Archive of SID

مدیریت نقاط پر حادثه ریلی با استفاده از رادار نفوذکننده در زمین

نام نویسنده : شهروز شریفی[1]
[1]دانشجوی دکتری، نام موسسه: راه آهن جمهوری اسلامی ایران، آدرس پست الکترونیکی : rsdn.co@gmail.com

چکیده

امروزه شناسایی مخاطرات تهدید کننده زیرسازی و روسازی جهت اجتناب از سوانح ریلی از اهداف اصلی مدیران و تصمیم گیرندگان شبکه ریلی کشور می باشد. برای رسیدن به این هدف استفاده از روشهای غیر مخرب با توجه به ویژگی ها و کاربردهای وسیع آن در راه آهن می تواند گام مهمی در افزایش ایمنی خطوط ریلی محسوب گردد.

در مقاله حاضر رادار نفوذ کننده به زمین بعنوان یک روش کارا و مقرون به صرفه به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است. بعنوان نمونه معرفی کاربرد این روش در شناسایی مناطق پرخطر و نحوه مدیریت بر معایب زیرسازی و روسازی راه آهن از جمله مباحث ارائه شده در این مجموعه است.

کلمات کلیدی: غیرمخرب، ژئوفیزیک، رادار نفوذ کننده به زمین، زیرسازی ، بالاست

۱- مقدمه

با توجه به بررسی های صورت گرفته، طی ۵۰ سال گذشته، استفاده از راه حل ها و روشهای سنتی و قدیمی به رغم هزینه های رو به رشد آنها در راه آهن رواج داشته است. این در حالی است که وارد شدن و گسترش فن آوری های جدید که ارزان تر نیز می باشند، امکان کاهش هزینه های عملیاتی را میسر می سازد. اهمیت پی جویی ساختارهای زیرسطحی پنهان جهت اجتناب از نقاط پر حادثه همچون نشست خط بر کسی پوشیده نیست.

امروزه گردانندگان راه آهن، با توجه به تمایل جهانی افزایش ترافیک، افزایش حمل تناژ سالیانه، محدودیت بودجه نگهداری و کاهش زمان دسترسی به مسیر برای انجام عملیات تعمیر و بازسازی، با محدودیت مواجه هستند. در این شرایط بکارگیری روشهای منظم و اصولی برای مدیریت کارآمد زیرساخت های راه آهن از طریق شناسایی نقاط پرحادثه با چالش جدی مواجه است.

با بررسی این تغییرات، می توان به این نتیجه رسید که برای بهره وری در زمان و ارزیابی معقول خط (مانند زیرسازی و بالاست)، می بایست از طریق توسعه تکنولوژی غیر مخرب مانند روشهای ژئوفیزیکی ، نسبت به بهبود این شرایط کوشش نمود.

در مقاله حاضر کاربرد روش رادار نفوذ کننده در زمین بعنوان یکی از روش های نوین ژئوفیزیکی که دارای کارایی قابل ملاحظه ای در شبکه ریلی کشور است مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

شناسایی نقاط پر حادثه ریلی و نحوه مدیریت صحیح برآن از دیگر موارد مهمی است که در این نوشته مد نظر قرار گرفته است.

۲-کارایی روش های ژئوفیزیکی در حمل و نقل ریلی

پیشرفت های اخیر در زمینه روش های ژئوفیزیکی موجب بهبود راهکارها و تشخیص بهتر مخاطرات زیرسطحی شده است.این موضوع در بخش حمل و نقل ریلی به دلیل محدودیت مشخصات هندسی مسیر عبوری، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یکی از مهمترین مزایای بکارگیری این روش ها، کسب دانش کافی از شرایط ساختگاه و جزئیات اجرایی مرتبط با آن است که می تواند در کاهش هزینه های ساخت، کاهش زمان و افزایش ایمنی نقش بسزایی ایفا نماید.

استفاده از روشهای مذکور با توجه به اطلاعات مهمی که در رابطه با شرایط زیرسطحی و توصیف بی هنجاری های موجود در اختیار می گذارد می تواند به عنوان راهنمایی ارزشمند برای حفاری های ژئوتکنیکی تکمیلی و تعیین مناطق مناسب برای حفر گمانه بکار گرفته شود. در مقابل، استفاده از روشهای مخرب مانند عملیات حفاری و گمانه زنی به منظور پی جویی زیرسطحی، موجب به هدر رفتن زمان و هزینه های مرتبط شده و علاوه بر آن می تواند باعث آسیب رسانی به تاسیسات مدفون مانند کابل های فشار قوی، فیبر نوری و لوله های آب و گاز و غیره گردد . ذکر این نکته ضروری است که بطور یقین یک طرح حفاری ژئوتکنیکی بهینه که با بهره گیری از نتایج بدست آمده از روشهای ژئوفیزیکی مانند رادار نفوذ کننده در زمین تهیه شده باشد، درصد خطر پذیری و هزینه های مربوطه را کاهش داده و ضمن آگاهی از ناهنجاری پنهان می تواند انجام مطالعات هدفمند را برای مقابله با مخاطرات ساختگاهی و پیشگیری از سوانح آتی در اختیار تصمیم گیرندگان قرار دهد.

