

الگوی اولویت‌بندی قطعات جاده‌های کوهستانی از لحاظ ریسک ریزش بهمن

با بکارگیری احتمال برخورد وسیله نقلیه

مرتضی اسدمازجی، دانشجوی دکتری، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

نسیم نهاوندی، دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: n_nahavandi@modares.ac.ir

دریافت: 95/08/20 - پذیرش: 95/12/05

چکیده

یکی از حوادث طبیعی که احتمال وقوع آن در ماه‌های سرد سال و در جاده‌های کوهستانی وجود دارد بهمن است. این پدیده طبیعی در جاده‌های کوهستانی کشور نیز دارای سابقه می‌باشد و موجب خسارت‌های جانی و مسدود شدن برخی از جاده‌های اصلی کشور شده است. این موضوع به‌خصوص در مسیرهای ارتباطی بین پایتخت و شمال کشور و جاده‌های کوهستانی شمالغرب و غرب کشور بیشتر مشهود می‌باشد. به منظور پیشگیری یا کاهش حوادث ناشی از ریزش بهمن در گام ابتدایی باید نقاط دارای ریسک بیشتر مشخص شوند و سپس راهکارهای مناسب برای ایمن‌سازی آنها مدنظر قرار گیرد. با توجه به اینکه برای تعیین نقاط دارای ریسک بیشتر در پژوهش‌های گذشته تنها به معیارهای زمین‌شناسی و منطقه‌ای توجه شده اما در این مقاله یک الگوی ترکیبی ارایه شده است که علاوه بر معیارهای مذکور، شاخص احتمال برخورد، شاخصهای ترافیکی و پوشش گیاهی روی دامنه نیز مدنظر قرار گرفته است. در پژوهش پیش رو علاوه بر مطالعات میدانی جهت برداشت اطلاعات عمق برف، شیب، پوشش گیاهی، تعدد و تکرار، احتمال برخورد با وسیله‌نقلیه و تردد روزانه، مصاحبه با صاحب نظران جهت وزن‌دهی معیارها صورت پذیرفت و با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS) به اولویت‌بندی نقاط 10 گانه حادثه‌خیز شناسایی شده از نظر ریزش بهمن در جاده کرج-چالوس پرداخته شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین اهمیت در بین شاخص‌های منتخب مربوط به تعدد و تکرار بود. همچنین نتایج حاصل از اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز در محور کرج-چالوس که کیلومترهای 62-63 و 63-68 تا 74 بیشترین ریسک از نظر ریزش بهمن را دارند و باید راهکارهای ایمن‌سازی مناسب برای این نقاط در اولویت قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی، ریزش بهمن، جاده‌های کوهستانی، روش شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS)

1- مقدمه

هنگام وقوع چنین حوادثی ضروری می‌نماید. با توجه به خصوصیات جغرافیایی، زمین‌شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و آب و هوایی بلایای مختلفی راه‌های کشورها را تهدید می‌نماید. یکی از بلایای طبیعی که محورهای کوهستانی را تهدید می‌کند، ریزش‌های دامنه‌ای می‌باشد که شامل ریزش سنگ، بهمن و لغزش است. به منظور ایمن‌سازی دامنه‌ای محورهای کوهستانی باید روش‌های پیشگیرانه یا کاهش‌دهنده مدنظر قرار گیرد. حوادث ریزشی که معمولاً در فصل زمستان روی می‌دهد و بیشترین تأثیر را بر جاده‌های کوهستانی دارد ریزش

بلایای طبیعی یکی از معضلاتی است که کشورهای مختلف دنیا را تهدید می‌نماید و یکی از بخش‌هایی که در برابر این بلایا آسیب‌پذیر می‌باشد شریان‌ها و راه‌هاست. از کشورهای توسعه‌یافته نظیر ایالات متحده، ژاپن و کشورهای اروپایی که امکان بروز سیل و زلزله در آنها فراوان است تا کشورهای جهان سوم نظیر کشور ایران که بلایای طبیعی فراوانی آن را مورد تهدید قرار می‌دهد [Burns, 2006] در نتیجه ارایه برنامه مناسب دولت‌ها و به‌کارگیری روش‌های صحیح مدیریتی و پیشگیرانه در جهت کاهش تلفات انسانی و خسارات مالی در

بهمن می‌باشد. در راستای ایمن‌سازی و کاهش اثرات ناشی از بهمین، باید در ابتدا نقاط دارای پتانسیل بهمین شناسایی گردند و پس از ارزیابی این نقاط، اولویت‌بندی این نقاط به منظور انجام اقدامات ایمن‌سازی صورت پذیرد [Smith, 2012].

الگوهای بررسی‌های وضعیت ریزش بهمین یک منطقه با استفاده از جمع‌آوری داده‌ها و در صورت نیاز بازدید میدانی و تهیه عکس‌های هوایی انجام می‌پذیرد. در این خصوص مصاحبه از ساکنین مناطق مجاور محل در مورد خصوصیات شیب و شرایط تشکیل بهمین قابل دستیابی است که بدین ترتیب از طریق اطلاعات تهیه شده مناطق مختلف با قابلیت بروز بهمین قابل شناسایی می‌باشند.

