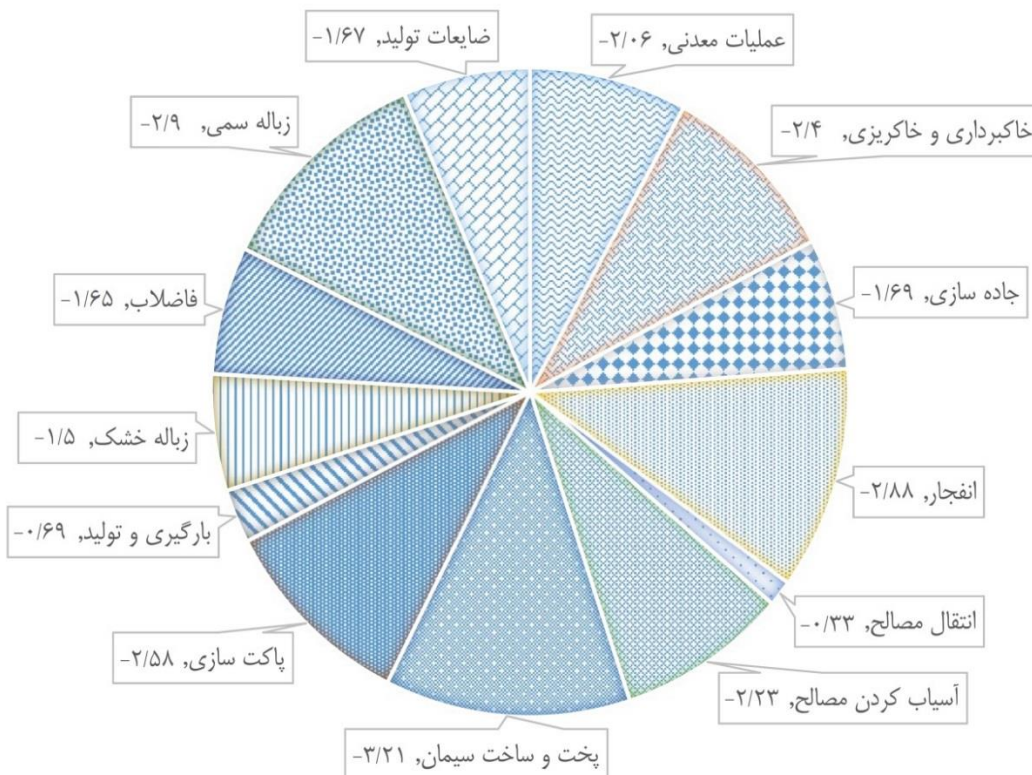
| زاویه اصطکاک (درجه) | طبقه بندی خاک بر حسب USCS |
|---------------------|---------------------------|
| >۴۰ | GW |
| ۳۸ | GP |
| ۳۸ | SW |
| ۳۶ | SP |
| ۳۲ | SM |
| ۳۲ | SC |