بعنوان نمونه، بررسی های انجام گرفته برای شناسایی شرایط زیرسطحی با استفاده از روش های مختلف ژئوفیزیکی، این مهم را آشکار نموده است که روش رادار نفوذ کننده به زمین، اطلاعات کامل تری درباره ویژگی های زیرسطحی ارائه داده و نسبت به روش های دیگر مقرون به صرفه می باشد. [۱]

www.SID.ir

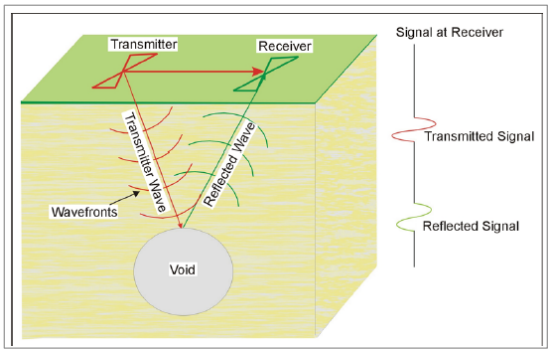
Archive of SID

به طور خلاصه مهمترین کاربردهای استفاده از روش های ژئوفیزیکی از جمله رادار نفوذ کننده به زمین در حمل و نقل ریلی عبارتند از :

- امکان برنامه ریزی اصولی و بموقع جهت بکارگیری اقدامات پیشگیرانه و مقابله با سوانح ریلی احتمالی
- آگاهی از نا هنجاری های زیرسطحی در طول خطوط راه آهن
- کاهش زمان مورد نیاز برای جمع آوری داده ها در مقیاس وسیع
- پایش دقیق مخاطرات ساختگاهی
- عدم اختلال در ترافیک عبوری راه آهن
- کاهش هزینه های ساخت و نگهداری

۳- معرفی رادار نفوذ کننده در زمین[۱]

رادار نفوذ کننده در زمین با اندازه گیری سریع و غیر مخرب، شرایط زیرساخت خطوط راه آهن را ارزیابی می کند. استفاده از GPR با توجه به توانایی آن در برداشت پیوسته زیرسازی شامل لایه های زیرسطحی، جنس، تراکم و میزان رطوبت، پیشرفت روزافزونی داشته است. اصول بکارگیری این روش در واقع عبور دادن پالسهای رادار به درون زمین و اندازه گیری سیگنال های برگشتی از مرز لایه های زیرین با خواص الکترومغناطیسی متفاوت می باشد(شکل-۱). ویژگی های الکترومغناطیسی لایه ها مربوط به ثابت دی الکتریک آنها می باشد که آن هم بر مبنای تراکم، آب موجود و نوع مواد تشکیل دهنده متفاوت می باشد.



شکل-۱ سیستم رادار نفوذ کننده نمونه در بالای یک حفره

برای بکارگیری GPR در راه آهن این دستگاه بر روی یک وسیله نقلیه ریلی سبک و با فاصله مابین آنتن ها و خط راه آهن حرکت داده شده و برداشتها بصورت پیوسته و با سرعتی معادل حرکت معمولی قطار انجام می گیرد.

شناسایی وضعیت زیرسازی با سرعت زیاد و بدون اختلال در ترافیک عبوری راه آهن، از ویژگی های بسیار مهمی است که با استفاده GPR می توان به این مهم نائل گردید. لذا امروزه این روش به دلیل شرایط ویژه خطوط راه آهن در اکثر کشورهای پیشرفته در زمینه حمل و نقل ریلی از جمله ایتالیا، کانادا، آلمان، سوئد و سایر کشورها مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به قدمت خطوط راه آهن کشور و زیرسازی آن که با توجه به امکانات موجود در آن زمان احداث گردیده است، شناسایی و بکارگیری روشی که اطلاعات زیرسطحی را با دقت و سرعت بالا برداشت نماید از لحاظ فنی و اقتصادی بسیار حائز اهمیت بوده و کمک شایانی جهت شناسایی مناطق پر خطر می نماید.

۳-۱ اصول مقدماتی

روش رادار قابل نفوذ به زمین کاربردهای متنوعی در مهندسی عمران و ارزیابی آب های زیرزمینی دارد. در میان تمام روش های ژئوفیزیکی موجود، این روش یکی از کاربردی ترین و موفق ترین روش ها در محدوده کم عمق است.

اطلاعاتی که از زیر سطح زمین ارائه می دهد می تواند مربوط به عمقی کمتر از یک متر تا دهها متر زیر زمین باشد. داشتن شناختی مقدماتی از عملکرد دستگاه GPR، و آگاهی از اطلاعات زمین شناسی ناحیه در تعیین اینکه آیا این روش در ارزیابی محل موفق خواهد بود یا خیر می تواند کمک شایانی باشد. در صورت امکان، باید روش مذکور را با سایر داده های زمین شناختی و ژئوفیزیکی ادغام کرد تا ارزیابی جامعی از محل بدست آید.

در روش رادار نفوذ کننده در زمین از یک فرستنده استفاده می شود که پالسهایی از امواج الکترومغناطیسی با فرکانس بالا را به زیر سطح زمین می فرستد. این فرستنده به آرامی بر روی سطح زمین یا در فواصل ایستگاهی ثابت حرکت داده می شود. امواج الکترومغناطیسی نفوذ کننده بر اساس تغییرات ثابت دی الکتریک پراکنده می شوند. این ثابت مشخصه ای از مواد زیر سطح زمین است که در درجه اول به چگالی حجمی، مقدار خاک رس و مقدار آب زیر سطحی بستگی دارد. انرژی الکترومغناطیسی دوباره به سطح زمین به آنتن گیرنده منعکس می شود و به صورت تابعی از زمان ثبت می شود.