توصیه می‌شود این اطلاعات در دوره زمانی پیوسته‌ای شامل چندین سال متوالی برداشت شده باشد. در حالتی دیگر احتمال وقوع بهمین را می‌توان از طریق بررسی میدانی مورد تحلیل قرار داد. از آنجا که بهمین ممکن است از طریق عوامل متعددی رخ دهد، انجام تحلیل با توجه به در نظر گرفتن تمامی این عوامل مشکل می‌باشد. بدین جهت، مناطق با پتانسیل خطر وقوع بهمین از طریق توجه به وجود و یا عدم وجود پوشش گیاهی مناسب نظیر جنگل در منطقه، میزان شیب (از اطلاعات برداشت شده از طریق مطالعه محلی قابل تعیین می‌باشد)، مقدار زاویه شیب در ارتفاعات جهت تعیین احتمال ریزش بهمین در سطح جاده به کار می‌رود [Regamey and Straub, 2006]. مشکلاتی که در خصوص اولویت‌بندی ریسک قطعات مختلف راه‌ها وجود دارد نبود اطلاعات کافی و همچنین در نظر نگرفتن کلیه متغیرهای موثر در اولویت‌بندی می‌باشد [Vybiral and Osykin, Kuznetsov, 2011].

در پژوهش پیش‌رو، معیارهای مهم و تأثیرگذار بر ریزش بهمین و همچنین افزایش ریسک قطعات یک جاده کوهستانی تعیین می‌شود و پس از شناسایی آنها با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصان وزن آنها مشخص شده و در نهایت از روش اولویت‌بندی شباهت به گزینه ایده‌آل جهت رتبه‌بندی قطعات جاده استفاده می‌شود.

2- مروری بر پیشینه تحقیق

برای انتخاب بهترین معیارها برای اولویت‌بندی ریزش بهمین در جاده‌های کوهستانی در گام ابتدایی، روش‌های موجود و معیارهای منتخب سایر کشورها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

2-1- معیارهای خطرسنجی ریزش بهمین

روش‌ها و معیارهای مختلفی در ارزیابی و خطر سنجی ریزش بهمین در جاده‌های کوهستانی مدنظر قرار می‌گیرد که برخی از آنها در ادامه اشاره می‌گردد.

الف- ارزیابی ریزش بهمین با استفاده از نقشه‌ها و مختصات جغرافیایی

یکی از روش‌های تحلیل ریزش‌های دامنه‌ای که در کشورهای جنوبی اروپا و ایالات متحده مورد استفاده قرار می‌گیرد روش GIS است که در آن با استفاده از بررسی‌های میدانی و عکس‌های هوایی کلیه نقاط ریزش بهمین شناسایی و با تعریف لایه‌های جداگانه بر روی نقشه‌های مخصوص سازمان‌های متصدی نقشه‌برداری و زمین‌شناسی با مقیاس‌های دقیق تعریف می‌شوند. مهمترین معیاری که در این روش مدنظر قرار می‌گیرد، ناپایداری دامنه و اطلاعات زمین‌شناسی و منطقه‌ای و تعدد و تکرار می‌باشد که برداشت شده و به نقشه‌ها وارد شده است و در هر نقطه‌ای که تعدد اطلاعات و تکرار حادثه بیشتر باشد، میزان خطر با استفاده از راهنمای‌های تعریف شده نظیر تغییر ضخامت یا رنگ‌ها مشخص می‌گردد [Jamieson and Stethem, 2005]. همچنین در یک کار تحقیقاتی در سال 2008 باربولینی و همکارانش با استفاده از روش ترکیبی با GIS مدل ریسک ریزش بهمین را پیشنهاد دادند [Cappabianca and Barbolini, 2008].

ب- ارزیابی ریزش با استفاده از آمار و اطلاعات ثبت شده
در روش خطرسنجی با استفاده از آمار موجود به ریزش‌های بهمینی که در هریک از نقاط جاده کوهستانی و حوادثی که ناشی از آن است توجه می‌گردد. معمولاً معیار ارزیابی مذکور تعداد اتفاق در بازه‌های مشخص را مدنظر قرار می‌دهد و یا به تلفات ناشی از ریزش بهمین در یک بازه چند ساله توجه می‌کند [Rheinberger., Bründl and Rhyner, 2009].

علاوه بر موارد مذکور در سال 2010 گانالپاسی در هند به ملزومات و شاخص‌های ریزش بهمن پرداخته است و در خصوص ریسک ریزش بهمن در جاده‌های مختلف بررسی‌هایی را انجام داده است [Ganapathy,2010]. در خصوص الگوی اولویت‌بندی ریزش بهمن مقالات کمی کار شده است و تنها الگوی پیشنهادی با استفاده از روش AHP بوده است. اما در خصوص سایر ریزش‌های دامنه‌ای نظیر ریزش سنگ کارهایی در نقاط دنیا انجام شده است. به عنوان مثال یکی از روش‌ها، سیستم امتیازدهی RHRS بود که از سال 2003 مورد استفاده قرار می‌گرفته است و توسط آندروپولوس و دوستانش در سال 2013 توسعه داده شده است. در این روش با توجه به معیارهای زمین‌شناسی، منطقه‌ای، آب و هوایی و جاده‌ای ریسک ریزش سنگ در جاده‌های کوهستانی تخمین زده شده است [Andrianopoulos and Saroglou,2013]. همچنین در مقاله ای دیگر آقای استراب و همکارانش منابع ریزش دامنه‌ای در جاده را شناسایی و وزن‌دهی نمودند که البته همه ریزش‌ها را شامل می‌شد [Schubert,2013] [Straub] در سال 2014 می‌گنلی و همکارانش علاوه بر بررسی ریسک نقاط مختلف جاده، معیار انواع روش‌های پیشگیرانه و سازه‌های حفاظتی در قطعه‌های یک جاده کوهستانی را هم در مدل خود مدنظر قرار دادند [Mignelli,2014].