| میانگین رده بندی | جمع جبری | نسبت ارزش‌های مثبت (%) | تعداد ارزش‌های مثبت | تعداد ارزش‌ها | بهره برداری و بعد از ساخت | | | | | | | | | | | | فعالیت های عمرانی | پارامترهای محیط زیستی |
|------------------|----------|------------------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------|------------------|------------------|--------------|--------|-----------|---------------------|-------------------------------|------------------------|
| | | | | | ضایعات تولید | زباله سمی | فاصلاب | زباله خشک | بارگیری و تولید | پاکت سازی | پخت و ساخت سیمان | آسیاب کردن مصالح | انتقال مصالح | انفجار | جاده سازی | خاکبرداری و خاکریزی | | |
| -۳/۲۰ | -۳۲ | ۰ | ۰ | ۱۰ | -۲ | | | -۱ | -۴ | | -۵ | -۵ | -۴ | -۴ | -۴ | -۴ | ذرات جامد و گرد و غبار | هوا |
| -۲/۳۰ | -۲۳ | ۰ | ۰ | ۱۰ | -۲ | | | | -۲ | -۴ | -۴ | -۴ | -۱ | -۲ | -۱ | -۱ | آلودگی (دی اکسید کربن و غیره) | صدا |
| -۳/۴۰ | -۳۴ | ۰ | ۰ | ۱۰ | -۱ | | | | -۲ | -۴ | -۴ | -۴ | -۴ | -۵ | -۴ | -۴ | آلودگی | خاک |
| -۳/۵۶ | -۳۲ | ۰ | ۰ | ۹ | -۲ | -۳ | -۳ | -۱ | | -۱ | -۵ | | | -۴ | -۴ | -۴ | فرسایش | |
| -۲/۸۵ | -۲۷ | ۰ | ۰ | ۱۳ | -۳ | -۴ | -۳ | -۲ | -۳ | -۳ | -۵ | -۲ | -۱ | -۲ | -۲ | -۲ | آلودگی | |
| -۳/۴۰ | -۱۷ | ۰ | ۰ | ۵ | -۱ | | | | | | | | | -۵ | -۲ | -۴ | شرایط لرزه ای | |
| -۵/۰۰ | -۲۰ | ۰ | ۰ | ۴ | | | | | | | | | | -۵ | -۵ | -۵ | توپوگرافی | |
| -۲/۶۹ | -۲۵ | ۰ | ۰ | ۱۳ | -۳ | -۳ | -۴ | -۳ | -۳ | -۳ | -۵ | -۳ | -۱ | -۱ | -۲ | -۲ | آلودگی آب سطحی | آب |
| -۱/۲۵ | -۵ | ۰ | ۰ | ۴ | | | -۱ | | | | -۱ | -۱ | | -۲ | | | آلودگی آب زیرزمینی | |
| -۳/۹۲ | -۵۱ | ۰ | ۰ | ۱۳ | -۵ | -۵ | -۴ | -۳ | -۱ | -۵ | -۵ | -۲ | -۱ | -۵ | -۵ | -۵ | گیاهان | بیولوژیکی |
| -۳/۰۰ | -۳۹ | ۰ | ۰ | ۱۳ | -۲ | -۳ | -۳ | -۴ | -۱ | -۵ | -۵ | -۲ | -۱ | -۴ | -۲ | -۵ | پستانداران | |
| -۳/۶۹ | -۴۸ | ۰ | ۰ | ۱۳ | -۳ | -۴ | -۵ | -۳ | -۱ | -۵ | -۵ | -۲ | -۱ | -۵ | -۴ | -۵ | خزندگان | |
| -۳/۵۰ | -۴۲ | ۰ | ۰ | ۱۲ | -۳ | -۳ | -۳ | -۳ | -۳ | -۵ | -۵ | -۳ | | -۵ | -۳ | -۲ | پرندهگان | |
| ۴/۴۲ | ۵۳ | ۱۰۰ | ۱۲ | ۱۲ | ۲ | | ۲ | ۴ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | اشتغال | اقتصادی و رفاهی |
| ۲/۲۵ | ۲۷ | ۸۳/۳۳ | ۱۰ | ۱۲ | ۲ | -۲ | -۲ | ۳ | ۵ | ۳ | ۴ | | ۲ | ۱ | ۴ | ۲ | درآمد محلی | |
| ۱/۲۸ | ۱۱ | ۵۰/۰۰ | ۴ | ۸ | -۱ | -۱ | -۱ | -۳ | ۵ | | | | ۲ | | ۵ | | شرایط رفاهی | |
| -۲/۷۷ | -۳۶ | ۰ | ۰ | ۱۳ | -۱ | -۱ | -۱ | -۲ | -۵ | -۴ | -۵ | -۵ | -۱ | -۲ | -۲ | -۲ | بیماری های تنفسی | بهداشتی |
| | | | | | ۱۵ | ۱۰ | ۱۷ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۲ | ۱۴ | ۱۳ | ۱۲ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۵ | ۱۶ | تعداد ارزش‌ها |
| | | | | | ۲ | ۰ | ۱ | ۲ | ۳ | ۲ | ۲ | ۱ | ۳ | ۲ | ۳ | ۲ | ۳ | تعداد ارزش‌های مثبت |
| | | | | | ۱۳/۳ | ۰ | ۵/۸۸ | ۱۶/۷ | ۲۳/۱ | ۱۶/۷ | ۱۴/۳ | ۷/۶۹ | ۲۵ | ۱۲/۵ | ۱۸/۸ | ۱۳/۳ | ۱۸/۸ | نسبت ارزش‌های مثبت (%) |
| | | | | | -۲۵ | -۲۹ | -۲۸ | -۱۸ | -۹ | -۳۱ | -۴۵ | -۲۹ | -۴ | -۴۶ | -۲۷ | -۳۶ | -۳۳ | جمع جبری |
| | | | | | -۱/۷ | -۲/۹ | -۱/۶ | -۱/۵ | -۱/۷ | -۲/۶ | -۳/۲ | -۲/۲ | -۱/۳ | -۲/۹ | -۱/۷ | -۲/۴ | -۲/۱ | میانگین رده بندی |