عمق نفوذ GPR با تضعیف و یا جذب امواج (رادار) الکترومغناطیسی فرستاده شده در زمین به شدت محدود می شود. به طور کلی، نفوذ امواج رادار با آبهای زیرزمینی کم عمق، میزان بالای خاک رس زیر سطحی و در نواحی که مقاومت الکتریکی زیر سطح کمتر از ۳۰ اهم متر است، کاهش می یابد. رادار قابل نفوذ به زمین، در خاک شنی خشک که آبهای زیرزمینی در اعماق وجود دارند، بطور ایده آل عمل می کند.

۳-۲ جمع آوری اطلاعات

استفاده از GPR بصورت حرکت دادن آنتن روی منطقه مورد نظر می باشد که در راه آهن این کار می تواند توسط یک وسیله نقلیه ریلی انجام گیرد اطلاعات ضبط شده به صورت تصویری روی صفحه نمایان می شود. هنگام کار با این وسیله بهتر است آنتن با فرکانس مناسب که کارایی قابل قبول داشته باشد را انتخاب کنیم.

۳-۳ امتیازات

اغلب سیستم های GPR امکان نمایش پیوسته داده ها در راستای یک مقطع عرضی را فراهم می آورند، که داده ها بطور کیفی تفسیر می شوند. این سیستم توانایی جمع آوری داده هایی با قابلیت تفکیک پذیری بالا در شرایط مناسب محل را دارد. رادار نفوذ کننده

۱- Ground Penetrating Radar

www.SID.ir

Archive of SID

به زمین، دارای سیستم بهنگام[۲] است که سبب می شود مدت زمان انجام کار کوتاه تر شده و متخصصین با سرعت بیشتری شرایط زیر سطح زمین منطقه مورد نظر را ارزیابی کنند. بنابراین سرعت ثبت و نمایش اطلاعات بر روی صفحه نمایشگر دستگاه های مورد نظر که امکان بررسی و تفسیر سریع اطلاعات را فراهم می کند از مهم ترین مزایای این روش است.

۳-۴ محدودیت ها

یکی از مهمترین محدودیت های روش مذکور هزینه آماده سازی محل قبل از اجرای بررسی است. بنابراین قبل از پیشنهاد مطالعه محل، باید منطقه بازدید شود. همچنین باید تمام اطلاعات موجود درباره ویژگی های زمین شناسی مانند داده های جمع آوری شده از بررسی گمانه ها، عمق آبهای زیرزمینی، لایه های رسی و غیره در ناحیه مورد مطالعه، بررسی شوند.

نوفه های محیطی (مانند میدان های الکترومغناطیسی قوی)، نیز می تواند باعث کاهش کیفیت داده ها گردد.

۴- تجهیزات GPR برای کاربرد در راه آهن

۱-۴ انتخاب آنتن

آنتن ها برای ارسال و دریافت پالس های رایویی بکار می روند. مدت زمان و دامنه سیگنال برگشتی آنتن های مذکور توسط واحد کنترل GPR تعیین می گردند. آنتن ها برای کار با فرکانس های مختلف چند ده مگاهرتز تا چندین گیگاهرتز ساخته شده که هر فرکانس برای هدف خاصی طراحی شده است. در انتخاب آنتن در درجه اول می بایست به وضوح تصویر و عمق نفوذ توجه داشت. آنتن با فرکانس بالا دارای وضوح تصویری بیشتر و عمق نفوذ کمتر در مقایسه با آنتن با فرکانس پائین خواهد بود. آنتن با فرکانس پایین در مقایسه با آنتن با فرکانس بالا به عمق بیشتری نفوذ می کند ولی وضوح تصویری کمتری دارد.

دومین جنبه برای انتخاب آنتن بستگی به این دارد که آنتن در چه حالتی قرار دارد. دو نوع اساسی آنها هوایی و زمینی است که آنتن هوایی برای استفاده معلق در بالای سطح زمین طراحی شده است. آنتن های زمینی برای تماس مستقیم با سطح زمین و بدون فاصله هوایی طراحی شده اند. آنتن های هوایی بطور خاص برای کاربردهای ریلی بکار می رود که در این حالت در بالای زمین معلق است و به همین سبب قابلیت اندازه گیری سریع را خواهد داشت.

۲-۴ تجهیزات مخصوص مورد نظر

برای بررسی پروژه های پیشرفته ریلی از سه جفت آنتن استفاده می شود. دو جفت آن در بیرون ریل و در انتهای تراورس ها و جفت سوم مابین ریل ها و در امتداد محور خط قرار داده می شوند.

آنتن در قاب های قابل تنظیم بر روی یک وسیله نقلیه ریلی قرار می گیرند که در شکل (۲) نشان داده شده اند. این قاب ها از فایبرگلاس با استقامت زیاد ساخته شده اند تا تداخلی که ار قاب های فلزی بوجود می آید به حداقل برساند. این ساختار باعث می شود که در هنگام حرکت جفت آنتن ها در طول مسیر در یک زمان، سه پروفیل مجزا جمع آوری شود. این امر باعث بوجود آمدن سه تصویر موازی پیوسته در امتدا مسیر و تهیه اطلاعاتی از مقاطع عرضی قابل تغییر در زیرساخت خط می گردد.