3- اهداف تحقیق

هدف اصلی در تحقیق پیش‌رو اولویت‌بندی میزان خطر ریزش بهمن در قطعات یک جاده کوهستانی می‌باشد. اهداف جانبی دیگر این مقاله عبارتند از:

- تعیین معیارهای ریزش بهمن در جاده‌های کوهستانی
- ارائه الگوی امتیازدهی معیارهای ریزش بهمن
- مقایسه میزان ریسک ریزش بهمن بین نقاط مختلف یک محور کوهستانی
- اولویت‌بندی اقدامات ایمن‌سازی دامنه برای جاده کوهستانی

پ- ارزیابی ریزش بهمن با استفاده از نظرات کارشناسان محلی

در سال 2005 موضوع طبقه‌بندی ریزش بهمن با بررسی کارشناسی مطرح شد و با تحلیل بر روی جاده‌های کوهستانی رشته کوه آلپ، شیب‌هایی که به سبب خطر ریزش بهمن مستلزم تمهیدات پیشگیرانه و مطالعات جامع‌تر می‌باشند طبقه بندی و تشخیص داده شد. در این تحقیق مهمترین معیار، شیب دامنه‌ای بود [Zischg,2005].

ت- ارزیابی ریزش بهمن با استفاده از مدل بی‌زین

علاوه بر روش‌های مذکور روش‌های دیگری نیز برای ارزیابی ریزش بهمن در جاده‌های کوهستانی مدنظر قرار می‌گیرد. به عنوان مثال احمد و هوانگ در سال 2011 در تحقیقی با استفاده از مدل بی‌زین یک شاخص عملکردی برای جاده‌های کوهستانی تعریف نمودن که با آن ریزش بهمن در قطعات مختلف نیز رتبه‌بندی می‌شد [Ahmed,2011]. البته ماهیت مدل مذکور چون احتمالاتی است در واقع رتبه‌بندی با استفاده از احتمال وقوع بهمن در یک منطقه تعیین شده است.

ث- ارزیابی ریزش بهمن با استفاده از سایر معیارها

معیارهای مهم دیگری در تحقیقات دیگر کشورها کاربرد داشته است. از جمله این معیارها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- آب و هوای جاده و اطلاعات ایستگاه‌های

- هواشناسی جاده‌ای [kristensen,2006]

- دیوارهای حایل و گالری‌ها [Foster,2014]

هر چند معیارهای فوق به صورت کم‌رنگ و کاملاً کم‌اثر در اثرسنجی خطر ریزش بهمن مدنظر قرار می‌گیرند اما دارای امتیاز قابل قبولی با در نظر گرفتن معیارهای ریسک علمی نیستند. بررسی روش‌های خطرسنجی نشان داد مدلی برای ارزیابی ریسک خطر بهمن در سایر کشورها با در نظر گرفتن کلیه معیارهای تأثیر گذار ارائه نشده است و در صورت مدنظر قرار دادن چند معیار نیز از لحاظ ریاضی و کاربردی ملاک عمل برای سایر کشورها نیستند.

با توجه به رابطه 1 محاسبه می‌شود.

$$PA = \frac{V_n \times l}{s} \quad (1)$$

که در آن پارامترها عبارتند از:

PA : شاخص برخورد بهمین با وسیله نقلیه

l : طول قطعه بر حسب کیلومتر

s : سرعت مجاز در قطعه بر حسب کیلومتر در ساعت

V_n : تعداد وسایل نقلیه عبوری در ساعت

پ- سابقه وقوع بهمین

معمولاً در طرح‌های ایمن‌سازی و بهسازی جاده‌ها نقاطی که در آنها سابقه بروز حوادث وجود داشته باشد در اولویت بالاتر قرار می‌گیرند و در مراحل بعد نقاطی که احتمال وقوع حادثه در آنها وجود دارد را مدنظر قرار می‌دهند. برای در نظر گرفتن این معیار در مدل سه رده اصلی منظور گردید:

▪ در دوره‌ای بیش از 7 سال حادثه بهمین رخ داده است.

▪ بین 3 تا 7 سال حادثه بهمین یکبار اتفاق افتاده است

▪ در 3 سال حادثه بهمین رخ داده است

ت- پوشش دامنه کنار جاده

یکی از عواملی که موجب کاهش احتمال وقوع بهمین می‌گردد وجود پوشش گیاهی مناسب و درختان بلند بر روی دامنه می‌باشد. به همین علت قطعاتی از یک دامنه کوهستانی که درختان متراکم‌تر و بیشتری دارند احتمال وقوع بهمین در آنها کمتر است. دامنه‌های دارای ریسک پایین تا ریسک بسیار بالا از لحاظ وقوع بهمین به ترتیب زیر می‌باشند:

▪ تراکم زیاد درختان بلند

▪ تراکم کم درختان بلند و یا تراکم متوسط درختان کوتاه

▪ تراکم کمتر از 20 درصدی درختان کوتاه

▪ زمین برهنه

د- زاویه شیب دامنه

یکی از عوامل مهم بروز بهمین وجود مولفه حرکت دهنده موازی دامنه می‌باشد که بالاتر بودن زاویه دامنه و افق این موضوع را محتمل‌تر می‌نماید. بررسی‌ها نشان داد

▪ اثرسنجی پارامترهای ترافیکی در ارزیابی ریسک ریزش

بهمین در نقاط مختلف یک جاده کوهستانی

▪ ارایه الگویی کاربردی برای ارزیابی ریسک قطعات یک

جاده کوهستانی

4- الگوی ارزیابی ریسک ریزش بهمین در

قطعات یک جاده کوهستانی

به منظور اولویت‌بندی قطعات یک محور کوهستانی در

گام ابتدایی باید معیارها مشخص شود.