شکل (۲): ماتریس ارزیابی اثرات محیط‌زیستی کارخانه سیمان



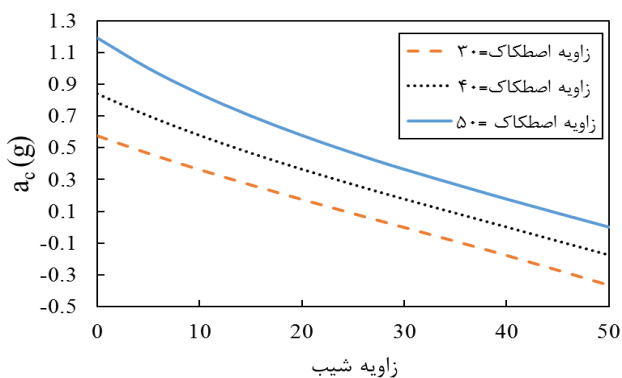
(الف)



(ب)

شکل (۳): میانگین رده بندی برای (الف) پارامترهای محیط‌زیستی؛ (ب) فعالیت های انسانی و عمرانی

شیب، شتاب بحرانی کاهش می‌یابد. به طور مثال در زاویه اصطکاک ۵۰ درجه، با تغییر زاویه شیب از صفر تا ۵۰ درجه، شتاب بحرانی به ترتیب از ۱/۱۹ تا صفر تغییر می‌کند. این موضوع نشان‌دهنده آن است که تغییرات زاویه شیب می‌تواند سبب کاهش مقاومت توده لغزش در برابر نیروی لرزه‌ای باشد و به تبع آن در اثر اعمال بار لرزه‌ای، توده‌ی لغزش می‌تواند تغییر مکان‌های گسترده‌ای را تحمل کند.

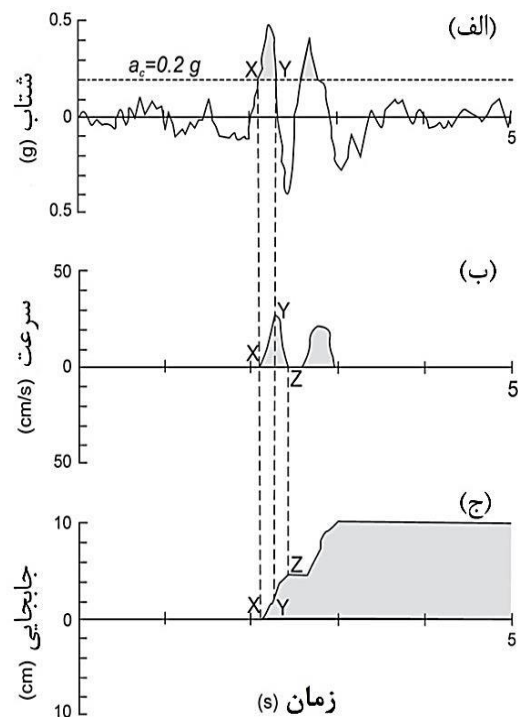


شکل (۵): تغییرات شتاب بحرانی (یا ضریب گسیختگی) در برابر تغییرات زاویه اصطکاک خاک و زاویه شیب

