پژوهش‌های محیط‌زیست، سال 5، شماره 9، بهار و تابستان 1393، از صفحه 87 تا 102

ارزیابی ریسک محیط‌زیست طرح توسعه راه‌آهن غرب کشور به روش تلفیقی تصمیم‌گیری چند معیاره و YAPP

سید علی جوزی*[1]، مینا ابراهیمی[2]

1 دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
2 دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد رشته علوم محیط‌زیست- ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

(تاریخ دریافت: 1390/7/3؛ تاریخ تصویب: 1393/4/30)

چکیده

ارزیابی ریسک محیط‌زیست، فرایند تعیین کمیت وکیفیت ریسک به‌وسیله تحلیل خطرات بالقوه در پروژه با در نظر گرفتن حساسیت یا آسیب‌پذیری محیط پیرامونی است. هدف اصلی در این تحقیق، تعیین معیارها و تخمین ریسک محیط‌زیستی خطوط ریلی با استفاده از تلفیق روش تصمیم‌گیری چند معیاره و روش ارزیابی ریسک اکولوژیکی با تکنیک YAPP می‌باشد. به همین منظور در این مطالعه، راه‌آهن غرب کشور (مسیر سمنگان- کرمانشاه- خسروی) به طول تقریبی 582 کیلومتر به مثابه مطالعه موردی انتخاب شد. نرم‌افزارهای مورد استفاده در این مطالعه نرم‌افزارExpert Choice به منظور وزن‌دهی به معیارهای به‌دست آمده با استفاده از نظر کارشناسان و با استعانت از پرسشنامه دلفی و نرم‌افزار Arc GIS 9.3 جهت تولید نقشه‌های احتمال وقوع خطر و شدت اثر می باشد.

پهنه‌بندی ریسک خط‌آهن غرب کشور مبین آن است که حدود 80 درصد طول مسیر از ریسک با سطح کم و ناچیز برخوردار است، کمترین میزان ریسک در کیلومترهای 155-153 مسیر (حوالی شهرستان تویسرکان در استان همدان) و منطقه‌ای در کیلومتر 479 (شهرستان سر پل ذهاب در استان کرمانشاه)می‌باشد. سطح ریسک متوسط در نقاطی حدفاصل کیلومترهای 80-47 مسیر در حوالی شهرستان ملایر در استان همدان و کیلومتر 250-240 حد فاصل شهرستان‌های صحنه و هرسین در استان کرمانشاه واقع شده است. مناطقی در کیلومترهای 485-480 مسیر، واقع در محدوده شهرستان کرمانشاه در استان کرمانشاه به دلیل استقرار طرح بر روی اراضی با پتانسیل روانگرایی بالا محدوده با ریسک بالا شناخته شدند.

کلیدواژه ها: ارزیابی ریسک محیط‌زیستی، راه‌آهن، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، روش YAPP، راه‌آهن غرب ایران

*نویسنده مسئول: Email: sajozi@yahoo.com

سرآغاز

ارزیابی ریسک فرایند برآورد احتمال وقوع یک رویداد (مطلوب یا نامطلوب) و میزان تاثیر آن است. رتبه‌بندی ریسک‌های یک پروژه با روش‌های مختلف کمی و کیفی قابل انجام است. در ساده‌ترین حالت و در عین حال متداول‌ترین حالت، رتبه ریسک را بر اساس حاصل‌ضرب مقادیر شدت در احتمال وقوع به‌دست می‌آورند (جبل عاملی، 1386).

هدف این تحقیق، شناخت مخاطرات زیان‌بار محیط‌زیستی در مرحله ساختمانی طرح‌های توسعه خطوط راه‌آهن، مکاندار نمودن آن‌ها و در نهایت، ارزیابی ریسک محیط‌زیستی با استفاده از روش تلفیقی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و روش ارزیابی ریسک اکولوژکی با استفاده از تکنیک YAPP است. در این تحقیق، به مثابه مطالعه موردی راه‌آهن غرب کشور انتخاب شد.

در زمینه ارزیابی ریسک مطالعات گوناگونی در سطح جهان و ایران انجام شده است. به طور نمونه، در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی ریسک خطآهن پژوهشگران دانشگاه شانگهای شاخص‌هایی مثل وجود برف، خشکی، زمین‌لرزه و عوامل انسانی را جهت ارزیابی مدنظر قرار دادند. نتیجه این مطالعه، حاکی از تأثیرگذاری غالب عوامل طبیعی نسبت به عوامل انسانی بر روی سطح ریسک پروژه بوده است (Wei & Luxin, 2007).

هلر و همکارانش در سال 2006، به تشریح چگونگی کاربرد روش تصمیم‌گیری چند معیاره در ارزیابی ریسک پروژه‌های طولی پرداخته‌اند. این محققان برای نمونه 4 گزینه مسیریابی به منظور ایجاد جاده جهت حمل و نقل مواد زاید خطرناک را در نظر گرفتند. در این مطالعه به منظور انتخاب بهترین و مناسب‌ترین گزینه احداث راه از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است (Stephen, 2006).

همچنین بکر و شانگ در سال 2008، روشی با استفاده از روش فازی و AHPجهت ارزیابی ریسک راه‌آهن پیشنهاد داده‌اند. ایشان به علت عدم وجود قطعیت در بسیاری از داده‌ها و کمی نبودن آن‌ها ترکیب روش FRA و FAHP برای برآورد ریسک مناسب تشخیص دادند (Shuang & Baker, 2008).

از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی ریسک وعدم قطعیت در پروژه‌های بزرگراهی کشور چین به‌وسیله روش AHPاشاره نمود. که پس از تعیین گزینه‌های ریسک و طراحی ساختار سلسله‌مراتبی، کار وزن‌دهی عوامل شدت اثر و احتمال وقوع ریسک به روش بردار ویژه انجام‌شد (Tarek & Amer, 2008).

در خصوص مطالعات انجام شده در داخل کشور نیز می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

بررسی نقش ارزیابی ریسک حوادث غیرمترقبه در مهندسی طرح‌های حمل و نقل شهری به منظور ارتقای عملکرد در شرایط اضطرار که ضمن بررسی ریسک‌های ناشی از حوادث غیر مترقبه بر شبکه حمل و نقل ،ارزش طرح‌های شبکه حمل و نقل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است (گیوه‌چی، 1385).

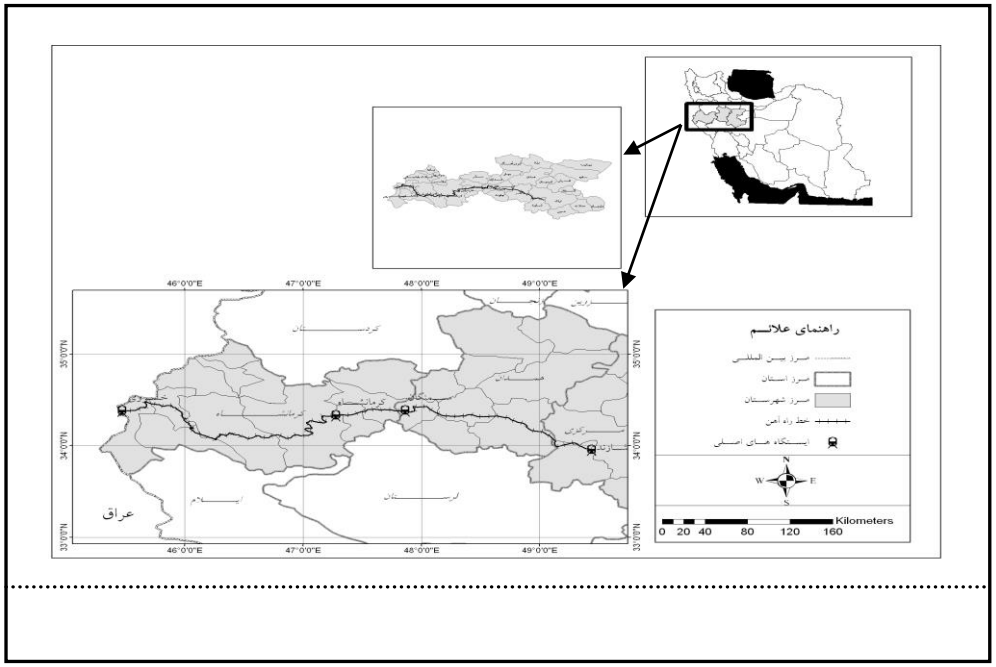
در مقاله مقایسه تطبیقی ارزیابی مخاطرات محیط‌زیستی طرح‌های توسعه مترو در ایران به مقایسه معیارهای عمده و نحوه ارزیابی آن‌ها پرداخته است (قیومی‌نیا، 1386).