4-1- معیارهای موثر در تعیین ریسک ریزش بهمین در

جاده‌های کوهستانی

با توجه به جمع‌بندی‌های بخش پیشینه تحقیق معیارهای موثر عمق برف، تعدد و تکرار، و شیب دامنه می‌باشند و معیارهای تردد وسایل نقلیه و پوشش گیاهی اضافه شد که در ادامه کلیه معیارهای مذکور شرح داده می‌شوند.

الف- ماکزیمم ارتفاع بارش برف سالانه

شرط لازم برای وقوع بهمین بارش برف می‌باشد. معمولاً ایستگاه‌های هواشناسی اندازه ارتفاع برف را در نقاط مختلف محاسبه می‌نمایند. مطالعات نشان داده برای بهمین خیز بودن بهترین معیار سنجش ماکزیمم عمق برف سالانه است که همین ملاک عمل قرار گرفت. همچنین مشخص شد اگر ماکزیمم عمق برف سالانه در دامنه‌ای از 70 سانتیمتر کمتر شد احتمال وقوع بهمین در آن محدوده وجود ندارد. ارتفاع برف هرچه بیشتر از 70 سانتیمتر باشد احتمال وقوع بهمین بیشتر می‌شود. البته عوامل دیگر نیز باید در کنار برف وجود داشته باشند.

ب- معیار احتمال برخورد با وسیله نقلیه در جاده

یکی از معیارهایی که تاکنون در تحقیقات بکارگرفته نشده است و برای اولین بار در این مقاله استفاده شده است معیار احتمال برخورد با وسیله نقلیه در جاده است. در تعریف این معیار میانگین تردد ساعتی، سرعت مجاز و همچنین طول قطعه به عنوان عوامل اصلی تعیین شدند و

که زاویه بیشتر از 40 درجه ریسک وقوع بهمن را بیشتر می‌کند.

همانطور که در شکل 1 مشخص است در ابتدا باید معیارهای ریسک بهمن در قطعات مختلف جاده مشخص شود که در این مقاله 5 معیار ماکزیمم ارتفاع برف سالانه، تردد روزانه، زاویه شیب، سابقه ریزش بهمن و پوشش گیاهی و احتمال برخورد بهمن با وسایل نقلیه مدنظر قرار گرفته است.

پس از تعیین معیارها باید با یکی از روش‌های معمول وزن‌دهی به آنها انجام پذیرد. در این مقاله با استفاده از روش آنتروپی و بکارگیری ماتریس مقایسات زوجی و تعیین اهمیت پارامترها نسبت به هم، عملیات وزن‌دهی انجام شد. در این روش پس از تهیه فرم و ماتریس‌های مقایسه‌ای بوسیله مصاحبه با خبرگان علوم زمین‌شناسی، محیط زیست، راه و ترابری و هواشناسی وزن‌دهی به عوامل به صورت

ی- تردد روزانه وسایل نقلیه

تعداد وسایل نقلیه‌ای که از یک مقطع بهمن خیز عبور می‌کنند احتمال خسارت و تلفات را زیاد می‌کند به همین دلیل ترافیک نیز به عنوان معیار آخری اولویت‌بندی ریسک بهمن در جاده کوهستانی مدنظر قرار گرفته است. هرچه میزان تردد بیشتر باشد ریسک تلفات و خسارات ناشی از بهمن بیشتر است.

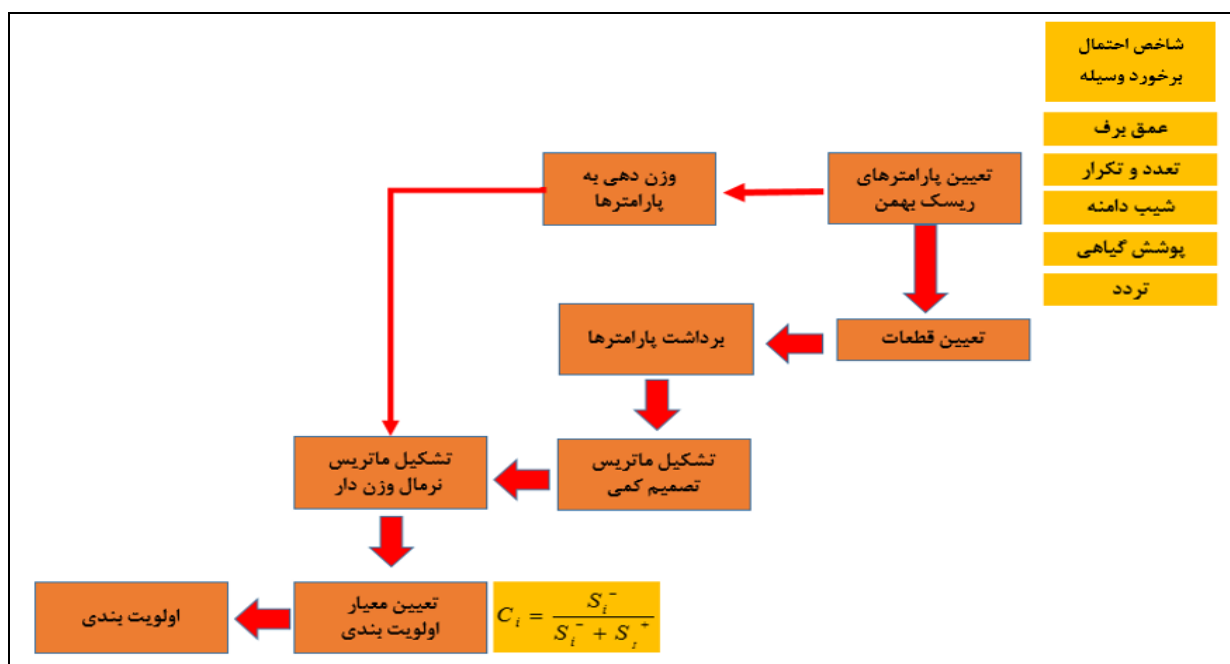
5- ارایه الگوی ارزیابی قطعات از لحاظ ریسک