روابط نیمه تجربی مختلفی برای پیش‌بینی تغییر مکان لرزه‌ای شیب ارائه شده است (Jafarian & Lashgari, 2016). یکی از روابط ارائه شده در این خصوص رابطه پیشنهادی توسط (Jibson, 2007) است:

$$\log D_N = 0.215 + \log[(1 - a_c / a_{max})^{2.341} (a_c / a_{max})^{-1.438}] \pm 0.51 \quad (2)$$

برابر ۰/۳۵ فرض شده است. بر اساس رابطه (۲) و همچنین مقادیر فرض شده برای پارامترهای آن، تغییر مکان ماندگار لرزه‌ای شیب در محدوده ۷۹-۸۲۴ سانتی‌متر پیش‌بینی می‌شود. در شکل (۶) مسیر حرکت توده لغزش نشان داده شده است. با توجه به فاصله نزدیک توده لغزش با سازه‌های احداث شده مجاور آن، زمین لغزش ناشی از زلزله می‌تواند منجر به آسیب جدی مالی و جانی شود. همچنین در اثر گرد و غبار ایجاد شده ناشی از وقوع زمین لغزش آلودگی هوا نیز ایجاد خواهد شد.



شکل (۴): گسترش تغییر مکان دائمی یک شیروانی تحت اثر زلزله (Kramer & Smith, 1997). الف) شتاب‌های ورودی زلزله با ضریب گسیختگی ۰/۲g؛ ب) سرعت نسبی حاصل از انتگرال‌گیری از شتاب نسبی؛ ج) جابه‌جایی شیب حاصل از انتگرال‌گیری از سرعت نسبی

بر اساس رابطه (۱) روند تغییرات ضریب گسیختگی در برابر تغییرات زاویه اصطکاک خاک و زاویه شیب در شکل (۵) ترسیم شده است. همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد، با افزایش زاویه

که D_N و a_{max} به ترتیب تغییر مکان ماندگار لرزه‌ای بر حسب سانتی‌متر و بیشینه شتاب لرزه‌ای رخ داده در منطقه است. با توجه به این که ساختگاه منطقه مورد مطالعه تقریباً سنگی است (با فرض عدم دستخوردگی خاک) و با توجه به جدول (۲)، زاویه اصطکاک آن بین ۴۰-۵۰ تخمین زده می‌شود. همچنین با توجه به مطالعات میدانی انجام شده زاویه شیب‌های ایجاد شده توسط فعالیت‌های انسانی و عمرانی در منطقه مورد مطالعه، شتاب بحرانی ۰/۰۱ تخمین زده می‌شود. همچنین با توجه به لرزه‌خیز بودن منطقه، شتاب بیشینه (یا شتاب طرح) بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰



شکل (۶): مسیر حرکت توده لغزش در مجاورت مجموعه سیمان آبیگ

می‌باشد، پیشنهاد استفاده از ژئوسنتتیک‌ها برای جلوگیری از تغییرات توپوگرافی ناشی از احداث جاده، خاک‌برداری و خاکریزی پیشنهاد می‌شود. با ترکیب ژئوسنتتیک‌ها با روش بهسازی بیولوژیکی می‌توان از کاهش فرسایش شیب‌ها جلوگیری نمود. با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، بهسازی با ژئوسنتتیک‌ها در مقایسه با سایر روش‌های بهسازی خاک علاوه بر آن که سبب افزایش مقاومت و پایداری شیب می‌شوند، از بعد هزینه و طول عمر نیز عملکرد مناسبی دارند. همچنین اثرات مخرب محیط‌زیستی ژئوسنتتیک‌ها نسبت به سایر روش‌ها کمتر است. در گروه سوم که اثرگذاری مجموعه سیمان بر روی شرایط لرزه‌ای منطقه بررسی شد، روش‌های بیان شده برای بخش‌های توپوگرافی و فرسایش می‌تواند موثر باشد. زیرا، شیب و یا ترانشه احداث شده به صورت مهندسی مورد طراحی قرار می‌گیرد و در اثر امواج لرزه‌ای زمین لغزش رخ نمی‌دهد. همچنین بهتر است که گسل‌های موجود در منطقه (علاوه بر گسل‌های مشخص و معروف منطقه مانند گسل طالقان، شمال تهران و اشتهارد) به طور دقیق شناسایی شده و فعالیت‌های معدنی در نزدیکی گسل‌ها با اجرای تمهیدات مهندسی صورت پذیرد. وابستگی پروژه‌های عمرانی به نیازهای ژئوتکنیکی به طور خاص