بررسی سابقه استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در ازریابی ریسک نشان می‌دهد: این روش به تنهایی یا توأم با روش‌های دیگر برای ارزیابی ریسک مورد استفاده قرار گرفته است. در انتخاب روش مناسب باید توجه داشت که عوامل مختلفی از جمله میزان داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، پیچیدگی فرایند مورد سنجش، قابلیت دسترسی به اطلاعات پایه و تخصص‌های مورد نیاز، نقش مهمی ایفا می‌کنند (منوری، 1384).

مواد و روش‌ها

مسیر سمنگان- کرمانشاه- خسروی که به نام مسیر راه‌آهن غرب کشور نیز شناخته می‌شود، به طول تقریبی 582 کیلومتر از ایستگاه شازند در استان مرکزی شروع و پس از عبور از شهرستان ملایر در استان همدان به نحوی که قادر به پوشش شهرستان‌های تویسرکان و نهاوند باشد، به استان کرمانشاه وارد می‌شود و پس از عبور از شهرستان‌های کنگاور، صحنه، هرسین، کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، گیلان‌غرب و قصرشیرین به مرز خسروی می‌رسد. نقشه (1)، مسیر راه‌آهن غرب را نشان می‌دهد. پر جمعیت‌ترین شهر در محدوه مطالعاتی، شهرستان کرمانشاه در استان کرمانشاه با 967196نفرجمعیت می‌باشد(مرکز آمار ایران، 1385). بلندترین نقطه در محدوده مطالعاتی دارای ارتفاع 2144 متر و پست‌ترین نقطه 254 متر و ارتفاع متوسط در محدودهٔ مطالعاتی 1200 متر می‌باشد (مهندسین مشاور سبز

اندیش پایش، 1385). در مسیر راه‌آهن سمنگان- کرمانشاه- خسروی، 25 ایستگاه در نظر گرفته شده است که قطعه اول آن (محور شازند- سمنگان) شامل 12 ایستگاه می‌باشد همچنین، در قطعه دوم (مسیر سمنگان- کرمانشاه) حدود 10 پل تقاطعی با محورهای اصلی (راه‌های اصلی و اتوبان) و 13 پل بزرگ رودخانه‌ای و دره‌ای در مسیر سمنگان- کرمانشاه و 32 پل در قطعه سوم، مسیر کرمانشاه- خسروی در نظر گرفته شده است. در مسیر کرمانشاه- خسروی حدود 91/5 کیلومتر مسیر راه‌آهن از مناطق کوهستانی عبور می‌نماید بنابراین، احداث 17 تونل با طولی در حدود 16 کیلومتر پیش‌بینی شده است (مهندسین مشاور سبز اندیش پایش، 1385).



نقشه (1): موقعیت عمومی راه آهن غرب کشور

در مسیر سمنگان- کرمانشاه همچنین 9 تونل به طول تقریبی 8100 متر (در محدوده مورد مطالعه حدود 24/1 کیلومتر) پیش‌بینی شده است.

در این مطالعه، ابتدا به جمع‌آوری اطلاعات پایه مرتبط با پروژه که در برگیرنده ویژگی‌های فنی راه‌آهن غرب کشور و شناخت ویژگی‌های محیط‌زیست تحت تاثیر پروژه می‌باشد، پرداخته شد. سپس مخاطرات احتمالی و عوامل مولد ریسک محیط‌زیستی از طریق بررسی فعالیت‌های پروژه و تعیین نقاط حساس از منظر عوامل اکولوژیکی، پتانسیل‌های طبیعی منطقه، تقاطع‌ها، جمعیت تحت تأثیر و... شناسایی شدند. به موازات این مطالعات نسبت به تعیین عمق و محدوده ریسک محیط‌زیستی با توجه به عوارض طبیعی و انسان‌ساخت (آبراهه‌ها، خطوط تراز، راه‌های ارتباطی و ...)، اقدام شد. تولید نقشه‌های پایه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 در مقیاس 1: 250000 تحت قالب سیستم مختصات UTMصورت گرفت.

جهت ارزیابی ریسک اکولوژیکی از روش YAPP استفاده شد. لوژین و وی در سال 2007 از این روش نخستین بار در تعیین مسیر بهینه بزرگراه‌ها با تاکید بر ملاحظات اکولوژیکی استفاده‌کردند (Sarkis & Talluri, 2004). این محققان بدین‌صورت نتیجه گرفتند که صدمات محیط‌زیستی ناشی از احداث جاده‌های دارای همبستگی مثبتی با طول آن می‌باشد. ایشان ابتدا زمین مورد نظر جهت ایجاد پروژه‌های در دست اجرا را طبقه‌بندی نمودند و روشی بر مبنای امتیازدهی ایجاد کردند. بدین‌صورت که امتیاز مربوط به صدمات اکولوژیکی هر بخش را در طول مسیر تحت بررسی ضرب کردند (Wun, 2004). در این پژوهش نیز از روش اصلاح شده YAPP، برای رتبه‌بندی ریسک‌های اکولوژیکی مسیر راه‌آهن غرب کشور استفاده شد. بدین منظور در گام نخست با استفاده از داده‌های مربوط به هر یک از قطعات و نظر کارشناسان در این زمینه، کار رتبه‌بندی زیستگاه‌های موجود در امتداد هر یک از قطعات سه گانه

مسیرصورت گرفت و درجه اهمیت هر یک از زیستگاه‌ها مشخص شد. در نمره‌دهی این روش، از بازه عددی 1 تا 10 استفاده شد. عدد 10 به زیستگاهی تعلق گرفت که دارای بالاترین درجه اهمیت بود. همچنین در نمره دهی زیستگاه‌ها با توجه به ارزش نسبی هر یک از طریق مراجعه به آرای منتج از روش دلفی کار اولویت‌بندی انجام شد. در این پژوهش، معرفی و انتخاب معیارهای مؤثر با استفاده از روش دلفی انجام گرفت. این مهم، از طریق طرح‌ریزی پرسشنامه انجام شد. کار تنظیم پرسشنامه‌ها توسط تیم اجرایی و با در نظر گرفتن مطالعات گذشته‌نگر، مشاهدات و اندازه‌گیری‌های انجام شده درسطح حوضه مورد مطالعه و محدودیت‌های معرفی شده انجام پذیرفت. در تکمیل پرسشنامه‌ها، گروهی از کارشناسان و متخصصان رشته‌های محیط‌زیست، زمین‌شناسی و مورفولوژی، مهندسی سازه و گرایش‌های مختلف زیست‌شناسی مشارکت داشتند. جامعه آماری بر پایه رابطه «کوکران»، 30 نفر تعیین شد. این عدد با احتساب ضریب اطمینان 90 و خطای 3 درصد، از رابطه (1) محاسبه شد:

رابطه (1):

$$n = \frac{t^2 s^2}{d^2} = \frac{(1/90)^2\ (0/227)^2}{(0/03)^2} = 29/95$$

در این رابطه:

t = ضریب اطمینان ، d = خطای مطالعه بر حسب درصد ،

s^2 = واریانس

پس از تکمیل پرسشنامه‌های سری اول با رعایت اصل تصادفی بودن، کار تکمیل مجدد پرسشنامه‌ها توسط گروه دلفی انجام پذیرفت. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها، کار تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام شد.

در ادامه اجرای روش YAPP در گام دوم درجه اهمیت معیارهای حاصل شده از مرحله اول، در طول هر یک از زیستگاه‌ها ضرب شد (رابطه 2). به هریک از ضرایب حاصله در این قسمت اهمیت نسبی اکولوژیکی برای هر زیستگاه گفته می‌شود و جمع‌کل این مقادیر شاخص آثار اکولوژیکی برای هر مسیر را مشخص می‌سازد.

رابطه (2): $ERI_i = (HIV_i) \times (LCH_i)$

ERI_i: اهمیت نسبی اکولوژیکی

HIVi: اهمیت نسبی هر زیستگاه

LCHi: طول هر زیستگاه در مسیر

هر چه مقدار شاخص آثار اکولوژیکی برای مسیر کمتر باشد، از نقطه نظر ارزیابی اکولوژیکی آن مسیر ترجیح داده می‌شود.

به منظور ارزیابی ریسک محیط‌زیستی راه‌آهن غرب کشور موارد زیر برای هر یک از قطعات مفروض است:

الف) امکان آسیب رساندن به خطوط ریلی از سوی مردم محلی به صورت عمدی یا غیرعمد، با افزایش تراکم جمعیت بالا می‌رود.

ب) فعالیت‌های کشاورزی در طول مسیر احتمال وقوع ریسک را افزایش می‌دهد.

ج) هر چه طول مسیر بیشتر شده و نقاط عطف یا شکست در طول خط‌آهن بیشتر باشد، امکان بروز سوانح بالاتر خواهد رفت.

د) هر چه از نقطه‌نظر زمین‌شناسی با اراضی هموارتری روبه‌رو باشیم، احتمال بروز سوانح کاهش خواهدیافت.