وقوع بهمن در جاده‌های کوهستانی

با استفاده از روش تاپسیس فلوچارت شکل 1 پیشنهاد

می‌شود.

جدول 1 حاصل گردید.



شکل 1. فلوچارت گام به گام اولویت‌بندی ریسک ریزش قطعات یک محور کوهستانی

جدول 1. وزن معیارهای ریسک ریزش بهمن

نام معیار	ماکزیمم بارش برف سالانه	احتمال برخورد با وسیله نقلیه در جاده	زاویه شیب دامنه (درجه)	پوشش دامنه کنار جاده	سابقه وقوع بهمن	تردد (تعداد وسیله نقلیه در روز)
-----------	-------------------------	--------------------------------------	------------------------	----------------------	-----------------	---------------------------------

0.05	0.35	0.2	0.2	0.05	0.15	وزن
------	------	-----	-----	------	------	-----

به منظور موردکاوی و بررسی الگوی آرایه شده محور کرج- چالوس بین دو استان البرز و مازندران انتخاب گردید. این محور یکی از 4 محور مهم ارتباطی بین استان‌های مرکزی و پایتخت و شمال کشور می‌باشد و با توجه به کوهستانی بودن سابقه ریزش بهمن و حتی تلفات ناشی از آن را دارد. نمایی از این محور در شکل 2 نشان داده شده است. با بررسی آمار و اطلاعات موجود در وزارت راه و شهرسازی و سازمان هواشناسی و همچنین بازدیدهای میدانی مشخص شد که قطعه‌هایی از این جاده دارای سابقه ریزش بهمن هستند و قطعه‌هایی نیز احتمال وقوع بهمن در آنها وجود دارد.

اکثر این قطعات در استان البرز و نیمه جنوبی راه قرار دارند. در جمع‌بندی نهایی 10 قطعه محور تعیین شد که در **Error! Reference source not found.** نشان داده شده است. پس از مشخص شدن قطعات که با توجه به امار گذشته و بازدیدهای میدانی مشخص شد در گام بعد اولویت‌بندی قطعات شناسایی شده با ریسک خطر بهمن به روش تاپسیس انجام خواهد گرفت. گام به گام مراحل مربوط به اولویت‌بندی به روش تاپسیس که در روش مطالعه بیان شد در این مرحله برای 10 نقطه و براساس شاخص‌های عمق برف، زاویه شیب دامنه، وضعیت پوشش گیاهی، تعدد تکرار و ترافیک جاده انجام می‌پذیرد.

جدول 3 ماتریس مربوط به شاخص‌های اولویت‌بندی 10 نقطه بهمن‌گیر را نشان می‌دهد.

جدول 2. قطعات بهمن‌گیر محور کرج- چالوس

ردیف	محل‌های بهمن‌گیر کیلومتر
1	57-57.5
2	58-58.5
3	59-59.200
4	60-60.500
5	60.900-61.100

وزن معیارهای منتج از نظرسنجی 45 خبره با تحقیقات سایر کشورها و درصد تأثیر معیارهای اشاره شده مقایسه شد و مشخص شد که تفاوت معناداری بین آنها وجود ندارد و نشان از اعتبار صحیح میانگین نظرات کارشناسان دارد. پس از مشخص شدن معیارها و وزن آنها باید برداشت میدانی صورت پذیرد. در این راستا در ابتدا فرم طراحی شد و در فرم مذکور کلیه معیارهای مدل به صورت کمی برداشت شد. برداشت باید به صورت جداگانه در قطعات مختلف جاده انجام شود و بهتر است در گروه بازدید میدانی کارشناسان حوزه‌های مختلف حاضر باشند.

در گام بعد پس از پایان برداشت‌های میدانی باید با یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مدل اولویت‌بندی تخمین زده شود. همانطور که اشاره شد در این مقاله روشی که برای مدل اولویت‌بندی مدنظر قرار گرفته است تاپسیس است. در این روش باید گام‌های زیر را انجام داد:

- تشکیل ماتریس کمی تصمیم
 - تبدیل ماتریس کمی تصمیم به ماتریس نرمال وزن‌دار
 - تعیین گزینه‌های ایده‌آل و ضد ایده‌آل
 - تعیین فاصله از گزینه‌های ایده‌آل و ضد ایده‌آل
 - تعیین معیار اولویت‌بندی
- تعیین ریسک قطعات با توجه به معیار C_i تعیین می‌شود. C_i بزرگتر نشانه اولویت بالاتر نقاط می‌باشد. C_i با توجه به رابطه 2 تعیین می‌شود.