برای جلوگیری از اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی و عمرانی بر روی محیط‌زیست، پروژه‌های پاکسازی و بهسازی پیشنهاد می‌شود. کارهای مطالعاتی و پیشنهادهای بسیاری در مورد پاکسازی هوا (مانند نصب الکترو فیلتر) انجام شده که منجر به کاهش آلودگی هوا شده است (Karbasi et al., 2012). در زمینه پاکسازی خاک، با توجه به این که عوامل تاثیرگذار بر روی محیط‌زیست به بخش‌های فرسایش، شرایط لرزه‌ای و توپوگرافی تقسیم‌بندی می‌شوند. بنابراین لازم است که طرح‌های پاکسازی در این سه گروه پیشنهاد شود. در زمینه فرسایش خاک، راهکارهایی مانند کاشت گیاهان بومی منطقه می‌تواند یک راهکار مناسب و ارزان باشد که با توجه به میزان آلودگی منطقه عملکرد مناسبی نیز به همراه داشته باشد. ذکر این نکته ضروری است که جلوگیری از فرسایش سبب کاهش ذرات معلق موجود در هوا نیز می‌شود. نکته مهم دیگر در زمینه فرسایش، توجه به اثر تغییرات توپوگرافی بر روی فرسایش می‌باشد. تغییرات توپوگرافی یک مساله در پروژه‌های عمرانی (به خصوص پروژه‌هایی که با احداث جاده و فعالیت‌های معدنی همراه است) می‌باشد. از آن جا که در مطالعه موردی حاضر، بیشترین تغییرات توپوگرافی ناشی از جاده‌سازی، خاک‌برداری و خاکریزی

هوایی می‌تواند نشان‌دهنده تاثیر این مجموعه بر روی محیط در گذر زمان باشد. در شکل‌های (۷-الف) و (۷-ب) روند اثرگذاری این مجموعه بر روی توپوگرافی و پوشش گیاهی منطقه نشان داده شده است. همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد در طی ۱۱ سال (۲۰۰۴-۲۰۱۵)، راه‌های دسترسی احداث شده در کوه‌های شمالی مجموعه منجر به تغییرات توپوگرافی شدید شده است. تغییرات توپوگرافی (در صورت عدم طراحی مهندسی) می‌تواند موجب بروز زمین لغزش و فرسایش خاک شود که این موضوع، پروژه‌های عمرانی که در حال حاضر و آینده در این منطقه ساخته خواهند شد را بسیار تحت تاثیر خود (در حدود امتیاز ۵- که بیشترین مقدار اثرگذاری است) قرار می‌دهد، به طوری که می‌تواند سبب صرف هزینه‌های بسیار برای بهسازی ساختگاه شود. همچنین بررسی عکس‌های هوایی در طی ۱۱ سال نشان از آسیب فعالیت‌های عمرانی و انسانی به پوشش گیاهی منطقه است که این مساله یکی از عوامل تاثیرگذار بر افزایش فرسایش خاک نیز می‌باشد.