با توجه به چهار ویژگی مطرح شده، شاخص‌های زیر برای محاسبه ریسک بروز سوانح در نظر گرفته‌شد.

رابطه (3): $CRA_n = LR_n + WRP_n + TR_n$

به‌طوری‌که :

LRn: ریسک مربوط به طول خط‌آهن و زمین مورد استفاده برای ساخت قطعه n

WRPn: ریسک مربوط به تراکم جمعیت و تعداد نقاط سکونت‌گاهی موجود در قطعه n

TRn: ریسک مربوط به وضعیت زمین‌شناسی منطقه و نقاط شکست در قطعه n

LRn از رابطه (4) محاسبه می‌شود. به‌طوری‌که، Ln طول قطعه n، LL طول بلندترین قطعه مسیر و LAn طول آن قسمت از مسیر است که از زمین‌های کشاورزی عبور می‌کند.

$$LR_n = \left(\frac{\left(L_n / L_L\right)\left(1 + LA_n / L_n\right)}{2} \right)$$

رابطه(4):

WRPn نیز از طریق رابطه (5) محاسبه می‌شود. به‌طوری که، RPn ریسک مربوط به تراکم جمعیت در قطعه n و RPH بالاترین میزان ریسک جمعیت بین هر سه قطعه است.

رابطه(5): $WRP_n = \frac{RP_n}{RP_H}$

RPn ریسک مربوط به تراکم جمعیت از رابطه (6) به‌دست می‌آید که در آن PDn تراکم جمعیت در قطعه n و NTn تعداد مناطق سکونتگاهی در هر قطعه می‌باشد:

رابطه(6): $RP_n = PD_n \times NT_n$

TRn نیز از رابطه (7) به‌دست آمد. به گونه‌ای که Th بیشترین میزان ریسک مربوط به وضعیت زمین‌شناسی و مناطق شکست بین قطعات را نشان می‌دهد:

رابطه(7): $TR_n = \frac{T_n}{T_h}$

در رابطه (7)، Tn از رابطه (8) محاسبه شد. به‌طوری که، tn برای هر قطعه به این صورت محاسبه می‌شود که زمین صاف یا تقریباً صاف = 1، تقریباً ناهموار = 2 و کاملاً ناهموار = 3 خواهد بود. IPn، تعداد نقاط شکست در طول مسیر n می‌باشد.

رابطه(8): $T_n = t_n \times IP_n$

به‌طورکلی، شاخص ارزیابی ریسک فرض می‌کند که زمین و طول مسیر مورد نظر دارای ارزشی برابر با تراکم جمعیت، وضعیت زمین شناسی و نقاط شکست دارد. با توجه به روابط بالا، بیشترین میزان برای هر شاخص با توجه به وضعیت قطعات قطعاً عدد 1 خواهد بود (Shuang & Baker, 2008).

با توجه به تفاوت درمیزان تأثیرگذاری معیارهای مؤثر، به‌منظور رتبه‌بندی معیارها نسبت به هم و تعیین وزن نهایی آن‌ها در برآورد سطح ریسک پروژه، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که در دو مرحله صورت می‌گیرد: 1) مرحله طراحی که شامل ترسیم ساختار سلسله‌مراتبی است و 2) مرحله ارزیابی است که شامل مقایسه زوجی بین معیارهاست. 3) به‌منظور تعیین میزان اهمیت و تأثیر هر یک از زیرشاخص‌های این دو مؤلفه، زیرشاخص‌ها به‌صورت دو به دو مورد مقایسه قرارگرفته و بر این اساس ارجحیت هر یک بر دیگری تعیین شد. این فرایند، با اعمال مقیاس ارجحیت که به صورت عددی است انجام‌شد. مقیاس ارجحیت استاندارد که در فرایند AHP مورد استفاده قرار می‌گیرد، بازه‌ای از 1 تا 9 است که عبارت از: (برابری اهمیت دو عنصر، عدد 1 تا مرجح بودن صد در صد یک عنصر نسبت به دیگری عدد 9) می‌باشد. برای اهمیتی ما بین این مقادیر نیز بیشتر از اعداد 1 تا 5 استفاده می‌شود. در ماتریس مقایسه‌ی زوجی، عدد"n" نشان‌دهنده اهمیت عنصرA نسبت به عنصر B و عدد "1/n" نیز گویای اهمیت عنصر B نسبت به A می‌باشد. بنابراین، اگر اهمیت یک عامل در مقابل دیگری مشخص باشد، عکس این رابطه نیز قابل تشخیص خواهد بود (Tarek & Amer, 2008).

در این مطالعه، ساختار سلسله‌مراتبی و مقایسه‌های زوجی برای دو مولفه احتمال وقوع و شدت اثر به‌طور جداگانه انجام و وزن نهایی عوامل ریسک تعیین شد (اشکال 1 و2). پس از طراحی ساختارهای سلسله مراتبی، تمام معیارهای تعیین شده برای هر مولفه به‌صورت زوجی مقایسه و وزن زیر معیارها نسبت به یکدیگر مشخص شدند. سپس، وزن معیارها نیز نسبت به هدف تعیین شد. در یک فرایند تحلیل سلسله مراتبی، وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصل‌ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها به‌دست می‌آید (قدسی پور، 1385). در این تحقیق، در مراحل تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی، تعیین وزن معیارها و تجزیه و تحلیل ناسازگاری از روش برداررویژه و نرم‌افزار Expert Choice بهره گرفته شد.

ضریب ناسازگاری(I.R) (6) در روش AHP بر مبنای ماتریس بردار ویژه محاسبه شد این ضریب باید کوچک‌تر از 0/1 باشد، در غیر این صورت ماتریس ناسازگار شناخته شده و باید مقایسات زوجی تکرار شود (Tarek & Amer, 2008).

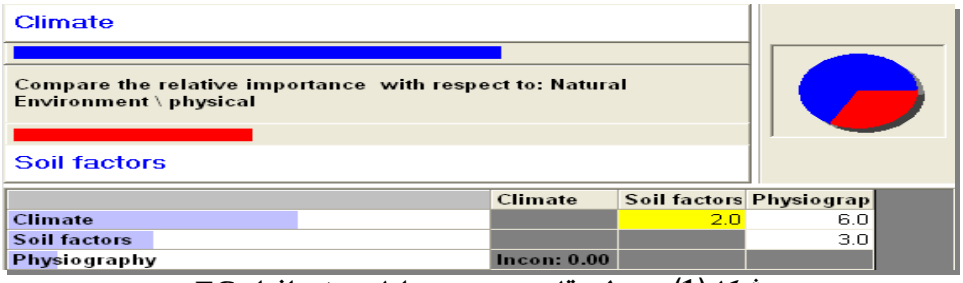
در این تحقیق، این ضریب از رابطه (9) تعیین شد:

رابطه (9): $CR=\frac{CI}{RI} = \frac{0}{0.58} = 0$

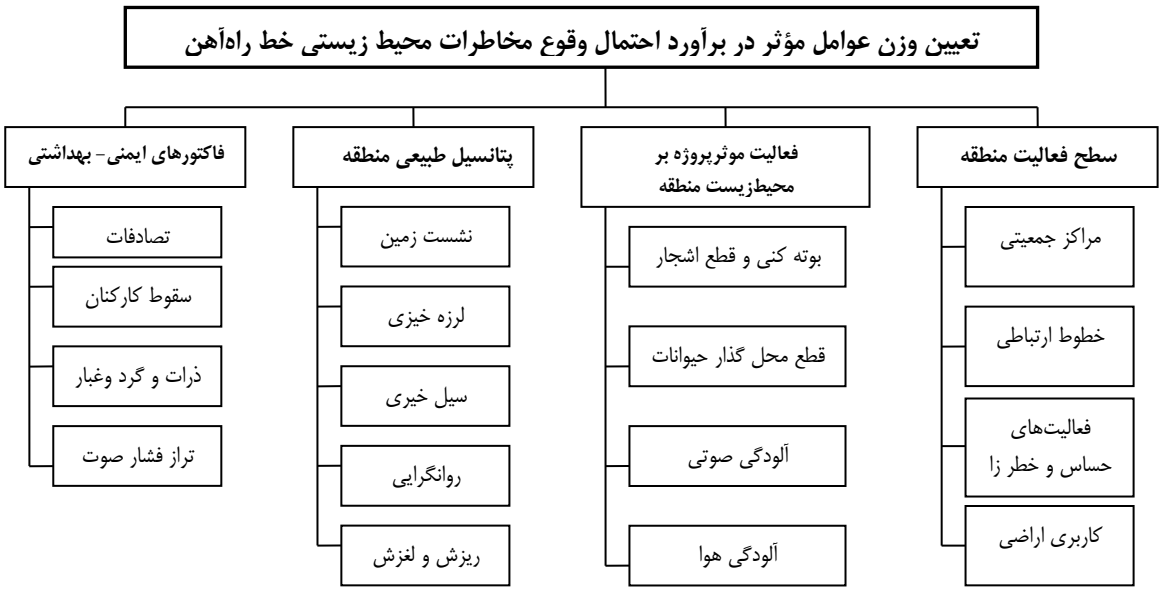
در این مطالعه، نرخ ناسازگاری به‌دست آمده برابر صفر است که نشان می‌دهد ارزش قضاوت‌ها سازگار می‌باشد. شکل (1)، فرآیند نمره‌دهی و تعیین نرخ ناسازگاری را در نرم‌افزار Expert Choice، نشان می‌دهد.