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (2)$$

C_i : شاخص رتبه بندی

S_i^+ : فاصله گزینه i از ایده‌آل

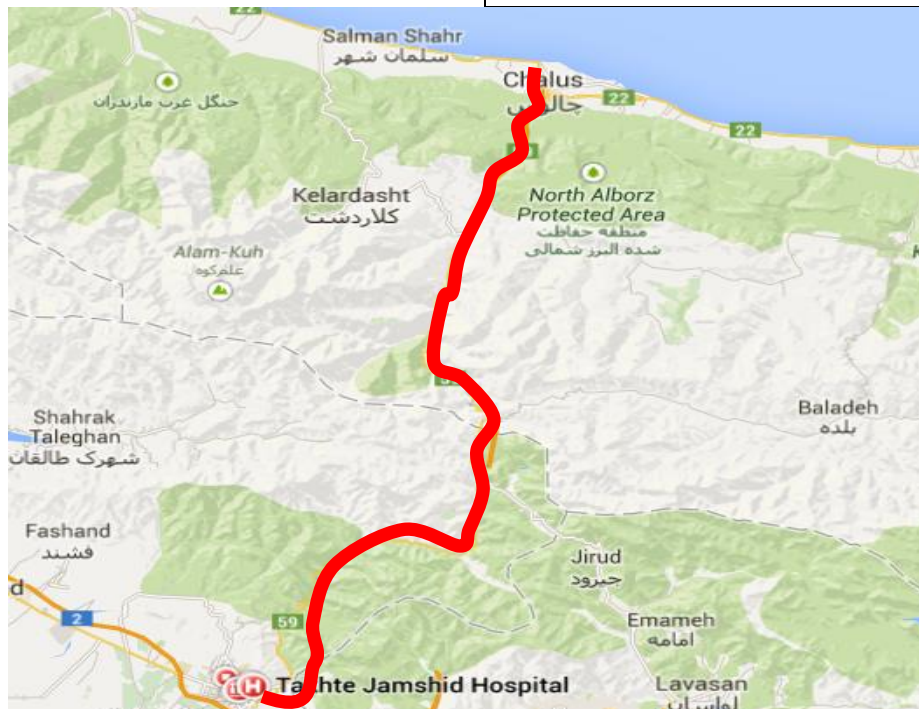
S_i^- : فاصله گزینه i از ضدایده‌آل

6- اولویت‌بندی قطعات جاده کرج- چالوس از

لحاظ ریسک بهمن

74 تا 70	9
85-86	10

61.400-61.700	6
63 تا 62	7
68 تا 63	8



شکل 2. نمایی از محور کوهستانی کرچ-چالوس

جدول 3. ماتریس معیارها برای اولویت بندی قطعات دارای ریسک وقوع بهمن

تردد (تعداد وسیله نقلیه در روز)	سابقه وقوع بهمن	پوشش دامنه کنار جاده	زاویه شیب دامنه (درجه)	احتمال برخورد با وسیله نقلیه در جاده	ماکزیمم بارش برف سالانه	معیار کیلومتر از نقاط بهمن گیر از مبدا
12201	بیش از 7 سال یکبار	تراکم درختان بلند در حد 40 درصد	27	31.7	1	57-57.5
11100	در 7 سال یکبار	زمین برهنه	40	17.3	1/7	58-58.5
11100	در 7 سال یکبار	درختان 2 متری با تراکم کم	38	2.3	1/8	59-59.200
10923	در 7 سال یکبار	زمین برهنه	36	5.7	1/9	60-60.500
10825	در 7 سال یکبار	درختان 2 متری با تراکم کم	41	2.3	1/95	60.900-61.100
10825	5 بار در 7 سال	زمین برهنه	40	3.4	2/3	61.400-61.700
8100	2 بار در 7 سال	درختان 2 متری با تراکم کم	38	8.4	2/9	63 تا 62
8100	6 بار در 7 سال	زمین برهنه	52	42	3/2	68 تا 63
8001	1 بار در 7 سال	درختان 4 متری با تراکم 30 درصد	46	33.3	2/8	74 تا 70
8001	2 بار در 7 سال	درختان 4 متری با	37	8.3	2/25	85-86

		تراکم 45 درصد			
--	--	---------------	--	--	--

پس از مشخص شدن معیارهای مختلف در قطعات 10 گانه دسته‌بندی که در بند 4 انجام شد برای هر یک از شرایط به راه در گام بعد باید ماتریس تصمیم تشکیل شد. با توجه به صورت جدول 4 معیارهای کیفی به کمی تبدیل شد.

جدول 4. اعداد کمی برای هر یک از معیارهای کیفی ریسک

سطح کیفی ریسک معیار	پایین	متوسط	بالا	خیلی بالا
عدد کمی	3	5	7	9

بامنتور نمودن اعداد جدول 4 و با توجه به برداشت اطلاعات در هر یک از قطعات منتخب جاده کرج- چالوس ماتریس تصمیم به صورت جدول 5 می‌شود.