بر این اساس، ارزیابی محیط‌زیستی با استفاده از عکس‌های هوایی تصدیق‌کننده نتایج روش ماتریس ایرانی می‌باشد. در روش ماتریس ایرانی بیشترین اثرات منفی برای پارامتر توپوگرافی به میزان ۵- می‌باشد که در عکس‌های هوایی تاثیر تغییرات شدید توپوگرافی در منطقه به خوبی قابل مشاهده می‌باشد. در واقع در طی سالیان بهره‌برداری این مجموعه، اثرات توپوگرافی و بیولوژیکی نسبتاً شدیدی به محیط وارد شده است. این تغییرات توپوگرافی با توجه به لرزه‌خیزی منطقه و وقوع زمین لغزش می‌تواند اثرات مخربی به همراه داشته باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه ارزیابی محیط‌زیستی فعالیت‌های عمرانی و انسانی در اکثر کشورها به صورت قانون تبدیل شده و با توجه به اثرات بعضاً مخرب این فعالیت‌ها، انجام آن ضروری می‌باشد. در کشور ایران نیز از دهه هفتاد به این موضوع به صورت جدی پرداخته شد. یکی از فعالیت‌های عمرانی و انسانی در ایران به عنوان کشور در حال توسعه کارخانجات سیمان می‌باشد. در این مقاله به بررسی تاثیر پارامترهای ژئوتکنیکی در اثر فعالیت کارخانه سیمان آبیگ (که یکی از بزرگ‌ترین و پرقدمت‌ترین مجموعه‌های تولید سیمان در کشور است)، بر روی ارزیابی اثرات محیط‌زیست پرداخته شده است.

در پروژه حاضر مشاهده می‌شود. به عنوان نمونه می‌توان به خطر زمین لغزش ناشی از تغییرات توپوگرافی اشاره نمود. به علت تغییرات توپوگرافی و کاهش زاویه شیب، ضریب اطمینان پایداری شیب کاهش می‌یابد و کوچکترین عامل محرک مانند بارندگی و یا تحریک ناشی از زلزله و فعالیت‌های معدنی می‌تواند منجر به بروز زمین لغزش شود و توده خاک تا چندین متر جابه‌جا شود. زمین لغزش می‌تواند موجب بروز آسیب جانی و مالی فراوانی به ویژه به سازه‌های مجاور پروژه شود (Jafarian et al., 2015)؛ بنابراین تاثیرات منفی یک مجموعه تنها متوجه محیط‌زیست نمی‌باشد و می‌تواند پروژه‌های عمرانی را نیز تحت شعاع قرار دهد. شکل (۳-ب) نشان‌دهنده اثرات فعالیت‌های عمرانی و انسانی بر روی محیط‌زیست می‌باشد. با توجه به شکل (۳-ب)، تنها فعالیت پخت و ساخت سیمان دارای میانگین اثر منفی بیشتر از ۳/۱- می‌باشد. بنابراین بر اساس ماتریس ایرانی نیاز است که گزینه‌های اصلاحی برای این فعالیت ارائه شود. با استفاده از سیستم‌های نوین در پخت و تولید سیمان مانند استفاده از سوخت و کوره‌هایی با میزان آلاینده‌گی کمتر، می‌توان از اثرات منفی این فعالیت کاست. در مقابل اثرات منفی، ارزیابی محیط‌زیستی نشانگر اثرات مثبتی نیز هست که در شکل (۳-الف) قابل مشاهده می‌باشد. بیشترین میانگین رده‌بندی مثبت برای پارامتر تولید اشتغال به میزان ۴/۴۲ می‌باشد. این مقدار مثبت نشان‌دهنده اثر قابل توجه مجموعه سیمان بر روی اشتغال و فعالیت‌های اقتصادی می‌باشد و مجموعه سیمان یک مجموعه سود ده است.

به نظر می‌رسد برای درک بهتر این موضوع بین عموم مردم و یا کارفرمایان، بهتر است که واحد معیارهای مقایسه‌ای یکسان شود. به طور مثال به دلیل آن که در پروژه‌های عمرانی مهم‌ترین مساله هزینه می‌باشد، تاثیر اثرات منفی نیز به صورت هزینه ولی به شکل منفی و زیان‌ده تبدیل شود. بر این اساس با مقایسه هزینه ناشی از اثرات مثبت (به صورت سود ده) و منفی درک اثرات فعالیت‌های عمرانی بر محیط‌زیست برای کارفرمایان ملموس‌تر می‌شود.