پس از مشخص شدن وزن معیارها، نسبت به تولید لایه‌های اطلاعاتی (شبکه راه‌ها و مراکز جمعیتی، روانگرایی، لرزه‌خیزی، فعالیت‌های حساس و خطرزا، حساسیت اکولوژیک و ...) در محیط نرم‌افزار Arc GIS 9.3 اقدام شد. با بهره‌گیری از توابع مربوطه، عملیات طبقه‌بندی مجدد7 برای لایه‌های مذکور در بازه 1 تا 5 انجام شد. لازم به ذکر است که از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مربوط به زیر شاخص‌ها (زیر معیارها) و با لحاظ کردن وزن هر لایه، نقشه معیارهای اصلی مؤلفه احتمال وقوع خطر و مؤلفه شدت اثر به‌دست آمد. در ادامه، لایه‌های معیارهای اصلی با یکدیگر تلفیق و نقشه نهایی احتمال وقوع خطر و شدت اثر

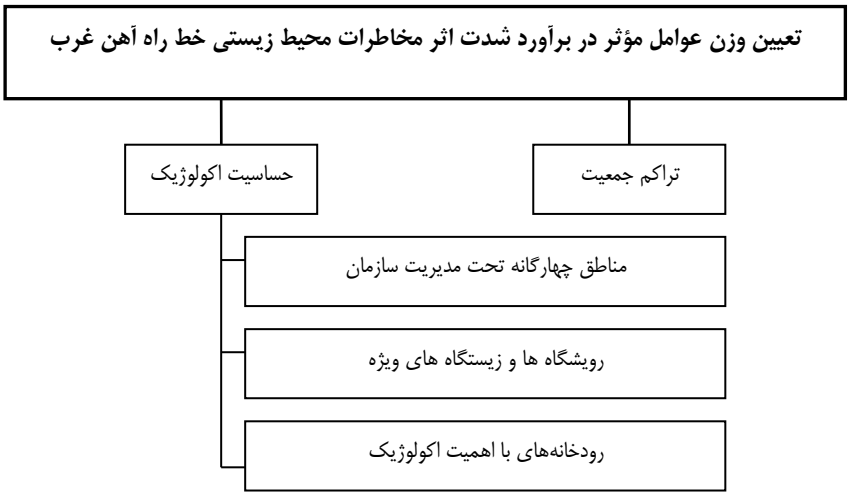
حاصل شد. با تلفیق این دو لایه (احتمال وقوع خطر و شدت اثر)، نقشه سطوح ریسک محیط‌زیستی برای قطعات مسیر به‌دست آمد. جهت ارزیابی لایه‌های رقومی از روش رویهم‌گذاری وزنی (Weighted Overlay) استفاده شد.



شکل(1): جدول مقایسه زوجی عوامل در نرم‌افزار EC



شکل (2): ساختار سلسله مراتبی جهت تعیین وزن معیارهای احتمال وقوع مخاطرات محیط‌زیستی در مطالعه خط راه‌آهن غرب



شکل(3). ساختار سلسله مراتبی جهت تعیین وزن معیارهای شدت اثر مخاطرات محیط زیست در مطالعه خط راه‌آهن غرب

به‌منظور رویهم‌گذاری نقشه‌ها، کلیه داده‌ها باید در یک دامنه قرار گیرند (مثلاً از 0 تا 1) و دارای واحد اندازه‌گیری مشترک باشند تا به درستی ادغام شده و نتیجه درستی حاصل شود. جهت این کار که نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس سازی نامیده می‌شود، از روش فازی استفاده شد. بدین‌ترتیب، ابتدا تابع ریاضی کلیه معیارها تهیه و سپس با اعمال تابع روی داده‌ها، به اعداد 0 تا 1 تبدیل شد. پس از فازی کردن داده‌های نقشه‌های معیار با بهره‌گیری از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) نقشه‌های نهایی ارزیابی ریسک قطعات خط‌آهن غرب به‌دست آمد. در انتها، به‌منظور تعیین میزان پایداری نتایج ارایه شده، آنالیز تحلیل حساسیت انجام شد. تحلیل حساسیت، فرآیندی است که طی آن به تعیین آثار تغییرات به‌وجود آمده در ورودی‌ها (داده‌های جغرافیایی و الویت‌های تصمیم‌گیران) بر خروجی‌ها (رتبه‌بندی گزینه‌ها) می‌پردازد. اگر تغییرات نتوانند به‌صورت معنادار و قابل توجه بر روی خروجی ها اثر بگذارند، آن زمان گفته می‌شود که رتبه‌بندی موردنظر دارای روایی است (Tarek & Amer, 2008).

یافته‌ها

نتایج حاصل از بررسی محیط‌زیست عرصه مورد مطالعه، حاکی از آن است که کلیه منابع اراضی منطقه از نظر شکل ظاهری و فیزیوگرافی در 3 تیپ فرعی کوه‌ها، تپه‌ها و تراس‌های فوقانی قرار دارند. جنس گیاهی غالب مراتع مسیر راه‌آهن از جنس گون(.Astragalus sp) می‌باشد که از لحاظ طبقه‌بندی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی در زمره جنس‌های گیاهی با ریسک کم محسوب می‌شوند. وجود گونه‌های ارزشمندی مانند آگامای دم تیغ لری و لاک پشت مهمیزدار بر اهمیت جلوگیری از تخریب زیستگاه‌های این جانوران تأکید دارد. نسل این دو گونه در جهان در معرض خطر انقراض قرار داشته و 9CITES نسبت به حفاظت از آن‌ها تأکید دارد. زیستگاه‌های موجود در مسیر بر اساس طبقات شیب به سه دسته زیستگاه‌های دشتی، تپه ماهوری و کوهستانی طبقه‌بندی می‌شوند. گونه‌های جانوری شاخص در زیستگاه دشتی شامل پستاندارانی مانند: آهو، گرگ، شغال، گربه جنگلی، گربه وحشی و جربیل ایرانی است. از جمله زیستگاه‌های کوهستانی نیز که در ارتفاعات صخره‌ای محدوده مطالعاتی واقع شده، منطقه حفاظت شده لشگردر است. راه‌آهن غرب کشور (مسیر سمنگان- کرمانشاه- خسروی) از حاشیه جنوبی این منطقه حفاظت شده عبور می‌نماید. منطقه حفاظت شده لشگردر واقع در استان همدان در مجاورت شهرستان ملایر قرار دارد. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در شرق و جنوب‌شرقی شهرستان ملایر واقع شده است. وسعت این منطقه با توجه به حدود جغرافیایی آن 160/82 کیلومتر مربع می‌باشد. در منطقه حفاظت شده لشگردر، 3 منطقه امن با وسعت تقریبی 2300 هکتار ایجاد شده که در منطقه امن در شمال غرب واقع است و ارتفاعات شیر و پلنگ، کوه سرده، کله قندی و ایستگاه شکارچی را در برمی‌گیرد و از زیستگاه‌های عمده کل و بز محسوب می‌شود. یک منطقه دیگر در قسمت مرکزی و جنوبی منطقه واقع شده است که شامل ارتفاعات هلرسلون و کوه آهنگران می‌باشد و از زیستگاه‌های مهم گونه قوچ و میش ارمنی محسوب می‌شود. در طول مسیر کاربری‌های مختلفی وجود دارد که براساس شکل (4)، بیشترین طول مسیر از اراضی با کاربری کشاورزی دیم عبور می‌نماید. از گسل‌های موجود در مسیر، می‌توان به گسل معروف زاگرس در جنوب باختری دشت صحنه اشاره کرد که به نام گسل صحنه خوانده شده است و از فاصله حدود 3 کیلومتری شمال خاوری صحنه عبور می‌کند. روانگرایی پدیده‌ای است که به طورکلی، در مناطق شیب‌دار ماسه‌ای دارای مصالحی با دانه‌بندی متوسط در مجاورت آب زیرزمینی بالا و بیشتر هنگام بروز زلزله به وقوع می‌پیوندد. قابلیت روانگرایی و لرزه‌خیزی در طول مسیر راه‌آهن در محدوده طرح در جدول (1)، مشخص‌شده است.