جدول 5. ماتریس تصمیم کمی شده شاخص‌ها برای اولویت‌بندی اولویت‌بندی نقاط بهمن‌گیر

شخص نقاط بهمن‌گیر	ماکزیمم بارش برف سالانه	احتمال برخورد با وسیله نقلیه در جاده	زاویه شیب دامنه (درجه)	پوشش دامنه کنار جاده	سابقه وقوع بهمن	تردد (تعداد وسیله نقلیه در روز)
57-57.5	1	31.7	27	5	5	12201
58-58.5	1/7	17.3	40	9	7	11100
59-59.200	1/8	2.3	38	7	7	11100
60-60.500	1/9	5.7	36	9	7	10923
60.900-61.100	1/95	2.3	41	7	7	10825
61.400-61.700	2/3	3.4	40	9	9	10825
62 تا 63	2/9	8.4	38	7	7	8100
63 تا 68	3/2	42	52	9	9	8100
70 تا 74	2/8	33.3	46	7	5	8001
85-86	2/25	8.3	37	7	5	8001

پس از مشخص شدن ماتریس تصمیم با استفاده از روش اقلیدسی معیارها نرمال و در گام بعد معیارهای نرمال شده وزن دار شدند. ماتریس نرمال شده وزن دار در جدول 6 نشان داده شده است.

کمترین مقدار مشخص و در جدول 7 نشان داده شده است.

با بررسی جدول نرمال وزندار گزینه‌های ایده‌ال و ضد ایده‌ال قابل شناسایی است برای هر معیار بیشترین مقدار و

جدول 6. ماتریس نرمال شده وزن دار برای اولویت بندی نقاط بهمن گیر

نقاط بهمن گیر	شاخص	ماکزیمم بارش برف سالانه	احتمال برخورد با وسیله نقلیه در جاده	زاویه شیب دامنه (درجه)	پوشش دامنه کنار جاده	سابقه وقوع بهمن	تردد (تعداد وسیله - نقلیه در روز)
57-57.5	0.020925367	0.023958	0.042713443	0.041030489	0.091097497	0.019212772	
58-58.5	0.033083586	0.013078	0.067571785	0.075757546	0.072614097	0.134328321	
59-59.200	0.059550455	0.001744	0.09510103	0.106060564	0.101659736	0.122206734	
60-60.500	0.066556391	0.00429	0.085590927	0.106060564	0.101659736	0.120258032	
60.900-61.100	0.072102757	0.001701	0.092348105	0.106060564	0.101659736	0.117278666	
61.400-61.700	0.087282284	0.002551	0.102609006	0.106060564	0.130705375	0.116226454	
62 تا 63	0.129804423	0.006362	0.09510103	0.106060564	0.130705375	0.086968525	
63 تا 68	0.180597458	0.031811	0.123631339	0.106060564	0.130705375	0.065075755	
70 تا 74	0.174369959	0.025138	0.149658989	0.106060564	0.093360982	0.064280385	
85-86	0.122603878	0.006284	0.106488127	0.08249155	0.051867212	0.063494736	

جدول 7. گزینه های ایده آل و ضد ایده آل

گزینه ها	معیارها	ماکزیمم بارش برف سالانه	احتمال برخورد با وسیله نقلیه در جاده	زاویه شیب دامنه (درجه)	پوشش دامنه کنار جاده	سابقه وقوع بهمن	تردد (تعداد وسیله نقلیه در روز)
ایده آل	0.180597	0.031811	0.149659	0.106060564	0.130705	0.134328	
ضد ایده آل	0.020925367	0.001701	0.042713443	0.041030489	0.051867212	0.019212772	

با مشخص شدن گزینه های ایده آل و ضد ایده آل باید در این گام معیار اولویت بندی را تعیین کرد تا رتبه ریسک هر یک از قطعات مشخص شود. برای این منظور در ابتدا باید فاصله هر قطعه تا کمترین مقدار و بیشترین مقدار مشخص شود. پس از مشخص شدن فواصل اقلیدسی از گزینه ها با استفاده از رابطه 1، معیار اولویت بندی به دست می آید که نتایج آن در جدول 8 نشان داده شده است.

جدول 8. معیار اولویت بندی و اولویت بندی قطعات از لحاظ ریسک ریزش بهمن

نقاط بهمن گیر	معیار اولویت بندی (ci)	اولویت قطعه
57-57.5	0.142225	10
58-58.5	0.408607	9
59-59.200	0.518277	6
60-60.500	0.517252	7
60.900-61.100	0.534865	5
61.400-61.700	0.611404	4
62 تا 63	0.660931	3
63 تا 68	0.740549	1
70 تا 74	0.72247	2
85-86	0.507627	8

7- نتیجه گیری

در این پژوهش هدف اصلی ارزیابی الگوی تعیین اولویت ریسک ریزش بهمن در قطعات جاده‌های کوهستانی بود. بدین منظور در ابتدا معیارهای اصلی باتوجه به مطالعات سایر کشورها، ماهیت بهمن و مشورت با کارشناسان امر تعیین گردید. پس از آن با وزن دهی به معیارها و بکارگیری روش تاپسیس الگوی رتبه‌بندی پیشنهاد گردید و گام به گام آن برای محور کرج- چالوس اجرا شد. نتایجی که از این پژوهش و الگوی پیشنهادی حاصل گردید به شرح زیر می‌باشد:

- مهمترین معیار در ریزش بهمن در محور کرج- چالوس، سابقه ریزش بهمن و تکرار آن می‌باشد.
- پس از تعداد وقوع، زاویه شیب دامنه و پوشش گیاهی دامنه در رده‌های بعدی اهمیت قرار دارند.
- ماکزیم عمق برف سالانه نیز معیاری مهم در ارزیابی‌های ریسک ریزش بهمن محسوب می‌گردد.
- با توجه به اینکه تعداد وسایل نقلیه عبوری و احتمال برخورد بهمن با وسیله نقلیه نیز ریسک خسارات و تلفات را افزایش می‌دهد معیارهای حمل و نقلی مذکور نیز با وزن کمتر نسبت به سایر عوامل در اولویت‌بندی منظور گردید.
- در محور کرج- چالوس با نزدیک شدن به بخش‌های میانی و مرتفع‌تر جاده ریسک ریزش بهمن بیشتر می‌شود.
- به منظور اولویت اقدام محدوده‌های کیلومتر 62 تا 63 و 63 تا 68، 70 تا 74 زودتر مدنظر قرار گیرند.
- الگوی پیشنهادی قابل کاربرد در قطعات مختلف یک جاده کوهستانی می‌باشد و مسوولین و دست‌اندرکاران ادارات راه و استان‌ها و ادارات راه شهرستان‌ها می‌توانند جهت اولویت بندی و اختصاص بودجه مدنظر قرار دهند.
- با بکارگیری الگوی فوق می‌توان نقاط دارای ریسک بیشتر را زودتر ایمن و در نتیجه خسارات و تلفات ناشی از این بحران طبیعی در جاده‌های کوهستانی

کاهش می‌یابد.

- اولویت‌بندی نشان داد که نقاطی که دارای سابقه ریزش بهمن بیشتر هستند با تقریب نسبتاً مناسب باید در اولویت اقدامات ایمن‌سازی و پیشگیرانه قرار گیرند.

موارد زیر برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد:

- ارزیابی الگوی اولویت بندی قطعات دارای ریسک بهمن با استفاده از سایر روش‌های اولویت بندی
- تجمیع کلیه حوادث ریزشی جاده شامل بهمن، ریزش سنگ، رانش و سایر حوادث مرتبط با دامنه کوه‌ها در جاده‌های کوهستانی و ارزیابی الگوی اولویت‌بندی ترکیبی
- ارزیابی الگوی راهکارهای ایمن‌سازی مناسب دامنه در برابر ریزش بهمن با توجه به ارزیابی ریسک نقاط مختلف

8- مراجع

- Burns, A. J. (2006). PIARC MOVES UP A GEAR. Proceedings of the ICE-Transport, 117(4), pp.314-315.
- Smith, K. (2013). Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster. Routledge.
- Grêt-Regamey, A., & Straub, D. (2006). Spatially explicit avalanche risk assessment linking Bayesian networks to a GIS. Natural Hazards and Earth System Science, 6(6), pp. 911-926.
- Vybiral, V.Kuznetsov, I.V.& Osykin, M.K, (2011), Method of Pulsed Electromagnetic Emission (PEE)-Mapping of Slope Failures in the Carpathian Mts.,
- Jamieson, B., & Stethem, C. (2005). Snow avalanche hazards and management in Canada: challenges and progress. Natural Hazards, 26(1), pp.35-53.
- Cappabianca, F., Barbolini, M., & Natale, L. (2008). Snow avalanche risk assessment and mapping: a new method based on a combination of statistical analysis, avalanche dynamics simulation and empirically-based vulnerability relations integrated in a GIS platform. Cold Regions Science and Technology, 54(3), pp.193-205.

& Business Media.

-Ganapathy, G. P., Mahendran, K., & Sekar, S. K. (2010). Need and urgency of avalanche risk planning for Nilgiri District, Tamil Nadu State, India. *Int J Geomat Geosci*, 1(1), pp.29-40.

-Andrianopoulos, A., Saroglou, H., & Tsiambaos, G. (2013). ROCKFALL HAZARD AND RISK ASSESSMENT OF ROAD SLOPES. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, pp.47.

-Straub, D., & Schubert, M. (2013). Modeling and managing uncertainties in rock-fall hazards. *Georisk*, 2(1), pp.1-15.

-Mignelli, C., Peila, D., Russo, S. L., Ratto, S. M., & Broccolato, M. (2014). Analysis of rockfall risk on mountainside roads: evaluation of the effect of protection devices. *Natural Hazards*, 73(1), pp.23-35.

-Rheinberger, C. M., Bründl, M., & Rhyner, J. (2009). Dealing with the white death: avalanche risk management for traffic routes. *Risk Analysis*, 29(1), pp.76-94.

-Zischg, A., Fuchs, S., Keiler, M., & Meißl, G. (2005). Modelling the system behaviour of wet snow avalanches using an expert system approach for risk management on high alpine traffic roads. *Natural Hazards and Earth System Science*, 5(6), pp.821-832.

-Ahmed, M., Huang, H., Abdel-Aty, M., & Guevara, B. (2011). Exploring a Bayesian hierarchical approach for developing safety performance functions for a mountainous freeway. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), pp.1581-1589.

-Kristensen, K., Kristensen, C. B., & Harbitz, A. (2006). Road traffic and avalanches—methods for risk evaluation and risk management. *Surveys in geophysics*, 24(5-6), pp.603-616.

-Foster, H. D. (2014). *Disaster planning: The preservation of life and property*. Springer Science