پس از انجام عملیات برداشت، داده های جمع آوری شده، توسط رایانه پردازش می شود و ظرف چند ساعت آماده می شود. استفاده از نرم افزار پیشرفته جهت پردازش داده ها و نمایش وضعیت زیرساخت به صورت لحظه ای، بسیار ضروری است. داده های برداشت شده از خطوط راه آهن برای حذف تاثیرات تراورس ها و ایجاد تصاویری واضح تری از وضعیت زیرساخت نیاز به پردازش دارند که با کمک این نرم افزار های تخصصی امکان پذیر می باشد.

یکی از این نرم افزارها، Railway Doctor می باشد که دارای توانمندی های بسیاری در زمینه پردازش داده ها بوده و از نتایج دیگر آن می توان به ارائه دید کلی از وضعیت زیرساخت در شبکه راه آهن، تحلیل دلایل بروز معایب در قسمت های مشکل دار و حتی نمایش مقادیر پیشنهادی برای انجام عملیات ترمیمی، اشاره نمود. خروجی این نرم افزار می تواند بصورت فایل تصویری و یا فایل نوشتاری باشد که امکان انتقال به برنامه های تحلیلی GIS را دارد این نرم افزار در اغلب کشورهای دنیا استفاده می شود و بسیاری از تولید کنندگان GPR نمایندگی نرم افزارهای این شرکت را دارند.

شکل-۲ سه جفت آنتن با فرکانس ۱ گیگا هرتز بر روی یک وسیله نقلیه

۵- کاربرد GPR درشناسایی و مدیریت نقاط پر حادثه ریلی

زیرساخت در خطوط راه آهن که شامل لایه های بالاست، زیربالاست و زیرسازی می باشد، تاثیر بسیار زیادی بر نحوه عملکرد مسیرهای ریلی دارد. آگاهی دقیق از شرایط و ویژگی های زیرساخت برای جلوگیری از اختلال در ترافیک عبوری(مسدودی خط) و تقلیل سرعت قطارها و همچنین مخاطرات احتمالی مؤثر می باشد.

۱-۵ بررسی های زیرسطحی

بخش اعظم بودجه مورد نیاز برای نگهداری از مسیر های راه آهن، صرف اصلاح مسیرهای ناتراز ناشی از جابجایی و نشست لایه های

---

۲. Real time

www.SID.ir

Archive of SID

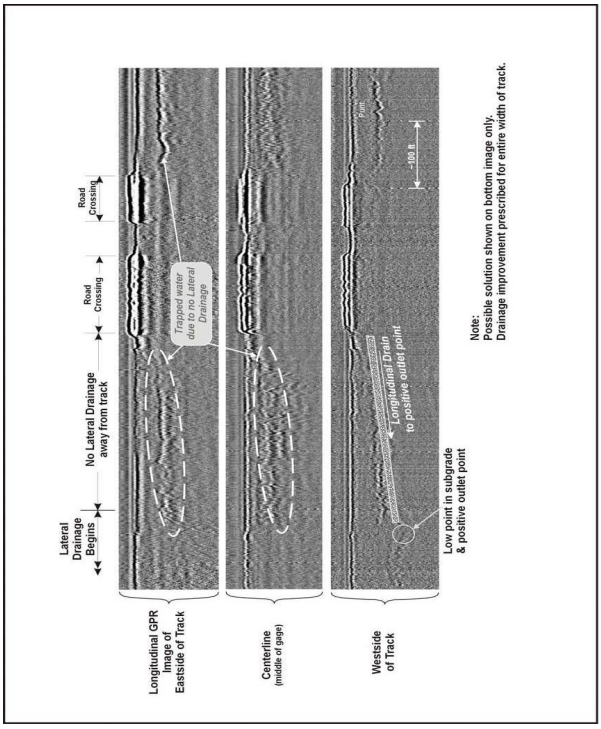
زیرسطحی که در اثر عبور مداوم قطار رخ داده است، می گردد. عملکرد زیرساخت بطور قابل توجهی ناشی از انباشته شدن رطوبت و ضخامت های مختلف لایه های زیرسازی می باشد. بنابراین شناسایی معایب پنهان و بازبینی دقیق وضعیت زیرسازی برای ارزیابی نحوه عملکرد زیرسازی و بستر خطوط راه آهن الزامی است.

بطور خلاصه روش ها و ابزار مناسب اختصاصی برای بررسی معایب خطوط راه آهن عبارتند از: ترانشه های عرضی، آزمایش نفوذ مخروط خاک، اندازه گیری سختی زیرسازی، محاسبه دوره زوال، اطلاعات هندسه خط و رادار نفوذ کننده در زمین. برداشت مسیر توسط GPR یک بررسی پیوسته را فراهم می نماید که دارای ویژگی هایی همچون آگاهی از وضعیت زیرسطحی خط، شناسایی سریع نقاط با پتانسیل خرابی جهت بررسی های بیشتر و یا انجام عملیات نگهداری، می باشد.

تغییر در مصالح و میزان رطوبت موجود در زیرسازی، باعث بروز اختلالات واضح می گردد که به سادگی با این روش قابل تشخیص است. آب بالاترین ثابت دی الکتریک را در بین موارد تشکیل دهنده زیرسازی دارد و تأثیر قوی در پروفیل های برداشت شده توسط GPR می گذارد. در قسمت هایی که آب در زیرسازی وجود داشته باشد، ثابت دی الکتریک افزایش یافته و انعکاس قوی تری نسبت به محیط خشک خواهد داشت.