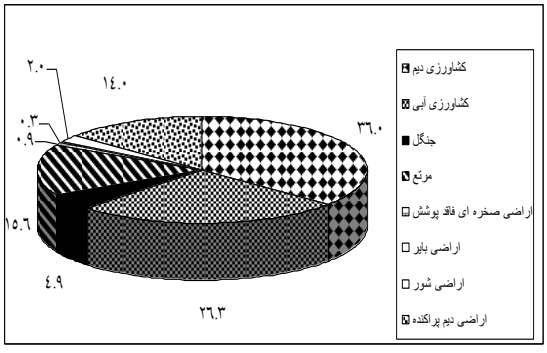
فعالیت‌های حساس و خطرزا شامل: عملیات مربوط به احداث و بهره‌برداری از خطوط انتقال نفت، گاز، خطوط انتقال برق فشار قوی و سایر فعالیت‌هایی که به دلیل ماهیت فعالیت دارای اثر هم‌افزایی 10 با سامانه حمل و نقل ریلی می‌باشند. در طول مسیر (بزرگراه، آزاد راه، راه‌های آسفالته در جه 1، درجه 2 و درجه 3) در مقایسه با سایر کاربری‌ها پس از مراکز جمعیتی، بیشترین میزان مجاورت‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین درصد تخریب اراضی ناشی از فعالیت‌های طرح مربوط به اراضی با کاربری کشاورزی دیم به ترتیب معادل با 225 و333 هکتار

و تعداد تقاطعات مسیر راه‌آهن با رودخانه‌های دایمی 32 مورد می‌باشد. بنابراین، در محدوده‌های تقاطع خط راه‌آهن با مسیل‌ها و رودخانه‌های دایمی احتمال بروز خطر در زمان طغیان و بروز سیل وجود دارد.

جدول (1): پتانسیل روانگرایی و لرزه‌خیزی در مسیر راه‌آهن غرب کشور

شهرستان‌های موجود در مسیر راه آهن	پتانسیل لرزه‌خیزی			پتانسیل روانگرایی		
	زیاد	متوسط	کم	زیاد	متوسط	کم
شازند			●			●
اراک			●		●	
ملایر		●				●
نهاوند	●					●
تویسرکان		●				●
کنگاور	●					●
صحنه	●					
کرمانشاه		●		●		
اسلام‌آباد غرب		●				●
گیلان غرب		●				●
قصرشیرین	●					●

لازم به ذکر است که در محل تقاطع آب‌های سطحی با راه‌آهن، اقدام‌هایی مانند احداث پل صورت خواهد گرفت. بین عملیات متنوعی که در فاز ساختمانی این پروژه انجام می‌پذیرد، عملیات خاکی و فعالیت ماشین‌آلات سنگین و تجهیزات راه‌سازی جهت پیاده‌سازی مسیر و احداث تونل‌ها، بیشترین میزان نشر آلودگی را به خود اختصاص می‌دهند که به طور عمده شامل: غبار و آئروسل‌های منتشره، آلاینده‌های گازی ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی مانند: NOX, SOX، هیدروکربن‌های نسوخته، دوده و مونوکسیدکربن بوده و پتانسیل اثرگذاری بر کیفیت هوا در مناطق مجاور و امکان انتشار در محدوده وسیع‌تر را دارند. با توجه به این که ویژگی آثار مذکور؛ مقطعی (مربوط به فاز ساختمانی)، برگشت‌پذیر و غیرقابل اجتناب بوده است و با بازه‌های زمانی مختلف در تمام طول مسیر پدیدار می‌شوند، در تحلیل‌های به‌عمل آمده امتیاز این فاکتور و فاکتور آلودگی صوتی که از موارد و آثار بدیهی در فاز ساختمانی کلیه طرح‌های عمرانی می‌باشد، با توجه به کوهستانی بودن منطقه و نیاز به انفجار جهت احداث تونل و غیره، وجود مراکز مسکونی در نزدیکی محل اجرای طرح، احتمال بروز مخاطرات محتمل است. براین اساس، در تمام طول مسیر راه‌آهن امتیاز این فاکتورها بطور متوسط (3) درنظر گرفته شد. آثار مخرب و سوء فعالیت‌های ساختمانی پروژه بر پوشش گیاهی منطقه بیشتر مربوط به عملیات زیرسازی محور راه‌آهن و عملیات ساخت و ساز ابنیه‌ها و ایستگاه‌های موجود در مسیر می‌باشد. با توجه به این نکته که مراتع منطقه مطالعاتی، به دلیل بهره‌برداری بیش از ظرفیت، مورد تخریب قرار گرفته و از کیفیت مطلوبی برخوردار نیستند، پتانسیل آسیب‌پذیری در این محدوده‌ها اندک می‌باشد.



شکل(4): نمودار وضعیت کاربری‌های طبقه‌بندی شده در مسیر راه آهن

در طول (قطعه) اول حدود 1 کیلومتر آن پوشیده از جنگل‌های کوهستانی است. ضمن آن که 38 درصد از طول این مسیر (حدود 20 کیلومتر) شامل مراتع است. مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی و بیابان‌ها به ترتیب 22، 19 و 30 کیلومتر از این مسیر را به خود اختصاص داده‌اند. قطعه دوم شامل 60 کیلومتر مرتع، 40 کیلومتر زمین‌های کشاورزی (20٪) و 53 کیلومتر اراضی بیابانی می‌باشد. در حالی که، جنگل‌های کوهستانی 4 کیلومتر آن را تشکیل می‌دهد. مابقی قطعه دوم را مناطق مسکونی شامل می‌شود. قطعه سوم به طور تقریب، دارای 64 کیلومتر (59٪) جنگل کوهستانی است و به ترتیب 20، 34 و 9 کیلومتر از این مسیر شامل: مرتع، زمین کشاورزی و بیابان است. جدول (2)، انواع مختلف زیستگاه‌ها و طول آن‌ها را برای هر یک از قطعات سه‌گانه نشان می‌دهد. با توجه به میزان اهمیتی که کارشناسان برای هر یک از این مناطق قایل هستند، بالاترین اولویت یعنی ارزش 10 را به مناطق حفاظت شده اختصاص دادند. جنگل‌های کوهستانی در جایگاه دوم، زمین‌های کشاورزی در جایگاه سوم، مراتع در رتبه چهارم و نواحی مسکونی در رتبه پنجم اولویت دهی قرار گرفتند. پایین‌ترین اولویت مربوط به بیابان‌هاست که میزان اهمیت آن از دیدگاه گروه دلفی، صفر منظور شده است.

جدول (2): محاسبه شاخص آثار اکولوژیکی

نوع زیستگاه	میزان اهمیت	قطعه 1		قطعه 2		قطعه 3	
		طول (km)	ERI	طول (km)	ERI	طول (km)	ERI
مناطق حفاظت شده	10	0	0	0	0	0	0
جنگل کوهستانی	7	1	4/64	4	16	64	456
زمین کشاورزی	5	19	180	40	120	34	90
مراتع	3	20	120	60	120	20	40
مناطق مسکونی	1	22	68	15	30	5	10
بیابان	0	30	0	53	0	9	0
جمع		104/58	372/64	100	286	90	596

*ERI= شاخص تاثیرات اکولوژیکی

ارزیابی ریسک قطعات مسیر راه‌آهن غرب کشور

جدول (3)، داده‌های مربوط به جمعیت و مناطق سکونتگاهی را برای هر یک از قطعات مسیر مشخص می‌سازد. در طول قطعه اول، 53 روستا و شهرک وجود دارد که این میزان برای قطعات دوم و سوم به ترتیب 24 و 7 می‌باشد. تراکم جمعیتی که در راستای هر مسیر سکونت دارند نیز در این جدول ذکر شده است.

جدول(3): داده‌های مربوط به جمعیت و تعداد روستاها و مناطق مسکونی در مسیر

عوامل	قطعه 1	قطعه 2	قطعه 3
تراکم جمعیت	12987	7456	3214
روستاها و مناطق مسکونی	53	24	7

از آنجا که در قطعه اول تعداد زیادی تغییر در جهت مسیر به‌وجود خواهد آمد، بنابراین این مسیر دارای بیشترین نقطه عطف یا شکست خواهد بود. اما، قطعات دوم و سوم تغییر جهت اندکی خواهندداشت. جدول (4)، میزان ریسک بروز سوانح (CRA) را برای هر 3 قطعه مشخص نموده‌است. قطعه سوم از این حیث وضعیت بهتری نسبت به دیگر قطعات دارد.

