

## نتیجه گیری

از مدل سازی ها و نتایج به دست آمده از آن می توان نتیجه گیری نمود که در این فناوری های ژئوفیزیکی، هرچه هدف بزرگتر و نزدیکتر به سطح باشد شناسایی آن راحت تر و سریع تر می باشد. ویژگی های بستر های مختلف زیرزمین مثل رطوبت، شوری، چگالی، درصد رس و سیلت، مقاومت الکتریکی، رسانندگی الکتریکی و مغناطیس پذیری لایه های زمین در بسیاری از فناوری ها اثر گذار می باشد. بنابراین، این فناوری ها می توانند با دسترسی (زمینی و در برخی روش ها، هوایی با سقف پرواز پایین) به محل تقریبی هدف زیرزمینی (آشکارسازی شده)، مشخصات هدف را با دقت نسبتاً مناسبی استخراج نمایند. با مدل سازی اثر لایه های مختلف زمین با جنس و خواص متفاوت و همچنین در نظر گرفتن محدودیت ها و نقاط ضعف هر فناوری، می توان راهکارهای مهندسی و قابل استفاده برای ایجاد استتار مناسب این گونه اهداف در برابر سنجنده های ژئوفیزیکی را طراحی نمود. توجه کافی مسئولان و فرماندهان در زمینه راهکاره ای مقابله به این فناوری ها برای اجتناب از شناسایی تأسیسات و فعالیت های زیرزمینی کشور می تواند مفید واقع گردد.

برداشت سریع و کم هزینه روش GPR با صرف کمترین نیروی انسانی نسبت به سایر روشهای ژئوفیزیکی قابل توجه است. روش مغناطیس سنجی تنها روشی است که از نظر سرعت برداشت و کم هزینه بودن با روش GPR قابل مقایسه است.

از مدل سازی ها و نتایج به دست آمده از روش مقاومت ویژه الکتریکی می توان نتیجه گیری نمود که هرچه هدف بزرگتر و به سطح نزدیکتر باشد شناسایی آن راحت تر است. همچنین می توان از راههایی مانند افزایش مقاومت ویژه محیط به منظور کاهش تباین مقاومت ویژه بین هدف و محیط اطراف، افزایش ضخامت و افزایش رسانندگی روباره استفاده کرد.

به منظور جلوگیری از آشکارسازی اهداف پدافندی و نظامی زیرسطحی به روش GPR می توان بر روی هدف مورد نظر لایه هایی با ضخامت بالا از سنگ و خاک های رسوبی با درصد رس و سیلت بالا قرار داد تا امواج GPR مستهلک شده و عمق نفوذ کاهش یابد و هدف مورد نظر شناسایی نشود همچنین می توان

اطراف هدف مورد نظر نویزهای محیطی فراوانی ایجاد کرد، به نوعی به کارگیری استتار، اختفا و پوشش با رویکرد پدافند غیر عامل.

پس از تحلیل شناسایی تونل و پناهگاه‌ها با استفاده از شبیه‌سازی و مدل سازی داده‌های مقاوت‌ویژه حاصل از یک بلوک مستطیلی و بررسی پارامترهایی چون عمق هدف، ضخامت روباره و رسانندگی روباره و با در نظر گرفتن ابعاد و تباین مقاوت‌ویژه بین سازه‌های زیرزمینی با محیط اطراف و استفاده از شبیه‌سازی داده‌های مقاوت‌ویژه حاصل از این سازه‌های زیرزمینی، می‌توان احتمال کشف آن‌ها را تخمین زد و راهکارهای پدافندی مناسبی جهت کاهش احتمال کشف این سازه‌ها توسط دشمن ارائه کرد. نتایج نشان می‌دهند که هر اندازه مقاوت‌ویژه روباره کاهش (افزایش رسانندگی روباره) و یا ضخامت روباره افزایش یابد، احتمال آشکارسازی اهداف مدفون کمتر می‌شود

علاوه بر موارد فوق، وجود نواحی با مقادیر مقاوت‌ویژه متفاوت و اغلب نزدیک به مقاوت‌ویژه تونل، نویز تلقی شده و دشمن را در شناسایی هدف گمراه می‌کند.

همچنین، در صورتی که بتوان تونل مورد نظر را به چند تونل با ابعاد کوچک‌تر تقسیم کرد، راهکارهای ذکر شده تأثیر بیشتری خواهند داشت.

لازم به ذکر است که برای کاهش احتمال شناسایی تونل، افزایش رسانندگی روباره (استفاده از روباره رساناتر) و همچنین افزایش ضخامت روباره نسبت به افزایش عمق مقرون به صرفه‌تر است.