ب) بررسی سیستم زهکشی

شکل(۳) نمونه ای از وضعیت زیرسازی راه آهن را در سه پروفیل طولی موازی نشان می دهد که نزدیک دو تقاطع جاده ای بوده و توسط GPR برداشت شده است.



شکل-۳ سه پروفیل موازی برداشته شده توسط GPR در نزدیکی دو گذرگاه جاده

آب موجود در زیرسازی در مجاورت این تقاطع ها بطور واضح در شکل مشخص می باشد. این میزان آب به دلیل عدم زهکشی مناسب در مسیر راه آهن ایجاد شده است. منطقه مورد نظر در سمت چپ جاده اصلی نشان داده شده است. آگاهی از این مطلب برای طراحی سیستم زهکشی مسیر مناسب بوده و ضمن بهبود وضعیت زیرسازی در نهایت مشکلات حفاظتی خط را حل نموده و باعث جلوگیری از نشست های آنی و بروز سوانح ریلی می گردد. داده های GPR در این مثال حاکی از این مطلب است که آب محبوس در زیرسازی می تواند با یک زهکشی طولی به بیرون هدایت شود.

ج) شاخص های زیرساخت

یک روش برای بهبود شاخص های زیرساخت بر پایه GPR ، منطبق شدن داده های حاصل از اندازه گیری با مسخصات انواع مختلف معضلات زیرساختی و سپس تعیین کیفیت داده ها برای نمایش این مشخصات است. نمونه ای از این روش در شکل(۴) نشان داده شده است. این شکل نشان دهنده یک اسکن می باشد که توسط GPR برداشت شده است و در آن تغییر ضخامت بالاست و زیربالاست مشخص می باشد. این مثال نشانگر یک پراکندگی در زیربالاست است که بر روی یک زیرسازی رسی قرار گرفته است.

داده های بدست آمده برای بهبود شاخص های مربوط به ضخامت بالاست و زیربالاست بکار می رود.

این شاخص ها بعنوان اثری پیوسته در قسمت مرکزی شکل مذکور به صورت بارکد در طرح پایینی شکل مذکور نشان داده شده است. نمایش داده ها به صورت بارکد، روش مناسبی برای مشاهده وسعت مشکل مورد نظر در قسمت خاصی از مسیر می باشد. خطوط سیاه در شکل مناطقی را شامل می شوند که ضخامت زیربالاست به طور قابل توجهی کم شده است و بطور مشابه خطوط روشن حاکی از عدم کاهش ضخامت می باشد. لازم به ذکر است عملیات بازسازی می تواند بر اساس شرایط خط که توسط تصویر بارکدی نشان داده شده است، طراحی و اجرا گردد.

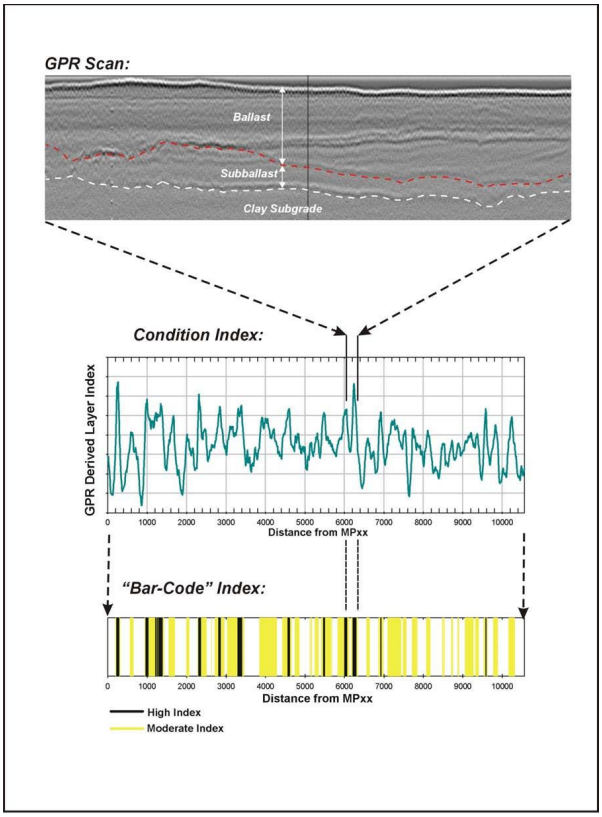
نمونه دیگری از شاخص وضعیت زیرساخت بر اساس داده های GPR در شکل(۵) نشان داده شده است. این شکل نشانگر سه پروفیل طولی موازی برداشت شده است که دلالت بر پیشروی و نفوذ بالاست در یک خاکریزی دارد که تحت تأثیر بار محوری سنگین قرار گرفته است. پیشروی و شکل گیری حجمی از بالاست که ناشی از افزایش بار عبوری می باشد، باعث نشست قسمتی از زیرسازی شده است که مستقیماً در زیر بخش مذکور قرار گرفته است.

هنگامی که نفوذ رو به پایین آب محبوس در گود افتادگی ادامه می یابد، زیرسازی سست شده و تغییر آن بیشتر می شود. زمانی که افتادگی ناشی از تغییر شکل خاکریز انجام گرفت، بالاست اضافی موجود در زیر تراورس ها کوبیده شده و منجر به افزایش ضخامت بالاست و ترفیع خط می گردد. یک روش معمول و ساده برای به

www.SID.ir

Archive of SID

حداقل رساندن گسترش و نفوذ بالاست در زیرسازی، زهکشی بالاست حاوی آب با تعبیه زهکش های عرضی است که در جهت عمود بر خط حفاری می گردند.