جدول (4): محاسبه ریسک مربوط به هر قطعه

شاخص‌های ریسک	قطعه 1	قطعه 2	قطعه 3
LR_n	0/517	0/112	0/345
WRP_n	1	0/273	0/0078
TR_n	0/119	0/113	0/003
CRA_n	1/743	1/464	1/522

ارزیابی هزینه ساخت

طول قطعه 1، حدود 182 کیلومتر و قطعات 2 و 3، به ترتیب دارای طول تقریبی 245 و 155 کیلومتر می‌باشند. هزینه ساخت این خط آهن برای هر یک از مقاطع سه گانه با یکدیگر متفاوت است. هزینه احداث هر متر در قطعه اول در سال 1387، به طور تقریبی 800 هزار ریال برآورد و برای قطعات

دوم و سوم این رقم به ترتیب معادل 5500 و 600 هزار ریال به ازای هر متر پیش‌بینی شده است. جدول (5)، نتایج ارزیابی عوامل مختلف را برای هر 3 قطعه نشان می‌دهد. نتایج این جدول مشخص می‌کند که از نقطه‌نظر ارزیابی مخاطرات اکولوژیکی قطعه سوم مسیر واجد کم‌ترین ریسک محیط‌زیستی است. اما، از نقطه‌نظر هزینه‌ها ساخت قطعه اول کمترین هزینه را داراست.

جدول (5): ارزیابی نتایج حاصل از معیارها

معیارها	قطعه 1	قطعه 2	قطعه 3
EII	373	286	596
CRA	1/74	1/46	1/52
هزینه ها (میلیارد ریال)	51190	67000	68000

ارزیابی ریسک به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره

در ارزیابی ریسک به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، هدف انتخاب گزینه بهینه از بین چند گزینه با وجود شاخص‌های مختلف و گاهی متضاد است. در این مقاله، بدین‌منظور از روش تحلیل اکولوژیکی که توسط «لوژین» و «وی» در سال 2007 پیشنهاد شده و به نام رودخانه‌ای در چین Yapp نامگذاری شده است، بهره گرفته شد (Wei & Luxin, 2007).

با استفاده از روش Yapp، به شکلی که در روش تحقیق تشریح شد، وزن هر یک از معیارها مورد محاسبه قرار گرفت. با این هدف، ابتدا تمامی داده‌ها بی‌مقیاس شدند. زیرا، مقادیر عددی برنتایج تأثیر منفی داشتند. با نرمال‌سازی به‌صورت خطی نتایج حاصل از معیارها به‌صورت جدول (6) استخراج شد:

جدول (6): بی مقیاس‌سازی نتایج حاصل از معیارها

معیارها	مسیر 1	مسیر 2	مسیر 3
EII	0/625	0/48	1
CRA	1	0/84	0/87
هزینه ها	0/83	0/96	1

وزن‌های فازی و قطعی بر اساس ماتریس مقایسه زوجی به‌صورت زیر حاصل شد:

$W' = (0, 0/261, 1)$

$W = (0/793, 0/207, 0)$

با ضرب هر یک از وزن‌های به‌دست‌آمده در مقادیر به‌دست آمده از روش Yapp، میانگین وزنی برای هر یک از قطعات به شرح زیر به‌دست آمد:

مسیر 1:

$$(0/793)\times(1) + (0/207)\times(1/52) + (0)\times(1) = 1/107$$

مسیر 2:

$$(0/793)\times(0/626) + (0/207)\times(1/74) + (0)\times(0/830) = 0/856$$

مسیر 3:

$$(0/793)\times(0/480) + (0/207)\times(1/46) + (0)\times(0/952) = 0/683$$

مسیر سوم با توجه به نظر خبرگان دارای کم‌ترین میزان ریسک در مرحله ساختمانی می‌باشد.

در جدول (7)، وزن معیارها و زیر معیارهای مؤثر در برآورد سطح ریسک محیط‌زیستی راه‌آهن غرب کشور ارایه شده است.

پس از مشخص شدن اوزان نهایی، عوامل مولد ریسک، لایه‌های اطلاعاتی مربوطه با در نظر گرفتن وزن لایه‌ها و به طریق ادغام خطی وزن‌دهی شده (همان‌طور که در قسمت مواد و روش‌ها توضیح داده‌شد) نقشه مؤلفه اصلی احتمال وقوع خطر با بازه‌بندی 1 تا 3 (نقشه 2) و نقشه شدت اثر با بازه‌بندی 1 تا 5 (نقشه 3) حاصل شد.

بازه‌های به دست آمده در این دو نقشه، حاصل ادغام لایه‌های اطلاعاتی مربوطه و تلفیق امتیاز آن‌ها می‌باشد. بدین صورت که در نقشه احتمال وقوع خطر عدد 1 نشان دهنده پهنه‌هایی با بیشترین احتمال و عدد 3 نمایان‌گر پهنه‌هایی با کم‌ترین احتمال وقوع خطر بوده و در نقشه شدت‌اثر عدد 1 بیانگر بیشترین شدت‌اثر و عدد 5 معرف شدت اثر ناچیز (نزدیک به صفر) است.

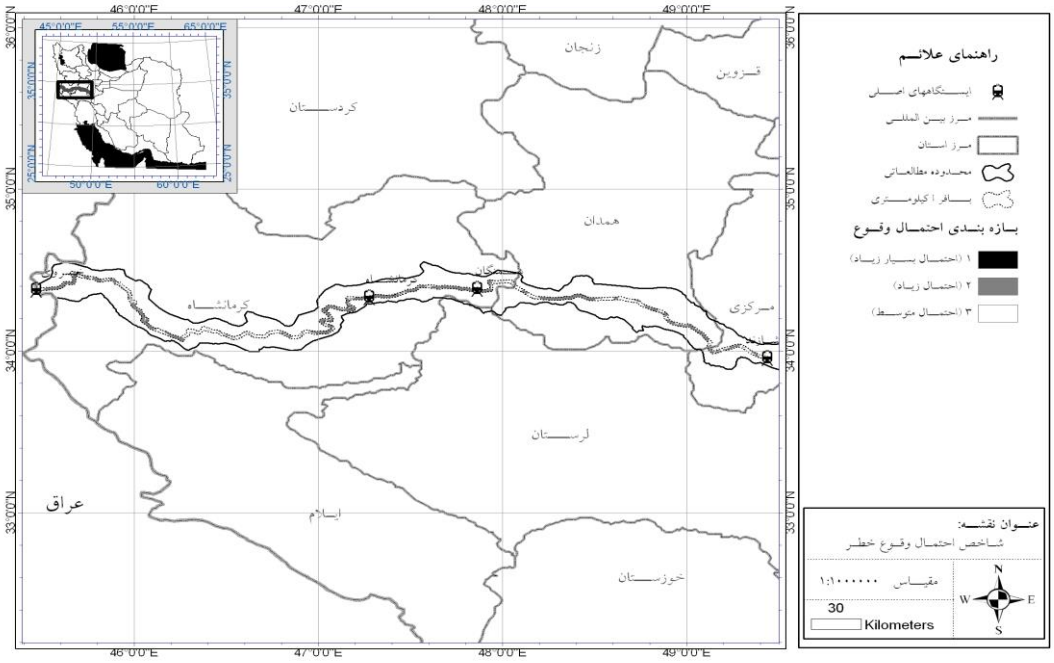
در ادامه، با ادغام دو لایه احتمال وقوع خطر و شدت اثر و با استفاده از تابع Intersect Overlay نقشه سطوح ریسک محیط‌زیستی به‌دست آمد. در نقشه (4) نتیجه پهنه‌بندی ریسک در طول مسیر راه‌آهن غرب نمایش داده شده است.