مقایسه ارزیابی محیط‌زیستی روش ماتریس با عکس‌های هوایی

همان‌طور که در قسمت قبل بیان شد، در این تحقیق اثرات کارخانه سیمان بر روی محیط‌زیست در مرحله بعد از ساخت مدنظر می‌باشد. فعالیت‌های عمرانی و انسانی زیادی به علت قدمت بالای مجموعه در این منطقه انجام شده است. به همین دلیل عکس‌های

عمرانی و انسانی دارای امتیازی بیشتر از ۳/۱- هستند. از این رو، پروژه از لحاظ محیط‌زیستی مردود نخواهد بود.

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی کارخانه سیمان آبیگ با استفاده از ماتریس ایرانی نشان‌دهنده وجود ۴۷٪ پارامترهای محیط‌زیستی، دارای مقداری بیشتر از ۳/۱- می‌باشد. همچنین ۱٪ از فعالیت‌های



(الف)



(ب)

شکل (۷): عکس هوایی از منطقه مورد مطالعه (الف) سال ۲۰۰۴؛ (ب) سال ۲۰۱۵

که موجب تغییر مکان لرزه‌ای بین ۷۹-۸۲۴ سانتی‌متر می‌شود. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود که از ژئوسنتتیک‌ها برای جلوگیری از تغییرات توپوگرافی ناشی از فعالیت‌های انسانی و عمرانی استفاده

ارزیابی جزئی‌تر با کمک پارامترهای ژئوتکنیکی نشان داد که پارامتر توپوگرافی خاک دارای بیشترین اثر منفی می‌باشد. تاثیر تغییرات توپوگرافی بر روی زمین لغزش قابل توجه است، به طوری

توپوگرافی و بیولوژیکی را به همراه داشته است که این موضوع امکان بروز فرسایش خاک و مخاطرات ژئوتکنیکی را خواهد شد. پیشنهاد می‌شود که برای درک بهتر این موضوع، بهتر است که واحد معیارهای مقایسه‌ای یکسان شود و به واحدی مانند هزینه (به صورت سود ده و زیان ده) تبدیل شود تا درک فعالیت‌های عمرانی بر روی محیط‌زیست برای کارفرمایان ملموس‌تر شود.

یادداشت‌ها

1. Environmental impact assessment

شود و با ترکیب این روش با روش بهسازی بیوتکنیکی از فرسایش شیب‌ها جلوگیری شود. این موضوع نشان می‌دهد که در ارزیابی‌های محیط‌زیستی توجه به مسایل ژئوتکنیکی و مخاطرات آن‌ها امری ضروری است. زیرا، به دلیل احداث پروژه‌های عمرانی در نزدیکی محیط‌های مورد بررسی امکان بروز مخاطرات ژئوتکنیکی مانند زمین لغزش در منطقه وجود دارد. وجود گسل‌های فعال در منطقه اهمیت توجه به این موضوع را دو چندان می‌کند.

ارزیابی محیط‌زیستی منطقه توسط عکس‌های هوایی در یک دوره ۱۱ ساله، نتایج ارزیابی محیط‌زیستی توسط ماتریس ایرانی را تصدیق نمود و نشان داد که فعالیت مجموعه سیمان تغییرات شدید