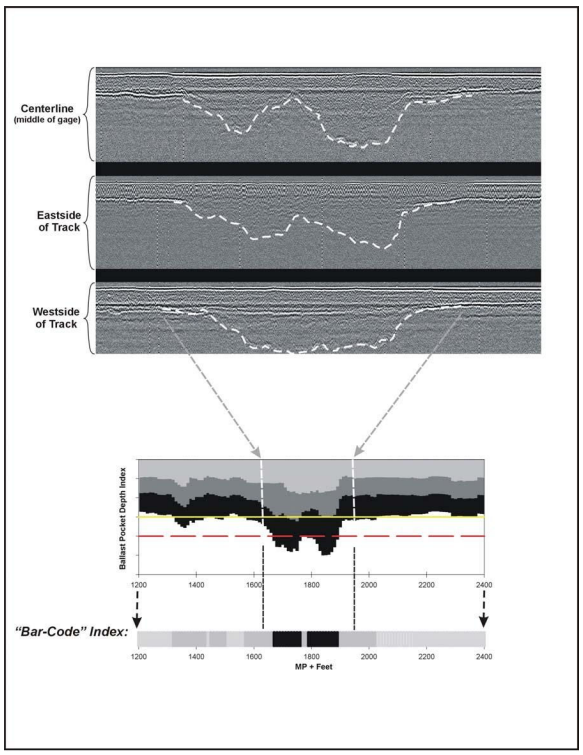
شکل-۴ تعیین شاخص زیرسطحی بر اساس تغییر ضخامت در لایه زیربالاست

در واقع GPR می تواند در زمینه مشخص نمودن بخش زیرین مناطق حاوی آب و اطمینان از اینکه زهکش های جانبی در نقاطی کار گذاشته شده اند که حداکثر کارایی را دارند نیز مورد استفاده قرار گیرد.

در نوار پایینی شکل(۵) که به صورت بارکد رنگی نشان داده شده است، بدترین مناطق که بالاست در اعماق بیشتری نفوذ کرده است با خطوط تیره و مناطق مناسب با خطوط سفید مشخص شده اند.

با پیشرفت روش ها و انجام اندازه گیری های خودکار و همچنین روش های آنالیز پیشرفته، شاخص هایی از وضعیت زیرساخت فراهم می گردد که کمک شایانی جهت طراحی و برنامه ریزی عملیات نگهداری (بازسازی و بهسازی) به صورت مقرون به صرفه می نماید که این مهم با ایمنی بالا و بدون ایجاد مسدودی و وقفه در ترافیک عبوری راه آهن انجام می گیرد.

این شاخص ها بر اساس حد فاصل لایه ها، رطوبت موجود در لایه های مختلف زیرسازی و میزان آلودگی بالاست تعیین می شود. بکارگیری شاخص های پیشرفته در سیستم های مدیریتی می تواند در مواردی همچون تطابق ویژگی های زیرسازی بدست آمده با وضعیت خط و مشخصات هندسی و شرایط زیرسازی خط کمک می نماید. این مسئله سبب ارتباط GPR با وضعیت خط و شکل ظاهری آن شده و تجسم مناسبی از تأثیر زیرسازی بر روی هندسه خط داده و در نهایت مدیریت صحیح مناطق مستعد حادثه خیز را باعث خواهد گردید.



شکل-۵ تعیین شاخص زیرسطحی بر اساس عمق نفوذ بالاست

۵-۲ نحوه ارزیابی بالاست

مطالعات بسیاری طی دو دهۀ گذشته در خصوص تکنولوژی (GPR) برای نشان دادن ارزیابی های غیر مخرب بالاست و ارائه گزارش از فاکتورهای زیرساختی بستر راه آهن انجام گرفته است. برای دستیابی به ارزیابی بهتر و شناسایی دقیق بالاست، نیاز به بکارگیری آنتن های چندگانه برای جمع آوری کامل ویژگیهای اجزاء تشکیل دهنده می باشد. با پیشرفت سیستم های راداری قابل نفوذ در زمین، امروزه تشخیص خصوصیات بالاست با سرعتی معادل وسائط نقلیه ریلی، امکان پذیر گردیده است.

برای بررسی بالاست و موقعیت یابی دقیق ساختاری و اندازه گیری ویژگی های مصالح مورد نظر برای تمام فواصل برنامه ریزی شده می توان از یک آنتن فرستنده منفرد و ترکیبی از آنتن های گیرنده با فرکانس بالا استفاده نمود.

با استفاده از روشهای مختلف راداری، اندازه گیری ضخامت لایه ها با دقت ۵ ± درصد امکان پذیر است که این بررسی ها بر روی تراورسهای بتنی پیش تنیده و چوبی نیز قابل انجام می باشد.