از مدل‌سازی‌ها و نتایج به دست آمده از آن می‌توان نتیجه‌گیری نمود که هرچه هدف بزرگ‌تر و به سطح نزدیک‌تر باشد شناسایی آن راحت‌تر است. همچنین می‌توان از راه‌هایی مانند افزایش مقاوت‌ویژه محیط به منظور کاهش تباین مقاوت‌ویژه بین هدف و محیط اطراف، افزایش ضخامت و افزایش رسانندگی روباره استفاده کرد

روش GPR دارای قدرت تفکیک بالایی نسبت به روش مغناطیس‌سنجی است. اما امواج GPR در محیط‌های زیرسطحی با رسانندگی الکتریکی بالا (از نظر زمین شناسی لایه‌های رسوبی که درصد رس و سیلت در آنها بالا است) بشدت مستهلک شده و عمق نفوذ این روش محدود می‌شود، به طوری که عمق

نفوذ کمتر از دومتر در منطقه می رسد. روش مغناطیس سنجی علی رنم تفکیک پذیری ضعیف در چنین محیط‌هایی می‌تواند به خوبی عمل کند. در حالی که روش GPR با آنتن پوششی در چنین محیط‌هایی می‌تواند به خوبی عمل کند و امکان برداشت شبکه ای و ایجاد نقشه‌های سه بعدی و مقاطع عمقی سه بعدی با دقت بالا و اطلاعات فراوان، مفید و دقیقی را از اهداف زیرسطحی مدفون در منطقه برداشت در اختیار ما قرار دهد که در نهایت موجب تفسیر دقیق و مطمئنی از داده‌های بدست آمده می‌شود.

در روش GPR به راحتی می‌توان مقاطع زمانی و عمقی با جزئیات کامل از پاسخ‌های ناشی از تغییرات زیرسطحی ایجاد کرد در این مورد هیچ یک از روش‌های ژئوفیزیکی به جز روش لرزه‌نگاری چنین قابلیت را ندارد.

برداشت‌های پیوسته با فاصله ایستگاهی ۵ سانتیمتر و همچنین نحوه ارسال امواج GPR که به صورت مخروط سه‌بعدی در لایه‌های زیرسطحی نفوذ می‌کند. این امکان را در برداشت به روش GPR ایجاد می‌کند که یک تصویر دقیق و با جزئیات کامل از تغییرات زیرسطحی به دست آید، به طوری که در هیچ یک از روش‌های ژئوفیزیکی از جمله مغناطیس‌سنجی و ژئوالکترونیک این قابلیت وجود نداشته باشد.

در برداشت‌های شبکه‌ای GPR باید دقت کرد فاصله پروفیل‌ها نسبت به عمق مورد بررسی طوری انتخاب شوند که با کمترین پروفیل برداشتی، بهترین همپوشانی ایجاد شده و امکان آشکارسازی تمام بی‌هنجاری‌های زیرسطحی بوجود آید.

به منظور جلوگیری از آشکارسازی اهداف پدافندی، نظامی و ... به روش مغناطیس‌سنجی، به دلیل اینکه این روش به نویزهای محیطی بسیار حساس است می‌توان بر روی و یا اطراف هدف مورد نظر منبع نویزهایی از قبیل فنس، کابل فشار قوی، دکل برق و ... قرارداد و هدف مورد نظر استتار و مخفی بماند در واقع به نوعی به کارگیری اصول پدافند غیر عامل.

برداشت GPR به صورت شبکه این امکان را ایجاد می‌کند که داده‌های بدست آمده را به صورت نقشه‌های سه‌بعدی و مقاطع عمقی سه‌بعدی با دقت و تفکیک پذیری بسیار بالا ایجاد کرد، این امر باعث می‌شود پردازش و تفسیر داده‌ها دقیق‌تر انجام گیرد و در نهایت به تفسیر مطمئنی دست یافت.

همان گونه که بیان شد بلوغ فناوری های آشکار سازی تأسیسات زیرزمینی و استفاده از آن ها برای یک طرف جنگ، شرایط را برای طرف مقابل آن بسیار سخت می کند. وجود چنین فناوری هایی برای یک نیرو، نه تنها در میدان های عملیاتی بر عملکرد آن بلکه در زمان صلح حتی بر موضع گیری های اقتصادی و سیاسی آن نیز اثرگذار می باشد.

خروجی حاصل از مدل سازی داده های مغناطیس سنجی به خوبی طول مدل را که حدود ۶ متر بود تخمین زده ولی برای عمق و ضخامت با مقداری خطا جواب های مناسبی تخمین زده شد.

پارامترهای فنی و اصول پدافند غیر عامل که برای احداث سازه های زیرزمینی پدافندی مقاوم از نقطه نظر روش مقاومت ویژه الکتریکی نیاز است بررسی شد و نکاتی از قبیل فاصله از گسل-دانه بندی و جنس محیط اطراف-فاصله از آب های زیرزمینی و آب های نیمه سطحی- شناسایی سنگ بستر، تخلخل و سستی لایه های اطراف-قابلیت های زمین شناسی مهندسی به وسیله این روش شناسایی و باید رعایت نمود.