فهرست منابع

- Aranda Usón, A.; López-Sabirón, A. M.; Ferreira, G. & Llera Sastresa, E. 2013. Uses of alternative fuels and raw materials in the cement industry as sustainable waste management options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 23:242-60.
- Bowles, J. E. 1992. *Engineering properties of soils and their measurement*. McGraw-Hill, Inc.
- Canter, L. W. 1996. *Environmental Impact assessment*. McGraw Hill Publishing Company.
- Chehregani, H. & Mohsenzadeh, F. 2012. The control of noise pollution in cement industry. *Journal of Cement Technology*. 47(1): 96-106. (In Persian)
- Ghader Marzi, F. & Radmanesh, F. 2010. The effect of cement consumption on air pollution and its reduction methods, Fourth Conference of Environmental Engineering. Tehran. Iran. (In Persian)
- Haddad, A.; Naeimi, M. & Zolfagharian, A. 2015. Environmental Impact Assessment (EIA) of mining and gypsum processing companies of Momen-Abad Semnan using ICOLD matrix method. The 5th International Conference on Environmental Engineering and Technologies. Tehran. Iran. (In Persian)
- Heidari, A.; Alidadi, H.; Sarkhosh, M. & Sadeghian, S. 2017. Environmental impact assessment of Zaveh cement factory using Iranian Leopold Matrix. *Journal of Research in Environmental Health*. 3(1):94-93. (In Persian)
- Jafarian, Y. & Lashgari, A. 2016. Simplified Procedure for Coupled Seismic Sliding Movement of Slopes Using Displacement-Based Critical Acceleration. *International Journal of Geomechanics*, 16(4), 04015101.
- Jafarian, Y.; Lashgari, A. & Miraie, S. M. 2015. Role of Sliding Block Rotation on Earthquake-induced Permanent Displacement of Embankments and Trenches in Roads. *Transportation Infrastructure Engineering*. 1: 23-31. (In Persian)
- Jibson, R.W. 2007. Regression models for estimating coseismic landslide displacement. *Engineering Geology*, 91(2), 209-218.
- Jozi, S. A. & Hosseini, Z. 2015. Evaluation of Yasuj ecological capacity for urban development. *Journal of Environmental Studies*. 41(3): 589-612. (In Persian)
- Jozi, S. A.; Eslami, A. & Barani Khales, Z. 2012. Environmental Impact Assessment of Chabahr Cement Factory on Sarbaz City using Rating and Ranking. Fourth Conference on Urban Planning and Management. Mashhad, Iran. (In Persian)

- Karbasi, A.; Khadem Borojerdi, H. & Samadi, R. 2012. Environmental impact of Abyec cement factory. First International Conference on Cement, Energy and Environment. Tehran. Iran. (In Persian)
- Kramer, S. L. & Smith, M. W. 1997. Modified Newmark model for seismic displacements of compliant slopes. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 123(7): 635-644.
- Kramer, S. L. 1996. *Geotechnical earthquake engineering*. Pearson Education India Publishing Company.
- Leopold, L. B. 1971. *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*. US Dept. of the Interior.
- Majnonian, H. 2000. *Protected areas of Iran*. Publications of the Environmental Protection Organization. (In Persian)
- Makhdoum, M. 2008. Four points in environmental impact assessments. *Environment and development Journal*. 2(3): 9-12. (In Persian)
- Morrison-Saunders, M.; Pope, J. A. E.; Gunn, J.; Bond, A. & Retief, F. 2014. Strengthening impact assessment: a call for integration and focus. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 32(1): 2-8.
- Newmark, N. M. 1965. Effects of earthquakes on dams and embankments. *Geotechnique*. 15(2): 139-160.
- Rikhtegar, N.; Mansouri, N.; Ahadi Oroumieh, A.; Yazdani-Chamzini, A.; Kazimieras Zavadskas, E. & Kildienė, S. 2014. Environmental impact assessment based on group decision-making methods in mining projects, *Journal of Economic Research*. 27(1): 378-392.
- Roodgarmi, P.; Khorasani, N.; Monavari, M. & Nori, J. 2009. Prediction of environmental impact assessment using satellite imagery and remote sensing techniques. *Journal of Environmental Science and Technology*. 11(1):161-172. (In Persian)
- Sadeghi Ravesh, M. & Khorasani, N. 2009. Investigation on the effect of dust caused by cement industries on the existence and coverage of vegetation, Case study: Abyek Cement Factory. *Journal of Environmental Science and Technology*. 10(1):107-119. (In Persian)
- Saleh, A. & Pourasghar, F. 2006. *Economic Analysis of environmental consequences*. Management and Planning Organization of Iran.
- Sereshki, F. & Saffari, A. 2016. Environmental impact assessment and sustainability level determination in cement plants (Case study: Shahrood cement plant). *Iranian Journal of Earth Sciences*, 8(2), pp.90-101.