رادار، لایه بالاست با دانه بندی درشت را از لایه زیربالاست با دانه بندی ریزتر را تشخیص می دهد. به همین ترتیب زیرسازی نیز بطور مشخص از لایه های بالایی مجزا می شود. البته در مواقعی که

www.SID.ir

Archive of SID

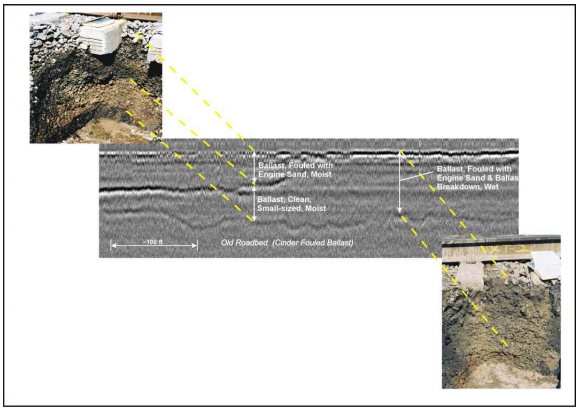
بالاست آلوده باشد با ترکیب لایه های ریز دانه و درشت دانه، لایه بندی رایج دچار اختلال شده و تفکیک لایه ها از یکدیگر مشکل می باشد. به وسیله کمی نمودن الگوی پراکندگی مواد ریزدانه تشکیل دهنده زمینه، می توان در خصوص تعیین میزان آلودگی لایه بالاست اظهار نظر نمود.

با استفاده از مقاطع و پروفیل های اصلاح شده GPR، می توان به ضخامت لایه ها و ثابت دی الکتریک آنها پی برد(مرتبط با تراکم مواد و آب موجود). بعلاوه مقاطع به دست آمده به عنوان آزمایشاتی تلقی می گردند که باعث تعیین تغییرات بی هنجاری ناشی از تضاد مواد با زمینه دربر گیرنده آنها می شود که این بی هنجاری ها با وجود آلودگی در بالاست ارتباط دارد.

به منظور بازبینی، کنترل و کالیبره نمودن داده های برداشت شده توسط GPR، لازم است که مقاطع عرضی در مناطقی که با توجه به داده های بدست آمده بعنوان بخش های حساس زیرسازی تشخیص داده شده اند، حفر شود تا وضعیت واقعی با داده های راداری مقایسه شود.

شکل(۶) نمونه ای از تصویر بدست آمده از GPR را در یک بخش ۱۵۰ متری از مسیر نشان می دهد. در این شکل همچنین تصاویری از ترانشه های عرضی حفر شده برای کالیبره نمودن داده ها نمایش داده شده است. عمق لایه های زیرسازی مورد نظر توسط ترانشه های عرضی اندازه گیری می شود و با استفاده از زمان سیر داده های راداری می توان میانگین سرعت امواج را تعیین نمود. تعیین سرعت برای شناسایی خواص مواد تشکیل دهنده مانند ثابت دی الکتریک بکار می رود. هنگامی که داده ها توسط بررسی اطلاعات حاصل از گودال حفر شده کالیبره شود، دیگر نیازی به بررسی دقیق اطلاعات ترانشه های عرضی نخواهد بود و معیار، داده های بدست آمده از GPR است.

همچنین بر مبنای شناسایی مکانیزم زوال و تغییر شرایط اجزاء بالاست برای بالاست جدید تا کثیف، نتایج انتشار پالسهای راداری (اندازه گیری راداری خواص دی الکتریک بالاست) مدل سازی می گردد.



شکل-۶ تصویر نمونه GPR همراه با ترانشه های عرضی جهت کالیبره نمودن اطلاعات

همچنین بر مبنای شناسایی مکانیزم زوال و تغییر شرایط اجزاء بالاست برای بالاست جدید تا کثیف، نتایج انتشار پالسهای راداری (اندازه گیری راداری خواص دی الکتریک بالاست) مدل سازی می گردد. این مدل با توجه به کاهش قابل ملاحظه سرعت پالسهای اندازه گیری شده در مصالح معمولی بالاست (۱۰ تا ۳۰ درصد) در هنگام تغییر شرایط برای بالاست های جدید تا شرایط آلوده، پیش بینی شده است.

در بالاست های معمولی تشکیل شده از جنسهای مختلف، بزرگی تغییرات سرعت و دی الکتریک در ارتباط با آزمایش دانه بندی آنالیز می گردد تا شاخص کیفیت بالاست[۳](BQI) که عملی و قابل تکرار است برای تعیین مقدار دقیق آلودگی بدست آید.

این روش مشاهده ای بصورت فرضی مدل سازی شده و ضمن بازبینی محلی و آزمایشگاهی می تواند برای فواصل مورد نظر تکرار شود. بطور کلی در ارتباط با سرعت رادار برمبنای (BQI) می توان به موارد زیر اشاره نمود:

ـ بخشهایی با سرعت انتشار بالای پالس دارای حفرات هوای بیشتری نسبت به مناطق با سرعت پائین تر هستند البته در شرایطی که بالاستهای مورد نظر از یک جنس باشند.

ـ بالاست های معمولی دارای سرعت کمتر (۲۰ تا ۳۰ درصد) از بالاست نو می باشند که حاکی از آلودگی قابل ملاحظه ای می باشد.

ـ بخشهایی با سرعت کم، نشانگر حضور ذرات دانه ریز بیشتری هستند.

همانطور که در شکل(۷) قابل مشاهده است، با استفاده از بررسی بعمل آمده با GPR، وضعیت دانه بندی و آلودگی بالاست، بدون نیاز به انجام آزمایشات و تراشه زنی، مشخص می باشد.