بحث ونتیجه‌گیری

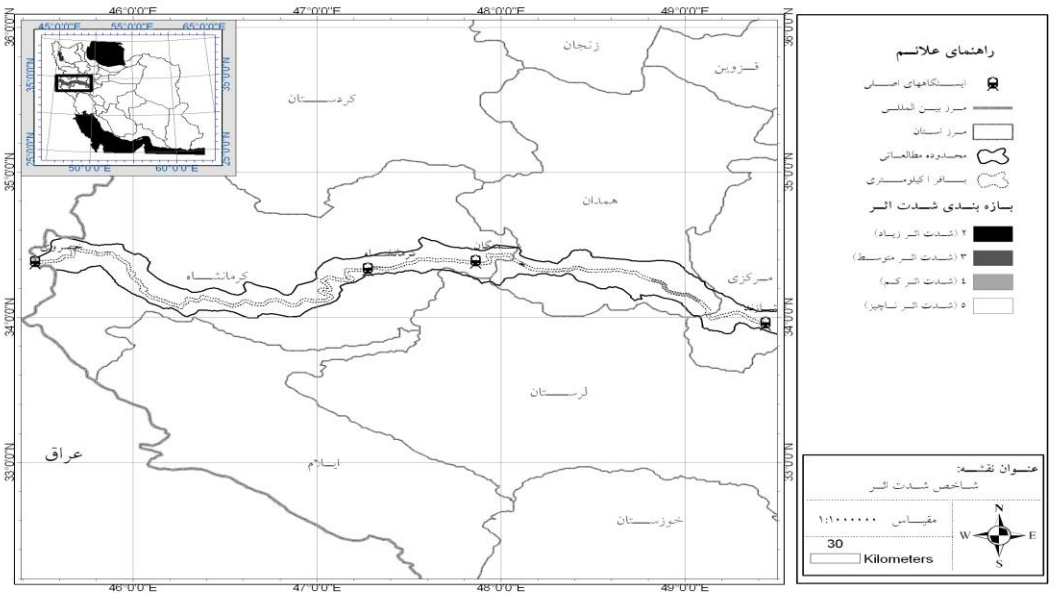
نتایج پهنه‌بندی ریسک حاکی از آن است که حدود 80 درصد طول مسیر از ریسک با سطح کم و ناچیز برخوردار می‌باشد. سطح ریسک کم: کیلومترهای 155-153 مسیر (شهرستان تویسرکان- استان همدان) و نقطه‌ای در کیلومتر 479 (شهرستان سرپل‌ذهاب- استان کرمانشاه)، ریسک متوسط: در نقاطی حدفاصل کیلومترهای 80-47 مسیر (شهرستان ملایر- استان همدان) و کیلومتر 250- 240 (مابین شهرستان‌های صحنه و هرسین در استان کرمانشاه) و مناطقی در کیلومترهای 485-480 مسیر، واقع در محدوده شهرستان کرمانشاه در استان کرمانشاه به دلیل استقرار طرح برروی اراضی با پتانسیل روانگرایی بالا، محدوده با ریسک بالا شناخته شدند.

جدول (7): وزن معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در برآورد سطح ریسک محیط‌زیستی

هدف	معیار	وزن	زیر معیار	وزن
تعیین احتمال وقوع مخاطرات محیط‌زیستی خط راه‌آهن	سطح فعالیت منطقه	0.30	0.163	0.04
			0.490	0.14
			0.231	0.063
			0.166	0.031
	فعالیت موثر پروژه بر محیط زیست منطقه	0.08	0.133	0.014
			0.187	0.013
			0.609	0.04
			0.071	0.006
	پتانسیل طبیعی منطقه	0.49	0.190	0.082
			0.283	0.13
			0.283	0.13
			0.123	0.057
			0.123	0.057
	فاکتور های ایمنی- بهداشتی	0.13	0.350	0.034
			0.391	0.04
			0.152	0.11
			0.11	0.013
جمع		1.00	جمع	4.00
تعیین شدت اثر مخاطرات محیط‌زیستی خط راه‌آهن	تراکم جمعیت	0.750	1.00	1.00
	حساسیت اکولوژیک	0.250	0.53	0.53
			0.14	0.14
			0.33	0.33
جمع		1.00	جمع	2.00

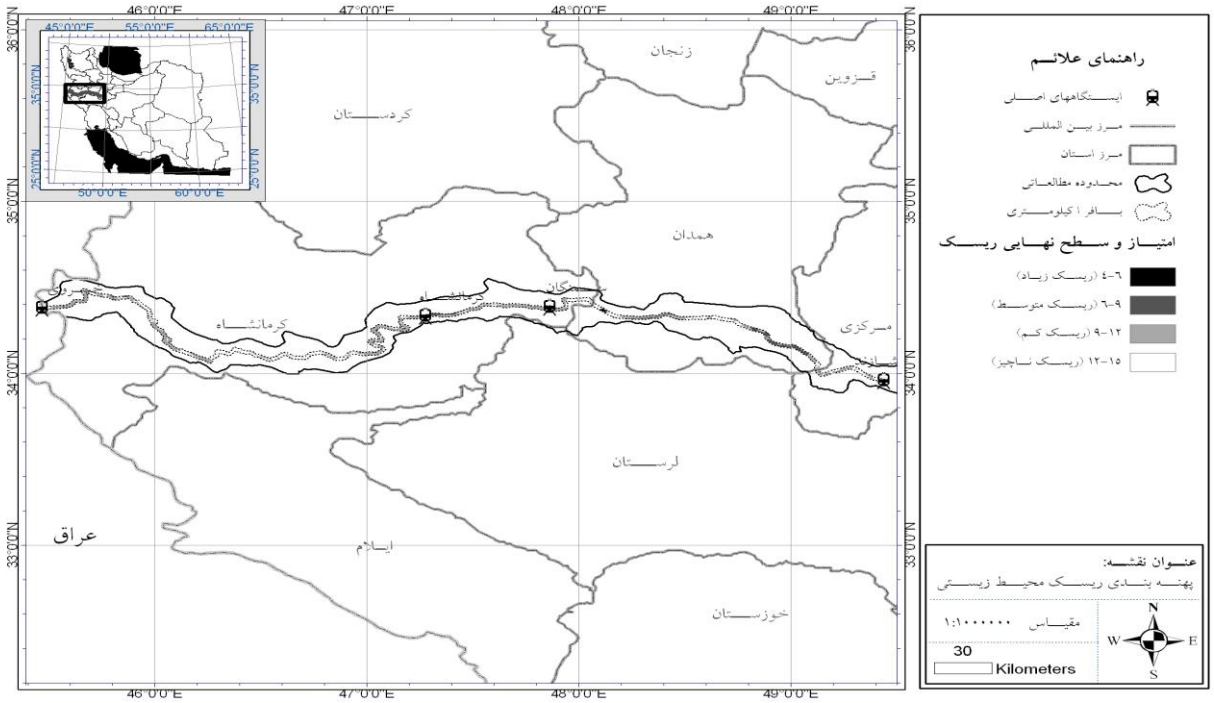


نقشه(2): بازه‌بندی شاخص شدت اثر در طول مسیر راه‌آهن



نقشه شماره 3- بازه بندی شاخص احتمال وقوع در طول مسیر راه آهن

نقشه (3): بازه‌بندی شاخص احتمال وقوع در طول مسیر راه‌آهن غرب کشور



نقشه (4): پهنه‌بندی نهایی ریسک محیط‌زیستی راه‌آهن غرب کشور

همان‌طور که در نقشه پهنه‌بندی ریسک (نقشه 4) مشاهده می‌شود، بین امتیاز ریسک و سطح ریسک رابطه عکس وجود دارد. بدین معنا که امتیاز پایین نشان‌دهنده ریسک زیاد بوده و با افزایش امتیاز، سطح ریسک کاهش می‌یابد. شایان ذکر است، امتیاز نهایی این محدوده‌ها از تلفیق امتیاز کلیه شاخص‌های ارزیابی و فاکتورهای مؤثر در برآورد سطح ریسک به‌دست آمده‌است.

هدف اصلی این مطالعه، مکان‌دار نمودن ریسک‌های شناسایی شده در طول مسیر خط راه‌آهن غرب کشور می‌باشد. بنابراین، به‌منظور تهیه برنامه کنترل ریسک می‌توان با مراجعه به نقشه‌های ریسک تولید شده، مخاطرات و پیامدهای حاصله را شناسایی و بر حسب موقعیت جغرافیایی و مکانی آن‌ها در طول مسیر، برنامه کنترلی ارایه داد. در جدول (8)، مناطق دارای پتانسیل خطر بالا به تفکیک معیارها و زیرمعیارهای مورد بررسی در برآورد ریسک محیط‌زیستی طرح ارائه شده است.

همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، حدود 80 درصد از طول مسیر دارای ریسک کم و ناچیز می‌باشد. با توجه به نقشه‌های ریسک به دست آمده و جدول 8 (جدول مناطق دارای پتانسیل خطر بالا)، وضعیت پهنه‌های حایز سطوح ریسک زیاد و متوسط را می‌توان به‌شرح زیر بیان نمود:

ریسک کم: در ناحیه‌ای حد فاصل کیلومتر 155-153 واقع در استان همدان- شهرستان تویسرکان که علل اصلی آن را می‌توان چنین بیان نمود:

- فرسایش متوسط خاک

- تراکم پوشش گیاهی کم
- عدم تلاقی راه‌آهن با مناطق حساس
- عبور مسیر راه‌آهن از مراکز جمعیتی با تراکم جمعیت کم

همچنین، نتیجه تحلیل‌های فضایی به‌عمل آمده نقطه‌ای در کیلومتر 479 (شهرستان سرپل‌ذهاب- استان کرمانشاه) را نیز با ریسک کم نشان داد.