تصویر فوق مربوط به راه آهن کانادا می باشد که قسمتهای با رنگ روشن بعنوان شرایط مناسب بالاست و بخشهای تیره ترمربوط به بالاست ضعیف (اولویت تعویض یا بهسازی) هستند.

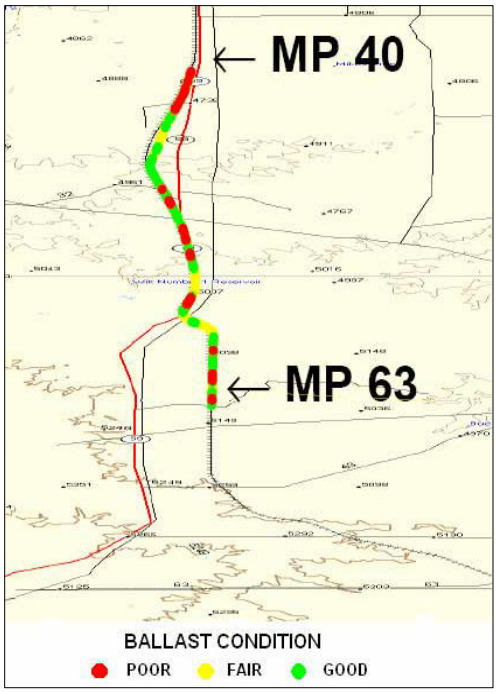
سایر بخشهای بینابین نشان دهنده شرایط مرزی هستند که بسته به بودجه اختصاص یافته می توان نسبت به بهسازی آن تصمیم گرفت.

لازم به ذکر است که با بکارگیری فرایند طبقه بندی بالاست و تکنیکهای پیچیده پردازش و تفسیر آن می توان در خصوص قابل قبول بودن بالاست اظهار نظر نمود.

۳- Ballast Quality Index

www.SID.ir

Archive of SID



شکل -۷ پلان تهیه شده برای نمایش شرایط بالاست

۶- نتیجه گیری

با توجه به افزایش ظرفیت و سرعت ناوگان ریلی کشور در سال های آتی، استفاده از روش های نوین غیر مخرب یکی از ابزار اجتناب ناپذیر مدیریت نقاط حادثه خیز محسوب می گردد که روش رادار نفوذ کننده در زمین بعنوان یک روش ایده آل در این زمینه مطرح می باشد. پیام اصلی مقاله حاضر معرفی اجمالی این روش و ارائه کابرد آن در شناسایی معایب پنهان زیرساخت (زیرسازی و بالاست) و اعمال مدیریت صحیح جهت جلوگیری از سوانح احتمالی می باشد. لیکن در قالب این پیام اصلی، نتایجی به شرح ذیل را می توان برای این مقاله در نظر گرفت :

۱- تصاویر GPR نشان دهنده ترکیب و مشخصات لایه های زیرساخت می باشد که با مدل سازی داده های برداشت شده امکان شناسایی وضعیت زیرسازی بخوبی مهیا می گردد.

۲- GPR با اندازه گیری پیوسته که از روی ریل انجام می دهد، اطلاعات مهمی از لایه های زیرساخت فراهم می آورد که برخی از آنها عبارتند از :

- ضخامت لایه های زیرساخت (بالاست، زیربالاست و زیرسازی).
- میزان آب و تراکم زیرساخت.
- آب محبوس در زیرسازی و تعیین موقعیت آن که ناشی از زهکشی نامناسب می باشد.
- زیرسازی سست ناشی از وجود آب.
- لایه های زیرساخت غیریکنواخت و تغییر شکل یافته در سرتاسر مسیر.
- وضعیت آلودگی بالاست.

۳- GPR تصاویر بسیار سودمندی از مقاطع عرضی زیرساخت را ارائه می دهد که نشان دهنده تغییرات موجود در طول، عرض و عمق در سرتاسر مسیر بوده و این خود بیانگر اختلاف در عملکرد بخش های مختلف خط می باشد.

۴- ثبت همزمان در سه موقعیت متفاوت (دو لبه تراورس و محور خط) نتایج مفیدی در پی داشته و باعث ایجاد و تطابق در قسمت های مختلف خط می گردد که البته این داده ها در نهایت منجر به کاهش مسدودی های مورد نیاز برای انجام عملیات تعمیر، نگهداری و شناسایی نقاط سانحه خیز خط راه آهن خواهد شد.

مراجع

[1]-A Generalized Protocol for Selecting Apropriate Geophysical Techniques,Neil Anderson and Ahmed Ismail Department of Geology and Geophysics
University of Missouri-Rolla, 2007.

[2]-Assessment Of Railway Track Substructure Condition Using Ground Penetrating Radar . by James P. Hyslip, Stanley Smith, Gary R. Olhoeft, Ernest T. Selig1, August 2003

[3]-Ground penetrating radar evaluation of railroad track substructure Evaluation. Federal Railway Administration, 2005

[4]- www.roadscanners.com

[5]- Application of Geophysical Methods to Highway Related Problems,W. Ed Wightman, Ph.D., Geophysics; Frank Jalinoos, MS Geophysics, Philip Sirles, MS, Geophysics; Kanaan Hanna, MS, Mining Engineering,September 2003.

[6]-Application of Geophysical Methods to Evaluate Rail-Track Subsurface. Tony B. Szwilski.College of Information Technology and Engineering, Marshall University, 2005

www.SID.ir