ریسک متوسط: در فواصل کیلومتر 80- 47 واقع در استان همدان- شهرستان ملایر، که فاکتورهای برجسته آن را می‌توان این‌گونه برشمرد:

- فرسایش شدید خاک،
- فاصله کمتر از 4 کیلومتر با دو گسل اصلی و فعال
- هم‌جواری حریم ریل راه‌آهن با رودخانه دایمی

جدول(8): مناطق دارای پتانسیل خطر بالا به تفکیک معیارها و زیرمعیارها

هدف		معیارها		زیر معیارها		
شاخص‌های ارزیابی	کیلومتر پتانسیل بالا	زیر شاخص‌ها	کیلومتر پتانسیل خطر بالا	فاکتورها و عوامل ریسک	کیلومتر پتانسیل خطر بالا	شهرستان
احتمال وقوع خطر	50-40 140-120 250-190 450-420	سطح فعالیت منطقه	240-230 390	مراکز جمعیتی	80-65 250-230 340-320 480-460	ملایر، صحنه، هرسین، کرمانشاه، سرپل ذهاب
				خطوط ارتباطی	40-20 250-240 490-430	شازند، هرسین، گیلان غرب، سرپل ذهاب
				فعالیت‌های حساس و خطر زا	150،100،30 و 240-210	شازند، ملایر، صحنه، هرسین، کرمانشاه
				کاربری اراضی	250-30، 330-290 490-450	سرپل ذهاب، ملایر، صحنه، تویسرکان،کنگاور،کرمانشاه
		فعالیت‌های موثر پروژه بر محیط‌زیست	528-520	بوته‌کنی و قطع اشجار	528-520	قصر شیرین
				قطع محل گذار حیوانات	ــــ	
				آلودگی هوا	*	
				آلودگی صوتی	*	
		پتانسیل‌های طبیعی	80-40 150-120 250-190 450-430	ریزش و لغزش	70 320-290 470-450	ملایر ،کرمانشاه ،سرپل ذهاب
				نشست زمین	190-0 320-230	کنگاور، صحنه، هرسین، کرمانشاه
				لرزه خیزی	230-130 520-440	تویسرکان، کنگاور ، صحنه، سرپل ذهاب
				سیل گیری	70-0 140-120 370-340	شازند، ملایر، تویسرکان،کرمانشاه، اسلام آباد غرب
				روانگرایی	300-240	هرسین،کرمانشاه
		ایمنی و بهداشتی	*			

شدت اثر	80-50	تراکم جمعیت	180-175 290-280 325-320 510-500	—	—	کنگاور، کرمانشاه، قصر شیرین
		حساسیت اکولوژیک	80-50	مناطق تحت مدیریت سازمان	80-50	ملایر
				رویشگاه‌ها و زیستگاه‌های ویژه	—	—
				رودخانه‌های با اهمیت اکولوژیک	—	—

- به علّت در دسترس نبودن اطّلاعات مکانی و جغرافیایی دقیق در تمام طول مسیر متوسط فرض شده است.

- عبور از حاشیه جنوبی منطقه حفاظت شده لشگردر همچنین، پهنه‌ای دیگر در کیلومتر 250- 240 (مابین شهرستان‌های صحنه و هرسین در استان کرمانشاه) نیز از ریسک متوسط برخوردار است. محدوده‌ای حد فاصل کیلومترهای 485- 480 مسیر (شهرستان کرمانشاه- استان کرمانشاه) نیز از سطح ریسک بالا برخوردار است که عوامل مهم آن عبارتند از:
- تراکم بالای گسل‌های اصلی
- تلاقی با خط لوله انتقال گاز
- تراکم بالای شبکه راه‌ها
- وجود مراکز جمعیتی
- تلاقی با رودخانه‌های اصلی.

پیشنهادها و راه‌کارهای کنترل ریسک

- راه‌کارهای کنترل ریسک نشان دهنده فرصت‌های بالقوه جهت ارتقای سطح حفاظت از محیط‌زیست و جمعیت تحت تاثیر پروژه می‌باشد که این کنترل را می‌توان به کمک تغییر در فرایندهای طراحی، ساخت، اجرا و نگهداری از راه‌آهن انجام داد.
- جهت جلوگیری از وقوع خطرات احتمالی هنگام انجام عملیات ساختمانی، نصب حصار یا حایل در اطراف ریل‌ها و ساخت و سازهای جانبی و محلی الزامی می‌باشد.
- نصب علایم مناسب در اطراف مسیر جهت آگاهی رانندگان در حریم جاده نسبت به عبور ریل و قطار می‌تواند در راستای کنترل تصادفات مفید واقع شود.
- در مواردی که راه‌آهن خطوط انتقال نفت و گاز را قطع می‌کند، حدود استاندارد فاصله کارگذاری ریل تا محل دفن این تأسیسات باید رعایت شود (حتی‌الامکان احداث پل بر روی محل تقاطع با عوارض مصنوعی و طبیعی توصیه می‌شود). همچنین، فشار ناشی از خط ریل بر این قبیل تاسیسات محاسبه و اقدام‌های لازم در جهت کاهش فشار ها تا حد استاندارد رعایت گردد.
- احداث پل در محل تقاطع با رودخانه‌ها، با توجه به میزان تلاقی رودخانه‌ها با راه‌آهن و عرض مقطع تلاقی طول پل نیز متفاوت خواهد بود.
- ضرایب ایمنی و ایجاد تاسیسات حفاظتی بیشتر در کیلومتر 80- 47 مسیر، به علّت عبور از حاشیه جنوبی منطقه حفاظت شده لشگردر افزایش یابد. همچنین، برنامه‌های نظارت و پشتیبانی به‌منظور به حداقل رساندن مدت زمان اجرای عملیات ساختمانی در این محدوده، تنظیم و اجرا شود.
- برنامه تعمیر و نگهداری جهت کاهش آلودگی صوتی ناشی از کارکرد وسایل و تجهیزات ساختمانی اجرا شود.
- فعالیت‌های ساختمانی احداث راه‌آهن در محدوده مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست (منطقه حفاظت شده لشگردر) به‌ویژه در فصل زاد و ولد حیات‌وحش محدود شود.

توصیه می‌شود که در مطالعاتی که در آینده صورت می‌گیرد، روش YAPP در پروژه‌های طولی دیگر مانند: پروژه‌های انتقال نفت و گاز، ارزیابی ریسک احداث بزرگراه‌ها، انتقال آب از یک حوضه آبریز به حوضه آبریز دیگر و نیز خطوط ریلی به کار برده شود و نتایج به‌دست آمده از مطالعات ارزیابی ریسک محیط‌زیستی با نتایج حاصل از معیارهای فنی و اقتصادی این طرح‌ها در بلندمدت مورد مقایسه قرار گیرد.

فهرست منابع

جبل عاملی، م. 1386. رتبه‌بندی ریسک پروژه با استفاده از فرایند تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران.

قدسی‌پور، س. 1385. مباحثی در تصمیم‌گیری چندمعیاره- فرایند تحلیل سلسله مراتبیAHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 249 ص.

قیومی‌نیا، م. 1386. مقایسه تطبیقی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی متروها در ایران کارشناسی ارشد، دانشکده عمران و محیطزیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 245 ص.

گرامی، م. 1379. پیش‌بینی خطرات زیست‌محیطی ناشی از احداث پروژه‌های راه آهن در مسیر تهران- مشهد، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیطزیست، دانشکده محیطزیست و انرژی، انشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات، 289ص.

گیوه‌چی، س. 1385. بررسی نقش ارزیابی ریسک حوادث غیرمترقبه در مهندسی ارزش طرح‌های حمل و نقل شهری به منظور ارتقای عملکرد در شرایط اضطرار، دومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تهران، 123 – 132ص.

مرکز آمار ایران. 1385. نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن،درگاه ملی مرکز آمار ایران. 1098ص.

منوّری، س. م.1384. ارزیابی اثرات زیست محیطی، نشر میترا، 462ص.

مهندسین مشاور سبز اندیش پایش، 1385. مجموعه گزارشات مطالعات ارزیابی زیست محیطی محور راه آهن غرب کشور، منتشر نشده.

Stephen, S. 2006. Managing Industrial Risk- Having a Tested and Proven System to Prevent and Assess Risk, Hazardous materials Journal: Springer, vol:13, No.3, pp:55- 67.

Sarkis, J. & Talluri, S. 2004. Evaluating and Selecting E- Commerce Software and Communication Systems for a Supply Chain. European Journal of Operational Research, Vol:159. pp: 318-329.

Shuang, C. & Baker, J. W. 2008. Railway Risk Assessment- The Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approaches a case study of Shunting at Waterloo Depot, Rail and Rapid Transit Publish., Quebec, Canada. 258pp.

Tarek, M. & Amer, H. 2008. Assessing Risk and Uncertainty Inherent in Chinese Highway Projects Using AHP. Project Management Bulletin, Beijing, China.384pp.

Wei, Z. & Luxin, N. 2007. Qinghai- Xizang Railroad Construction in Permafrost Region. Shanghai University Publish. 324pp.

Wun, Q. 2004. Risk assessment of earth fractures by constructing an intrinsic vulnerability map, a specific vulnerability map, and a hazard map, using yuci city , shanxi china as an example , Environmental geology.